

# Földtani Közlöny



152/1

A Magyarhoni Földtani Társulat folyóirata  
Bulletin of the Hungarian Geological Society



Budapest, 2022

**Felelős kiadó**

M. TÓTH Tivadar, az MFT elnöke

**Főszerkesztő**

SZTANÓ Orsolya

**Műszaki szerkesztők**BABINSZKI Edit  
KOVÁCS Zoltán  
BARTHA István Róbert**Nyelvi lektor**

LUKOCZKI Georgina

**Szerkesztőbizottság**CSERNY Tibor, FODOR László, FÖZY  
István, PAPP Gábor, SZAKMÁNY György,  
SZANYI János, TÖRÖK Ákos**Támogatók**Baumit Kft., Biocentrum Kft., Colas  
Északkő Kft., Elgoscár 2000 Kft.,  
Geo-Log Kft., Geoproduct Kft.,  
Geoteam Kft., Josab Hungary Kft.,  
Mecsekérc Zrt., Mineralholding Kft.,  
Mol Nyrt., OMYA Hungária Kft.,  
O&G Development Kft., Perlit-92  
Kft., Terrapeuta Kft., VIKUV Zrt.,  
ANZO Perlit Kft., Kvarchomok  
Bányászati és Feldolgozó Kft.**A kéziratokat az alábbi felületen kérjük  
benyújtani**

www.foldtanikozlony.hu

\* \* \*

**Responsible publisher**Tivadar M. TÓTH,  
President of the Hungarian Geological  
Society**Editor-in-chief**

Orsolya SZTANÓ

**Technical editors**Edit BABINSZKI  
Zoltán KOVÁCS  
István Róbert BARTHA**Language editor**

Georgina LUKOCZKI

**Editorial board**Tibor, CSERNY, László FODOR, István  
FÖZY, Gábor PAPP, György SZAKMÁNY,  
János SZANYI, Ákos TÖRÖK**Sponsors**Baumit Kft., Biocentrum Kft., Colas  
Északkő Kft., Elgoscár 2000 Kft.,  
Geo-Log Kft., Geoproduct Kft.,  
Geoteam Kft., Josab Hungary Kft.,  
Mecsekérc Zrt., Mineralholding Kft.,  
Mol Nyrt., OMYA Hungária Kft.,  
O&G Development Kft., Perlit-92  
Kft., Terrapeuta Kft., VIKUV Zrt.,  
ANZO Perlit Kft., Kvarchomok  
Bányászati és Feldolgozó Kft.**Submission of manuscripts through**

www.foldtanikozlony.hu

**Földtani Közlöny is abstracted and indexed in****Crossref.org****Scopus****GeoRef** (Washington),**Pascal Folio** (Orleans),**Zentralblatt für Paläontologie**

(Stuttgart),

**Referativny Zhurnal** (Moscow) and**EPA, MTA REAL** (Budapest)**Tartalom — Contents**

HAAS János: In memoriam Dr. CSÁSZÁR Géza	3
VÖRÖS, Attila: Monospecific mass occurrence of a new species of the Early Jurassic genus <i>Arzonellina</i> (Brachiopoda) at Fenyveskút (Bakony Mountains, Hungary). – <i>A kora jura Arzonellina</i> genus (Brachiopoda) új fajának tömeges, monospecifikus előfordulása Fenyveskúton (Bakony hegység).	17
SCHUBERT Félix, VARGA Andrea, APRÓ Mihály, CSISZÉR Andrea: Amikor a kompsz nem segít, avagy miről mesél egy fúrómagban megjelenő deformációs szalag? – <i>What kind of information can be gained from a borecore-hosted deformation band?</i>	31
KONCZ István: Egy új elképzelés a Mecseki-szénmedencében lévő metánnal kapcsolatban. – <i>A new idea in connection with methane of the Mecsek Coal Basin, Hungary.</i>	49
KUN Éva, ZILÁHI-SEBESS László, SZANYI János: Battonya–Pusztaföldvári-hát térségének nagy entalpiájú geotermikusenergia-vagyona (I. rész): hidrodinamikai és hőtranszportmodell. – <i>The high enthalpy geothermal energy resource of the Battonya–Pusztaföldvár High (Part I): hydrodynamic and heat transport model.</i>	53
KÁZMÉR Miklós: Posewicz Tivadar és a Borneo. – <i>Theodor Posewicz and his Borneo.</i>	77
<b>Hírek, ismertetések</b> (összeállította: CSERNY Tibor)	90

Első borító: Karsztosodott Dachsteini Mésző az Eperjes-hegy Tetői-szelvényében (fotó: †CSÁSZÁR Géza)

Hátsó borító: Hierlatzi Mésző brachiopoda héjakkal és extraklasztokkal, pátit cementben. a A brachiopoda teknőben három fázisú geopetális kitöltés látható (sinemuri) (fotó: Attila VÖRÖS)

Budapest, 2022

ISSN 0015-542X

## Rövidített útmutató a Földtani Közlöny szerzői számára

**Kérjük olvassa el részletes útmutatónkat a [www.foldtanikozlony.hu](http://www.foldtanikozlony.hu) weboldalon.**

A Földtani Közlönybe a földtudományok széles köréből várunk a Kárpát–Pannon térség földtani felépítésével foglalkozó magyar vagy angol nyelvű kéziratokat. Magyar nyelvű cikkek esetében annak címét, kulcsszavait, összefoglalóját, az ábrák és táblázatok címét, feliratait angol nyelven is meg kell adni, angol nyelvű cikkek esetén fordítva. Az angol nyelvű szövegek elkészítése a szerző feladata.

**A kéziratot bírálatra pdf formátumban, egyetlen fájlként kell benyújtani,** a szöveg mögé sorrendben elhelyezett számozott ábraanyaggal. A fájl neve a szerző nevéből és a cikk témáját lefedő néhány szóból álljon (pl. *szujo\_etal\_villanyi kavicsok*). Kéziratok a fenti honlapon keresztül küldhetők be. Bármilyen technikai probléma esetén forduljon a technikai szerkesztőhöz ([piros.olga@mbfisz.gov.hu](mailto:piros.olga@mbfisz.gov.hu)) vagy a főszerkesztőhöz ([szano.orsolya@gmail.com](mailto:szano.orsolya@gmail.com)).

Az **értekezések** eddig publikálatlan adatokat, új eredményeket következtetéseket közölnek, széles tudományterületi képbe helyezve. A rövid közlemények célja az adatközlés, adatmentés, vagy az új eredmény gyors közzététele. A szemle széleskörű, szakmailag közérthető áttekintést nyújt egy tudományterület új eredményeiről, vagy kevésbé ismert, új módszereiről, annak alkalmazásáról. Vitáit a vitatott cikk megjelenésétől számított hat hónapon belül küldhető be. A vitatott cikk szerzője lehetőséget kap arra, hogy válasza a vitázó cikkel együtt jelenjen meg. A gyakorlati rovatba a földtani kutatással – bányászattal kapcsolatos kéziratok kerülnek, melyek eredménye nem elsősorban tudományos értékű, hanem a szakközösség tájékoztatását, szolgálja. **A tömör fogalmazás, az állításokat alátámasztó adatszolgáltatás, a szabatos szaknyelv használata és a nem specialista olvasók érdekében a közérthetőség mindegyik műfajban alapkövetelmény.**

A KÉZIRAT TAGOLÁSA ÉS AZ EGYES FEJEZETEK JELLEMZŐI (kötelező, javasolt)

- a) **Cím (magyarul, angolul)** Rövid, informatív és tárgyira törő, utal a fő mondandóra.
- b) **Szerző(k), munkahelye, postacímmel (e-mail cím)**
- c) **Összefoglalás (magyarul, angolul)** Kizárólag a tanulmány célját, az alkalmazott módszereket, az elért legfontosabb új eredményeket és következtetéseket tartalmazza, így önállóan is megállja a helyét. Hossza legfeljebb 300 szó. Az angol nyelvű összefoglaló lehet bővebb a magyarnál (max. 1000 szó).
- d) **Tárgyszavak (magyarul, angolul)** Legfeljebb 8 szó / egyszerű kifejezés e) **Bevezetés** A munkához kapcsolódó legfontosabb korábbi szakirodalmi eredmények összefoglalása, és ebből következően a tanulmány egyértelműen megfogalmazott célja.
- f) **Anyag és módszerek** A vizsgált anyag, esetleg korábbról származó adatok, a mérési, kiértékelési eszközök és módszerek ismertetése. Standard eljárások esetén csak a hivatkozott módszertől való eltérést kell megfogalmazni.
- g) **Eredmények** Az új adatok és kutatási eredmények ismertetése, dokumentációja ábrákkal és táblázatokkal.
- h) **Diszkusszió** A kapott eredményeknek a saját korábbi eredményekkel és a szakirodalmi ismeretekkel való összevetése, beágyazása a tágabb tudományos környezetbe.
- i) **Következtetések** Az új következtetések tézisszerű, rövid ismertetése az eredmények és a diszkusszió ismétlése nélkül.
- j) **Köszönetnyilvánítás**
- k) **Hivatkozott irodalom** Csak a szövegközi, az ábrákhoz és táblázatokhoz kapcsolódóan megjelenő hivatkozásokat foglalja magába (se többet, se kevesebbet).
- l) **Ábrák, táblázatok és fényképtáblák (magyar és angol felirattal)** A szemléltetni kívánt jelenség, vagy összefüggés megértéséhez szükséges mennyiségű.
- m) **Ábra-, táblázat- és fényképmagyarítások (magyarul és angolul)** Az illusztrációk rövid, összefogott, tartalmában érdemi magyarítása.

### FORMAI KÖVETELMÉNYEK

Értekezés, szemle maximális összesített **terjedelme** 20 nyomdai oldal (szöveg, ábra, táblázat, fénykép, tábla együttesen). Ezt meghaladó tanulmány csak abban az esetben közölhető, ha a szerző a többletoldal költségének térítésére kötelezettséget vállal. A rövid közlemények összesített terjedelme maximálisan 4 nyomdai oldal.

A **szöveg** doc, docx vagy rtf formátumban készüljön. Az alcímeknél ne alkalmazzanak automatikus számozást vagy ábécés jelölést, csak a tipográfiaiával jelezzék a címrendet. A hivatkozásokban, irodalomjegyzékben a SZERZŐK nevét kis kapitálissal, ősmaradványok faj- és nemzetségneveit dőlt betűvel, fajok leírói szintén kis kapitálissal kell írni. A kézirat szövegében az ábrákra és a táblázatokra számozásuk növekvő sorrendjében a megfelelő helyen hivatkozni kell.

A szövegközi **hivatkozások** formája RADÓCZ 1974, vagy GALÁCZ & VÖRÖS 1972, míg három vagy több szerző esetén KUBOVICS et al. 1987. Több hivatkozás felsorolásakor ezek időrendben kövessék egymást. Az irodalomjegyzék tételei az alábbi minta szerint készüljenek, szoros ábécében, ezen belül időrendben álljanak. Kérjük a folyóiratok teljes nevének dőlt betűvel történő kiírását. Ezen kívül, ha a hivatkozott műnek van DOI száma, azt meg kell adni teljes URL formátumban. Hivatkozott egyedi kiadványok esetén a mű címét kérjük dőlt betűvel szedni. Magyar szerzők idegen nyelvű publi- kációi esetén a vezetéknev után vesszőt kell tenni.

CSONTOS, L., NAGYMAROSY, A., HORVÁTH, F. & KOVÁC, M. 1992: Tertiary evolution of the intra-Carpathian area: A model. — *Tectonophysics* **208**, 221–241. [http://dx.doi.org/10.1016/0040-1951\(92\)90346-8](http://dx.doi.org/10.1016/0040-1951(92)90346-8)

JÁMBOR Á. 1998: A Tiszai nagyszerkezeti egység karbon üledékes képződményei rétegtanának ismertetése. — In: BÉRCZI I. & JÁMBOR Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. MOL Rt. — MÁFI kiadvány, Budapest, 173–185.

VARGA A. 2009: A dél-dunántúli paleozoos–alsó-triász sziliciklasztos kőzetek kőzettani és geokémiai vizsgálatának eredményei. — PhD értekezés, ELTE Kőzettan–Geokémiai Tanszék, Budapest, 150 p.

WEAVER, C. E. 1989: *Clays, Muds, and Shales*. — *Developments in Sedimentology* 44, Elsevier, Amsterdam, 819 p. [http://dx.doi.org/10.1016/s0070-4571\(08\)7036-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0070-4571(08)7036-0)

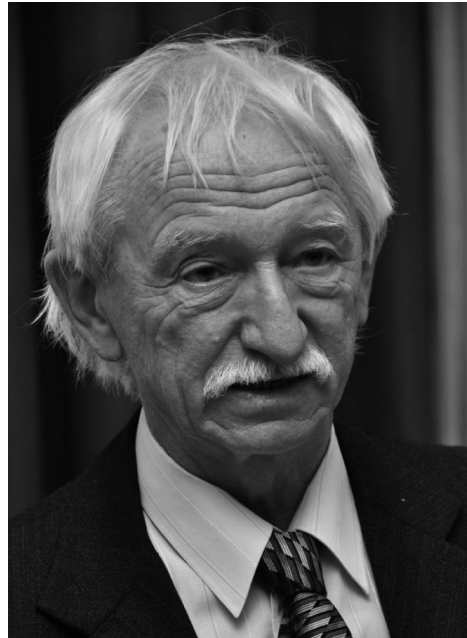
Az **ábrákat** a szerzőknek kell elkészíteni, nyomdakész állapotban és minőségben a tükörméretbe (170×240 mm) álló, vagy fekvő helyzetben beilleszhetően. A fotótábla maximális magassága 230 mm lehet. Az ábrákon a vonalvastagság 0,3 pontnál, a betűméret 6 pontnál ne legyen kisebb. Az illusztrációkat X4-nél nem frissebb CorelDraw ábraként, az Excel táblázatokat és diagramokat word vagy cdr formátumban tudjuk elfogadni. Egyéb esetben a fekete és színes vonalas ábrákat 1200 dpi felbontással, tif kiterjesztéssel, a szürkeárnyalatos fényképeket 600, a színes fényképeket 300 dpi felbontással, tif vagy jpg kiterjesztéssel kérjük beküldeni. A színes illusztrációkat a megfelelő nyomdai minőség érdekében CMYK színprofillal kérjük előállítani, ezért az online megjelenő pdf esetében előfordulhat némi színváltozás. A színes ábrák, fotótáblák nyomtatási költségeit a szerzőknek kell fedezniük. Ha a költséget a szerzők nem tudják vállalni, már benyújtáskor szürkeárnyalatos illusztrációkat használjanak.

A cikk benyújtásakor, kérjük a szerzőket, hogy **nevezzenek meg legalább négy olyan szakértőt**, akik annak tartalmáról érdemi véleményt adhatnak, és adják meg e-mail címüket. A bírálatot követően a szerzőtől egy vagy két hónapon belül várjuk vissza a javított változatot, ekkor **még mindig egyetlen összesített pdf-ben** (eredeti fájl név\_átdolgozott megjelöléssel). E mellé kérünk csatolni egy **tételes jegyzéket**, melyben bemutatják, hogy lektoraiuk megjegyzéseit, tanácsait hogyan vették figyelembe, valamint esetleges egyet nem értésüknek milyen szakmailag alátámasztható indokai vannak.

**A közlésre elfogadott kéziratok szövegét, ábráit, táblázatait egysévesen kérjük a szerkesztőségi felület megfelelő menüpontját használva feltölteni.** Tördelést követően a szerzők feladata a korrektúrázás. Különlenyomatokat még külön költségért sem tudunk biztosítani.

# In memoriam

**DR. CSÁSZÁR Géza**



**1943–2021**

2021. december 15-én, életének 79. évében elhunyt Császár Géza geológus. Búcsúznak tőle a Földtani Intézetben egykor vele dolgozó kollégái, pályatársai, tanítványai és barátai. Gyászolja őt a Magyarhoni Földtani Társulat, amelynek főtitkára, társelnöke és tiszteleti tagja volt, a Magyar Tudományos Akadémia Földtudományok Osztálya mint az MTA doktorát, a Földtani Tudományos Bizottság egykori titkárát, majd elnökét, és a Magyar Rétegtani Bizottság elnökét. Gyászolja az Eötvös Loránd Tudományegyetem, ahol a Regionális Földtani Tanszék vezetője és egyetemi magántanárként hosszú időn át oktatója volt.

Császár Géza 1943-ban, a II. világháború idején született a Zala megyei Muraszemenyén, a Mura holtágai közelében fekvő, határ menti településen. Kiváló adottságai mellett rendkívüli akarateréje, tudásszomja és szorgalma kellett ahhoz, hogy a kis faluból eljusson a nagykanizsai gimnáziumba, majd földrajztanárának ösztönzésére a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetemre, ahol 1961-ben kezdte meg tanulmányait a geológia szakon.

Már egyetemi évei alatt bekapcsolódott a Magyar Állami Földtani Intézetben folyó kutatásokba. Így természetes

volt, hogy friss diplomásként 1966-ban ott helyezkedett el, és részese lett a Bakony akkor már folyamatban lévő földtani térképezésének. Az intézet igazgatója abban az időben Fülöp József volt, aki felfigyelve Géza képességeire, szakmai elkötelezettségére és munkabírására, csakhamar bevonta a kréta képződmények általa vezetett tanulmányozásába. Ezzel egy időben azonban egy másik, rendkívül vonzó kutatómunka is kínálkozott számára. Az első sikeres Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíció után a második expedíció szervezése is megkezdődött, és Géza lehetőséget kapott az abban való részvételre. Nagy volt a szakmai kihívás, és emellett vonzották a távoli tájak, az idegen kultúra megismerése, de az anyagi feltételek sem lehettek mellékesek egy pályakezdő, családot alapító, fiatal szakember számára. Végül vállalta a feladatot a geológusokból és geofizikusokból álló 15 fős csapatban, amit Jámbor Áron vezetett, és amelynek főmérnöke Horváth István volt. Az 1970-71 idején végzett mongóliai expedíciós munka a szakmai ismeretek mellett hatalmas élményt adott Gézának, még évtizedek múlva is gyakran idézte fel annak tapasztalatait és kalandjait.

Visszatérése után folytatta a Dunántúli-középhegység kréta képződményeinek vizsgálatát, de munkahelye FÜLÖP József elnök tudományos titkáráként a Központi Földtani Hivatal lett. Kutatómunkájukat mindketten továbbra is a Földtani Intézetben végezték, és évfolyamtársammal, EDELÉNYI Emőkével együtt magam is ehhez, a Szaktitkárságnak nevezett kutatócsoporthoz csatlakoztam végzésemet követően, 1972-ben. Akkor ismerkedtem meg Gézával, és váltam rövid időn belül közeli munkatársává. Együtt dolgoztunk számos fúrás feldolgozásán, földtani szelvények felvételén és a bauxit-prognózis célját szolgáló térképek szerkesztésén, de legfontosabb feladatunk a rétegtan nemzetközileg új rendszerének hazai adaptálásához kapcsolódott.

A kréta időszaki képződmények kutatását illetően mindketten elsősorban a trópusi sekélytengeri mészkövek képződési viszonyainak kiderítésén dolgoztunk. A szakirodalomból tudtuk, hogy ehhez a kulcsot a jelenkori karbonátképződési rendszerek tanulmányozása adhatja meg. És 1976-ban lehetőségünk is nyílt erre. A tudományos akadémiák közötti együttműködés lehetővé tette, hogy egy hónapos tanulmányútra menjünk Kubába a tengeri üledékes környezetek aktuálgeológiai megismerése céljából. Éltre szóló élményt jelentett ez mindkettőnknek: bejárni a trópusi karsztvidéket, a tengerparti lápokot, a sziklás és a homokos partvidéket és legfőbbképpen közelről tanulmányozni a korallzátonyok fantasztikus világát. Állandóan együtt voltunk, rengeteget beszélgettünk, kollégákból barátokká lettünk. A következő évtizedek családi kirándulásain, összejövetelein hányszor emlegettük kubai utazásunk jó és kellemetlen kalandjait!

1978-ban Géza visszatért a Földtani Intézetbe, ahol osztályvezetőként és projektvezetőként a Dunántúli-középhegységben folyó földtani térképezést irányította, miközben maga is térképezett. Ezzel egy időben folytatta a középső kréta képződmények átfogó vizsgálatát, ennek eredményeit összefoglaló munkájával szerzett kandidátusi fokozatot 1984-ben, majd értekezését monográfia formájában is közreadta. Tudományos kutatómunkája során egyre szélesedő nemzetközi kapcsolatokat épített ki, mindenekelőtt a környező országok szakembereivel és az azokat összefogó, akkoriban igen aktív, Kárpát–Balkán Geológiai Asszociációval. Együtt vettünk részt a szervezet kongresszusain és konferenciáin, de a legemlékezetesebbek a kárpáti flis típusok összehasonlító vizsgálatához kapcsolódó terepbejárásaink voltak, amelynek eredményei később atlasz formájában is megjelentek. 1982-ben Géza a Nemzetközi Rétegtani Bizottság Kréta Albizottságának rendes tagja lett. Egyik kezdeményezője és társvezetője volt a Nemzetközi Korrelációs Program keretében 1988–1993 között folyó, a Tethys kréta időszaki képződményinek korrelációját célul kitűző, igen eredményes kutatási projektnek.

1990-ben lett elnöke a Magyar Rétegtani Bizottságnak. Meghatározó szerepe volt abban, hogy a hazai litosztratiográfiai rendszer kialakuljon és a nemzetközi irányelvek változásait is figyelembe véve fejlődjön. Nagyrészt az ő szervező munkájának köszönhető a *Magyarország litosztratiográfiai alapegységei* címet viselő kiadványsorozat

elindítása 1993-ban. Igen jelentős erőfeszítéseket tett annak érdekében, hogy az egységek nemzetközi egységesítésére, korrelálására is sor kerüljön.

Az 1990-es években részt vett a Balaton-felvidék térképezésének záró munkálataiban, valamint a Vértes és a Gerecse földtani térképfelvételében is. Ez rendkívül intenzív munkát jelentett, ráadásul közben folytatta a sekélytengeri kréta képződmények kutatását is, kiterjesztve azt a Villányi-hegységre, továbbá vulkáni építményekhez kapcsolódó atollszerű zátonyképződmények nyomát ismerte fel a Mecsekben. Dunántúli-középhegységi és dél-magyarországi kutatásainak eredményei foglalta össze MTA doktori értekezésében 1999-ben, amely 2002-ben angol nyelven önálló kötetben is megjelent. Mindemellett egyetemi magántanárként aktív szerepet vállalt az ELTE-n folyó geológusképzésben, és 2003-tól a Magyar Állami Földtani Intézetbe kihelyezett Regionális Földtani Tanszék vezetője lett. Rendkívül komolyan vette az oktatást és ismereteinek átadását a fiataloknak. Külföldi kapcsolatait latba vetve szervezte és számos alkalommal vezette a hallgatók külföldi, elsősorban ausztriai terepgyakorlatát.

Szakmai elkötelezettsége és hihetetlen munkabírása tükröződött abban, hogy a munkahelyi és oktatási feladatai mellett a szakmai társadalmi tevékenységben is jelentős szerepet vállalt. 1997-ben a Magyarhoni Földtani Társulat főtitkárává választották, majd annak második ciklusa után, 2002-ben társelnök lett. Különösen nagy és időigényes feladatot vállalt azzal, hogy 1989-től a *Földtani Közöny* főszerkesztője lett, és megvalósította a folyóirat szerkezeti és formai korszerűsítését. 1996–2002 között az MTA Földtani Tudományos Bizottságának titkára, majd 2005–2011 között elnöke, 1997-től a KBGA Magyar Nemzeti Bizottság elnöke volt.

2007-ben Géza hivatalosan nyugállományba került, de tudományos munkásságát, oktatási, kutatási és szakmai közéleti tevékenységét tovább folytatta, nemzetközi kapcsolatait is folyamatosan ápolta. Dolgozott a Gerecse földtani térképén és a monográfia jura és kréta fejezetén, továbbá osztrák és lengyel kollégákkal a régió jura és kréta fejlődéstörténetének egyes problémáin. 2017-ben Zakopanéban éppen ezekről a kérdésekről rendeztek nemzetközi konferenciát, amelyre mindketten jelentkeztünk. Elhatároztuk, hogy az én kocsimmal utazunk a Tátrába. Hosszabb idő után ismét több napig együtt voltunk, ismét előkerültek a régi emlékek, de sokat beszélünk a szakma, az egyetemi oktatás és a társulat aktuális gondjairól is. A konferenciát meglehetősen komoly fizikai megterhelést jelentő terepbejárások is kísérték, és Géza csaknem valamennyire jelentkezett. Egyik túra után, tőle teljesen meglepő módon, fáradtságra panaszkodott, de azért másnap reggel ismét nekiindult a Tátra meredek oldalainak, völgyeinek. Már akkor, ott megbeszéltük, hogy mindketten részt veszünk a KBGA következő évi, Salzburgban megrendezésre kerülő, 21. kongresszusán. Ez Gézának a Magyar Nemzeti Bizottság vezetőjeként amúgy is szívégye volt, és a következő hónapokban igen sokat tett a kongresszus előkészítéséért és a magyar részvétel megszervezéséért. Ám közvetlenül a

rendezvény előtt kiderült, hogy Géza megbetegedett, így nem tudott elutazni. Sorban jöttek hozzám az osztrák szervezők, Géza szlovák, román, szerb és lengyel ismerősei, munkatársai, hogy távollétének oka felől érdeklődjenek, és kifejezzék aggodalmukat. Akkor éreztem igazán, hogy fáradhatatlan munkája és törekvése az együttműködésre milyen megbecsülést és tiszteletet váltott ki kollégáinak körében nemcsak idehaza, de a környező régióban is.

CSÁSZÁR Géza egész pályafutása egyértelművé teszi kivételes szakmáseretét, azt lehet mondani, hogy a geológia volt az élete. Munkáját mindig rendkívüli, nem egyszer az egészségét is kockára tevő szorgalommal és precizitással végezte. Akik nem ismerték közelebbről, azt is gondolhatták, hogy talán ki sem lát a kőzetek világából. Azonban akik jól ismerték, tudták, hogy ez nem így van.

Az élettelen természet mellett nagyon is érdekelte őt az élővilág, különösen a növények. Már kubai utunkon tapasztaltam, hogy mennyire érdeklődik a növényzet iránt, és hogy milyen alapos botanikai ismeretekkel rendelkezik. Kedvelte a művészetet is, különösen az irodalmat és a zenét. Sokszor idézett számára kedves verssorokat, de olykor kedvenc szerzői prózai szövegeit is. A mikroszkóp fölé hajolva munkája közben gyakran klasszikus zenét hallgatott.

Búcsúzunk Gézától, tudva, hogy áldozatos munkájának eredményei: cikkei, könyvei és térképei velünk maradnak, és alapját képezik a jövő generációk kutatásainak. Vibráló személyiségének emlékét barátai, kollégái és tanítványai megőrzik.

Nyugodjék békében!

### Dr. Császár Géza publikációinak jegyzéke

#### 1967

CSÁSZÁR G. 1967: A Balinka II. kőszénerület eocénjének geokémiai vizsgálata. – *Földtani Közlöny* **97/2**, 194–210.

CSALAGOVITS I., JUHÁSZ Á., SZEPESHÁZY K., CSÁSZÁR G. & RADÓCZ GY. 1967: Magyarország paleozóos és mezozóos képződményeinek fedetlen földtani térképe. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.

#### 1972

CSÁSZÁR, G., HAAS, J., MÉSZÁROS, J. & SZABÓ, I. 1972: Bakony-Gebirge (Ungarn). – *Mitteilungen der Gesellschaft für Geologie und Bergbaustudenten Österreichs* **42**, 149–198.

#### 1974

CSÁSZÁR G. & HAAS J. 1974: Irodalmi áttekintés a lemeztektonikai elmélet mai helyzetéről. – *Földtani Kutatás* **17**, 41–56.

#### 1975

FÜLÖP J., CSÁSZÁR G., HAAS J. & J. EDELÉNYI E. 1975: *A rétegtani osztályozás, nevezéktan és gyakorlati alkalmazásuk irányelvei.* – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 32 p.

#### 1976

CSÁSZÁR, G., DANISH, V. V., DIMITRIJEVIC, M. D., DIMITRIJEVIC, M. N., ELIAŠ, M., HRISCHEV, H., KULCHICKY, YA. S., LOZINYAK, P. YU., MASLAREVIC, L., MIHAILESCU, N. et al. 1976: 1. Tithonian, 2. Berriasian–Valanginian, 3. Hauterivian, 4. Barremian, 5. Aptian, 6. Albian. – In: SLACZKA, A (ed.): *Atlas of Palaeotransport of detrital sediments in the Carpathian–Balkan Mountain system. Part I, Tithonian – Lower Cretaceous.* – Warsaw, Elsevier.

#### 1977

CSÁSZÁR G. & HAAS J. 1977: A formáció fogalom a nemzetközi szakirodalomban és alkalmazásának lehetőségei hazánkban. – *Földtani Közlöny* **107**, 38–58.

HAAS J., J. EDELÉNYI E. & CSÁSZÁR G. 1977: Mezozóos formációk vizsgálata a Dunántúli-középhegységben. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1975-ről*, 259–272.

#### 1978

CSÁSZÁR G. 1978: A Tési Agyagmárga Formáció vázlatos fáciesértékelései. – *Földtani Közlöny* **108/3**, 328–342.

CSÁSZÁR G. 1978: A tatai Kálvária-domb. – *Élet és Tudomány* **33/10**, 303–306.

CSÁSZÁR, G. & HAAS, J. 1978: Review of the Facies and Palaeogeography of the Cretaceous in Hungary. – In: WIEDMANN, J. (eds): *Aspekte der Kreide Europas. Beiträge zum 1. Symposium Deutsche Kreide Bindeglied zwischen Boreal u. Tethys. Münster in Westfalen, April 1978 Stuttgart.* Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 680 p.

HAAS J., CSÁSZÁR G. & J. EDELÉNYI E. 1978: A Dunántúli-középhegység bauxitföldtani térképe a kainozóos képződmények elhagyásával, M=1:100 000. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.

### 1979

- CSÁSZÁR G. & CSEREKLEI E. 1979: A Dunántúli-középhegység bauxitföldtani térképe. Középső-kréta bauxit szint. M=1:200 000. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- HAAS, J. & CSÁSZÁR, G. 1979: Review of the facies and paleogeography of the Cretaceous in Hungary. – *International Union of Geological Sciences Series A* **6**, 413–424.
- CORNIDES I., CSÁSZÁR G., HAAS J. & J. EDELÉNYI E. 1979: Oxigén izotópos hőmérséklet-mérések a Dunántúl mezozóos képződményeiből. – *Földtani Közöny* **109/1**, 101–110.

### 1980

- CSÁSZÁR G. 1980: A litosztratigráfia helye a rétegtanban. – *Általános Földtani Szemle* **14**, 5–18.
- CSÁSZÁR, G. 1980: On the Stratigraphy and Sedimentology of the Middle Cretaceous deposits in Hungary. – *Proceedings of the XI Congress of Carpathian–Balkan Geological Association, Lithology*, 207–215.
- CSÁSZÁR G. 1981: Újabb adatok a középső-kréta bauxitkeletkezésére a Padragkút Pa–7. sz. fúrás alapján. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1979-ről*, 211–224.
- HAAS J. & CSÁSZÁR G. 1980: A földtani térképezés szerepe a bauxitkutatásban. In: *„Bauxitkutatási szakmai napok” előadásai.* – Bauxitkutató Vállalat, 47–53.
- HAAS, J., BERNHARDT, B., CSÁSZÁR, G. & EDELÉNYI, E. 1980: Stratigraphic and palaeoecologic control of the bauxite and coal resources: an analysis based on examples from the Cretaceous and Eocene in Hungary. – *Industrie Minerale les Techniques* **62**, 273–280.

### 1981

- CSÁSZÁR G. & HAAS J. 1981: A magyar rétegtan helyzete a nemzetközi rétegtani tevékenység tükrében. – *Őslénytani Viták* **27**, 27–40.
- CSÁSZÁR G., CSEREKLE, E. & GYALOG L. 1981: A Bakony hegység fedett földtani térképe. M=1:50 000. – A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.

### 1982

- CSÁSZÁR G. 1982: A Bakony hegység földtani térképe. 20 000-es sorozat, Borzavár, Észlelési térkép. – A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- CSÁSZÁR G., HAAS J., HALMAI J., HÁMOR G. & KÖRÖS L. 1982: A közép és fiatal alpi tektonikai fázisok szerepe Magyarország földtani fejlődésében. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1980-ról*, 509–516.
- CSÁSZÁR G., KOVÁCSNÉ BODROGI I. & VÖRÖS A. 1982: Lagúnás kifejlődésű Dachsteini Mész-kő Formáció a borzavári Templom-dombon. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1980-ról*, 187–209.

### 1983

- CSÁSZÁR, G. 1983: Closing session of the Central European Regional Group of IGCP project 58 in Budapest. – *Acta Geologica Hungarica* **26**, p. 168.
- CSÁSZÁR G. 1983: Földtani térképezés és nyersanyagkutatás a Dunántúli-középhegységben. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1981-ről*, 35–39.
- CSÁSZÁR, G. 1983: Hungarian participation in the socialist academies' multilateral geological collaboration (Problem Commission IX.). – *Acta Geologica Hungarica* **26**, 167–168.
- CSÁSZÁR, G., FRIEDELNÉ, MATYÓK I. & KOVÁCSNÉ BODROGI I. 1983: A nagybaracska fúrások kréta képződményei. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1981-ről*, 213–238.
- CSÁSZÁR, G., HAAS, J., HALMAI, J., HÁMOR, G. & KÖRÖS, L. 1983: The role of Late Alpine tectonic phases in the geological history of Hungary. – *Anuarul Institutului de Geologie i Geofizică* **60**, 51–56.
- HAAS J., CSÁSZÁR G., FÜLÖP J., RÓNAI A., JÁMBOR Á., HÁMOR G., BÁLDI T., DUDICH E., GÉCZY B. & BALOGH K. et al. 1983: Magyarország litosztratigráfiai formációi. – A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest, 1 táblázat.
- FÜLÖP, J., CSÁSZÁR, G. & HAAS, J. 1983: On the present state of stratigraphic research in Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **26**, 171–186.

### 1984

- CSÁSZÁR G. 1984: *Magyarító a Bakony hegység 20 000-es földtani térképsorozatához; Borzavár.* – A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- CSÁSZÁR, G. 1984: A review of the Hungarian Middle Cretaceous key and reference sections. – *Österreichische Akademie der Wissenschaften, Mathematisch–Naturwissenschaftliche Klasse* **B7**, 67–92.
- CSÁSZÁR, G. 1984: Middle Cretaceous paleogeography and evolutionary history sketch of the Transdanubian Central Range in the light of key and reference sections. – *Österreichische Akademie der Wissenschaften, Mathematisch–Naturwissenschaftliche Klasse* **B7**, 173–192.
- CSÁSZÁR G. 1984: Ajka pótlása érdekében a prognózistól az előkutatási jelentésig. – *Földtani Kutatás* **27/3**, 1–6.
- CSÁSZÁR G. & FARKAS L. 1984: Újabb bauxitszintre utaló indikációk a Villányi-hegységben. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1982-ről*, 237–244.

- CSÁSZÁR, G. & HAAS, J. 1984: The Cretaceous in Hungary: a review. – *Acta Geologica Hungarica* **27**, 417–428.
- CSÁSZÁR, G., BILLIK, I., GÉCZY, B., GÓCZÁN, F., HAAS, J., HETÉNYI, R., KASSAI, M., KONDA, J., KOVÁCS, S., MISZLIVÉCZ, E. et al. 1984: Excursion 104 Mesozoic Formations in Hungary. – *International Geological Congress XXVIIth Session Moscow, USSR, Guidebook* **43**, 92 p.
- RÓNAI, A., HÁMOR, G., NAGY, E., FÜLÖP, J., CSÁSZÁR, G., JÁMBOR, Á., HETÉNYI, R., DEÁK, M. & GYARMATI, P. 1984: *Geological Map of Hungary M=1:500 000*. – A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- HUNTER, R. E., CLIFTON, H. E., HALL, N. T., CSÁSZÁR, G., RICHMOND, B. M. & CHIN, J. L. 1984: Pliocene and Pleistocene Coastal and Shelf Deposits of the Merced Formation and Associated Beds Northwestern San Francisco Peninsula, California. – *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists 1984 Midyear Meeting, Field Trip Guidebook* **3**, 1–19.

### 1985

- CSÁSZÁR G. & BODROGI I. 1985: Munierriák a magyarországi krétában. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1983-ról*, 167–212.
- CSÁSZÁR, G., CLIFTON, H. E. & HUNTER, R. E. 1985: Details of a Pleistocene Coastal succession, golden Gate National Recreation Area, California. – *Geofizikai Közlemények – Geophysical Transactions* **31/1–3**, 169–189.
- REYMENT, R. A., BENGTON, P. (eds), ARMARD, B., ARTHUR, M. A., AYYASAMI, K., BERTHOU, P. -Y., CHEN, P. J., CHRISTIENSEN, W. R., CSÁSZÁR, G., DALZIEL, I. W. D. et al. 1985: Events of the Mid-Cretaceous. – Final report on results obtained by IGCP Project No. 58, 1974–1985. – *IGCP NO. 276 Newsletter*, 213 p.

### 1986

- CSÁSZÁR G. 1986: Dunántúli-középhegységi középső-kréta képződmények rétegtana és kapcsolata a bauxitképződéssel: Middle Cretaceous formations of the Transdanubian Central Range: stratigraphy and connection with bauxite genesis. – *Geologica Hungarica series Geologica* **23**, 295 p.
- CSÁSZÁR G.: A rétegtan néhány aktuális kérdése. – *Őslénytani Viták* **32**, 3–10.
- CSÁSZÁR G. 1986: Emlékezés ifj. Noszky Jenőről születésének 75. évfordulóján. – *Földtani Tudománytörténeti Évkönyv* **12**, 30–36.
- CSÁSZÁR, G., DANISH, V. V., ELIAŠ, M., KULCHICKY, YA. S., LOZINYAK, P. YU., MASLAREVIC, L., MIHAILESCU, N., NACHEV, I., NEMCOK, J., OBRADOVIC, J. et al. 1986: Cenomanian. – In: HAAS, J. (ed.): *Atlas of Palaeotransport of detrital sediments in the Carpathian–Balkan Mountain system. Part II, Upper Cretaceous*, Budapest.
- BERTLE, H., CSÁSZÁR, G., FÖLLMI, K., FUCHS, G., FURRER, H., DE, GRAAF L W S., HANTKE, R., KRIEG, W., LOACKER, H., OBERHAUSER, R. et al. 1986: Exkursionen A: Von Dornbirn durch Rheintal und Walgau ins Montafon (Quartär, Helvetikum, Nördliche und Südliche Flyschzone, Kalkalpen, Silvrettakristallin). In: OBERHAUSER, R. (ed.): *Exkursionsführer. Wandertagung 1986 der Österreichischen Geologischen Gesellschaft in Dornbirn mit Exkursionen in Vorarlberg und Tirol sowie mit Übertritten in die Schweiz und nach Liechtenstein*. Geologische Bundesanstalt, Wien, 130 p.
- HAAS J., J. EDELÉNYI E., CSÁSZÁR G. & PARTÉNYI Z. 1986: A bakonyi szenon köszönösszlet képződési körülményei. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1984-ról*, 343–354.

### 1987

- CSÁSZÁR G. 1987: Földtani térképezés a Bakony hegységben és a Balaton-felvidéken. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1985-ről*, 227–234.
- CSÁSZÁR G. 1987: Bakony, Borzavár, Páskom 2. szelvény. – Profile Páskom 2, Borzavár, Bakony Mountains. – *Magyarország geológiai alapszelvényei*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 10 p.
- CSÁSZÁR G. & ORAVECZNÉ SCHEFFER A. 1987: Bakony, Bakonybél, Kőris-hegy. – *Magyarország geológiai alapszelvényei*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 6 p.
- CSÁSZÁR G. & ORAVECZNÉ SCHEFFER A. 1987: Bakony Borzavár, Páskom 1. szelvény. – Profile Páskom 1, Borzavár, Bakony Mountains. – *Magyarország geológiai alapszelvényei*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 6 p.
- CSÁSZÁR G., BODROGI I., CZABALAY L., HORVÁTH A., JUHÁSZ M. & MONOSTORI M. 1987: Az albai–cenomán korú Pénzeskúti Márga Formáció fácies- és ökológiai viszonyairól ősmaradványok alapján. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1985-ről*, 381–403.
- CSÁSZÁR, G., BODROGI, I., HORVÁTH, A. & JUHÁSZ, M. 1987: The Albain/Cenomanian boundary in the Transdanubian Central Range. – *Acta Geologica Hungarica* **30/3–4**, 299–317.
- CSÁSZÁR, G., HAAS, J., HALMAI, J., HÁMOR, G. & KÖRPÁS, L. 1987: The Role of Middle and Late Alpine Tectonic Phases in the Geological History of Hungary. – In: LEONOV, YU. G. & KHAIN, V. E. (eds): *Global Correlation of Tectonic Movements*. Chichester, John Wiley & Sons, 173–186.
- HAAS, J. & CSÁSZÁR, G. 1987: Cretaceous of Hungary: Paleogeographic implication. – *Rendiconti Della Società Geologica Italiana* **9/2**, 203–208.
- FÜLÖP, J., DANK, V., ÁDÁM, O., BALLA, Z., BARABÁS, A., BARDÓCZ, B., BREZSNYÁNSZKY, K., CSÁSZÁR, G., HAAS, J. & HÁMOR, G. et al. 1987: *Magyarország földtani térképe a kainozóikum elhagyásával M=1:500 000 (dombor változat)*. – Magyarországi Földtani Atlasza, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.

### 1988

- CSÁSZÁR G. 1988: Bakony, Olaszfalu, Eperkés-hegy EH–2 nagyszelvény. – *Magyarország geológiai alapszelvényei*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 6 p.



- CSÁSZÁR G. 1988: Bakony, Olaszfalu, Eperkés-hegy EH-3 szelvény. – *Magyarország geológiai alapszelvényei*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 6 p.
- CSÁSZÁR G. 1988: Bakony, Olaszfalu, Eperkés-hegy (Hosszú-árok) EH-1 szelvény. – *Magyarország geológiai alapszelvényei*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 6 p.
- CSÁSZÁR G. & GÓCZÁN F. 1988: A bakonyi felső-kréta kőszénkutatás és kőszénlápvizsgálat. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1986-ról*, 155–178.
- HAAS J., TÓTH Á., CSÁSZÁR G. & J. EDELENYI E. 1988: *A Dunántúli-középhegység bauxitföldtani térképe, összevont fekü-fedő-mélység kombinációs térképe*. – A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- KOVÁCS, S., CSÁSZÁR, G., GALÁCZ, A., HAAS, J. & NAGY, E. 1988: The Tisza Superunit was part of the Northern (European) margin of Tethys. – *Mémoires de la Société Géologique de France* **154/2**, 81–100.

### 1989

- CSÁSZÁR, G. (ed.) 1989: *Excursion Guidebook. Tenth Regional Meeting of the International Association of Sedimentologists, Budapest 24–26 April 1989*. – A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, 261 p.
- CSÁSZÁR, G. 1989: Transgressive Urgonian sequence with “black pebbles” from the Villány Mountains, Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **32**, 3–29.
- CSÁSZÁR, G. & HAAS, J. 1989: Shallow marine Cretaceous carbonates in the Transdanubian Mid-Mountains. – In: CSÁSZÁR, G. (ed.) 1989: *Excursion Guidebook. Tenth Regional Meeting of the International Association of Sedimentologists, Budapest 24–26 April 1989. Excursion G*. – A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, 189–226.
- CSÁSZÁR G., CSILLAG G., BUDAI T., KOLOSZÁR L. & BIHARI D. 1989: A Keszthelyi-hegység és a Balaton-felvidék térképezésének eddigi eredményei. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1987-ről*, 85–93.
- CSÁSZÁR, G., GALÁCZ, A., HAAS, J., KÁZMÉR, M., KOVÁCS, S., NAGYMAROSY, A., SZENTGYÖRGYI, K. & VÖRÖS, A. 1989: Palaeogeography of the Pannonian Basin. – In: RAKÚS, M., DERCOURT, J. & NAIRN, A. E. M. (eds): Evolution of the Northern Margin of Tethys, Vol. II. – *Mémoires de la Société Géologique de France*, N.S. **154 (III)**, 63–89.
- CSÁSZÁR, G., OBERHAUSER, R. & LOBITZER, H. 1989: The Schrattekalk Vorarlberg: An Example of Urgonian Sedimentation. – In: WIEDMANN, J. (ed.): *Cretaceous of the Western Tethys*. Toronto, Elsevier, 377–401.
- KOVÁCS, S., CSÁSZÁR, G., GALÁCZ, A., HAAS, J., NAGY, E. & VÖRÖS, A. 1989: The Tisza superunit was originally part of the north Tethyan (European) margin. – In: RAKÚS, M., DERCOURT, J. & NAIRN, A. E. M. (eds): Evolution of the Northern Margin of Tethys, Vol. II. – *Mémoires de la Société Géologique de France*, N.S. **154 (II)**, 81–100.
- MONOSTORI, M., BODROGI, I., CSÁSZÁR, G. & GÖRÖG, Á. 1989: F-5 Olaszfalu, Eperkés Hill. – In: KECSKEMÉTI, T. (ed.): *XXIst European Micropalaeontological Colloquium, 4–13. 09. 1989, Guidebook*. Hungarian Geological Society, Budapest, 252–253.
- MONOSTORI, M., BODROGI, I. & CSÁSZÁR, G. 1989: Bakonyháza, Zsidó Hill. – In: KECSKEMÉTI, T. (ed.): *XXIst European Micropalaeontological Colloquium, 4–13. 09. 1989, Guidebook*. Hungarian Geological Society, Budapest, 244–248.
- MONOSTORI, M., BODROGI, I. & CSÁSZÁR, G. 1989: Zirc, Cigányárok. – In: KECSKEMÉTI, T. (ed.): *XXIst European Micropalaeontological Colloquium, 4–13. 09. 1989, Guidebook*. Hungarian Geological Society, Budapest, 248–251.

### 1990

- BENCE G., BERNHARDT B., BIHARI D., BÁLINT Cs., CSÁSZÁR G., GYALOG L., HAAS J., HORVÁTH I., JÁMBOR Á., KAISER M., KÉRI J., KÓKAY J., KONDA J., LELKESNÉ FELVÁRY Gy., MAJOROS Gy., PEREGI Zs., RAINCSÁK Gy., SOLTÍ G., TÓTH Á. & TÓTH Gy. 1990: *A Bakony hegység földtani képződményei. Magyarászó a Bakony hegység fedetlen földtani térképéhez 1: 50 000*. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 119 p.
- CSÁSZÁR, G. 1990: Tethyan Cretaceous correlations. Introduction. – *Cretaceous Research* **11**, 201–202.
- DANK V., FÜLÖP J., ÁDÁM O., BALLA Z., BARABÁS A., BARDÓCZ B., BÉRCZI I., BREZSNYÁNSZKY K., CSÁSZÁR G., HAAS J. et al. 1990: *Magyarország szerkezetföldtani térképe M= 1: 500 000*. – Magyarország Földtani Atlasza, A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- DERCOURT, J., RICOU, L. E., ADAMIA, S., CSÁSZÁR, G., FUNK, H., LEFELD, J., RAKÚS, M., SANDULESCU, M., TOLLMANN, A. & TCHOUMACHENKO, P. 1990: *Paleogeographical maps 1:10 000 000: Northern Margin of Tethys*. – The Results of the IGCP project 198.
- GYALOG L. & CSÁSZÁR G. 1990: *A Bakony hegység fedetlen földtani térképe. (A negyedidőszaki képződmények elhagyásával) M= 1:50 000*. – A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- HAAS, J., CSÁSZÁR, G., KOVÁCS, S. & VÖRÖS, A. 1990: Evolution of the western part of the Tethys as reflected by the geological formations of Hungary. – *Acta Geodaetica Geophysica et Montanistica Hungarica* **25/3–4**, 325–344.

### 1991

- BENCE, G., CSÁSZÁR, G., DARIDA-TICHY, M., DUDKO, A., GÁLOS, M., GANGL, G., KERTÉSZ, P., KÖRÖS, L. & ZIER, CH. 1991: The power plant Nagymaros-geology and problems of engineering geology. – In: LOBITZER, H. & CSÁSZÁR, G. (eds): *Jubiläumsschrift 20 Jahre geologische Zusammenarbeit Österreich–Ungarn. Teil 1. (A 20 éves Magyar–Osztrák földtani együttműködés jubileumi kötete)*. Wien, Geologische Bundesanstalt, 385–400.
- CSÁSZÁR G. 1991: A kréta rétegtan eredményei. – *Őslénytani Viták* **36–37**, 45–49.
- CSÁSZÁR, G. & TURNSEK, D. 1991: Atoll vestiges from the Lower Cretaceous of the Mecsek Mts., Hungary. – In: *Field-Symposium on Tethyan Cretaceous Project IGCP, Abstracts*, Paper: 262.
- CSÁSZÁR, G. 1991: Correlating the Tethyan Cretaceous. – Activities and achievements of IGCP Project 262. – *Episodes* **14/2**, 153–154.

LOBITZER, H. & CSÁSZÁR, G. (eds) 1991: *Jubiläumsschrift 20 Jahre geologische Zusammenarbeit Österreich–Ungarn. Teil 1. (A 20 éves Magyar–Osztrák földtani együttműködés jubileumi kötet)*. – Wien, Geologische Bundesanstalt, 400 p.

### 1992

- CSÁSZÁR G. 1991: Geológiai értékeink sorsa. – *Értékmentő* (Városvédő és Településszépítő Egyesületek Lapja) **5**, p. 15.
- CSÁSZÁR, G. 1992: Urgonian facies of the Tisza Unit. – *Acta Geologica Hungarica* **35/3**, 263–285.
- CSÁSZÁR, G. 1992: Észrevételek Pantó Dénes: Hogyan írják helyesen: formáció vagy Formáció? című cikkéhez. Bányászati nyelv-művelés. – *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **125/11–12**, 657–658.
- HAAS, J., J. EDELÉNYI, E. & CSÁSZÁR, G. 1992: Upper Cretaceous coal deposits in Hungary. – In: MCCABE, P. & PARRISH, J. T. (eds): *Controls on the distribution and quality of Cretaceous coals*. Boulder (CO), Geological Society of America, 245–262.
- TSAILA-MONOPOLIS, S., CSÁSZÁR, G., GAITNAKIS, P., BODNÁR, E., GÖRÖG, Á. & TURNSEK, D. 1992: Stratigraphy and sedimentary patterns of the Fracht Hill Cretaceous, Argolis, Greece. – In: *6th Annual Meeting of IGCP 262 Cretaceous facies in Orogenic Belts, 22–26 May 1992 Peloponnese-Parnassos-Athens, Greece*. p. 24.

### 1993

- CSÁSZÁR, G. & GÖRÖG, Á. 1993: Olaszfalu, Eperkés Hill. – In: CSÁSZÁR, G. & DOSZTÁLY, L. (eds): *Cretaceous and Paleogene Paleogeography and Geodynamics of the Alcapa Region. Field Guide, Lower and Middle Cretaceous Formations of the Transdanubian Range, July 5–8th, 1993*. p. 28.
- CSÁSZÁR, G., JOCHA-EDELÉNYI, E., KNAUER, J. & SZENTGYÖRGYI, K. 1993: Terrestrial and shallow-marine Cretaceous clastics of Hungary. – *Cretaceous Research* **14/3**, 307–335.
- XHOMO, A., CSÁSZÁR, G., PEZA, L. & PIRDENI, A. 1993: Ferenc Nopcsa the Pioneer of Scientific Geological Research on the Stratigraphy and the Structure of Northern Albania (Albanian Alps and Cukali Zone). – In: *International Conference on Ferenc Nopcsa and Albania, 13–14 October 1993*, Paper: 15.

### 1994

- CSÁSZÁR, G. 1994: Tata. Calvary Hill Geological Conservation Area – Upper Triassic – Jurassic Lower Cretaceous sections. – In: DUDICH, E. (ed.): *Guide to Field Trip. Association of European Geological Societies, Executive Committee Meeting. Budapest*, 15–18.
- CSÁSZÁR, G. 1994: Naturschutzgebiet und geologisches Museum von Tata, Kálvária-domb (Kalvarienhügel) Exkursionsführer D, Geologisch-paläontologische Naturschutzgebiete und Jungtertiär in NE Transdanubian. – In: KECSKEMÉTI, T. (ed.): *64. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft. Exkursionsführer A., Das Mesozoikum des Bakony-Gebirges*, 49–59.
- CSÁSZÁR, G. 1994: Achievements in Stratigraphy. – In: TÓTH-MAKK, Á. (ed.): *125 years Hungarian Geological Survey*. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 61–81.
- CSÁSZÁR G. 1994: Rétegtani eredmények. – In: HÁLA, J. (ed.): *125 éves a Magyar Állami Földtani Intézet – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest*, 57–76.
- CSÁSZÁR, G. & ALMÁSI, I. 1994: *Excursion Guidebook, ProGEO'94 Workshop Hungary 29 May – 04 June, 1994*. – National Authority of Nature Conservation, Budapest, 108 p.
- CSÁSZÁR, G. & B. ÁRGYELÁN, G. 1994: Stratigraphic and micromineralogic investigations on Cretaceous formations of the Gerecse Mountains, Hungary and their palaeogeographic implications. – *Cretaceous Research* **15/4**, 417–434.
- CSÁSZÁR, G., DOSZTÁLY, L. 1994: Some notes concerning the correlation of the Jurassic and Lower Cretaceous successions of the Northern Karavanke and the Transdanubian Central Range. – LOBITZER, H., CSÁSZÁR, G. & DAURER, A. (eds) 1994: *Jubiläumsschrift 20 Jahre Zusammenarbeit Österreich–Ungarn, Teil 2*. – Wien, Geologische Bundesanstalt, 403–408.
- CSÁSZÁR, G. & FÖZY, I. 1994: Olaszfalu, Eperkés-hegy. – In: KECSKEMÉTI, T. (ed.): *64. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft 26–30. September 1994. Exkursionsführer A., Das Mesozoikum des Bakony-Gebirges*. Budapest, 53–63.
- CSÁSZÁR, G., KONDA, J. & SZABÓ, Z. 1994: Úrkút, Csárda-hegy. Naturschutzgebiet. Exkursionsführer A Das Mesozoikum des Bakony-Gebirges. – In: KECSKEMÉTI, T. (ed.): *64. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft 26–30. September 1994. Exkursionsführer A., Das Mesozoikum des Bakony-Gebirges*. Budapest, 49–52.
- CSÁSZÁR, G., MEHL, D., OBERHAUSER, R. & LOBITZER, H. 1994: A comparative study of the Urgonian facies in Vorarlberg (Austria), in Allgäu (Germany) and in the Villány Mountains (Hungary). – LOBITZER, H., CSÁSZÁR, G. & DAURER, A. (eds) 1994: *Jubiläumsschrift 20 Jahre Zusammenarbeit Österreich–Ungarn, Teil 2*. – Wien, Geologische Bundesanstalt, 145–207.
- DRAXLER, I., SOLT, G., LOBITZER, H., CICHOCKI, O., HERRMANN, P., RAVASZ, Cs., SACHSENHOFER, R., STOJASPAL, F. & CSÁSZÁR, G. 1994: Erster Nachweis von "Alginit" (sensu Jámor & Solti 1975) im Südoststeierischen Tertiärbecken (Österreich). – In: LOBITZER, H., CSÁSZÁR, G. & DAURER, A. (eds) 1994: *Jubiläumsschrift 20 Jahre Zusammenarbeit Österreich–Ungarn, Teil 2*. – Wien, Geologische Bundesanstalt, 19–54.
- LOBITZER, H., CSÁSZÁR, G. & DAURER, A. (eds) 1994: *Jubiläumsschrift 20 Jahre Zusammenarbeit Österreich–Ungarn, Teil 2*. – Wien, Geologische Bundesanstalt, 520 p.
- LOBITZER, H., SOLT, G. & RAVASZ, Cs. 1994: Fazies und Geochemie ausgewählter Vorkommen bituminöser und kerogenreicher Gesteine Österreichs. – In: LOBITZER, H., CSÁSZÁR, G. & DAURER, A. (eds) 1994: *Jubiläumsschrift 20 Jahre Zusammenarbeit Österreich–Ungarn, Teil 2*. – Wien, Geologische Bundesanstalt, 465–483.
- TOLBA, M. & CSÁSZÁR, G. 1994: Morphotectonic studies of the Eastern Mecsek Mountains, South Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **37/3**, 269–280.

## 1995

- CSÁSZÁR G. 1995: Bevezetés A geressei és vértesei medencefáciájú törmelékes (flisoid) és sekélytengeri karbonátos (urgon) képződmények korviszonyának és fáciakapcsolatának és Tethysen belüli helyzetének feltárása és paleogeográfiai-fejlődéstörténeti értékelése című OTKA projekt kutatási eredményeinek összegzéséhez. – *Általános Földtani Szemle* **27**, 5–6.
- CSÁSZÁR G. 1995: A geressei és Vértés előtéri kréta kutatás eredményeinek áttekintése. – *Általános Földtani Szemle* **27**, 133–152.
- CSÁSZÁR, G., GÖRÖG, Á., FOGARASI, A., LEEREFELD, H. & JUHÁSZ, M. 1995: Barremian/Aptian boundary in platform carbonate and Aptian/Albian boundary in hemipelagic formation from Hungary. In: RAWSON, P. F. (ed.): *Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries, Brussels 8–16 September 1995*. – Brussels, Belgium, p. 35.

## 1996

- BIHARI D., BUDAI T., CSÁSZÁR G. & KNEIFEL F. 1996: A földtani térképezés szerepe a környezetállapot felmérésében. – In: ELEK GY. & VÉCSI B. (szerk.): *X. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Székesfehérvár. MTESZ Fejér Megyei Szervezete, MTESZ Veszprém Megyei Szervezete*. 131–143.
- CSÁSZÁR G. 1996: *Magyarország litosztratigráfiai alapegységei. Kréta*. – A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest, 163 p.
- CSÁSZÁR, G. 1996: Reworked atoll-like vestiges in the Lower Cretaceous volcanoclastics in South-Hungary. – In: *17th Regional African European Meeting of Sedimentology Sfax - Tunisia, March 26th – 28th 1996*. Tunézia, p. 66.
- CSÁSZÁR, G. 1996: The geological key sections today – an end of a dream? – In: TÓTH, E. & HORVÁTH, R. (eds): *Proceedings of the Research; Conservation; Management Conference. Aggtelek; Hungary; 1–5 May 1996*, p. 26.
- CSÁSZÁR G. 1996: A Dunántúli-középhegység földtani térképezése. (Geological mapping of the Transdanubian Range). – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1992–1993/I*, 64–67.
- CSÁSZÁR, G., TURNŠEK, D. 1996: Vestiges of atoll-like formations in the lower Cretaceous of the Mecsek mountains, Hungary. – *Cretaceous Research* **17/4**, 419–442.

## 1997

- BÉRCZINÉ MAKK A., CSÁSZÁR G. & NUSSZER A. 1997: A Mecseki Zóna közép-alföldi mezozóos aljzatának sztratigráfiai értékelése és fejlődéstörténeti vázlata. – *Földtani Közlöny* **126/2–3**, 185–207.
- CSÁSZÁR, G. 1997: Report on the final meeting of the DANREG Programme, Budapest May 26–30, 1997. – *Acta Geologica Hungarica* **40/3**, 362–363.
- CSÁSZÁR G. 1997: A Vértés-előtti kréta időszaki képződményei c. monográfia-töredékéhez. – In: HAAS J. (szerk.): *Fülöp József-emlékkönyv*. – Budapest, Akadémiai Kiadó, 45–46.
- CSÁSZÁR, G. (ed.) 1997: *Basic lithostratigraphic units of Hungary: charts and short descriptions*. – Budapest, Magyar Állami Földtani Intézet, 114 p.
- CSÁSZÁR, G. & HAAS, J. 1997: Report on the Sequence Stratigraphic Workshop for the CBGA member countries. Sümeg, Hungary, June 9–14, 1997. – *Acta Geologica Hungarica* **40/3**, 361–362.
- CSÁSZÁR G. & TURNŠEK, D. 1997: Atollmaradványok a Mecsek alsó-krétájában. – In: HAAS J. (szerk.): *Fülöp József-emlékkönyv*. – Budapest, Akadémiai Kiadó 193–213.
- CSÁSZÁR, G., HALOUZKA, R., JOCHA, EDELÉNYI E., KAISER, M., NAGY, A., PASCHER, G., PISTOTNIK, J., SCHAREK, P., SCHÄFFER, G., SCHUBERT, G. et al. 1997: *DANREG Programme Excursion Guide*. – Geological Institute of Hungary, Budapest, 56 p.
- CSÁSZÁR, G., HRICKO, J., JANOSCHEK, W., KOVÁCIK, M., NEMESI, L. & MATURA, A. 1997: The DANREG programme – an international effort for unified geological database and evaluation along the river Danube. – In: DUDICH, E. & LOBITZER, H. (eds): *Advances in Austrian–Hungarian Joint Geological Research*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 197–203.
- FAUPL, P., CSÁSZÁR, G. & MIŠÍK, M. 1997: Cretaceous and Palaeogene sedimentary evolution in the Eastern Alps, Western Carpathians and the North Pannonian region: An overview. – *Acta Geologica Hungarica* **40/3**, 273–305.
- LANTOS, M., WAGREICH, M., SIEGL-FARKAS, Á., BODNÁR, E. & CSÁSZÁR, G. 1997: Integrated stratigraphic correlations of the Upper Cretaceous sequence in the borehole Bakonyjákó Bj–528. – In: DUDICH, E. & LOBITZER, H. (eds) 1997: *Advances in Austrian–Hungarian Joint Geological Research*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 97–117.

## 1998

- B. ÁRGYELÁN G. & CSÁSZÁR G. 1998: Törmelékes krómspinellek a geressei jura képződményekben. – *Földtani Közlöny* **128/2–3**, 321–360.
- CSÁSZÁR G. 1998: Főtitkári jelentés 1997. évről. – *Földtani Közlöny* **128/1**, 47–62.
- CSÁSZÁR G. 1998: Nemzetközi erőfeszítés a földtani adatok határmenti egységesítésére Bécs és Budapest között: a DANREG program és tanulságai. – *Földtani Kutatás* **35/1**, 25–28.
- CSÁSZÁR G. 1998: A rétegtan. – *Természet Világa* **129/II. különszám**, 30–35.
- CSÁSZÁR G. 1998: A rétegtan alapjai: A rétegtan és a rétegtani osztályozás. – In: BÉRCZI, I. & JÁMBOR, Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. Budapest, Magyar Állami Földtani Intézet, Mol Rt., 9–27.
- CSÁSZÁR G. 1998: A Dunántúli-középhegység alsó- és középső-krétá képződményeinek rétegtana. – In: BÉRCZI I. & JÁMBOR Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. Budapest, Magyar Állami Földtani Intézet, Mol Rt., 337–352.
- CSÁSZÁR G. 1998: A Mecseki- és a Villányi Egység alsó- és középső-krétá képződményeinek rétegtana. – In: BÉRCZI I. & JÁMBOR Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. Budapest, Magyar Állami Földtani Intézet, Mol Rt., 353–369.

- CSÁSZÁR G., GALÁCZ A., HAAS J., HÁMOR G., KECSKEMÉTI T., KNAUER J., KORPÁSNÉ HÓDI M., KROLOPP E., NAGYMAROSY A. & SZEDERKÉNYI, T. 1998: A hazai földkéreg rétegtani tagolásának helyzete (State of the art of stratigraphic subdivision in the earth crust of Hungary). – *Földtani Közlemény* **128/1**, 99–121.
- CSÁSZÁR G., GALÁCZ A. & VÖRÖS A. 1998: A gerecsei jura – fácieskérdések, alpi analógiák. – *Földtani Közlemény* **128/2–3**, 397–435.

### 1999

- BUDAI T., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., DUDKO A., KOLOSZÁR L. & MAJOROS GY. 1999: *A Balaton-felvidék földtana. Magyarázó a Balaton-felvidék földtani térképéhez, 1:50 000.* – A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa 197, 257 p.
- CSÁSZÁR, G. (ed. in chief) 1999: *Surface geological map. M=1:100 000.* – Danube Region Environmental Programme. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- CSÁSZÁR, G. 1999: Főtitkári jelentés a Magyarhoni Földtani Társulat 1998. évi közhasznú tevékenységéről. – *Földtani Közlemény* **129/1**, 5–21.
- CSÁSZÁR, G. 1999: Vestiges of new type Cretaceous atolls from the Mecsek Mountains, Hungary. In: 11th Bathurst Meeting, *Journal of Conference Abstracts* **4/2**, p. 910.
- CSÁSZÁR, G., DUDKO, A., NAGY, A. & VOZÁR, J. 1999: *Geological cross-section between Komjatice Depression and Zsámbék. M = 1:200 000.* – Danube Region Environmental Programme. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- CSÁSZÁR, G., VASS, D., ELEČKO, M., PERESZLÉNYI, M. & VOZÁR, J. 1999: *Geological cross-section between Vel'ké Žálužice and Vértessomló. M = 1:200 000.* – Danube Region Environmental Programme. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- KRÖLL, A., WESSELY, G., CSÁSZÁR, G. & NEMESI, L. 1999: *Geological cross-section across the Vienna and Kisalföld Basins. M = 1:200 000.* – Danube Region Environmental Programme. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- MATURA, A. (ed. in chief), WESSELY, G., KRÖLL, A., CSÁSZÁR, G. & VOZÁR, J. 1999: *Map of the pre-Tertiary basement. M = 1:200 000.* – Danube Region Environmental Programme. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.

### 2000

- CSÁSZÁR, G. 1999: Platform-, lejtő- és medence fáciesű képződmények a Balaton-felvidéki és balatonfői alsó-paleozoikumban. – *Földtani Közlemény* **130/1**, 133–137.
- CSÁSZÁR G. 2000: A Föld és az élet fejlődése. – *Földtani Közlemény* **130/1**, 139–140.
- CSÁSZÁR G. 2000: Főtitkári jelentés a Magyarhoni Földtani Társulat 1998. évi közhasznú tevékenységéről. – *Földtani Közlemény* **130/2**, 177–192.
- CSÁSZÁR G. (ed.): Danube Region Environmental Geology Programme DANREG. Explanatory Notes. – In: CSÁSZÁR G. (ed.): Danube Region Environmental Geology Programme DANREG. Explanatory Notes. *Jahrbuch Geologische Bundesanstalt* **142/4**, 411–608.
- CSÁSZÁR, G. 2000: Vestiges and sedimentary reconstruction of Lower Cretaceous atolls in continental shelf environment. – *31st International Geological Congress, Abstract Volume (CD-Rom) Rio de Janeiro.*
- CSÁSZÁR G. & KORPÁS L. 2000: Tata – Kálvária-domb: földtani természetvédelmi terület. – In: HUNGEO 2000, A földtudományok a Kárpát-medence fejlődéséről. Múltbeli és jelenkori tendenciák. Sokféleség az egységben. Piliscsaba, 2000. augusztus 15–19., Kirándulásvezető, 18–27.
- CSÁSZÁR, G., HRICKO, J., JANOSCHEK, W., KOVÁČIK, M., MATURA, A. & NEMESI, L. 2000: Introduction of the editor in chief. – In: CSÁSZÁR G. (ed.): Danube Region Environmental Geology Programme DANREG. Explanatory Notes. – *Jahrbuch Geologische Bundesanstalt* **142/4**, 415–416.
- CSÁSZÁR G., KOLLÁNYI K., LANTOS M., LELKES GY. & TARDINÉ FILÁČZ E. 2000: A Hidasivölgyi Márga Formáció kora és képződési környezete. – *Földtani Közlemény* **130/4**, 695723.
- CSÁSZÁR, G., HALMAI, J., HRICKO, J., JANOSCHEK, W., KOVÁČIK, M., MATURA, A. & NEMESI, L. 2000: DANREG – Danube Region Environmental Geology Programme as an example for Cross-Border Cooperation. – In: VLAHOVIC, I. & BIONDIC, R. (eds): *Second Croatian Geological Congress: Proceedings.* – Institute of Geology, Zagreb, 23–26.
- CSÁSZÁR, G., PISTOTNIK, J., PRISTAŠ, J., ELEČKO, M., KONEČNY, V., VASS, D. & VOZÁR, J. 2000: Surface geological map. – In: CSÁSZÁR G. (ed.): Danube Region Environmental Geology Programme DANREG. Explanatory Notes]. – *Jahrbuch Geologische Bundesanstalt* **142/4**, 421–455.
- CSÁSZÁR, G., WESSELY, G., NEMESI, L. & VOZÁR, J. 2000: Geological cross-sections. Surface geological map. – In: CSÁSZÁR G. (ed.): Danube Region Environmental Geology Programme DANREG. Explanatory Notes]. – *Jahrbuch Geologische Bundesanstalt* **142/4**, 575–580.
- MATURA, A., CSÁSZÁR, G., KRÖLL, A., VOZÁR, J. & WESSELY, G. 2000: Map of the pre-Tertiary basement. – In: CSÁSZÁR G. (ed.): Danube Region Environmental Geology Programme DANREG. Explanatory Notes. *Jahrbuch Geologische Bundesanstalt* **142/4**, 465–482.
- KOVÁCS, S., SZEDERKÉNYI, T., HAAS, J., BUDA, GY., CSÁSZÁR, G. & NAGYMAROSY, A. 2000: Tectonostratigraphic terranes in the pre-Neogene basement of the Hungarian part of the Pannonian area. – *Acta Geologica Hungarica* **43/3**, 225–328.

### 2001

- CSÁSZÁR G. 2001: Közhasznúsági és főtitkári jelentés a Magyarhoni Földtani Társulat 2000. évi tevékenységéről. – *Földtani Közlemény* **131/3–4**, 313–329.
- CSÁSZÁR G. 2001: A rétegtani táblázatról dióhéjban. – *Földrajztanítás* **40/1–2**, 37–38.
- CSÁSZÁR G. & PEREGI ZS. 2001: Középső-jura korszakbeli mega-hasadékkitöltés a Vértes DNY-i peremén. – *Földtani Közlemény* **131/3–4**, 581–584.

- CSÁSZÁR, G., FÖZY, I. & VÖRÖS, A. 2001: Preliminary results on Jurassic and Lower Cretaceous formations in the Karavanke Mountains and Lienz Dolomites, Austria. – *Acta Geologica Hungarica* **44/4**, 439–462.
- HAAS J., BÉRCZI I. & CSÁSZÁR G. 2001: A geológia társadalmi jelentősége. – In: GLATZ F. (szerk.): *Közgyűlési előadások 2000. május, Millenium az Akadémián*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 1591–1602.
- LELKES GY., KOLLÁNYI K. & CSÁSZÁR G. 2001: Szokatlanul vastag gercsei felső-jura rétegsor rétegtani, mikrofaciális és szedimentológiai vizsgálatának eredményei. – *4. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Pécsvárad, 04–05/05/2001, Abstracts*, p. 24.

## 2002

- ÁRKAI P., BOKODY T., CSÁSZÁR G., CSONTOS L., HAAS J., HÁMOR G., JÁMBOR Á., KOVÁCS S., LENKEY L., POGÁCSÁS GY et al. 2002: Geológiai viszonyok, talajok – In: GLATZ F. (főszerk.), MÉSZÁROS E. & SCHWEITZER F. (szerk.): *Magyar Tudománytár I. kötet. Föld, víz, levegő*. – Kossuth Kiadó, MTA Társadalomkutató Központ Budapest, 23–121.
- BUDAI, T., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., FODOR L., CSILLAG G., GYALOG L., KERCSMÁR ZS., MAROS GY., MINDSZENTY A., PÁLFALVY S., PEREGI ZS. & SELMECZI I. 2002: Kirándulásvezető a „Hegységek és előtereik földtani kutatása”, Magyarhoni Földtani Társulat Vándorgyűléséhez. – *Magyarhoni Földtani Társulat Vándorgyűlés, Bodajk, 27–29/06/2002*, 25–30.
- CSÁSZÁR G. 2002: A Magyar Rétegtani Bizottság által jóváhagyott geokronológiai és kronosztratigráfiai terminusok. – *Földtani Közlöny* **132/3–4**, 481–483.
- CSÁSZÁR G. 2002: Jura képződmények a Vértes hegységben és környezetében. – *Magyarhoni Földtani Társulat Vándorgyűlés, Bodajk, 27–29/06/2002*, 24–25.
- CSÁSZÁR G. 2002: Középső-kréta faciéstalálkozó a Vértes-előtérben. – *Magyarhoni Földtani Társulat Vándorgyűlés, Bodajk, 27–29/06/2002*, 15–16.
- CSÁSZÁR G. 2002: Közhasznúsági és főtítkári jelentés a Magyarhoni Földtani Társulat 2001. évi tevékenységéről. – *Földtani Közlöny* **132/2**, 163–179.
- CSÁSZÁR, G. 2002: Urgon formations in Hungary with special reference to the Eastern Alps, the Western Carpathians, and the Apuseni Mountains. – *Geologica Hungarica series Geologica* **25**, 209 p.
- CSÁSZÁR G., MIZÁK J., BARCZI A., VONA M., BAUER N., KENYERES Z. & PENKSZA K. 2002: Az Eperjes-hegy élettelen és élővilága. – Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 62 p.
- KOVÁCS, S., BREZSNYÁNSZKY, K., BUDA, GY., HAAS, J., SZEDERKÉNYI, T., CSÁSZÁR, G., HARANGI, SZ., MÁRON, E., NAGYMAROSY, A., PELIKÁN, P. & TÖRÖK, Á. 2002: Tectonostratigraphic Terranes and Zones juxtaposed along the Mid Hungarian Line: their contrasting evolution and relationships. – Proceedings of the XVIIth Congress of Carpathian–Balkan Geological Association, Bratislava, 1–4/09/2002. – *Geologica Carpathica* **53** (spec. issue), CD-ROM, 4 p.

## 2003

- CSÁSZÁR G. 2003: Kisújványa, útbevágás breccsapad (Magyaregregyi Konglomerátum) és Hidasivölgyi Márga. – „A Radioaktív hulladékok elhelyezésének földtani környezete”. A Magyarhoni Földtani Társulat 2003. évi vándorgyűlése, Bataapáti, 11–13/09/2003, kirándulásvezető, 16–19.
- CSÁSZÁR G. 2003: Magyaregregy, Mária-völgy bejárata, Magyaregregyi Konglomerátum. A Radioaktív hulladékok elhelyezésének földtani környezete. Kirándulásvezető. – „A Radioaktív hulladékok elhelyezésének földtani környezete”. A Magyarhoni Földtani Társulat 2003. évi vándorgyűlése, Bataapáti, 11–13/09/2003, kirándulásvezető, 7–9.
- CSÁSZÁR G. 2003: Olaszfalu, Eperjes-hegy. – In: PÁLFY J. (szerk.): *6. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Program, Előadáskivonatok, Kirándulásvezető 2003. május 8–10. Zirc*, 35–40.
- CSÁSZÁR G. 2003: Főtítkári jelentés a Magyarhoni Földtani Társulat 2002. évi tevékenységéről. – *Földtani Közlöny* **133/2**, 169–190.
- CSÁSZÁR G. & HARANGI SZ. 2003: Mária-völgy, Somosi-csörge elágazás oxfordi kovás mészkő (Fonyászó Mészkő Formáció) és vulkáni törmelékenyes mészkő. – „A Radioaktív hulladékok elhelyezésének földtani környezete”. A Magyarhoni Földtani Társulat 2003. évi vándorgyűlése, Bataapáti, 11–13/09/2003, kirándulásvezető, 12–14.
- CSÁSZÁR G., HAAS J. & NÁDOR A. 2003: Klímaváltozások a Föld történetében. – *Természet Világa* **134/9**, 389–395.

## 2004

- CSÁSZÁR G. 2004: A Mórággyi-rög és környezete betemetődési viszonyai az alpi földtani ciklus folyamán. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, 404–406.
- CSÁSZÁR G. 2004: Alpine burial history of the Mórággy Block and its environs. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, 395–401.
- CSÁSZÁR G. 2004: Máriaagyú, Szabolcsi-völgyi kőfejtő (Tenkes-hegy) Felső-jura Szársomlyói Mészkő Formáció, apti-albai Nagyarsányi Mészkő Formáció, felső-kréta (?) bazalttélér. – *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend, 6-8/05/2004. Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető*, 38–41.
- CSÁSZÁR G. & KORDOS L. 2004: Beremend, kőfejtő. Alsó- és középső-kréta Nagyarsányi Mészkő Formáció, felső-kréta bazalt, bauxitos bazalt, bauxitos üreg- és hasadékkitöltés, cseppkőbarlang, pliocén gerinces lelőhelyek – *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend, 6–8/05/2004. Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető*, 51–57.
- HAAS J., ÁRKAI P., CSÁSZÁR G. & VÖRÖS A. 2004: A földtani idő. – *Fizikai Szemle* **54/8**, 259–264.

## 2005

- CSÁSZÁR G. 2005: Az Alsóperei Bauxit földtani kutatása és szerepe a földtani megismerésben. – *Földtani Kutatás* **42/3–4**, 27–34.
- CSÁSZÁR G. 2005: Fórum. A Föld bolygó éve. – *Földtani Közlöny* **135/3**, 483–488.

- CSÁSZÁR G. 2005: Kavics- és breccsabetelepülések a Vasasi Márga Formációban Zsibrik és Ófalu között – Pebble and breccia intercalations in the Lower Jurassic Vasas Marl Formation between Zsibrik and Ófalu villages, Eastern Mecsek Mountains. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2004*, 205–213.
- CSÁSZÁR G. 2005: *Magyarország és környezetének regionális földtana I: Paleozoikum–paleogén. Egyetemi tankönyv.* – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 328 p.
- CSÁSZÁR, G. 2005: Geological key section system as a base for geoparks in Hungary. (Protection, enhancement and management of geological heritage). – In: Zouros, N. (ed.): *6th European Geoparks [Network] Meeting, Lesvos, Greece, 5–8/10/2005, Abstract.* Natural History Museum of the Lesvos Petrified Forest, Lesvos, Greece, p. 27.
- CSÁSZÁR, G., ORAVECZ-SCHIEFFER, A. & PIROS, O. 2005: Stop 1: Kőrös Hill, Bakonybél, Bakony Mts (Triassic-Jurassic boundary section on the platform) Rhaetian Dachstein Limestone and Hettangian Kardosrét Limestone. – *5th Field Workshop of IGCP 458 Project, Triassic–Jurassic Boundary Events, Tata, Hungary – Puch bei Hallein, Austria, 5–10/09/2005*, H20–24.

### 2006

- CSÁSZÁR, G. 2006: Submarine to subaerial gaps in the Middle Cretaceous of the Transdanubian Range. – In: DULIC, I., WAGREICH, M. & JOVANOVIĆ, R. (eds): *1st. International Workshop „Mesozoic Sediments of Carpatho-Balkanides and Dinarides”, Novi Sad, Serbia & Montenegro, 25–30/05/2006. Abstracts and field guide*, 10–11.
- CSÁSZÁR G. 2006: Az Erdélyi-szigethegység, mint a Tiszai-egység része. – *8. Bányászati Kohászati Földtani Konferencia, Sepsiszentgyörgy, 06–09/04/2006.* Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Sepsiszentgyörgy, 56–58.
- CSÁSZÁR G. 2006: Facies disharmony among Mesozoic successions of the main tectonic zones of the Tisza Unit. – In: SUDAR, M., ERCEGOVAC, M. & GRUBIĆ, A. (eds): *Proceedings of the 18th Congress of the Carpathian–Balkan Geological Association, Belgrade, 3–6/09/2006.* Serbian Geological Society, Belgrade, 90–93.
- CSÁSZÁR G. 2006: Tisia (Tisza) or Tisza-Dacia Unit. – In: SUDAR, M., ERCEGOVAC, M. & GRUBIĆ, A. (eds): *Proceedings of the 18th Congress of the Carpathian–Balkan Geological Association, Belgrade, 3–6/09/2006.* Serbian Geological Society, Belgrade, 87–89.

### 2007

- CSÁSZÁR G. 2007: In memoriam Dr. Korpás László (1943–2007). – *Földtani Közlöny* **137/2**, 163–172.
- CSÁSZÁR G. 2007: Olaszfalu, Eperjes-hegy. – In: PÁLFY J. & PAZONYI P. (szerk.): *Őslénytani kirándulások Magyarországon és Erdélyben.* Budapest, Hantken Kiadó, 85–91.
- CSÁSZÁR G. 2007: Siklós (Máriagyűd), Szabolcsi-völgyi kőfejtő (Tenkes-hegy). – In: PÁLFY J. & PAZONYI P. (szerk.): *Őslénytani kirándulások Magyarországon és Erdélyben.* Budapest, Hantken Kiadó, 156–160.
- CSÁSZÁR, G. & KORDOS, L. 2007: Beremend, kőfejtő. – In: PÁLFY J. & PAZONYI P. (szerk.): *Őslénytani kirándulások Magyarországon és Erdélyben.* Budapest, Hantken Kiadó, 172–179.
- CSÁSZÁR G., GÖRÖG Á., GYURICZA GY., SIEGLNÉ FARKAS Á., SZENTE I. & SZINGER B. 2007: A Vasasi Márga földtani, őslénytani és üledékföldtani jellegei a Zsibrik és Ófalu közötti területen. – *Földtani Közlöny* **137/2**, 193–226.
- CSÁSZÁR G., GÖRÖG Á. & KOLLÁNYI K. 2007: Eróziós üledékhézag az Ugodi Mészke és a Polányi Márga Formációk között a tapolcafői Bótakőn (Északi-Bakony). Erosional gap between the Ugod Limestone and the Polányi Marl, in the Bóta-kő quarry, Tapolca (North Bakony, Hungary). – *Földtani Közlöny* **137/1**, 1–16.
- SZINGER, B., GÖRÖG, Á. & CSÁSZÁR, G. 2007: Late Jurassic – Early Cretaceous sections from Tata (Pelso Unit, Hungary): sedimentology, marine palaeontology, palaeoenvironment. – *Geophysical Research Abstracts* **9**, No. 08989.

### 2008

- BUDAI T., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., FODOR L., GÁL N., KERCSMÁR ZS., KORDOS L., PÁLFALVI S. & SELMECZI I. 2008: *A Vértes hegység földtana. Magyarúzó a Vértes hegység földtani térképéhez.* – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest. 368 p.
- CSÁSZÁR G. 2008: Kréta időszaki atolloncok a Mecsek hegységben. – *Természet Világa* **139** (II. különszám), 52–54.
- CSÁSZÁR G., FÖZY I. & MIZÁK J. 2008: Az olaszfalui Eperjes földtani felépítése és fejlődéstörténete. – *Földtani Közlöny* **138/1**, 21–48.
- CSÁSZÁR, G., HAAS, J. & NÁDOR, A. 2008: A földtörténeti klímaváltozások és azok tanulságai. – *Magyar Tudomány* **169/6**, 663–687.
- CSÁSZÁR, G., SCHLAGINTWEIT, F., PIROS, O. & SZINGER, B. 2008: Are there any Dachstein Limestone fragments in the Felsővadács Breccia Member? – *Földtani Közlöny* **138/1**, 107–110.
- HAAS, J., ÁRKAI, P., CSÁSZÁR, G. & VÖRÖS, A. 2008: Kőbe zárt idő – geológiai kormeghatározás. – *Magyar Tudomány* **169/11**, 1300–1313.
- HARGITAI H., CSÁSZÁR G., BÉRCZI SZ. & KERESZTURI Á. 2008: Földön kívüli égitestek geológiai és rétegtani tagolása és nevezéktana. – *Földtani Közlöny* **138/4**, 323–338.

### 2009

- CSÁSZÁR, G. 2009: Introduction to the geology of the Transdanubian Range Cretaceous. – In: BABINSZKI, E. (ed.): *Cretaceous sediments of the Transdanubian Range. Field guide of the geological excursion organized by the Sedimentological Subcommittee of the Hungarian Academy of Sciences and the Hungarian Geological Society.* – Budapest, Hungarian Academy of Sciences, 4–8.
- CSÁSZÁR, G., HAAS, J. & SZIVES, O. 2009: Geological Open Air Museum, Tata. – In: BABINSZKI, E. (ed.): *Cretaceous sediments of the Transdanubian Range. Field guide of the geological excursion organized by the Sedimentological Subcommittee of the Hungarian Academy of Sciences and the Hungarian Geological Society.* – Budapest, Hungarian Academy of Sciences, 23–32.
- CSÁSZÁR, G., POCSAI, T. & SZIVES, O. 2009: Eperjes Hill, Olaszfalu. – In: BABINSZKI, E. (ed.): *Cretaceous sediments of the Transdanubian Range. Field guide of the geological excursion organized by the Sedimentological Subcommittee of the Hungarian Academy of Sciences and the Hungarian Geological Society.* – Budapest, Hungarian Academy of Sciences, 38–45.

- CSÁSZÁR, G. 2009: Abandoned quarry between villages Zirc and Borzavár. – In: BABINSZKI, E. (ed.): *Cretaceous sediments of the Transdanubian Range. Field guide of the geological excursion organized by the Sedimentological Subcommittee of the Hungarian Academy of Sciences and the Hungarian Geological Society.* – Budapest, Hungarian Academy of Sciences, 46–47.
- CSÁSZÁR, G. 2009: Manganese slurry reservoir, Úrkút. – In: BABINSZKI, E. (ed.): *Cretaceous sediments of the Transdanubian Range. Field guide of the geological excursion organized by the Sedimentological Subcommittee of the Hungarian Academy of Sciences and the Hungarian Geological Society.* – Budapest, Hungarian Academy of Sciences, 72–75.
- CSÁSZÁR, G. 2009: A quarry on the south-western side of the road between Úrkút and Ajka. – In: BABINSZKI, E. (ed.): *Cretaceous sediments of the Transdanubian Range. Field guide of the geological excursion organized by the Sedimentological Subcommittee of the Hungarian Academy of Sciences and the Hungarian Geological Society.* – Budapest, Hungarian Academy of Sciences, 75–76.
- CSÁSZÁR, G. & SZIVES, O. 2009: A quarry of Jásd. – In: BABINSZKI, E. (ed.): *Cretaceous sediments of the Transdanubian Range. Field guide of the geological excursion organized by the Sedimentological Subcommittee of the Hungarian Academy of Sciences and the Hungarian Geological Society.* – Budapest, Hungarian Academy of Sciences, 47–51.
- CSÁSZÁR, G., SZINGER, B., PIROS, O. & GÖRÖG, Á. 2009: Relation between the Jurassic successions of Mecsek and Villány Zones. – MFT Vándorgyűlés absztraktkötet, Pécs.
- CSÁSZÁR, G., KÁZMÉR, M., ERDEI, B. & MAGYAR, I. 2009: A possible Late Miocene fossil forest paleopark in Hungary. – In: LIPPS, J. H. & GRANIER, B. (eds): *PaleoParks – The protection and conservation of fossil sites worldwide.* Uppsala, International Paleontological Association, 121–133.
- KONRÁD GY. & CSÁSZÁR G. (eds) 2009: *Geology of the East Drava Basin. Guidebook 1. Field trip in the Mecsek and Villány Hills 13–15 July.* – [Budapest], 84 p.
- PIROS O. & CSÁSZÁR G. 2009: A Dachsteini Mész-kő Formáció Pusztavám térségben feltárt legfelső rétegei a falutól délre eső kőfejtő rétegsorában. – *Földtani Közlemények* **139/1**, 21–32.

## 2010

- BUCUR, I. I., COCIUBA, I., CSÁSZÁR, G., KOCH, R., NOWAK, M. & SĂSĂRAN, E. 2010: Development of Lower Cretaceous deposits from Bihor-Pădurea Craiului unit (Apuseni Mountains, Romania). Comparisons with Villány region in Hungary. – *19. Congress of the Carpathian–Balkan Geological Association, Thessaloniki, Greece, 23–26/09/2010. Abstracts Volume, – Geologica Balcanica* **39/1–2**, 59–60.
- CSÁSZÁR G. 2010: A Vértes hegység mezozoos földtani felépítésének vázlata. – *13. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Csákvár, 3–5/06/2010 Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető*, 36–37.
- CSÁSZÁR G. 2010: Eperjes-hegyi tanösvény, Olaszfalu, Bakony. Felfelé kapaszkodás egy jura tenger alatti lejtőn. – In: HAAS J. (szerk.): *A múlt ösvényein. Szemelvények Magyarország földjének történetéből.* Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, 68–73.
- CSÁSZÁR G. 2010: Harsány-hegyi kőfejtő, Nagyharsány, Villányi-hegység. Szarv alakú kagylók birodalma. – In: HAAS J. (szerk.): *A múlt ösvényein. Szemelvények Magyarország földjének történetéből.* Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, 88–92.
- CSÁSZÁR G. 2010: Templom-hegyi tanösvény, Villány, Villányi-hegység. Jura ammonitesz-temető. – In: HAAS J. (szerk.): *A múlt ösvényein. Szemelvények Magyarország földjének történetéből.* Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, 78–82.
- CSÁSZÁR, G. & GAWLICK, H-J. 2010: Jurassic to Early Cretaceous sediments of the Transdanubian Range, Hungary – a unique tectonic unit within the Alpine–Carpathian system and its palaeogeographic provenance. – *19. Congress of the Carpathian–Balkan Geological Association, Thessaloniki, Greece, 23–26/09/2010. Abstracts Volume, – Geologica Balcanica* **39/1–2**, 81–82.
- CSÁSZÁR G. & HARANGI SZ. 2010: Márévíri-völgyi tanösvény, Mecsek. Kréta atoll a Mecsekben. – In: HAAS J. (szerk.): *A múlt ösvényein. Szemelvények Magyarország földjének történetéből.* Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, 83–87.
- CSÁSZÁR G. & PIROS O. 2010: Pusztavám, Homoktiszta kőfejtő (Jägerakasztó), Felső-triász, Dachsteini Mész-kő Formáció; kréta, Tési-Környei Formáció. – *13. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Csákvár, 3–5/06/2010 Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető*, 43–46.
- CSÁSZÁR, G., GAWLICK, H-J. & MISSONI, S. 2010: Jurassic to Early Cretaceous sediments of the Transdanubian Range, Hungary – a unique tectonic unit within the Alpine–Carpathian system and its palaeogeographic provenance. – *Journal of Alpine Geology* **52**, 101–102.
- CSÁSZÁR, G., WAGREICH, M. & MICHALIK, J. 2010: Introduction to the WG project on correlation of Mesozoic Lithostratigraphic units of the CBGA area. – *19. Congress of the Carpathian–Balkan Geological Association, Thessaloniki, Greece, 23–26/09/2010. Abstracts Volume, – Geologica Balcanica* **39/1–2**, p. 82.
- GALÁ CZ, A., GÉ CZY, B., CSÁ SZÁ R, G. & KOVÁ CS, Z. 2010: Ammonite stratigraphy of a Toarcian (Lower Jurassic) section on Nagy-Pisznicse Hill (Gerecse Mts, Hungary). – *Central European Geology* **53/4**, 311–342.
- KRISCHE, O., BUJTOR, L., CSÁ SZÁ R, G. & GAWLICK, H-J. 2010: Early Cretaceous ammonites below the Rossfeld Formation (Northern Calcareous Alps, Salzburg, Austria). – In: TOMAS, S., SZURLIES, M. & MUTTI, M. (eds): *SEPM-CES - GV (Sektion Sedimentologie) Sediment 2010, 25th Sediment Meeting Potsdam, Germany, June 25–27, 2010.* – Stuttgart, Schweizerbart Science Publishers p. 59.
- KRISCHE, O., BUJTOR, L., CSÁ SZÁ R, G. & GAWLICK, H-J. 2010: Ammonite stratigraphy in Early Cretaceous sedimentary rocks of the central Northern Calcareous Alps (Salzburg, Austria). – *Journal of Alpine Geology* **52**, p. 159.
- KRISCHE, O., BUJTOR, L., CSÁ SZÁ R, G. & GAWLICK, H-J. 2010: Ammonite stratigraphy in Early Cretaceous sedimentary rocks in the central Northern Calcareous alps (Salzburg, Austria). – *Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften* **68**, 334–335.
- NÉ DLI, ZS., M., TÓ TH T., DOWNES, H., CSÁ SZÁ R, G., BEARD, A. & SZABÓ, CS. 2010: Petrology and geodynamical interpretation of mantle xenoliths from Late Cretaceous lamprophyres, Villány Mts (S Hungary). – *Tectonophysics* **489/1–4**, 43–54.
- SZINGER B. & CSÁ SZÁ R G. 2010: A felső-jura – alsó-kréta Márévíri Mész-kő Formáció őslénytani és szedimentológiai vizsgálata (Keleti-Mecsek) – *13. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Csákvár, 3–5/06/2010. Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető*, 27–28.

SZTANÓ O. & CSÁSZÁR G. 2010: Köszörűkő-bányai alapszelvény, Lábatlan, Gerecse. Egy kréta mélytengeri törmelékkúp üzenete. – In: HAAS J. (szerk.): *A múlt ösvényein. Szemelvények Magyarország földjének történetéből*. Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, 93–96.

#### 2011

CSÁSZÁR, G., COTA, L., HORVÁTH, ZS., KONRÁD, GY., KRIZMANIC, K., NUSSZER, A., PAVELIC, D., SZINGER, B. & SZUROMI-KORECZ, A. 2011: New results in the Mesozoic stratigraphy of the East Drava Basin. – *Mol Scientific Magazine* **2011/3**, 106–119.

#### 2012

CSÁSZÁR, G., HAAS, J., SZTANÓ, O. & SZINGER, B. 2012: From Late Triassic passive to Early Cretaceous active continental margin with dominantly carbonate sediments in the Transdanubian Range, Western Tethys (Hungary). – Field Trip Guide 29th IAS Meeting of Sedimentology, Schladming, Austria. – *Journal of Alpine Geology* **54**, 33–99.

GALÁCZ A., CSÁSZÁR G., GÉCZY B. & KOVÁCS Z. 2012: A Gerecse-hegységi Nagy-Pisznice „Krokodil-szelvényében” feltárt toarci (alsó-jura) rétegek ammonitesz-sztratiográfiája: The Toarcian ammonite stratigraphy of the so-called ‘Crocodile’ section on the Nagy-Pisznice Hill in the Gerecse Mountains (North-west Hungary). – *Földtani Közlöny* **142/1**, 21–32.

#### 2013

CSÁSZÁR, G. 2010: Two separated Lower Cretaceous basins in the Transdanubian Range, Hungary and their relations to the Eastern and Southern Alps. – *Emile Argand Conference – 11th Workshop on Alpine Geological Studies & 7th European Symposium on Fossil Algae (IFAA)*, 9–14/09/2013, Schladming. – In: SCHUSTER, R. (ed.): *Berichte der Geologischen Bundesanstalt* **99**, 27–28.

CSÁSZÁR, G., SZINGER, B. & PIROS, O. 2013: From continental platform towards rifting of the Tisza Unit in the Late Triassic to Early Cretaceous. – *Geologica Carpathica* **64/4**, 279–290.

GRABOWSKI, J., CSÁSZÁR, G., HAAS, J., MÁRTON E., PSZCZÓLKOWSKI, A., SOBIEN, K. & SZINGER, B. 2013: Magnetic susceptibility and spectral gamma ray stratigraphy of the Tithonian-Berriasian limestones in the Carpathians of Poland and Hungary – paleoenvironmental implications. – *Emile Argand Conference – 11th Workshop on Alpine Geological Studies & 7th European Symposium on Fossil Algae (IFAA)*, 9–14/09/2013, Schladming. – In: SCHUSTER, R. (ed.): *Berichte der Geologischen Bundesanstalt* **99**, 40–41.

#### 2014

CELARC, B. & CSÁSZÁR, G. 2014: Correlation of the Middle and Upper Triassic formations between the Slovenian Southern Alps and the Transdanubian Range (Hungary). – In: BEQIRAJ, A., IONESCU, C., CHRISTOFIDES, G., UTA, A., BEQIRAJ, GOGA, E. & MARKU, S. (eds): *Proceedings [of] 20. Congress of the Carpathian–Balkan Geological Association*, Tirana, Albania, 24–26/09/2014. Tirana. – *Buletini i Shkencave Gjeologjike. Special Issue 1/2014, Special Sessions*, p. 79.

CSÁSZÁR, G. 2014: The fate of formal lithostratigraphy. – In: ROCHA, R., PAIS, J., KULLBERG, J. C. & FINNEY, S. (eds): *Strati 2013. 1st International Congress on Stratigraphy*. – Berlin. Springer-Verlag, 3–7.

CSÁSZÁR, G. & GAWLICK, H.-J. 2014: An attempt for the correlation of the Jurassic and Cretaceous formations of the Southern Alps, Slovenian Alps, the Drauzug Zone and the South Bakony. – In: BEQIRAJ, A., IONESCU, C., CHRISTOFIDES, G., UTA, A., BEQIRAJ, GOGA, E. & MARKU, S. (eds): *Proceedings [of] 20. Congress of the Carpathian–Balkan Geological Association*, Tirana, Albania, 24–26/09/2014. Tirana. – *Buletini i Shkencave Gjeologjike. Special Issue 1/2014. Special Sessions*, p. 80.

CSÁSZÁR, G., GAWLICK, H.-J. & WAGREICH, M. 2014: Similar or identical Mesozoic lithostratigraphic units in the northern part of the Transdanubian Range and in the Eastern Alps. – In: BEQIRAJ, A., IONESCU, C., CHRISTOFIDES, G., UTA, A., BEQIRAJ, GOGA, E. & MARKU, S. (eds): *Proceedings [of] 20. Congress of the Carpathian–Balkan Geological Association*, Tirana, Albania, 24–26/09/2014. Tirana. – *Buletini i Shkencave Gjeologjike. Special Issue 1/2014. Special Sessions*, p. 81.

CSÁSZÁR G., PIROS O., SZINGER B. & KONRÁD GY. 2015: A Tiszai egység felépítésének néhány sajátossága és rokonsági/származási viszonyainak kérdései. (Some aspects of the geological build up and questions of derivation of the Tisza Unit). – In: DÁLYAY, V. & SÁMSON, M. (szerk.): *Tisia Konferencia. Pécs, 27–28/02/2015*. Molnár Nyomda és Kiadó, 21–24.

CSÁSZÁR, G., WAGREICH, M. & MICHALIK, J. 2014: The subjects and aims of the special session SS3. – In: BEQIRAJ, A., IONESCU, C., CHRISTOFIDES, G., UTA, A., BEQIRAJ, GOGA, E. & MARKU, S. (eds): *Proceedings [of] 20. Congress of the Carpathian–Balkan Geological Association*, Tirana, Albania, 24–26/09/2014. Tirana. – *Buletini i Shkencave Gjeologjike. Special Issue 1/2014. Special Sessions*, p. 82.

KONRÁD, GY., CSÁSZÁR, G. & MICHALIK, J. 2014: A trial correlation of some Mesozoic lithostratigraphic units of the Western Carpathians and the Pannonian Basin. – In: BEQIRAJ, A., IONESCU, C., CHRISTOFIDES, G., UTA, A., BEQIRAJ, GOGA, E. & MARKU, S. (eds): *Proceedings [of] 20. Congress of the Carpathian–Balkan Geological Association*, Tirana, Albania, 24–26/09/2014. Tirana. – *Buletini i Shkencave Gjeologjike. Special Issue 1/2014. Special Sessions*, p. 84.

#### 2016

CSÁSZÁR, G. 2016: Comparison of Darwin Atoll and the Mecsek Type Reef (or Atoll?). – *Journal of Earth Sciences* (Betty Jones and Sisters Publishing) **2**, 44–68.

PAPP, G., VICZIÁN, I. & CSÁSZÁR, G. 2016: In memoriam Dr. Szendrei Géza. – *Földtani Közlöny* **146/2**, 169–180.

#### 2018

CSÁSZÁR G., BUDAI, T. & FODOR L. 2018: Jura. – In: BUDAI T. (szerk.): *A Gerecse hegység földtana: magyarázó a Gerecse hegység tájegységi földtani térképéhez (1:50 000) = Geology of the Gerecse Mountains: Explanatory book to the geological map of the Gerecse Mountains (1:50 000)*. – Budapest, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, 23–38.



SZTANÓ O., CSÁSZÁR G. & FODOR L. 2018: Kréta. In: BUDAI T. (szerk.): *A Gerecse hegység földtana: magyarázó a Gerecse hegység tájegységi földtani térképéhez (1:50 000) = Geology of the Gerecse Mountains: Explanatory book to the geological map of the Gerecse Mountains (1:50 000)*. – Budapest, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, 40–54.

A Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár 247 kéziratos munkáját őrzi.

HAAS János

## Monospecific mass occurrence of a new species of the Early Jurassic genus *Arzonellina* (Brachiopoda) at Fenyveskút (Bakony Mountains, Hungary)

VÖRÖS, Attila

Magyar Természettudományi Múzeum, Őslénytani és Földtani Tár; MTA–MTM–ELTE Paleontológiai Kutatócsoport, 1431 Budapest, Pf. 137.  
Hungarian Natural History Museum, Department of Palaeontology and Geology;  
MTA–MTM–ELTE Research Group for Paleontology, P.O. Box 137, Budapest, H-1431, Hungary;  
e-mail: voros.attila@nhmus.hu

### *A kora jura Arzonellina* genus (Brachiopoda) új fajának tömeges, monospecifikus előfordulása Fenyveskúton (Bakony hegység)

#### Összefoglalás

A rendkívül gazdag jura brachiopoda faunáiról nevezetes Fenyveskút lelőhelyről egy különös, a lelőhelyről korábban nem ismert kifejlődésű brachiopoda lumasellát (kokvinát) tartalmazó mészkőtömb került elő. A vizsgálatok azt mutatták, hogy a mészkőtömb a korábban Svájcban leírt kingenoid *Arzonellina Sulser*, 2005 genus példányainak tömeges, monospecifikus felhalmozódását tartalmazza. A részletes külső és belső morfológiai (sorozatcsiszolásos) vizsgálatok alapján a példányok az *Arzonellina bogicae* n. sp. új fajhoz sorolhatóak. Az új faj részletes leírása és illusztrálása ebben a dolgozatban jelenik meg. A brachiopoda kokvina kora – közvetett bizonyítékok alapján – sinemurinak tekinthető. A tömeges brachiopodát tartalmazó mészkő pátitos jellege nagyon hasonlít a fenyveskúti lelőhelyen gyakori Hierlatzi Mészkőhegyhez. Az *Arzonellina* genus korábban dokumentált előfordulásai Svájcban és Montenegróban szintén sinemuri korúak. Annak érdekében, hogy az *Arzonellina* kokvinát tartalmazó tömb üledékes történetét megismerhessük, a fenyveskúti jura megabreccsa újraértékelését is indokolt volt elvégezni. A dolgozat ismerteti a megabreccsa tömbjeinek és mátrixának ősmaradvány-tartalmát és kőzetjellegét, amit vékonycsiszolatos fényképfelvételek segítségével is illusztrál. A már a korai diagenézis során (a sinemuriban) cementált brachiopoda kokvinában egy több centiméteres kiterjedésű nyílt üreg maradt, amit később a jura során beszivárgó mikrites üledék töltött ki. A *Bositra* tartalmú mikrites kitöltő anyag azt bizonyítja, hogy az eredetileg bizonyára hasadékkitöltő brachiopoda kokvina egy tömbje a bajociban lett a megabreccsa egyik komponense. A brachiopodák monospecifikus, tömeges előfordulása sok esetben metántartalmú tenger alatti forrásokhoz kapcsolódik. A fenyveskúti anyagon végzett stabil izotópos vizsgálatok nem mutattak anomális szén-izotópos értékeket.

*Tárgyszavak:* Brachiopoda, új faj, kora jura, Bakony hegység

#### Abstract

A peculiar slab of brachiopod coquina was found at Fenyveskút locality (Lókút, Bakony Mountains, Hungary). The current investigation demonstrated that it was a mass occurrence of monospecific brachiopods which belong to the kingenoid genus *Arzonellina Sulser*, 2005, recently described from Switzerland. Detailed investigations of the external and internal morphology (the latter by serial sections) of the specimens proved that they represent a new species: *Arzonellina bogicae* n. sp. This new species is introduced, described and illustrated here in details. The age of the brachiopod coquina and the new species is considered Sinemurian on the basis of circumstantial evidence from the locality Fenyveskút, where the lithologically very similar, Sinemurian Hierlatz Limestone is frequent. The previously documented occurrences of *Arzonellina* in Switzerland and Montenegro are also Sinemurian in age. For better understanding the sedimentary history of the slab of brachiopod coquina with *Arzonellina*, the Jurassic megabreccia at the locality Fenyveskút is re-described here. The lithology and fossils of the major components (blocks) and the matrix are documented in detail, and illustrated with thin section photomicrographs. Detailed study of the sediments that accumulated in an internal open space (vug) of the formerly lithified (cemented) brachiopod coquina revealed that the piece of the *Arzonellina* coquina was incorporated into the megabreccia in the Bajocian. The monospecific mass accumulation of brachiopods gave a hint to an association with hydrocarbon seeps (“cold seeps”). However stable isotopic results from the Fenyveskút locality do not show any signatures that would indicate the influence of that special environment.

*Keywords:* Brachiopoda, new species, Early Jurassic, Bakony Mountains

## Introduction

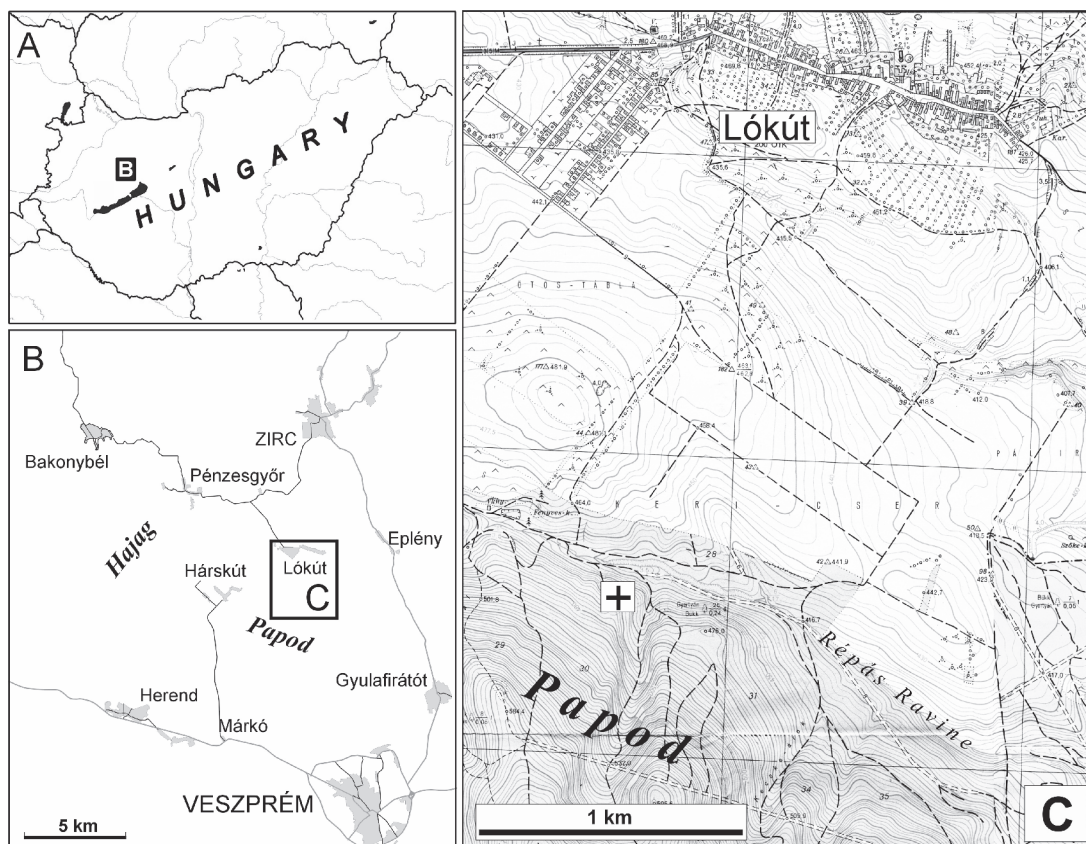
The Bakony Mountains are famous for their very abundant and diverse Jurassic brachiopods, from the Hettangian and Sinemurian (BÖCKH 1874; DULAI 1992, 1993, 2003), through the Pliensbachian and Bajocian (VÖRÖS 1983, 2001, 2009) to the Kimmeridgian and Tithonian (VÖRÖS & DULAI 2007). One of the best places to collect Jurassic brachiopods is the locality Fenyveskút, south of the village Lókút at the foot of the Papod Hill (*Figure 1*). A peculiar slab of brachiopod coquina was found just at the foot of the hillside by the daughter of the present author in the course of a family excursion in 1995. This loose, fallen block of a few decimetres size contained a crowded mass of apparently monospecific, centimetre-sized, smooth and flat brachiopods. At that time, the find was considered a mass occurrence of smooth *Rhynchonellina*-like specimens and was deposited in the palaeontological collections of the Hungarian Natural History Museum, Budapest.

In the last decades a very peculiar genus *Arzonellina* was described from the Sinemurian of the Southern Alps (Arzo: SULSER 2004) and was recorded from the same age from the Dinarides (Smokovac: SANDY et al. 2018, 2021). This new genus has strong external similarity to some of the smooth species of *Rhynchonellina*, e.g.: *R. suessi* (GEMMELLARO)

and *bilobata* (GEMMELLARO), but its internal morphology is significantly different. Due to the unusual internal structures, SULSER (2004) did not place *Arzonellina* into any taxonomic order (used *incertae sedis*) and mentioned its “Paleozoic look”. SANDY et al. (2018, 2021) produced further serial sections and attributed *Arzonellina* to a new family of the Kingenoidea (Terebratulida). These new results gave impetus for the detailed investigation of the “smooth rhynchonellinas” from Fenyveskút. At the same time this paper provides the opportunity to give an informative geological description of this famous but inadequately documented locality and its complex history of Jurassic sedimentation.

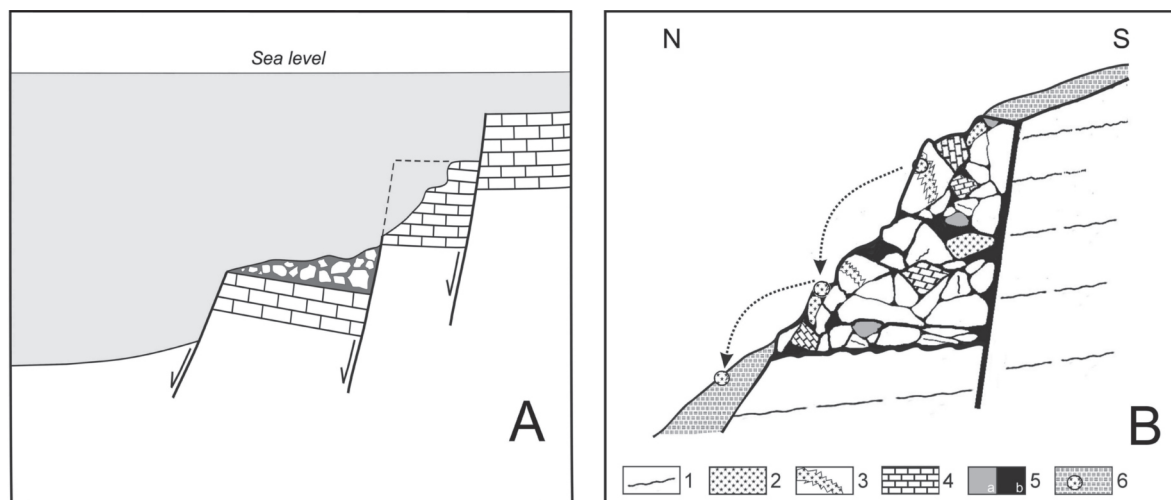
## Locality

The Fenyveskút locality (coordinates: 47° 11' 26'' N / 17° 51' 25'' E) was the site to visit by the illustrious international participants of the „Regional field symposium on Alpine brachiopods” in 1992. A concise description of the outcrop and the Jurassic palaeogeographic interpretation of the surrounding area was given in a guidebook by VÖRÖS (1992, pp. 58–63) and is described in more detail here. A newly drawn, interpreted tentative profile of the Fenyveskút locality is shown in *Figure 2*.



**Figure 1.** A) Map of Hungary showing the location of the Lókút area. B) Map showing the location of the Lókút area in the Bakony region. C) Detailed map of the Lókút area. The cross indicates the site of the Fenyveskút locality

*1. ábra.* A) Lókút környékének helyzete Magyarországon belül. B) Lókút környékének helyzete a Bakonyon belül. C) Lókút környéke. A fenyveskúti lelőhelyet kereszt jelzi



**Figure 2.** A) Conceptual model for the megabreccia accumulation triggered by normal faulting within a disintegrated carbonate platform (after FESTA et al. 2010). B) Interpreted profile of the Fenyveskút hillside. Vertical scale is approximately 10 m

Legend: 1 - Kardosrét Limestone (Hettangian), 2 - Hierlatz Limestone in blocks (Sinemurian), 3 - Hierlatz Limestone in neptunian dykes (Sinemurian), 4 - Brachiopodal limestone (Hierlatz Formation, upper Pliensbachian), 5a - Red limestone (Tölgyhát Formation, Hárskút Member, middle Bajocian), 5b - Greyish-red limestone (Tölgyhát Formation, Hárskút Member, upper Bajocian), 6 - Soil, scree, with loose block. Dotted arrows indicate the inferred phases of transport of the block of brachiopod coquina

**2. ábra.** A) Normálvetők által kiváltott megabreccsa-képződés elvi modellje szétarabolódó karbonátplatformon belül (FESTA et al. 2010 nyomán). B) A fenyveskúti hegyoldal értelmezett szelvénye. A függőleges méret kb. 10 m

Jelmagyarázat: 1 - Kardosréti mészkő (hettangi), 2 - Hierlatzi mészkő blokkokban (sinemuri), 3 - Hierlatzi mészkő neptuni telérekben (sinemuri), 4 - Brachiopodás mészkő (Hierlatzi Formáció, felső pliensbachi), 5a - Vörös mészkő (Tölgyhát Formáció, Hárskúti Tagozat, középső bajoci), 5b - Szürkés-vörös mészkő (Tölgyhát Formáció, Hárskúti Tagozat, felső bajoci), 6 - Talaj, lejtőtörmelék blokkokkal. Szaggatott nyilak jelzik a brachiopoda kokvina tömb áthalmozódásának feltételezett fázisait

This site, famous for its “big brachiopods”, was found by NOSZKY (1945) who collected here numerous, big, five centimetre-long specimens of “*Terebratula (Pygope) adnethensis* SUESS 1852”. In the course of geological mapping by the Geological Institute of Hungary in the 1960’s a small trench was also excavated here which was named as “Section VIII” (KONDA 1970). The occurrence was described as Sinemurian–Pliensbachian, brachiopodal Hierlatz-type limestone deposited on the uneven surface of the massive “Dachstein-type” limestone, partly capped by dark red Toarcian limestone. Similar settings were also reported along a tectonic belt bordering the northern foot of Papod Hill, exposed in the southern side of the Répás Ravine, in downfaulted tectonic contact with the Upper Triassic dolomite, forming the main mass of the Papod Hill (KONDA 1970).

In the late 1970’s the present author started to make serial sections of some “big brachiopods” from Fenyveskút, supposed to be the Pliensbachian “*Terebratula*” *adnethensis*. Unexpectedly, the matrix of the sectioned specimen was full of *Bositra* shell fragments. Moreover, the internal morphology of the big brachiopod pointed to the Middle Jurassic genus *Karadagithyris*.

Motivated by the unpredicted appearance of Middle Jurassic rocks and fossils at Fenyveskút, A. GALÁCZ and the author made a field survey along the foot of Papod Hill. Middle and late Bajocian brachiopods and ammonoids were found at several places, in dispersed blocks of dark red limestones between large blocks of the white “Dachstein-type” limestone. It was also recognized that “big brachiopods”, besides the Pliensbachian, occurred in the Bajocian limestones as well. The best occurrence was at Fenyveskút, a

cliff-like shoulder between two side valleys on the south side of the Répás Ravine. The conditions of the exposures were rather poor; regular sequence of layers was not found, but it was easy to observe that limestone blocks of different size, lithology, colour and texture emerged from the soil.

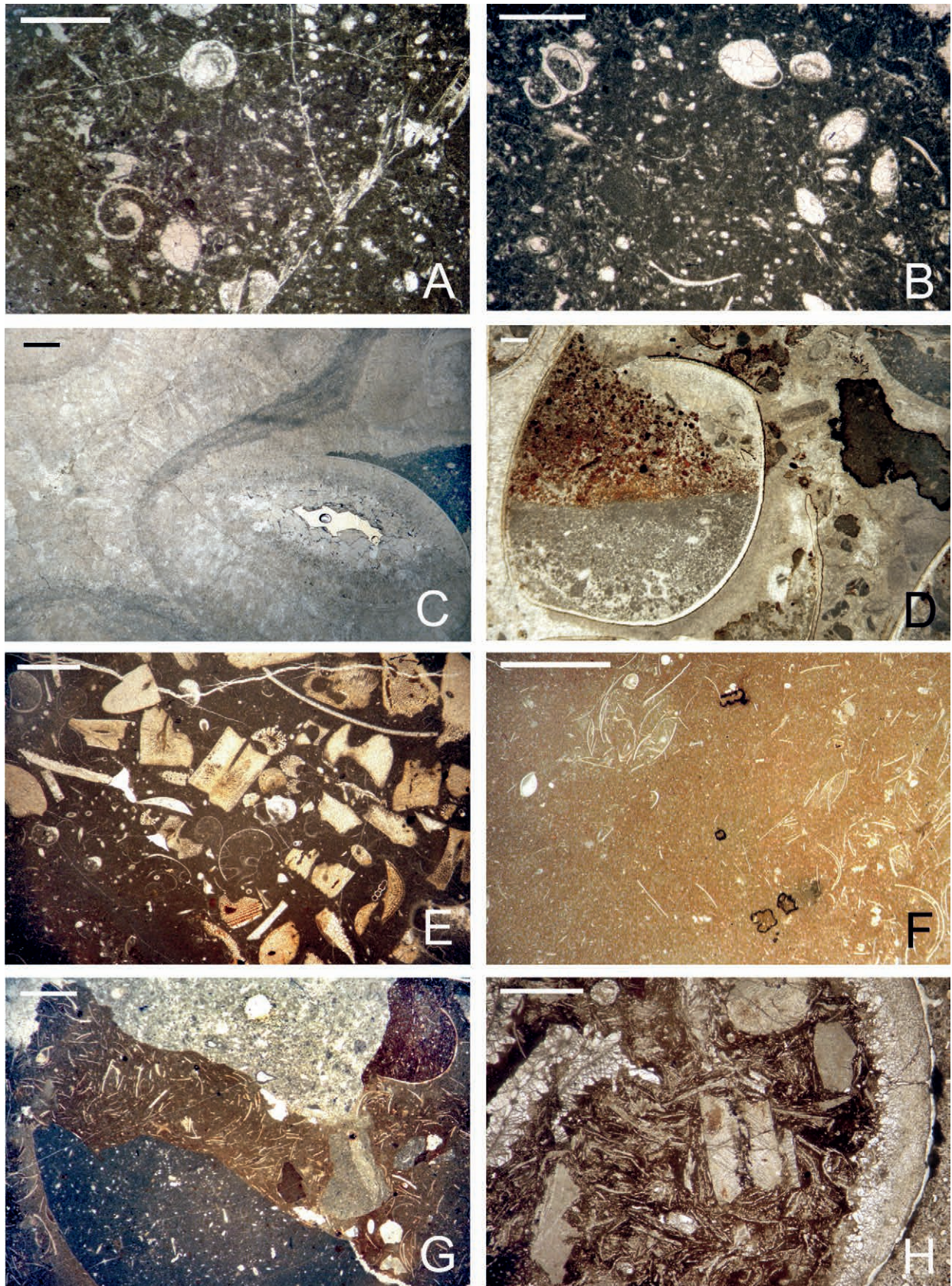
In the course of several visits of the locality, with A. GALÁCZ, the following different limestone types and fossils were found in this mélangé:

#### *Kardosrét Limestone (Hettangian)*

It is a massive, yellowish-grey, micritic limestone with mudstone to grainstone or packstone texture. Its lithology and depositional environment is similar to that of the Upper Triassic Dachstein Limestone, but the Lofér cyclicity is absent. Smaller oncoids or pellets commonly occur, cemented by sparry calcite. Mollusc fragments and foraminifers are found occasionally (Figure 3A, B). This rock (formerly called “Dachstein-type” limestone) formed the biggest and most frequently encountered blocks in the outcrop. The Hettangian age is circumstantial; direct biostratigraphical evidence is missing.

#### *White and pink Hierlatz Limestone (Sinemurian)*

It occurs in two types; in the form of separate blocks, and in fissure fillings (neptunian dykes) within Kardosrét Limestone blocks. The rock is composed mainly of skeletons and fragments of brachiopods and subordinately of bivalves, gastropods, crinoids and ammonoids, cemented by white, sparry calcite (Figure 3C, D). Geopetal structures are fre-



**Figure 3.** Thin section photomicrographs of the major limestone types of the blocks and matrix of the megabreccia (“mélange”) at Lókút, Fenyveskút, Bakony Mountains, Hungary. A) Kardosrét Limestone with gastropod and foraminifers (*Triasina hantkeni*) (Hettangian). B) Kardosrét Limestone with gastropod and other foraminifers (Hettangian). C) Hierlatz Limestone with brachiopod shells in coarse crystalline sparry cement and subordinate micrite in geopetal structure (right center) (Sinemurian). D) Hierlatz Limestone with brachiopod shells and extraclasts in sparry calcite cement. Note the three phases of geopetal infilling in the brachiopod shell on the left (Sinemurian). E) Coarse crinoidal micritic limestone with brachiopod shell fragments. Note the frequent

quent. The dominant microfacies is biosparite of grainstone texture. In the earliest diagenetic stage, grains and the walls of inner or intergranular cavities were coated with radial-fibrous “isopachous” cement. This was usually followed by micrite infiltration. After the micritic phase the second, late diagenetic sparite was formed: coarse-grained, mosaic-like spar segregated in the remaining cavities. The age probably encompasses different parts of the Sinemurian; the early Sinemurian is evidenced by a piece of *Arnioceras* sp. The brachiopod fauna is rather diverse:

*Prionorhynchia pseudopolyptycha* (BÖCKH, 1874)  
*Calcirhynchia ? hungarica* (BÖCKH, 1874)  
*Cuneirhynchia cartieri* (OPPEL, 1861)  
*Pisirhynchia inversa* (OPPEL, 1861)  
*Liospiriferina obtusa* (OPPEL, 1861)  
*Cisnerospira angulata* (OPPEL, 1861)  
*Papodina juvavica* (GEYER, 1889)  
*Zeilleria stapia* (OPPEL, 1861)  
*Zeilleria venusta* (UHLIG, 1879)

#### *Pink, red and ochre brachiopodal limestone (Upper Pliensbachian)*

It is considered a special variant of the Hierlatz Limestone Formation where the micrite matrix prevails over the sparite cement. In the fine-grained carbonate matrix shells or skeletal fragments of brachiopods prevail; echinoderm skeletal elements are frequent; sponge spicules may abound locally in the micrite matrix (*Figure 3E*). Extraclasts and intraclasts occur. The rock is massive or thick-bedded biomicrite with packstone or wackestone texture. Red, pink or yellow micritic void-fillings and geopetal structures are frequent. Besides the dominant brachiopods, bivalves, gastropods, rarely solitary corals, worm tubes and ammonoids were collected. A few ammonoids indicate a late Pliensbachian (Margaritatus Zone ?) age (B. GÉCZY, pers. comm.). The brachiopod fauna is extremely diverse: VÖRÖS (2009) reported and described 46 species from the Fenyveskút

traces of bioerosion. Dark micrite (wackestone) with sponge spicules in the lower left corner (Pliensbachian). F) Mudstone to wackestone with manganese coated intraclasts, foraminifers and many *Bositra* shells (Toarcian). G) Breccia grains in Bajocian *Bositra* limestone matrix: a fragment of Hettangian Kardosrét limestone in upper centre and a clast of Pliensbachian micrite with sponge spicules in the lower part (Bajocian). H) Biomicrite infilling of a large brachiopod with coarse echinoderm and *Bositra* detritus (Bajocian). Scale bar = 1 mm

← 3. *ábra.* A fenyveskúti megabreccsa blokkjaiban és mátrixában felismert főbb mészkő típusok vékonycsiszolatainak mikroszkópi felvételei. A) Kardosréti Mészkő gastropoda és foraminifera (*Triasina hantkeni*) metszetekkel (hettangi). B) Kardosréti Mészkő gastropoda és foraminifera metszetekkel (hettangi). C) Hierlatzi Mészkő: durva kristályos pátittal cementált brachiopoda héjak, helyenként geopetális szerkezetet formáló mikrittel (jobb középén) (sinemuri). D) Hierlatzi Mészkő brachiopoda héjakkal és extraklasztokkal, pátit cementben. Baloldalon három fázisú geopetális kitöltés látható a brachiopoda teknőben. (sinemuri). E) Durva krioideás mikrites mészkő brachiopoda héjtörödékekkel. Feltűnően gyakoriak a bioeróziós nyomok. A bal alsó sarokban sötét, szivacsstűs mikrit (wackestone) válik uralkodóvá (pliensbachi). F) Vörös mudstone és wackestone szövettű mészkő mangánkérges intraklasztokkal, foraminiferákkal és gyakori *Bositra* héjakkal (toarci). G) Breccsa szemcsék bajoci *Bositra* mészkő mátrixban: hettangi Kardosréti Mészkő töredék (föül), és a pliensbachi szivacsstűs mikrit litoklasztja (alul) (bajoci). H) Egy nagy brachiopoda biomikrites kitöltése durva echinodermata töredékekkel és tömeges *Bositra* héjakkal (bajoci). Mércé = 1 mm

locality, including the impressive *Securithyris adnethensis*. This is the rock type famous for “big brachiopods” (NOSZKY 1945, KONDA 1970). The most frequent brachiopod species are listed below:

*Apringia piccinii* (ZITTEL, 1869)  
*Apringia paolii* (CANAVARI, 1880)  
*Apringia diptycha* (BÖSE, 1898)  
*Megapringia stoppanii* (PARONA, 1880)  
*Megapringia altesinuata* (BÖSE, 1898)  
*Lokutella liasina* (PRINCIPI, 1910)  
*Fenyveskútella vighi* VÖRÖS, 2009  
*Paronarhynchia bulga* (PARONA, 1893)  
*Koninckodonta fuggeri* BITTNER, 1894  
*Liospiriferina sicula* (GEMMELLARO, 1874)  
*Securithyris adnethensis* (Suess, 1855)  
*Linguithyris aspasia* (ZITTEL, 1869)  
*Papodina bittneri* (GEYER, 1889)  
*Aulacothyris ? ballinensis* (HAAS, 1912)  
*Bakonyithyris ovimontana* (BÖSE, 1898)

#### *Dark red micritic limestone (Toarcian)*

This rock, traditionally called “Indian red” limestone (Kisgerecse Formation), occurred very subordinately, as thin covers and eroded lenses mostly on top of Kardosrét Limestone blocks (for this reason this rock type is not represented in *Figure 2*). In the mudstone texture small foraminifers occur and thin *Bositra* shells abound locally (*Figure 3F*). Megafossils are almost absent, except the ammonoids which indicate an early Toarcian age (B. GÉCZY in KONDA 1970).

#### *Red brachiopodal limestones (Bajocian)*

Two types of Bajocian limestones were recognized, both may be classified as belonging to the Hárskút Member of the Tölgyhát Formation. One of them is a bright red micritic limestone crowded with thin *Bositra* shell pieces. This rock encloses fragments of various older limestone formations (*Figure 3G*). The abundant, medium-sized and small brachiopods and the occasional ammonoids partly bear ferro-manganese coatings. Many brachiopods are filled with sparry calcite. The ammonoids point to a middle Bajocian age (A. GALÁCZ, pers. comm.). The brachiopod fauna is rather diverse:

*Apringia alontina* (DI STEFANO, 1884)  
*Cardinirhynchia galatensis* (DI STEFANO, 1884)  
*Septocurella retrosinuata* (VACEK, 1886)  
*Septocurella micula* (OPPEL, 1863)  
*Septocurella ? microcephala* (PARONA, 1896)  
*Striirhynchia subechinata* (OPPEL, 1863)  
*Striirhynchia berchta* (OPPEL, 1863)  
*Linguithyris nepos* (CANAVARI, 1880)  
*Viallithyris ? alamanni* (DI STEFANO, 1884)  
*Karadagithyris ? fylgia* (OPPEL, 1863)  
*Papodina ? recuperoi* (DI STEFANO, 1884)

The other type is a darker greyish-red limestone with very frequent, small, black manganese-oxide grains and

coarse detritus of *Bositra* shells (Figure 3H). The brachiopods and echinoderm fragments usually have manganese-oxide coatings as well. This is the second rock type at Fenyveskút yielding “big brachiopods”. The rare ammonoids indicate a late Bajocian age (A. GALÁ CZ, pers. comm.). Despite the great abundance (around one hundred specimens collected), only two brachiopod species were identified from this rock type:

*Apringia atla* (OPPEL, 1863)

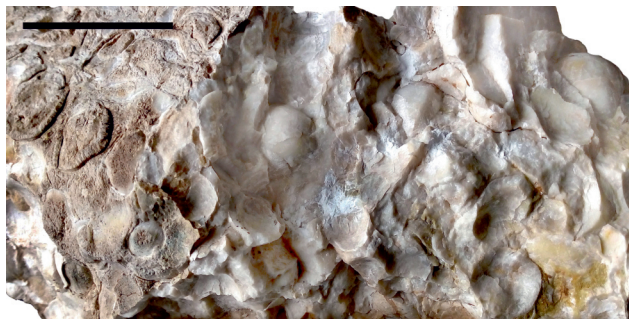
*Karadagithyris gerda* (OPPEL, 1863)

According to our field observations the size of the limestone blocks varied from a few centimetres to a few metres. Their orientation was chaotic (the tilting of the blocks were evidenced by certain primary sedimentary structures, e. g. bedding, or geopetal infill of brachiopod valves. Some of the blocks were composite. Blocks of formerly lithified breccia (“breccia in breccia”) and blocks of Kardorét Limestone with dykes of Hierlatz Limestones frequently occurred.

We interpreted this unit as a megabreccia formed along the Jurassic submarine escarpment bordering the Papod submarine horst (see VÖRÖS & GALÁ CZ 1998 for details). Repeated tectonic movements along the fault scarp occurred in the Sinemurian, late Pliensbachian, and twice in the Bajocian. The matrix of the mega-breccia cannot be directly observed but it is very probable that the youngest sediment (i. e. the upper Bajocian brachiopodal limestone) forms the matrix, which sets the age of the latest phase of breccia formation in the late Bajocian (GALÁ CZ 1988, VÖRÖS & GALÁ CZ 1998) (Figure 2).

## Material and methods

The actual object of the present paper, the fallen block of coquina contained several hundred brachiopod specimens of various sizes, embedded in sparry calcite cement (Figure 4). The brachiopods were smooth and apparently represented a single species. Parts of the slab were cut, and polished surfaces were produced to reveal the internal sedimentary structures.



**Figure 4.** Weathered and broken surface of the slab of brachiopod coquina containing *Arzonellina bogicae* n. sp., Sinemurian (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony Mountains, Hungary. Scale bar = 4 cm

**4. ábra.** Az *Arzonellina bogicae* n. sp. példányait tömegesen tartalmazó brachiopoda kokvina tömb mállott és frissen tört felszíne. Sinemuri (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony. Mérete = 4 cm

Without destroying the whole slab, 88 brachiopods were removed from the host rock by hammer, chisels and pincers. Most of them (59 specimens) were fragmentary and/or disarticulated valves. 29 articulated specimens were further prepared by electric vibration tools. Four of them were selected for serial sectioning; 11 specimens for photographic illustration and were measured by callipers. The principal measurements (L = length, W = width, T = thickness, Ch = height of the commissural deflexion) are given in millimetres.

Before serial sectioning, casts for permanent documentation of the external features of the specimen were prepared. A silicon rubber mould was made by using Szilorka H-1 mass and H-10 catalyst. The elastic mould was filled with plaster to make the cast. Then the brachiopod was embedded, with a definite orientation, into plaster; the posterior part of the lateral commissure and the plane of symmetry of the specimen were kept vertical. The block of plaster was mounted on a steel plate of the Cutrock-Croft parallel grinding instrument. In practice, usually 0.2 mm grinding intervals were used or 0.1 intervals at more delicate parts. The specimens were sectioned (ground) from the tip of the beak to the distal end of the brachidium. At each interval (phase), the actual cross section was examined; if some significant change appeared, the cross section was documented by colour photograph. On the basis of the photographs, line drawings were prepared by using CorelDraw graphic software. In one case, projection drawing (a kind of artistic 3D reconstruction) was constructed in order to give a visual impression of the internal morphology of the specimen.

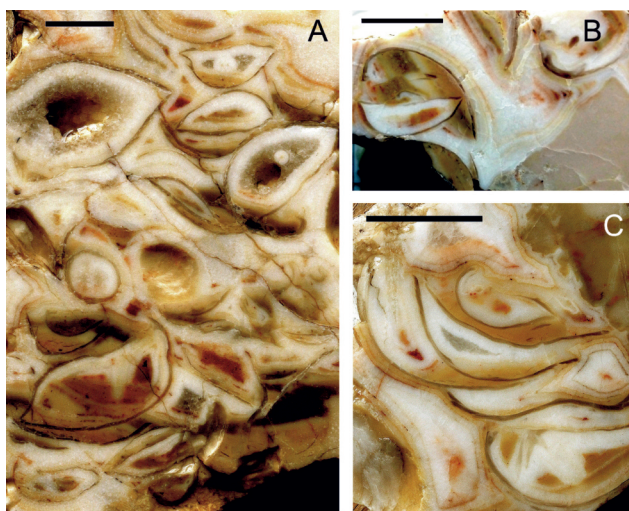
The photographs were made with a Canon EOS 700D camera. The specimens illustrated on the photographic plate/figure were whitened, i.e. coated with ammonium-chloride before making photographs.

Two samples, drilled from carbonate cements, were analyzed in the laboratory of the Institute for Geological and Geochemical Research, Budapest, in order to achieve  $^{13}\text{C}$  (PDB) and  $^{18}\text{O}$  (PDB) stable isotope values.

## Results

### *Lithology and geochemistry*

The cut and polished pieces of the fossiliferous coquina slab revealed a mass of disoriented brachiopod shells, mostly filled with sparry calcite but exhibiting geopetal structures as well (Figure 5A). A few smaller, angular micritic carbonate blocks were also recognized; these probably represent fragments of lower Hettangian Kardosrét Limestone and were encrusted by the same sparry calcite cement as the brachiopod shells (Figure 5B). The cementation consists of at least two main phases. In the first stage, the brachiopod shells and the walls of intergranular voids were coated by thick radial-fibrous cement. This was followed by micrite infiltration. Later the second, late diagenetic mosaic-like sparite cement precipitated in the remaining cavities; some



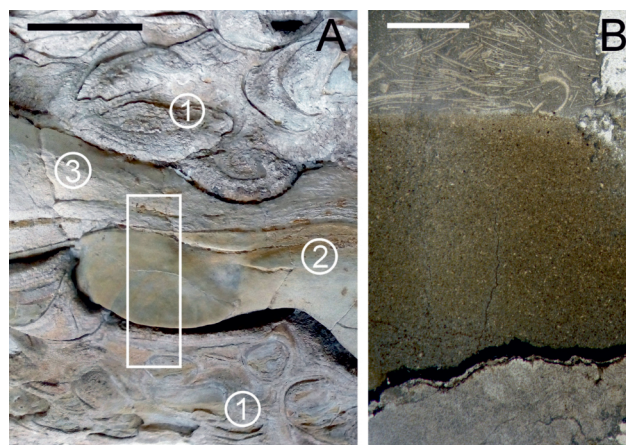
**Figure 5.** Polished surfaces of brachiopod coquina containing *Arzonellina* shells. A) The internal surfaces of double valves are lined by early radial-fibrous calcite, followed rarely by micrite and most frequently by coarse spar; some spaces remained open. B) Large intra-granular space between *Arzonellina* shells and a lithoclast of Kardosrét Limestone (lower right) is filled by several generations of early calcite. C) Open space (upper left), lined with early calcite, was filled with internal micrite. Note the small protuberances of the spar overlain by the micrite. Some longitudinal cross sections of *Arzonellina* show the typical internal features (lower right). Sinemurian (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony Mountains, Hungary. Scale bar = 1 cm

**5. ábra.** Az *Arzonellina* teknőket tartalmazó brachiopoda kokvina felületi csiszolatai. A) A kettősteknők belső felületein korai, sugaras-rostos kalcit vált ki; ezt ritkábban mikrit, gyakrabban durva pátit követte; néhány üreg máig üresen maradt. B) A nagy szemcseközi üreget az *Arzonellina* héjak és egy Kardosréti Mésző litoklaszt (jobbra lent) között több generációs kalcit kiválás tölti ki. C) A bal felső sarokban az üreg falát korai pátit vonta be, majd a fennmaradó üreget mikrit töltötte ki. Egyes *Arzonellina* példányok hosszmetsete (jobbra lent) jól mutatja a taxonra jellemző belső szerkezetet. Sinemuri (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony. Mércé = 1 cm

voids even then remained empty. The fine grained micritic matrix appeared in the geopetal structures of the brachiopod shells and in the remaining intergranular voids. The infiltration of this micrite apparently postdates the cementation of the coquina because the micrite overlies the protuberances of calcite cement along the walls of the voids (Figure 5C). This internal sediment does not contain any microfossils, yet it is believed to represent the Early Jurassic background sedimentation of pelagic mud.

Larger amounts of a very different micritic matrix form internal sediment infillings in greater voids of the brachiopod coquina and shows particular sedimentary structures (Figure 6A, B). This sediment was deposited in a several centimetre long and wide open space of the brachiopod coquina, previously cemented by spar in the Sinemurian. The walls of this large vug are lined by calcite crystals. The lower wall is coated with a thin black ferromanganese crust (Figure 6A, B). It is followed by a yellowish, unfossiliferous micrite; this is overlain, without a sharp break, by a micrite, full of *Bositra* shells. This *Bositra* micrite fills up the remaining space of the void.

Two samples drilled from carbonate cements revealed  $^{13}\text{C}$  (−1.8‰ to +1.5‰) and  $^{18}\text{O}$  (−5.5‰ to −1.0‰) values close to equilibrium with seawater carbonate and do not display signatures that indicate carbonate precipitation in the



**Figure 6.** A) Weathered surface of the slab of brachiopod coquina showing the sedimentary structure of the infiltrated micritic sediments. 1 - Brachiopod coquina with sparry calcite cement, 2 - First generation of infiltrated micrite deposited on a ferromanganese crust, 3 - Second generation of infiltrated micrite, filling up the remaining open space. Rectangle indicates the approximate interval represented in the thin section photomicrograph (6B). Scale bar = 2 cm. B) Thin section displaying the succession of the infiltrated sediments: brachiopod coquina capped by ferromanganese crust, overlain by the first generation of infiltrated micrite, followed by the second generation full of *Bositra* shells. Sinemurian (+ Bajocian), Lókút, Fenyveskút, Bakony Mountains, Hungary. Scale bar = 1 mm

**6. ábra.** A) A brachiopodás kokvina tömb málott felszíne jól mutatja a később beszivárgott mikrites üledék szerkezetét. 1 - Brachiopoda kokvina pátit cementtel, 2 - a beszivárgott mikrit első generációja, ami vékony, vas-mangános kéregre települt, 3 - a beszivárgott mikrit második generációja, ami kitöltötte az üreg fennmaradó részét. A téglalap azt a részletet jelöli, ami megközelítőleg megfelel a 6B vékonycsiszolati képnek. Mércé = 2 cm. B) Vékonycsiszolati kép, ami a beszivárgott üledékek egymásra következését mutatja be. Alul: brachiopoda kokvina vas-mangános bevonattal, fölül a beszivárgott mikrit első generációja, legfölül a második generáció, *Bositra* héjakkal teli. Sinemuri (+ bajoci), Lókút, Fenyveskút, Bakony. Mércé = 1 mm

vicinity of hydrocarbon seeps. It should be mentioned that the stable isotope values obtained from this locality and from both sides of the Papod submarine horst (VÖRÖS & DULAI 2007, table I) fell also within the same range.

### Systematic palaeontology

The classification by WILLIAMS et al. (1996, 2006) is followed here with the addition of the Family Arzonellinidae by SANDY et al. (2021).

Phylum Brachiopoda DUMÉRIL, 1806  
Subphylum Rhynchonelliformea WILLIAMS, CARLSON, BRUNTON, HOLMER & POPOV, 1996  
Class Rhynchonellata WILLIAMS, CARLSON, BRUNTON, HOLMER & POPOV, 1996  
Order Terebratulida WAAGEN, 1883  
Suborder Terebratulidina WAAGEN, 1883  
Superfamily Kingenoidea ELLIOT, 1948  
Family Arzonellinidae SANDY, RADULOVIC, SULSER, & ĐAKOVIĆ, 2021

Genus *Arzonellina* SULSER in SULSER & FURRER, 2005

Type species: *Arzonella exotica* SULSER, 2004.

Species included: *Arzonellina exotica* (SULSER, 2004), *Arzonellina stachei* (BITTNER, 1895) and *Arzonellina bogicae* n. sp.



*Arzonellina bogicae* n. sp.

Figures 7–13.

*Holotype*: Hungarian Natural History Museum (Budapest), inventory number: PAL 2021.35.1.

*Locus typicus*: Lókút, Fenyveskút, loose.

*Stratum typicum*: Brachiopodal Hierlatz Limestone, Sinemurian(?).

*Paratypes*: Hungarian Natural History Museum (Budapest), inventory numbers:

PAL 2021.36.1., PAL 2021.37.1., PAL 2021.38.1., PAL 2021.39.1., PAL 2021.40.1., PAL 2021.41.1., PAL 2021.42.1., PAL 2021.43.1., PAL 2021.44.1., PAL 2021.45.1., PAL 2021.46.1., PAL 2021.47.1., PAL 2021.48.1., PAL 2021.49.1.

*Derivatio nominis*: After the pet name of the author's daughter, who found the fossiliferous slab.

*Diagnosis*: Subcircular to subquadrate, strongly ventribiconvex shell. Beak low, indistinct. Lateral commissures straight, anterior commissure straight to unisulcate or paraplicate. Shell surface smooth. Divided septum passes into massive septal pillar. Hood is high and short. Crural bases develop from septal pillar near the base of the dorsal valve. Descending branches of brachidium long, curve ventrally; ascending branches reduced.

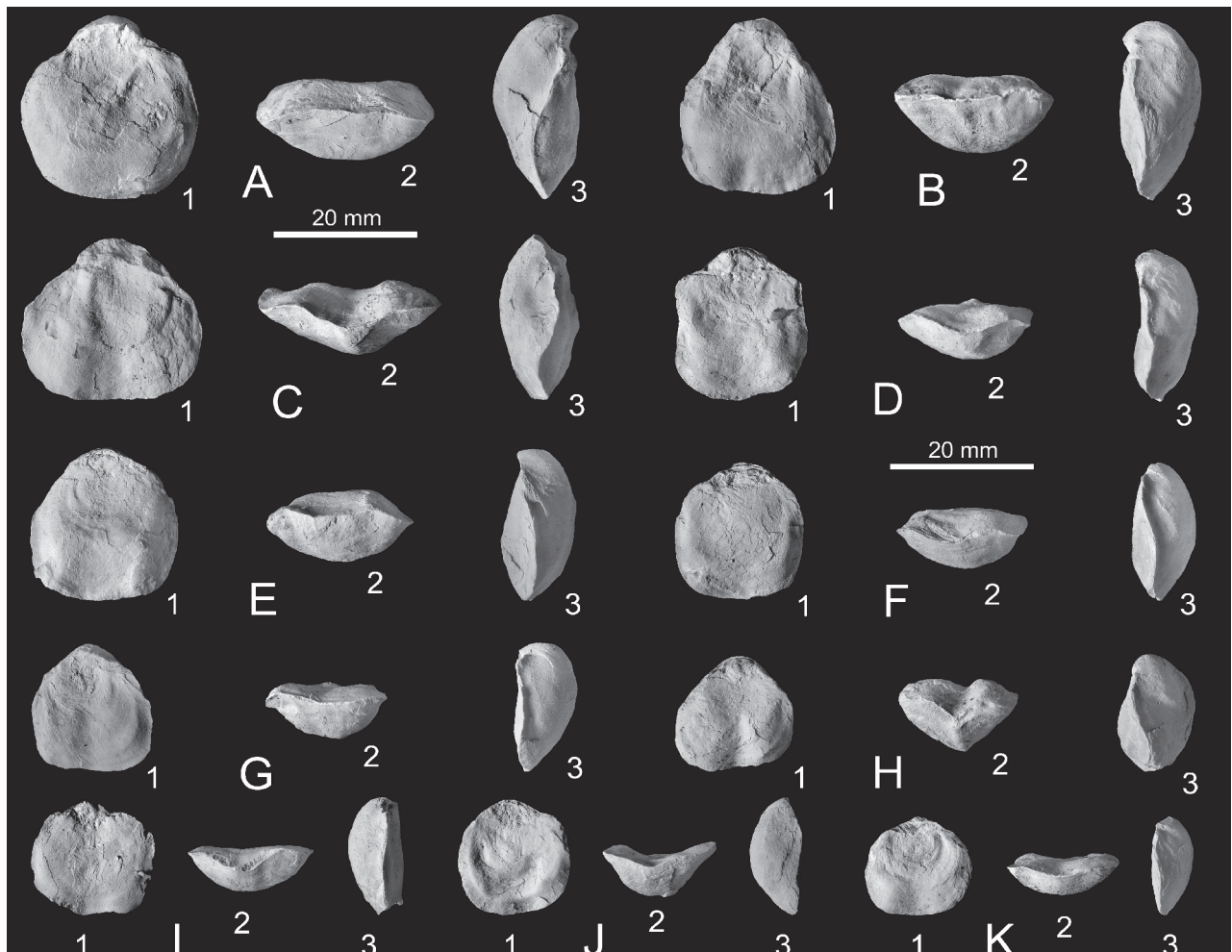
*Material*: 88 rather well-preserved double valves filled with sparry calcite where visible.

## Measurement (Table I)

Inventory numbers	Measurements			
	L	W	T	Ch
PAL 2021.35.1.	26.7	25.2	11.7	1.8
PAL 2021.36.1.	25.1	21.5	10.4	1.8
PAL 2021.37.1.	21.9	23.2	9.7	3.8
PAL 2021.38.1.	21.9	18.5	7.9	2.8
PAL 2021.39.1.	21.6	20.5	9.6	2.1
PAL 2021.40.1.	19.8	18.1	8.7	2.6
PAL 2021.41.1.	18.4	17.3	7.7	2.4
PAL 2021.42.1.	16.8	16.9	10.1	3.1
PAL 2021.43.1.	16.8	17.1	6.6	3.1
PAL 2021.44.1.	16.5	15.7	7.5	2.8
PAL 2021.45.1.	14.1	15.1	5.5	1.6
<b>Mean</b>	<b>19.96</b>	<b>19.01</b>	<b>8.67</b>	<b>2.54</b>

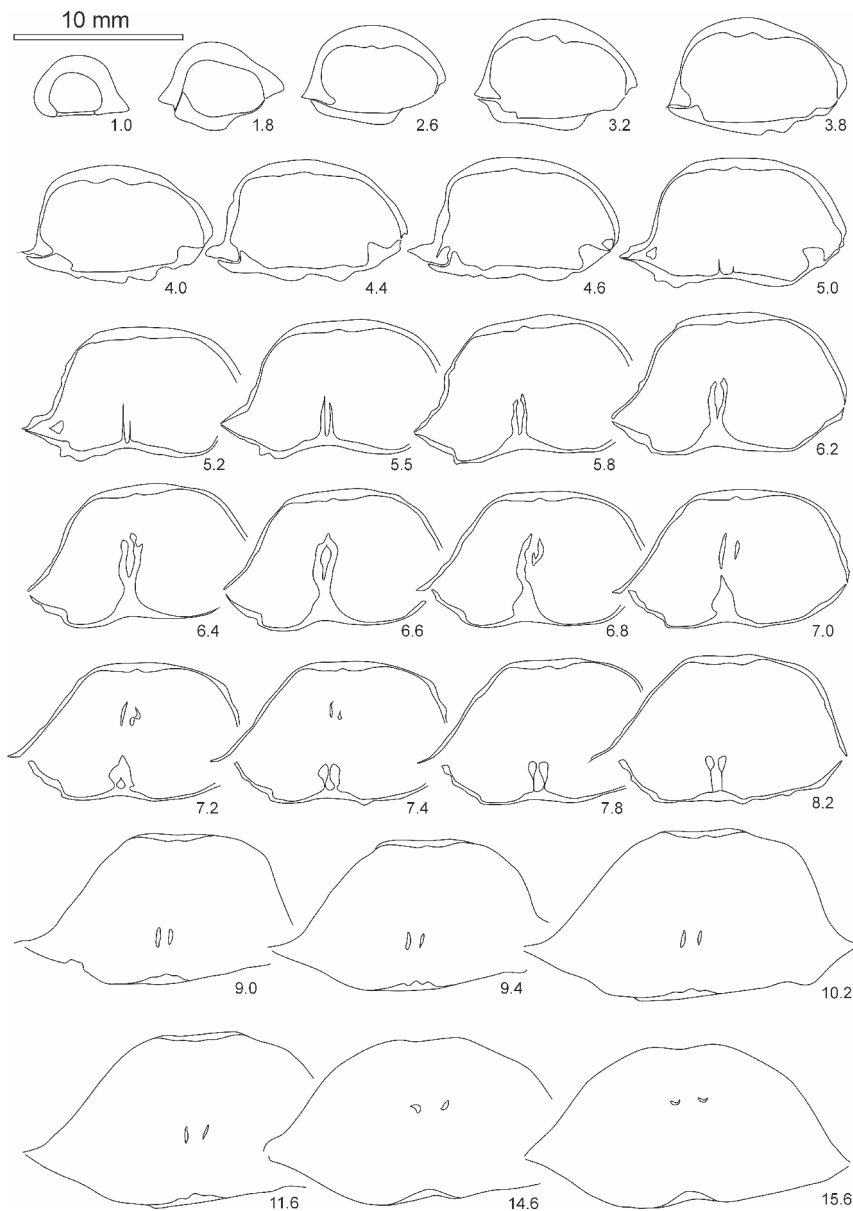
## Description

External characters: Medium-sized *Arzonellina* with subcircular to subquadrate outline; the shell is planoconvex to concavo-convex. The maximum width and the maximum convexity are reached near the middle of the length or shifted a little anteriorly. The nearly straight hinge margin is rather long; its length may reach the half of the width of the shell. The lateral margins are uniformly convex; in some cases (Figure 7, F) tend to be nearly straight. The lateral



commissures are nearly straight or gently sinuous. The anterior commissure is variable. Typically it is nearly rectimarginate or weakly and widely uniplicate (Figure 7, A2, E2); in many cases it is unisulcate (Figure 7, H–K) or tends to be paraplicate (Figure 7 C2, D2). The ventral valve is

strongly and uniformly convex but in some specimens it has a long medial fold (Figure 7, C2, H2). The beak is rather high; erect to slightly incurved. The beak ridges are sharp; the features of the interarea and symphytium are not seen. The dorsal valve is nearly flat, or resupinate, i.e. it is deeply

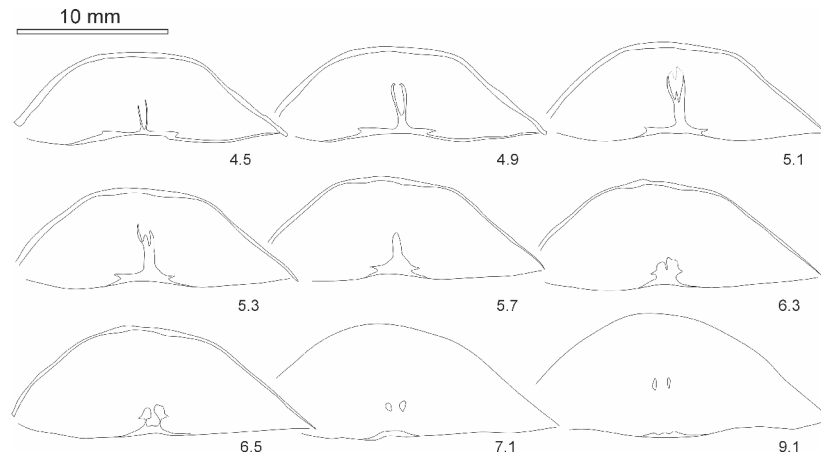


**Figure 8.** *Arzonellina bogicae* n. sp., Sinemurian (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony Mountains, Hungary. Twenty-seven transverse serial sections through the posterior part of a paratype (PAL 2021.47.1.). Distances from the ventral umbo are given in mm. Original length of the specimen was 26.7 mm

**8. ábra.** *Arzonellina bogicae* n. sp., sinemuri (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony. Egy paratípus (PAL 2021.47.1.) huszonhét sorozatszólati keresztmetszete. A bübtől mért távolságok mm-ben szerepelnek. A példány eredeti hossza 26,7 mm volt

← **Figure 7.** *Arzonellina bogicae* n. sp., Sinemurian (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony Mountains, Hungary. Each specimen is shown in dorsal (1), anterior (2) and lateral (3) views, respectively. Specimens have been coated with ammonium chloride before photography and are deposited in the collection of the Department of Palaeontology and Geology, Hungarian Natural History Museum. A) Holotype, PAL 2021.35.1.; B) Paratype, PAL 2021.36.1.; C) Paratype, PAL 2021.37.1.; D) Paratype, PAL 2021.38.1.; E) Paratype, PAL 2021.39.1.; F) Paratype, PAL 2021.40.1.; G) Paratype, PAL 2021.41.1.; H) Paratype, PAL 2021.42.1.; I) Paratype, PAL 2021.43.1.; J) Paratype, PAL 2021.44.1.; K) Paratype, PAL 2021.45.1.

← **7. ábra.** *Arzonellina bogicae* n. sp., sinemuri (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony. A példányok nézetei minden esetben: háti (1), mellő (2) és oldalsó (3). A fotózáshoz a példányokat ammonium-kloriddal vontuk be. A példányokat a Magyar Természettudományi Múzeum Őslénytani és Földtani Tára őrzi. A) Holotípus, PAL 2021.35.1.; B) paratípus, PAL 2021.36.1.; C) paratípus, PAL 2021.37.1.; D) paratípus, PAL 2021.38.1.; E) paratípus, PAL 2021.39.1.; F) paratípus, PAL 2021.40.1.; G) paratípus, PAL 2021.41.1.; H) paratípus, PAL 2021.42.1.; I) paratípus, PAL 2021.43.1.; J) paratípus, PAL 2021.44.1.; K) paratípus, PAL 2021.45.1.



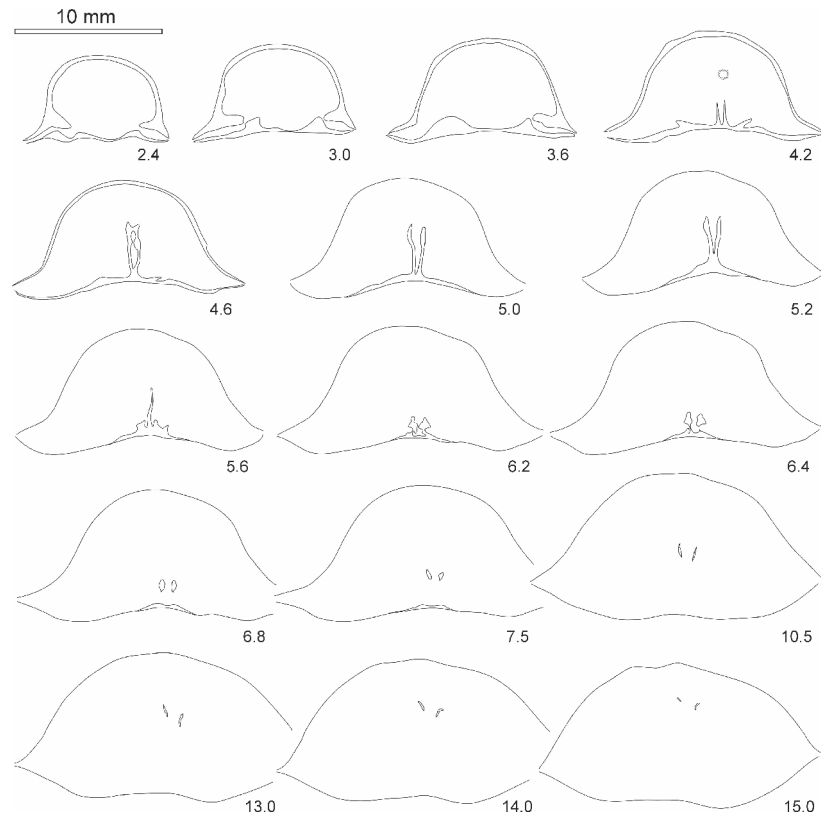
**Figure 9.** *Arzonellina bogicae* n. sp., Sinemurian (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony Mountains, Hungary. Nine transverse serial sections through the posterior part of a paratype (PAL 2021.48.1.). Distances from the ventral umbo are given in mm. Original length of the specimen was 24.2 mm

**9. ábra.** *Arzonellina bogicae* n. sp., sinemuri (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony. Egy paratípus (PAL 2021.48.1.) kilenc sorozatsziszolati keresztmetszete. A bújtól mért távolságok mm-ben szerepelnek. A példány eredeti hossza 24,2 mm volt

concave posteriorly and becomes slightly convex anteriorly. Some specimens have a well developed dorsal sulcus. The surface of the shells is smooth except the growth rings of irregular spacing and strength. The outer shell layers are tending to be exfoliated.

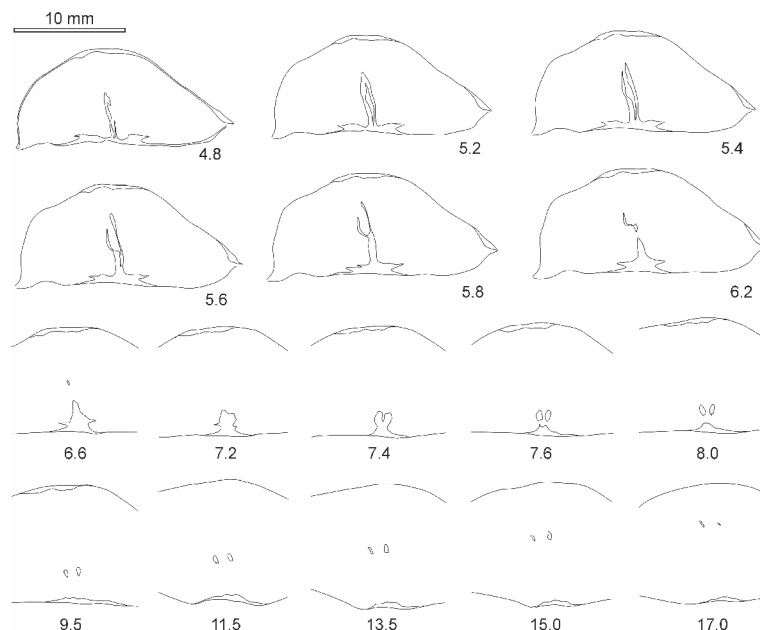
Internal characters (*Figures 8–12*): *Ventral valve*: Pedi-

cle collar was not observed. The delthyrial cavity is laterally elongated subcircular in cross section. Dental plates absent. Two parallel, very low ridges (probably myophragms beside an elongated muscle scar) were recorded in mature specimens (*Figures 8, 10*). The massive hinge teeth are oblique, laterally inserted; loosely fitting into sockets. *Dorsal valve*:



**Figure 10.** *Arzonellina bogicae* n. sp., Sinemurian (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony Mountains, Hungary. Sixteen transverse serial sections through the posterior part of a paratype (PAL 2021.49.1.). Distances from the ventral umbo are given in mm. Original length of the specimen was 27.3 mm

**10. ábra.** *Arzonellina bogicae* n. sp., sinemuri (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony. Egy paratípus (PAL 2021.49.1.) tizenhat sorozatsziszolati keresztmetszete. A bújtól mért távolságok mm-ben szerepelnek. A példány eredeti hossza 27,3 mm volt



**Figure 11.** *Arzonellina bogicae* n. sp., Sinemurian (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony Mountains, Hungary. Sixteen transverse serial sections through the posterior part of a paratype (PAL 2021.46.1.). Distances from the ventral umbo are given in mm. Original length of the specimen was 26.1 mm

**11. ábra.** *Arzonellina bogicae* n. sp., sinemuri (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony. Egy paratípus (PAL 2021.46.1.) tizenhat sorozatsziszolati keresztmetszete. A bűttől mért távolságok mm-ben szerepelnek. A példány eredeti hossza 26,1 mm volt

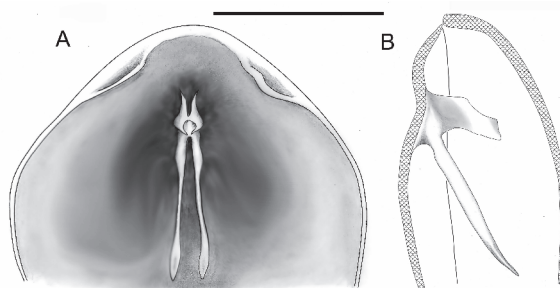
Cardinal process not developed. The denticulation is very simple. The outer socket ridges are very low and wide. The inner socket ridges are massive but do not lean over the teeth. Hinge plates are absent. Two, closely spaced, narrow, septum-like lamellae elevate from the strongly thickened medial part of the floor of the dorsal valve (Figures 8, 9, 11). They became gradually thickened, more elevated and fused into a very high but narrow hood. The ventral roof of the hood disappears, its ventral endings gradually vanish and two high, separate plates remain. The base of the hood is transformed into a massive septal pillar. This becomes lower and divides into two, closely set rods (crural bases) close to the valve floor. These give rise to narrow, subparallel and long descending lamellae, which curve ventrally and reach two-thirds of the length of the valve (Figure 12). The distal part of the ascending lamellae, which would be connected to the hood, are missing (resorbed ?).

**Remarks:** In size, *Arzonellina bogicae* n. sp. stands between the two, previously known species of *Arzonellina*. Its maximum length (26.7 mm) is less than that of *A. exotica* (SULSER, 2004) (37.5 mm) but slightly exceeds that of *A. stachei* (BITTNER, 1895) (24.7 mm; according to SANDY et al. 2021). Externally, the almost plano-convex shape of *A. bogicae*, particularly the frequently concave area on the posterior part of the dorsal valve, is similar to *A. exotica*, but differs from *A. stachei* which is flat but constantly biconvex.

Serial sections were prepared from four specimens for studying internal morphology (Figures 8–11), which provided a coherent picture of the internal features of the new species and endorsed the attribution of the genus *Arzonellina* to the family Arzonellinidae SANDY, RADULOVIC,

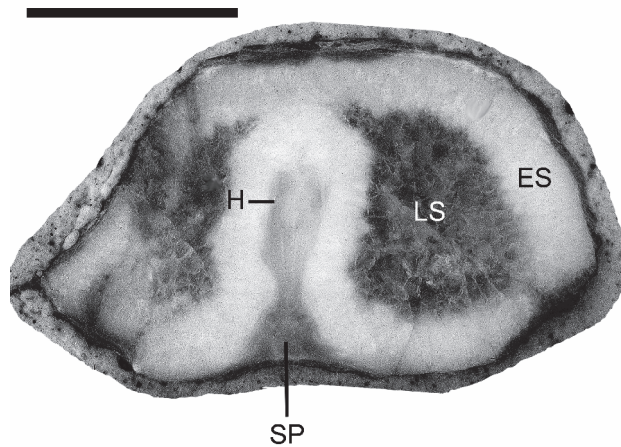
SULSER, & ĐAKOVIĆ, 2021 within the superfamily Kingenoidea ELLIOT, 1948.

The internal morphology of *A. bogicae* is markedly different from that of the previously described species of *Arzonellina*. The two long ridges in the apical part of the ventral valve, important enough to be included into the emended diagnosis of *Arzonellina* by SANDY et al. (2021), are very reduced or absent in *A. bogicae*. The posterior part of the brachidium of *A. bogicae* starts with two narrowly spaced, high septa, in contrast to *A. exotica*, where the first element is a massive septal pillar (SULSER 2004, fig. 5, at 3.4 mm), and to *A. stachei* where the brachidium starts with a small hood-like structure (SANDY et al. 2021, fig. 10, at 1.4 mm).



**Figure 12.** *Arzonellina bogicae* n. sp., Sinemurian (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony Mountains, Hungary. Ventral (A) and lateral (B) views of the dorsal valve interior. Reconstruction based on serial sections from the paratype PAL 2021.47.1. Scale bar = 10 mm

**12. ábra.** *Arzonellina bogicae* n. sp., sinemuri (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony. A háti teknő belsejének hasi (A) és oldalsó (B) nézete. A rekonstrukció a PAL 2021.47.1. paratípus sorozatsziszolata alapján készült. Mércé = 10 mm



**Figure 13.** *Arzonellina bogicae* n. sp., Sinemurian (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony Mountains, Hungary. Photomicrograph of a cross section of the paratype PAL 2021.47.1., at distance 6.6 mm from the ventral umbo, showing the early radial-fibrous spar (light grey, ES) outlining the inner wall of the shell and enveloping the brachidium, and the late spar (dark grey, LS) filling the remaining spaces. H - hood, SP - septal pillar. Scale bar = 10 mm

**13. ábra.** *Arzonellina bogicae* n. sp., sinemuri (?), Lókút, Fenyveskút, Bakony. A PAL 2021.47.1. leltári számú paratípus egy (a bűbtől 6,6 mm-re készült) keresztmet-szetének fényképe. Jól látható a korai, sugaras-rostos pátit (világosszürke, ES), ami bevonta a teknők belsejét és a kartámasztó váz elemeit, valamint a késői, kristályos pátit (sötétszürke, LS), ami kitöltötte a fennmaradó üreget. H - hood (csuklya), SP - medián szeptum. Mérete = 10 mm

The high and narrow hood of *A. bogicae* in the interval 4.6 to 6.6 mm can vaguely be recognized in *A. exotica* (SULSER 2004, fig. 5, at 6.0 mm), but seems to be absent in the 3.7 to 8.2 mm interval in *A. stachei* (SANDY et al. 2021, fig. 10). The most important difference is that the crural bases of *A. bogicae* (giving rise to the descending lamellae) are released close to the floor of the dorsal valve (around 6.5 to 8.0 mm interval), whereas the similar crural bases in *A. exotica* (SULSER 2004, fig. 5, at 9.2 mm), and in *A. stachei* (SANDY et al. 2021, fig. 10, at 3.7 mm) set off much more internally, i.e. closer to the centre of the shell cavity.

A feature common to all three presently known species of *Arzonellina* is that the anterior part of the ascending lamellae, which would connect the descending lamellae with the hood, is almost completely missing. The absence is clearly seen in the four sectioned specimens of *A. bogicae* (Figures 8–11) and in *A. stachei* (SANDY et al., 2021, fig. 10). In *A. exotica* (SULSER 2005, fig. 5, at 9.2 to 10.5 mm interval) only vague vestiges can be recognized.

**Occurrence:** Sinemurian (?), Fenyveskút, Bakony Mountains, Hungary; monospecific mass occurrence. The associated, lithologically similar, biosparitic Hierlatz Limestone yielded a diverse assemblage of quite different brachiopod taxa.

The present record of a new species of the genus *Arzonellina* (*A. bogicae*) endorses the previously published view (SANDY et al. 2021) that the genus has a “peri-Apulia”, i.e. Mediterranean distribution. In fact, the occurrence in the Bakony (Transdanubian Range, Hungary), palaeogeographically lies between the Swiss (Arzo) and the Montenegró (Smokovac) records of *Arzonellina*.

## Discussion

The loose, fallen, brachiopod-rich block of a few decimetres size, found in the scree at Fenyveskút in 1995, exhibited the major lithological characteristics of the Sinemurian Hierlatz Limestone. Yet, it was completely different from the previously known brachiopod-rich limestones of the Fenyveskút locality, because it contained a crowded monospecific accumulation of smooth and flat *Arzonellina bogicae* n. sp. In spite of its apparently unique character, this loose block could not have been derived from anywhere else but the Fenyveskút hillside above, and probably was derived from the megabreccia described above (Figure 2).

The sedimentary features (the close packing of shells, the rapid early cementation, infiltration of internal sediment), point to a rapid accumulation in the form of a neptunian dyke. In this respect the rock may represent a variant of the Hierlatz Limestone, i.e. a kind of a fissure filling in Kardosrét Limestone. In a palaeoenvironmental model, the hard, rocky submarine surface of the Kardosrét Limestone was colonized by benthic organisms, e.g. various brachiopod communities. Due to the extensional tectonic movements (see VÖRÖS & GALÁ CZ 1998), fissures opened from time to time on the rocky bottom. The fissures received, or even sucked in, the shells available near the opening of the fissure. The brachiopod communities might be different from place to place and even from time to time; this may explain the differences in the composition of the fossil assemblages. Alternatively, certain brachiopod taxa might proliferate directly within the freshly opened fissures and produce monospecific communities. Similar brachiopod coquinas have been described in some places from Oxfordian neptunian dykes in Poland (WIECZOREK & KRÓBICKI 1994, KRÓBICKI et al. 2008, MATYSZKIEWICZ et al. 2016). Their features, both palaeoecologically and sedimentologically, indicate that these associations may reflect very dense life-communities within neptunian dykes. These analogies and this kind of speculation may help to understand the particular, monospecific character of the *Arzonellina*-rock.

On the basis of analogous sedimentary structures and colours shared with the Sinemurian Hierlatz Limestones at Fenyveskút, moreover by the character of the early internal sediment, the age of the rock of the fallen block is considered Sinemurian.

It is very probable that a decimetre-sized piece of the *Arzonellina*-rock first was removed from the neptunian dyke and then, as a result of secondary deposition, was incorporated into the megabreccia. This process is evidenced by the internal sediments accumulated in an open space of the formerly lithified (cemented) brachiopod coquina. Figures 6A, B illustrate three phases of internal sedimentation in the several centimetres long and wide, open space of the brachiopod coquina. The walls of this large void were lined by calcite crystals. First, the lower wall was coated with thin black ferromanganese crust, between the Sinemurian to Bajocian time interval. In the second phase, a yellowish micrite infiltrated to the void; the age of this unfossiliferous sediment is

unknown. In a third phase a biomicrite, full of *Bositra* shells, filled up the remaining space of the void. This *Bositra* micrite corresponds to the Bajocian limestone (Figure 3G) considered the matrix of the megabreccia at Fenyveskút. This sediment records the tectono-sedimentary event when the piece of *Arzonellina* coquina entered the megabreccia. Finally, probably in the Quaternary, it was incorporated in the scree as a derived slab.

Remarkably, the other two, previously described occurrences of *Arzonellina* (Arzo and Smokovac) were also found in isolated blocks. In Arzo, in the Southern Alps of Switzerland, the genus was described from reworked clasts embedded in the Sinemurian Broccatello Formation (SULSER 2004, SULSER & FURRER 2005). In Smokovac (Montenegro) the block with *Arzonellina* was collected from Quaternary talus at the foot of Jurassic cliffs (SANDY et al. 2021).

Another common feature of the three, currently known assemblages of *Arzonellina* species is the partial or total absence of the ascending lamellae from their brachidia. The vanishing of the ascending lamellae might be caused by (1) resorption during the late ontogenetic development of the brachiopod; (2) tearing off by predators or scavengers during life or after the death of the brachiopod; or (3) very early dissolution by pore waters undersaturated for calcium-carbonate. It must be borne in mind that the ascending lamellae are the most delicate and friable part of the brachidium, thus most prone to damage. Anyhow, the disappearance of these delicate structures must have happened before the final accumulation of the dead shells. In the case of *A. bogicae* it definitely pre-dated the early phase of cementation of the host rock. During very early diagenesis, the inner walls of the shells and the whole brachidium were coated by thick radial-fibrous cement and by this the available internal structures were well preserved (Figures 5C, 13).

The monospecific mass accumulation of brachiopods may hint to an association with hydrocarbon seeps ("cold seeps"), as it has been proven in the case of some dimerelloid rhynchonellides (e.g. PECKMANN et al. 2013, SANDY & PECKMANN 2016, PÁLFY et al. 2017). The genus *Arzonellina*, though it has a degree of external homoeomorphy with the dimerelloid *Rhynchonellina*, does not seem to represent this special association. The stable isotopic results from the Fenyveskút locality and from Smokovac (SANDY et al. 2018, 2021) do not show any signatures that indicate a proximity to hydrocarbon seeps.

## Conclusions

A peculiar slab of brachiopod coquina, found at Fenyveskút locality (Lókút, Bakony Mountains, Hungary), comprised a mass occurrence of monospecific brachiopods which turned out to belong to the genus *Arzonellina*.

Investigations of the external and internal morphology of the specimens proved that they represent a new species: *Arzonellina bogicae* n. sp., which is introduced, described and illustrated here in detail.

The age of the brachiopod coquina and the new species is considered Sinemurian on the basis of circumstantial evidence from the locality and from analogues in previously documented occurrences of *Arzonellina* in Switzerland and Montenegro.

The Jurassic megabreccia at Fenyveskút locality is re-described, and the lithology and fossils of its major components and its matrix are described and documented with thin section photomicrographs.

The detailed study of the internal sediments accumulated in an open space (vug) of the *Arzonellina* coquina, revealed that this slab, lithified (cemented) in the Sinemurian, was incorporated into the megabreccia in the Bajocian.

## Acknowledgements

Many thanks to A. DEMÉNY, Institute for Geological and Geochemical Research, Budapest, for stable isotope analysis of carbonate cements from the brachiopod coquina. The author is indebted to A. GALÁCZ for the help during joint field work at the locality. Thin sections were prepared by the courtesy of GY. LELKES and T. BUDAI what is deeply acknowledged. B. VÖRÖS helped in graphic visualization of internal features of one sectioned paratype. The thorough discussions on the genus *Arzonellina* with H. SULSER (Zürich), M. R. SANDY (Dayton) and B. RADULOVIĆ (Belgrade) greatly improved the views expressed in the present paper. The useful comments and corrections of the reviewers M. R. SANDY, A. DULAI and M. KROBICKI are deeply acknowledged. The author wishes to thank the leaders and staff of the Department of Palaeontology and Geology of the Hungarian Natural History Museum for their help and the possibility to use the facilities of the institution.

## References – Irodalom

- BÖCKH, J. 1874: Die geologischen Verhältnisse des südlichen Theiles des Bakony, II. – *Mittheilungen aus dem Jahrbuche der königlichen ungarischen geologischen Anstalt* **3/1**, 1–180.
- DULAI, A. 1992: The Early Sinemurian (Jurassic) brachiopod fauna of the Lókút Hill (Bakony Mts., Hungary). – *Fragmenta Mineralogica et Palaeontologica* **15**, 41–94.
- DULAI, A. 1993: Hettangian (Early Jurassic) brachiopod fauna of the Bakony Mts. (Hungary). – *Fragmenta Mineralogica et Palaeontologica* **16**, 27–50.

- DULAI A. 2003: A Dunántúli-középhegység hettangi és kora-szinemuri (kora-jura) brachiopoda faunája II. Rendszertani leírások (Hettangian and Early Sinemurian (Early Jurassic) brachiopods of the Transdanubian Central Range (Hungary) II. Systematic descriptions). – *A Bakony Természettudományi kutatásának eredményei* **27**, 1–144. (In Hungarian).
- FESTA, A., PINI, G. A., DILEK, Y. & CODEGONE, G. 2010: Mélanges and mélange-forming processes: a historical overview and new concepts. – *International Geology Review* **52/10–12**, 1040–1105. <https://doi.org/10.1080/00206810903557704>
- GALÁ CZ, A. 1988: Tectonically controlled sedimentation in the Jurassic of the Bakony Mountains (Transdanubian Central Range, Hungary). – *Acta Geologica Hungarica* **31**, 313–328.
- KONDA J. 1970: A Bakony hegységi jura időszaki képződmények üledékföldtani vizsgálata. (Lithologische und Fazies-Untersuchung der Jura-Ablagerungen des Bakony-Gebirges). – *Jahrbuch der Ungarischen Geologischen Anstalt* **50/2**, 161–260.
- KROBICKI, M., KUCHARSKI, J. & GOLONKA, J., 2008: Late Jurassic and Late Cretaceous synsedimentary extensional tectonic activities in the peri-Tethyan platform of Poland marked by neptunian dykes. – In: KUNKEL, C., HAHN, S., TEN VEEN, J., RAMEIL, N. & IMMENHAUSER, A. (eds): Abstract Volume, 26th Regional Meeting of the International Association of Sedimentologists (IAS); Bochum, Germany, September 1–3, 2008. – *Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften* **58**, 160.
- MATYSZKIEWICZ, J., KRAJEWSKI, M., KOCHMAN, A., KOZŁOWSKI, A. & DULIŃSKI, A., 2016: Oxfordian neptunian dykes with brachiopods from the southern part of the Kraków-Częstochowa Upland (southern Poland) and their links to hydrothermal vents. – *Facies* **62/12**, 1–28. <https://doi.org/10.1007/s10347-016-0464-x>
- NOSZKY, J. 1945: Geologische Beobachtungen am östlichen Abhang der Kőrös-Kékhegy Zuges und in der Papodhegy-Gruppe im Bakony. – *Jahresberichte der Königlichen Geologischen Anstalt* (1941–1942), **I**, 129–136.
- PÁLFY, J., KOVÁCS, Zs., PRICE, G. D., VÖRÖS, A. & JOHANNSON, G. G. 2017: A new occurrence of the Early Jurassic brachiopod *Anarhynchia* from the Canadian Cordillera confirms its membership in chemosynthesis-based ecosystems. – *Canadian Journal of Earth Sciences* **54**, 1179–1193. <https://doi.org/10.1139/cjes-2017-0179>
- PECKMANN, J., SANDY, M. R., TAYLOR, D. G., GIER, S. & BACH, W. 2013: An Early Jurassic brachiopod-dominated seep deposit enclosed by serpentinite, eastern Oregon, USA. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **390**, 4–16. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2013.01.003>
- SANDY, M. R. & PECKMANN, J. 2016: The Early Cretaceous brachiopod *Peregrinella* from Tibet: a confirmed hydrocarbon-seep occurrence for a seep-restricted genus. – *Paläontologische Zeitschrift* **90**, 691–699. <https://doi.org/10.1007/s12542-016-0318-4>
- SANDY, M. R., RADULOVIĆ, B. V., PECKMANN, J., SULSER, H., RADULOVIĆ, V. J., WU, S.-Y. & ĐAKOVIĆ, M. 2018: Homeomorphy in an Early Jurassic rhynchonellide-dominated brachiopod coquina from Smokovac, Montenegro: an incertae sedis finds a home in the suborder Terebratulidina. – *Geological Society of America, Abstracts with Programs*. **50/6**, <https://doi.org/10.1130/abs/2018AM-323189>.
- SANDY, M. R., RADULOVIĆ, B. V., SULSER, H. & ĐAKOVIĆ, M. 2021: New brachiopod family Arzonellinidae (Terebratulida) from the Early Jurassic (Sinemurian) of southern Europe, Mediterranean Province. – *Historical Biology*, <https://doi.org/10.1080/08912963.2021.1952573>
- SULSER H. 2004: *Arzonella exotica* n. g. n. sp., a new brachiopod of indeterminate systematic position from the Lower Liassic (Broccatelo) of Arzo (Southern Alps of Switzerland): A short note. – *Eclogae Geologicae Helveticae* **97**, 423–428. doi:10.1007/s00015-004-1136-3
- SULSER, H. & FURRER, H. 2005: Die Brachiopoden des südalpinen Lias von Arzo (Kt. Tessin, Schweiz) – Taxonomie und Stratigraphie. – *Geologia Insubrica* **8**, 3–52. <https://doi.org/10.1007/s00015-004-1136-3>
- VÖRÖS, A. 1983: The Pliensbachian brachiopods of the Bakony Mts. (Hungary): a stratigraphical study. – *Fragmenta Mineralogica et Palaeontologica* **11**, 29–39.
- VÖRÖS, A. 1992: Stop 2.1, Fenyveskút. – In: VÖRÖS, A. & PÁLFY, J. (eds): *Program, Abstracts, and Field Guide: Regional Field Symposium on Mesozoic Brachiopods (Vörösberény, Hungary, September 6–11, 1992)*, Geological Society of Hungary, Budapest, 60–61.
- VÖRÖS, A. 2001: Bajocian and Bathonian brachiopods in Hungary: A review. – *Hantkeniana* **3**, 177–182.
- VÖRÖS, A. 2009: The Pliensbachian brachiopods of the Bakony Mountains (Hungary). – *Geologica Hungarica, Series Palaeontologica* **58**, 300 p.
- VÖRÖS, A. & DULAI, A. 2007: Jurassic brachiopods of the Transdanubian Range (Hungary): stratigraphical distribution and diversity changes. – *Fragmenta Palaeontologica Hungarica* **24–25**, 51–68.
- VÖRÖS, A. & GALÁ CZ, A. 1998: Jurassic palaeogeography of the Transdanubian Central Range (Hungary). – *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* **104**, 69–84.
- WIECZOREK, J. & KROBICKI, M. 1994: An example of Oxfordian extension on peri-Tethyan platform: neptunian dykes infilled by brachiopod shells from Młynka quarry (Kraków Upland). – *Third International Meeting of Peri-Tethyan Epicratonic Basins (IGCP 343), Abstracts*, 25–26.
- WILLIAMS, A., CARLSON, S. J., BRUNTON, C. H. C., HOLMER, L. E. & POPOV, L. E. 1996: A supra-ordinal classification of the Brachiopoda. – *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (series B) **351**, 1171–1193.
- WILLIAMS, A., BRUNTON, C. H. C. & CARLSON, S. J. 2006: *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda Revised, Volume 5: Rhynchonelliformea (part)*. – The Geological Society of America, Inc. and The University of Kansas, pp. xlvi + 1689–2320. <https://doi.org/10.1098/rstb.1996.0101>

## Amikor a kompasz nem segít, avagy miről mesél egy fúrómagban megjelenő deformációs szalag?

SCHUBERT Félix<sup>1</sup>, VARGA Andrea<sup>2</sup>, APRÓ Mihály<sup>3</sup>, CSISZÉR Andrea<sup>4</sup>

<sup>1</sup>SZTE TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, e-mail: schubert@geo.u-szeged.hu, <http://orcid.org/0000-0001-8647-5354>

<sup>2</sup>SZTE TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, e-mail: raucsikvarga@geo.u-szeged.hu, <https://orcid.org/0000-0002-8673-1482>

<sup>3</sup>Mol Nyrt.

<sup>4</sup>SZTE TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék

---

### *What kind of information can be gained from a borecore-hosted deformation band?*

#### Abstract

Over the last decades, more and more publications concerned with syn-diagenetic deformation processes. This tendency is obvious also in Hungary, that is proven by several recent studies dealing with deformation bands and their formation conditions. In these articles, authors provide detailed deformation history and stress field reconstructions of the studied formations. These results are dominantly based on structural geological data determined in outcrops. In the present study we analysed an unoriented bore core sample, which hosts a deformation band, therefore, to which the traditional structural geological methods cannot be applied. Hereby, we have introduced a complex methodology including petrological, image analysis-based microstructural and geochemical approaches that might help to characterize deformation bands and their particular formation conditions in cases of both outcrop and borehole samples. In order to reveal the alteration processes that relate to the deformation band studied, we thoroughly studied the petrology and diagenetic history of the host sandstone.

*Keywords: diagenetic history, deformation band, image analysis, Raman map, Fry method*

---

#### Összefoglalás

Az utóbbi években a szerkezetföldtani kutatások mind gyakrabban foglalkoznak a diagenézis tartományában lejátszódó szerkezetalakulási folyamatokkal. Ennek látványos bizonyítékai az elmúlt években, hazai lelőhelyekről származó deformációs szalagokat és azok képződési körülményeit bemutató tanulmányok. E cikkek szerzői – többek között – terepi, szerkezetföldtani adatok feldolgozásával készítették részletes deformációtörténet- és feszültségmező-rekonstrukciót az adott képződményekre vonatkozóan. Munkánk során egy orientálatlan fúrómagban megjelenő, ebből kifolyólag a klasszikus szerkezetföldtani módszerekkel nem vizsgálható deformációs szalagot tanulmányoztunk. Olyan kőzettani, mikroszerkezeti és geokémiai alapú módszertani összefoglalást kíséreltünk meg összeállítani, amelynek segítségével – természetesen a felszíni feltárások adta lehetőségeknél jóval szerényebb – információk gyűjthetők a szalagképződés körülményeiről egy pontszerű feltárás/minta esetén. A deformációs szalaghoz kapcsolódó átalakulások minél pontosabb megértése céljából részletesen vizsgálatuk a szalag és a befoglaló homokkő kőzettani jellemzőit és diagenesztörténetét.

*Kulcsszavak: diagenesztörténet, deformációs szalag, képanalízis, Raman térkép, Fry-módszer*

---

#### Bevezetés

A fluidumbányászat, a hulladék- illetve a felszín alatti széndioxid-elhelyezés szempontjából meghatározó fontosságú az adott földtani képződmény porozitásának és permeabilitásának ismerete (SCHULTZ & SIDDHARTHAN 2005, STERNLOF et al. 2005). E kőzetfizikai paraméterek számszerű értékeinek ismeretén túl, ezek térbeli kiterjeszhetőségéhez lényeges az azokat befolyásoló földtani folyamatok

megismerése. E két kőzetfizikai tulajdonság változása – esetenként – kőzettani, geokémiai és szerkezetföldtani folyamatok egymásra hatásaként következik be, melyek gyakran a rutinszerűen alkalmazott szeizmikus, illetve geofizikai módszerek optimális vizsgálati mérettartományánál nagyságrendekkel kisebb térfogatokban játszódnak le (EXNER & TSCHEGG 2012).

Az elmúlt évtizedben robbanásszerűen megnőtt azon publikációk száma, amelyek alacsony hőmérsékletű (üledé-



kes) környezetekben lezajló deformációs és az ezekhez kapcsolódó fizikokémiai folyamatok hatásait vizsgálják. LAUBACH et al. (2010) e tudományterületet összefoglalóan „*structural diagenesis*” elnevezéssel illették, kiemelve, hogy a klasszikus üledékes kőzettani vizsgálat gyakran figyelmen kívül hagyja az üledékekben, illetve üledékes kőzetekben a szerkezeti elemekhez köthető átalakulásokat. E tudományterület tárgykörébe tartoznak a jelentős porozitással bíró karbonátos (pl. TONDI et al. 2006, ANTONELLINI et al. 2008, RUSTICHELLI et al. 2012), vulkáni (SCHULTZ & SIDDHARTHAN 2005) és törmelékes üledékes kőzetekből (pl. AYDIN 1978, MOLLEMA & ANTONELLINI 1996, AYDIN et al. 2006, EICHHUBL et al. 2010, BEKE et al. 2021) világszerte mind nagyobb számban leírt deformációs szalagok. Hiánypótló munkájukban BEKE & FODOR (2014) elsőként foglalták össze magyar nyelven a deformációs szalagok típusait, az egyes szerzők által megalkotott osztályozási rendszereket, a szalagok kialakulását befolyásoló tényezőket és áttekintő jelleggel, számos hazai példát is bemutatnak.

A deformációs szalagok porózus (BEKE & FODOR 2014) üledékekben, illetve üledékes kőzetekben (leggyakrabban homokkövekben) kialakuló síkszerű (curvilinear) szerkezeti elemek (AYDIN 1978). Deformációs szalagok tágulós, kompaktió, egyszerű nyírás, illetve ezek kombinációi által alakulhatnak ki (AYDIN et al. 2006). Jellegzetes mikroszerkezeti bélyegeik, valamint a deformált markeremek megléte esetén az azokat kialakító deformációs rezsim, illetve a nyírás mértéke is meghatározható (EICHHUBL et al. 2010, EXNER & TSCHEGG 2012, PETRIK et al. 2014). RUSTICHELLI et al. (2012) szerint a szalagok minimum 15%-os kezdeti porozitás esetén alakulhatnak ki. Sajátos módon a kialakult szalagokban – főként a kompaktió-nyírásos szalagoknál, katalázos deformáció esetén – a mellékközethez képest jelentős mértékű porozitás, illetve permeabilitáscsökkenés következik be (SCHULTZ et al. 2010).

A deformációs szalagok mára ötösztatúvá bővült kinematikai rendszerében AYDIN et al. (2006) kompaktió, kompaktió nyírás, egyszerű nyírásos, tágulós nyírás és tisztán tágulós szalagokat különítenek el. Ezek közül leggyakrabban a kompaktió nyírás típus alakul ki. A nyírásos komponens nélkül, csupán kompaktió hatására kialakuló deformációs szalagok (kompaktió szalagok) olyan diszkontinuitások, amelyek nyírás nélküli térfogatsökkenés (mikrotörések, szemcsetörések, szemcsezúzódás, nyomási oldódás) hatására alakulnak ki a legnagyobb főfeszítés irányára merőlegesen (MOLLEMA & ANTONELLINI 1996, ISSEN & RUDNICKI 2000, EICHHUBL et al. 2010, FOSSEN et al. 2011, BEKE & FODOR 2014). AYDIN et al. (2006) rendszerének másik „szélsőtagját” a tágulós szalagok képviselik, melyek a legkisebb rövidülés irányára merőlegesen alakulnak ki.

A nemzetközi munkákban – törmelékes üledékes kőzetekben előforduló – deformációs szalagok uralkodó részét felszíni feltárásokban kibukkanó, jól osztályozott és kerekített, eolikus homokkövekből írták le (FOSSEN et al. 2007). Mindazonáltal számos, nem eolikus homokkő testből (pl. karbonátos kőzetekből) is említettek már deformációs szalagokat (EXNER & TSCHEGG 2012, BEKE et al. 2021).

Jelen munkánkban olyan mélyfúrásból származó, deformációs szalagot tartalmazó homokkő mintát mutatunk be, amely – petrográfiai bizonyítékok alapján – szemmel láthatóan hatással volt a fluidummigrációra. Ezt bizonyítandó bemutatjuk a mellékkőzet részletes petrográfiai elemzését, valamint ezek alapján a képződmény vizsgált szakaszára felállított diagenesztörténeti modellt. A fűrőmag kis méretéből fakadó korlátozott feltártság, illetve a szöveti markeremek csekély száma miatt a szalagot kialakító kinematikai körülmények és a nyírás mértéke egyértelműen nem határozható meg. Ezt az információhiányt kiküszöbölendő, a deformációs szalag genetikai hovatartozását, valamint a szalag kialakulásához kapcsolódó folyamatokat a szalag részletes képanalízissel támogatott mikroszerkezeti vizsgálatával, valamint különböző mikrospektroszkópai vizsgálatokkal igyekeztünk pontosítani.

### Alkalmazott módszerek

A vizsgált mintákból kis sebességű vágógép alkalmazásával, Buehler EpoThin kékre színezett epoxy műgyantával vákuumimpregnált vékonycsiszolatokat készítettünk. A csiszolatokat DICKSON (1965) alapján, nátrium-alizarinszulfonát és kálium-hexaciano-ferrát vegyületek savas oldatával kezeltük a különböző karbonátfázisok elkülönítése érdekében.

A petrográfiai vizsgálatokat Olympus SZX7 binokuláris, illetve BX41 polarizációs mikroszkóppal végeztük. A képanalízisre kiválasztott vékonycsiszolatokat Olympus SZX7 binokuláris mikroszkóphoz csatlakoztatott Olympus DP-10 típusú digitális kamerával rögzítettük, majd Adobe Photoshop CC, illetve Autopano Giga 2.6 szoftverek segítségével illesztettük össze.

A szemcseméret-eloszlás vizsgálatokhoz használt katódlumineszcens felvételek egy Olympus BX43 polarizációs mikroszkóphoz csatolt RELION CL berendezéssel készültek, 8 keV gyorsítófeszültség mellett. A felvételeket Olympus DP73 digitális kamerával rögzítettük.

A Raman térképet THERMO DXR Raman mikroszkóppal készítettük (lézer hullámhossz: 532 nm, teljesítmény: 5 mW, résméret: 25 µm, optikai rác: 1800 karc/mm, felvételi idő: 5×3 sec/spektrum). A térkép mérete 10×5 mm volt, a mérési gridben a pontok x-y irányú távolsága 150 µm volt. A bemutatott K és Fe elem térképek Jobin Yvonne XGT-5000 röntgenfluoreszcens mikroszkóppal készültek, 50 keV gerjesztőfeszültséget használva, 100 µm-es átmérőjű területet gerjesztve. Mind a Raman, mind az elem térképeket polírozott vékonycsiszolatokon készítettük.

A pásztázó elektronmikroszkópos felvételeket Hitachi S4700 típusú készüléken, 20 keV gyorsító feszültség alkalmazásával vettük fel. A mérést megelőzően a mintákat Au-Pd-réteg felgőzölésével tettük elektromosan vezetővé.

A komputertomográfus (CT) felvétel GE Lightspeed VCT 64 szeletes berendezéssel készült. A CT adatok kiértékelését OsiriX 7.5 program segítségével végeztük.

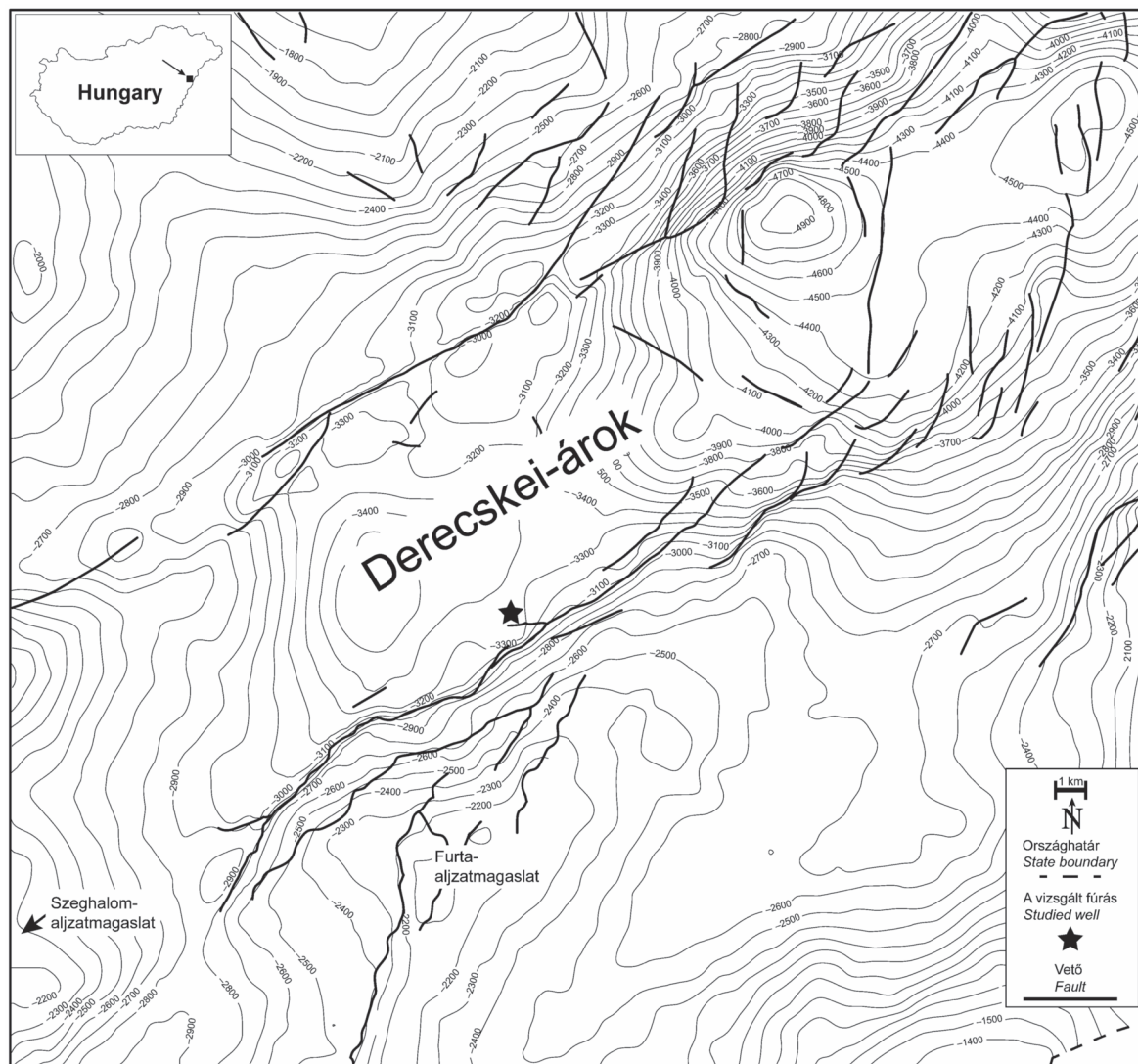
A „2D porozitás” kifejezés alatt a továbbiakban vékony-

csiszolatok kiválasztott részein (doménjein) képanalízis segítségével meghatározott porus-területszázalékot értünk, az alábbi kifejezéssel meghatározva 2D porozitás =  $[(a \text{ vizsgált doménben kimért kék epoxy műgyantával kitöltött porusok területe (pixel}^2)/a \text{ vizsgált domén területe (pixel}^2)] \times 100$ . A 2D porozitás értéke (terület%-ban kifejezve), természetéből fakadóan, nem egyezik meg a kőzetminta valós porozitásával, mindazonáltal információval szolgálhat a mintát felépítő szerkezeti elemek porozitásának különbözőségeiről. A kék epoxy műgyantával kitöltött porusok, illetve a katódlumineszcens módszerrel megjelenített karbonátcement területének meghatározásához ImageJ 1.53g szoftvert alkalmaztuk. Mivel a porusokat jelző kék szín árnyalati terjedelme az impregnáló műgyanta réteg vastagságától függően változó (pl. a másodlagos eredetű porusokban), ezért a kék színű pixelek leválasztásakor a küszöbértékeket mintánként választottuk meg, folyamatosan ellenőrizve a leválasztás helyességét. A B-211 minta egyes doménjeinek szemcseméret-eloszlását 1N és katódlumineszcens felvételeken, JMicroVision 1.2.7

szoftverrel határoztuk meg. A Fry-módszer alkalmazása során (FRY 1979) a szemcséközéppontok koordinátáit polírozott vékonycsiszolatok 1N-os kompozit felvételein, az ImageJ 1.53g program alatt futó makró felhasználásával határoztuk meg. Az így kapott xy szemcséközéppont koordinátákon a Fry-vizsgálatot az EllipseFit v.3.8.0 szoftverrel végeztük. A deformációs ellipszis meghatározása során felmerülő szubjektív hatást kiküszöbölendő, az ellipszis illesztését a szoftver „Exponential edge detection” (WALDRON & WALLACE 2007) moduljával végeztük. E módszer előnye, hogy nem igényel információt a szemcsék alakjára vonatkozóan.

## A vizsgált minták

Tanulmányunkban egy, a Derecskei-árok déli oldalán mélyült fúrás 3621 méteréből származó két miocén korú homokkő mintát vizsgáltuk (B-211 (3620,0–2 m) és B-212 (3620,2–4 m) (*1. ábra*). A Derecskei-árok a Pannon-me-



**1. ábra.** A Derecskei-árok pre-pannoniai képződményeinek mélységtérképe a szeizmikus szelvényeken azonosított vetők feltüntetésével. A tanulmányban vizsgált minták a csillaggal jelölt fúrásból származnak

**Figure 1.** Depth of pre-Pannonian formations in the Derecske Trough. The studied well is indicated with a black star

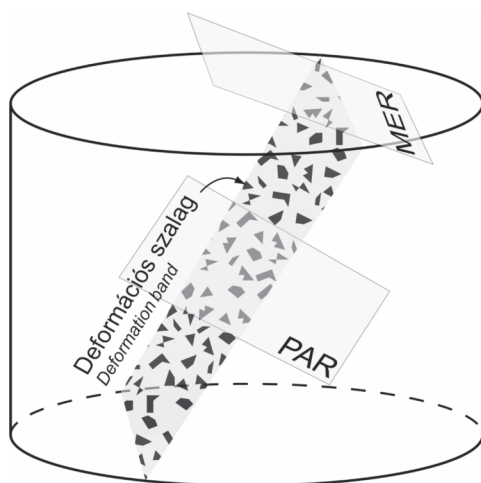
**I. táblázat.** A deformációs szalagot tartalmazó magminta környezetében előforduló homokkő és tufa anyagú minták jellemző 2D porozitás értékei (SCHUBERT et al. 2011)

**Table I.** Representative 2D porosity values of core samples in the vicinity of the deformation band (SCHUBERT et al. 2011)

Mintaszám/ Sample ID	Mélység/Depth (m)	2D porozitás/ 2D porosity (%)	Litológia/Lithology
B-112	3568	0,3	Piroklasztit/tufa
B-121		0,1	Piroklasztit/tufa
B-211	3621	18,9	Homokkő
B-212		2,0	Homokkő
B-233	3627	0,5	Piroklasztit/tufa
B-239		7,9	Piroklasztit/tufa
B-256	3630	0,7	Piroklasztit/tufa
B-262	3635	0,9	Piroklasztit/tufa

dencerendszer egy ÉK–DNy-i csapású, a középső részén 6500 m-t meghaladó mélységű részmedencéje. A vizsgált magminták környezetében – váltakozva – homokkő és piroklasztit (tufa) anyagú képződmények fordulnak elő. A mintákat tartalmazó kb. 70 méteres intervallum sajátos jellemzője, hogy kőzettípustól függetlenül, kis távolságokon belül is, a 2D porozitás értékeinek szélsőséges váltakozása figyelhető meg (I. táblázat).

A B-211-es minta egy 45°-os dőlésszögű deformációs szalagot tartalmaz, míg a B-212 minta a magminta döntő részét alkotó homokkővet reprezentálja. A minták származási mélységében a fúrás tengelye 4°-kal tért el a függőlegestől, ami a vizsgált szerkezetekből levonható következtetéseket nem befolyásolta. A B-211-es mintában megjelenő deformációs szalagból két, egymásra merőleges vékonycsiszolatot (PAR és MER) készítettünk (2. ábra). A PAR jelű metszet a deformációs szalag síkjának csapásvonalára merőleges, míg a MER jelű a csapásvonallal párhuzamos helyzetű. A különböző orientációjú metszetek vizsgálatával egyrészt a deformációs szalag és az üledékes rétegzés irányának viszonyát, másrészt a prekinematikus szöveti elemek irányítottágában bekövetkező változást igyekeztünk vizsgálni.



**2. ábra.** A PAR és MER metszetek orientációja a deformációs szalag magmintán belül elfoglalt helyzetéhez viszonyítva

**Figure 2.** The orientation of the PAR and MER sections, respectively, relative to the deformation band

## Eredmények

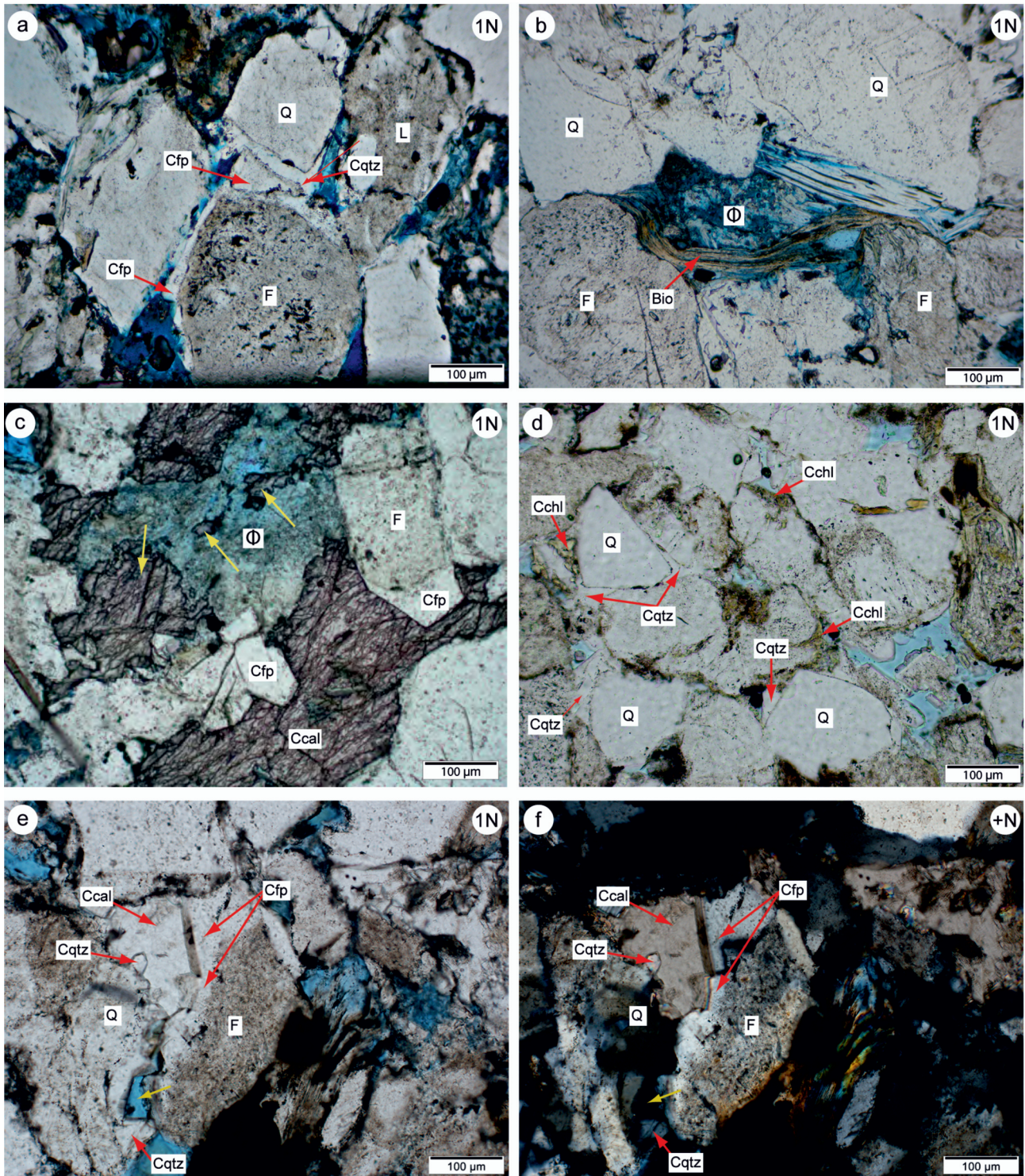
### Vékonycsiszolat petrográfia, pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat

A B-211 és –212 minta uralkodóan homok szemcseméretű, elvéve 2 mm-nél nagyobb szemcséket (kőzettörmelék) tartalmazó, rosszul osztályozott kavicsos homokkő. A kőzet makroszkóposan barnásszürke színű, tömött, kompakt szerkezetű. Az üledékes irányítottágra csupán a helyenként, esetleg kisebb csoportokban előforduló, orientáltan elhelyezkedő, kőzetliszt–homok mérettartományba eső csillámlamezek utalnak. A vázalkotó szemcsék – mind azok mérete, alakja, mind ásványos összetételük – tekintetében a két minta azonos tulajdonságokkal bír, ezért az alábbi szakaszban a két minta törmelékes szemcséit együtt jellemezzük.

A törmelékes szemcsék uralkodóan kvarc, (plagioklász) földpát, metamorf és vulkáni kőzettörmelék, alárendelten muszkovit és biotit anyagúak (3. ábra a). Mindkét mintára jellemző a törmelékes szemcsék változatos alakja. Szögletes és jól koptatott szemcsék egyaránt megjelennek, helyenként a kvarcsemmék jól–kitűnően koptatottak. Gyakori azonban, hogy a szemcsék szegélye csipkés, kisebb-nagyobb beöblösödések tartalmaz, amely formák több esetben a szemcsék póruster felőli oldalán is megfigyelhetők. Ez a szemcsék alakjának utólagos (diagenetikus) módosulására utal. A szemcseérintkezések egyenes vonalúak, illetve konkáv-konvex szemcsehatárok jellemzőek. Akcesszórius elegyrészként opak ásvány, anatóz, turmalin, cirkon és epidot jelenik meg.

Az ásványtöredékek közül a kvarcsemmék uralkodóan polikristályosak, erősen unduláló kioltásúak, gyakran több szuturált alszemcsét tartalmaznak. Méretük nem haladja meg a 750 µm-t, rendszerint szögletesek, szilánkosak. Az alárendelt mennyiségű monokristályos szemcse nem unduláló kioltású, zárványmentes, alakatlan (törött) vagy félig sajátalakú. A földpátsemmék rendszerint táblásak vagy alakatlanok, gyakran lekerekítettek, méretük 800 µm-nél kisebb. Anyaguk uralkodóan – különböző mértékben szericitesedett – plagioklász, ami gyakran poliszintetikus ikres, sűrűn ikerlemezes. A földpátsemméket helyenként részlegesen vasas karbonát helyettesíti. A muszkovit rendszerint üde, esetenként finomszemcsés agyagásvasnyos (illit) halmazállapotú alakult. Mérete erősen változó, a legnagyobb szemcsék elérik a 1,5 mm-t. Az alárendelt mennyiséget képviselő, barnás biotitsemmék rendszerint átalakultak, expandáló

→ **3. ábra.** A B-211 mintáról készült polarizációs mikroszkópos felvételek. (a) A törmelékes kvarc- és földpátsemmék körül megjelenő autigén kvarc és földpát továbbnövekedés. A kvarccement helyenként magába zárja a földpát anyagú továbbnövekedést, ami a kvarc földpát cementet követő kiválására utal. (b) Törmelékes kvarc, földpát és biotit szemcsék között, egy feltételezhetően kőzettörmeléksemmék részleges kioldódásával kialakult másodlagos póruster (Φ). A póruster körül megjelenő hajlott biotitsemmé arra utal, hogy a visszaoldódás a mechanikai kompaktációt követően történt. (c) A szemcsék közötti térben kivált, az autigén földpát kiválást követő vasas kalcit. A kalcitcement roncsai (sárga nyílak) a késői visszaoldódására utalnak, ami hozzájárult a mintában megfigyelt magas másodlagos porozitás kialakulásához. (d) A törmelékes kvarcsemmékben gyakran megjelenő autigén kvarc továbbnövekedés. Jellemző, hogy a kvarcsemmék továbbnövekedésektől mentes részeit gyakran kloritcement vonja be.



A korai klorit feltételezhetően gátolta a kvarc továbbnövekedés kialakulását. (e) és (f) A törmelékes földpát- és kvarcsezemcséken megjelenő autigén földpát és kvarc továbbnövekedés. A fennmaradó pórusteret vasas kalcit töltötte ki (Ccal). A kvarc földpát cementet követő megjelenését a kvarccementben megfigyelhető kompromisszumos határ jelzi (sárga nyíl). A kvarc továbbnövekedésben jellegzetes, sajátalakú földpát továbbnövekedés után fennmaradt másodlagos pórus figyelhető meg

Rövidítések: törmelékes szemcsék Bio - biotit, F - földpát, L - közettörmelék, Q - kvarc, cement fázisok Ccal - vasas kalcit cement, Cchl - klorit cement, Cfp - földpát cement, Cqtz - kvarc cement

**Figure 3.** Polarized light microscope images of sample B-211. (a) Authigenic quartz and feldspar overgrowth around detrital quartz and feldspar grains. (b) Secondary pore ( $\Phi$ ) surrounded by detrital quartz, feldspar and biotite. The pore formed probably by the dissolution of a lithoclast. (c) Ferroan calcite precipitated after authigenic feldspar. Subsequently, the ferroan calcite has partially dissolved. (d) Authigenic quartz overgrowth on detrital quartz grains. (e, f) Authigenic quartz and feldspar overgrowth around detrital quartz and feldspar grains followed by ferroan calcite. Yellow arrow denotes empty pore, where feldspar cement probably dissolved following precipitation of the quartz cement

Abbreviations: detrital grains Bio - biotite, F - feldspar, L - lithoclast, Q - quartz, authigenic cement phases Ccal - ferroan calcite cement, Cchl - chlorite cement, Cfp - feldspar cement, Cqtz - quartz cement

lódta, fakó színűek, részlegesen vagy teljesen kloritosodtak, illetve parányi Ti-fázisból (anatáz) álló szemcséket tartalmaznak (3. ábra b). Mind a muszkovit, mind a biotit gyakran gyűrt, kaptafaszerűen a szomszédos szemcsékre hajlott (3. ábra b).

A metamorf kőzettörmelék-szemcsék uralkodóan átkristályosodott és irányított szövetű kvarcból és földpátból (plagioklász) állnak, alárendelten – orientáltan elhelyezkedő – muszkovitot és biotitot tartalmaznak. A kőzettörmeléken belül a kvarc-szemcsék rendszerint unduláló kioltásúak, megnyúltak; a plagioklászban helyenként hajlott, deformációs ikerlemezek jelennek meg. Akcesszórius elegyrész-ként turmalin- és cirkonkristályok figyelhetők meg bennük. A vulkáni kőzettörmelék alapanyag-fragmentumok képviselik. Ezek döntően üveges alapanyagban plagioklász mikrolitokból állnak, továbbá plagioklász, biotit és/vagy rezorbeált kvarc mikrofenokristályt vagy mikrolitot tartalmazó vulkáni kőzettörmelék azonosítható.

A vázalkotó szemcsék között, különösen az átalakult biotitot tartalmazó metamorf kőzettörmelék környezetében, gömbös pirithalmazok jelennek meg cementként. A B–212 minta, illetve a B–211 minta deformációs szalagon kívüli részein mind az önállóan, mind a kőzettörmelékben előforduló kvarc- és földpátszemcsék póruster felőli szegélyén gyakran jelenik meg a szemcsével azonos anyagú autigén továbbnövekedési cement (3. ábra c, d). A kvarccement egyrészt szintaxiális továbbnövekedés, másrészt a törmelékes szemcsé pórusterbe nyúló sajátalakú ránövekedése (domén továbbnövekedés). A szemcsé és az autigén perem között gyakran porszegély (dust rim) látható. A részlegesen átalakult, zavaros megjelenésű detritális földpát autigén albit továbbnövekedése általában tiszta, zárványszegény. További cementfázisként sötétbarna, finomszemcsés, a pórusok falát bevonó kloritot figyeltünk meg (3. ábra d). Ezt követően a fennmaradó pórusteret – részlegesen – karbonát cementálta, ami halványlila színre festődő, vasas kalcit (3. ábra c, e, f).

A B–211 minta döntő részén számottevő a kitöltetlen, túlméretes pórusok mennyisége, ami 19 terület% 2D porozitásnak felel meg. A vékonycsiszolatban kék színnel megjelenő pórusok egy része a (feltételezhetően) vulkáni eredetű törmelékes szemcsékhez, míg másik részük a részlegesen visszaoldódott metamorf kőzettörmelékhez kapcsolódik (3. ábra b). Mindazonáltal a legtöbb esetben a kioldódott szemcsék maradványai már nem azonosíthatók, azonban a túlméretes pórusok szegélyén parányi karbonátkristályok láthatók. Ez arra utal, hogy másodlagos cement- és szemcseoldódási porozitásról van szó. A B–212 minta esetében a kitöltetlen pórusok mennyisége lényegesen alacsonyabb, a 2D porozitás értéke egy nagyságrenddel kisebb, 2 terület%-nak adódott. Katódlumineszcens képek felhasználásával – a 2D porozitás számításához hasonlóan – megbecsültük a két mintában megjelenő karbonátcement területarányos mennyiségét, ami a 7,7 (B–212), illetve 1,1 (B–211) terület%-nak adódott.

A fenti megállapításokat a B–211 minta friss törési felületén, illetve polírozott vékonycsiszolatain elvégzett pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok megerősítették, illet-

ve az alábbiak szerint árnyalták. A visszaszórt elektronképeken, helyenként jelentősen feldúsulva, megjelenő piritfázis szemcséi egyértelműen gömbös-framboidális habitust mutatnak (4. ábra a, b). E pirithalmazok gyakran a törmelékes kvarc-szemcsék peremén, az autigén továbbnövekedésben, illetve a póruskitöltő karbonátcementben jelennek meg (4. ábra a). A felvételek tanúsága szerint a pórusokban megjelenő pirit szemcséin szálas, lemezes (ez utóbbi esetben jellemzően hullámos körvonalú) agyagásvány (illit?) jelenik meg (4. ábra c). Ezt követően a pórusterben jól fejlett kristályokkal rendelkező, mennyiségüket tekintve az eddigieknél jelentősebb mennyiségű klorit és albit vált ki (4. ábra b, e, d). A kloritlemezek sajátalakú albitkristályokban megfigyelhető „beágyazott” helyzete egyértelműen igazolja, hogy az albitcement képződése a klorit kiválását követően zajlott. Az albit anyagú póruscementációval egyidejűleg és/vagy azt követően sajátalakú kvarckristályokkal jellemezhető cement képződött (4. ábra e, f).

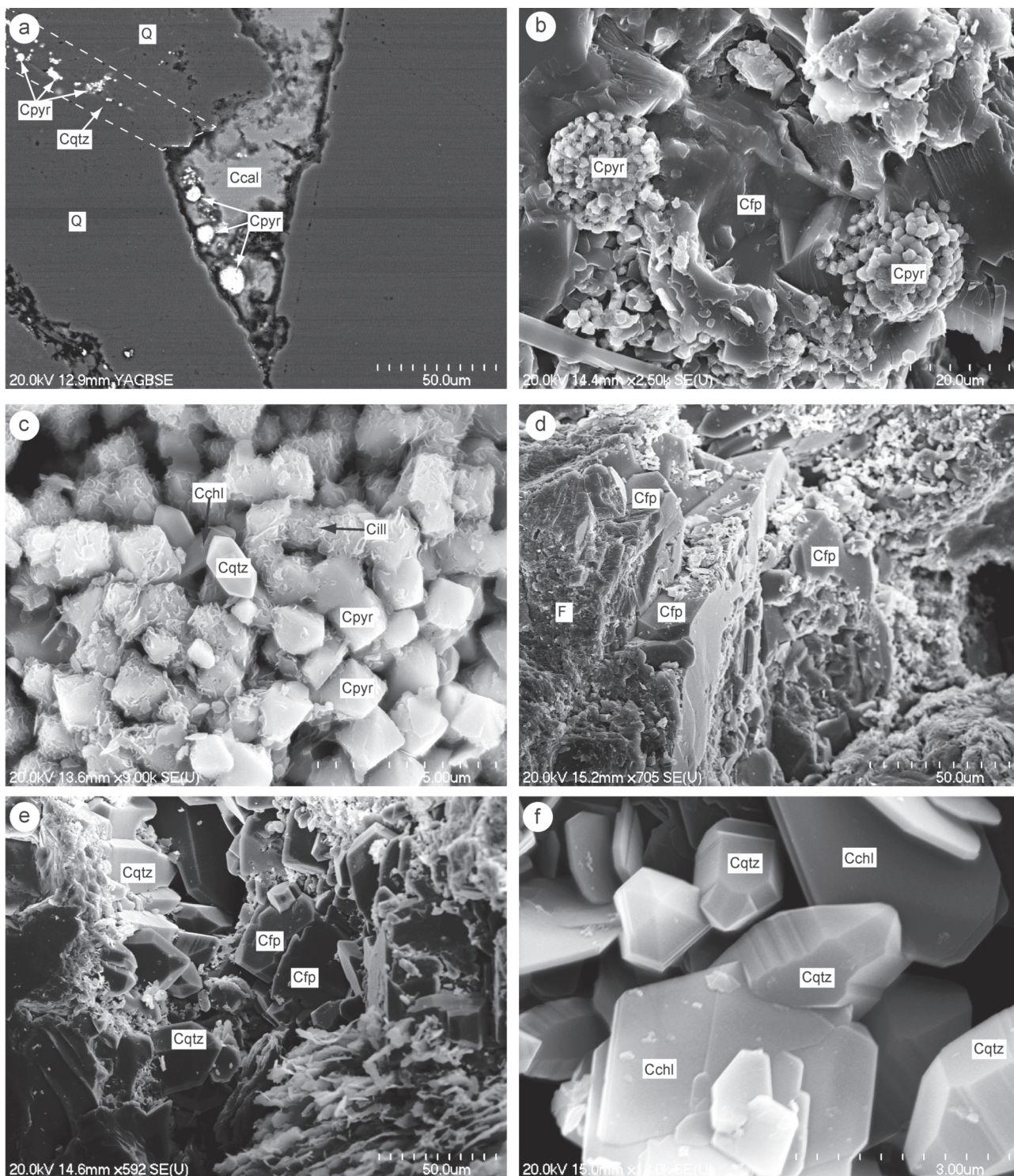
A fentiek alapján a következő paragenetikai sorrend vizsgálható (5. ábra). A deformálódott rétegszilikátok és az egyenes szemcsehatárok jelentősebb mechanikai kompaktációt jeleznek. A konkáv-konvex, illetve szutúrált szemcse-érintkezés azonban már nyomási oldódással járó kémiai kompaktációra utal. A részlegesen kitöltött pórusok, valamint a szabad pórusterben megfigyelhető deformált csillám-szemcsék alapján feltételezhető, hogy a jelenleg tapasztalható (másodlagos) porozitás javarészt a képződményt ért jelentősebb kompaktációt követően alakult ki.

Az első cementfázis a framboidális pirit (korai diagenezis), ami a reaktív vasat tartalmazó szemcsék (biotit, klorit) környezetében jelenik meg. Ezzel párhuzamosan a szilikát-fázis inkongruens oldódása zajlott anatáz és agyagásványképződés (illit?), illetve kloritcement kíséretében. A szemcsék érintkezési felületén bekövetkező nyomási oldódás eredményeként autigén albit és kvarc jelent meg. Ezt követően a homokkővet vasas kalcit cementálta, ami helyettesítésként is megfigyelhető. A paragenetikai sorrend utolsó elkülöníthető fázisa a másodlagos porozitást kialakító cement- és szemcseoldódás.

#### A deformációs szalag jellemzése

A B–211 mintában – szabad szemmel – a magminta tengelyével kb. 45°-os szöget bezáró, 3–4 mm széles, barnászürkés színű, sík szerkezeti elem figyelhető meg, ami diffúz határokkal érintkezik a mellékkőzettel (6. ábra a). A szalag meredek szöget zár az elszórtan, de orientáltan elhelyezkedő csillámlemezek meghatározta üledékes foliációval (6. ábra b). Szabad szemmel a sávban szemcsék nem figyelhetők meg. A komputertomográfus felvételen egyértelműen kitűnik, hogy a minta, a fenti deformációs szalagon

→ 4. ábra. A B–211 és B–212 mintákról készült másodlagos (SE) és visszaszórt (YAGBSE) elektronképek. (a) Törmelékes kvarc-szemcsék autigén továbbnövekedésében bezárt framboidális pirit-szemcsék. A pirit-szemcsék a szemcséközi térben, a pórusok falán, a pórusok falán, a pórust kitöltő vasas kalcitba zárva jelennek meg (B–212 minta). (b) Földpátcementbe záródott framboidális pirit szemcse-halmazok (B–212 minta). (c) Pirit-szemcséket bevonó autigén illit.

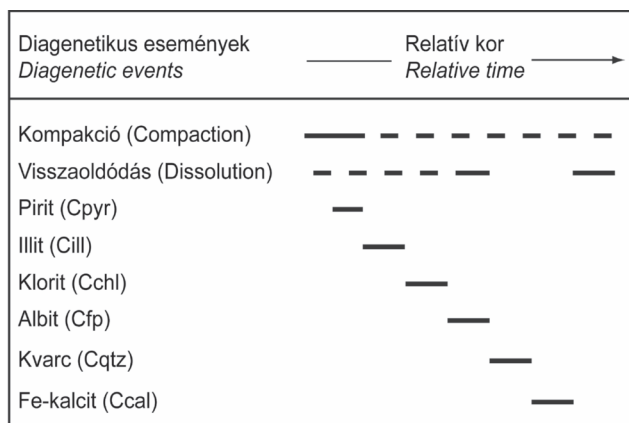


A piritzsemcsék között a klorit anyagi cementszemcsét részlegesen bezáró, sajátalakú kvarckristályok (B-212 minta). (d) Törmelékes földpátszemcséken kívül, azokat részlegesen borító földpátcement (B-211 minta). (e) A szemcséközi teret részlegesen kitöltő földpát- és kvarccement (B-211 minta). (f) A pórusteret részlegesen kitöltő, sajátalakú klorit és azokat helyenként bezáró kvarckristályok (B-212 minta)

Rövidítések: törmelékes szemcsék: F - földpát, Q - kvarc, cementfázisok: Ccal - vasas kalcitcement, Cchl - kloritcement, Cfp - földpátcement, Cill - illitcement, Cpyr - piritcement, Cqtz - kvarccement

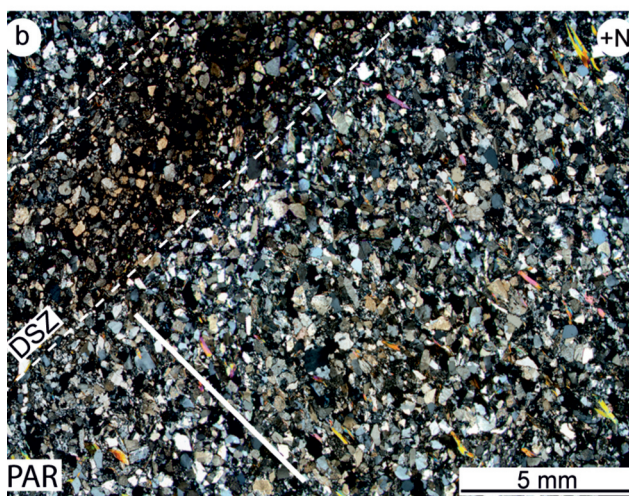
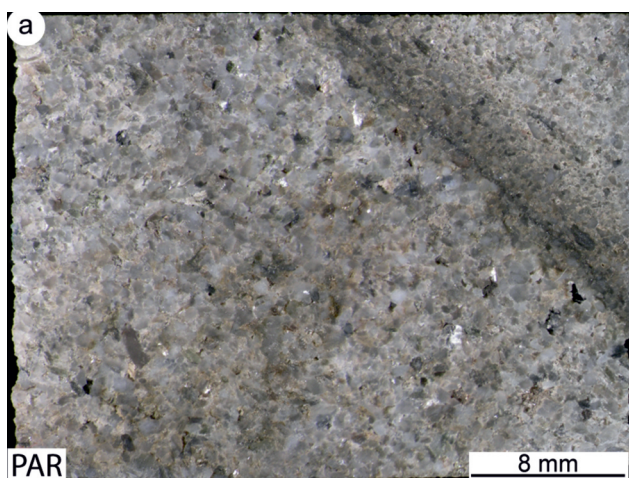
**Figure 4.** Secondary (SE) and back-scattered (YAGBSE) electron images of sample B-2111 and B-212. (a) Pyrite framboids enclosed in authigenic overgrowth of detrital quartz grains and intergranular ferroan calcite cement (B-212). (b) Framboidal pyrite aggregates embedded in subsequent feldspar cement (B-212). (c) Pyrite grains covered by authigenic illite. Among them, tiny quartz crystals occur enclosing flakes of the early chlorite cement (B-212). (d) Detrital feldspar grain with authigenic feldspar overgrowth (B-211). (e) Detail of an intergranular pore partially filled by feldspar and quartz cement (B-211). (f) Grains of authigenic chlorite cement partly enclosed by successive euhedral quartz (B-212)

Abbreviations: detrital grains F - feldspar, Q - quartz, authigenic cement phases Ccal - ferroan calcite cement, Cchl - chlorite cement, Cfp - feldspar cement, Cill - illite cement, Cpyr - pyrite cement, Cqtz - quartz cement



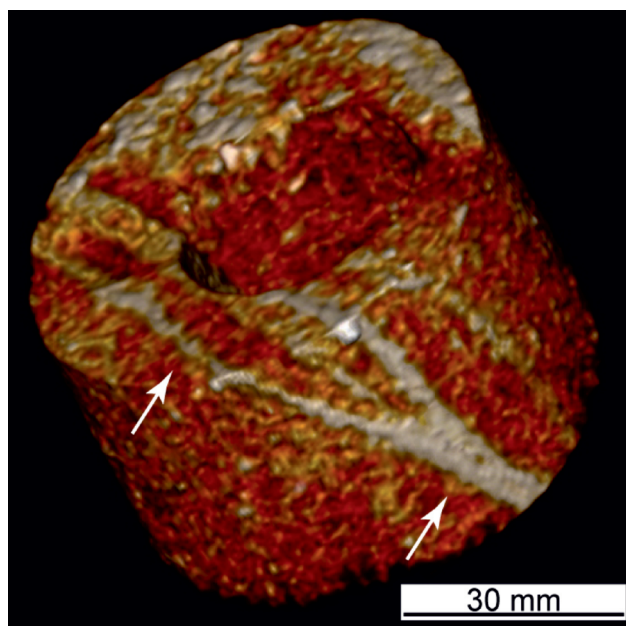
5. ábra. A B-211 és -212 alapján a mellékkőzetre vonatkozó diagenetikus események paragenetikus sorrendje

Figure 5. Paragenetic sequence of the diagenetic events of the deformation band's host rock based on B-211 and 212 samples



6. ábra. A vizsgált deformációs szalag sztereomikroszkópos (a) és polarizációs mikroszkópos (b) képe. A (b) ábrán a fehér vonal a muszkovitszemcsék által meghatározott üledékes foliáció irányát jelzik. DSZ - deformációs szalag

Figure 6. Stereo (a) and polarized light microscope (b) images of the studied sample. In Fig. (b) white line denotes bedding defined by tiny muscovite flakes. DSZ - deformation band



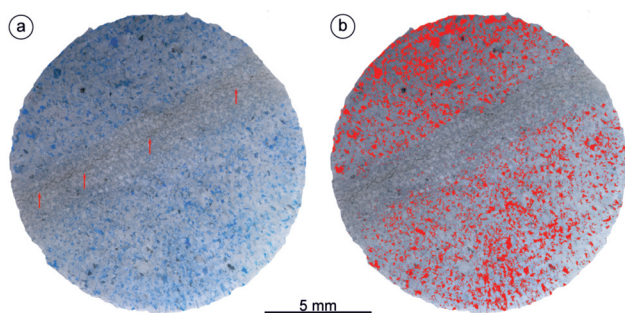
7. ábra. Komputertomográffal készült felvétel a B-211 magmintáról. Az alkalmazott küszöbértékek révén a fehér pixelek a magasabb, a sárgák az átmeneti, míg a vörösek az alacsonyabb sűrűségű részeket jelölik. A fehér nyílak a szétseprűződő szalagköteget jelöli

Figure 7. Computed tomography model of the B-211 core sample. As a result of thresholding applied white pixels represent high, yellow ones intermediate, while red one's low density. White arrows denote anastomosing band members

kívül további két hasonló helyzetű, szabad szemmel nem látható, sík szerkezeti elemet is tartalmaz (7. ábra). Noha ezen szerkezeti elemek relatív kora átmetsződési viszonyaik alapján nem határozható meg egyértelműen, hasonló dőlésirányuk és -szögük alapján feltételezhetően ugyanazon szerkezeti elem (deformációs esemény) szétseprűződő tagjai lehetnek.

Makroszkóposan a szalag középvezetében egy 1 mm-nél keskenyebb, határozott sötét vonal figyelhető meg (6. ábra). Polarizációs mikroszkóp alatt a szalag csapásával párhuzamosan több sötét (nyomásoldódási) film húzódik, melyeket gyakran intenzív visszaoldódási bélyegeket (hullámos, beöblösödő szemcsehatárok) mutató kvarc- és kalciumszemcsék öveznek (8. ábra). A törmelékes szemcsék – noha lényegesen kisebb amplitúdójú – hullámos körvonala a szalagon kívül is jellemző, azonban nyomásoldódási filmek a szalagon kívüli nem jelennek meg.

A szalagban a vázalkotó szemcsék anyaga uralkodóan kvarc és alárendelten enyhén szericitesedett földpát, míg a muszkovit- és biotitszemcsék mennyisége és mérete nagyságrendekkel kisebb, mint a szalagon kívül. A törmelékes szemcsék mérete a deformált zónában lecsökken, míg a szemcsék közötti, sötétbarna színű mátrix mennyisége számottevően megnő. A visszazórt elektronképeken a szalag szemcséi gyakran intenzíven töredezték. E törések jellemzően a kvarc- és kalciumszemcsék peremén figyelhetők meg (9. ábra), míg a szemcséken átfutó, transzgranuláris törések előfordulása elenyésző. A peremi „lepatogzódások” (flaking) révén a szemcsék gyakran csipkés, hullámos határvonalúak. A szalag szemcséit számos esetben a peremektől letöredezett



**8. ábra.** A deformációs szalagot tartalmazó vékonycsiszolat 1N-os mikroszkópi képe. (a) A kék epoxy műgyantával kitöltött képrészek az üres pórusokat jelzik. A piros nyilak a szalagon belül futó nyomásoldódási filmeket jelölik. (b) A 2D porozitás meghatározása céljából, képanalízissel leválogatott üres pórusokat piros szín jelöli. A két domént összehasonlítva szembeötlő az üres pórusok számának hirtelen és számottevő lecsökkenése. A vékonycsiszolat PAR/MER metszetekhez viszonyított helyzete nem ismert

**Figure 8.** Polarized light microscopy image of the deformation band (1N). (a) The open pores are filled by blue epoxy resin. Red arrows indicate pressure solution seams. (b) Segmented image for 2D porosity estimation; red areas denote epoxy-filled pores

üde és egymással összeilleszthető törmelékszemcsék övezik (9. ábra).

A PAR jelű metszetről készült vékonycsiszolatban a szalag-mellékkőzet határa rendszerint határozott, éles, különösen azokon a szakaszokon, ahol a határzónát a szalaggal párhuzamosan elhelyezkedő csillámlemezek alkotják (10. ábra). A mellékkőzetben az üledékes foliáció jól fejlett, amit elsősorban az üledékes csillámlemezek jelölnek ki. Több esetben megfigyelhető, amint egyes szöveti elemek a deformációs szalag és a mellékkőzet határán elhajlanak, elforognak. Ennek legfeltűnőbb példája a rétegzéssel közel párhuzamos pirittartalmú domén, illetve egyes törmeléken csillámok (10. ábra a, b) elhajlása a szalag-mellékkőzet határán. A MER jelű metszetben a mellékkőzet szemcséinek irányítottága gyengén fejlett, míg a szalagon belül a megnyúlt szemcsék jellemzően orientáltak, a szalaggal párhuzamos elrendeződést mutatnak (10. ábra c). A szalag-mellékkőzet határa folyamatos átmenetet mutat; a határzónában egyáltalán nem fi-

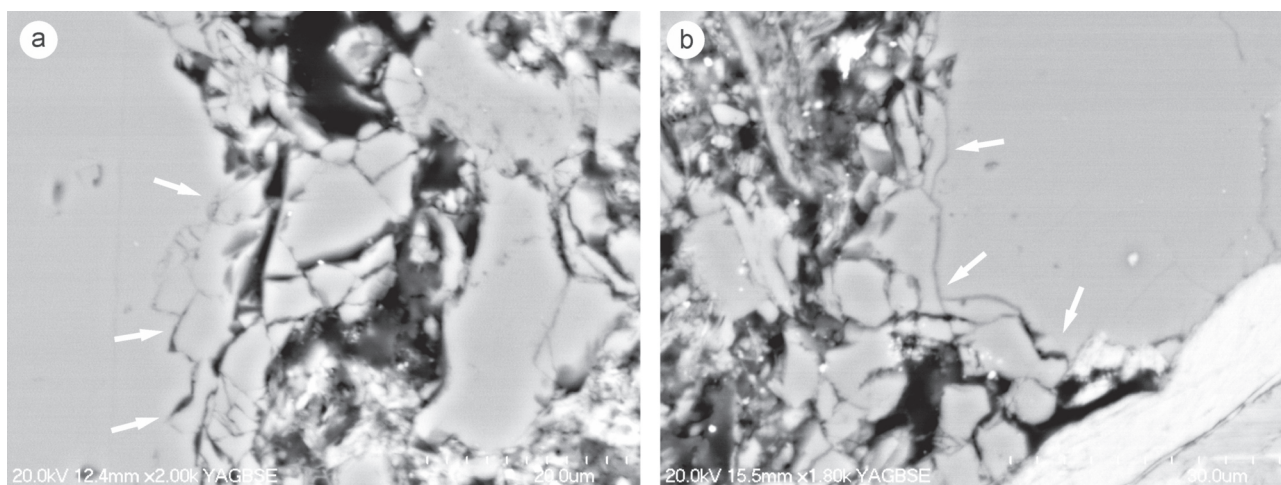
gyelhetők meg a PAR metszetre jellemző, a szalag-mellékkőzet határral párhuzamosan elhelyezkedő csillámcszemcsék.

### Szemcseméret-összetétel/szemcseméret-eloszlás

A 11. ábra a B-211 minta három doménjéből – 1N és katódlumineszcens felvételeken – meghatározott kumulatív szemcseeloszlást mutatja be, az átlagos szemcseméret és annak szórásának feltüntetésével. A felvételeken minden egyértelműen lehatárolható, 15  $\mu\text{m}$ -nél nagyobb szemcse legnagyobb átmérőjét lemértük. A szalagban előforduló törmeléken szemcsék kisebb mérete miatt egy felvételtől 324 darab szemcse méretét határoztuk meg (átlagos szemcseméret=185  $\mu\text{m}$ ; =156  $\mu\text{m}$ ). A szalagon kívüli kőzetdomén uralkodó szemcsemérete lényegesen nagyobb, ezért egy felvételen kevesebb (95 darab) szemcse méretének meghatározására volt lehetőség. Ebben az esetben az átlagos szemcseméret 486  $\mu\text{m}$ -nek adódott (=224  $\mu\text{m}$ ). A minta deformációs szalagon kívüli részeinek nagyobb szemcseméretéből adódóan felmerül, hogy a vizsgált terület (17,3  $\text{mm}^2$ ) vajon reprezentatívnak tekinthető-e – a teljes mintára vonatkozóan – az uralkodó szemcseméret meghatározása szempontjából. A reprezentatív terület meghatározása érdekében a mellékkőzet egy másik, véletlenszerűen kiválasztott, azonos területű részén is elvégeztük a szemcseméret meghatározását (szemcseszám 94 darab, átlagos szemcseméret 461  $\mu\text{m}$ , =203  $\mu\text{m}$ ). A mellékkőzet két doménjének együttes, átlagos szemcsemérete 474  $\mu\text{m}$  (=214  $\mu\text{m}$ ). Mivel mind a várható érték, mind a szórás 5%-nál kisebb eltérést mutat a mérési terület megduplázásával, az alkalmazott nagyításon készült felvételeket a szemcseméret-eloszlás szempontjából reprezentatívnak tekintjük.

### A deformációs ellipszis meghatározása Fry-módszerrel

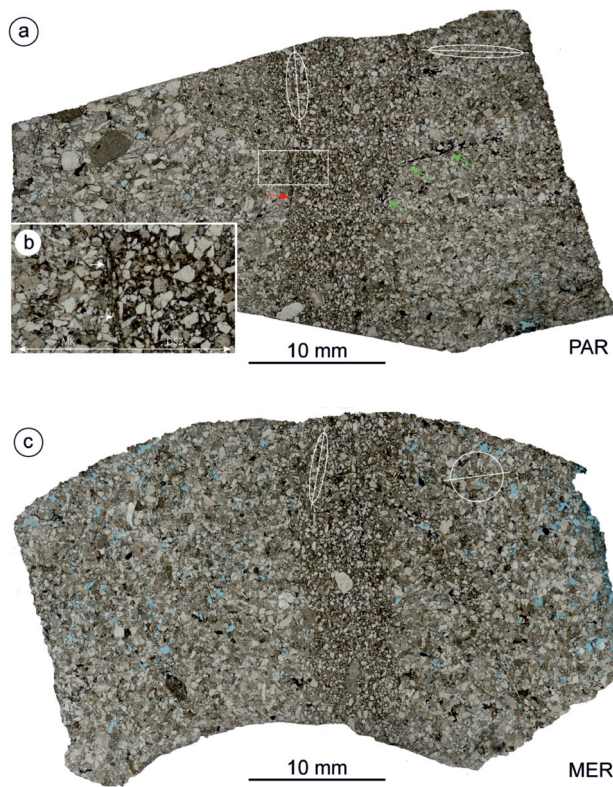
A FRY (1979) által kidolgozott középpont-középpont módszer alapja, hogy a vizsgált kőzet (vagy ősmaradvány)



**9. ábra.** (a), (b) A szemcseperemi lepattogzódások (flaking) törmeléken kvarcsczemcsék körül (visszaszórt elektronképek)

**Figure 9.** Clasts adjacent to quartz grains formed by grain flaking (back-scattered electron images)



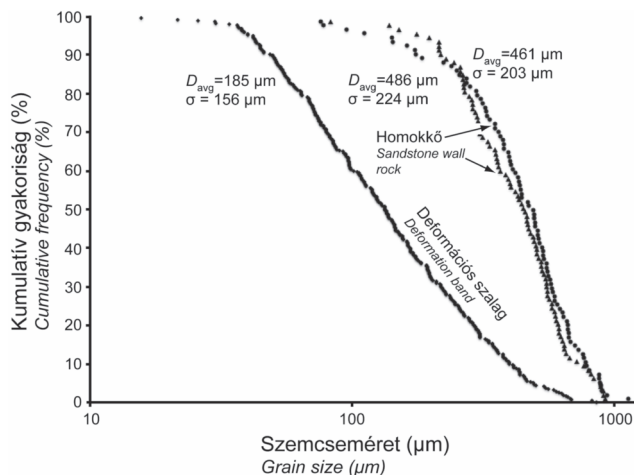


**10. ábra.** A FRY-módszerrel (1979) meghatározott alakváltozási ellipszisek a PAR és MER metszetek szalag és mellékkőzet doméneiben. (a) A PAR metszetben a deformációs szalagra jellemző alakváltozás ellipszis nagytengelye közel párhuzamos a szalaggal, míg a mellékkőzetre vonatkozó az előbbire csaknem merőleges. A zöld nyilak a szalag mentén elhajló piritsávot jelzik. Egyes részeken a szalag-mellékkőzet határ feltűnően éles, hirtelen átmenetet mutat (piros nyíl). A (b) ábrán bemutatott részt fehér táglalap jelöli. (b) A szalag-mellékkőzet határát a filloszilikátos szalagokra jellemző, orientált elhelyezkedésű csillámlemezek alkotják. (c) A MER metszetben a deformációs szalagra és mellékkőzetre vonatkozó alakváltozás ellipszisek. Feltűnő a szalag és a mellékkőzet domének között megfigyelhető különbség a nyitott pórusok számában

**Figure 10.** Polarized light microscope images of the PAR and MER sections, respectively, with the calculated strain ellipses for the deformation band and the host rock domains. (a) In section PAR the long axis of the strain ellipse is sub-parallel to the deformation band, while the host rock domain's long axis is almost perpendicular to the band. The green arrows indicate the shared pyrite layer. (b) Detail of the interface between the deformation band and the host rock. Note the preferentially oriented muscovite grains along with the domain's interface. (c) Strain ellipses determined for the deformation band and host rock domains in section MER. Note the difference in the number of open pores between the two domains

szemcséinek középpontjai közötti távolság – következésképpen – a végső alakváltozási ellipszis tengelyirányainak függvényében változik a deformáció során. A módszer alkalmazhatóságának feltétele, hogy a deformáció előtt a szemcsék Poisson-féle térbeli eloszlást mutassanak (MESCHÉDE 2001).

A B–211 minta PAR és MER metszetében a deformációs szalagra és annak környezetére jellemző végső alakváltozási tér jellemzése céljából a mintából készült vékonycsiszolat négy kiválasztott doménjét a FRY-módszerrel vizsgáltuk (10. ábra). Mindkét metszetben meghatároztuk a szalag, illetve az azzal szomszédos mellékkőzet doménjeire vonatkozó alakváltozási ellipszisek nagytengelyeinek orientációját ( $\alpha$ ), valamint a nagy- és kistengelyeik arányait



**11. ábra.** A deformációs szalag és a mellékkőzet két doménjén meghatározott szemcseméret-eloszlási diagramok. A szemcsék méretének meghatározása során a 15  $\mu\text{m}$ -nél nagyobb szemcséket vettük figyelembe

**Figure 11.** Grain-size distribution diagrams of the deformation band and two host rock domains. All grains larger than 15  $\mu\text{m}$  were counted

(II. táblázat). Az  $\alpha$  szög a deformációs ellipszis nagytengelyének a kép hosszabbik oldalával bezárt szögét jelöli; az óramutató járásával egyező irányú helyzetet pozitív, az azal ellentétes irányút negatív előjellel jelezve. Jellemző, hogy mindkét metszetben a mellékkőzet, illetve a deformációs szalagra jellemző ellipszisek nagytengelyeinek orientációja páronként jelentős mértékben eltér. Számottevő eltérés figyelhető meg a kis- és nagytengely arányokban a két metszet (PAR és MER) mellékkőzeteinek esetében. Míg a PAR metszet mellékkőzetének tengelyaránya 4,5, addig a MER metszetben ez az érték 1,6, ami lényegesen kisebb deformációra utal.

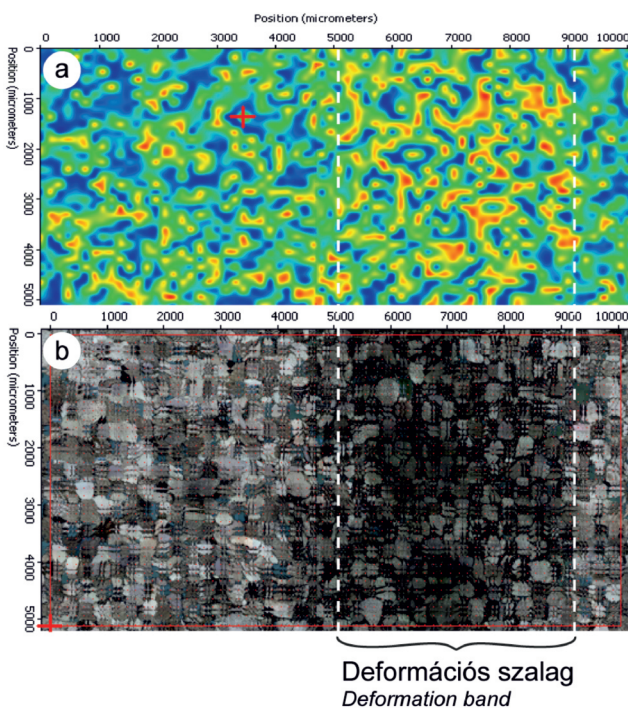
### A szalag és a mellékkőzet domének Raman- és röntgen fluoreszcens (XRF) mikroszkópos vizsgálata

A deformációs szalag, illetve az azt befoglaló mellékkőzet ásványos-, illetve kémiai heterogenitásának kimutatása érdekében a szalagról és annak közvetlen környezetéről Raman- és XRF-spektroszkópos térképeket készítettünk. Míg az

**II. táblázat.** A PAR és MER metszet mellékkőzet és deformációs szalag doménjeiről, FRY-módszerrel (1979) kapott mérési eredmények. Az  $\alpha$  szög a deformációs ellipszis nagytengelyének a kép hosszabbik oldalával bezárt szögét jelöli; az óramutató járásával megegyező irányt pozitív, az azal ellentétest negatív előjellel jelezve. A tengelyarány a deformációs ellipszis nagy- és kistengelyének arányát adja meg

**Table II.** Results of Fry (1979) analysis performed on the host rock and deformation band domains of the PAR and MER sections. The angle  $\alpha$  measures between the long axis of the ellipse and the long side of the image; a positive angle goes clockwise. Axial ration is the ratio of the length of long axis to the short one

A vizsgált metszet (domén)/ The studied section (domain)	$\alpha$ ( $^{\circ}$ )	Tengelyarány/ Axial ratio	A mért szemcsék száma/ Number of measured grains
1. PAR (Mellékkőzet)	2	7,8	726
2. PAR (Deformációs szalag)	86	3,2	698
3. MER (Mellékkőzet)	-21	1,6	279
4. MER (Deformációs szalag)	-80	4,5	768



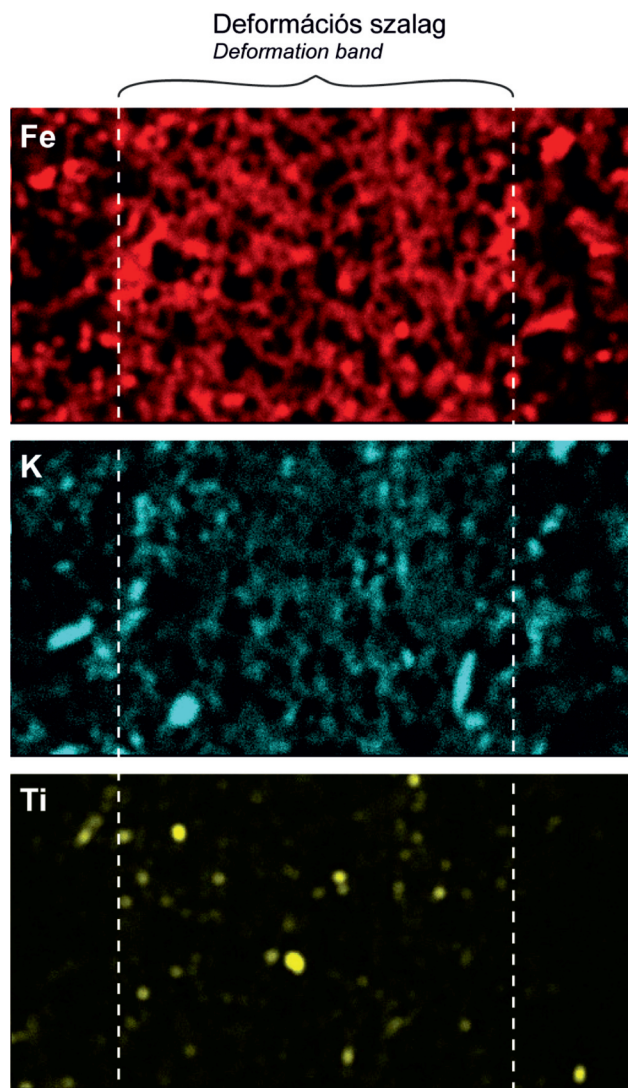
12. ábra. Raman-térkép a deformációs szalagról és az annak két oldalát alkotó mellékközetről. (a) A  $146\text{ cm}^{-1}$  Raman-csúcs intenzitását bemutató hamis színes térkép. A vörös szín az intenzív  $146\text{ cm}^{-1}$ -es csúcs jelenlétét, a kék szín annak hiányát jelzi. A köztes színek a fenti hullámszámhoz tartozó kisebb intenzitás, illetve az interpoláció következtében jelennek meg. (b) A deformációs szalag és a vele szomszédos mellékkőzet domének a Raman-térkép mérési pontjainak feltüntetésével (1N)

Figure 12. Raman map on the deformation band and the adjacent wall rock domains. (a) Colour-coded intensity image of the  $146\text{ cm}^{-1}$  Raman peak. Warm colours stand for higher intensity of the  $146\text{ cm}^{-1}$  peak. (b) The deformation band and the adjacent wall rock domains overprinted with points of the Raman analysis

első módszer a minta vizsgált részének ásványos összetételéről nyújt információt, addig az utóbbi a szalag és annak mellékkőzete közötti elemeloszlásbeli eltéréseket mutatja ki. Az XRF-módszert – többek között – a Ramanfázistérkép nyújtotta térbeli felbontóképességénél kisebb szemcsék eloszlásában jelentkező eltérések kimutatása céljából alkalmaztuk.

A Raman mikroszkópos térképen (12. ábra a, b) a kb. 4 mm vastagságú szalag, illetve ennek 5, illetve 1 mm szélességű környezete jelenik meg. A szalag és a mellékkőzet hasonló ásványos összetétele ellenére a Raman-térképen, adott hullámszámok tekintetében egyértelmű eltérés mutatkozik a két domén között. A 12. ábrán bemutatott térkép az anatóz  $146\text{ cm}^{-1}$  csúcsához tartozó intenzitáskülönbségek alapján színezett. Ennek megfelelően a melegebb színek az anatóz-szemcsék jelenlétét/dúsulását, míg a hidegebb árnyalatok annak alacsonyabb mennyiségét/hiányát jelzik. A térkép alapján egyértelműen megállapítható, hogy az anatóz mennyisége a deformációs szalag mentén megnő a mellékkőzetben mérhető mennyiséghez képest.

A XRF mikroszkópos térképek segítségével a szalag és annak környezetében a Si, Al, Mg, Fe, Ca, K, Ti, Mn elemek térbeli koncentrációkülönbségeit vizsgáltuk. Az elemtérképek alapján a Fe, Ti és K mennyisége magasabb, illetve a Fe és K esetében ezen elemek eloszlása egyenletesebb a sza-



13. ábra. Energiadiszerzív röntgen fluoreszcens mikroszkópos felvételek a Fe, K és Ti megoszlásáról a deformációs szalagról és az azt övező két mellékkőzet doménről. A képek hosszabbik oldala 6,3 mm

Figure 13. Element distribution maps of Fe, K and Ti determined on the deformation band and the adjacent wall rock domains using energy-dispersive X-ray spectroscopy. The width of the pictures is 6.3 mm

lagban, mint az azt övező mellékkőzetben (13. ábra). A többi vizsgált elem eloszlásában nem mutatkozott eltérés a szalag és a mellékkőzet között.

### Diszkusszió

A petrográfiai megfigyelések és a szemcseeloszlási diagramok alapján a B-211 mintában megjelenő deformációs szalagnak minősülő szerkezeti elemében – a mellékkőzethez hasonló ásványos összetétel mellett – mind a vázalkotó szemcsék átlagos mérete, mind a porozitás lényegesen kisebb, mint a befoglaló homokkőben. A mintában – a csillámlamezkek által meghatározott – gyengén fejlett, de egyértelmű üledékes foliáció figyelhető meg, ami a szalag síkjá-

val közel 90°-os szöget zár be. Ez arra enged következtetni, hogy a szalagban megfigyelhető szemcseméret-csökkenés nem az üledékanyag szemcseösszetételében bekövetkező változás, hanem szerkezetalakulási okokra visszavezethető jelenség (EICHHUBL et al. 2010).

### *Szemcseméret-csökkenést okozó mechanizmusok*

A szalag szemcséiben a B-211 mintában megfigyelt szemcseméret-csökkenés – a SEM-BSE felvételek alapján – döntően a kvarcsejtszémcsék peremeinek lepattogzása (*flaking*) által következett be, nem pedig a deformációs szalagokban gyakran megfigyelt transzgranuláris törések révén (EICHHUBL et al. 2010). CHEUNG et al. (2012) triaxiális kísérleteik során porózus homokkőben létrehozott kompakciós szalagokat vizsgálva megfigyelték, hogy a nagyobb szemcsék a deformáció során érintetlenek maradnak. SAMMIS et al. (1987) megállapításaira hivatkozva ezt azzal magyarázzák, hogy egy gyengén osztályozott homokkőben a nagyobb szemcséket a kisebb szemcsék halmaza veszi körül, ezzel megóvva őket a törést létrehozó, kritikus tenziós feszültség kialakulásától. RAWLING & GOODWIN (2003) MARONE & SCHOLZ (1989) kísérleti eredményeire alapozva megállapították, hogy noha a transzgranuláris törések szemcseméret-csökkentő hatása intenzívebb, mint a szemcseperemi lepattogzásoké, de míg az előbbi mechanizmus csupán magas környezeti feszültség esetén aktív, addig az utóbbi már alacsony feszültségen lehetővé teszi az aprózódást. RAWLING & GOODWIN (2003) saját megfigyeléseik, illetve BIEGEL et al. (1989) munkájára hivatkozva megállapították, hogy olyan deformációs körülmények között, amelyek mellett a kvarcsejtszémcsék karéjos, peremi szilánkok leválásával aprózódnak, a földpát- és kőzettörmelék-sejtszémcsékben transzgranuláris repedések, valamint mikrotörések képződnek. Esetünkben a kvarcsejtszémcsék szalagon belül jelentkező dominanciája, valamint a szalagon belüli pszeudomátrix jelentős mennyisége alátámasztja RAWLING & GOODWIN (2003) hasonló összetételű (kvarc+földpát+kőzettörmelék) képződményekben tett megfigyeléseit. Feltételezhetően ezen intenzívebb deformációs mechanizmusok okozzák a kvarcsejtszémcsék relatív feldúsulását a szalagban, valamint a földpát- és kőzettörmelék-sejtszémcséből képződő pszeudomátrix számottevő mennyiségét a szalag szemcséi között. Feltételezve, hogy az autigén kvarc kiválása megelőzte a szalagképződést, a kvarcsejtszémcsék peremi aprózódása egyúttal magyarázatot ad arra a jelenségre is, hogy a B-211 mintában miért nem figyelhető meg a deformációs szalag kvarcsejtszémcséi körül – a mellékkőzetben általános – autigén továbbnövekedés. Ebben az esetben ugyanis elsőként maga az autigén továbbnövekedéssel kialakult szegély pusztulna le a szemcseperemekről.

### *A deformációs szalag kinematikai típusa és a deformáció mechanizmusa*

A legtöbb deformációs szalag a kinematikai skála két „szélsőtagja” – a nyírási szalagok, illetve a kompakciós szalagok – közötti átmenetet képviselik (BEKE & FODOR 2014,

FOSSEN et al. 2016). A szalagképződés során domináns hatással bíró kinematikai mód meghatározására elsősorban a pretektonikus szöveti elemek alakváltozása alapján nyíllás mód (EICHHUBL et al. 2004, PETRIK et al. 2014). Egyes szerzők (pl. EICHHUBL et al. 2010) a nyírási indikátorokat nem tartalmazó szalagokat tisztán kompakciós eredetűnek tekintik, igaz, a fenti szerzők megfigyeléseiket jó feltártságú, felszíni mintákon végezték. Felszíni feltárás hiányában a deformációs mechanizmus és a kinematikai típus meghatározása több mikroszerkezeti-geokémiai bélyeg komplex értelmezésével lehetséges.

Általánosan elfogadott tény, hogy a nyomási oldódás hatására az oldódási felszín mentén az agyag- és nehézasványok relatív feldúsulása következik be (pl. TRURNIT 1968, EVANS & ELMORE 2006, NENNA & AYDIN 2011). A megfigyelt nyomási oldódási filmek alapján így feltételezzük, hogy a szalag mentén, a mikro-XRF vizsgálatok által kimutatott pozitív vas anomália kialakulását – részben – a mellékkőzetben általánosan elterjedt, korai diagenetikus eredetű, framboidális pirit (illetve annak átalakulásával képződött másodlagos vas ásványok) nyomási oldódás hatására történő feldúsulása okozza.

A kapott elemterképek továbbá arra is rámutatnak, hogy – a mellékkőzethez képest – a szalag mentén a Ti mennyisége is megnő. MURAD (1997) kísérleti munkájának eredményei alapján – üledékes kőzetekben – az anatózsejtszémcsék nagyságrendekkel intenzívebb Raman-jelet adnak, mint a környező szilikátos mátrix ásványai, így – kaolin anyagú mátrixban – akár 0,02%-nyi anatóz jelenléte is kimutatható. Feltételezésünk szerint az anatóz ezen rendkívül Raman-aktív tulajdonsága is hozzájárul ahhoz, hogy míg az elemterképek – a szalag menti nyomási oldódás következtében – mind a Fe, mind a Ti esetében növekedést mutatnak, a deformációs szalag Raman térképén azonban Fe-tartalmú fázis feldúsulása nem mutatható ki. WORDEN & MORAD (2009) (cf. STONE & SIEVER 1996) a sztíliolitok mentén jelentkező Ti-tartalom növekedés egyik lehetséges magyarázatául a jelentős mennyiségű törmelékes kvarc – nyomási oldódás során bekövetkező – mobilizációját említik. Mivel a B-211 minta deformációs szalagjában jól fejlett, nyomási oldódási filmek figyelhetők meg, a szalag mentén jelentkező Ti-feldúsulás egyik lehetséges oka a törmelékes kvarcsejtszémcsék feloldódása, majd az így felszabaduló Ti, autigén anatóz formájában történő kiválása lehetett. Mindazonáltal CORRENS (1978) szerint üledékes kőzetekben a TiO<sub>2</sub> koncentrációját elsősorban a törmelékes oxidok és szilikátok (pl. klorit, agyagásványok, illetve diagenetikus fázisok, pl. anatóz) mennyisége határozza meg. A petrográfiai és elektronmikroszkópos vizsgálatok alapján a mellékkőzetben az anatóz – uralkodóan autigén fázis formájában – az átalakult biotit-sejtszémcsék környezetében jelenik meg. Magas Ti-tartalmú biotit-sejtszémcséket a Derecskei-árkot határoló Szeghalomdóm ortogneisz mintáiból említenek (TÓTH & SCHUBERT 2018). Mindezek alapján a deformációs szalagban feldúsuló anatóz képződéséhez szükséges titánt – részben – az árkot övező metamorf kőzetekből származó, átalakuló biotit-sejtszémcsék szolgáltathatták. A biotit-sejtszémcsék átalakulásából

felszabaduló vas és kálium egyúttal ezen elemek szalag mentén tapasztalt feldúsuláshoz is hozzájárulhattak.

Törmelékes üledékes kőzeteket ért deformáció jellegének kimutatására több szerző alkalmazta a vázalkotó szemcsék – deformáció hatására bekövetkező – térbeli átrendeződésén alapuló „centrum-centrum” módszerek családjába tartozó Fry-eljárást (FRY 1979, ERSLEV 1988, BURMEISTER et al. 2009, ZULUAGA et al. 2014). Amennyiben feltételezzük, hogy a rétegzésre merőleges maximális rövidülést a kompaktációs folyamatok idézték elő (BURMEISTER et al. 2009), úgy kézenfekvőnek tűnik, hogy az üledékes foliációval szögbe bezáró deformációs szalagban a végső alakváltozási ellipszis irányítottága eltér a befoglaló mellékkőzetben megfigyelt irányoktól. Mivel az általunk Fry-módszerrel vizsgált PAR és MER jelű minták az üledékes foliációt különböző orientációkban metszik, így az egyes metszetek mellékkőzet doménjeire jellemző deformációs ellipsziseknek is szükségképpen jelezniük kell a kompaktáció hatásának különbözőségét. A legfeltűnőbb eltérés a két metszetben a mellékkőzetekre vonatkozó deformációs ellipszisek tengelyarányaiban nyilvánul meg (PAR: 7,8; MER: 1,6). Véleményünk szerint ez azzal magyarázható, hogy míg a PAR metszet hozzávetőlegesen derékszögben, addig a MER ennél lényegesen kisebb szög alatt metszi a rétegzést (2. ábra). Azaz míg a PAR metszetben a kompaktáció maximális hatása figyelhető meg, addig a MER metszetben – a rétegzéssel közel párhuzamos helyzete miatt – a kompaktáció hatásának csupán töredéke mutatkozik meg.

A PAR és MER metszetekben a deformációs szalagra vonatkozó ellipszis tengelyarányai hasonló értékeket mutatnak (PAR: 3,2; MER: 4,5). Ugyanakkor a deformációs ellipszisek nagytengelyei mindkét metszetben közel párhuzamosan helyezkednek el a deformációs szalaggal (PAR és MER ábrák), jöhetnek a szalaghoz viszonyított „elforgatottságuk” jellege eltérő (PAR:  $86^\circ$ ; MER:  $-80^\circ$ ). Az ellipszis nagytengelyek – uralkodóan szalaggal párhuzamos – orientációja a szerkezeti elem képződése során a deformációs szalag síkjára merőleges kompaktációt, illetve a nyírásos komponens hiányát sejtetik. A szalag síkjára merőleges, számottevő kompaktációt egyértelműen bizonyítják a szalagban megjelenő nyomásoldódási filmek (8. ábra), valamint a Raman- és mikro XRF-térképek alapján igazolt fázis- és elemeldúsulás (12. és 13. ábra).

Noha a Fry-módszerrel kapott alakváltozási ellipszisek irányítottága – a fentiek alapján – nem igazolja a nyírás hatását (vö. EICHHUBL et al. 2010), 1) a PAR metszetben megfigyelt hajlott piritsáv és csillámlemezek (10. ábra a), 2) a mellékkőzet-szalag határral párhuzamosan elhelyezkedő csillám szemcsék, valamint 3) a PAR metszetben a szalag-mellékkőzet éles határa (10. ábra b) alapján feltételezhető a nyírásos komponens. Noha a deformációs ellipszisek nagytengelyeinek bizonyos mértékű eltérése a szalag síkjától egyértelműen kimutatható, nem hagyható figyelmen kívül a szalag mentén képződött mátrix esetleges módosító hatása, ami befolyásolhatja a Fry-módszerrel született eredményeket.

A kizárólag egyszerű nyírás hatására kialakuló szala-

gokban (*simple shear bands*) a szemcsék rotációja és elcsúszása történik, míg jelentős porozitásváltozás (szemcseméret-csökkenés) nem következik be (AYDIN et al. 2006, FOSSEN et al. 2017). Az általunk vizsgált szalagban egyértelmű szemcseméret- és porozitáscsökkenés jelentkezik (8. és 11. ábra), valamint a fent bemutatott bélyegek alapján a szalagra merőleges kompaktáció is megfigyelhető. Mindezeket túl feltételezhető nyírásos komponens hozzájárulása is, amelynek mértéke – elsősorban a korlátozott mintaméret és feltartás miatt – jelentős bizonytalansággal terhelt. A fent ismertetett bélyegek alapján úgy véljük, hogy a B-211 mintában megjelenő deformációs szalag feltételezhetően nyírásos kompaktációs szalag (*shear enhanced compactional band*). (AYDIN et al. 2006).

### A szalag menti deformációs mechanizmus

A deformációs mechanizmus tekintetében a szalag több sajátos jellemzővel bír. A kataklázos deformációs mechanizmus dominanciáját bizonyítja az intenzív szemcseméret- és porozitáscsökkenés, valamint a SEM-felvételeken megfigyelhető szemcseperemi lepattogzódások. Azonban a kőzet viszonylag magas rétegszilikát tartalma folytán – helyenként – a filloszilikátos szalagokra jellemző mikroszerkezet is megjelenik (10. ábra a, b).

### Egyedi szalag kontra szalagköteg

Azonos ásványos összetétele mellett, a csökkent porozitációs zóna – magasabb átlagos sűrűsége révén – olyan jelentős eltérést eredményez a deformációs szalag és a befoglaló homokkő átlagos sugárcsillapítás értékeiben, ami lehetővé teszi a fűrőmagban – szabad szemmel el nem különíthető – deformációs szalagok komputertomográfus (CT) azonosítását. E felvételek alapján a B-211 mintában három hasonló helyzetű, de eltérő vastagságú, illetve porozitációs deformációs szalag jelenik meg. A CT-felvételeken látható fonatos megjelenést már több szerző is megfigyelte felszíni feltárásokból leírt deformációs szalagok esetében (pl. FOSSEN 2007, PETRIK et al. 2014). A vizsgált mintát feltáró fűrész 70 m hosszúságú, sziliciklasztos maganyagában deformációs szalagköteg kizárólag a B-211 minta mélységben fordul elő.

A kataklázos nyírás szalagok – PHILIT et al. (2017) megfigyelései alapján – rendszerint kötegekbe (*clusters*) rendeződve jelennek meg, amely kötegeken belül az egyedi szalagok 0,5–5 mm-es vastagságúak, míg e kötegek akár néhányszor 10 cm-es szélességet is elérhetnek (FOSSEN et al. 2016). SOLIVA et al. (2013) elmélete szerint, amelyet FOSSEN et al. (2017) tapasztalati megfigyelései is alátámasztanak, az extenziós rezsimben kialakult deformációs szalagok jellemzően kötegekbe csoportosulva jelennek meg, és dominánsan nyírásos, alárendelten kompaktációs jellegűek. Ezzel szemben a kompressziós feszültségmezőben képződött kompaktációs, illetve nyírásos deformációs szalagok esetében a kompaktáció intenzitása azonos vagy jelentősebb, mint a nyírásos komponens. Ez utóbbi esetben a szalagok nem csoportokba rendeződve jelennek meg, hanem egyenletes eloszlást mutatnak az adott

képződményben. Az általunk megfigyelt, a fúrás vizsgált szakaszában lokalizáltan, kötegben előforduló deformációs szalagok megjelenése összhangban van azzal a ténnyel, hogy a vizsgált képződmény az extenziós-transzteniós feszültségmezőben kialakult Derecskei-árok szin-rift képződményében fordul elő (LEMBERKOVICS et al. 2005, BALÁZS et al. 2016).

### *A szalag menti elmozdulás mértéke*

Egyes szerzők terepi megfigyelései lehetőséget nyújtanak a deformációs szalagok mentén történt elmozdulás mértékének becslésére. FOSSEN et al. (2007) szerint az egyedi deformációs szalagok menti nyírásos elmozdulás jellemzően mm-es, esetleg cm-es nagyságrendű. EICHHUBL et al. (2010) tanulmánya szerint a nyírásos kompaktációs szalagok mentén a szalaggal párhuzamos elmozdulás – hozzávetőlegesen – a szalagvastagság 1/10-ének felel meg. BALLAS et al. (2013) gyengén konszolidált provance-i homokfeltárások vizsgálata alapján a szalagvastagság 1/20-ának megfelelő elmozdulást határoztak meg. PHILIT et al. (2017) különböző feszültségrezsimekben kialakult deformációs szalagok vizsgálata alapján arra a következtetésre jutott, hogy az extenziós környezetben képződött szalagok mentén a szalag menti elmozdulás cm-dm-es nagyságrendű, míg a kompressziós feszültségrezsimben kialakult szalagokban kisebb, mm-dm elmozdulás jellemző. PHILIT et al. (2015) szerint a szalagkötegek mentén bekövetkező elmozdulás néhányszor 10 cm-es, de akár méteres nagyságrendet is elérhet. A fenti szerzők munkái alapján – extenziós képződési környezetet feltételezve – a B-211 minta kataklázos nyírásos szalagkötege mentén néhány mm-es, legfeljebb cm-es nagyságú elmozdulás feltételezhető. Ezen feltételezés nagyságrendileg összhangban van a PAR jelű metszetben megfigyelhető piritsáv elmozdulásának mértékével (10. ábra a). EXNER & TSCHEGG (2012) a nyírás mértékét ( $\gamma$ ) a szalag menti elmozdulás/szalagszélesség arányaként fejezték ki. A B-211 minta PAR metszetében (10. ábra a) a deformációs szalag mentén elvonszolt piritsáv alapján a értéke 0,5-nek adódik. Ez az érték az EXNER & TSCHEGG (2012) által éretlen, csekély (<150 m) betemetődésen átesett homokból leírt, kataklázos szalagokban kimutatott, legkisebb mértékű nyírásos alakváltozással azonos, azaz kataklázos szalagok esetében reális értéknek tekinthető. Mivel mintánkban az opak ásvány tartalmú horizont a szalag túlsó oldalán nem követhető, ezért a fenti értéket nyírásos alakváltozás tekintetében alsó becslésnek tekintjük.

### *A deformációs szalag képződésének mélysége*

Egyéb módszerek (pl. termobarometria, mikrotermometria) alkalmazhatóságának hiányában a deformációs szalagok képződésének hozzávetőleges mélységtartománya a deformációs mechanizmus alapján becsülhető (FOSSEN 2010). FOSSEN (2010) a kataklázos szalagokat kialakító, intenzív szemcseaprózódás megindulásának minimális mélységét kb. 1000 m-es mélységbe helyezi, megjegyezve,

hogy a deformációt számos külső és belső tényező befolyásolja. DAVATZES & AYDIN (2003) 2–3 km-es mélységben, homokkőben kialakult kataklázos szalagokat említ. BEKE et al. (2019) – a Bükk és a Mátra térségében – a deformációs szalagok képződési mélységéről a terület részletes süllyedéstörténetének felhasználásával adtak becslést. A kvarc-szemcsékben gazdag mellékkőzet esetében a gyengén kataklázosodott minták esetében néhány száz és kb. 800 m közötti, míg az intenzív deformáción átesettek esetén 1000 m-nél nagyobb képződési mélységet feltételeztek. A felszíni feltárás, a mellékkőzetben megfigyelt diagenetikus bélyegek, valamint a süllyedéstörténeti modell hiányában, az általunk vizsgált minták képződését FOSSEN (2010) alapján legalább 1000 m-es mélységbe tesszük. Amint azt a *Szemcseméret-csökkenést okozó mechanizmusok* c. alfejezetben kifejtettük, a szemcseperemi lepattozások általános előfordulása, valamint a transzgranuláris törések hiánya mérsékelt környezeti feszültség mellett bekövetkezett deformációra utal (MARONE & SCHOLZ 1989, RAWLING & GOODWIN 2003).

Mindazonáltal nem zárható ki, hogy a szalaggal párhuzamosan futó nyomásoldódási filmek a kataklázos deformációt követően alakultak ki. Ezt támasztja alá a mikrosztolitok folytonos futása, amelyek a kataklázos deformáció során – feltételezhetően – károsodtak vagy megsemmisültek volna. A szalag mentén képződött agyagos mátrix – a nyomási oldódást katalizáló hatása révén (BJØRKUM 1996) – a deformáció koncentrációjához, ezáltal a szalag menti intenzív nyomási oldódáshoz vezethetett. Ebből következően, a szalag mentén jelenleg megfigyelhető nyomásoldódási filmek a kataklázos deformációt követő nyomási oldódás hatására alakultak ki. Így nem zárható ki, hogy a PAR és MER metszetek szalag doménjeiben, a Frymódszerrel kapott deformációs ellipszisek szalaggal közel párhuzamos orientációja a késői nyomási oldódás módosító hatásának eredménye.

Amennyiben azonban elfogadjuk, hogy a nyomási oldódási filmek a szalagképződéssel egygenerációsak, úgy FOSSEN (2010) alapján a szalagképződés 2–3 km-t meghaladó mélysége (azaz a B-211 minta származási mélysége) sem zárható ki (oldódásos-cementációs mechanizmus, FOSSEN et al. 2007).

### *A fluidummigráció és deformációs szalag kapcsolata*

A B-211 minta sajátossága, hogy a deformációs szalagot határoló mellékkőzetben egy nagyságrenddel magasabb 2D porozitás (19%) mérhető, mint a 70 méteres magfúrás többi homokkő mintájában (1. táblázat). A deformációs szalagok képződése hasonlóan magas, rendszerint 15%-ot meghaladó (elsődleges) porozitással bíró kőzettestekben indul meg (RUSTICHELLI et al. 2012). Esetünkben a B-211 mintában megfigyelt magas porozitás – a petrográfiai megfigyelések alapján – másodlagos eredetű; a jellemzően túlméretes pórusok egyes fázisok (kőzettörmelék, kalcitcement) kioldódásával jöttek létre. Amennyiben a fentiek alapján elfogadjuk, hogy a vizsgált, 3620 m-es mélységből származó kataklázos szalag 1000 m-t meghaladó mélységben képződ-

dött, felmerül a kérdés, hogy a szalag a magas elsődleges vagy netán a másodlagos porozitás révén alakult-e ki. Mivel a magfúrás mintáiban a deformációs szalag környezetében tapasztalható a legmagasabb 2D porozitás (*I. táblázat*), logikus feltételezés lenne a szalagképződést a magas másodlagos porozitással magyarázni. A szalagmenti megnövekedett (másodlagos) porozitás azonban a deformációs szalag fluidummigrációt módosító hatásával is magyarázható. TORABI & ZARIFI (2014) kataklázos szalagok közvetlen környezetére korlátozódó, fluidummigrációhoz köthető átalakulási folyamatokat említ. ANTONELLINI & AYDIN (1994) a deformációs szalagok mentén, azokkal párhuzamosan futó kalcitkiválások képződését a szalag menti fluidummigrációval magyarázzák. FOSSEN & BALE (2007) szerint a deformációs szalagok a szénhidrogén fluidumok szempontjából gátként működhetnek, addig, amíg a szénhidrogén fázis által kifejtett felhajtóerő nem haladja meg a fluidum szalagba lépéséhez szükséges kapilláris nyomást. Mivel a Derecskei-menedence miocén korú képződményeiből jelenleg is folyik szénhidrogén termelés, ezért feltételezhető, hogy a vizsgált deformációs szalag szénhidrogén fluidumra kifejtett rekesztő hatása révén a részlegesen gátolt migráció a szalag mentén zajlott, és sajátos módon nem cementációs folyamatokat, hanem a mellékkőzet egyes vázalkotó szemcséinek, illetve cementfázisának kioldódásához vezetett. Ezen esetben a magas másodlagos porozitás a deformációs szalagoknak nem okozója, hanem következménye.

A magfúrás másik kiemelkedő porozitású (8%) mintája tufa anyagú, amelyben határozott, egymással párhuzamos deformációs (kompakciós) szalagok jelennek meg, míg annak környezetében a tufakőzetek 2D porozitása nem éri el az 1%-ot (*I. táblázat*). A kompakciós szalagot övező mellékkőzetben a porozitás ebben az esetben is másodlagos eredetű. Mivel a magfúrás többi mintájában sem magas porozitás, sem deformációs szalag nem jelenik meg, alátámasztja a fenti feltételezést, miszerint a jelenleg megfigyelhető magas porozitás a deformációs szalagok fluidummigrációt befolyásoló hatására visszaoldódással alakult ki.

## Összefoglalás

Dolgozatunkban megkíséreltük bemutatni, hogy mélyfúrásokból vagy rossz feltártságú lelőhelyekről származó minták deformációs szalagjainak vizsgálatára milyen mikroléptékű kiegészítő lehetőségek adódnak, amennyiben a klasszikus szerkezetföldtani módszerek alkalmazása nem lehetséges. Annak érdekében, hogy a deformációs szalag mentén bekövetkezett fizikai és kémiai folyamatokat minél részletesebben megérthessük, a deformációs szalag és annak mellékkőzetének részletes petrográfiai vizsgálatával megállapítottuk, hogy a kőzet üledékanyaga döntően metamorf, alárendelten vulkáni kőzetekből származik. Eredményeinket elektronmikroszkópos vizsgálatokkal kiegészítve meghatároztuk a vizsgált kőzetek diagenézis-

történetének fontosabb állomásait. Bemutattuk, hogy a deformációs szalagok képződési mechanizmusa szempontjából lényeges szemcseméret-csökkenés mértéke, illetve a domén léptékű porozitásváltozás – megfelelő mintaelőkészítési és képalakítási eljárással rögzített felvételek képanalízis alapú feldolgozása révén – számszerűsíthető. Igazoltuk, hogy a polarizációs és elektronmikroszkópos petrográfiai megfigyelések alapján meghatározható a szalag mentén történt szemcseméret-csökkenést okozó mechanizmus típusa, így a deformáció körülményei pontosíthatók. A mikroszöveti markerelemeknél, a mikrofotókon alkalmazott FRY-módszerrel (1979) rekonstruálható a kőzet egyes doménjeire jellemző végső alakváltozási ellipszis. Ezáltal meghatározható/pontosítható a szalag kinematikai típusa, illetve adott esetben a nyírás értelme. A deformációs szalag és mellékkőzetének mikro-XRF és Raman-spektroszkópos vizsgálati eredményei lehetővé teszik elemek, illetve ásványok kőzetdomén léptékű eloszlásváltozásainak kimutatását. Ezen megközelítések révén, különösen több irányú metszetek vizsgálata esetén, tovább pontosíthatók a rövidülés (kompakció) irányának meghatározásával.

Mindezek alapján igazolható volt, hogy a deformáció hatására – a szalagban – annak fejlődése során allokémiái átalakulás történt. A komputertomográfus (CT) vizsgálat igazolta, hogy a deformációs szalagok mentén lejátszódó fizikai és kémiai folyamatok képesek olyan sűrűségbeli inhomogenitást létrehozni, ami az eljárást alkalmassá teszi deformációs szalagok vizsgálatára. Esetünkben a CT-felvételeken – a makroszkóposan is megfigyelhető deformációs szalag mellett – további két, kevésbé markáns szerkezeti elem (szalag) jelenléte volt igazolható, ami e szalagok fonatos habitusát támasztja alá. A doménléptékű 2D porozitás megoszlása, valamint a petrográfiai bizonyítékok alapján feltételezzük, hogy a deformációs szalag fluidummigrációt módosító hatása a szalag mentén nem cementációt, hanem – rendhagyó módon – jelentős másodlagos porozitás kialakulását és lokális porozitásnövekedést eredményezett.

## Köszönetnyilvánítás

A dolgozat szerzői köszönettel tartoznak a MOL Nyrt.-nek az adatok publikálhatóságának engedélyezéséért. Köszönjük KISS Károlynak (ME), KISS Balázsnak (MOL Nyrt.) és LUX Marcellnek (MOL Nyrt.) a cikk és az azt megelőző kutatási projekt elkészítése során nyújtott támogatásukat. Köszönet illeti BENCsik Attilát (SZTE) a különleges mintakészítési ötleteink kivitelezéséért, az SZTE Szent-Györgyi Albert Klinikai Központ munkatársait a CT-felvételek elkészítéséért, valamint STEINBACH Gábort (Szegedi Biológiai Kutatóközpont) a képanalízissel kapcsolatos problémáink megoldásában nyújtott segítségéért. A szerzők köszönettel tartoznak PETRIK Attilának, FODOR Lászlónak és egy anonim bírálóknak alapos és építő bírálatáikért, javaslataikért.

## Irodalom – References

- ANTONELLINI, M. & AYDIN, A. 1994: Effect of faulting on fluid flow in porous sandstones: petrophysical properties. – *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* **78/3**, 355–377.
- ANTONELLINI, M., TONDI, E., AGOSTA, F., AYDIN, A. & CELLO, G. 2008: Failure modes in deep-water carbonates and their impact for fault development: Majella Mountain, Central Apennines, Italy. – *Marine and Petroleum Geology* **25/10**, 1074–1096. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2007.10.008>
- AYDIN, A. 1978: Small faults formed as deformation bands in sandstone. – *Pure and Applied Geophysics* **116**, 913–930. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00876546>
- AYDIN, A., BORJA, R. I. & EICHHUBL, P. 2006: Geological and mathematical framework for failure modes in granular rock. – *Journal of Structural Geology* **28/1**, 83–98. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2005.07.008>
- BALÁZS, A., MATENCO, L., MAGYAR, I., HORVÁTH, F. & CLOETINGH, S. 2016: The link between tectonics and sedimentation in back-arc basins: New genetic constraints from the analysis of the Pannonian Basin. – *Tectonics* **35/6**, 1526–1559. <https://doi.org/10.1002/2015TC004109>
- BALLAS, G., SOLIVA, R., SIZUN, J.-P., FOSSEN, H., BENEDICTO, A. & SKURTVEIT, E. 2013: Shear-enhanced compaction bands formed at shallow burial conditions; implications for fluid flow (Provence, France). – *Journal of Structural Geology* **47**, 3–15. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2012.11.008>
- BEKE B. & FODOR L. 2014: Deformációs szalagok porózus, szemcsés kőzetekben. – *Földtani Közlöny* **144/1**, 255–274. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2014.144.3.255-274>
- BEKE, B., FODOR, L., MILLAR, L. & PETRIK, A. 2019: Deformation band formation as a function of progressive burial: Depth calibration and mechanism change in the Pannonian Basin (Hungary). – *Marine and Petroleum Geology* **105**, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.04.006>
- BEKE, B., SZÓCS, E., HIPS, K., SCHUBERT, F., PETRIK, A., MILOVSKÝ, R. & FODOR, L. 2021: Evolution of deformation mechanism and fluid flow in two pre-rift siliciclastic deposits (Pannonian Basin, Hungary). – *Global and Planetary Change* **199**, 103434. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103434>
- BIEGEL, R. L., SAMMIS, C. G. & DIETERICH, J. H. 1989: The frictional properties of a simulated gouge having a fractal particle distribution. – *Journal of Structural Geology* **11/7**, 827–846. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(89\)90101-6](https://doi.org/10.1016/0191-8141(89)90101-6)
- BJØRKUM, P. A. 1996: How important is pressure in causing dissolution of quartz in sandstones? – *Journal of Sedimentary Research* **66/1**, 147–154. <https://doi.org/10.1306/D42682DE-2B26-11D7-8648000102C1865D>
- BURMEISTER, K. C., HARRISON, M. J., MARSHAK, S., FERRÉ, E. C., BANNISTER, R. A. & KODAMA, K. P. 2009: Comparison of Fry strain ellipse and AMS ellipsoid trends to tectonic fabric trends in very low-strain sandstone of the Appalachian fold–thrust belt. – *Journal of Structural Geology* **31/9**, 1028–1038. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2009.03.010>
- CHEUNG, C. S. N., BAUD, P. & WONG, T. 2012: Effect of grain size distribution on the development of compaction localization in porous sandstone. – *Geophysical Research Letters* **39/21**, n/a–n/a. <https://doi.org/10.1029/2012GL053739>
- CORRENS, C. W. 1978: *Titanium: Handbook of Geochemistry*. – Berlin–Heidelberg–New York, Springer Verlag, v. II/5, B–O.
- DAVATZES, N. & AYDIN, A. 2003: Overprinting faulting mechanisms in high porosity sandstones of SE Utah. – *Journal of Structural Geology* **25/11**, 1795–1813. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(03\)00043-9](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(03)00043-9)
- DICKSON, J. A. D. 1965: A Modified staining technique for carbonates in thin section [7]. – *Nature* **205/4971**, 587–587. <https://doi.org/10.1038/205587a0>
- EICHHUBL, P., HOOKER, J. N. & LAUBACH, S. E. 2010: Pure and shear-enhanced compaction bands in Aztec Sandstone. – *Journal of Structural Geology* **32/12**, 1873–1886. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2010.02.004>
- EICHHUBL, P., TAYLOR, W. L., POLLARD, D. D. & AYDIN, A. 2004: Paleo-fluid flow and deformation in the Aztec Sandstone at the Valley of Fire, Nevada—Evidence for the coupling of hydrogeologic, diagenetic, and tectonic processes. – *Geological Society of America Bulletin* **116/9**, 1120. <https://doi.org/10.1130/B25446.1>
- ERSLEV, E. A. 1988: Normalized center-to-center strain analysis of packed aggregates. – *Journal of Structural Geology* **10/2**, 201–209. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(88\)90117-4](https://doi.org/10.1016/0191-8141(88)90117-4)
- EXNER, U. & TSCHEGG, C. 2012: Preferential cataclastic grain size reduction of feldspar in deformation bands in poorly consolidated arkosic sands. – *Journal of Structural Geology* **43**, 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2012.08.005>
- EVANS, M. A. & ELMORE, R. D. 2006: Fluid control of localized mineral domains in limestone pressure solution structures. – *Journal of Structural Geology* **28/2**, 284–301. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2005.10.004>
- FOSSEN, H. 2010: Deformation bands formed during soft-sediment deformation: Observations from SE Utah. – *Marine and Petroleum Geology* **27/1**, 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2009.06.005>
- FOSSEN, H. 2016: *Structural Geology*. – Cambridge Univ. Press, New York, 524 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511777806>
- FOSSEN, H. & BALE, A. 2007: Deformation bands and their influence on fluid flow. – *AAPG Bulletin* **91/12**, 1685–1700. <https://doi.org/10.1306/07300706146>
- FOSSEN, H., SCHULTZ, R. A., SHIPTON, Z. K. & MAIR, K. 2007: Deformation bands in sandstone: a review. – *Journal of the Geological Society* **164/4**, 755–769. <https://doi.org/10.1144/0016-76492006-036>
- FOSSEN, H., SCHULTZ, R. A. & TORABI, A. 2011: Conditions and implications for compaction band formation in the Navajo Sandstone, Utah. – *Journal of Structural Geology* **33/10**, 1477–1490. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2011.08.001>
- FOSSEN, H., SOLIVA, R., BALLAS, G., TRZASKOS, B., CAVALCANTE, C. & SCHULTZ, R. A. 2017: A review of deformation bands in reservoir sandstones: geometries, mechanisms and distribution. – *Geological Society, London, Special Publications* **459/1**, 9–33. <https://doi.org/10.1144/SP459.4>
- FRY, N. 1979: Density distribution techniques and strained length methods for determination of finite strains. – *Journal of Structural Geology* **1/3**, 221–229. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(79\)90041-5](https://doi.org/10.1016/0191-8141(79)90041-5)

- ISSEN, K. A. & RUDNICKI, J. W. 2000: Conditions for compaction bands in porous rock. – *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* **105/B9**, 21529–21536. <https://doi.org/10.1029/2000JB900185>
- LAUBACH, S. E., EICHHUBL, P., HILGERS, C. & LANDER, R. H. 2010: Structural diagenesis. – *Journal of Structural Geology* **32/12**, 1866–1872. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2010.10.001>
- LEMBERKOVICS V., BÁRÁNY Á., GAJDOS I. & VINCZE M. 2005: A szekvencia-sztratigráfiai események és a tektonika kapcsolata a Derecskei-árok pannóniai rétegsorában. – *Földtani Kutatás*, **42/1**, 16–24.
- MARONE, C. & SCHOLZ, C. H. 1989: Particle-size distribution and microstructures within simulated fault gouge. – *Journal of Structural Geology* **11/7**, 799–814. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(89\)90099-0](https://doi.org/10.1016/0191-8141(89)90099-0)
- MESCHEDÉ, M. 2001: *Methoden der Strukturgeologie*. – Spektrum Akademischer Verlag, 169 p.
- MOLLEMA, P. N. & ANTONELLINI, M. A. 1996: Compaction bands: a structural analog for anti-mode I cracks in aeolian sandstone. – *Tectonophysics* **267/1–4**, 209–228. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00098-4](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00098-4)
- MURAD, E. 1997: Identification of minor amounts of anatase in kaolins by Raman spectroscopy. – *American Mineralogist* **82/1–2**, 203–206. <https://doi.org/10.2138/am-1997-1-222>
- NENNA, F. & AYDIN, A. 2011: The formation and growth of pressure solution seams in clastic rocks: A field and analytical study. – *Journal of Structural Geology* **33/4**, 633–643. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2011.01.014>
- PETRIK, A., BEKE, B. & FODOR, L. 2014: Combined analysis of faults and deformation bands reveals the Cenozoic structural evolution of the southern Bükk foreland (Hungary). – *Tectonophysics* **633/1**, 43–62. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2014.06.029>
- PHILIT, S., SOLIVA, R., BALLAS, G. & FOSSEN, H. 2017: Grain Deformation Processes in Porous Quartz Sandstones – Insight from the Clusters of Cataclastic Deformation Bands. – *EPJ Web of Conferences* **140**, 07002. <https://doi.org/10.1051/epjconf/201714007002>
- PHILIT, S., SOLIVA, R., LABAUME, P., GOUT, C. & WIBBERLEY, C. 2015: Relations between shallow cataclastic faulting and cementation in porous sandstones: First insight from a groundwater environmental context. – *Journal of Structural Geology* **81**, 89–105. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2015.10.001>
- RAWLING, G. C. & GOODWIN, L. B. 2003: Cataclasis and particulate flow in faulted, poorly lithified sediments. – *Journal of Structural Geology* **25/3**, 317–331. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(02\)00041-X](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(02)00041-X)
- RUSTICHELLI, A., TONDI, E., AGOSTA, F., CILONA, A. & GIORGIONI, M. 2012: Development and distribution of bed-parallel compaction bands and pressure solution seams in carbonates (Bolognano Formation, Majella Mountain, Italy). – *Journal of Structural Geology* **37**, 181–199. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2012.01.007>
- SAMMIS, C., KING, G. & BIEGEL, R. 1987: The kinematics of gouge deformation. – *Pure and Applied Geophysics PAGEOPH* **125/5**, 777–812. <https://doi.org/10.1007/BF00878033>
- SCHUBERT F., FINTOR K. & MOLNÁR L. 2011: „Diagenesis-történet vizsgálat”: a Gazzi-Dickinson módszer fejlesztése és tesztelése „nem hagyományos” tároló képződményekben a Derecskei-árokban. – *Kutatási jelentés*, MOL irattár, 55 p.
- SCHULTZ, R. A. & SIDDHARTHAN, R. 2005: A general framework for the occurrence and faulting of deformation bands in porous granular rocks. – *Tectonophysics* **411/1–4**, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2005.07.008>
- SCHULTZ, R. A., OKUBO, C. H. & FOSSEN, H. 2010: Porosity and grain size controls on compaction band formation in Jurassic Navajo Sandstone. – *Geophysical Research Letters* **37/22**, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1029/2010GL044909>
- SOLIVA, R., SCHULTZ, R. A., BALLAS, G., TABOADA, A., WIBBERLEY, C., SAILLET, E. & BENEDICTO, A. 2013: A model of strain localization in porous sandstone as a function of tectonic setting, burial and material properties; new insight from Provence (southern France). – *Journal of Structural Geology* **49**, 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2012.11.011>
- STERNLOF, K. R., RUDNICKI, J. W. & POLLARD, D. D. 2005: Anticrack inclusion model for compaction bands in sandstone. – *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* **110/B11**, <https://doi.org/10.1029/2005JB003764>
- STONE, W. N. & SEVER, R. 1996: Quantifying compaction, pressure solution and quartz cementation in moderately- and deeply-buried quartzose sandstones from the greater Green River basin, Wyoming. – In: CROSSEY, L. J., LOUCKS, R. & TOTTEN, M. W. (eds): *Siliciclastic diagenesis and fluid flow: concepts and applications*. SEPM Special Publication **55**, 129–150.
- TONDI, E., ANTONELLINI, M., AYDIN, A., MARCHEGIANI, L. & CELLO, G. 2006: The role of deformation bands, stylolites and sheared stylolites in fault development in carbonate grainstones of Majella Mountain, Italy. – *Journal of Structural Geology* **28/3**, 376–391. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2005.12.001>
- TORABI, A. & ZARIFI, Z. 2014: Energy release rate of propagating deformation bands and their hosted cracks. – *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* **67**, 184–190. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2013.10.007>
- TÓTH, T. M. & SCHUBERT, F. 2018: Evolution of the arc-derived orthogneiss recorded in exotic xenoliths of the Körös Complex (Tisza Megaunit, SE Hungary). – *Journal of Geosciences* **63/1**, 21–46. <https://doi.org/10.3190/jgeosci.253>
- TRURNIT, P. 1968: Analysis of Pressure-Solution Contacts and Classification of Pressure-Solution Phenomena. – In: *Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe*, 75–84. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-88052-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-88052-0_10)
- WALDRON, J. W. F. & WALLACE, K. D. 2007: Objective fitting of ellipses in the centre-to-centre (Fry) method of strain analysis. – *Journal of Structural Geology* **29/9**, 1430–1444. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2007.06.005>
- WORDEN, R. H. & MORAD, S. 2009: Quartz Cementation in Oil Field Sandstones: A Review of the Key Controversies. – In: *Quartz Cementation in Sandstones* 1–20 Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781444304237.ch1>
- ZULUAGA, L. F., FOSSEN, H. & ROTEVATN, A. 2014: Progressive evolution of deformation band populations during Laramide fault-propagation folding: Navajo Sandstone, San Rafael monocline, Utah, U.S.A. – *Journal of Structural Geology* **68/PA**, 66–81. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2014.09.008>

Kézirat beérkezett: 2021. 04. 13.



## Egy új elképzelés a Mecseki-szénmedencében lévő metánnal kapcsolatban

KONCZ István

koncz.istvan38@gmail.com

---

### *A new idea in connection with methane of the Mecsek Coal Basin, Hungary*

#### Abstract

The author made known the properties of the Mecsek coal and the results of the researches connected with methane in the Mecsek coal. According to the author, most of the methane in the coal is attached by hydrogen bond. This new idea is supported by the following facts: a) the adsorption-desorption processes are irreversible, which indicates chemisorption, b) the measured activation energy corresponds to that of hydrogen bond, c) the methane was adsorbed on coal with greater quantity as compared to nitrogen, d) the new idea explains the behaviour of the coal during mining.

*Keywords: coal bed methane, hydrogen bond*

---

#### Összefoglalás

A szerző ismerteti a mecseki szén tulajdonságait, a mecseki szénben lévő metánnal összefüggő kutatások eredményeit. A szerző szerint a szénben lévő metán többsége hidrogén-híddal kapcsolódik. Ezt az új elképzelést a következő tények támasztják alá: a) az adszorpciós-deszorpciós folyamatok irreverzibilisek, ami kemisorpcióra utal, b) a mért aktiválási energia megfelel a hidrogén-hídénak, c) a metán a szénen nagyobb mennyiségben adszorbeálódott, mint a nitrogén, d) az új elképzelés megmagyarázza a szén viselkedését a bányászat során.

*Kulcsszavak: szénhez kötött metán, hidrogén-híd*

---

#### Bevezetés

A szénhez kötött metán (Coal Bed Methane, rövidítve CBM) a nem hagyományos (unconventional) előfordulásokhoz tartozik, amelyeknek jellemzője, hogy a szénhidrogének – ez esetben a metán – a keletkezés helyén marad. A hazai nem hagyományos előfordulásokat, köztük a szénhez kötött metánt részletesen publikálták (LAKATOS & SZABÓ 2008, KONCZ 2010, BADICS et al. 2011). Magyarországon a Mecseki-szénmedencében a szénhez kötött metánvagyont 200 milliárd köbméterre (200 millió egyenérték-tonnára) becsülték (FODOR 2006). Ez a metánvagyont a Magyarországon eddig felfedezett hagyományos gázelőfordulások készletnagyságrendjébe esik.

Főleg az Egyesült Államokban és Kanadában termelnek szénhez kötött metánt (FODOR 2006). Ha a szén természetes repedésrendszerrel rendelkezik, akkor jó és jól leművelhető

gáztároló, az Egyesült Államok CBM-termelő mezőiben lévő szén ilyen (MAVOR & NELSON 1977, MCGUIRE 1994, AYERS 2003, SCOTT 2004). A repedésrendszer léte azzal jár, hogy a szén vizet tartalmaz repedésekben. Ezért a CBM-termelés céljából kutakat mélyítenek a széntelepek fekéjéig, és a vizet folyamatosan szivattyúzzák. Ekkor a szénben a nyomás csökken, a metán deszorbeálódik, és a vízzel együtt a kutakból távozik. A mecseki kőszéntelepek nem rendelkeznek természetes repedésrendszerrel, vízmentesek. Ezért a vízsztantsüllyesztéses módszer nem alkalmazható.

A mecseki szénbányászat a termelés megkezdése óta küzd a sújtólégreggobbanással és a gázkitorréssel, amely a szénhez kötött metán felszabadulásának következménye. A bányászati eszközök által közölt kinetikus (mechanikus) energia, akár rezgések formájában is, felszabadította a szénhez kötött metánt. Az ezek elleni védekezést hatékonyan segítette a bányászellőztetés, illetve a föld alatti gázlecsapolás,

továbbá a provokációs robbantás. A szénrétegbe hatoló fúrások segítségével megkísérelt gázlecsapolás nem járt eredménnyel (VIDA & GYÖNGYÖS 1980). Technikai problémák és a mecseki szén sajátosságai miatt az 1993–94-ben kanadai közreműködéssel fúrt négy vertikális kútban végzett rétegrepesztés valamint a nyitottüreges eljárás sikertelen lett (CSÖRGE 2002).

### **A mecseki alsó jura korú fekete-kőszén tulajdonságai**

A mecseki szén tulajdonságaival összefüggő, a következőkben közölt adatok Fodor cikkéből származnak (FODOR 2006). A mecseki szén az ASTM-szabvány szerint alacsony-közepes-magas illóanyag-tartalmú, amelynek termikus érettsége vitrintreflexió értékekkel kifejezve 0,8–1,2%. Permeabilitása 0,001–0,1 mD. Összehasonlításul, az USA CBM-termelő mezőiben lévő szén áteresztőképessége 1–10 mD, ritkán az 1 D értéket is eléri. A mecseki szén porozitása 1–15%, fajlagos metántartalma átlagosan 50 m<sup>3</sup>/t. A gázkitörések adataiból becslést, meglehetősen pontatlan, de nagyságrendileg helytálló fajlagos metánfelszabadulás 60–156 m<sup>3</sup>/t (NYERS 2002). A szénből származó gáz szénhidrogénjeinek döntő többsége (99%-a) metán, és csak 1% C<sub>2</sub>+ szénhidrogént tartalmaz. A mecseki szén elektronmikroszkópos vizsgálatának eredményeiből kitént, hogy határozott mikroszerkezete van, amelyeknek elemei xerogél micelláknak tekinthetők (GYÖNGYÖS 1991).

### **A mecseki szénhez kötött metán jellemzői, a kötődés természete a korábban publikált vizsgálatok és mérések alapján**

A fekete-kőszén mint szorbens három szerkezeti formában kötheti meg a metánt (TÓTH & SZABÓ 1988, 1989):

1. külső felületen, amelyhez a felszínnel kapcsolatban álló makro- és mezopórusok is hozzátartoznak,
2. mikropórusokban, ahol a transzportfolyamatok sebességét nem a pórusok térfogata, hanem az azokat összekötő szűkletek szabják meg, amelyeken keresztül a szorbeált metán a pórusokba be-léphet, illetve azokból kiléphet,
3. a kőszén rácsszerkezetében, amely molekulaméretű, a kötési energiák nagysága inkább szilárd oldatra, semmint fizikai adszorpcióra enged következtetni.

A makro-, mezo- és mikropórusokban a metán fizikai adszorpció révén kötődik a szénhez, amelyben a Van der Waals-féle erők játszanak szerepet, és ennek megfelelően az adszorpció-deszorpció izoterm folyamataik reverzibilisek. A Van der Waals-erőkkel kötött metán felszabadításához 0,2–3 kcal/mol energia szükséges (ERDEY-GRÚZ 1963). A mecseki kőszén rácsszerkezetében kötött metán esetében a fizikai adszorpció megkérdőjelezhető. A mecseki kőszénen végzett izoterm vizsgálatok eredményei szerint az adszorpció-deszorpció folyamatok nem reverzibilisek (FE-

JÉR & GYÖNGYÖS 1978). Az adszorpció és a deszorpció izotermák nem esnek egybe. Ez azt jelenti, hogy a szénhez kötött metán egy része akkor sem távozik el, ha az adszorbeált molekulák, ez esetben a metán koncentrációját a gázfázisban nullára csökkentjük. A mérések eredményei és a tapasztalatok szerint a mecseki kőszén metántartalmának döntő többsége, 92–98%-a a szén rácsszerkezetében helyezkedik el (TÓTH & SZABÓ 1988a, b, 1989).

A Miskolci Egyetem Alkalmazott Kémiai Kutatóintézetében a 90-es évek folyamán alaputatásokat végeztek a mecseki kőszén metánjával összefüggésben, és kutatási eredményeiket publikálták (TÓTH & SZABÓ 1988, 1989). A 0,5–3 kg tömegű darabokból álló eredeti szénmintát aprították, és a vizsgálatokhoz az 1–1,6 mm és a 0,5–0,8 mm szemcseméretű frakciókat használták fel. Indokoltan feltételezhető, hogy a szénhez kötött metán jelentős része az aprítás során veszendőbe ment. A későbbiek során már aprítás nélküli széndarabokat alkalmaztak (TÓTH 2002).

Az aprított szénminta spontán gázleadását vizsgálták 30 °C-on, légköri nyomáson. A gázleadás sebességének csökkenése felvetette azt a kérdést, hogy van-e a folyamatnak olyan része, amely termikus aktiválási energiát igényel. Ezért az aprított szénmintából vákuumban 100 °C-on 190 óra alatt eltávolították azt a metánt, amelyik fizikai adszorpció révén kötődik a szénhez. Így a szénmintában csak a rácsszerkezetben kötött metán maradhatott. Ezt követően vizsgálták a szénminta spontán gázleadását 60, 80 és 100 °C hőmérsékleten. A gázleadás sebességének és az abszolút hőmérséklet reciprokának (1/T) az összefüggését, az Arrhenius-törvényt felhasználva meghatározták a folyamat aktiválási energiáját, amely 6,4 kcal/mol értékűnek adódott.

A továbbiakban a mechanikai hatásra bekövetkező gázleadási folyamatokat vizsgálták Hopkinson-berendezésben, amely alkalmas volt arra, hogy meghatározott kinetikai energiát közöljön a szénmintával, modellezve a bányabeli viszonyokat, amelyek gázkitöréseket eredményeztek. A szénmintán olyan telítettségi állapotot hoztak létre mesterségesen, amelynél a szorbeált metán túlnyomó része (kb. 80%-a) a szén belső felületén, illetve a szilárd rész rácsszerkezetében helyezkedett el. Azt tapasztalták, hogy a gázleadás pillanatszerű és nagy mennyiségű volt, a gázban megnövekedett a metánnál nagyobb szénatomszámú szénhidrogének (C<sub>2</sub>–C<sub>4</sub>) mennyisége, továbbá az eredetihez képest a szén felaprózódott, tönkrement. Ezt a jelenséget mikrogázkitörésnek nevezték. A leadott metánra vonatkoztatva az egy ütéssel közölt energia 478 kcal/mol volt, jóval nagyobb, mint a termikus aktiválási energiát igénylő folyamatoké. Ennek a viszonylag nagy mechanikus energiának tulajdonítható, hogy C<sub>2</sub>–C<sub>4</sub> gázkomponensek is jelentkeztek. A szén ugyanis nemcsak a metánt, hanem a C<sub>2</sub>+ gázkomponenseket is kötött állapotban tartja. Ha az ütés energiáját változtatták, akkor az ütésre leadott metán mennyisége a kinetikus energiával lineárisan növekedett. Ha ugyanazt az energiát több részletben közölték a szénmintával, akkor kitént, hogy az egyszeri és a többszöri energiaközlés ugyanannyi metánt szabadított fel.

A szén fajlagos felületét két, elvileg egymástól független módszerrel határozták meg: a BET-féle módszerrel, amely nitrogént alkalmaz, és a Dubinyin-féle, amely metánt használ fel. A BET-módszer a Dubinyin-módszernél két nagyságrenddel kisebb fajlagos felületet adott meg annak ellenére, hogy a nitrogénmolekula térigénye kisebb, mint a metánmolekuláé. Ez azzal a következménnyel járhatott volna, hogy minden olyan pórusba, amelybe a metán képes behatolni, a nitrogén még könnyebben belefér. Az észlelt jelenségre azt a magyarázatot adták, hogy a metán döntő hányada nem nyitott pórusokban, hanem a belső szilárd fázisban, a szén rácsszerkezetében szorbeálódott.

### Új elképzelés a mecseki szénhez kötött metánról

Jelen tanulmány szerzője szerint a mecseki fekete-köszén rácsszerkezetében a metán hidrogénhíddal, illetve az angol nyelvű kifejezésnek megfelelően hidrogénkötéssel kapcsolódik a szénhez, azaz nem fizikai adszorpcióval, hanem kemoszorpcióval. A hidrogénhíd léte magyarázza a víz, az alkoholok és a karbonsavak sok tekintetben anomális tulajdonságait. Az egy vegyértékű hidrogénatomok valójában két másik atommal képesek kapcsolódni, az egyikkel erősebben, a másikkal gyengébben (ERDEY-GRÚZ 1963). A vízmolekulák hidrogénhidakkal képeznek asszociátumokat. A vízmolekula oxigénjéhez tartozó, egyik hidrogénnel sem lekötött elektronpárja vonzza magához a másik vízmolekula hidrogénjében lévő protont, kialakítva ezzel a hidrogénhidat. Az 1. ábra „a” jelű része két vízmolekula hidrogénhíddal való összekapcsolódását mutatja. Elképzelésem szerint a szén esetében a metán egyik hidrogénatomja az aromás rendszer  $\pi$  elektronfelhőjéhez kötődik. Az 1. ábra „b” része az egymáshoz kapcsolódó, kondenzált aromás

gyűrűket alkotó sík egy részletét mutatja, amely jellemző a szénültebb szénekre. A rendszer alapelemét a benzol képezi, amelyben a hat szénatom egy síkban van. A szénatomok 4 vegyértékelektronja közül egyet a hidrogénatommal való kapcsolat (kovalens kötés) vesz igénybe, további kettőt a két szomszédos szénatommal kialakult lokalizált, szintén kovalens kötés. A megmaradt egy elektron, az ún.  $\pi$ -elektron nem lokalizálódik, hanem a benzolmolekulában lévő, összesen hat  $\pi$ -elektron egységes elektronburkot alkot az egész benzolmolekula körül. Ezt a 6  $\pi$ -elektronrendszert szemlélteti az 1. ábra „c” része. Ez a 6  $\pi$ -elektronrendszer képes arra, hogy a metán egyik hidrogénjével hidrogénhidat hozzon létre, mert a 6  $\pi$ -elektronrendszer vonzza a hidrogénatom magjában lévő protont. A hidrogénkötés felbontásához 2–8 kcal/mol energia szükséges, a fizikai, reverzibilis adszorpciónál szerepet játszó Van der Waals-erők leküzdése 0,2–3 kcal/mol igényel (ERDEY-GRÚZ 1964). A vákuumban előkezelt szénminták különböző hőmérsékleteken mért gázleadási sebességének hőmérsékletfüggéséből számított aktiválási energia (6,4 kcal/mol) a hidrogénhíd felbontásához szükséges energia tartományába esik (TÓTH & SZABÓ 1988a, b, 1989).

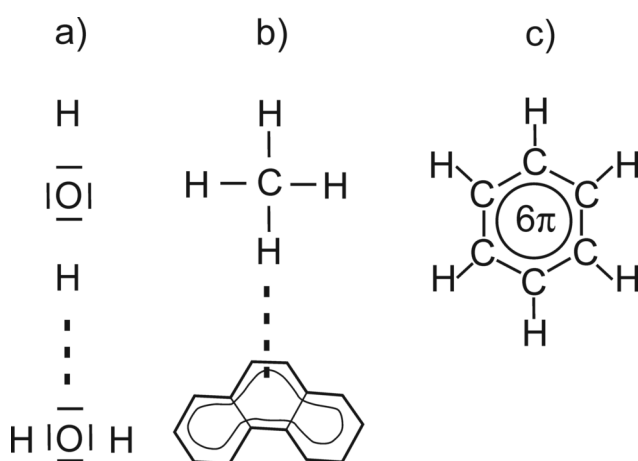
Az előzőekben említett, síkban rendeződő kondenzált aromásrendszer a szén termikus átalakulása, szénülése során, fokozatosan jön létre azáltal, hogy a növényi alkotórészeknek tekinthető lignin és a cellulóz metil-oldalláncai leszakadnak, és metánt képeznek. A szénülés során egyre több aromás szerkezet összekapcsolódik, és az oldallánkok lehasadása következtében képződő metán rögtön megkötődik az aromás gyűrűkhöz hidrogénhíd segítségével. Ismert, hogy a szénülés során nő a szénhez kötött metán mennyisége.

### Következtetések

A metánnak a mecseki köszénhez való kötődésével kapcsolatos új elképzelés helyességének még nincs közvetlen bizonyítéka, de a közvetett bizonyítékok figyelemre méltók.

A mecseki szénen metánnal végzett izoterm adszorpció-s-deszorpció folyamatok irreverzibilisek, ami inkább kemoszorpcióra semmint fizikai adszorpcióra engednek következtetni (FEJÉR & GYÖNGYÖS 1978, GYÖNGYÖS 2002).

A Miskolci Egyetem Alkalmazott Kémiai Kutatóintézete által végzett mérések és kísérletek eredményei is alátámasztják az új elképzelést (TÓTH & SZABÓ 1988a, b, 1989). A Hopkinson-berendezéssel közölt mechanikai hatás eredményeként a szén felaprózódott. Véleményem szerint ebben szerepet játszhatott az is, hogy a hidrogénhíddal kötött állapotban a metán kisebb térfogatú – azonos hőmérsékleten és nyomáson –, mint a kötöttségből felszabaduló metán. Ily módon a hirtelen felszabaduló metán a térfogat-növekedés miatt szétrepeszti a szenet. Ugyanez lehet az oka annak, hogy a bányaművelés során mechanikai hatásra a metán hirtelen szabadul fel, és gázkitorés jön létre. A mecseki szénen végzett fajlagos felület meghatározások eredményeiből az látszott, hogy a metán a nitrogénnél nagyobb térigénye ellenére nagyobb mértékben kötődik meg a szénben. Ennek oka



1. ábra. A hidrogénhid és a benzol elektronszerkezete: a, két vízmolekula összekapcsolódása hidrogénhíddal; b, a metán kötődése hidrogénhíddal az aromás szerkezetekhez; c,  $\pi$ -elektronok a benzolmolekulában

Figure 1. The hydrogen bond and the electron structure of benzene: a, connecting of two water molecules with hydrogen bond; b, the linkage of methane to aromatic structures with hydrogen bond; c,  $\pi$ -electrons in the benzene molecule

szerintem az, hogy a metán – mivel hidrogént tartalmaz – képes hidrogénhíd révén a szénhez kötődni, a nitrogénnek erre nincs lehetősége, és csak fizikai adszorpcióval tud a szénhez kötődni.

A mecseki szénhez kötött metán lecsapolását – úgy vélem – művi mechanikai hatás alkalmazásával célszerű elérni. A szénhidrogén-kutatásban használják a fúrásban alkalmazott szeizmikát (VSP), amelynek lényege a fúrásban megfelelő eszközzel létrehozott rezgéshullámok visszaverődésének észlelése. Ehhez hasonló vagy vele azonos eszköz a szénrétegbe mélyített, irányított (ferde) fúrásban alkalmas

lehet. A felvetett modell kutatásához szükségesnek tartom annak mérését, hogy mely frekvenciatartomány eredményezi a legnagyobb mennyiségű metán felszabadulását.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom VERBŐCI Józsefnek, aki értékes információkat és ösztönzést adott cikkem megírásához, valamint dr. FODOR Bélának, aki cikkemet átnézte, és javításokat javasolt.

### Irodalom – References

- AYERS, W. B. 2003: Application of Coalbed Gas Systems in Exploration and development. – *AAPG Search and Discovery Article, AAPG Annual Meeting, Salt Lake City, Utah* (abstract). [https://www.searchanddiscovery.com/pdfz/abstracts/pdf/2003/annual/short/ndx\\_79837.PDF.html](https://www.searchanddiscovery.com/pdfz/abstracts/pdf/2003/annual/short/ndx_79837.PDF.html)
- BADICS B., UHRIN A., VETŐ I., BARTHA A. & SAJGÓ CS. 2011: Medence-központi földgáz-előfordulás elemzése a Makói-árokban. – *Földtani Közlöny* **141/1**, 445–468.
- CSŐRGE T. 2002: Metánkutatás a mecseki szénmedencében. – In: *Coalbed Methane Resource Potential in Hungary*, 15–21.
- ERDEY-GRÚZ, T. 1963: *A fizikai kémia alapjai*. – Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 743 p.
- ERDEY-GRÚZ T. (szerk.) 1964: *Természettudományi Lexikon*. – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- FEJÉR L. & GYÖNGYÖS ZS. 1978: A mecseki alsó liász kőszenek gázfelvevő és gázleadó képessége. – *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **111/8**, 550–557.
- FODOR B. 2002: Egy lehetséges technikai megoldás alacsony permeabilitású széntelepekből történő metántermelésre. – In: *Coalbed Methane Resource Potential in Hungary*, 22–25.
- FODOR, B. 2006: Magyarország szénhez kötött metánvagyonja. – *Földtani Közlöny* **136/4**, 573–590.
- GYÖNGYÖS ZS. 1991: A mecseki széntelepek elektronmikroszkópos morfológiai vizsgálata a gázkitörésveszélyes szénszerkezet megállapítására. – *Bányászati és Kohászati Lapok Bányászat* **123/7–8**, 436–439.
- KONCZ I. 2010: Nem-hagyományos földgáz-előfordulások kialakulásának feltételei heterogén felépítésű tömött homokkőösszletekben. – *Bányászati és Kohászati Lapok, Kőolaj és Földgáz* **143/5**, 6–19.
- LAKATOS I. & SZABÓ J. 2008: A nem konvencionális szénhidrogének jelentősége a XXI. században. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* **141/2**, 1–19.
- MAVOR, M. & NELSON, C. R. 1977: Coalbed Reservoir Gas-in-Place analysis. – *American Association of Petroleum Geologists Catalog No. 196, and Gas Technology Institute as GRI-97/0263*.
- MCGUIRE, M. J. 1994: Development of Coalbed Methane in the United States. – *AAPG Search and Discovery Article, AAPG Annual Convention, Denver, Colorado* (abstract). <https://www.searchanddiscovery.com/abstracts/html/1994/annual/abstracts/0211b.htm>
- NYERS J. 2002: A gázkitörések megelőzése során szerzett gyakorlati tapasztalatok. – In: *Coalbed Methane Resource Potential in Hungary*. 34–37.
- SCOTT, A. R. 2004: Historical perspective and future opportunities of coalbed methane. – *AAPG Hedberg Research Conference, September 12–16, 2004, Vancouver, Canada*. [https://www.searchanddiscovery.com/documents/abstracts/2004hedberg\\_vancouver/extended/scott/scott.htm](https://www.searchanddiscovery.com/documents/abstracts/2004hedberg_vancouver/extended/scott/scott.htm)
- TÓTH J. 2002: Metántermelés lehetősége kis áteresztőképességű mecseki széntelepekből. – In: *Coalbed Methane Resource Potential in Hungary*, 50–51
- TÓTH J. & SZABÓ J. 1988: A mecseki kőszenek spontán gázleadó képességének változása hő- és mechanikai hatásokra (II. rész). – *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **121/6**, 401–405.
- TÓTH J. & SZABÓ J. 1989: A mecseki kőszenek spontán gázleadó képességének változása hő- és mechanikai hatásokra (III. rész). – *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **122/5**, 306–310.
- VIDA Z. & GYÖNGYÖS ZS. 1990: Bányabeli kísérlet előzetes gázlecsapolásra. – *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **123/7–8**, 453–456.

Kézirat beérkezett: 2021. 09. 03.

## Battonya–Pusztaföldvári-hát térségének nagy entalpiájú geotermikusenergia-vagyona (I. rész): hidrodinamikai és hőtranszportmodell

KUN Éva<sup>1</sup>; ZILAHÍ-SEBESS László<sup>1</sup>, SZANYI János<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH) Földtani Igazgatóság

<sup>2</sup>Szegedi Tudományegyetem

---

### *The high enthalpy geothermal energy resource of the Battonya–Pusztaföldvár High (Part I): hydrodynamic and heat transport model*

#### Abstract

Hungary's largely unexploited high enthalpy geothermal energy resources are permissive for the installation of geothermal power generation systems. The deep geothermal potential and the rate of exploitation have considerable uncertainties. These uncertainties can be reduced by numerical modelling based on extant data available from previous research. Geothermal developments in Hungary focus on basement ridges previously revealed by hydrocarbon exploration and structural geology research.

In our study, 3D hydrodynamic and heat transport cross-border model of the Battonya–Pusztaföldvár High was developed on a subregional scale using the equivalent porous method, with the aim of mapping the thermal anomaly and flow space that resulted from the geometry of the area. The suitability of the area is implied by recent research projects, and the special position of the basement high and deep basins. In the simulation, anomalous temperature condition of the basement high detected by the measurements was modelled as the result of the difference in rock quality between the trough and the high and the intense fluid flow in the weathered, loosened zone of the basement. Our regional numerical simulation provides a good basis for predicting the interactions between different pore space usages, for determining the production yields to be protected, and can also be a useful tool for delineating geothermal protection zones.

*Keywords: hydrodynamic and heat transport modelling, geothermal potential, basement highs, UNFC-2009 method, FEFLOW® modelling software, pore space utilization*

---

#### Összefoglalás

Magyarország jórészt kiaknázatlan nagy entalpiájú geotermikusenergia-készlete lehetővé teszi áramtermelő geotermikus rendszerek létesítését. A mélységi geotermikus potenciál meghatározása, hasznosíthatóságának mértéke jelentős bizonytalansággal terhelt, melynek mértékét archív kutatási eredmények alapján készülő numerikus modellvizsgálatokkal csökkenthetjük. A nagy entalpiájú geotermikus energiahasznosítás, a hazai szerkezet- és szénhidrogén-kutatások során feltárt aljzati kiemelkedésekre fókuszál.

Vizsgálatunk célterülete, a Battonya–Pusztaföldvári-hát is mély árkokkal szegélyezett aljzati magaslat. Jelentőségét az elmúlt időszak geotermikus hasznosítást célzó kutatásai adják. Tanulmányunkban ismertetjük a Battonya–Pusztaföldvári-hát határon átnyúló 3D-s hidrodinamikai és hőtranszport modelljét, melyet szubregionális léptékben ekviporózus megközelítéssel készítettünk el. Alapvető célunk volt, hogy modellünkkel egyaránt leképezzük a hátság okozta hőanomáliát és az áramlási tér komplexitását. A szimuláció során az aljzati hátság mérésekkel detektált felfűtöttebb állapotát az árok és hátság közötti kőzetminőségi eltérése, illetve az alaphegység mállott, fellazult zónájának intenzívebb fluidum-áramlása eredőjeként állítottuk elő. Az általunk készített regionális numerikus szimuláció jó támpontot nyújt a különböző célú pórusterhasznosítások egymásra gyakorolt hatásainak előrejelzéséhez, védendő termelési hozamok meghatározásához, valamint hasznos eszköz lehet a geotermikus védőidom kijelöléséhez is.

*Kulcsszavak: hidrodinamikai és hőtranszport modellezés, geotermikus potenciál, aljzati magaslat, UNFC-2009 módszer, FEFLOW® modellező szoftver, póruster használat*

## Bevezetés

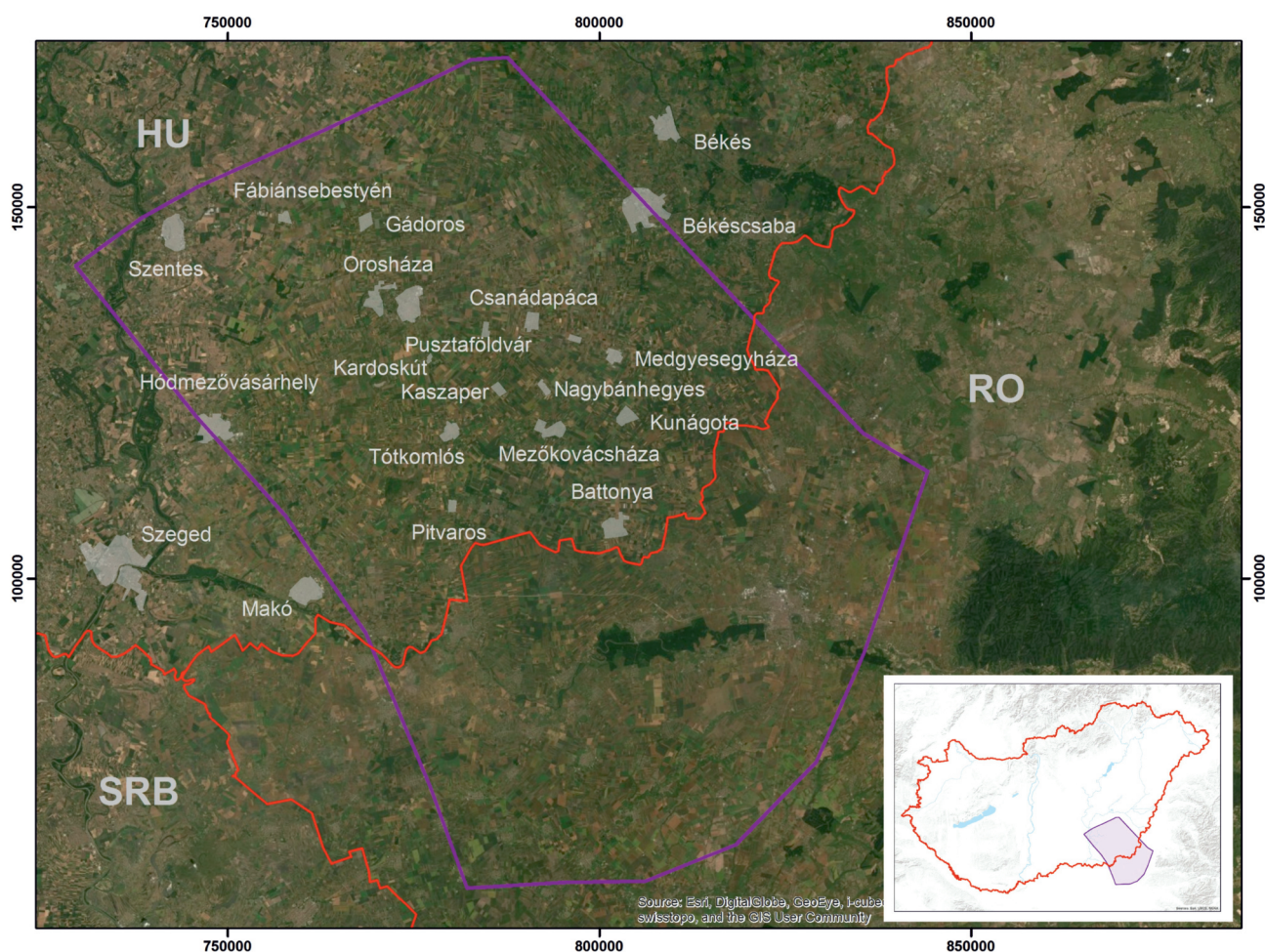
A társadalom és a gazdaság figyelme a karbonsemleges, fenntartható módon előállítható energiafajták kutatása és hasznosítása irányába fordult. A különböző energiafajták versenyeznek, melyikük adja a legnagyobb hasznot az okozott káros hatásokat (externáliákat) is figyelembe véve. A geotermikus energia zárt rendszerű hasznosítása lehet az egyik nyertese a karbonsemleges energiatermelésre való átállásnak. Bár Magyarországon a geotermikus energia részaránya az energiaellátásban – az ország potenciáljához képest – alacsony, lassú növekedésnek lehetünk tanúi (SZANYI et al. 2021). Az utóbbi évek technológiai fejlődése ellenére a geotermikusenergia-szektor növekedése nemzetközi szinten is elmarad más megújuló energiafajták hasznosításának mértékétől, különösen a nap- és szélenergia tekintetében (RYBACH 2010). A földhő ugyanakkor helyben található, időjárásfüggetlen energiaforrás, így egységnyi beépített teljesítmény hatékonyabban hasznosítható (REN21 2019, SZANYI 2019). Ez az energiátípus a földkéreg minden pontján jelen van, kinyerése fluidumhoz kötött. Bár a geotermikus energia kimeríthetetlennek tűnik – a Földön kitermelhető nem fosszilis energiafajták mintegy kétharmadát

képviseli (WEA 2000) – csak részlegesen tekinthető megújulóknak.

A geotermikus energia hasznosítása a pórusterrel való gazdálkodás egyik fontos formája. A pórusteret hasznosítjuk a termálvíz termelés-visszasajtolás, a CH-tárolás, CO<sub>2</sub> elhelyezés által, de a felszín közeli bányáüreg, bányák másodlagos hasznosítása is ebbe a témakörbe tartozik. A póruster mint hasznosítható véges térfogat a jövőben várhatóan jelentősen fel fog értékelődni.

A numerikus szimulációk nagyban segítik a geotermális folyamatok jobb megértését. Emellett a hidrodinamikai és hőtranszport modulok lehetővé teszik a dinamikus készletek becslését akár többféle forgatókönyv szerint. Ehhez mintaterületként a hazai EGS-kialakítás egyik célterületének tartott Battonya–Pusztaföldvári-hátat (1. ábra) választottuk (DÖVÉNYI et al. 2005, MÁDLNÉ SZÓNYI et al. 2008). A modellezett terület peremfeltételei okból átnyúlik Romániába is. Mivel a román területről kevés információval rendelkezünk, a magyar területrezen megismert szerkezeti és közzettani elemek folytonosságát tételeztük fel.

A hátságoknak, aljzati kiemelkedéseknek – köztük a Battonya–Pusztaföldvári-hátnak – már évtizedek óta kiemelt szerepe van a szénhidrogén-bányászatban, és a tenden-



1. ábra. A tanulmányozott terület műholdfelvételen ábrázolva ([m] EOv-koordináta rendszerben)

Figure 1. Satellite image of the study area ([m] in EOv coordinate system)

ciák is azt mutatják, hogy a geotermikus kutatások (HORVÁTH et al. 2015, VASS et al. 2018), illetve koncessziók is előszeretettel fókuszálnak ezekre a térségekre, pl. az EU-FIRE Battonya-projektje (<http://www.eu-fire.hu/pages/egshungary>) vagy Tótkomlóson a mezozoos aljzatra újonnan telepített kutakra épülő hőhasznosítás (<https://www.totkomlos.hu/palyazatok/KEHOP-5.3.2-17-2017-00013/>).

Örvendetes tény, hogy az Alföld aljzati képződményeiről alkotott ismeretanyag jelentősen bővült az utóbbi évtizedben (M. TÓTH et al. 2021), ugyanakkor a Battonya–Pusztaföldvári-hát kapcsán leginkább közvetett bizonyítékokra hagyatkozhatunk. Analógiaként hivatkozunk a bátaapáti kutatásra, ahol egy sekély mélységű eltemetett paleozoos rögnék a nagyon részletes és széles méretskálán végzett hidrogeológiai célú vizsgálatsorozata történt meg (BALLA et al. 2004). Tanulmányunk célja, hogy két részesre tervezett cikkünk első részében bemutassuk egy jó ismerettségű aljzati hát hidrodinamikai és hőtranszport modellezéséhez vezető utat, a megoldandó problémák körét, ami magába foglalja a hidrosztratigráfiai egységek megalkotását, valamint az adathiányok pótlását és a mérési (in situ, laboratóriumi) eredmények értelmezését is.

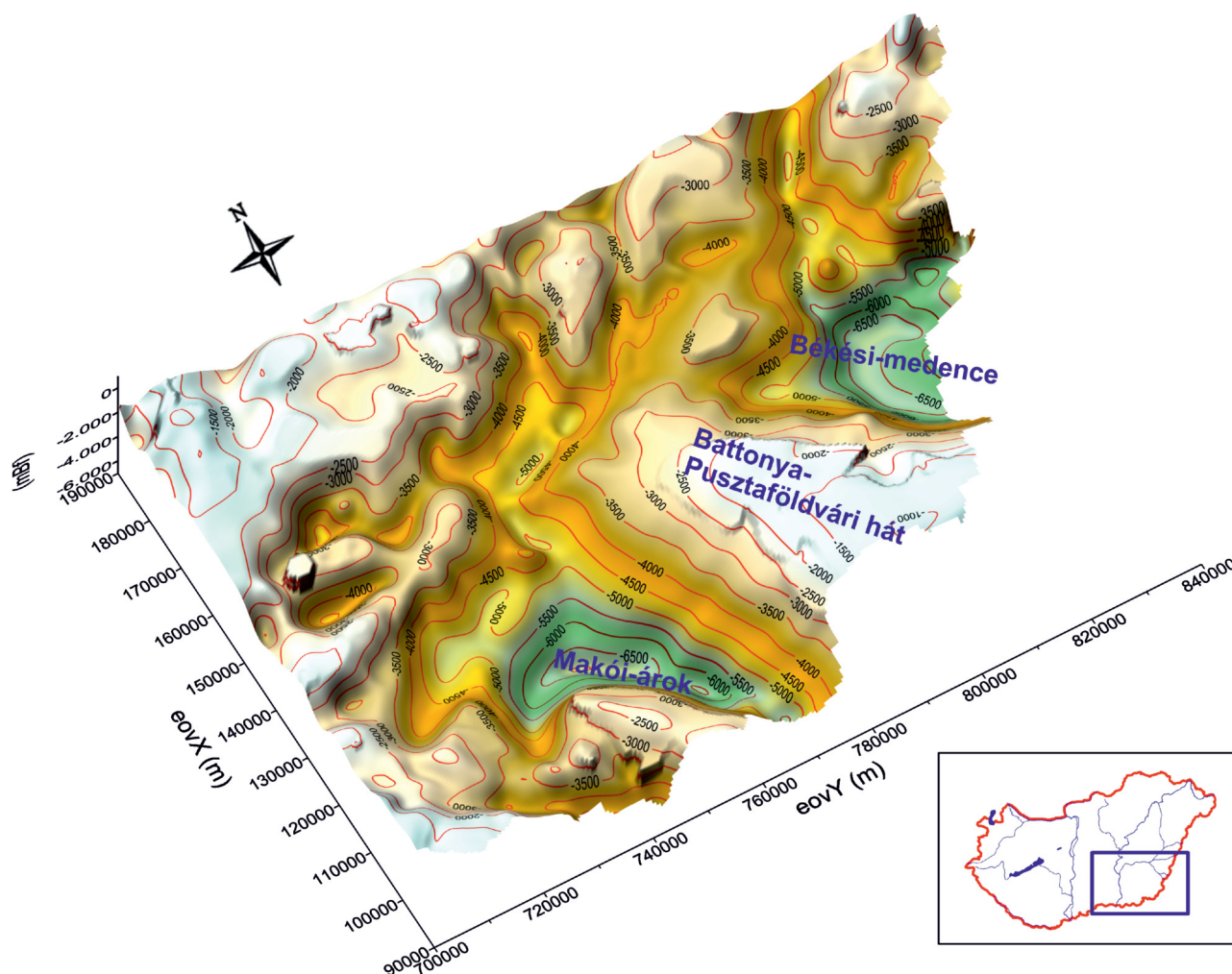
## Geológiai adottságok

### Földtani viszonyok

A tanulmányunkban vizsgált terület, a Battonya–Pusztaföldvári-hát pannóniaiánál idősebb képződményei a Tiszai-Főegységhez (FÜLÖP 1994), Magyarország nagyszerkezeti pásztái közül a takarós felépítésű Békés–Kodru nagyszerkezeti egységbe tartoznak (HAAS et al. 2010).

Az aljzat DK felé enyhén emelkedő gerince az országhatár mentén a tengerszint alatt 1000 méteres magasságba emelkedik ki a környezetéből (2. ábra), ÉK-i és DNY-i szomszédságában Magyarország két legmélyebb, –6500, illetve –7000 m-es mélységet is meghaladó neogén süllyedéke, a Békési-medence és a Makói-árok helyezkedik el. (HAAS et al. 2010). DANK & BÁN (1966) hívták fel a figyelmet a metamorf képződményekből és gránitból álló alaphegységi maximum ÉNy–DK-i morfológiai csapásirányára.

A prekainozoos aljzatot egymással ismeretlen genetikai kapcsolatban álló, közepes fokú metamorfitek és variszkuszi granitoid (Battonyai Komplexum) építik fel, melyet K-ról és Ny-ról a Makói-árok, illetve a Békési-medence fog

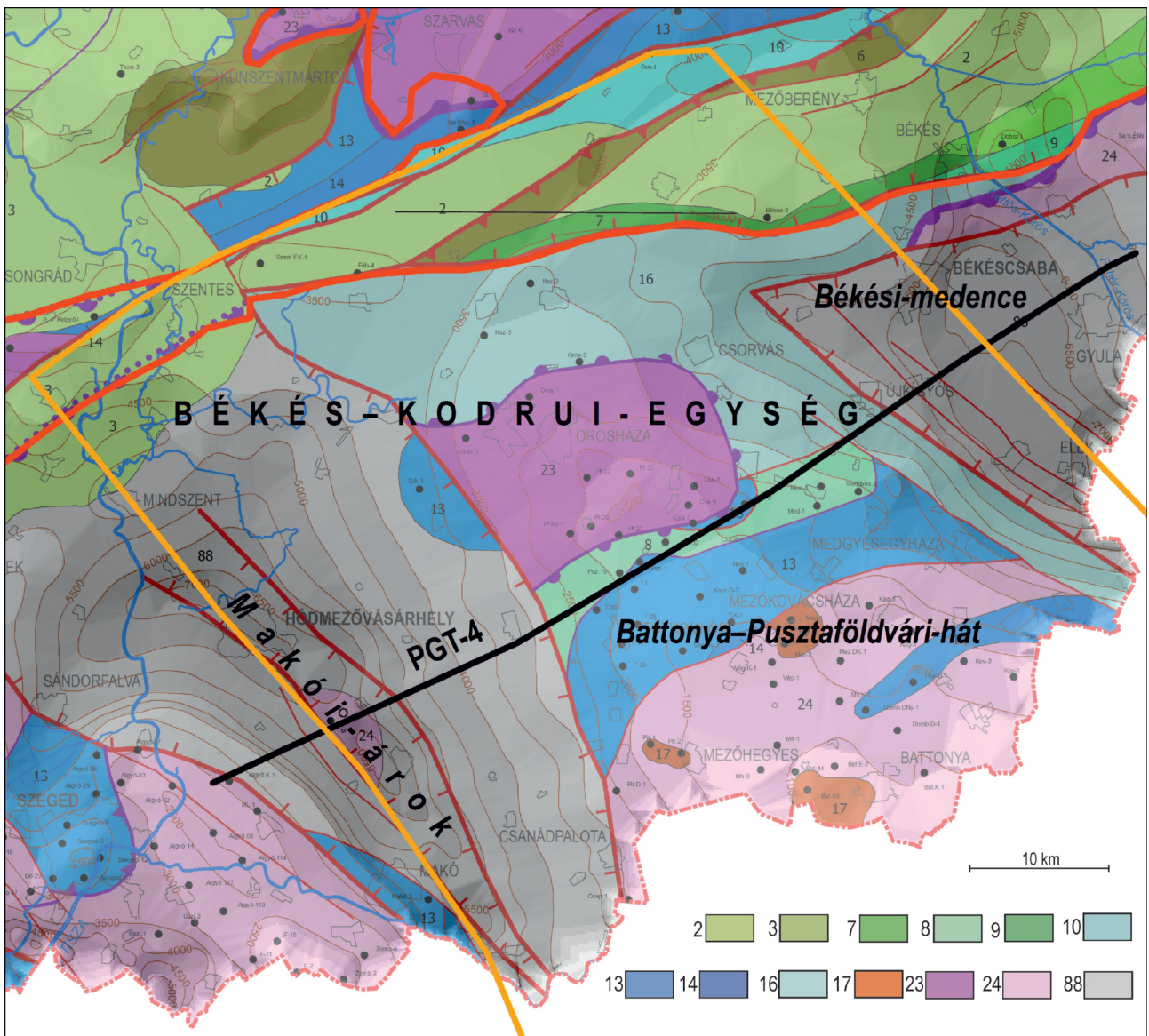


2. ábra. A prekainozoos aljzat tetőszint térképe a Battonya–Pusztaföldvári-hát térségében [mBf] SZANYI et al. 2015 alapján

Figure 2. The topography of the Pre-Cenozoic basement surroundings of Battonya–Pusztaföldvár High [masl] after SZANYI et al. 2015

közre (3. ábra). Pusztaföldvár környékén az üledékes eredetű metamorfitek dominálnak (Pusztaföldvári Csillámpala F.). A formációt csillámpala, kvarccsillámpala, csillámos kvarcit alkotja, uralkodó kőzettípus a kvarccsillámpala. A földpátok helyenkénti erősebb felszaporodásával, a csillám-tartalom csökkenésével gneisz jellegű kőzetsávok, lencsék is előfordulnak (NUSSZER 1985). Szerkezetileg határolódik el a Battonyai Komplexum tömege, melyre uralkodóan a migmatitok, granitoidok, valamint a mikroklin – blasztézi-ses kőzetek jellemzők (NUSSZER 1985).

A Pitvaros–Mezőkovácsháza–Kunágota települések vonalától D-re, az országhatárig terjedő terület aljzatát a Battonyai Komplexum kőzetei alkotják (FÜLÖP 1994): a fúrások intruzív granitoidot tártak fel. A granitoidból szeparált monacit Th–Pb kora 306–336 millió év, cirkon U–Pb kora 356 M év (lényegében egyidős a Mórággyi röggel [340 M év]), azaz variszkuszi (STEGENA & KISS 1967). A komplexum tömegében keskeny sávként megjelenő alsó triász rétegsor (Jakabhegyi Homokkő F.) É-i vergenciájú takarók közé csíródott be.



3. ábra. A vizsgált terület magyarországi részének prekainozoos térképvégváta (HAAS et al. 2010)

Jelkulcs: narancssárga vonal, modellhatár magyarországi képe; fekete vonal: PGT-4 Pannon Geotraverz mélyreflexió szelvény nyomvonal; 2: Senon flis; 3: Senon szárazföldi, sekély- és mélytengeri képződmények; 7: Alsó kréta pelágikus márga, mészkő; 8: Jura – alsó kréta pelágikus mészkő, márga; 9: Középső jura – alsó kréta pelágikus mészkő, tűzköves mészkő; 10: Alsó, középső jura pelágikus, finom sziliciklasztos öszlet; 13: Középső triász sekélytengeri, sziliciklasztos és karbonátos öszlet; 14: Alsó triász folyóvízi és delta fáciesű, sziliciklasztos képződmények; 16: Mezozoos képződmények tagolás nélkül; 17: Permi riolit; 23: Variszkuszi metamorf öszlet (gneisz, csillámpala, amfibolit); 24: Variszkuszi kristályos kőzetek tagolás nélkül; 88: ismeretlen medencealjzat

Figure 3. Pre-Cenozoic map of the study area – Hungarian part (HAAS et al. 2010)

Legend: orange line, Hungarian part of the model boundary; black line: location of the PGT-4 Pannon Geotraverz deep reflection line; 2: Senonian flysch; 3: Senonian continental, shallow and deep marine formations; 7: Lower Cretaceous pelagic marls, limestones; 8: Jurassic to Lower Cretaceous pelagic limestones, marl; 9: Middle Jurassic to Lower Cretaceous pelagic limestone, cherty limestone; 10: Lower and Middle Jurassic pelagic, fine-grained siliciclastic and carbonate formations; 13: Middle Triassic shallow marine siliciclastic and carbonate formations; 14: Lower Triassic siliciclastic formation of fluvial and delta facies; 16: Mesozoic rocks in general; 17: Permian rhyolite; 23: Variscan metamorphites (gneiss-micaschist-amphibolite); 24: variscan crystalline rocks in general; 88: unknown basement.



A Tótkomlós–Kaszaper–Nagybánhegyes–Medgyesbodzás–Medgyesegyháza települések mentén, 10–15 km széles vonulatban kora és középső triász, illetve jura korú kifejlődések (homokkő, mészkő, pelágikus mészkő, márgaképződmények és dolomit) alkotják az aljzat felszínét, melyek felnyúlnak az alsó krétáig. Csanádapáca–Kardoskút–Oroszáza térségében újra a metamorf aljzatkomplexum (tektonikusan erősen igénybevett, gyüredezett, milonitosodott gneisz és csillámpala – magkomplexum, melyről a Pannon-medence kialakulása során takarók csúsztak le), majd tovább ÉÉNy felé újra mezozoos képződmények alkotják az aljzatot (HAAS & BUDAI 2014).

A Szentes–Békés településektől északra már a Villány–Bihari-egység mezozoos képződményei adják az aljzat fő alkotóit.

A vizsgált területen a permet elsősorban a Gyűrűfői Lappilitufa (korábban Riolit) Formáció képviseli, amely sok helyen áttöri a gránitot, kora ~ 260 M év (RAUCSIK et al. 2019). Ennek kialakulása az alpi ciklus kezdetéhez, a Neotethys-óceán felnyúlását megelőző kontinentális riftesedéshez kapcsolódik. SZEMERÉDI (2020) megállapította, hogy a variszku-szi battonyai gránit és a battonyai permisavanyú vulkanitok nem állhatnak egymással plutoni–vulkáni kapcsolatban. A riolit repedezett, tetőzónája mállott; a területen általában a pannóniai bázisképződmények fekéjében található.

Az alsó triász Jakabhegyi Homokkő Formáció folyóvízi és deltaüledékekből felépülő, sziliciklasztos összlete helyenként bizonyítottan diszkordánsan települ a gránitos aljzatkomplexumra. A medence további süllyedésének köszönhetően a középső triász anisusi emeletét már a sekélytengeri lagúnakörnyezetben lerakódott, sötétszürke vagy fekete, erősen breccsás Szegedi Dolomit Formáció képviseli (BÉRCZINÉ MAKK 1993a; 1998). A ladin–karni emeletet a szintén lagúnakörnyezetben képződött Csanádapácai Dolomit Formáció képviseli BÉRCZINÉ MAKK, 1993b, alsó részén barnásszürke breccsás dolomit, e fölött világosszürke dolomit. A Csanádalberti–Tótkomlós–Pusztaszőlős–Kaszaper, Csanádapáca–Medgyesbodzás településeken keresztül húzott vonalban a Kodruai kifejlődésű mezozoikum minden tagja megtalálható. (SZEPESHÁZY 1978 IN BÉRCZINÉ MAKK 1985).

A jura kifejlődést a triász dolomit rétegsor fedőjében helyenként crinoideás „menyházi mészkő” (Moneasai Formáció) nagy vastagságú, alsó jura mészmárgaösszet alkotja. Ismert a területen a felső jura – alsó kréta calpionellás, radiolariás Pusztaszőlősi Márga Formáció, valamint a Pusztaföldvári Márga Formáció is.

A vizsgálatba vont terület északi részén a Villány–Bihari-egység mezozoos képződményei találhatók az aljzatban: a törmelékes alsó triász (Jakabhegyi Homokkő Formáció), a sekélytengeri sziliciklasztos és karbonátos középső triász (Csanádapácai Dolomit Formáció) és az alsó–középső jura pelágikus képződmények mellett alsó kréta pelágikus márga és platform mészkő is megjelenik egy vékony pásztában.

A prekainozoos aljzat eróziós felszínére jelentős üledék-hézaggal települnek a miocén képződmények. Kifejlődési

jellegüket, elterjedésüket és vastagságukat az aljzat miocén szerkezetalakulása, morfológiája határozta meg.

A magmás és metamorf komplexumokból felépülő medencealjzat felszínén a szerkezeti zónákhoz kapcsolódóan felszíni egyenetlenségek alakultak ki. A kora badeni szerkezeti mozgásokra a badeni rétegsor bázisán megjelenő breccsa-konglomerátum, illetve durva törmelékek jelenléte utalhat és a badeniben újrainduló üledékképződés.

A badeni rétegsor bázisképződményét durvatörmelékes konglomerátum képezi, amely a szétcsúszó aljzatblokkok közötti árkokban rakódott le (BALÁZS et al. 2016). Települési helyzete változatos, többnyire alaphegységi kőzetek törmelékanyagát tartalmazza, kötőanyaga rendszerint vörösgyag. A badeni tengeri üledékképződés szigettengeri környezetben zajlott, amelyet változatos litofáciesek képviselnek.

A transzgressziós rétegsor bázisán konglomerátum, karbonátos homokkő, aleurit jelenik meg. Néhány fúrás biogén mészkövet is feltárt. A badeni képződmények szerkezetföldtani szempontból lényeges tulajdonsága a rendkívül változatos kifejlődési vastagság és települési mélység. A Battonya–Pusztaföldvári-háton a színrift süllyedés során képződött üledékek közül a szarmata durvatörmelékes kőzetek kevés fúrásból ismertek, és mélységintervallumukat tekintve is rendkívül szórta az előfordulásuk.

A pannóniai üledékképződés kezdetén a Battonya–Pusztaföldvári-hát szárazulat volt (MAGYAR et al. 2004). A pannóniai üledékek vagy közvetlenül a paleozoos-mezozoos alaphegységre települtek vagy a foltokban előforduló prepannóniai miocén képződményekre transzgregáltak.

Az alaphegységi kiemelkedések fölött általában, így a Battonya–Pusztaföldvári-hátságon is, az első pannóniai képződmény a Békési Konglomerátum Formáció (JUHÁSZ et al. 2006). Távol a behordási területektől, a medence legbelső részén kondenzált rétegsorok (mészmárga, márga, agyagmárga települtek. A medencékben ezek alkotják az Endrődi Márga Formációt (JUHÁSZ et al. 2006). A Tótkomlói Mészmárga Tagozat mészmárga-, márgarétegeivel indul, majd fölfelé fokozatosan nyílt vízi agyagmárgába megy át (JUHÁSZ 1994). A mészmárgaösszletre egyedül a Magyarbánhegyes Mbh–1 fúrásban (2431–2443 m) települ vékony bazaltglomerátum (Keceli Bazalt Formáció), amely a pannóniai vulkanizmus jele a Battonya–Pusztaföldvári-háton (SZENTGYÖRGYI et al. 2010). A mélyvízi márgák fölött a finomszemcsés homokkő és agyagmárga váltakozásából álló turbiditösszlet települ. A formáció a kiemelt háton kiemelkedik, de a környező árkok területén igen jelentős, több mint 1000 m-es vastagságban is megjelenik. A turbiditokra a körülbelül 3–7° lejtésű selflejtőn lerakódott Algyői Formáció települ.

Összességében a korábban „alsó-pannóniainak”, jelenleg Alföldi Formációcsoporthoz nevezett képződményegyüttes, mely az alábbi formációkra tagolható: Békési Konglomerátum, Endrődi Márga, Szolnoki Homokkő és Algyői Formáció. Ezen összlet a Battonya–Pusztaföldvári-hát területén mintegy 600–800 méter vastag, míg a Makói-árok irányában a 2500–3500 métert, a Békési-medence felé pedig a 3000 méter vastagságot is eléri.

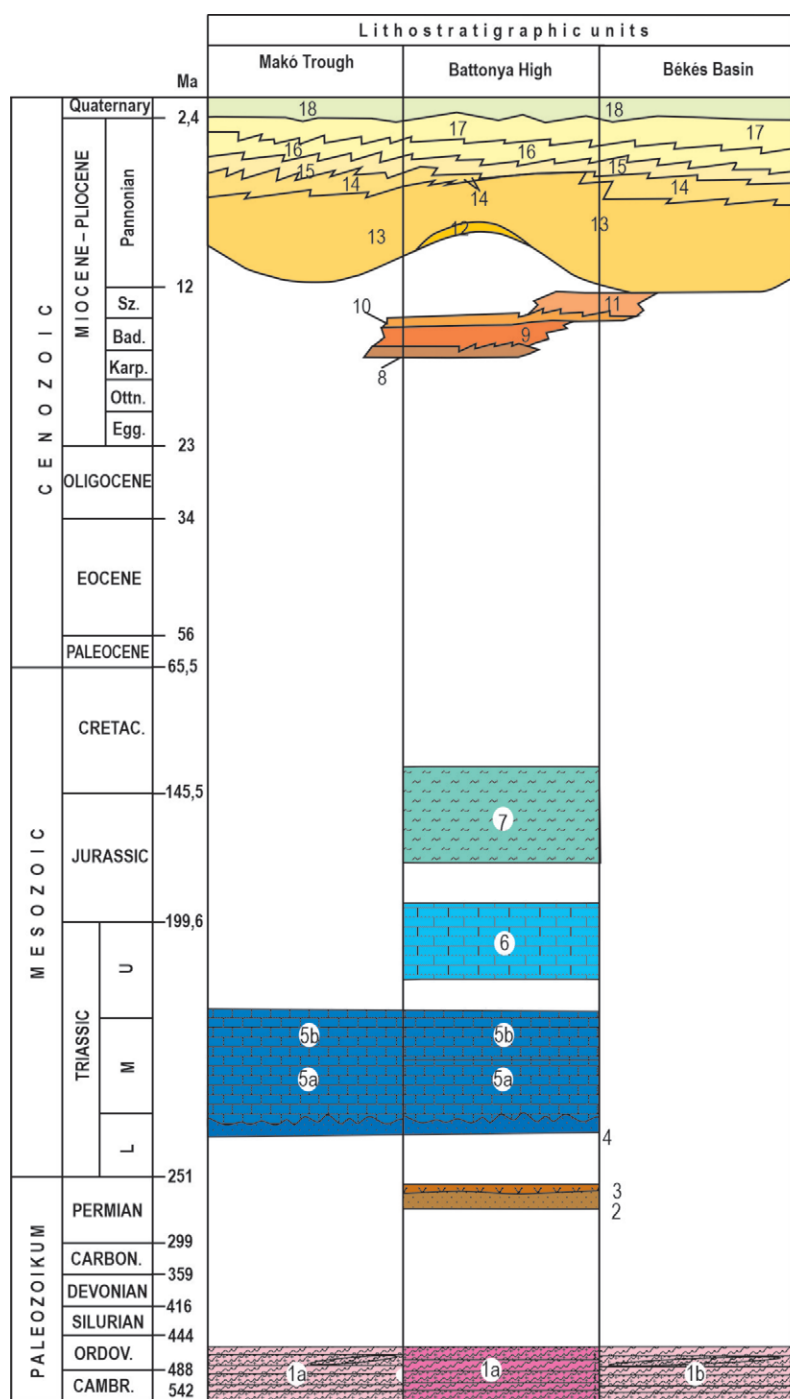
A pannoniai üledékgyűjtő fokozatos feltöltődésével a Pannon-tó peremei mentén part közeli környezetben zajlott az üledékképződés. Ennek során uralkodóan deltaüledékek, majd ezt követően folyóísi üledékek rakódtak le. Az Újfalui és Zagyvai Formációk mint a Dunántúli Formációcsoport tagjai együttesen a Battonya–Pusztaföldvári-hát területén mintegy 600–800 m vastagságúak, a medencék irányában azonban elérhetik a 2000 métert is.

Ezen rétegek általánosságban jó vízvezető és víztároló képességgel jellemezhetők, a termálkutak többsége is ezeket szűrőzi. A pliocénban és a negyedidőszakban a területen folytatódott a folyóísi, tavi, mocsári üledékképződés. A mélymedencékben az üledékképződés folyamatos volt, a

negyedidőszaki üledékek vastagsága a 600–800 métert is elérheti, míg a kiemelt hátságon a rétegsor a kisebb süllyedés okán sokkal vékonyabb (alig 150 méter). A késő pleisztocén során a Maros épített hordalékkúpot a területen (SÜMEGHY et al. 2013). A würm folyamán lösz, löszös homok halmozódott fel (URBANCSEK 1977). A holocénben a folyóísi üledékképződés mellett a lösz áthalmozódása zajlik.

A Makói-árok – Battonya–Pusztaföldvári-hát – Békési-medence összesített földtani felépítése három külön oszlopba tagolva látható (4. ábra).

A Battonya–Pusztaföldvári-hát aljzati kiemelkedésének morfológiáját a Pannon-medence neogén riftesedésében is döntő szerepet játszó ÉNy–DK-i csapású, többségében nor-



**4. ábra.** A Makói-árok, a Battonya–Pusztaföldvári-hát és a Békési-medence elvi rétegszlopa (HAAS & BUDAI 2014 alapján módosítva SELMECZI, PIROS, KUN in RMAN et al. 2021)

Jelmagyarázat: V V V - vulkáni tevékenység nyomai. A szelvényen szereplő képződmények: 1. a, b, Variszki metamorfit és kristályos összlet (gneisz, csillámpala, amfibolit, gránit) [Battonyai Komplexum]; 2. Permi szárazföldi törmelék összlet [Korpádi Homokkő F.]; 3. Permi riolit [Gyűrűfői Lapillitufa F.]; 4. Alsó triász folyóísi és delta eredetű, sziliciklasztos képződmények [Jakabhegyi Homokkő F.]; 5a, 5b. Középső triász sekélytengeri, sziliciklasztos és karbonátos összlet [Csanádapácai Dolomit F. és Szegedi Dolomit F.]; 6. Jura sekélytengeri és kondenzált pelágikus mészkőösszlet; 7. Jura - alsó kréta pelágikus mészkő, márga [Pusztaszőlősi Márga F.]; 8. Alsó badeni breccsa-konglomerátum [Lajtai Mészkő F., Abonyi T.]; 9. Badeni sekélytengeri biogén mészkő [Lajtai Mészkő Formáció]; 10. Szarmata bázistörmelék [Tinnyei Mészkő Formáció Dombegyházai Tagozat]; 11. Szarmata sekélytengeri karbonátos és sziliciklasztos összlet [Tinnyei Mészkő Formáció és Kozárdi Formáció]; 12. Pannoniai litorális konglomerátum, homokkő [Békési Konglomerátum F.]; 13. Pannoniai nyílt tavi mészmárga, márga, agyagmárga [Endródi Márga F., Tötömlői Mészmárga T.]; 14. Pannoniai mélyvízi turbidit eredetű összlet [Szolnoki F.]; 15. Pannoniai víz alatti lejtőkörnyezetben lerakódott üledékek [Újfalui F.]; 16. Pannoniai delta eredetű sziliciklasztos összlet [Zagyvai F.]; 17. Pannoniai folyóísi és ártéri eredetű sziliciklasztos összlet [Zagyvai F.]; 18. Negyedidőszaki ártéri és meder üledékek

**Figure 4.** Lithostratigraphic column of the Makó Trough, Battonya-Pusztaföldvár High and the Békés Basin (Modified based on HAAS & BUDAI 2014, SELMECZI, PIROS, KUN in RMAN et al. 2021)

Legend: V V V - traces of volcanic activity. Formations seen in the profile: 1. Variscan crystalline rocks without subdivision and metamorphites (gneiss, mica, amphibolite); 2. Permian continental clastic formations; 3. Permian rhyolite; 4. Lower Triassic siliciclastic formations of fluvial and delta facies; 5 a, 5 b. Middle Triassic shallow-marine, siliciclastic and carbonate formations; 6. Jurassic shallow-marine and condensed pelagic limestone formations; 7. Jurassic - Lower Cretaceous pelagic limestones, marls; 8. Lower Badenian breccia-conglomerate; 9. Badenian shallow-marine biogenic limestones; 10. Sarmatian basal debris; 11. Sarmatian shallow-marine carbonate and siliciclastic beds; 12. Pannonian littoral conglomerates, sandstones; 13. Pannonian open-lake calcareous marls, marls, argillaceous marls; 14. Pannonian deep-water succession of turbidite origin; 15. Pannonian sediments of delta-slope facies; 16. Pannonian siliciclastic succession of littoral facies; 17. Pannonian siliciclastic succession of fluvial and lacustrine facies; 18. Quaternary sediments

márvetőként működő szerkezeti elemek határozzák meg (5. ábra). Az átlagos hőáramgörbe maximumot jelez a Battyonya–Pusztaföldvári-hát felett, ahol a gravitációs anomália negatív (5. ábra). A kora miocén szinrift fázis nagymértékű tágulást eredményezett, minek következtében az alaphegység kőzettömegei laposszögű normál vetők mentén gravitációsan lecsúsztak egymásról (TARI et al. 1999).

Az így képződött mély medencék a PGT-4 mélyszeizmikus szelvény tanúsága szerint (POSGAY et al. 1996, HAJNAL et al. 1996) félárkoszerkezetek (BALÁZS et al. 2016), mint pl. a Makói-árok és a Békési-medence. Ez a szerkezet hatással van a süllyedékek közötti hátaik szerkezetére is, így a Battyonya–Pusztaföldvári-hát DNy-i lejtői több kisebb vetővel szakadnak le a Makó-árok felé. Lehetnek azonban a szinrift tágulásra merőleges (ÉK–DNy) félárkok, árkok is, ezekben a szinrift üledékek akár nagyobb vastagságban is megőrződhetnek.

Hidrogeológiai és hévíztermelési szempontból célszerű különválasztani a medence aljzatát adó repedezett, olykor karszosodott kőzeteket a medencét kitöltő regionális áramlási rendszerrel jellemezhető üledékösszletektől (SZANYI & KOVÁCS 2010, HORVÁTH et al. 2015, VASS et al. 2018). Az aljzathoz tartozó képződmények gyakran a felszínen is megtalálhatók (vagy földtani, hidrodinamikai analógiák alapján

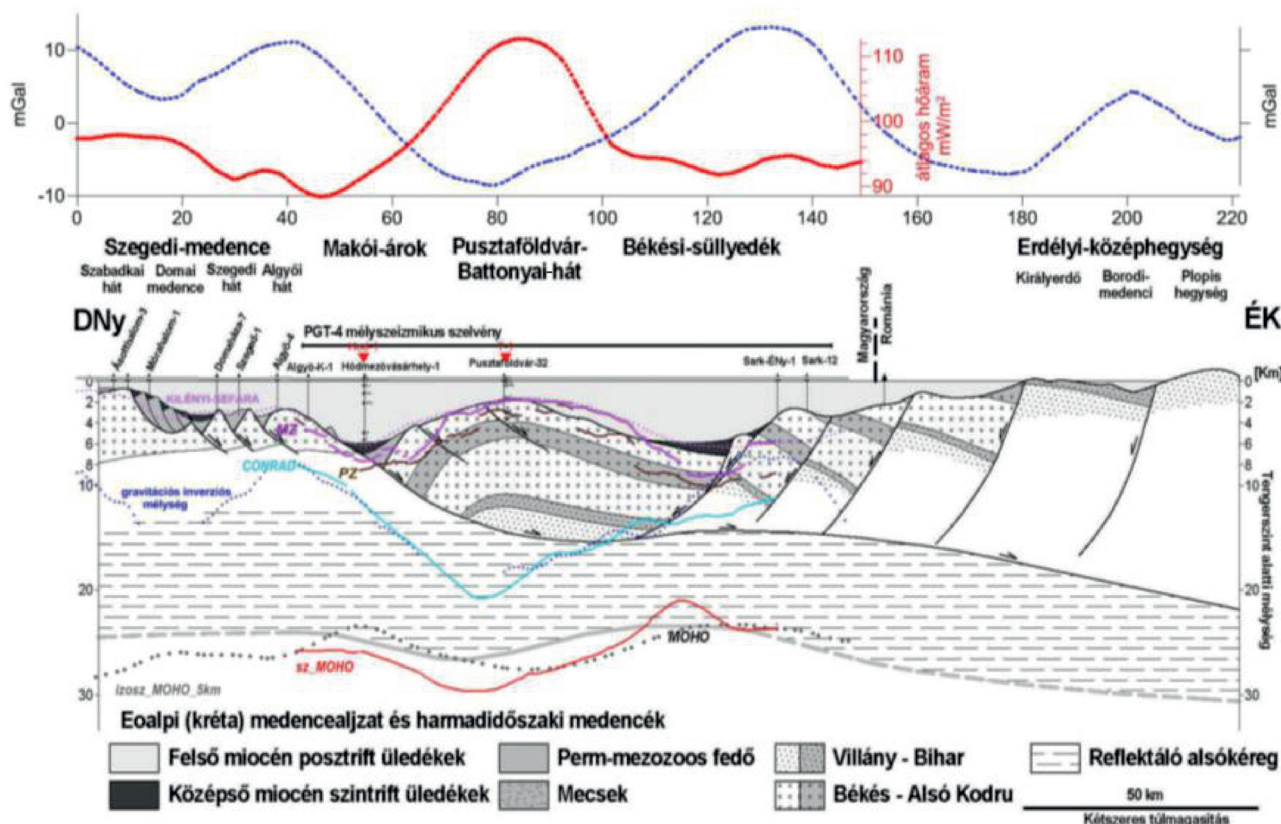
megismerhetők), tanulmányozásuk ezért nem csak mélyfúrásokban lehetséges. Az aljzat fő tömegét alkotó metamorfizálódott paleozoos kőzetek mellett helyenként mezozoos karbonátos képződmények is előfordulnak, melyek jó vízádók is lehetnek.

### Vízföldtani és áramlási viszonyok

A felszín alatti vizek mozgását alapvetően három hajtóerő határozza meg: a gravitáció, a fluidum sűrűségkülönbsége, valamint a medence összepréselődését kiváltó kompresszió és kompaktáció.

A Pannon-medencében alapvetően két, függőlegesen egymásra épülő áramlási rendszer definiálható: egy felső, „gravitáció által vezérelt” áramlási rendszer és egy alsó, többnyire „túlnyomásos” áramlási rendszer, melyeket a késő miocén mélyvízi, tavi agyagos képződmények választják el (ERDÉLYI 1979, MARTON 1982, ALMÁSI 2001, TÓTH & ALMÁSI 2001).

A „gravitáció által vezérelt áramlási rendszer” általában a felszíntől a pannóniai korú turbidites homokkővek aljáig terjed. A felső áramlási rendszerhez tartozó, jellemzően jó áramlási adottságú összletek közé települő agyagos rétegek lassítják a vízádó rétegek közötti szivárgást, de nem gátolják meg.



5. ábra. A.) Neogén szerkezetek csapásirányára merőleges, regionális földtani szelvényvázlat a Pannon-medence DK-i részén (TARI et al. 1999), a PGT-4 mélyszeizmikus szelvény nyomvonalán (2. ábra), kiegészítve KILÉNYI & SEFARA (1991) által meghatározott medencealjzat mélységével (lila vonal) illetve KISS és szerzőtársai (2015) által értelmezett szeizmikus szintekkel (kék vonal: Conrad-felület, piros vonal: Moho-felület); B.) A Bouguer-anomália görbe (kék) és az átlagos hőáram (piros) érték a szelvény mentén (KISS et al. 2015)

Figure 5. A.) Geological sketch, perpendicular to the strike direction of the Neogene structures, along the PGT-4 seismic section (Figure 2) at the SW part of Pannonian Basin (TARI et al. 1999), supplemented by the basin depth (purple line; KILÉNYI & SEFARA 1991) and seismic levels (blue line: Conrad surface, red line: Moho surface) interpreted by KISS et al. 2015; B.) The Bouguer anomaly curve (blue) and the mean heat flux (red) along the section (KISS et al. 2015)

A vizsgált terület K-i és Ny-i peremeit adó mély árkokban az alsó áramlási rendszerhez tartozó mélyvízi (tavi) üledékekben extrém túlnyomás tapasztalható, mely érték elérheti a 40 MPa-t is, pl. a Makó-7 fúrásban 6000 m-es mélységben több mint 1000 bar és 250 °C-nál nagyobb hőmérséklet van (LAW et al. 2009, BADICS et al. 2011). Ugyanakkor az alsó áramlási rendszerhez tartozó, magasabb helyzetű aljzati képződményekben is előfordulhat hidrosztatikus közeli nyomás, mint a Battonya–Pusztaföldvári-hát esetében. A vizsgált területen korábban végzett szénhidrogén-kutatások (BALÁZS et al. 1999, TÓTHNÉ MEDVEI et al. 1999, ALMÁSI 2001, SZENTGYÖRGYI et al. 2010) alapján az alsó mezozoos–paleozoos zóna képződményeiben a tárolóképességet leginkább a tektonika alakította ki, ahol az aljzat felső mállott zónája is tárolóvá válhatott. Karbonátos aljzat esetén a paleokarsztos, hipogén karsztos (GOLDSCHIEDER et al. 2010) folyamatok következtében kitágult repedeshálózat, üreg-járat rendszer mérete, állapota határozza meg a víztároló képességet. A lemélyült szénhidrogén kutató fúrások adatai alapján a rétegnomás hidrosztatikus közeli vagy a hidrosztatikusnál kisebb, pl. Medgyesbodzás Med-4 jelű fúrás 2730 m-es mélységében az egyensúlyi telepnomás  $P_{wst}=25,1$  MPa volt, és a sótartalom meghaladta a 10 g/l értéket (ZILÁHI-SEBESS & GYURICZA 2013), ami az ülepedéssel közel egyidős eredetre utal. Az alsó áramlási rendszeren belül is vannak köztes (oldalirányban 1–10 km) és kis helyi áramlási rendszerek, melyek kapcsolatban lehetnek egymással, általában kis fluxussal.

Az aljzati képződmények repedezettsége a vízáramlás mellett a szénhidrogének migrációjában és csapdázódásában is fontos szerepet játszott. Ezért egy esetleges geotermikus kutatás és víztermelés esetén a szénhidrogén-kitermelés zavaró interferenciát okozhat. Az alaphegységben tektonikai folyamatok következtében repedezett, mállott, tárolóként értelmezhető térrészek jöttek létre, valamint az „üde” karbonátos, repedezett sziliciklasztos, vagy granitoid és metamorf képződmények is rendelkezhetnek lokálisan magasabb porozitás- és permeabilitásértékekkel, és válhattak ezáltal potenciális rezervoárokká (VASS et al. 2018).

Felfelé haladva rossz vízvezetőnek minősülő mélyvízi tavi képződményeket a regionális elterjedésű sekélyvízi tavi delta homokos termálvíztartó, majd folyóvízi, ártéri üledékek követik, melyek vastagsága a hát területétől a medencék felé fokozatosan növekszik. Hévízbeszerzés szempontjából legjelentősebb regionális rétegvízadó a delta üledékeket képviselő Újfalui Formáció, annak is a homokosabb rétegei.

A térség talajvíztartó képződményei a holocén és felső pleisztocén korú folyóvízi homokos, illetve infúziós löszös rétegeiben alakultak ki, vastagságuk a néhány méterestől a több tíz m-ig terjed. A domborzatkövető talajvíz zömmel a felszín alatt 3–4 méterre húzódik.

A vizsgálatba vont területen nagyjából két hideg porózus (p.2.13.1 és p.2.13.2), és két termál porózus (pt.2.1 és pt.2.3) víztest (a vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés legkisebb alapeleme, vizeink.hu) azonosítható, melyek hidraulikailag szoros kapcsolatban állnak egymással. A VGT2 (Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási terve első felülvizsgálat) mi-

nősítése alapján mennyiségi szempontból három víztest jó minősítést kapott, de a pt.2.1 termál víztest esetében fennáll a gyenge állapotba sorolás kockázata, ugyanis a víztestben túltermelés jelei mutatkoztak.

### Potenciális termálvízadók jellemzése

A korábbi szerkezetalakulási folyamatok szükségszerűen hatást gyakoroltak a termálvíztartó összetevők horizontális és vertikális szivárgáshidraulikai jellemzőire. A földtani eredetű áramlási kényszerpályák alapvetően meghatározzák az utánpótlódási útvonalakat, a jelen lévő vizek összetételét, korát, sok esetben a mélyebb régiók sós vizének sekélyebb szintekbe jutását.

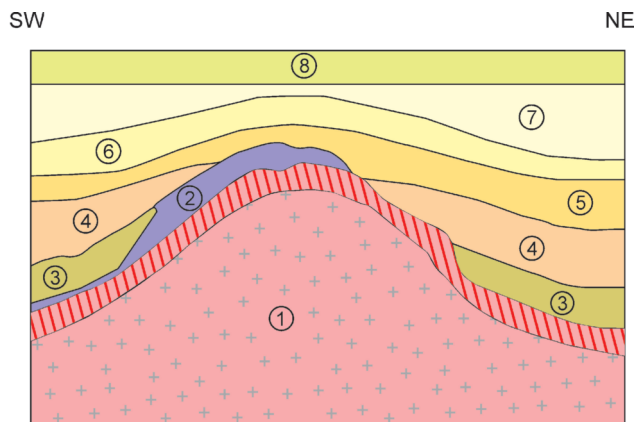
A potenciális rezervoárok kijelölése elsősorban szénhidrogén-kutatások adatain alapul, termálvíz kutató porózus sekélytengeri formációkon kívül alig mélyültek, kivételként jelentenek a mezozoos karbonátos aljzatot elérő tótkomlói fúrások (TK-T-1, TK-T-2; <https://www.totkomlos.hu/palyazatok/KEHOP-5.3.2-17-2017-00013/>). Ennek oka általában a várható alacsony vízhozam és nagy sótartalom.

A pilletterületen a szénhidrogén-ipari adatok alapján (TATÁR et al. 1999, SZENTGYÖRGYI et al. 2010) meghatározott legfontosabb tárolókőzeteket – melyek a geotermikus hasznosítás szempontjából vízadó összetételnek tekintendők – és az általában nem vízvezetőként jellemezhető hidrosztratiográfiai egységeket a 6. ábra szemlélteti.

1. Alaphegységi paleozoos metamorfitek, gránit (Battonyai Komplexum), permi riolit, riolittufa (Gyűrűfüi Riolit Formáció) felső, repedezett zónája és töredezett, mállott felszíne; a sraffozott rész a mállott zónát szimbolizálja (geotermikus hasznosítás lehetséges célrétege);

2. Alsó triász repedezett homokkő (Jakabhegyi Homokkő Formáció), középső triász repedezett, breccsásodott dolomit (Szegedi és Csanádapácai Dolomit Formáció);

3. Középső miocén, badeni és szarmata konglomerátum, homokkő, biogén mészkő (Abonyi T., Lajtai Mészkő Formáció, Tinnye Mészkő F, Kozárdi F.);



6. ábra. A Battonya–Pusztaföldvári-hát releváns hidrosztratiográfiai egységei elvi szelvényen ábrázolva (Horizontális kiterjedés: 70 km, vertikális kiterjedés: 10 km, a rétegek vastagsága nem léptékhelyes)

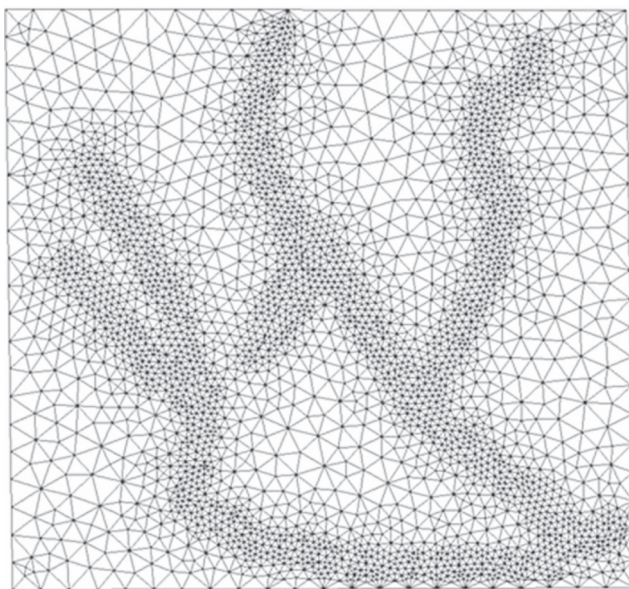
Figure 6. Hydrostratigraphic units of the Battonya–Pusztaföldvár High (Horizontal extent: 70 km, vertical extent: 10 km; the thickness of the layers is not to scale)

4. Pannóniai konglomerátum, homokkő (Békési Konglomerátum Formáció);
5. Pannóniai aleuritos mészmárga repedezett zónái (Endrődi Márga Formáció, Tótkomlói Mészmárga Tagozat);
6. Pannóniai lejtőelőteri turbidites homokkőösszetétel homokos részei (Algyői Formáció, az árok felett Szolnoki F. is);
7. Pannóniai delta kifejlődésű, különböző típusú zátony- és mederhomokkőtestek, (Újfalui F.);
8. Kvarter képződmények.

### A hidrodinamikai és hőtranszport szimuláció módszertana

Hidrodinamikai és hőtranszport folyamatok vizsgálatánál mind a véges differencia, mind a véges elem módszert alkalmazó numerikus szoftverek használata elterjedt. Jelen feladat megoldásához a véges elemes FEFLOW® szoftvert választottuk, mely esetében a térbeli diszkrétizációnak (hálógenerálásnak) hangsúlyos szerep jut. A véges elem módszer lehetővé teszi a modellezett tér tetszőleges csomópontú felosztását, ezáltal a fontos térrészeket nagy, míg a kevésbé lényeges területeket kis hálósűrűséggel fedhetjük le (7. ábra). Számolás során az egyes elemek mentén az adott attribútum értékét előre felvett paramétereket tartalmazó függvényekkel közelíti, majd ezt a szomszédos elemek határai mentén valamilyen hibaelv alapján illeszti (lokális approximáció elve) (KOVÁCS & SZANYI 2004).

A modellezéshez szükséges hidrodinamikai paraméterek jól ismertek (porozitás, szivárgási tényező, permeabilitás, tárolási tényező), ezért itt elsősorban a hőtranszportszámítások adatfajtáit részletezzük. A hőtranszportfolyamat egyenleteinek megoldásához az I. táblázat szerinti paraméterek szükségesek a modell által kívánt mértékegységben.



7. ábra. Vonalas elem (pl. töréshálózat) hatása a hálókiosztásra (erőteljes sűrítés esetében)

Figure 7. Effect of a linear element (eg fracture network) on mesh distribution (in the case of high refinement)

I. táblázat. A FEFLOW® szoftverben figyelembe vett input hőtranszport-paraméterek alapértelmezett mértékegységükkel feltüntetve

Table I. Input heat transport parameters taken into account in the FEFLOW® software indicated in their default units

Input hőtranszport-paraméterek
rétegvastagság
porozitás
fajhő / fajlagos hőkapacitás (áramló folyadék és kőzet) [J/m <sup>3</sup> K]
hővezetőképesség (áramló folyadék és kőzet) [J/m s K]
hővezetőképesség anizotrópia faktora: $\lambda_{xx,yy} / \lambda_{zz}$
longitudinális diszperzivitás [m]
transzverzális diszperzivitás [m]
források és nyelők (áramló folyadék, ill. kőzet) [J/m <sup>3</sup> K d]
rekesztő réteg hóáteresztő képessége [J/m <sup>2</sup> d K]

A hőtranszportfolyamat szimulációja a szoftver eszközkészletében többféle módon megvalósulhat: a legegyszerűbb, mikor a sűrűségkülönbség nem játszik szerepet az áramlás alakulásában. Következő lépcsőben a sűrűség–hőmérséklet függvényt konstanssal vagy hatodfokú polinommal lehet közelíteni. Végül a viszkozitás hőmérsékletfüggő változását is beépíthetjük a hőtranszportmodellbe. Jelen tanulmányban a sűrűségfüggés nélküli hőtranszport-szimulációt választottuk.

### Hidrodinamikai és hőtranszportszámítás alapadatai

A hidrodinamikai és hőtranszport-modellezési vizsgálatokban számos, a modellezett kőzetekre, illetve az áramló fluidumra jellemző paramétert kell megadni.

A Battonya–Pusztaföldvár-hát térségéről az információink zömmel a fúrások és kutak adataira épülnek, melyek a már említett battonyai, gádorosi koncessziós jelentésekben (HORVÁTH & MAROS 2012, ZILÁHI-SEBESS & GYURICZA 2013) és kútkönyvekben lettek publikálva. Ismert tény a hártság hőáramanomáliája a peremi árkokhoz képest: átlag hőáramérték Tótkomlós T–I fúrásban  $106 \pm 15\%$  mW/m<sup>2</sup>, míg a Makói-árokban mélyített Hód–I fúrásban mintegy 30%-kal kisebb  $82 \pm 10\%$  mW/m<sup>2</sup> (DÖVÉNYI & HORVÁTH 1988, LENKEY et al. 2021).

Ahol nem állt rendelkezésünkre konkrét adat, ott kiindulásként olyan enciklopédikus tanulmányokban megjelent adatokat alkalmaztunk, mint FREEZE & CHERRY „Groundwater” (1979) vagy a magyarországi vízföldtani helyzetet átfogóan bemutató, MARTON Lajos által írt *Alkalmazott hidrogeológia* (2009) című könyvek. TÓTH et al. (2013) által közreadott „Pannon-XL medence léptékű modellje” című munkából a magyarországi térrész porózus összeleteire kaptunk kiindulási adatokat a pannóniai rétegek fekvésintéjével bezárólag.

A repedezett, karsztosodott aljzati kőzetek szivárgáshidraulikai paramétereit többek között magvizsgálattal, szivattyútesztel vagy geofizikai mérések transzponálásával lehet meghatározni. Analógia szempontjából kiemelendő a bátaapáti kutatás jelentősége, ahol a legszélesebb méretskálán történtek vizsgálatok pl. pakkeres kútesztek, kút-geofizikai vizsgálatok, in-situ és magvizsgálattal stb. (ZILÁHI-SEBESS et al. 2007)

Fontos megjegyezni azonban, hogy a modellparaméterek szervesen összetartoznak a modellter szerkezeti felépítésével, rétegekiosztásával, peremfeltételeivel. A futtatások során kalibrációs céllal iteratív (trial and error) módon szükséges a kezdő paramétereket módosítani. Ugyanez vonatkozik a hőtranszport-paraméterekre is, bár léteznek nemzetközi és hazai adatbázisok, ezek esetenként lényegesen nehezebben hozzáférhetők.

### Szivárgáshidraulikai paraméterek

A pannóniai és negyedidőszaki összletek szivárgási tényező értékeinek definiálása analóg területek és szakirodalmi adatok révén történt. Mint az alábbi irodalmi adatok táblázatából látszik (II. táblázat) a szivárgási tényező értékek nagyon tág határok között mozognak.

Az SZTFH és elődintézményeiben fejlesztett Pannon XL modellben a pannóniai üledékes összletek szivárgási tényezőinek vertikális komponensét ( $K_v$ ) három nagyságrenddel csökkentették a horizontálishoz ( $K_h$ ) képest (TÓTH et al. 2013). Kivétel volt ez alól az Endrődi Marga Formáció – amely a termálvizes rendszer fekélyeként kiemelt jelentőségű – ahol a horizontális szivárgási tényező értéke:  $K_h = 1,0E-09$  m/s és az anizotrópia ( $K_v/K_h$ ) mindössze egy nagyságrend. Ehhez képest, az említett robusztus modellben a vízadó rétegek medence léptékű horizontális szivárgási tényező értékei nagyságrendileg  $K_h = 6,0E-06 - 10,0E-06$  m/s közötti értékűek.

A medenceösszletek fekélyében található repedezett vagy karsztosodott kőzetkifejlődések legjellemzőbb vonása, hogy eltűnik a nagyfokú anizotrópia, azaz a vertikális és horizontális szivárgási tényezők nagyságrendje azonos, sőt a vertikális irányú repedések gyakorisága nő meg, amely a z-irányú szivárgási tényezőt növeli meg.

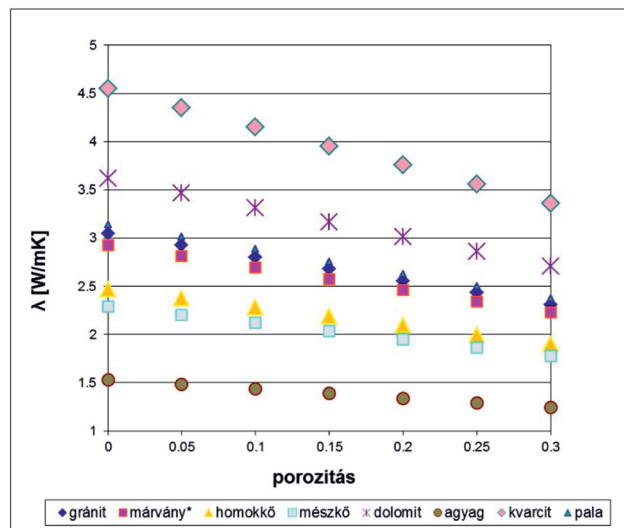
TAKÁCS et al. (2002) in BALLA et al. (2004) Bábaapátira fókuszáló munkájában megállapította, hogy a mállott gránit szivárgási tényezője 2–3 nagyságrenddel múlja felül a mélyebben települő üde gránit vízvezető képességét.

BALLA et al. (2004) Bábaapáti térségében, kalibrálást követően a dombtetőkre  $1,5E-07$ , domboldalakra  $2,5E-07$  és völgyekre  $1,0E-06$  m/s horizontális szivárgási tényezőt kaptak (ez utóbbira ennél magasabb, pl.  $1,0E-5$  m/s érték is elfogadható volt).

KUN et al. (2011) a Mezősas-Nyugat metamorf rezervoár példáján a különböző kifejlődésű, rezervoárnak tekinthető törésekkel átjárt térrészekben („zsebekben”)  $4,4E-07 - 8,41E-06$  m/s közötti szivárgási tényezőkkel számolt. A mátrix szivárgási tényezője ettől több nagyságrenddel elmaradt.

A pórusok, függetlenül attól, hogy összeköttetésben állnak-e egymással, együttesen jelentik a teljes vagy totál porozitást. Az egymással kapcsolatban lévő, tehát a folyadékáramlás számára nyitott pórusok a rendszer hatékony (effektív) porozitás értékét határozzák meg. A teljes és hatékony porozitás paraméterének a hidrodinamikai és a hőtranszport-számításokban egyaránt jelentős szerepe van. A hatékony porozitás áramlástani szempontból egyfajta szűkítő funkcióként lényegében definiálja magát az áramlási teret, míg a teljes porozitás a hőterjedés tekintetében – a víz és a kőzetek jelentősen eltérő fajhő és hővezetőképességeik okán – a folyamatok időbeliségére hat számottevő mértékben. A 8. ábra a hővezetőképesség porozitásfüggését szemlélteti az egyes tiszta anyagi minőségű nagy kőzetek kategóriái és tiszta víz esetén.

Az üledékekben első közelítésben az ásványok átlagos



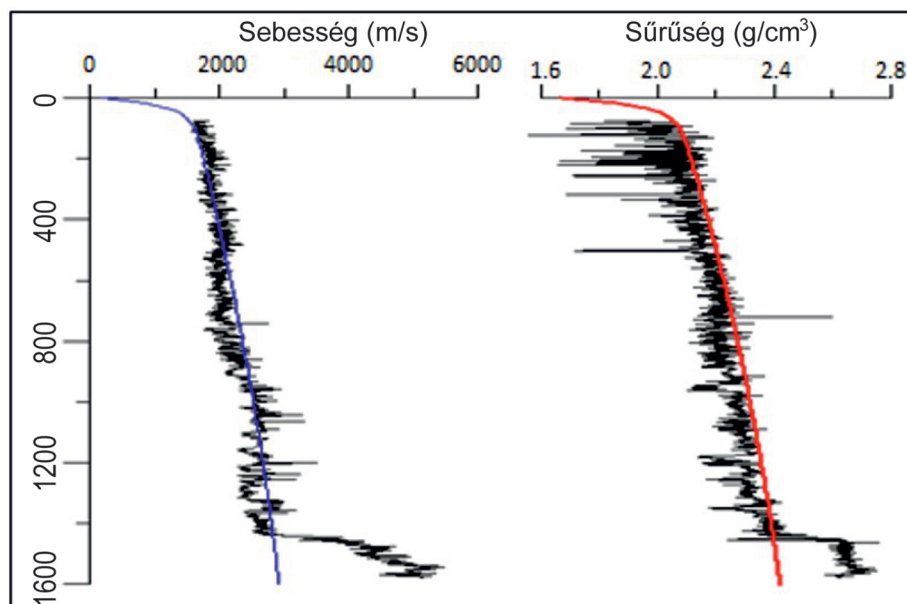
8. ábra. A hővezetőképesség [ $\lambda$ ] változása a porozitás függvényében kőzetek kategóriánként (CERMAK & RYBACH 1982; \* BALKAN et al. 2017 publikált értékei alapján)

Figure 8. Change in thermal conductivity [ $\lambda$ ] as a function of porosity by rock category (based on the published values of CERMAK & RYBACH 1982; \* BALKAN et al. 2017)

II. táblázat. Szivárgási tényező értékei kőzettípusonként irodalmi adatok alapján

Table II. Hydraulic conductivity values by rock type based on literature data

Kőzettípusok (főbb kategóriáinként összevonva)	Szivárgási tényező (FREEZE & CHERRY 1979)	Szivárgási tényező (SZILIN-BEKCSURIN 1965 in MARTON 2009)	Szivárgási tényező (BOUWER 2002 in MARTON 2009)
Kavics	1,0E-03–1,0E m/s	>1,2E-03 m/s	–
Homok	1,0E-06–1,0E-02 m/s	5,8E-06–5,8E-04 m/s	3,5E-06–1,2E-04 m/s
Aleurolit, kőzetliszt, iszap	5,0E-08–5,0E-05 m/s	1,2E-07–5,8E-06 m/s	2,3E-06–3,5E-06 m/s
Agyag	<1,0E-09 m/s	<1,2E-08 m/s	<1,2E-07 m/s



9. ábra. Sűrűség és sebesség mélységtömörödési trendek (kék, piros színnel) (ZILÁHI-SEBESS 2013)

Figure 9. Density and speed depth compaction trends (blue, red colours) (ZILÁHI-SEBESS 2013)

sűrűsége és a rájuk jellemző akusztikus terjedési sebesség nem függvénye a mélységnek (statistikailag azonos), ezért az üledékek sűrűsége csak a totál porozitástól függ (100%-os víztelítettség mellett). Az üledék tömörödése miatt mélységgel növekvő sűrűség és akusztikus sebesség (9. ábra) alapján számított totál porozitás a mélységgel csökken. A totál porozitás becslését 100 m mélységtől lefelé a Magyar Alföld esetében, MÉSZÁROS & ZILÁHI-SEBESS (2001) a  $46,5 \times \exp(-0,00068H)$  függvénnyel írta le. A tömörödési trendek csak a medenceüledékekre érvényesek; az aljzatnál a fizikai paraméterek általában mélységgel a trendtől eltérően is változnak. Hidrogeológiai szempontból azonban csak az effektív porozitás a lényeges, amelyet a totál porozitás és az agyagosság ismeretében lehet kiszámítani (10. ábra).

A repedezett kristályos-metamorf rezervoárookban lokálisan igen magas porozitásértéket is tapasztalhatunk, de a repedések eloszlása és összeköttetése, azaz a tortuozitása okán a REV (reprezentatív elemi térfogat) méretének elérésekor már leggyakrabban csak pár százalék. A Mezősas-Furta modellvizsgálatban a mátrix 0.2%, míg a rezervoárok (zsebek) 2% porozitás értékkel voltak definiálva (KUN et al. 2011).

#### A hőtranszportfolyamat paraméterei

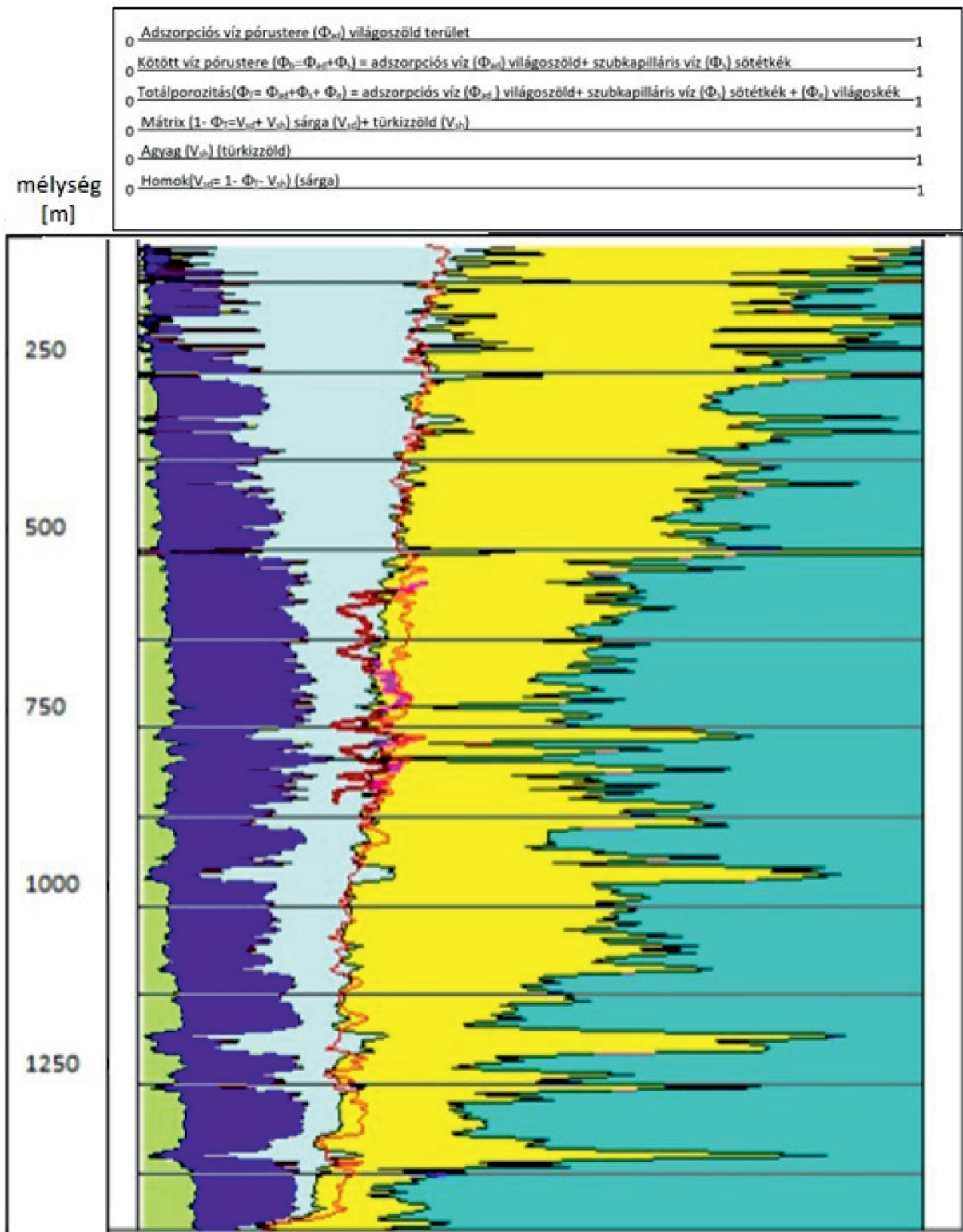
A telített kőzet hővezető képessége a kőzetmátrix hővezető képességétől és a porozitásától is függ (8. ábra). A víz hővezető képessége lényegesen kisebb, mint a kőzetmátrixé, ezért azonos anyagú vízzel telített kőzet esetén a nagyobb porozitású kőzet hővezető képessége alacsonyabb. A szerkezeti árkokban, mély medencékben a kompaktió miatt az üledékek porozitása csökken, így a vízzel telített kőzet hővezető képessége a mélységgel nő. A porozitás csökkenéséből adódó hővezető képesség változása a mély árkokban számottevő, de a valóságban a konduktív hőáram „hatásossága” messze elmarad a konvektív, azaz a fluidum áramlásá-

hoz köthető hőtranszporttól, tehát az áramló fluidum felfűtheti vagy lehűtheti az adott összetételt a fluidum hőmérsékletétől függően.

A hővezető képesség alakulásában a következő tendenciák figyelhetők meg: a pélites kőzetek hővezető képessége kisebb, mint a pszammitosoké. Az üledékes összetételekben ennek elsőszámú oka, hogy a pszammitos kőzetek kötött víztartalma kisebb, miközben a teljes porozitás alig különbözik. A hőmérséklet kezdőértékeinek meghatározása a korábbi hőtranszport-modellzés tapasztalataira támaszkodva GONDÁRNÉ et al. (2004) egerszalóki példája, valamint a Mezősas-Furta (KUN et al. 2011) hőtranszportvizsgálata alapján történt, mivel a vizsgált területen erre vonatkozó adat nagyobb mélységekre nem állt rendelkezésre. Robusztus megközelítésben a konduktív hővezetési tényező a porozitásból levezethető, ekkor a szilárd anyag és a fluidum hővezetési tényezője ( $\lambda$ ) külön-külön konstans.

A III. táblázatban megadtuk a leggyakoribb kőzetek hővezetést meghatározó paramétereit, melyek a hővezető képesség és a fajhő hőmérsékletfüggő tulajdonsága miatt 20 °C-os referencia hőmérsékletre értendők (DOMENICO & SCHWARTZ 1990 és HELLSTRÖM 1991 in CHIASSON 1999, CERMAK & RYBACH 1982).

A laboratóriumi mérések sok esetben eltérhetnek az in situ mérésektől. Ennek oka a nagy nyomásról felhozott magok relaxációs effektusa, aminek hatására térfogatnövekedés következik be, lecsökkentve a repedésrendszer tortuozitását. Ennek következtében a magon mért mechanikai tulajdonságokon alapuló paraméterek megváltoznak, pl. akusztikus sebesség és az abból számolt további paraméterek (nyírási, kompressziós modulus, Lamé-állandó stb.) Ugyanezen okból a hővezető képesség mérésekor a mikrorepedésekben konvekció, azaz anyagáram jelenik meg, megemelve a mért hővezető képesség értékét. Ezt szemlélteti az 11. ábra, melyen a laboratóriumban mért hővezető képesség értékek



**10. ábra.** Porozitás és litológiai komponensek a mélység függvényében (ZILÁHI-SEBESS et al. 2017). Litológiai komponensek: sárga szín: homokkomponens, türkizzöld szín: agyagkomponens, a piros görbék szomszédos referenciafúrások totálporozitása

A porozitáskomponensek az ábrán balról jobbra: adszorpciósan kötött víz (zöld), amely általában az agyag térfogati mennyiségével, ha eltekintünk a hőmérsékletváltozás okozta hatásoktól a mélységtől független, szubkapilláris kötött víz (sötétkék), ami lényegében az agyaghoz kapcsolódó kiszárítható rész, effektív porozitás (világoskék), amely a mozgatható vizet tartalmazza

**Figure 10.** Porosity and lithological components as a function of depth (ZILÁHI-SEBESS et al. 2017). Lithological components: yellow color: sand component, green colour: clay component, red curves: total porosity of the neighbouring reference boreholes

The porosity components in the figure are from left to right: adsorption-bound water (green) which is usually the volume of the clay apart from the effects of temperature change, depth-independent subcapillary bound water (dark blue) which is essentially the dewaterable part associated with the clay, effective porosity (light blue) containing the movable water



III. táblázat. A leggyakoribb kőzetek hővezetését meghatározó paraméterek ( $\lambda$  = hővezetőképesség,  $n$  = teljes hézagterfogat,  $c_m$  (moláris) és  $c_p$  (fajlagos) = fajhő) értékei (\*szárazon mért)

Table III. Values of parameters determining the heat conductivity ( $\lambda$  = heat conductivity,  $n$  = total porosity,  $c_m$  = molar heat capacity,  $c_p$  = specific heat capacity) of the most rocks (\*dried samples)

Kőzet	$\lambda$ [ $\frac{W}{m \cdot K}$ ] HELLSTRÖM 1991*	$\lambda$ [ $\frac{W}{m \cdot K}$ ] CERMAK & RYBACH 1982	$n$ [-] DOMENICO & SCHWARTZ 1990	$c_m$ [ $\frac{kJ}{m^3 \cdot K}$ ] HELLSTRÖM 1991*	$c_p$ [ $\frac{kJ}{kg \cdot K}$ ] CERMAK & RYBACH 1982
Kavics	0,70-0,90	-	0,24-0,38	1,4E+03	1,97-3,18
Durva homok	0,70-0,90	0,1-2,8	0,31-0,46	1,4E+03	1,97-3,18
Finomhomok	0,70-0,90		0,26-0,53	1,4E+03	
Kőzetliszt, iszap	1,20-2,40	-	0,34-0,61	(2,4-3,30) E+03	-
Agyag	0,85-1,10	0,6-2,7	0,34-0,60	(3,00-3,60) E+03	0,89-3,56
Mészkö, dolomit	1,5-3,30	1,3-4,5	0-0,20	5,50E+03 - 2,13E+04	0,82-1,72
Karsztosodott mészkő	2,50-4,30	-	0,05-0,50	5,50E+03 - 2,13E+04	-
Homokkő	2,30-6,50	1,3-5,5	0,05-0,30	(2,13-5,00) E+03	0,75-3,35
Agyagpala	1,50-3,50	1,7-3,4	0-0,10	(2,38-5,50) E+03	0,82-0,93
Repedezett magmás és metamorf kőzetek	2,50-6,60	1,4-6,9	0-0,10	2,2 E+03	0,67-1,38
Tömör magmás és metamorf kőzetek	2,50-6,60		0-0,05	2,2 E+03	

nagyfokú korrelációt mutatnak a mélységgel, különösen sziliciklasztos kőzetek (homokkő) esetében. Ezzel szemben a tömörödési trend szerinti porozitás (kék vonal) mélység-beli növekedése jóval kisebb. Fenti okok miatt az irodalom-

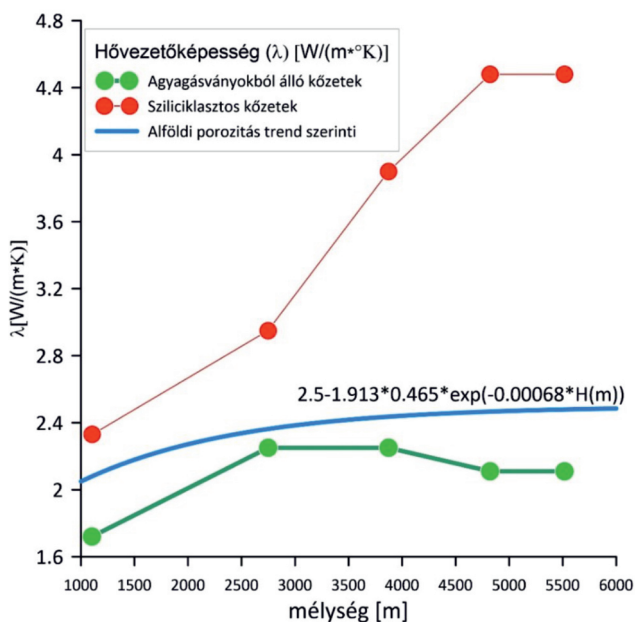
ban található mért értékek alsó tartományát vettük figyelembe a modell paraméterezése során.

### A modellvizsgálat folyamata

A hidrodinamikai és hőtranszportmodell egyes elemei a SZTFH és elődszervezeti belső munkái során fejlesztett modellekből származnak, pl. a hőtranszport modellezés paramétereinek finomítása, a termálvizes rétegek monitoring javaslatainak kidolgozása, illetve a geomanifestációk vizsgálata (aljzati kiemelkedés okozta áramlási és hőmérsékleti anomáliák) (GeoERA-GeoConnect<sup>3d</sup> projekt; <https://geoera.eu/projects/geoconnect3d6/>).

### Koncepcionális modell

A Battonya–Pusztaföldvári-hát környezete magasabb geotermikus gradienssel jellemezhető, miután az aljzati kiemelkedés, kiváltképp annak fellazult zónája közvetítő közegként működik. Medenceméretben általában igaz, hogy a vékonyabb litoszférához nagyobb hőáram társul (HORVÁTH & ROYDEN 1981) – az asztenoszféra közelsége miatt – azonban, ha kisebb részmedencéket nézünk, akkor ez nem mindig teljesül. Például a Battonya–Pusztaföldvári-hát felett nagyobb hőáramok mérhetők, mint a mellette levő árkok felett. LENKEY et al. (2021) szerint a jelenség azzal magyarázható, hogy a medenceüledékeknek még nem volt ideje átmelegedni. Véleményünk szerint a jelenség kialakulásában nagyobb szerepe van annak, hogy az árokban lévő üledék hőellenállása nagyobb, mint a hátat felépítő gránit hőellenállá-



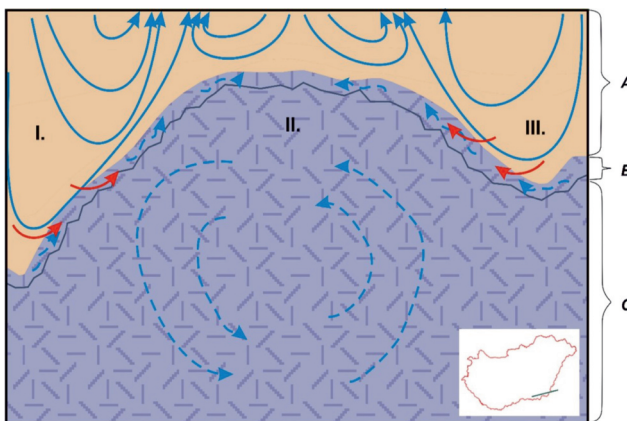
11. ábra. Relaxációs effektus szemléltetése a laboratóriumban mért hővezetőképesség Hód-1 fúrás magmintáinak esetében (DÖVÉNYI et al. 1988 adatai alapján), kék vonal: tömörödési trendből (MUFFLER - CATALDI 1987 alapján) számított hővezetőképesség

Figure 11. Relaxation effect illustration of thermal conductivity measured in the laboratory for core samples from the Hód-1 borehole (DÖVÉNYI et al. 1988), blue line: thermal conductivity calculated from compression trend (based on MUFFLER - CATALDI 1987)

sa, amihez még az áramló fluidum hatása is hozzátesz (lásd *A modell adatrendszere, eredmények* fejezet).

Az Alföld DK-i részén, ÉNy–DK irányban, nagyjából egymással párhuzamosan húzódik két, nagymélységű üledékgyűjtő medence: a Makói-árok és a Békési-süllyedék. Ezekben az üledékes közettömeg vastagsága meghaladja a 6000 m-t. A rögvonalat és a két oldalán elhelyezkedő árok geometriai változatossága önmagában is különleges. Mivel az aljzati kiemelkedések jobb hővezető képességgel rendelkeznek, jelentős pozitív hőmérséklet anomáliát okoznak a környezetükben (VASS et al. 2018).

Szénhidrogén-termelési adatokból ismert (LEMBERKOVICS et al. 2020), hogy az árokban áramló nagy nyomású fluidum benyomulhat a paleo-mezozoos rög fellazult, mállott zónájába, majd onnan tovább szivároghat a rög alacsonyabb nyomású felső, apikális térsége felé. A mállott zóna (jelenléte és vastagsága Bábaapáti példájára alapul) mint egyfajta szállítószalag lehetővé teszi magasabb hőmérsékletű és nagyobb mélységre jellemző ásványos összetételű fluidumok sekélyebb mélységbe áramlását. Ezen áramlási pályán megvalósulhat mind a termásvíz áramlása, mind a szénhidrogén migrációja a nyomásgradienstől (permeabilitástól) függő sebességgel. Eszerint az önálló áramlási rendszerrel rendelkező üledékes összletek és repedezett-hasadozott aljzati képződmények, a hátság kémiai és mechanikailag egyaránt bontott, mállott és valószínűsíthetően erősen repedezett zónáján keresztül hidraulikusan csatlakoznak egymáshoz (12. ábra). A mállott zóna vastagságára Bábaapáti analógia alapján tettünk becslést, amely szerint hozzávetőleg 40 m a teljesen fellazult, míg a szeizmikus nyíróhullámokat vezető, de erőteljesen repedezett zóna 200 m vastag (ZILÁHI-SEBESS 2003).



**12. ábra.** A Battonya–Pusztaföldvári-hát és árokrendszerének elvi áramlási modellje vertikális szelvényen a koncepcionális modellalkotás részeként / (Horizontális kiterjedés 70 km, vertikális kiterjedés: 10 km, a rétegek vastagsága nem léptékhelyes)

Jelmagyarázat: I.: Makói-árok, II.: Battonya–Pusztaföldvári-hát, III.: Békési-medence; A: medencekitöltő üledéksorozat, B: Aljzati hátság fellazult zónája, C: Mezozoos, paleozoos aljzat, piros nyíl: a kristályos aljzatba belépő áramvonalak.

**Figure 12.** Theoretical flow scheme of the Battonya–Pusztaföldvár High and its troughs as the part of conceptualisation (Horizontal extent: 70 km, vertical extent: 10 km; the thickness of the layers

Legend: I.: Makó Trough, II.: Battonya–Pusztaföldvár High, III.: Békés Basin; A: basin-filling sediment series, B: Weathered zone of basement high, C: Mesozoic, paleozoic basement, red arrow: flowlines entering the crystalline basement.

A rög tetőrésze fölött lévő üledékes átmeneti zónában, a vertikális szivárgás irányára, illetve sebességére csak becsléseink lehetnek. Repedésdús, átjárhatóbb (porózus, vetőzóna, virágszerkezet stb.) és kompakt zónákat egyaránt valószínűsíthetünk; így a rögben mozgó víz továbbszivároghat a felszín irányába (VASS et al. 2018). CZAUNER & MÁDLNÉ SZŐNYI (2013) ugyanerre a térségre végzett tanulmányukban az adatok alapján arra a megállapításra jutottak, hogy mind a folyadékáramlási mintázatokat, mind a szénhidrogén-csapdázódás lehetőségét túlnyomórészt a túlnyomás disszipációs útjai irányítják.

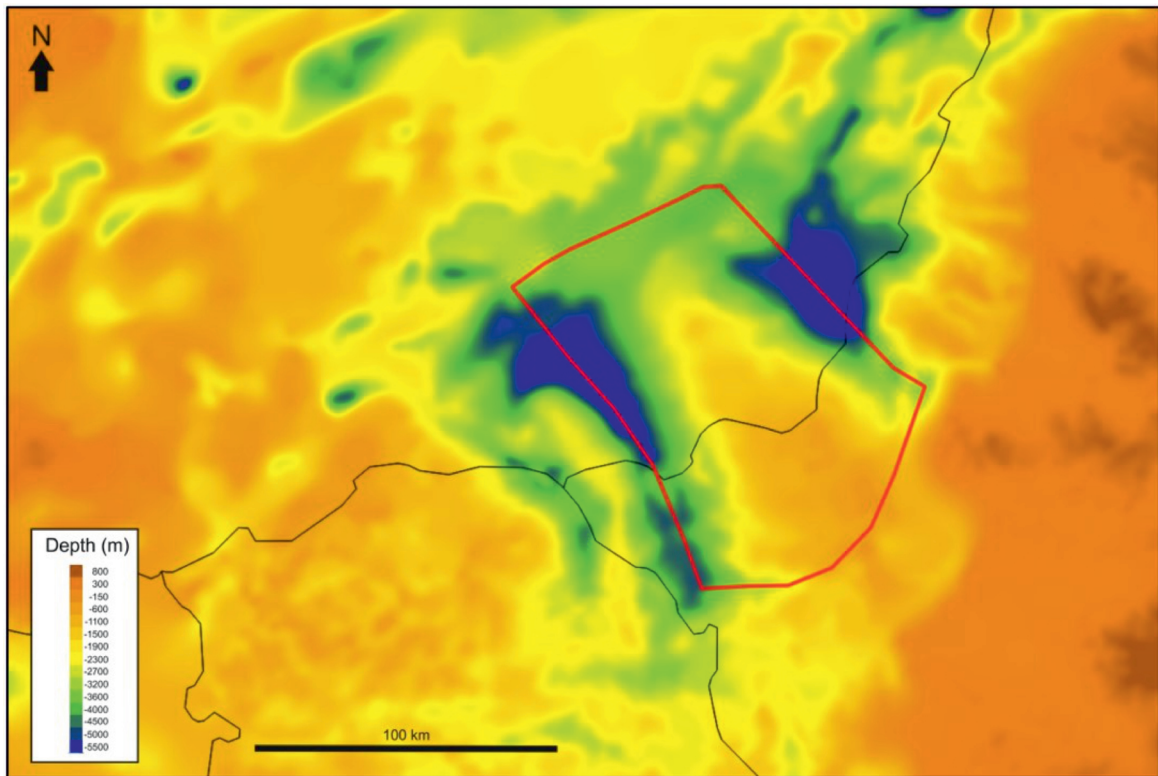
### Modellgeometria leírása

A Battonya–Pusztaföldvári-hát modellterületének lehatárolásakor arra törekedtünk, hogy a peremeken lehetőleg minimális legyen a vízforgalom, és kellő távolság legyen a vizsgált területtől (peremhatás minimalizálása). A központi hátságot két oldalról körülvevő, mély helyzetű árkok tengelyeinek vonalában húztuk meg a K-i és Ny-i modellhatárt, északon a nagyszerkezeti vonal mentén, míg a romániai területrezen a modellezett területtől kellően távol, némiképp önkényesen lett a határ kijelölve. A lehatárolt kb. 107×67 km-es, viszonylag kiterjedt modellterület (7 160,08 km<sup>2</sup>) a nagy mélységű (~10 km) áramlások szimulációja szempontjából is előnyös volt. (13. ábra). A modellterület geometriai kialakítását a 14. ábra szemlélteti.

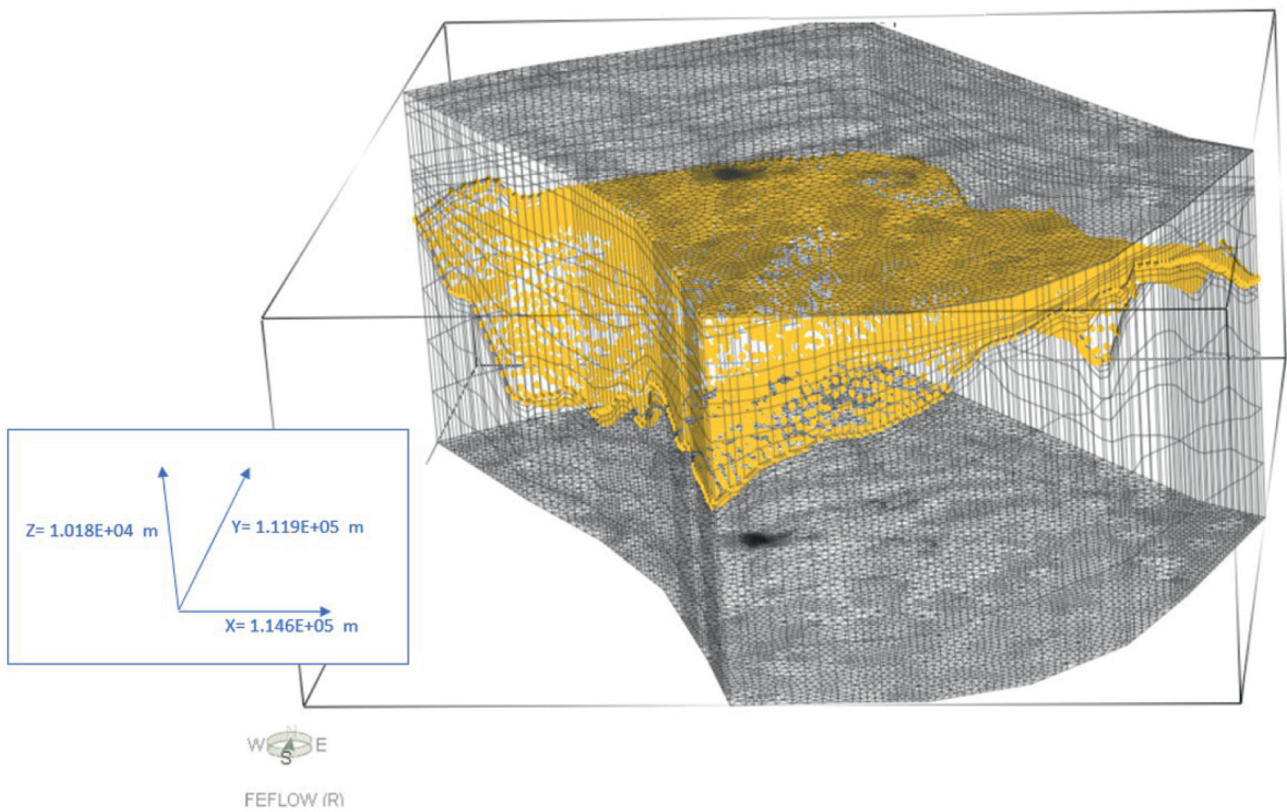
A modell főbb hidrosztratigráfiai felületeit az SZTFH és elődintézményei kapcsolódó hatósági és pályázati feladatainak végrehajtása során készült regionális térképekből és modellekből vettük át (14. és 15. ábra). A modell főegységeinek (6. ábra) további bontása eredményeként 19 felület határol 18 réteget, melyből a felső 9 réteg a porózus üledékes, illetve prepannóniai képződményeket, a következő 5 réteg a kristályos, karbonátos (prekainozoos) alaphegység mállott, repedezett zónáit, míg az alsó 4 réteg a kevésbé repedezett kifejlődését reprezentálja. Üledékes rétegek esetében a valós földtani rétegek voltak az irányadók (változatos vastagsággal esetenként több részre bontva, kiékelődés nélkül), míg az aljzat leképzésében segédretekre bontással lehetett a vertikális változatosságot visszaadni.

### A modell adatrendszere, eredmények

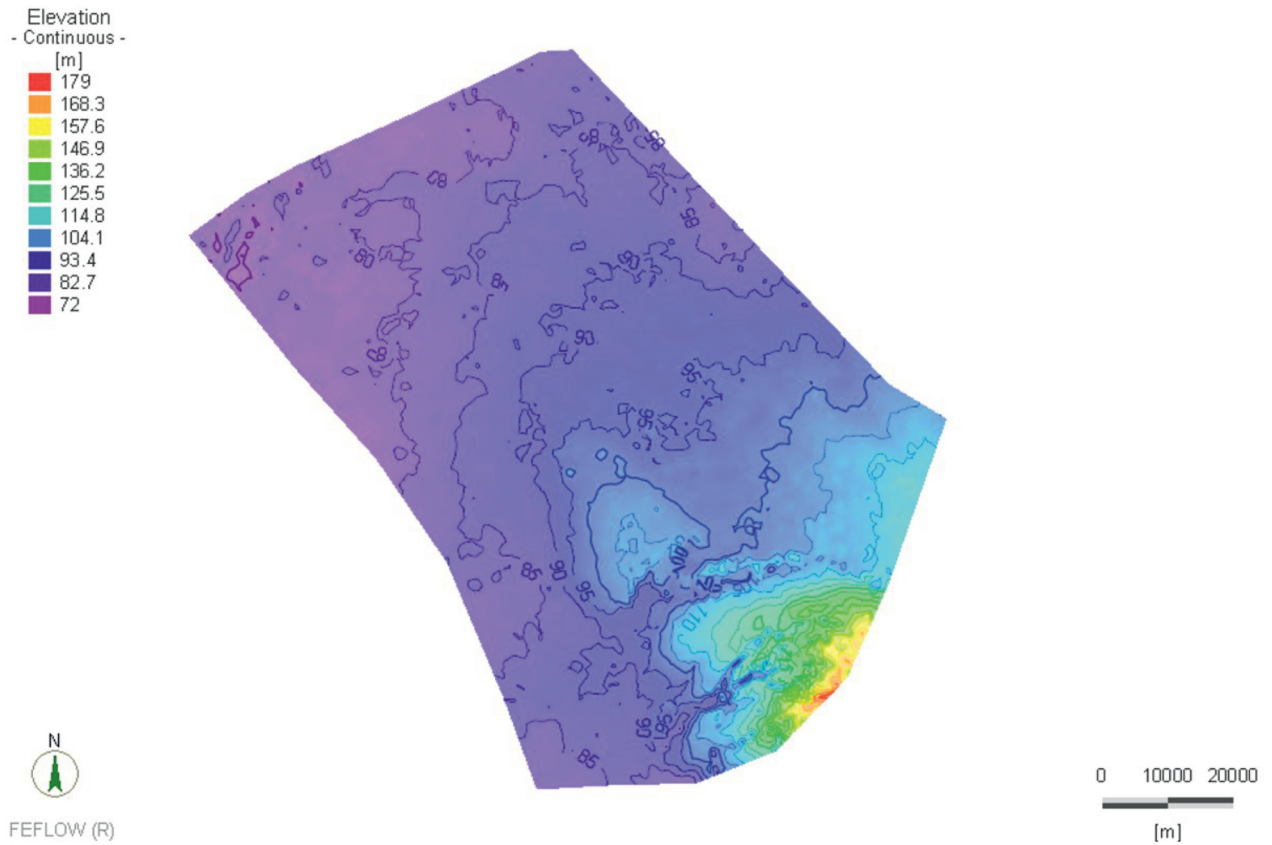
Az előző fejezetben ismertetett korábbi tanulmányok és irodalmi hivatkozások alapján meghatározott kiindulási modellparamétereket a hidrodinamikai és hőtranszport-futtatások során finomhangoltuk, majd kalibráltuk. A hidrodinamikai peremfeltételeket mért értékekre alapoztuk, bár ezek mérési körülményei sok esetben nem voltak ismertek. A kiugró értékek miatt sok esetben modellezési szempontból lekövetethetetlen változatosságot kellett volna visszaadnunk. Tekintve a modellvizsgálat félszintetikus jellegét, a modell 40 ezer éves futtatásával előállítottunk egy közel stacionárius vízszinteloszlást, mely kiinduló pontjául szolgált a további számításoknak. A modell alján (10 km-es mélységben) 3000 mBf vízszint (az árkok alján ez megfelel 30



13. ábra. A Battonya-Pusztaföldvári-hát hidrodinamikai modelljének (piros vonal) határa a prekainozoos aljzattérképen ábrázolva  
 Figure 13. The boundary of the pilot modell (red line) presented on pre Cenozoic maps

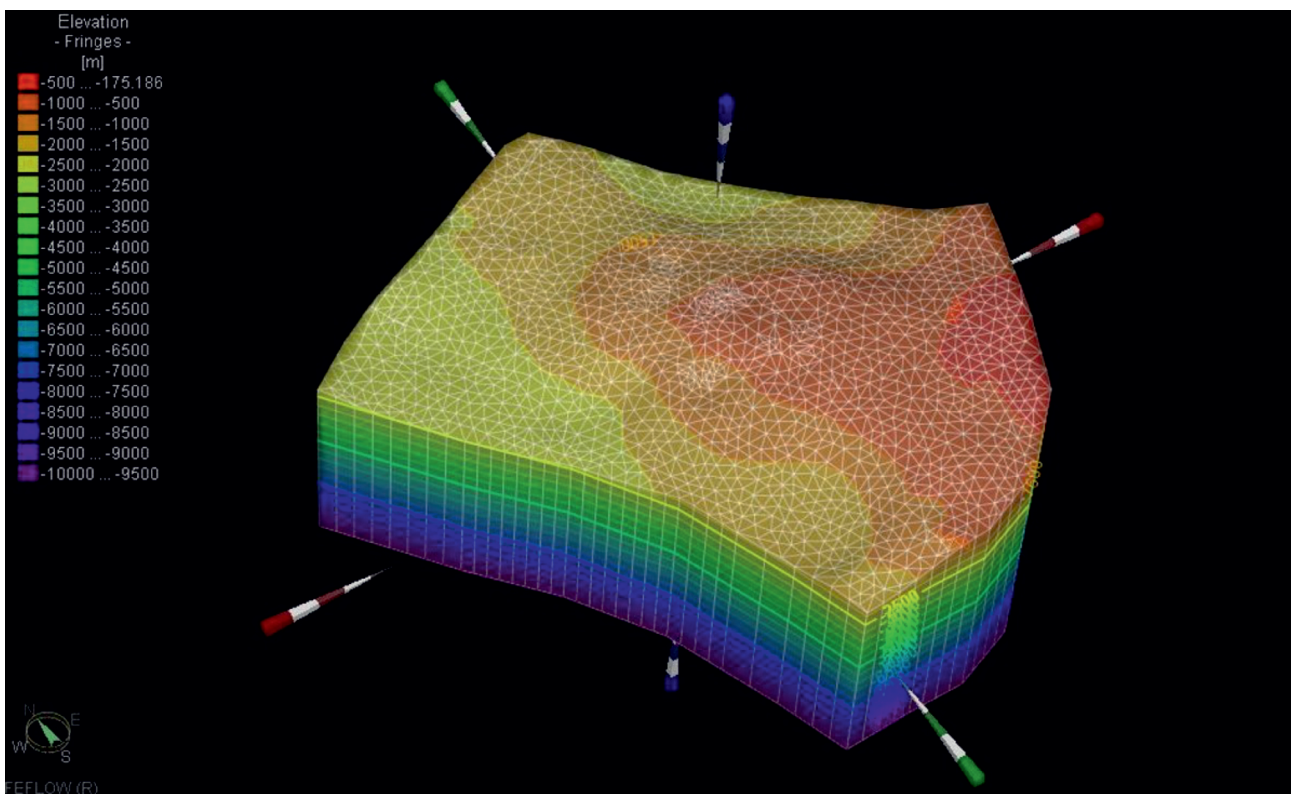


14. ábra. A modellezett tér hálókiosztása D-i nézetből (feltüntetve a prekainozoos aljzat felületének csomópontjait [sárga] és az az x, y és z irányú kiterjedést [m])  
 Figure 14. Mesh distribution of the modelled space in southern view (showing the nodes of the pre-Cenozoic basement surface [yellow] and the x, y and z extents [m])



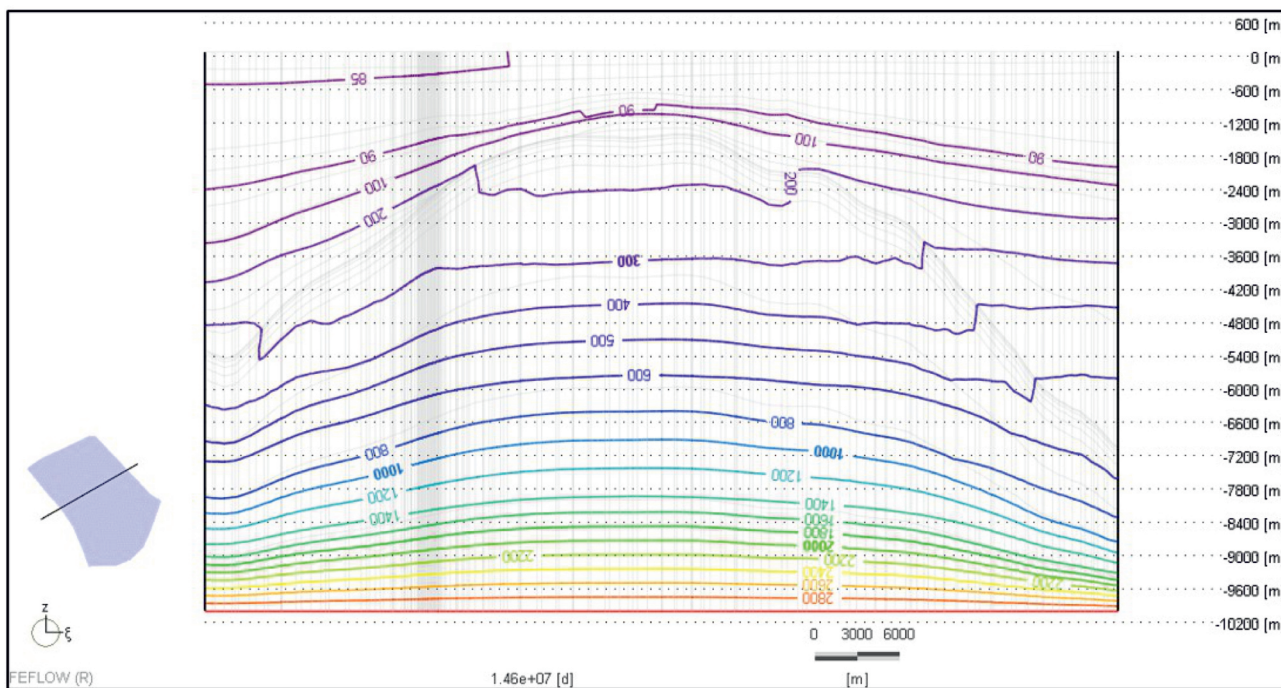
15. ábra. Az első modellréteg (terep) felszíne [mBf]

Figure 15. Surface of the first model layer [masl]



16. ábra. A pannóniai rétegösszlet modellfelszíne [mBf]

Figure 16. The top of the Pannonian layer [mBf]



17. ábra. Modellezett vízszinteloszlás (40 ezer év futtatási idő, termelés nélküli állapot) vertikális szelvényen [mBf]

Figure 17. Modelled water level distribution (40 thousand years of run, no production) on vertical section [masl]

MPa túlnyomásnak), míg az első réteg esetében a terepszintből 3 m-t levonva lett a talajvízszint definiálva, valamint oldalsó irányokból nincs ki és beáramlás (17. ábra).

A vizsgált térrészt felépítő összetek szivárgási tényező értékei széles skálán, kb. 5 nagyságrend tartományban mozognak. Míg az üledékes összetekben a kavicsos, durva törmelékes kifejlődések, addig az alaphegységi kőzetekben a nagy repedezetszerű vagy karsztosodott térrészek alkotják a maximumot (IV. táblázat).

A porózus üledékek szivárgási tényező minimumát a regionális vízzárónak tekinthető Endrődi Márga testesíti meg, míg a legjobb vízvezető képességgel a pleisztocén homokos (hideg vizes) rétegösszetek jellemezhetők, ezeket a pannóniai korú, delta eredetű homokkövek követik.

Az alaphegységi repedezett kőzetek esetében is van anizotropia. Sokszor éppen a vertikális irányú repedések okán a z irányú szivárgási tényező akár több nagyságrenddel is

nagyobb lehet a horizontálisnál. Mivel az aljzati kifejlődés meglehetősen heterogén, és a feszültségter eltérő lehet, ezért tartva magunkat a robosztus megközelítéshez, az aljzat közeteire izotróp megközelítést alkalmaztunk.

A terepszinten alkalmazott (kötött) hőmérsékleti peremfeltétel 11,5 °C, ami megfelel a térség éves középhőmérsékletének. Alsó peremfeltételként (–10 000 mBf) a végleges változatokban szintén kötött hőmérsékleti peremet alkalmaztunk a modell alján is (420 °C). Oldalsó kötött hőmérséklet peremre nem volt szükség, kezdeti hőmérsékleti eloszlásnak minden egyes csomópontra a fent említett két érték között, a térségre jellemző geotermikus gradiens (~ 6,5 °C /100 m) által meghatározott hőmérsékletet definiáltuk.

A FEFLOW® szoftver, más modellező programoktól eltérően, külön inputként igényli a kőzetmátrix és az áramló fluidum hőtranszport-paramétereit, mert azokat a porozitás függvényében módosítja. A konduktív hővezetőképesség

IV. táblázat. A modellben alkalmazott szivárgási tényező értékek tartományai (fejezetben adott paraméterek és modellkalibráció alapján)

Table IV. Range of hydraulic conductivity values applied in the model

Modellrétegek	Kőzettani háttér	Szivárgási tényező (tartomány, nagyságrend)
1-10.	lefelé finomodó zömmel homok, homokos agyag, agyag	$K_{xx} = K_{yy} = 1,0 \times E^{-9} - 1,0 \times E^{-4} \text{ m/s}$ $K_{zz} = 1,0 \times E^{-106} - 1,0 \times E^{-6} \text{ m/s}$
11-18	különböző repedezetszerű kristályos, sziliklasztos és karbonátos kőzetek	$K_{xx} = K_{yy} = K_{zz} = 1,6 \times E^{-107} - 1,0 \times E^{-6} \text{ m/s}$

V. táblázat. Hőtranszport-modellezés bemeneti paramétereit

Table V. Input parameters of heat transport modeling

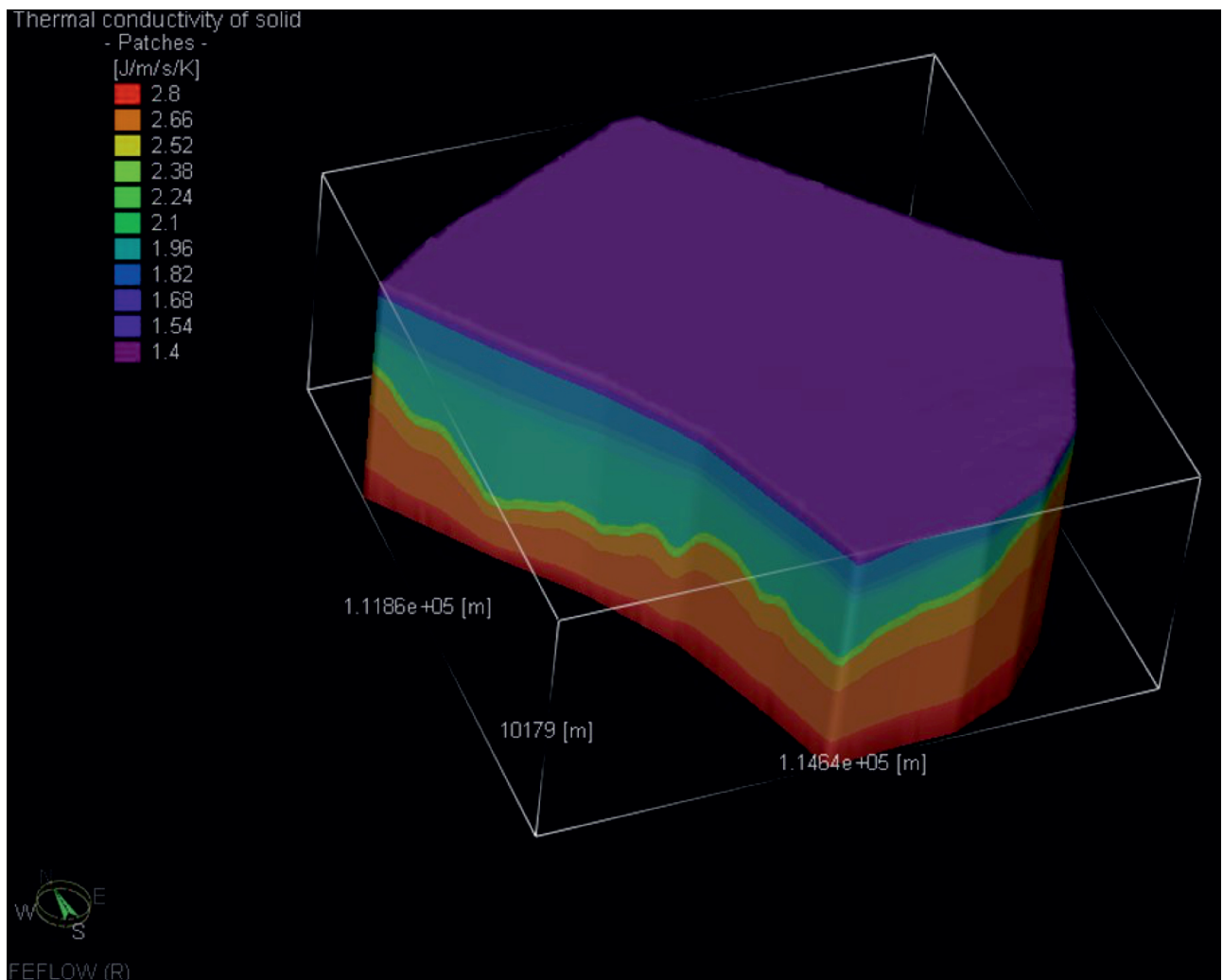
Kezdeti hőmérséklet (rétegenként):	11,5–420 °C
Porozitás:	0,005–0,3
Áramló folyadék térfogati fajhője:	4,2 MJ/m <sup>3</sup> K
Kőzetmátrix térfogati fajhője:	2,52 MJ/m <sup>3</sup> K
Áramló folyadék hővezető képessége:	0,65 J/m/s/K
Kőzetmátrix hővezető képessége:	1,4–2,8 J/m/s/K
Longitudinális diszperzitás:	5 m
Transzverzális diszperzitás:	0,5 m
Hőmérsékleti peremfeltétel:	
Hőmérséklet (1. típus) – terep felszín	11,5 °C
Hőmérséklet (1. típus) – modell alja: -10 000 mBf	420 °C

értékek meghatározásakor nagyrészt irodalmi adatokra támaszkodtunk, melynek értéke szűk skálán mozog. A modellben alkalmazott kezdeti paraméterek értékeit, ill. érték-tartományait az V. táblázat mutatja be, míg a véglegesített modellváltozatban alkalmazott hővezető-képesség térbeli eloszlását a 18. ábra szemlélteti.

A modellben definiált alsó és felső hőmérsékleti perem-

feltétel ( $T_{\text{alsó}} = 420 \text{ °C}$  és  $T_{\text{felső}} = 11.5 \text{ °C}$ ) és a rétegvastagságokkal súlyozott hővezetőképesség alapján a konduktív hővezetésből származó hőáram kiszámítható. A modellterület két pontjában a konduktív hőáram értékei uniform hővezetőképességgel számolva:

a hátsági terület fölött ( $\lambda_{\text{uniform}} = 2.53 \text{ W/mK}$ ):  $102,56 \text{ mW/m}^2$ , az árok fölött pedig ( $\lambda_{\text{uniform}} = 2.08 \text{ W/mK}$ ):  $84,11 \text{ mW/m}^2$ .



18. ábra. A modellben alkalmazott hővezető-képesség értékei a mátrixban 3D tömbszelvényen ábrázolva

Figure 18. Values of thermal conductivity applied in the model represented on a 3d block section

Fontos hangsúlyozni, hogy ezt az értéket a fluidum-áramlással közvetített konvektív hőáram módosítja.

A hővezetőképesség értékénél figyelembe kell venni, hogy a szilárd mátrixba beleértjük a redukálhatatlan víztartalmat is, így ezáltal ez is egyfajta „bulk” érték.

A felszín alatti természetes hőtranszportfolyamatok által generált hőmérsékleti változások meglehetősen lassú sebességéből adódóan a hőtranszportmodellt is először 40 ezer évig futtattuk, hogy stacionáriushoz közeli állapotot érjünk el. Ez idő alatt a kezdeti peremfeltételi szabályossága kismértékben felülíródott, megjelent az áramló fluidum hőszállító hatása (konvektív hőtranszport) is (19. ábra).

A hőmérsékleti keresztmetszvényen kivehető, hogy az aljzati hátság mállott, repedezett felső zónája az árkok mélyéről mintegy meghúzza a hátság tetejének irányába a felmelegedett fluidumot. Hangsúlyozzuk, mindez diszkrét vetők alkalmazása nélkül jött létre, pusztán a geometriai és szivárgási tényezők kombinációjaként. Ez a hőmérséklet-eloszlás a kalibrációs diagram alapján megfelel a területen mélyült szénhidrogén-termelő kutakban mért hőmérsékletadatoknak (20. ábra).

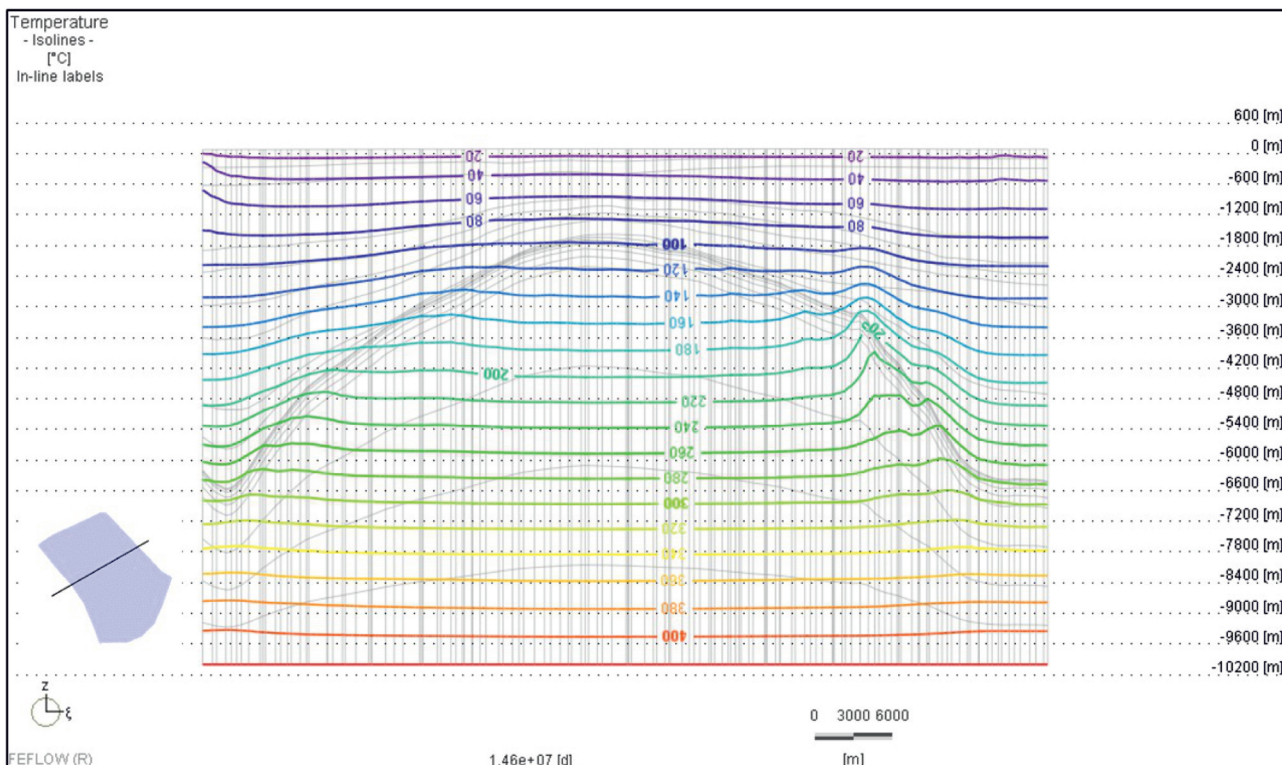
Két fúrás tengelyében a mért és modellezett hőmérséklet-értékek a 21. ábra szerint alakulnak. Ezen értékeket összevetve az alföldi tömörödési trend alapján számított hőmérséklet-mélység függvényvel ( $T (^{\circ}\text{C}) = 11 + 0,00094 \times [mW/m^2] \times H [m]$ , 0,915 MÉSZÁROS & ZILAHÍ-SEBESS 2001) akkor kapjuk a legjobb illeszkedést, ha a Tótkomlós–1 fúrás eseté-

ben  $103 \text{ mW/m}^2$ , míg a Makói-árok területére eső Makó–1 fúrásnál pedig  $85 \text{ mW/m}^2$  hőáramot feltételezünk.

## Konklúzió

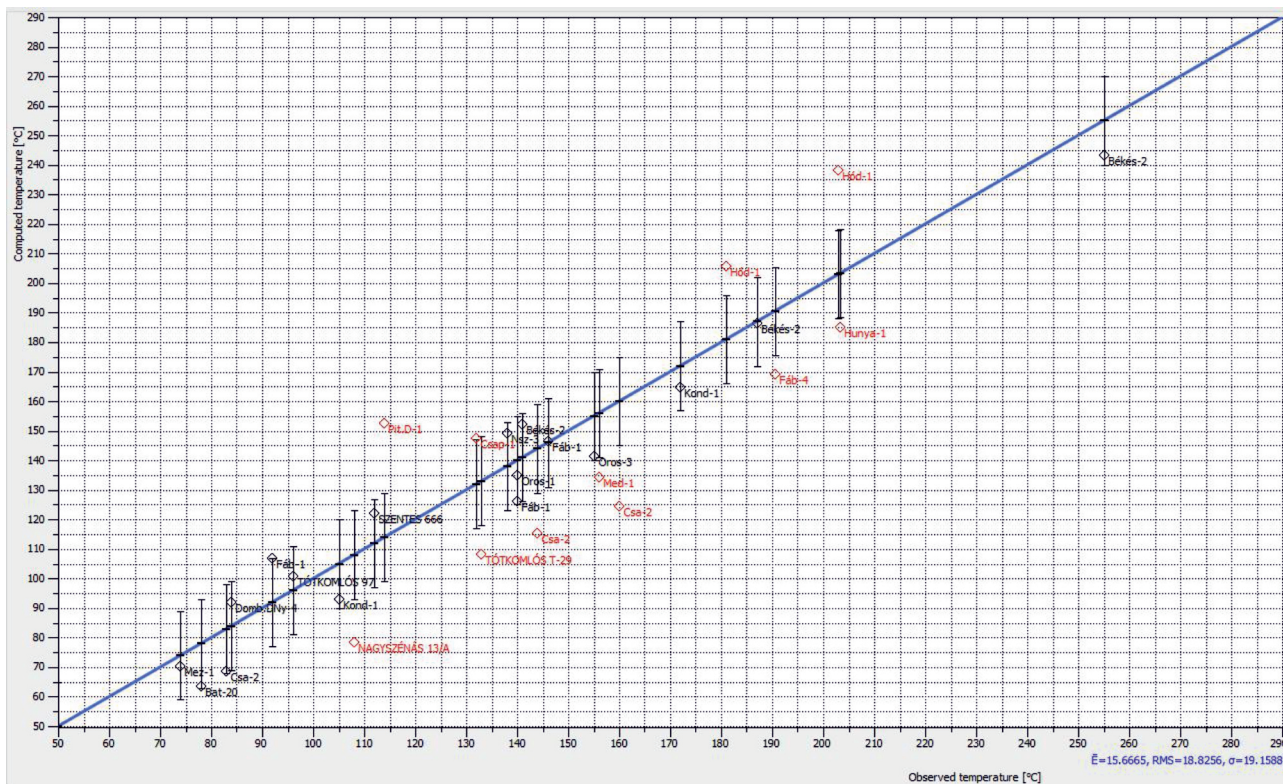
A Battonya–Pusztaföldvári-hát folyadék- és hőáramlási viszonyainak szimulációja során kimutattuk, hogy a hátat alkotó metamorf, kristályos, illetve mészköves–dolomitos kőzettestek nagyobb hőáramot közvetítenek a medencekitöltő porózus üledékeknek. A rétegek geometriája alapvetően határozza meg az áramlási és hőmérsékleti képet. Az aljzati hátság a környezetéhez képest felfűtöttebb állapotban van, ehhez hozzájárul még a fluidum áramlása is. A markáns aljzati kiemelkedés okozta anomália és az alaphegység mállott, fellazult zónájának magasabb permeabilitása diszkrét vetők alkalmazása nélkül is nagyobb fluxusú áramlást biztosít a fluidum számára. Az esetleges vízvezető törések a fluxus nagyságát, illetve az áramlási sebességet növelik, de alapvetően nem írják felül az áramlási irányokat, ahogy azt TÓTH (2009) valamint VASS és szerzőtársai (2018) is kimutatták.

A hidrodinamikai és hőtranszportmodell a kutatás során szerzett pontszerű vagy kis térrészről származó ismeretek térbeli kiterjesztésének egy lehetséges realizációját szolgáltatja adott hibahatáron belül. A robusztus hidrodinamikai és hőtranszport modellvizsgálatok lehetővé teszik viszonylag



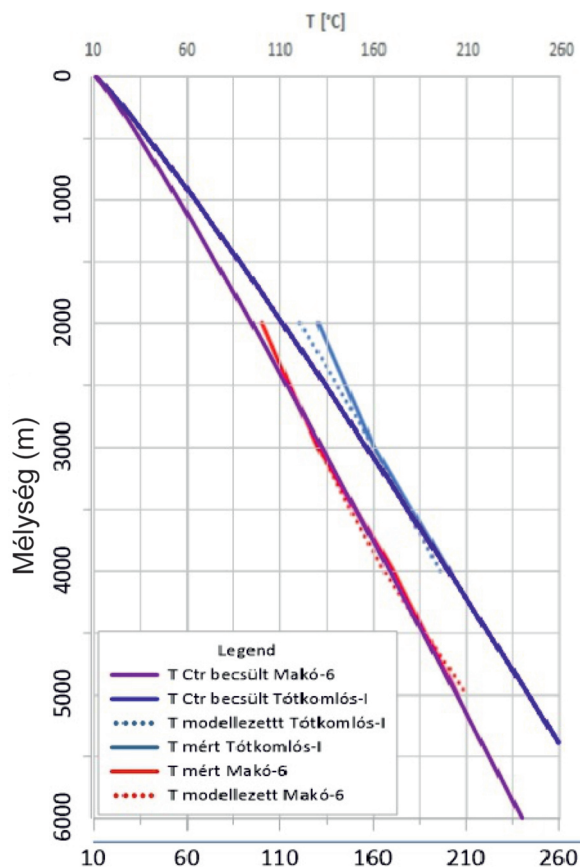
19. ábra. Modellezett hőmérséklet ( $^{\circ}\text{C}$ ,  $T = 40000$  év) eloszlása DNy–ÉK-i szelvény mentén / szürke vonal: réteghatár, illetve hálókiosztás, színes vonal: izoterma (magassági torzítás:  $4\times$ )

Figure 19. Modeled temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ,  $T = 40000$  yr) distribution along north-north section / gray line: layer border or network edge, coloured lines: isotherms (height distortion:  $4\times$ )



20. ábra. Mért-modellezett hőmérsékleti kalibrációs diagram (29 talphőmérsékleti adatból, statisztikai eredmény:  $\bar{E}=15,66$ ,  $RMS=18,82$ ,  $\sigma=19,15$ )

Figure 20. Measured-modelled temperature calibration diagram (from 29 records of bottom-hole temperature, statistic result:  $\bar{E}=15.66$ ,  $RMS=18.82$ ,  $\sigma=19.15$ )



nagyszámú scenárió kidolgozását, elősegítve a geotermikus rezervoárok működési mechanizmusának jobb megértését. Továbbá rámutathat területi információhiányokra, meghatározva a továbbkutatás irányát. Az általunk készített regionális áramlási modellvizsgálat jó támpontot nyújthat a különböző célú pórusterhasználások meglévő és jövőbeni egymásra gyakorolt hatásainak előrejelzéséhez, védendő termelési hozamok meghatározásához, valamint hasznos eszköz lehet a geotermikus védőidom kijelöléséhez is.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki RYBACH László, HAAS János, LENKEY László lektoroknak és SZTANÓ Orsolya főszerkesztőnek értékes tanácsaikért, valamint SELMECZI Ildikónak szakmai segítségéért.

← 21. ábra. Mért-modellezett hőmérsékleti értékek (Tótkomlós-I és Makó-6 esetében); Az alföldi tömörödési trend alapján számított és a mért hőmérséklethez illeszkedő függvény: Tótkomlós-I:  $T=11+0,00094 \times 103 \times H$  [m] 0,915, Makó-6:  $T=11+0,00094 \times 85 \times H$  [m] 0,915

← Figure 21. Measured-modeled temperature values (for Tótkomlós-I and Makó-6); Function calculated from the compaction trend of Alföld and fitted to the measured temperature: Tótkomlós-I:  $T=11+0,00094 \times 103 \times H$  [m] 0,915; Makó-6:  $T=11+0,00094 \times 85 \times H$  [m] 0,915



## Irodalom – References

- ALMÁSI, I. 2001: Petroleum Hydrogeology of the Great Hungarian Plain, Eastern Pannonian Basin, Hungary. – *PhD thesis*, University of Alberta, Canada, 312 p. <https://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk3/ftp04/NQ60365.pdf>
- BADICS B., UHRIN A., VETŐ I., BARTHA A. & SAJGÓ Cs. 2011: Medenceközponti földgáz-előfordulás elemzése a Makói-árokban. – *Földtani Közlöny* **141/1**, 23–40.
- BALÁZS, A., MATENCO, L., MAGYAR, I., HORVÁTH, F. & CLOETINGH, S. 2016 The link between tectonics and sedimentation in back-arc basins: New genetic constraints from the analysis of the Pannonian Basin. – *Tectonics* **35/6**, 1526–1559. <https://doi.org/10.1002/2015TC004109>
- BALÁZS E.-né, TIRPÁK I., GOMBOS Cs., NAGY Gy.-né, NAGY L., PUSZTAI J., SZENTGYÖRGYI K.-né, TATÁR A.-né, TÖRÖK J.-né, VADÁSZ Gy.-né, TÓTH Z., TÓTHNÉ MEDVEI Zs. & VARGÁNÉ TÓTH I. 1999: Zárójelentés A 4. sz. Battonya–Pusztaföldvári gerinc K-I szárny kutatási területen végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről (Medgyesegyháza, Medgyesbodzás, Nagyegyháza) I–II. – *Kézirat*, MOL 1999. T.19938
- BALKAN, E., ERKAN, K. & ŞALK, M. 2017: Thermal conductivity of major rock types in western and central Anatolia regions, Turkey. – *Journal of Geophysics and Engineering* **14/4**, 909–919, <https://doi.org/10.1088/1742-2140/aa5831>
- BALLA Z., HORVÁTH I., TÓTH Gy., BENEDEK K., MEZŐ Gy. & MOLNÁR P. 2004: A Bataapáti (Üveghutai)–telephely vízföldtani képe. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, 465–472.
- BÉRCZINÉ MAKK A. 1985: A Nagyalföld mezozoos kifejlődési típusai. – *Általános Földtani Szemle* **21**, 3–47.
- BÉRCZINÉ MAKK A. 1993a: Szegedi Dolomit Formáció. – In: HAAS J. (szerk.) 1993: *Magyarország litosztratigráfiai alapegységei, Triász*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 265–267.
- BÉRCZINÉ MAKK A. 1993b: Csanádapácai Dolomit Formáció. – In: HAAS J. (szerk.) 1993: *Magyarország litosztratigráfiai alapegységei, Triász*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 268–269.
- BÉRCZINÉ MAKK A. 1998: Az Alföld és a Tokaji-hegység triász és jura képződményeinek rétegtana. (Stratigraphy of the Triassic and Jurassic formations of the Great Plain and the Tokaj Mountains.) – In: BÉRCZI I. & JÁMBOR Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. MÁFI–Mol kiadvány, 281–298.
- CERMAK, V. & RYBACH, L. 1982: Thermal conductivity and specific heat of minerals and rocks. – In: ANGENHEISTER, G. (ed.): *Landolt-Börnstein: Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology*. New Series, Group V (Geophysics and Space Research), Vol. 1a (Physical Properties of Rocks), Springer, Berlin, 305–343.
- CHIASSON, A. D. 1999: Advances in modeling of ground-source heat pump systems. – *Master thesis*, School of Aerospace and Mechanical Engineering, Oklahoma State University, USA.
- CZAUNER, B. & MÁDLNÉ SZŐNYI, J. 2013: Regional hydraulic behavior of structural zones and sedimentological heterogeneities in an overpressured sedimentary basin. – *Marine and Petroleum Geology* **48**, 260–274. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2013.08.016>
- DANK V. & BÁN J. 1966: Az algyői kőolaj és földgáz-előfordulás földtani viszonyai és termeltetésének elvei. – *Földtani Kutatás 1966/Különszám*, 1–25.
- DOMENICO, P. A. & SCHWARTZ, F. W. 1990: *Physical and Chemical Hydrogeology*. – New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons, 681–682, <https://doi.org/10.1017/S0016756800019890>
- DÖVÉNYI, P. & HORVÁTH, F. 1988: A review of temperature, thermal conductivity, and heat flow data for the Pannonian Basin. – In: ROYDEN, L. H. & HORVÁTH, F. (eds): *The Pannonian Basin; a study in basin evolution*. – *American Association of Petroleum Geologists Memoir* **45**, 195–233. <https://doi.org/10.1306/M45474C16>
- DÖVÉNYI, P., HOMOLA, V., HORVÁTH, F., KOHL, T. & RYBACH, L. 2005: European HDR/EGS resources: Future potential development in Hungary. Order no: G109/05-22.13. – Final Report, GEOWATT AG (May 26, 2005), 1–41.
- ERDÉLYI M. 1979: A magyar medence hidrodinamikája. – *VITUKI közlemények* **18**, 82 p.
- FÜLÖP J. (szerk.) 1994: *Magyarország geológiája, Paleozoikum II.* – Akadémiai Kiadó, Budapest, 447 p.
- FREEZE, R. A. & CHERRY, J. A. 1979: *Groundwater: Englewood Cliffs*. – NJ, Prentice-Hall, 604 p.,
- GOLDSCHIEDER, N., MÁDL-SZŐNYI, J., ERŐSS, A. & SCHILL, É. 2010: Review: Thermal water resources in carbonate rock aquifers. – *Hydrogeology Journal* **18**, 1303–1318. <https://doi.org/10.1007/s10040-010-0611-3>.
- GONDÁRNÉ SÓREGI K., GONDÁR K., KUN É. & SZÉKVÖLGYI K. 2004: A DNy-Bükk felszín alatti vízrendszerének modellezése. – „A felszín alatti víz, mint földtani tényező.” *Földtani Társulat Vándorgyűlés. Egerszalók, 2004, október 1–3, absztraktkötet* p. 5.
- HAAS J., BUDAI T., CSONTOS L., FODOR L. & KONRÁD Gy. 2010: *Magyarország pre-kainozoos földtani térképe 1:500 000*. – Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- HAAS J. & BUDAI T. (szerk.), CSONTOS L., FODOR L., KONRÁD Gy. & KOROKNAI B. 2014: *Magyarország prekainozoos medencealjzatának földtana. Magyarózó „Magyarország pre-kainozoos földtani térképéhez” (1:500 000)*. – Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest.
- HAJNAL, Z., REILKOFF, B., POSGAY, K., HEGEDŰS, E., TAKÁCS, E., ASUDEH, I., MUELLER, S., ANSORGE, J. & DEIACO, R. 1996: Crustal scale extension in the Central Pannonian Basin. – *Tectonophysics* **264/1–4**, 191–204, [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00126-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00126-6)
- HELLSTRÖM, G. 1991: *Ground Heat Storage. Thermal Analyses of Duct Storage Systems*. – Lund, Sweden: University of Lund, Department of Mathematical Physics 250 p. <https://portal.research.lu.se/portal/files/6178678/8161230.pdf>
- HORVÁTH, F. & ROYDEN, L. H. 1981: Mechanism for formation of the intra-Carpathian basins: A review. – *Earth Evolutionary Sciences* **1**, 307–316.
- HORVÁTH, F., MUSITZ, B., BALÁZS, A., VÉGH, A., UHRIN, A., NÁDOR, A., KOROKNAI, B., PAP, N., TÓTH, T. & WÓRUM, G. 2015: Evolution of the Pannonian basin and its geothermal resources. – *Geothermics* **53**, 328–352, <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2014.07.009>
- HORVÁTH Z. & MAROS Gy. (szerk.) 2012: Battonya–Pusztaföldvár terület szénhidrogén koncessziós jelentése. – *Kézirat*, Magyar Földtani,

- Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 163 p. [https://mbfsz.gov.hu/sites/default/files/file/2018/03/14/ch\\_battonya\\_103\\_2011\\_jelentes\\_jav130131.pdf](https://mbfsz.gov.hu/sites/default/files/file/2018/03/14/ch_battonya_103_2011_jelentes_jav130131.pdf)
- JUHÁSZ Gy. 1994: Magyarország neogén medencerészek pannóniai s.l. üledéksorának összehasonlító elemzése. – *Földtani Közöny* **124**, 341–365. [http://epa.oszk.hu/01600/01635/00277/pdf/EPA01635\\_foldtani\\_kozlony\\_1994\\_124\\_3\\_341-365.pdf](http://epa.oszk.hu/01600/01635/00277/pdf/EPA01635_foldtani_kozlony_1994_124_3_341-365.pdf)
- JUHÁSZ Gy., POGÁCSÁS Gy., MAGYAR I. & VAKARCS G. 2006: Integrált-sztratigráfiai és fejlődéstörténeti vizsgálatok az Alföld pannóniai s.l. rétegsorában. – *Földtani Közöny* **136/1**, 51–86. [http://epa.oszk.hu/01600/01635/00315/pdf/EPA01635\\_foldtani\\_kozlony\\_2006\\_136\\_1\\_051-086.pdf](http://epa.oszk.hu/01600/01635/00315/pdf/EPA01635_foldtani_kozlony_2006_136_1_051-086.pdf)
- KILÉNYI, É. & SEFARA, J. 1991: Pre-Tertiary Basement Contour Map of Carpathian Basin Beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. – *Geophysical Transactions* **36**, 1–2
- KISS J., GÚTHY T. & ZILÁHI-SEBESS L. (2015): A Mohorovičić határfelület magyarországi kutatása – módszerek, mérések, eredmények. – *Magyar Geofizika* **56/3**, 152–178
- KOVÁCS B. & SZANYI J. 2004: *Hidrodinamikai és transzportmodellezés (Processing MODFLOW és Surfer for Windows környezetben)*. – Páskum Kiadó, Szekszárd, 159 p.
- KUN É, M. TÓTH T., FÖLDES T. & VISZKOK J. 2011: Geotermális vízáram és hőtranszport modellezés repedezett kőzetekben a Mezősas-Nyugat metamorf rezervoár példáján. – *Projekt jelentés*, [https://www.researchgate.net/publication/286923181\\_Geotermalis\\_vizarom\\_es\\_hottranszport\\_modellezes\\_repedezett\\_kozetekben\\_a\\_Mezosas-Nyugat\\_metamorf\\_rezervoar\\_peldajan](https://www.researchgate.net/publication/286923181_Geotermalis_vizarom_es_hottranszport_modellezes_repedezett_kozetekben_a_Mezosas-Nyugat_metamorf_rezervoar_peldajan).
- LAW, B., EDWARDS J., WALLIS, R., SUMPTER, M., HOYER, D., BADA, G. & HORVÁTH, A. 2009: Development of Abnormally High Pore Pressures in a Geologically Young, Basin-Centered Oil and Gas Accumulation, Mako Trough, Hungary. Abstract. – *AAPG Annual Convention*, Denver, Colorado, June 7–10, 2009 ([https://www.searchanddiscovery.com/documents/2009/110104law/ndx\\_law.pdf](https://www.searchanddiscovery.com/documents/2009/110104law/ndx_law.pdf))
- LENKEY, L. MIHÁLYKA, J. & PARÓCZI, P. 2021: Review of geothermal conditions of Hungary. – *Földtani Közöny* **151/1**, 65–78. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2021.151.1.65>
- LEMBERKOVICS V., KISS K., VÁRY M., KISS B. & KOVÁCS G. 2020: A jó, a rossz és a csúf? – avagy a szénhidrogén-kutatás dicső múltja, (még) létező jelene és bizonytalan jövője a Pannon-medencében – Szemle. – *Földtani Közöny* **150/4**, 571–610. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2020.150.4.571>
- M. TÓTH T., FISHER-NAGY Á., KONDOR H., MOLNÁR L., SCHUBERT F., VARGÁNÉ TÓTH I. & ZACHAR J. 2021: Az Alföld metamorf aljzata: a kőztes tömegetől a tarka mozaikig. – *Földtani Közöny* **151/1**, 3–26. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2021.151.1.3>
- MÁDLNÉ SZÓNYI J., RYBACH L., LENKEY L. & HÁMOR T. 2008: *A geotermikus energiahasznosítás nemzetközi és hazai helyzete, jövőbeni lehetőségei Magyarországon*. – MTA, Budapest, 105 p.
- MAGYAR I., JUHÁSZ Gy., SZUROMI-KORECZ A. & SÜTŐ-SZENTAI M. 2004: A pannóniai Tótkomlói Mészmarga Tagozat kifejlődése és kora a Battonya–Pusztaföldvári-hátság környezetében. The Tótkomlós Calcareous Marl Member of the Lake Pannon sedimentary sequence in the Battonya-Pusztaföldvár region, SE Hungary. – *Földtani Közöny* **133**, 521–540. [http://epa.niif.hu/01600/01635/00310/pdf/EPA01635\\_foldtani\\_kozlony\\_2004\\_134\\_4\\_521-540.pdf](http://epa.niif.hu/01600/01635/00310/pdf/EPA01635_foldtani_kozlony_2004_134_4_521-540.pdf)
- MARTON L. 1982: Izotóphidrológiai modellek és számítási eljárások a felszín alatti vizek mozgásának tanulmányozásához. – *Hidrológiai Közöny* **12**, 525–533.
- MARTON L. 2009: *Alkalmazott hidrogeológia*. – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 626 p.
- MÉSZÁROS, F. & ZILÁHI-SEBESS, L. 2001: Compaction of the sediments with great thickness in the Pannonian Basin (Nagyvastagságú üledékek kompakciója a Pannon medencében). – *Geophysical Transaction* **44/1**, 21–48.
- MUFFLER, L. J. P. & CATALDI, R. 1978: Methods for Regional Assessment of Geothermal Resources. – *Geothermics* **7**, 53–89. [https://doi.org/10.1016/0375-6505\(78\)90002-0](https://doi.org/10.1016/0375-6505(78)90002-0)
- NUSSZER A. 1985: Pusztaföldvári metamorf területi egység képződményei. – *Általános Földtani Szemle* **21**, 49–78. [http://epa.oszk.hu/02700/02751/00021/pdf/EPA02751\\_alt\\_foldt\\_szemle\\_1985\\_21\\_049-078.pdf](http://epa.oszk.hu/02700/02751/00021/pdf/EPA02751_alt_foldt_szemle_1985_21_049-078.pdf)
- POSGAY, K., TAKÁCS, E., SZALAY, I., BODOKY, T., HEGEDŰS, E., KÁNTOR, I., TÍMÁR, Z., VARGA, G., BÉRCZI, I., SZALAY, Á., NAGY, Z., PÁPA, A., HAJNAL, Z., REILKOFF, B., MUELLER, S., ANSORGE, J., DEIACO, R. & ASUDEH, I. 1996: International deep reflection survey along the Hungarian Geotraverse. – *Geophysical Transactions* **40/1–2**, 1–44. [http://real-j.mtak.hu/12586/1/EPA02941\\_geofizikai\\_kozlomenyek\\_1996\\_40\\_1-2.pdf](http://real-j.mtak.hu/12586/1/EPA02941_geofizikai_kozlomenyek_1996_40_1-2.pdf)
- RAUCSIK B., SZEMERÉDI M., MÉSZÁROS E., VARGA A., DUNKL I., LUKÁCS R., PÁL-MOLNÁR E. & HARANGI Sz. 2019: Kisfokú metamorfózis nyomai permii aljzati képződményekben (Kelebia, Békés–Codruí Egység). – *Absztraktkötet, 10. Közöttani és Geokémiai Vándorgyűlés 2019. szeptember 5–7*. [http://10kgvgy.elte.hu/wp-content/uploads/10KGVGY\\_AbstractBook.pdf](http://10kgvgy.elte.hu/wp-content/uploads/10KGVGY_AbstractBook.pdf)
- REN21 2019: Renewables 2019 Global Status Report. – Paris: REN21 Secretariat, p. 336. ISBN 978-3-9818911-7-1, [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2019\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf)
- RMAN, N., KUN, É., SAMARDŽIĆ, N., ŠRAM, D., ATANACKOV, J., MARKIĆ, M., LAPANJE, A., RAJVER, D., SELMECZI, I. S., MAROS, Gy., MARKOVIĆ, T., BUDAI, T. & BABINSZKI, E. 2021 A joint report on geomanifestations in the Pannonian Basin (Deliverable 4.2). – [https://geoera.eu/wp-content/uploads/2021/07/GeoConnect3d\\_D4.2\\_Joint-report-on-geomanifestations-in-the-Pannonian-Basin.pdf](https://geoera.eu/wp-content/uploads/2021/07/GeoConnect3d_D4.2_Joint-report-on-geomanifestations-in-the-Pannonian-Basin.pdf)
- RYBACH, L. 2010: The future of Geothermal Energy and Its Challenges. – *Proceedings World Geothermal Congress, Bali, Indonesia 2010*, 1–4. <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/3109.pdf>
- SÜMEGHY B., KISS T., SIPOS Gy. & TÓTH O. 2013: A Maros hordalékkúp felső-pleisztocén–holocén fluviális képződményei. – *Földtani Közöny* **143/3**, 265–278.
- STEGENA L. & KISS J. 1967: A kálium-argon módszer és néhány hazai alkalmazása. – *Geophysical Transactions* **16**, 101–107. [http://epa.oszk.hu/02900/02941/00030/pdf/EPA02941\\_geofizikai\\_kozlomenyek\\_1967\\_1-2\\_101-108.pdf](http://epa.oszk.hu/02900/02941/00030/pdf/EPA02941_geofizikai_kozlomenyek_1967_1-2_101-108.pdf)
- SZANYI J. 2019: Geotermikus energia komplex hasznosítása – *Habilitációs dolgozat*, SZTE, Szeged, 20 p.
- SZANYI, J. & KOVÁCS, B. 2010: Utilization of geothermal systems in South-East Hungary. – *Geothermics* **39**, 357–364. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2010.09.004>

- SZANYI, J., MEDGYES, T., KÓBOR, B. & PÁL-MOLNÁR, E. (eds) 2015: *Technologies of injection into sandstone reservoirs: best practices, case studies*. – GeoLitera; Institute of Geosciences, University of Szeged 156 p. <http://publicatio.bibl.u-szeged.hu/13471/>
- SZANYI J., NÁDOR A. & MADARÁSZ T. 2021: A geotermikus energia kutatása és hasznosítása Magyarországon az elmúlt 150 év tükrében. – *Földtani Közlöny* **151/1**, 79–102. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2021.151.1.79>
- SZEMERÉDI M. 2020: A Gyűrűfői Riolit Formáció komplex vizsgálati eredményei a Tiszai-Főegységben. – *PhD értekezés*, Szegedi Tudományegyetem, [http://doktori.bibl.uszeged.hu/id/eprint/10580/2/Szemeredi\\_Mate\\_tezisfuzet\\_magyar.pdf](http://doktori.bibl.uszeged.hu/id/eprint/10580/2/Szemeredi_Mate_tezisfuzet_magyar.pdf)
- SZENTGYÖRGYI K.-NÉ, AMRAN A., ÁRVAI L., BALÁZS E.-NÉ, BELOVAI I.-NÉ, BEREZ F., ESZES I.-NÉ, GYERGYÓI L., KISS B., KISS K., MAGYAR I., MÉSZÁROS VINCE CS., MILOTA K., PAPP I., PÓCSIK M., PUSZTAI J., SPITZMÜLLER Á., SÓREG V., SZABÓ I., SZALAINÉ BÁNLAKI E., SZÁSZFAI J., TATÁR A.-NÉ., TÓTH D., TÖRÖK J.-NÉ., UJSZÁSI K., VARGÁNÉ TÓTH I., VERPECZ A., VINCZE M., VINCZÉNÉ TÓTH M., ZAHUCZKI P. & ZSUPPÁN GY. 2010: Zárójelentés a 101. Battonya–Pusztaföldvár kutatási területen végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről I–V. MOL Nyrt. – *Kézirat*, MOL, MÁFGBA Budapest, SZBK.3406
- TARI, G., DÖVÉNYI, P., DUNKL, I., HORVÁTH, F., LENKEY, L., STEFANESCU, M., SZAFIÁN, P. & TÓTH, T. 1999: Lithospheric structure of the Pannonian basin derived from seismic, gravity and geothermal data. – In: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH, F. & SÉRANNE, M. (eds): *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine Orogen*. – *Geological Society, London, Special Publications* **156**, 215–250.
- TATÁR A.-NÉ, BALÁZS E.-NÉ, TIRPÁK I., GOMBOS CS., NAGY GY.-NÉ, NAGY L., PUSZTAI J., SZENTGYÖRGYI K.-NÉ, TÖRÖK J.-NÉ, VADÁSZ GY.-NÉ, TÓTH Z., TÓTHNÉ MEDVEI ZS. & VARGÁNÉ TÓTH I. 1999: Zárójelentés a 4. Battonya–pusztaföldvári gerinc K-i szárny területen végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről, I–II. Mol Rt. – *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.19938.
- TÓTH J. 2009: *Gravitational Systems of Groundwater Flow – Theory, Evaluation, Utilization*. – Cambridge University Press, 297 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511576546>
- TÓTH GY., SZÓCS T., NÁDOR A., ZILÁHI-SEBESS L., MERÉNYI L., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., GÁSPÁR E. & KOVÁCS A. 2013: MFGI: Fenntartható hévíz- és geotermikus energia-gazdálkodást támogató kutatások – Új utak a földtudományban: Fenntartható hévíz- és geotermikus energia-gazdálkodást támogató kutatások, 2013. október 16., <https://docplayer.hu/1034946-Fenntarthato-heviz-es-geotermikus-energia-gazdalkodast-tamogato-kutatasok.html>
- TÓTH, J. & ALMÁSI, I. 2001: Interpretation of observed fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian Basin. – *Geofluids* **1/1**, 11–36. [HTTPS://DOI.ORG/10.1046/J.1468-8123.2001.11004.X](https://doi.org/10.1046/J.1468-8123.2001.11004.X)
- TÓTHNÉ MEDVEI ZS., NAGY GY.-NÉ, SZENTGYÖRGYI K.-NÉ, TATÁR A.-NÉ 1999: Zárójelentés a 7.sz. Battonya–pusztaföldvári gerinc DNy-i szárnya területen végzett szénhidrogénkutatási tevékenységről. 1999. január. I–II. – *Kézirat*, MOL, MÁFGBA T.19940.
- URBANCSEK J. 1977: A pannoniai medence mélységi víztározói. – In: *Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere, VII. kötet*, 102–115.
- VASS, I., M. TÓTH, T., SZANYI, J. & KOVÁCS, B. 2018: Hybrid numerical modelling of fluid and heat transport between the overpressured and gravitational flow systems of the Pannonian Basin. – *Geothermics* **72**, 268–276. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2017.11.013>
- World Energy Assessment (WEA) 2020: *Energy and the challenge of sustainability*. – United Nations Development Programme Bureau for Development Policy One United Nations Plaza New York, NY 10017, 506 p. <https://www.undp.org/publications/world-energy-assessmentenergy-and-challengesustainability>
- ZILÁHI-SEBESS, L. 2003: Well-logging methods to investigate a granitic site for radioactive waste deposition. – *Geophysical Transactions* **44/2**, 51–93
- ZILÁHI-SEBESS L. 2013: Geothermal potential estimation. – *5th HR–HU and 16th HU geomathematical congress “Geomathematics as Geoscience”, 30 May – 01 June, 2013, Mórahalom, extended abstract* 4 p.
- ZILÁHI-SEBESS L. & GYURICZA GY. (szerk.) 2013: Battonya geotermikus koncesszióra javasolt terület komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati jelentése. – *Kézirat*, MÁFGBA, Budapest, 173 p.
- ZILÁHI-SEBESS L., FANCSIK T., TÖRÖK I. & KOVÁCS A. CS. 2007: Szivárgási tényező becslés lehetőségei geofizikai mérések alapján. – *Magyar Geofizika* **48/3**, 99–111.
- ZILÁHI-SEBESS L., GULYÁS Á., JENCSEL H., KISS J., MERÉNYI L., NÁDOR A. & SZABÓ K. 2017 Geotermikus potenciál-felmérés, koncessziós pályázatokat előkészítő földtani-geofizikai feladatok végzése jelentés az MBFH megbízásából. – *Kézirat*, MÁFGBA, Budapest, 83 p.
- Kézirat beérkezett: 2021. 04. 23.

## Posewitz Tivadar és a *Borneo*

KÁZMÉR Miklós

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Ósleánytani Tanszék & MTA-ELTE Geológai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport, Budapest

Email: mkazmer@gmail.com

Orcid: 0000-0003-1092-1316

---

### *Theodor Posewitz and his Borneo*

#### Abstract

Theodor Posewitz, a medical doctor and geologist (1850–1917) spent five years in the Dutch East Indies between 1880 and 1885 serving the colonial Dutch army. He spent time on Java, Borneo, Bangka and Billiton islands. He dedicated all his spare time to geological exploration. About eighty of his geological studies appeared in geological and geographical journals. His chief work, the first monograph on the geology of Borneo, including geological and mineral resources maps, was published in German in 1889 and in English in 1892. Early years of his studies and the results of his five-year stays in Asia are discussed, based on archival records. Additionally, a complete bibliography of his Asia studies is provided.

*Keywords: history of science, Indonesia, Hungary, 19th century, explorations, geology*

---

#### Összefoglalás

Posewitz Tivadar orvosdoktor és geológus (1850–1917) öt évet töltött a Holland Kelet-Indiákon katonasorvosként. 1880–1885 között bejárta Jávát, Borneót, valamint Bangka és Billiton szigeteit, az ónbányászat központjait. Minden szabad idejét a földtanra fordította. Mintegy nyolcvan rövidebb-hosszabb geológiai tanulmányban ismertette saját megfigyeléseit és a nagyrészt holland nyelvű szakirodalom adatait. Munkájának koronája Borneó első földtani térképe és monográfiája, mely 1889-ben németül, 1892-ben angolul jelent meg. Posewitz hazai felkészülését, majd külföldi orvosi és geológiai stúdiumait mutatom be levéltári források alapján. Ezt követően ázsiai útjának eredményeit, annak fogadtatását ismertetem, bio-bibliográfia-szerűen tárva fel az ebben a témában végzett munkásságát.

*Tárgyszavak: tudománytörténet, Indonézia, Magyarország, 19. század, felfedező expedíció, geológia*

---

#### Bevezetés

A Magyarhoni Földtani Társulatnak nemes hagyománya, hogy elhunyt tagjairól nemcsak nekrológot, méltatást közöl, hanem részletes szakmai életrajzot és megjelent műveik bibliográfiáját is adja szakfolyóiratában, a *Földtani Közlöny*-ben. Ez nem csak a tudománytörténet számára felbecsülhetetlen forrás: könnyedén kikereshetővé teszi a valamely elhunyt szerző munkájára vonatkozó bibliográfiai adatokat is. Ezek az írások esetenként nem nélkülözik a személyes hangvételt: szerzőjük az elhunyt tanítványa, kollégája, barátja lehetett, így olyan eseményeket, tulajdonságokat, gondolatokat tud megörökíteni, amelyek egyébként az idő múltával

feledésbe merülnének. A magyarországi geológiának lényegében minden jelentősebb alakja kiérdemelte ezt a megtiszteltetést, de egy nagy tudású, termékeny szerző, Posewitz Tivadar nem. Vajon miért? Számos publikációja jelent meg idehaza és külföldön. Két országról, az akkori Holland Kelet-Indiákról és Magyarországról tartós értéket képviselő monográfiát tett le az asztalra. Földtani térképei örök életűek. Idehaza tengerentúli munkái lényegében ismeretlenek maradtak, kevés számú szakember kivételével (VITÁLIS 2001, 2005). Borneói monográfiáját (POSEWITZ 1889a, 1892) mai is idézik nemzetközi tudományos körökben. Az utókor értékelésének ez a – főleg hazai – hiánya több okra vezethető vissza: Posewitz személyiségére és a hivatalos megemléke-

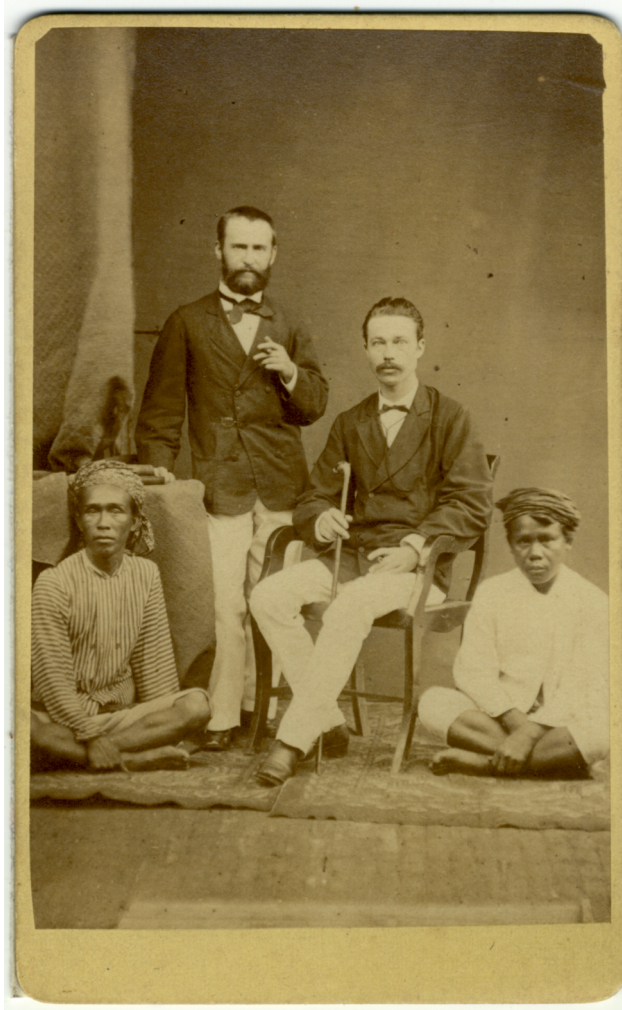
zés idejének viharos történeti eseményeire. A világháború végével igencsak megfogyatkozott terjedelmű *Földtani Közlönyben* sem volt szokás még jó ideig nekrológokat közölni. Posewitz harcos természetű ember volt (THIRRING 1917); nem biztos, hogy akár csak szakmai körökben is sok barátot szerzett volna. A megjelent rövid megemlékezések (PAPP 1918, THIRRING 1917) – bizonyára a sietségből adódóan – számos hibát tartalmaznak, melyek azután valamennyi későbbi jubileumi megemlékezésben (VITÁLIS 2001, 2005) és lexikonszócikkben (ANONYMUS 1922, 1959, 1969, 1990, KUBASSEK 1993) visszaköszönnek. A mai napig nem készült el munkáinak teljes bibliográfiája. A jelen tanulmány is csak ázsiai munkáinak kínálja – nem biztos, hogy teljes – jegyzékét. Posewitz a geológia jelentős egyénisége volt a 19–20. század fordulóján, Délkelet-Ázsiában és Magyarországon egyaránt. A jelen esszé neveltetésére, tanulmányaira és ázsiai útjának eredményeire összpontosít. Élete további folyása és hazai működése a geológia és a Tátra-kutatás terén még feltárára vár.

### Források

Posewitz Tivadar életét tömören Papp Károlynak, a Magyarhoni Földtani Társulat főtítkárnak mindössze másfél oldalas nekrológja foglalja össze (PAPP 1918). Papp a sógora volt: Posewitz az ő testvérhúgát, Adélt vette el. Ezért véleménye, megjegyzései megbízhatóak: olyan részleteket is papírra vetett, melyek egyébként elvesztek volna. Sajnos, a főtítkári éves beszámoló részeként, nyilvánvalóan sietősen elkészített megemlékezésbe hibák csúsztak; ezek aztán, a dolgok természeténél fogva, valamennyi további publikációban és lexikonszócikkben napjainkig öröklődtek.

Forrásaink elsősorban nyomtatásban megjelent művei; ezek többnyire szigorúan csak a tudományos tartalomra szorítkoznak. Ezen rövid cikktől könyvméretig terjedő publikációkban aprólékosan kerestem információkat a személyes élményekről, megfigyelésekről, az ázsiai utazás körülményeiről, a társadalmi jelenségekről, amelyeket azért ritkán, de beleszólt az elbeszélésbe. Kiderült, hogy nem találni munkáiban személyes véleményt szinte sohasem. Termékeny szerző volt: rengeteg kéziratot küldött tudományos folyóiratoknak és magas szintű tudománynpszerűsítő lapoknak (például a *Das Ausland* című hetilapnak), különösen borneói tartózkodása idején. Ezek a Magyarországon, Ausztriában, Németországban és Hollandiában megjelent írások értékes és megbízható forrásai kutatásainak és a földtani folyamatokról alkotott elgondolásainak. Magánleveleket küldött barátainak és családjának; tartalmuk egy része eljutott a napi vagy heti sajtóba is. Az *Arcanum* teljes szövegű hírlapi adatbázisa volt a legfőbb forrása ezeknek az egyébként igen nehezen fellelhető apró írásoknak, híreknek (<http://www.arcanum.hu>).

Utazásainak, megfigyeléseinek más módon hozzáférhetetlen részletei kerültek ily módon napvilágra. A Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat Tudománytörténeti Gyűjteményében a Posewitz-iratok (egyetlen doboz mindössze, egyetemi tanulmányainak dokumentumai, vázlatos útinaplója és egy útikönyv-kézirat található benne) fölbecsülhe-



**1. ábra.** Posewitz Tivadar (bal oldalt, állva) Ambarawában, Jáva szigetén, valószínűleg 1879-ben vagy 1880-ban. A középpőtt ülő személy ismeretlen. Két jávai szolgájuk ül törökülésben a földön. Fénykép: C. Dietrich (SZAKÁCS 1989). MNM Történeti Fényképtára, l.sz. 72.161.

**Figure 1.** Theodor Posewitz (left, standing), in Ambarawa, sometime in 1879-1880. The sitting person is unidentified. Two local servants sit cross-legged. Photo: C. Dietrich (SZAKÁCS 1989). Hungarian National Museum, Historical Photo Department, nr. 72.161.

tetlen információkkal szolgáltak az intenzív publikációs tevékenységét megelőző évekről. Itt található továbbá egy kéziratos családtörténet (KOROMPAY 1997a) és egy családfa (KOROMPAY 1997b). Végül a Magyar Nemzeti Múzeum Történeti Fényképgyűjteménye volt segítségemre egy korábban a szakma számára nem ismert fényképének megszerzésében (1. ábra).

### Családja, tanulmányai

Theodor Posewitz (magyarul Posewitz Tivadar formában használta) 1850. december 2-án<sup>1</sup> született Iglón, szepesi szász családba. Apja, Samuel (1800–1871), orvos volt, akinek Amanda Prichradnyval (1807–1842) kötött első házasa-

<sup>1</sup>A különböző kézikönyvek általában tévesen 1851. december 2-át írják

ságából két lány, Eugenia (1839–1934) és Augusta Sydonia Amanda (1840–1876) született. Samuel Posewitz 1843-ban házasodott össze Emeline Karafiáthtal (1815–1896), akitől hat gyermeke született: két lány, Bertha Sydonia (1844–1918) és Ottilie Sophia (1855–1907), valamint négy fiú. KOROMPAY (1997a: 10) kéziratos családtörténete hét gyermekről emlékezik meg, de a családja (KOROMPAY 1997b) csak hatot mutat. A fiúk közül Julius Alfred (1847) a berlini bányászati akadémián tanult és egy vasolvasztó igazgatója lett. Emil Arthur (1849–1916) magánhivatalnok lett Iglón. Theodor (1850–1917) maga orvoslást és geológiát tanult, katonarvos lett a Holland Kelet-Indiákon, majd 29 évig szolgált a Magyar Királyi Földtani Intézetben. Kornel (1852–1917) a kőbányai szappangyár igazgatójaként működött (KOROMPAY 1997a).

Posewitz Tivadar az iglói evangélikus gimnáziumban érettségizett 1868-ban. Ezt megelőzően egy évre a debreceni református kollégiumba adták a magyar nyelv elsajátítására. Természetrizsi érdeklődését megalapozta a Tátrával való közeli kapcsolata (apjának ott volt a Priessnitz-elvet alkalmazó vízgyógyintézete), ahová sokszor járt kirándulni a hegyekbe. Talán akkor és ott támadt fel érdeklődése az ismeretlen tájak fölfedezése és a geológia iránt. Bár családja jó anyagi helyzetben volt, felfedező utakat mégsem tudott volna finanszírozni. Ezért Tivadar elhatározta, orvos lesz, hogy ily módon távoli égtájakon dolgozhassék (PAPP 1918: 33). Orvosnak és geológusnak egyaránt kitanult egymás után. Akkoriban az orvosi tanulmányok még magukban foglalták a mineralógia, botanika, zoológia alapjait, mi több, számos orvosi végzettségű emberből lett később neves geológus, professzor (ANGETTER et al. 2016). Az 1868/69-es tanévet a pesti Tudományegyetemen töltötte. Ásványtanra (előadás és gyakorlat) Szabó Józsefhez járt, kémia-professzora Than Károly volt, az anatómiát Lenhossék Mihály, az állattant Margó Tivadar és Jendrassik Jenő, a növénytant Jurányi Lajos, maga is orvos, tanította. Ezek a tanulmányok jól fölkeszítették későbbi pályafutására. A tanulmányait igazoló bizonyítványt a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat tudománytörténeti archívuma őrzi (továbbiakban Posewitz-iratok). Ezt mutatta be a következő tanévben a bécsi egyetemen, ahol tanulmányait folytatni kívánta. A Pesten tanult tárgyakhoz még fölvetta a fiziológiát és a gyógyszer-tant. 1872 októberében, a kilencedik szemeszterben tette le a három alapvizsgát növénytanból, állattanból és ásványtanból, mindössze tíz napon belül. Egyéb vizsgáiról jelenleg nincsen tudomásunk, de bizonyára sikeresek voltak, mert 1872 áprilisa és augusztusa között már gyermekgyógyászatot és szülészet-nőgyógyászatot tanult Lipcsében, és ugyanott sebészeti, szemészeti és szülészeti klinikai gyakorlatot végzett. Az 1872/73-as tanévet megint csak Bécsben töltötte. Meglepő, hogy ezek után 1873. június 21-én a würzburgi egyetemről nyeri el a doktori fokozatot sebészet és szülészet tárgykörben a szülés utáni vérzés transzfúziós kezeléséről szóló dolgozatával. Ezt a diplomáját Budapesten kívánta honosítani. Kifogástalan magyarsággal írt kérvényében felsorolta, hogy Budapesten és Bécsben összesen hét félévet hallgatott, ezenkívül egy félévet Lipcsében, két-két félévet

pedig Nürnbergben és Würzburgban tanult. Kérelmét azonban Lenhossék professzornak (a Posewitz-iratok között őrzött, a megfelelő törvényhelyekre hivatkozó) részletes írásos véleménye alapján az orvoskar elutasította. (Az orvosi és egyéb hivatásrendekben gyakori, hogy ily módon is védik a piacukat a külföldi befolyástól.) Lenhossék azonban mint lehetőséget fölvetette, hogy Posewitz tegye le a szigorlatot ismételten, hiszen már az előírt, legalább tíz félévnyi tanulmányokat teljesítette. Doktori oklevelének kéziratos másolata jelzi, hogy ezt megtette, és 1874. március 28-tól elnyerte a jogot az orvostudomány gyakorlására Magyarországon és Ausztria örökös tartományaiban.

Miután hat év alatt befejezte orvosi tanulmányait – a medicina lesz a kenyérkeresete Ázsiában – visszatérhetett szenvedélyéhez, a geológiához. Egy hónap sem telt el, hogy a magyarországi orvosi oklevelet is megszerezte, és már be is iratkozott a freibergeri Bányászati Akadémiára. Három teljes tanévet töltött el ott, 1874. április 27-től 1877. június 12-ig. A Budapesten és Bécsben elsajátított ásványtani alapokra biztosan építhetett: tantárgyai között volt az első évben a geognózia, teleptan, kőzettan és ásványi paragenezisek. Ezt követte a másodévben az ásványtani gyakorlat, kvalitatív kémiai elemzések, geognózia, teleptan, ősmaradványok, kőzetelemzés, geodézia és kristálytan. A harmadév hozta a további ásványtant, a forrasztócsöves anyagvizsgálatot, teleptant, őslénytant, kvantitatív kémiai elemzést, elméleti kémiát, geognóziát, mikroszkópi gyakorlatokat, ásványtani gyakorlatokat és kőzetmikroszkópiát. Valamennyi tárgy elvégzéséről a bizonyítványai a Posewitz-iratok között vannak. Nem tudjuk azonban, hogy lediplomázott-e vagy esetleg doktori fokozatot szerzett.

Bár két szakmát is kitanult, egymástól nagyon távoli területeken, ez nem biztosított számára fizetett állást. A freibergeri tanulmányainak vége felé lett a bécsi Földtani Intézet önkéntes geológusa. Itt 1876. május 4-től egészen 1879. július 3-ig fizetés nélküli kutató volt, Franz von Hauer igazgató tanúsítványa szerint (Posewitz-iratok). Bécsi tevékenységéről nincsen közelebbi tudomásunk. Valószínűleg itt is kőzetmikroszkópiával foglalkozott, mint Budapesten, és majd később, Ázsiából való visszatérte után a budapesti Földtani Intézetben.

Posewitz mindig nagy súlyt fektetett arra, hogy tanulmányai idején is fönmaradjanak kapcsolatai szülőhazájával. Külszági tanulmányai és bécsi önkéntessége idején terepmunkát végzett Iglón, leírva az ottani jégkori tó üledékeit. Eredményeiről 1878. január 9-én, a Földtani Társulatban tartott előadást; tanulmánya még ugyanabban az évben megjelent a *Földtani Közlönyben* (POSEWITZ 1878a). Öt hónappal később a dobsinai 'zöldkőről', az ottani kobalt- és nikkelérc anyakőzetéről értekezett (POSEWITZ 1878b). Még egy kőzettani munkáját ismerjük a Bánságból (POSEWITZ 1879). Az ezekhez szükséges mikroszkópi vizsgálatokat a budapesti Földtani Intézetben végezte, ahol 1877 októbertől 1879 júniusáig volt önkéntes, részben átfedően bécsi önkéntesi idejével. Hoffmann Károly, az intézet aligazgatója a következőt írta: „A m. kir földtani intézet tek. igazgatósága felhívása folytán örömmel bizonyítom, miszerint Dr. Pose-

witz Tivadar úr 1877 október hó óta szabad idejében, mely hivatási teendői mellett rendelkezésére maradt, a nevezett intézetben működött s ezen idő alatt főleg mikroszkopiai petrographiai vizsgálatokkal nagy buzgósággal és szép eredménnyel foglalkozott, miről néhány, az időben általa közzétett petrographiai munkálat tanuskodik. Dr. Posewitz úr jeles geológus erőnek bizonyult, mely a legszebb reményekhez jogosít. Budapest, 1879. június hó 13-án. Dr. Hofmann Károly m. kir. főgeológus” (Posewitz-iratok).

### A Holland Kelet-Indiákon

Amikor megszerzett minden szakképesítést, hogy élete álmát megvalósítsa, türelmesen várt a megfelelő lehetőségre. A Királyi Holland Kelet-Indiai Hadsereg volt ez (*Koninklijk Nederlands Indisch Leger*, röviden KNIL, magyarul *Holland Királyi Gyarmati Hadsereg*), ahová katonarvosnak szegődött el öt évre (KOROMPAY 1997a: 10). A Posewitz-iratok dobozában találunk egy kisalakú füzetet német nyelvű feljegyzésekkel. Ebben rögzítette az oda vezető hajóút állomásait. A gőzhajó 1879. szeptember 3-án hagyta el az angliai Southampton kikötőjét. Megállt Gibraltárban, Nápolyban, Port Saidban, áthaladt a Szezei-csatornán, november 3-án keresztezte az Egyenlítőt, míg végül 6-án megérkezett Batáviába (ma Jakarta), a Holland Kelet-Indiák fővárosába. Ez a harmincnegyes napos utazás a személyszállító hajók megszokott menetideje volt.

További, rendszertelen bejegyzésekből megtudjuk, hogy november 17-én érkezett Semarangba, Jáva szigetének második legnagyobb kereskedővárosába. Egy évvel később, az 1880. szeptember 27-i dátummal szerepel, hogy beszállt a *Prinses Marie* hajóba, de sem az útirány, sem az érkezés időpontja nincs rögzítve. Talán ekkor kelt át Borneóba, ahol Banjarmasin volt első állomáshelye. A Jáván töltött egy év alatt járt Buitenzorgban (ma Bogor), ahol meglátogatta a geológiai múzeumot. Itt a vendégkönyvbe éppen Lóczy Lajos és Széchenyi Béla neve alá jegyezhetette be magát. Ők néhány héttel korábban jártak ott, Kínába vezető útjukat megszakítva (LÓCZY 1881). A nagyrészt üres jegyzőkönyvben szerepel még Semarang, Surabaya, Ambarawa városa (valószínűleg ott készült az *I. ábra* fényképe) és Borobudur, Jáva leghatalmasabb buddhista szentélye. A Posewitz-iratok között található egy borítékba zárt vaskos, kisalakú papírköteg sűrű, apró betűs, szálkás, nehezen kisillabizálható, német nyelvű kézírással írott, terjedelmes szöveggel. Betűi megegyeznek az útinapló-vázlat írásával, tehát Posewitzéi. Egy befejezetlen útleírás fejezeteit rejtik a lapok ilyesfajta címekkel: „Rizsföldek között”, „Esküvő Jáván”, „Az indiai élet”, „Indiai vasúton”, „Betegségek...”. A valószínűleg levélformában írott útinapló-fejezetek dátumai 1880. február 18. és július 23. közé esnek, arra az időszakra, amikor Posewitznek frissen érkezettként még a legerősebbek voltak benyomásai.

Érkezése után azonmód leveleket küldött európai újságoknak, folyóiratoknak. Eleinte problémái lehettek a megfelelő orgánus megtalálásával: az *Allgemeine Zeitung*, Né-

metország vezető napilapja levélpapírján 1880. január 3-i dátummal íródott levélben értesítik, hogy beküldött írását nem közlik, egyidejűleg a kéziratot visszaküldik. Földrajzi és geológiai folyóiratok: *Das Ausland*, *Petermann's Geographische Mitteilungen* azonban szívesen és sokat közöltek tőle az évek folyamán. Legértékesebb munkáit hazai lapokban, a *M. Kir. Földtani Intézet Évkönyvében*, a Magyarhoni Földtani Társulat folyóiratában, a *Földtani Közönyben* és a Magyar Földrajzi Társaság által fenntartott *Földrajzi Közleményekben* publikálta magyarul és németül egyaránt. A Holland Kelet-Indiáról szóló közleményeinek lehetőség szerint teljes listáján függelékben közöljük – mintegy nyolcvan tételről van szó.

Nem ismerjük részleteiben a Holland Indiákon való tartózkodásának időbeosztását. Erre vonatkozó adatok főképpen a holland gyarmati közigazgatás Jakartában megőrzött, sok kilométert kitevő iratanyagában lennének megtalálhatóak. A nekrológok mint köztudomásút említik, hogy egy évet töltött Jáván, hármat Borneón és végezetül megint egy évet Jáván. A Bangka és Billiton szigetéről megjelent tanulmányai (POSEWITZ, 1886a, 1887b) bizonyítják, hogy ott is járt. Hogy ezt mint orvos vagy csak mint az önbányászatra kíváncsi geológus tette, nem tudjuk. Flores szigetén, a távoli Kis-Szunda-szigetek egyik tagján azonban nem járt, ezt a félreértést (VITÁLIS 2005) egy oda vezetett, holland expedícióról megjelent beszámolója okozta (POSEWITZ 1891b). Szumátrán sem járt, bár tervezte.

Posewitz mindvégig fenntartotta szoros kapcsolatát az otthoniakkal. Megőrizte tagságát a Magyarhoni Földtani Társulatban, melynek 1877 óta folyamatosan tagja volt. Térképeket küldött a Földrajzi Társaság könyvtárának, valószínűleg holland szolgálata alatt is, de hazatérte után mindenképp.<sup>2</sup> Barátainak, különösen Matyasovszky (más írásmóddal Mattyasovszky) Jakabnak küldött levelei jutottak el végül is a sajtónak, ahonnan a kinti tartózkodására vonatkozó részleteket merítettem.

Posewitz ázsiai útját olyan felfedező expedíciónak tekintette, amely kielégítette tudományos kíváncsiságát és bizvást mondhatjuk, a kalandvágyát is. Nem követte az Indiákon dolgozó más magyarok példáját: nem gyűjtött vagyont, mint Mácsik Gyula orvosdoktor, aki 9–10 évet is eltöltött ott, vagy mint Hegedüs Jenő földmérőmérnök, aki az ő idejében már majd két évtizede állt a holland kormány szolgálatában.<sup>3</sup> Amikor ötéves szerződése lejárt, 1885 nyarán visszatért Magyarországra.

### Újra Európában

Ázsiából való hazatérte után nem várta biztos állás. Ezért tovább folytatta orvosi tanulmányait: magiszteri fokozatot szerzett szülészetből 1885. október 5-én a pesti és ugyanazon év november 28-án doktori fokozatot sebészetből a kolozsvári egyetemen (Posewitz-iratok). Nem tudjuk,

<sup>2</sup>Jelentés a könyvtár és a térképgyűjtemények gyarapodásáról. – *Földrajzi Közlemények* 1886, 24

<sup>3</sup>Magyarok Kelet-Indiában. *Politikai Újdonságok* 31(46), p. 638.

hogy praktizált-e Magyarországon. Másfél évvel Ázsiából való hazatérte után megkapta Böckh Jánosnak, a Földtani Intézet igazgatójának 1886. december 30-án kelt levelét, melyben értesíti Posewitz Tivadar magáangeológust, hogy kinevezték a vágyott segédgeológusi állásra a Földtani Intézetbe. A rákövetkező huszonkilenc évben, nyugdíjazásáig, az Intézet munkatársa volt. Északkelet-Magyarország földtani térképezésében vett részt, sokat dolgozott Sáros és Máramaros vármegyék – már akkor is fontosnak tarott – kőolaj-tartalmú rétegsorain. Szabadidejében pedig a Tátra turisztikai feltárásáért tett sokat népszerű útikönyvek publikálásával, a Magyarországi Kárpát Egyesületben való vezető tevékenységével.

A holland tudományosság számon tartotta Posewitz hazatérése után is. Megválasztották a Hágában székelő *Koninklijk Instituut voor Taal-land en Volkenkunde in Nederlandsch-Indie* (A Holland Indiák Nyelvének és Néprajzáinak Királyi Kutatóintézete) külső tagjának<sup>4</sup> nyilván első könyve, a *Borneo* megjelenésének elismeréseként.

Posewitz nem csak könyvét adta ki hazatérte után; továbbra is küldött szócikket különféle külföldi, földrajzi folyóiratoknak. Népszerű előadásokon ismertette a Holland-Indiákon szerzett élményeit. A Magyar Földrajzi Társaság 1890. március 27-i ülésén bemutatta az európaiak életstílusát a Holland Indiákon, a remek közigazgatást, melynek segítségével mindössze 50.000 európai mintaszerrűen el tud vezetni 26 millió helyi lakost. Cáfolta a vidék szörnyűséges klímájáról vallott nézeteket. Ez, szerinte, teljességgel elviselhető, ha az ember bizonyos elővigyázatossági intézkedéseket betart. Beszért a szigetlakók néprajzáról is, de ennek részleteire nem tért ki a tudósító.<sup>5</sup>

### Családja

Posewitz háromszor házasodott. Bár VITÁLIS (2001) Mina Sinai (1860–1883) néven a borneói feleségét említi, ennek a kifejezésnek a pontos jelentése 'kínai ágyas'. Tőle egy fia született, Theodor Hendrik (Tivadar Henrik) a borneói Teweiben. „Mina Sinai” 1883-ban meghalt. Második felesége, Papp Adél (1867–1901), Papp Károly geológus testvérhúga. Melitta Kornélia nevű lányuk született 1896-ban. Adél halála után Schulek Margitot (1874–1945) vette el; tőle Elek (1906–1913) és Guido Artúr nevű fia született. Elek nyolc éves korában meghalt. Guido (1908–1981) kultúrmérnöki diplomát szerzett a műegyetemen és geológiai doktorátust a Pázmány Péter Tudományegyetemen. A kommunizmus uralomra jutásakor, 1948-ban kivándorolt Dél-Amerikába: Venezuelában és Mexikóban víztározók gátját tervezte, építette (KOROMPAY 1997a, JASKÓ 1999).

A holland gyarmati közigazgatás támogatta a nőtlen tisztok és tisztviselők házasodását a helyi lakossággal, a közkatonáknak pedig ágyasok tartását tették lehetővé (MING 1983). Ez az ideiglenes feleségtartás a kínai kereskedők és a helyi lakosság kapcsolatában sok évszázados múltra tekint vissza (ANDAYA 1998). Ha a katonáknak a kapcsol-

atból gyerekeik születtek, őket Európába visszatértük hátrahagyták, többnyire minden anyagi segítség nélkül. A tisztok esetében nem ismerjük a szokásrendet. Az, hogy Posewitz hazahozta kinn született fiát a Holland Indiákról, semmiképpen sem volt általános gyakorlat. Az ifjabb Tivadar mindvégig egyenrangú családtag volt, családi fotókon szerepelt (DRECHSLER-MEEL, é. n.). Tanulmányai végeztével egy vasúttársaságnál töltött be műszaki tanácsosi hivatalt.

### Tevékenysége a Holland Kelet-Indiákon

Posewitznek az Ázsiában végzett katonarvosi munkájáról bizonyára jelentős mennyiségű adat áll rendelkezésre a jakartai levéltárakban, ahol a holland gyarmati adminisztráció több évszázadra kiterjedő, teljes iratanyaga kutatható. Amit tudunk, azt a hazai napi sajtóban megjelent kisebb közlésekből vettem, valamint a tudományos közleményeinek végén esetenként megadott feladási helyből és dátumból szűrtem le. A hazai sajtó hírei bizonyára családjának és barátainak küldött leveleire támaszkodnak. Tudjuk, hogy Matyasovszky Jakabnak, a Földtani Intézet fiatal geológusának címzett több levelet. Borneói tartózkodásának helyszíneit felsorolja a *Borneo* kötet előszavában. Három évet töltött ott: valamennyi időt – ahogy ő fogalmaz – a déli mocsárvidéken, Banjarmasin környékén, további hónapokat a központi hegyláncok melletti, száraz, alluviális síkságon Barabeiben, és élt a tercier kőzetekből álló dombvidéken a hatalmas Barito folyam mentén, mindössze 4 km-re az egyenlítőől, Teweiben (2. ábra). Itt született Theodor fia. Figyelemre méltó, hogy még szolgálati helyeinek felsorolását is Borneó geológiai nagytájainak rendszerében adja. A szigetről távozta előtt még módja volt Pengaron szénbányáinak felkeresésére, és hogy kirándulást tegyen a délkeleti parton húzódó Tanah-Laut-hegylánchoz, ahol mintegy kicsiben tanulmányozható a sziget földtani szerkezete. Személyes megfigyeléseit később a batáviai *Genootschap vor Kunst en Wetenschappen* (Tudományos és Művészeti Társaság) könyvtárában dolgozva formálta rendszerré. Itt megtalálta a régi, akkor már nehezen hozzáférhető szakirodalmat, amelyet aztán Európába visszatérve kiegészített a frissebb tudományos eredményekkel (POSEWITZ 1889a: V).

A *Borneo*-kötet ajánlása így szól: „P[ieter]. van Dijknek, a bányahatóság vezetőjének, a tudományos erőfeszítések buzgó támogatójának, a Holland-Indiákon töltött évek hálás emlékezetéül” (POSEWITZ 1889a: III). Ez a dedikáció azt jelzi, hogy a Holland Kelet-Indiák legmagasabb tudományos hatóságai is tisztában voltak Posewitz működésének jelentőségével, és alighanem támogatták is tevékenységét.

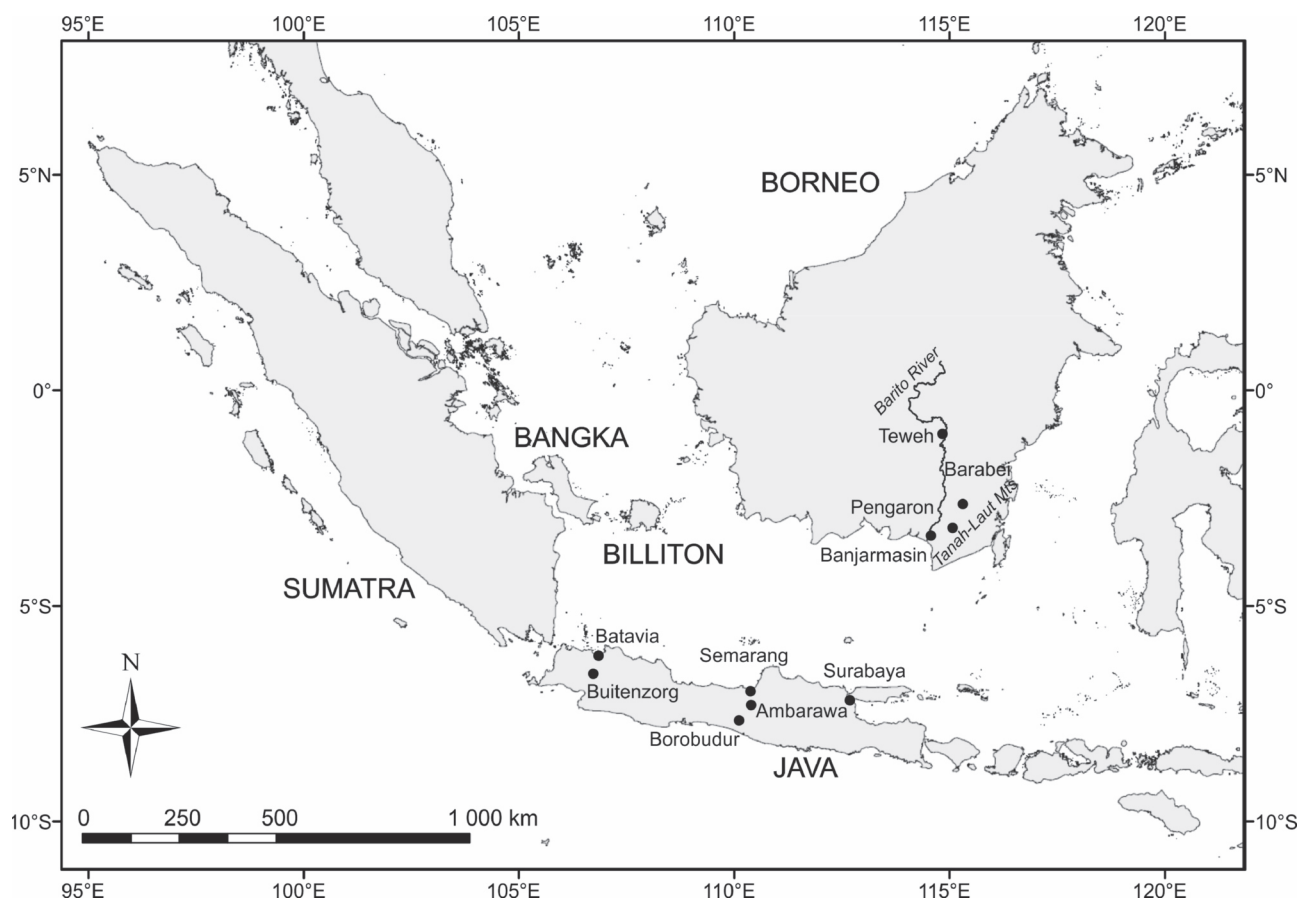
### A Borneo-könyv

Posewitz – hivatásos katonarvosként a Holland Kelet-Indiák Királyi Hadseregéhez beosztva, nyilvánvalóan csak a szolgálata után fennmaradó időt szentelhette geológiai érdeklődésének. Nagy szerencséjére ahol és amikor szolgált, ott nem kellett harcokban részt vennie, sebesülteket ellátnia.

<sup>4</sup>Személyi hírek. *Nemzet* 1890, p. 199.

<sup>5</sup>A földrajzi társaság. *Vasárnapi Újság* 37(13), p. 212.





2. ábra. A Holland-Indiák nyugati része Posewitz állomáshelyeinek megjelölésével  
 Figure 2. Western part of the Dutch East Indies. Places visited by Posewitz are marked

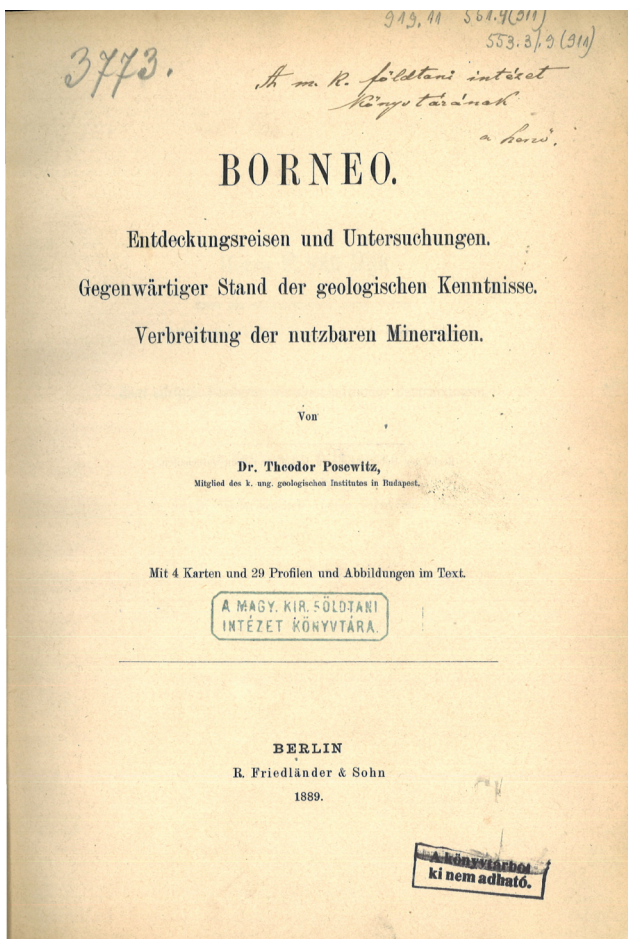
Ezért utazott, amennyit tudott, kirándulásokat szervezett a folyóparti feltárásoktól messzebbre eső területek megtekintésére, és legfőképpen fáradhatatlanul gyűjtötte az adatokat, megfigyeléseket.

Holland-indiai tartózkodásának legfontosabb eredménye a német nyelvű, Berlinben megjelent *Borneo* monográfia (3. ábra). Hosszú alcíme magyarul: *A felfedező utazások és vizsgálatok. A földtani ismeretek jelen állapota* (POSEWITZ 1889a). Az előszóban maga írja, hogy a könyv kétharmada a magán Hollandián kívül nagyon kevesek által ismert, holland nyelven publikált források alapján készült, kimerítő részletességű összefoglaló (Anonymus 1892). Csak maga az irodalomjegyzék 12 oldalra terjed, és 259 tételt tartalmaz. Posewitz kitűnő nyelvtudását jellemzi, hogy közülük 158 holland, 51 német, 50 angol nyelven jelent meg, néhány pedig franciául, olaszul és magyarul íródott. Ezekben a nyelveken kívül bizonyára elsajátította a helyi *lingua francát*, a maláj nyelvet, mely a lakossággal és saját szolgálóival való érintkezésben elengedhetetlen volt.

A Földtani Intézetben eltöltött évtizedek alatt munkáit már magyarul írta. *A Petroleum und Asphalt in Ungarn* c. monográfiájának (POSEWITZ 1907) címlapján például a kiadó megjegyezte, hogy azt maga a szerző fordította a magyar eredetiből. Sógora, Papp Károly méltán jegyezte meg, hogy nyelvi tehetsége joggal váltotta ki kortársai elismerését (PAPP 1918).

A kötet a felfedező és a tudományos utazások részletező történetével kezdődik: a Kelet-Indiai Kereskedelmi Társaság (*Vereenigde Oostindische Compagnie – VOC*) idejéltől a különféle „gentleman utazók”, kincsvadászok, bányamérnökök és szerencselovagok működéséig, leírva különösen földrajzi felfedezéseiket és legfőképpen földtani megfigyeléseiket, például amelyek a kőszén és a kőolaj előfordulására vonatkoznak.

Ezt követi a geológiai fejezet, amely módszeres földrajzi leírással kezdődik: bemutatja a hegyláncokat (mert ezek adják az ásványi nyersanyagokat), a folyóvizet (mert ezek adják az egyedüli hosszú távú szállítási lehetőséget), a kikötőket és öblöket (amelyek a víz és a szárazföld közötti kapcsolatot teremtik meg). A földtani felépítés ismertetését domborzat szerinti tagolásban nyújtja: 27 oldal szól a hegyvidékről (amelyről akkor még szinte semmit nem tudtak). A tercier képződményekből álló dombvidéket tárgyalja a leg részletesebben: a négy sugárirányú hegylanc által tagolt négy régiókat leírja – az akkoriban még szinte alig ismert – vázlatos rétegtanát, ezek korrelációját a sziget különböző részei között, a vulkáni kőzeteket és röviden megemlíti a hasznosítható ásványi nyersanyagokat. Negyven oldalon ez a fejezet adja a legtöbb információt az olvasónak. A diluviális (pleisztocén) síkságok – bár területileg a legnagyobbak – csak kilenc oldalt tesznek ki. Az alluvium, vagyis a mocsár-



3. ábra. A Borneo első, német nyelvű kiadásának címlapja (POSEWITZ 1889a)  
 Figure 3. Title page of the first, German edition of the Borneo monograph (POSEWITZ 1889a)

világ, melyet akkoriban még nem tudtak vizsgálni, csak öt oldalra érdemesült. A földtani fejezetet kiegészíti még a recens korallzátonyok említése. Szó van esetleges vulkánkitörésekről és a nagyon kevés észlelt földrengésről. Az erőteljes laterites mállás és a magas hőmérsékletű kontaktmetamorfózis két-két oldalt érdemel. A sziget kiemelkedése és süllyedése – mely mai módszerekkel is nehezen tanulmányozható – szintén kapott egy rövid fejezetet, csakúgy mint a part emberi léptékkel is érzékelhető változásai: kiemelkedő és elsüllyedő szigetek, és azok, melyeket az erózió tüntetett el nyom nélkül. Posewitzet a barlangok is érdekelték: ezek felfedezése is érdemelt egy rövid fejezetet. Egy mai kézikönyv sem tartalmazna lényegesen eltérő felosztást.

A leghosszabb fejezetben a hasznosítható nyersanyagokat tárgyalja összesen 150 oldalon. Ebből a szénre 35 oldal jut, részletezve az eocén, miocén, pleisztocén szenet és a holocén tőzeget, beleértve fűtési tulajdonságaikat és kémiai összetételüket. Ezután következik az arany (53 oldal), részletesen bemutatva az európaiak érkezése előtti kínai aránybányászatot, a gyémánt (23 oldal), platina (4), antimonérc (4), higanyérc (6), vasérc (8), rézérc (3), ezüstérc (1), ólom- és cinkérc (2), ón (1), kőszó (3), arzén, kobalt, nikkel, korund, molibdén, mangán, alunit, salétrom összesen 4 oldal, kőolaj

(2) és – akkoriban szokatlanul, de mai szemmel nagyon modernként – a hévforrások (1 oldal). A zárófejezet 26 oldalon részletezi az eddigi bányavállalkozások működését létesítésük sorrendjében, végül a bennszülöttek szénbányászatával fejeződik be. A kötetet négy térkép zárja: a főbb utazások útvonalai, beleértve Posewitz útjait, egy topográfiai térkép, valamint egy földtani térkép és az ásványi nyersanyagok térképe.

Ahhoz, hogy fölbecsüljük Posewitz originális hozzájárulását Borneo geológiájának megismeréséhez, ismernünk kellene a kortárs, elsősorban holland irodalmat. Tudjuk, hogy végzett szelvénymenti vizsgálatokat, különösen a széntartalmú rétegsorokon, külszínen és mélyművelésben egyaránt. Mintákat gyűjtött biosztratigráfiai céllal. Ezekből a mikrofaunát Hantken Miksa, akkor már a budapesti egyetem őslénytani professzora határozta meg: a Batu Bangka rétegsorának mészkövéből vékonycsiszolatban és mosott anyagból írt le késő eocén korú foraminifera-faunát (POSEWITZ, 1889a: 383–384). Ez Hantkennek egy eddig nem ismert, kései publikációja (HANTKEN 1889).

A *Borneo* nem irodalmi remekmű. Száraz, tudományos stílusban íródott, objektív szöveg, melyben néha túlteng a táblázatos adatközlés: területegységek adatai, különféle szerzők rétegtani felosztásának korrelációs táblázata, hegyek magassága oldalakon keresztül, kőzetek kémiai összetétele, ősmaradványjegyzékek, feltárások és tárók rétegsorai, kőszételepek készletszámítása, kitermelési adatok és költség-számítások. Megadja a pengaroni széntelepek bányatérképét, mely már egyértelműen műszaki, nem földtani ábra. Ez alighanem freibergi bányamérnöki neveltetéséből fakad.

A kötetben nagyon kevés olyan közlés van, amely nem a geológiára vagy a bányászatra utal, rója meg könyvismertetésében a *Földrajzi Közlemények* recenzense, György Aladár (Gy. A. 1889). Bár röviden kitér a topográfiára és a közgazgatásra, teljesen elhanyagolja a növény- és állatvilágot, az éghajlatot, és „meg sem említi az oly érdekes dajak törzsek nevét”.

### Benyomásai az Indiáról

Posewitzet kortársai harcos egyéniségként ismerték (THIRRING 1917). Ennek ellenére – legalábbis írásműveiben – mindig is tartózkodott a szubjektív megjegyzésektől. A borneói kikötőváros, Banjarmasin lakóit objektíven, hangsúlyos tisztelettel írja le (POSEWITZ 1882c). A dajak (bandzsar) bennszülöttek és a kínaiak életmódja, vízre épített házaik, öltözetük mind-mind szinte tudományos precizitással szerepelnek leírásában. Egyedül az arab kereskedőkről nyilvánít véleményt, talán azért, mert kapzsiságukban még a kínaiaknál is jobban kizsákmányolják a helybélieket. Nem szólott egy szót sem az európai lakosságról, a tisztviselőkről és a katonákról sem. A holland kormány lojális alkalmazottjaként nem is minősíthette őket. Az egyetlen kivétel a kínaiak borneói arányász telepeinek meghódítását kísérő vérengzés és pusztulás tárgyú megemlékezés: ezek az ismétlődő hadjáratok lényegében megszüntették a jövedelmező arany-

mosást a szigeten (POSEWITZ 1892: 315). Ezen objektív véleménye azután nemcsak geológiai, de történeti munkákban is szinte napjainkig él (HARRISSON 1949: 43; LENG 1971: 251).

### Posewitz, a tudós

Posewitz nyilvánvalóan hatalmas munkabírási, szorgalmas ember volt. Hosszú távú terveket gondolt ki és vitt végbe. Családja révén megvoltak a szükséges anyagi eszközei terve véghezvitelére: hogy orvosnak tanulóval élhesse meg személyes, felfedezői ambícióit, hogy második diplomaként élete szerelmét, a geológiát sajátíthassa el, hogy – amíg fizetett álláshoz nem jut, addig is – önkéntesként dolgozhassék tudományos intézetekben. Eleinte apja tátrafüredi vízgyógyintézete, valamint az édesanyja birtokában lévő vas-hámor részvényei adhatták ezt a háttérrel. Ázsiai útját megelőzően csendestársaként belépett egy családi vállalkozásba 4000 forintnyi tőkével, melyre kint nyilvánvalóan nem volt szüksége – akkoriban ez egy professzor két évi teljes fizetésének felelt meg. Talán az ezen életmódot és kutatási eljárást folytató személy az, akit az angol *gentleman geologist*-nek nevez: aki saját, független forrásokból származó jövedelmét áldozza választott tudományterülete művelésére (PORTER 1978). Már korai tátrai túrái jelzik, hogy nagyon jól érezte magát a természetben, akár felüldülésképpen, akár terepi geológusként, Borneón és Magyarországon egyaránt. Leírta az általa, kisebb társaságnak a borneói Pararawen-hegyre szervezett gyalogtúrát (POSEWITZ 1885b). Tátrai és szepességi útikalauza több kiadásban is megjelent, magyarul és németül egyaránt (POSEWITZ 1904, 1909).

Posewitz sohasem mulasztotta el a megelőzően publikált irodalmi adatok teljes körű számbavételét. Batávia könyvtáraiban és levéltáraiban hosszú időt töltött, ily módon aknáztta ki a holland nyelvű szakirodalomnak addig a tágabb szakma számára hozzáférhetetlen tárházát. Könyve irodalomjegyzékében még azt is megadta, hogy mely tanulmányokhoz nem fért hozzá, bár létükről tudomást szerzett. Ez a hatalmas irodalmi adatbázis az, amelyért a *Borneo*t számos szakterületen a mai napig forrásként használják. A részletadatok iránti, nem szűnő figyelmét szemlélteti többek között az útikalauzaiban – a műfajban egyébként szokatlanul – a tátrai tavak térfogatát és vizük hőmérsékletét bemutató táblázat is (POSEWITZ 1909: 10–11).

### A Borneo jelentősége

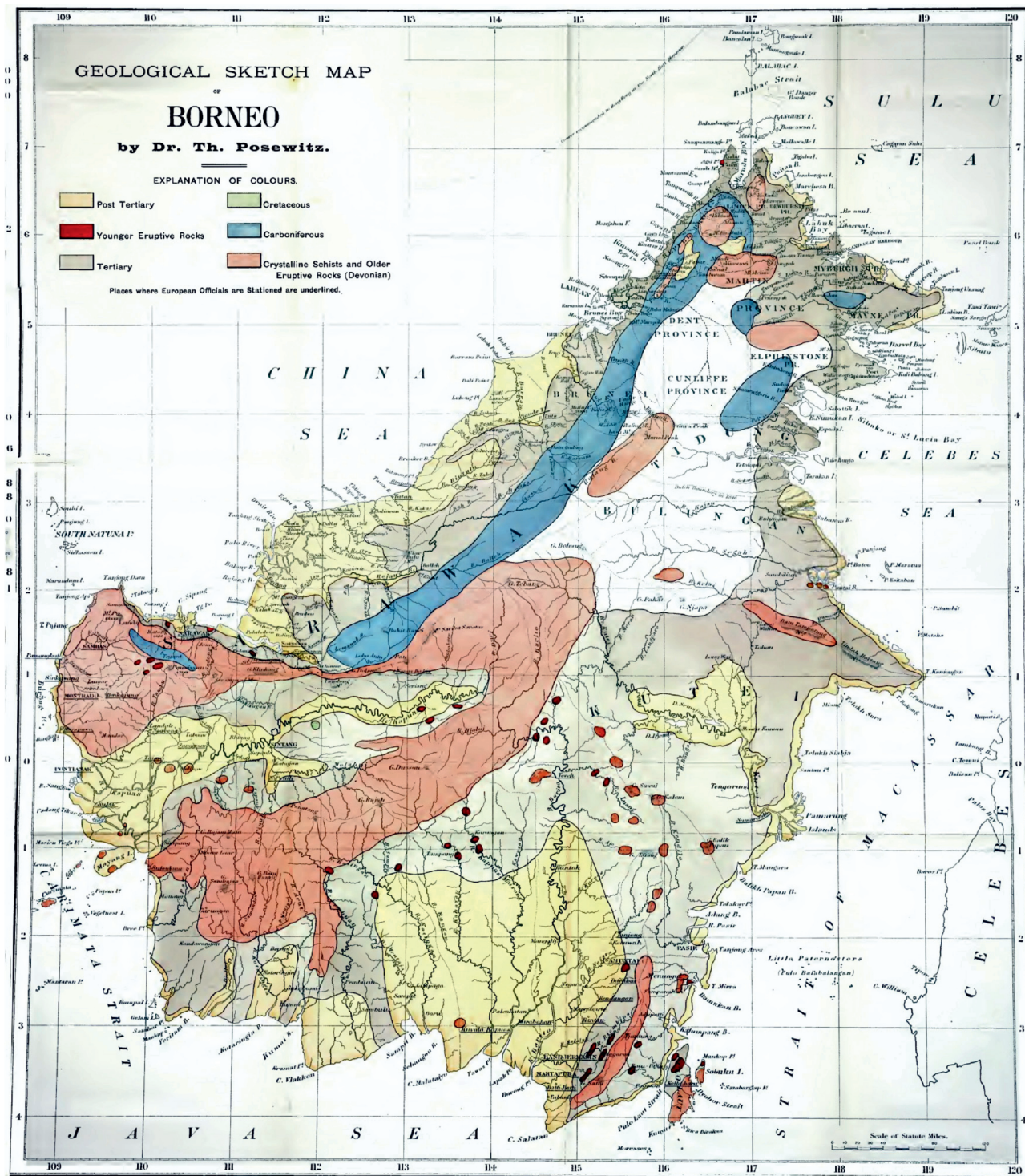
A Borneo volt az első és hosszú ideig az egyetlen geológiai kézikönyv a szigetről (HUTCHISON 2007). Mivel a sziget északi része akkoriban brit érdekerület volt, hamarosan megjelent az angol fordítás is, már 1892-ben. Frederick Henry Hatch (1864–1932), a fordító jó pár megjegyzést és irodalmi hivatkozást adott hozzá. Hatch-et tartják egyébként a dél-afrikai kőzetan atyjának. HOWARTH (2012: 190) szerint Hatch Witwatersrand aranya iránti érdeklődését alighanem a Posewitz-könyv ásványi nyersanyagokról, különösen az aranyról szóló részeinek a fordítása keltette föl. A kö-

tet német és angol változata, valamint Posewitz önálló tanulmányai egyaránt kimerítő részletességgel tárgyalják a szigeten található szenet (POSEWITZ 1884b) és aranyat (POSEWITZ 1883a), Bangka szigetének földtani felépítését (POSEWITZ 1885a), az ottani ónbányászatot (POSEWITZ 1886a). Ezek az Európában több helyütt kiadott munkák, melyek közül a terjedelmesebbek a budapesti Földtani Intézet által megjelentetett munkák voltak, nem sikkadtak el az Indiák szakemberei számára sem. Többek között megtalálhatóak a szingapúri Raffles Museum, Délkelet-Ázsia legfontosabb természetrajzi gyűjteménye könyvtárában is (DANIEL 1941).

Idehaza – bár Posewitz Tivadar tengerentúli működése közismert volt, tudományos és népszerű előadásainak jó volt a sajtóvisszhangja – a *Borneo* nem épült be a tudományos köztudatba. A feledés mértékét jól jelzi, hogy a Magyarhoni Földtani Társulat Tudománytörténeti Szakosztálya 2018. március 27-i ülését nem a fő művének, a Németországban és Angliában megjelent, négyszáz oldalas monográfiának szentelte, hanem a Földtani Intézet Évkönyvében kiadott, mindössze 30 oldalas tanulmányának (POSEWITZ 1882a). Ezzel szemben a *Petroleum és aszfalt Magyarországon* c. könyve (POSEWITZ 1907), mely hasonló műfajt képviselt (irodalmi összefoglalás személyes kutatásokkal kiegészítve), kedvező hazai fogadtatásra talált, sokáig használták és hivatkozták is. A *Borneo* alapadatai, bár ha a földtani értelmezés és a térkép mára magától értetődően el is avult, továbbra is értékesek, megbízhatóak. Kortárs vélemény szerint „fő érdeme a hasznosítható nyersanyagok dokumentálása, de bármely szakterület tudományos kutatói nagy haszonnal forgathatják a *Geology of Borneo*-t” (ANONYMUS 1892). A német kiadás megjelenté után a Hágában székelő *Genootschap vor Kunst en Wetenschappen* külföldi tagjainak sorában látjuk Posewitz nevét. A listában közvetlen szomszédai igencsak illusztris személyiségek: a budapesti Goldziher Ignác, az iszlámtudományok megalapítója és Ferdinand von Richthofen, felfedező és földrajztudós, aki a Selyemút kifejezést megalkotta. Utóbbi maga is dolgozott a Holland-Kelet-Indiákon.

A földtani térkép, melyet a német kiadásban közölt, de különösen az, melyet javítva az angol kiadáshoz mellékel (*4. ábra*), alighanem lenyűgözte kortársait. Erre csak egy példa: Sabahról, a sziget legészakabbi, angol érdekeltségű tartományáról szólva, ahol is mindösszesen három expedíció jórészt elvesztett jelentéseire tudott csak támaszkodni, és amelyről addig még nem készült topográfiai térkép, és ahol maga sohasem járt, (WANNIER 2017: 39) úgy fogalmazott, miszerint „rendkívüli, hogy Posewitz sikeresen megrajzolta a terület földtani térképét”.

Míg a kötetben tárgyalt földtani megfigyeléseket és a nagyon leegyszerűsítő szerkezeti képet lassan meghaladta az idő, az ásványi nyersanyagok részletező ismertetése időtállóan bizonyult. „A korábbi felfedezőutak ismertetése tartós érték” fogalmazott MÖBERG (1925). „Az olvasót Posewitzhez utaljuk, ha Borneó ásványi nyersanyagainak részleteiről érdeklődik” írta BRADDELL (1941: 37), „a földtani és technikai részletekről legjobban Posewitz számol be” minősíti HARRISSON (1949: 35). Újabb geológusok (DILL &



London: Edward Stanford, 21 & 27, Cockspur St., Charing Cross, S.W.

4. ábra. Borneó földtani térképe POSEWITZ monográfiájának 1892-es, angol nyelvű kiadásából  
Figure 4. Geological map of Borneo from the second edition of the monograph, published in English (POSEWITZ 1892)

HORN 1996) és régészek (FAJARI 2016) is hivatkozták a könyvet mint megbízható adatok forrását. Egy 2019-es vélemény szerint is Borneó gyémántelőfordulásait Posewitz ásványi nyersanyagterképe mutatja legpontosabban, melyhez csak egész kevés további lelőhelyet szükséges megnevezni (HOFMEESTER et al. 2019).

Egészen meglepő módon még irodalomtörténeti tanulmány (GERLICH 1996, 1998) is idézi Posewitz egyik munkáját: a Sabah tartománybeli Kinabalu-tóról írott rövid, másfél oldalas esszéje szakirodalmi összefoglalás egy hajdan bizonyára létezett, de azóta eltűnt tőről. Mégis, ez adja a földrajzi hátteret egy azóta világhírré emelkedett irodalmi műnek,

Emilio Salgari Sandokan-regényének: a „maláj tigris” hazája a Kinabalu-tó környéke volt, mely a 19. század elején még létezett (POSEWITZ 1887d). A filmváltozat főcímdalát a magyar Neoton Família zenekar is nagy sikerrel adja elő 1983 óta, megszakítás nélkül ([https://zene.hu/20101017\\_ez\\_volt\\_a\\_slager\\_egykor\\_48\\_1983ben\\_millio\\_k\\_hallgattak\\_a\\_daltneot\\_on\\_familia\\_sandokan](https://zene.hu/20101017_ez_volt_a_slager_egykor_48_1983ben_millio_k_hallgattak_a_daltneot_on_familia_sandokan)). Letöltés: 2021. március 13.).

A geológusok ritkán fejezik ki véleményüket egymásról felhevült vitákban, nem úgy, mint a történészek (*Historikerstreit*: AUGSTEIN 1993) vagy a régészek (BINFORD 2009). Ritkák az érzelmi töltettel bíró megfogalmazások akár pozitív, akár negatív irányban. Ezért is érdekes, ahogy Mészáros Miklós, a kolozsvári egyetem földtani tanszékének egykori tanszékvezető professzora 1998-ban leírta Posewitz munkáiról való véleményét. „...egyik főműve az 1:75.000 léptékű színes máramarosi lap és ennek magyarázó szövege (HOFFMANN & POSEWITZ 1893, 1894). Nyugodtan állíthatom, hogy egyik legtökéletesebb földtani térkép. A máramarosi flis üledéket olyan pontosan térképezte, hogy egy évszázad után is megállja a helyét, semmilyen módosítást nem igényel. 1949-ben vezető geológussal szinte nagyítóval vizsgáltuk, de nem akadt semmi módosításra való. Pedig a flisben való térképezés nem könnyű, minden réteg, amelyet elkülönített, úgy van ma is, módosítás nélkül. Én fél évszázados földtani tevékenységem alatt ilyen tudományos pontosságot nem tapasztaltam. Rendkívüli becsű munkája a Földtani Intézet kiadásában jelent meg *Petroleum és aszfalt Magyarországon* címmel [POSEWITZ 1907], amelynek értékét legjobban bizonyítja a munka szokatlan kelendősége. Ennek a munkának Erdélyre és a Keleti-Kárpátokra vonatkozó részeit 1995-ben kérésre angol nyelvre fordítottam. Ugyancsak angolra fordítottam azokat a tudományos jellegű cikkeket, amelyeket Borneoról írt, és nem angol nyelven jelentek meg. Ezek a cikkek – amelyeket a Shell vállalat geológusai nagyra

értékeltek – sok olyan adattal szolgáltak, amelyekrőlők nem tudtak, és amelyek a feltáró munka során hasznosnak bizonyultak. Egy olyan geológusról emlékezem meg, aki nem írt sokat, de amit írt, az több mint egy évszázad után is maradandó” (MÉSZÁROS 1998). A „nem írt sokat” vélemény a tanulmány elején említett elmaradásnak, a bio-bibliográfia hiányának tudható be. A függelékben közölt, egyelőre csak Ázsiára vonatkozó publikációinak jegyzéke fényében már egészen másképpen látjuk Posewitz Tivadar tevékenységét, a geológia iránti olthatatlan lelkesedését és hatalmas mennyiségű, páratlanul megbízható minőségű munkáját.

### Köszönetnyilvánítás

Fancsik Tamás, a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat elnöke engedélyezte, hogy felhasználhassam a tudománytörténeti levéltár dokumentumait. Török Ildikó, a levéltár kezelője mindenben a legmesszebbmenőkig a segítségemre volt. A Magyar Nemzeti Múzeum Történeti Fényképgyűjteményétől kaptam engedélyt Posewitz jávai fényképének közlésére. Mario Wannier (Petronas, Kuala Lumpur, Malaysia) elküldte a *Borneo* angol kiadásában megjelent térképek beszkenelt változatát. Krzysztof Gaidzik (University of Silesia, Sosnowiec, Lengyelország) Posewitz állomáshelyeinek azonosításában és ábrázolásában segédkezett. Pusztai Gábor (Debreceni Egyetem) a holland intézménynevek magyar megfelelőit adta meg. Anto Mohsin (Northwestern University, Doha, Katar) néhány kritikus maláj szó értelmezésében nyújtott segítséget. Papp Gábor főmuzeológus, tudománytörténész (Magyar Természettudományi Múzeum) alapos kritikai észrevételekkel illetve a kéziratot és minden hibát kigyomlált. Mindnyájukat e helyen illeti köszönet.

### Irodalom – References

- ANDAYA, B. W. 1998: From temporary wife to prostitute: sexuality and economic change in early modern Southeast Asia. – *Journal of Women's History* **9/4**, 11–34. <https://doi.org/10.1353/jowh.2010.0225>
- ANGETTER, D. C., HUBMANN, B. & SEIDL, J. 2016: Physicians and their contributions to the early history of earth sciences in Austria. In: DUFFIN, C. J., MOODY, R. T. J. & GARDNER-THORPE, C. (eds): A History of Geology and Medicine. – *Geological Society, London, Special Publications* **375**, 445–454. <https://doi.org/10.1144/sp375.4>
- ANONYMUS 1892: Review of Borneo: Its Geology and Mineral Resources. – *Geological Magazine* **1892**, 569–570.
- ANONYMUS 1922: Posewitz Tivadar. – In: *Révai Nagy Lexikona* **15**, Révai Testvérek Irodalmi Intézet Részvénytársaság, Budapest, p. 624.
- ANONYMUS 1959: *Österreichisches Biographisches Lexikon 1815–1950*. Band **2**, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 1959, p. 184.
- ANONYMUS 1969: Posewitz Tivadar. – In: KENYERES Á. (szerk.): *Magyar Életrajzi Lexikon* **2**, Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 437.
- ANONYMUS 1990: Posewitz, Teodor. – In: *Slovenský biografický slovník* **4**, Matica Slovenska, Bratislava, p. 525.
- AUGSTEIN, R. 1993: *Forever in the shadow of Hitler?* Original documents of the Historikerstreit, the controversy concerning the singularity of the Holocaust. – Atlantic Highlands, N. J. Humanities Press.
- BINFORD, L. R. 2009: *Debating Archaeology*. – Left Coast Press, Walnut Creek, CA.
- BRADDELL, R. 1941: An introduction to the study of ancient times in the Malay Peninsula and the Straits of Malacca. – *Journal of the Malayan Branch of the Royal Asiatic Society* **19**, 21–74.
- DANIEL, P. 1941: Descriptive catalogue of the books relating to Malaysia in the Raffles Museum & Library, Singapore. – *Journal of the Malayan Branch of the Royal Asiatic Society* **19/3**, 1–125.

- DILL, H. G. & HORN, E. E. 1996: The origin of a hypogene sarabauite-calcite mineralization at the Lucky Hill Au-Sb mine Sarawak, Malaysia. – *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* **14**, 29–35. [https://doi.org/10.1016/s0743-9547\(96\)00018-9](https://doi.org/10.1016/s0743-9547(96)00018-9)
- DRECHSLER-MEEL, H. é. n.: Posewitz, Theodor. <https://kulturportal-west-ost.eu/biographien/posewitz-theodor> Letöltés: 2021. március 12.
- FAJARI, N. M. E. 2016: Archaeological survey in Pulau Laut, Kotabaru Regency, South Kalimantan Province. – *Balai Arkeologi Kalimantan Selatan* **2**, 11–38.
- GERLICH, B. M. 1996: Sandokan personaggio storico. – *Oriente Moderno, Nuova Serie* **15**, 111–126. <https://doi.org/10.1163/22138617-07601007>
- GERLICH, B. M. 1998: Sandokan of Malludu. The historical background of a novel cycle set in Borneo by the Italian author Emilio Salgari. – *Archipel* **55**, 29–41. <https://doi.org/10.3406/arch.1998.3440>
- Gy[örgy] A. 1889: Borneo. Entdeckungsreisen und Unternehmungen. [recenzió] – *Földrajzi Közlemények* **17**, 201–203.
- HANTKEN, M. 1889: Kalkfelsen bei Batu Bangka. – In: POSEWITZ, Th.: *Borneo. Entdeckungsreisen und Untersuchungen. Gegenwärtiger Stand der geologischen Kenntnisse. Verbreitung der nutzbaren Mineralien*. B. Friedländer & Sohn, Berlin, 383–384.
- HARRISSON, T. 1949: Gold & Indian influences in West Borneo. – *Journal of the Malayan Branch of the Royal Asiatic Society* **22**, 33–110.
- HOFFMANN, K. & POSEWITZ, T. 1893: *A Magyar Korona országainak részletes földtani térképe*. Máramaros-sziget vidéke: 14. Zóna XXX. Rovat. 1:75.000. – M. kir. Földtani Intézet, Budapest.
- HOFFMANN, K. & POSEWITZ, T. 1894: *Magyarázatok a Magyar Korona országainak részletes földtani térképéhez*. Máramaros-Sziget vidéke: 14. zóna, 30. rovat jelű lap. – Budapest: Franklin, 32 p.
- HOFMEESTER, K., ASHKPOUR, A., DEPUYDT, K. & DE DOES, J. 2019: *Diamonds in Borneo: commodities as concepts in context*. – DATeCH2019, May 8–10, 2019, Brussels, Belgium, 45–50.
- HOWARTH, R. J. 2012: A petrologist in South Africa: Frederick Henry Hatch and the Witwatersrand Goldfield. – *Proceedings of the Geologists' Association* **123**, 189–209. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2011.06.001>
- HUTCHISON, C. S. 2007: *Geological Evolution of South-East Asia*. – Geological Society of Malaysia, Kuala Lumpur, xv + 433 p.
- JASKÓ, T. 1999: Posewitz Guido gát Venezuelában. – *Hidrológiai Tájékoztató* **1999**, p. 5.
- KOROMPAY A. 1997a: *Emlékezés Posewitz Guidóra és szüleine*. – *Kézirat*. Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Tudománytörténeti Gyűjtemény. Posewitz-anyag, 11 p.
- KOROMPAY A. 1997b: *A Posewitz-családfa*. – *Kézirat*. Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Tudománytörténeti Gyűjtemény. Posewitz-anyag, 1 p.
- KUBASSEK J. [K. J.] 1993: Posewitz Tivadar. – In: BALÁZS D. (szerk.): *Magyar Utazók Lexikona*. Panoráma, Budapest, 309–310. (arcképpel)
- LENG, Y. L. 1971: Chinese in the West Borneo Goldfields: A Study in Cultural Geography. By James C. Jackson. Review. – *Journal of Southeast Asian Studies* **2**, 251–252. <https://doi.org/10.2307/2756661>
- LÓCZY, L. 1881: Reisenotizen aus Java. – *Földtani Közlöny* **11**, 274–286.
- MÉSZÁROS, M. 1998: Posewitz Tivadar erdélyi földtani kutatása. – *Romániai Magyar Szó* **1993**, p. 106.
- MING, H. 1983: Barracks concubinage in the Indies, 1887–1920. – *Indonesia* **35** (ápril 1983), 65–94. <https://doi.org/10.2307/3350866>
- MJÖBERG, E. 1925: An expedition to the Kalabit country and Mt. Murud, Sarawak. – *Geographical Review* **15**, 411–427. <https://doi.org/10.2307/208563>
- PAPP K. 1918: Titkári jelentés a Magyarhoni Földtani Társulat 1918 február hónap 6-án tartott 68-ik közgyűlésén. – *Földtani Közlöny* **58**, 83–84 (arcképpel)
- PORTER, R. 1978: Gentlemen and geology: the emergence of a scientific career, 1660–1920. – *The Historical Journal* **21/4**, 809–836. <https://doi.org/10.1017/s0018246x78000024>
- POSEWITZ T. 1878a: A diluviált Iglo város völgyében. – *Földtani Közlöny* **8**, 83–90.
- POSEWITZ Th. 1878b: Megjegyzések a dobsinai „zöldkőről”. – *Földtani Közlöny* **8**, 231–236.
- POSEWITZ Th. 1879: Szörény megyei eruptív kőzetek. I. Tonalit. II: Diorit. – *Földtani Közlöny* **9**, 317–331.
- POSEWITZ T. 1882c: Bandzsermasszin, déli Borneó főhelye. – *Földrajzi Közlemények* **10**, 249–256.
- POSEWITZ Th. 1883a: Az arany előfordulása Borneó szigetén. – *A Magyar Kir. Földtani Intézet Évkönyve* **6/6**, 157–170, 1 fig., Budapest.
- POSEWITZ T. 1884b: Földtani Közlemények Borneo szigetéről. I. A szén előfordulása Borneo szigetén. II: Földtani jegyzetek Közép-Borneóról. – *A Magyar Kir. Földtani Intézet Évkönyve* **6/6**, 299–329.
- POSEWITZ T. 1885a: Az indiai óceán cinszigetei. I. Bangka geológiája. Függelékül: a borneói gyémántelőfordulás. – *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **7/4**, 143–180, pl. XII–XIII.
- POSEWITZ T. 1885b: Geológiai jegyzetek Közép-Borneóból. Kirándulás a Pararawan hegyre. – *Földtani Közlöny* **15**, 137–138.
- POSEWITZ T. 1886a: Az Indiai Óceán cinn-szigetei. II. A cinnércz előfordulása és a cinnbányászat Bangka szigetén. Az indiai bányamérnökök és a saját észleletei alapján. – *A Magyar Kir. Földtani Intézet Évkönyve* **8/2**, 55–102, 7 figs, 2 t., pl. XXII, Budapest.
- POSEWITZ, Th. 1887b: Die geologisch-montanistischen Verhältnisse der Insel Billiton (Blitong). – *Petermann's Geographische Mittheilungen* **33/4**, 10–116, 1 Kartenskizze.
- POSEWITZ, Th. 1887d: Der Kina-balu-See in Borneo. – *Petermanns Geographische Mittheilungen* **33/8**, 249–250.
- POSEWITZ, Th. 1889a: *Borneo. Entdeckungsreisen und Untersuchungen. Gegenwärtiger Stand der geologischen Kenntnisse. Verbreitung der nutzbaren Mineralien*. – B. Friedländer & Sohn, Berlin, XXVII + 385 p.
- POSEWITZ, Th. 1891b: Die niederländisch-indische Zinnexpedition auf Flores. – *Das Ausland* **64** (8–23 Februar 1891), 145–149.
- POSEWITZ, T. 1892: *Borneo: its geology and mineral resources*. – Translated by F. H. HATCH. Edward Stanford, London, 495 p.
- POSEWITZ, T. 1904: *A Magas Tátra és a Szepesi Középhegység*. – 2. kiadás. Mauer Adolf, Kassa, VIII + 366 p.
- POSEWITZ, T. 1906: Petroleum és aszfalt Magyarországon. – *A Magyar Kir. Földtani Intézet Évkönyve* **15/4**, 209–444.

- POSEWITZ, Th. 1907: Petroleum und Asphalt in Ungarn. – *Mitteilungen aus dem Jahrbuche der kgl. Ungarischen Geologischen Anstalt* **15**, 235–465.
- POSEWITZ, T. 1909: *Szepesség. Utazási kézikönyv. I. A Magas-Tátra*. – 3. kiadás. Pátria, Budapest, 208 p.
- SZAKÁCS M. 1989: C. Dietrich: dr. Posewitz Tivadar /1851–1817). – *Új Tükör* **1989**, p. 9.
- THIRRING G. 1917: A magyar turistaügy halottai. (Róth Márton – dr. Posewitz Tivadar). – *Turisták Lapja* **1917**, 45–46.
- VITÁLIS Gy. 2001: Emlékezés dr. Posewitz Tivadar életére és munkásságára születése 150. évfordulóján. – *Földtani Közlöny* **131**, 561–567.
- VITÁLIS Gy. 2005: Magyar geológusok Indonéziában. – *Földrajzi Múzeumi Tanulmányok* **14**, 3–11. Megjelent még: *Földtani Kutatás* **42/2**.
- WANNIER, M. M. A. 2017: History of geological mapping in Sabah (late 19th century – 1951). – *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* **64**, 37–49. <https://doi.org/10.7186/bgsm64201704>

## Függelék

## Posewitz munkái a Holland Kelet-Indiákról

- POSEWITZ T. 1881a: Levele Javából. – *Pesti Hirlap* **1881**, 294. sz.
- POSEWITZ T. 1881b: [Levél Borneo szigetéről.] – *Földtani Értesítő* **2/1**, p. 14.
- POSEWITZ T. 1882a: Borneo szigetére vonatkozó földtani ismereteink. – *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **6/4**, 124–146.
- POSEWITZ, Th. 1882b: Unsere geologische Kenntnisse von Borneo. – *Mittheilungen aus dem Jahrbuche der kön. ung. geologischen Anstalt* **6/4**, 137–164.
- POSEWITZ T. 1882c: Bandzsermasszin, déli Borneó főhelye. – *Földrajzi Közlemények* **10**, 249–256.
- POSEWITZ T. 1882d: Levél Borneo szigetéről. – *Földtani Értesítő* **3/6–8**, 123–125.
- POSEWITZ Th. 1883a: Az arany előfordulása Borneó szigetén. – *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **6/6**, 157–170, 1 fig., Budapest.
- POSEWITZ, Th. 1883b: Das Goldvorkommen in Borneo. – *Mittheilungen aus dem Jahrbuche der kön. ungarischen Geologischen Anstalt* **6/6**, 175–190.
- POSEWITZ T. 1883c: A jelenkorban képződő gyantalerakódások Borneó szigetén. – *Földtani Közlöny* **13**, 393–394.
- POSEWITZ, Th. 1883d: Über die recente Bildung von Harzablagerungen. Geologische Notizen aus Borneo. – *Földtani Közlöny* **13**, 409–412.
- POSEWITZ, T.A.K. 1883e: Geologische Notizen aus Central-Borneo (das Tertiäre Hügelland bei Teweh). – *Natuurkundliche Tijdschrift Nederlands-Indië* **43**, 169–175.
- POSEWITZ, Th. 1883f: Geologisches aus Borneo. – *Das Ausland* **56/44**, (29 October), 864–867.
- POSEWITZ, T.A.K. 1883g: Geologische Notizen aus Central-Borneo (das Tertiäre Hügelland bei Teweh). – *Natuurkundliche Tijdschrift van Nederlands-Indië* **43**, 169–175.
- POSEWITZ T. 1884a: Az indiai óceán cinszigetei. I. Bangka geológiája. Függelékül: a borneói gyémántelőfordulás. – *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **7/4**, 143–180.
- POSEWITZ T. 1884b: Földtani Közlemények Borneo szigetéről. I. A szén előfordulása Borneo szigetén. II: Földtani jegyzetek Közép-Borneóról. – *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **6/6**, 299–329.
- POSEWITZ, Th. 1884c: Geologische Mittheilungen über Borneo: I. Das Kohlenvorkommen in Borneo. – *Mittheilungen aus dem Jahrbuche der kön. ungarischen Geologischen Anstalt* **6/10**, 317–344.
- POSEWITZ, Th. 1884d: Geologische Mittheilungen über Borneo: II. Geologische Notizen aus Zentral-Borneo. Das tertiäre Hügelland bei Teweh. – *Mittheilungen aus dem Jahrbuche der kön. ungarischen Geologischen Anstalt* **6/10**, 345–350.
- POSEWITZ, Th. 1884e: Geologischer Ausflug in das Tanahlaut (Süd-Borneo). – *Verhandlungen der k.k. Geologischen Reichsanstalt* **13**, 237–244.
- POSEWITZ, Th. 1884f: Geologische Notizen aus Zentral-Borneo. III. Das Gestein des Goenong Pararawen. – *Natuurkundliche Tijdschrift van Nederlands-Indië* **43**
- POSEWITZ T. 1884g: [A bangkai ónbányászatról] – *Földtani Közlöny* **14**, 305–306.
- POSEWITZ, Th. 1885a: Die Zinninseln im Indischen Oceane. I. Geologie von Bangka. Als Anhang: Das Diamantvorkommen in Borneo. – *Mittheilungen aus dem Jahrbuche der kön. ungarischen Geologischen Anstalt* **7/4**, 153–192.
- POSEWITZ, Th. 1885b: Geologische Notizen aus Central-Borneo. Ein Ausflug auf den Berg Pararawen. – *Földtani Közlöny* **15**, 76–80.
- POSEWITZ T. 1885c: Geologiai jegyzetek Közép-Borneóból. Kirándulás a Pararawen hegyre. – *Földtani Közlöny* **15**, 137–138.
- POSEWITZ T. 1885d: Az ón előfordulása Bangka szigetén. – *Földtani Közlöny* **15**, 356–357.
- POSEWITZ, Th. 1885e: Über das Zinnerzvorkommen auf Bangka. – *Földtani Közlöny* **15**, 373–374.
- POSEWITZ T. 1885f: A laterit előfordulásáról Bangka szigetén. – *Földtani Közlöny* **15**, 390–391.
- POSEWITZ, Th. 1885g: Lateritvorkommen auf der Insel Bangka. – *Földtani Közlöny* **15**, 566.
- POSEWITZ T. 1885h: A Bangka szigetén előforduló ón. – *Természettudományi Közlöny* **1885**, 426–427.
- POSEWITZ, T. 1885i: Geologische Notizen aus Bangka, I. Das geotektonische Verhalten der Granitmassive und das Marasgebirge. – *Natuurkundig Tijdschrift Nederlands-Indië* **44**, 108–115. (online at: [www.biodiversitylibrary.org/item/118914page/130/mode/1up](http://www.biodiversitylibrary.org/item/118914page/130/mode/1up))
- POSEWITZ Tivadar 1886a: Az Indiai Óceán czinnszigetei. II. A czinncéz előfordulása és a czinnbányászat Bangka szigetén. Az indiai bányamérnökök és a saját észleletei alapján. – *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **8/2**, 55–102, 7 figs, 2 t., pl. XXII.
- POSEWITZ, Th. 1886b: Die Zinninseln im Indischen Oceane. II. Das Zinnerzvorkommen und die Zinnengewinnung in Bangka. – *Mittheilungen aus dem Jahrbuche der kön. ungarischen Geologischen Anstalt* **8/2**, 55–106.
- POSEWITZ, Th. 1886c: Die rezenten Bildungen auf der Insel Bangka. – *Petermanns Geographische Mitteilungen* **32**, 197–202.
- POSEWITZ, Theodor 1886d: Die Salzlager Borneo's. – *Das Ausland* **43** (3 Oktober), 790–792, Stuttgart.
- POSEWITZ 1886e: = HASENSTEIN, Bruno, POSEWITZ, Theodor, SCHMIDT, Carl (1886): Tafel 10: Karte der Alluvial-Bildungen in Bangka / von Th. POSEWITZ. Red. v. B. Hassenstein, aut. v. C. Schmidt. – *Petermann's Geographische Mitteilungen* **32**, Taf. 10.
- POSEWITZ, Th. 1886f: Die Diamantfelder in Borneo. – *Das Ausland* **59**(36) 6 September 1886), 705–708.
- POSEWITZ, Th. 1886g: Über Borneo. – *Neues Jahrbuch für Mineralogie* **1886**, i., ref. 432–433.
- POSEWITZ T. 1886h: A laterit előfordulása Bangka szigetén. – *Természettudományi Közlöny* **1886**, p. 53.
- POSEWITZ T. 1886i: Az Indiai Óceán czinnszigetei. II. A czinncéz előfordulása és a czinnbányászat Bangka szigetén. Az indiai bányamérnökök és a saját észleletei alapján. – *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **8/2**, 55–102.
- POSEWITZ, Th. 1887a: Die Lateritvorkommen in Bangka. – *Petermann's Geographische Mitteilungen* **33**, 20–25.
- POSEWITZ, Th. 1887b: Die geologisch-montanistischen Verhältnisse der Insel Billiton (Blitong). – *Petermann's Geographische Mitteilungen* **33/4**, 10–116.



- POSEWITZ, Th. 1887d: Der Kina-balu-See in Borneo. – *Petermanns Geographische Mittheilungen* **33/8**, 249–250.
- POSEWITZ, Th. 1887c: Die Zinnerzvorkommen auf den Inseln des Riouw-Lingga-Archipels. – *Petermann's Geographische Mittheilungen* **33/12**, 366–368.
- POSEWITZ, Th. 1887e: Das Zinnerzvorkommen in Bangka. – *Das Ausland* **61/10**, (5 March 1887), 183–186.
- POSEWITZ Th. 1887f: Höhlenforschungen in Borneo. – *Das Ausland* **61/31**, (3 July 1887), 612–613.
- POSEWITZ Th. 1887g: Das Quecksilber-Vorkommen in Borneo. – *Das Ausland* **61/31**, (30 July 1887), 613–614.
- POSEWITZ Th. 1887h: Das Zinnerz auf der Insel Sumatra, Flores und Borneo. – *Das Ausland* **61/34**, (20 August 1887), 672–674.
- POSEWITZ, Th. 1887i: Das Petroleum-Vorkommen in Borneo. – *Das Ausland* **66/10**, (7 März), 191–192.
- POSEWITZ, Th. 1887j: Das Platinvorkommen in Borneo. – *Das Ausland* **17**, (25 April), 32–330.
- POSEWITZ, Th. 1887k: Das geologische Verhältnisse Bangka's. – *Das Ausland* **60/22**, (30 Mai), 423–426.
- POSEWITZ, T. 1887l: Geologisches aus Borneo. Formationen älter als Tertiär. – *Das Ausland* **26** (27 Juni), 504–506.
- POSEWITZ, Th. 1888a: Laterit-Vorkommen in West-Borneo. – *Földtani Közlöny* **18**, 62–64.
- POSEWITZ, Th. 1888b: Neuere geologische Entdeckungen im nordöstlichen Borneo. – *Földtani Közlöny* **18**, 316–321.
- POSEWITZ, Th. 1888c: Höhlenforschungen in Borneo. – *Das Ausland* **61/31**, (30 Juli), 612–613.
- POSEWITZ, Th. 1888d: Das Quecksilber-Vorkommen in Borneo. – *Das Ausland* **61/31**, (30 Juli), 613–614.
- POSEWITZ, Th. 1888e: Zinnerz auf den Inseln Sumatra, Flores und Borneo. – *Das Ausland* **61/34**, (20 August), 672–674.
- POSEWITZ, Th. 1888f: Das Gebirgssystem Borneos und in besondere das Centralgebirge. – *Mittheilungen des Geographischen Gesellschaft in Wien* **31**, 129–135.
- POSEWITZ T. 1888g: Laterit előfordulása Borneo nyugoti részén. – *Földtani Közlöny* **18**, 32–33.
- POSEWITZ T. 1888h: Ujabb földtani felfedezések Borneo szigete északkeleti részében. – *Földtani Közlöny* **18**, 214–219.
- POSEWITZ, Th. 1888i: Neuere geologische Entdeckungen im nordöstlichen Borneo. – *Földtani Közlöny* **18**, 316–321.
- POSEWITZ T. 1888j: Utazás Borneó szigetén Bandzsermasszin várostól Barabeien át a hegyekig. – *Földrajzi Közlemények* **11**, 419–423.
- POSEWITZ, Th. 1889a: *Borneo. Entdeckungsreisen und Untersuchungen. Gegenwärtiger Stand der geologischen Kenntnisse. Verbreitung der nutzbaren Mineralien*. B. Friedländer & Sohn, Berlin, XXVII + 385 p.
- POSEWITZ Th. 1889b: Aus Borneo. – *Petermann's Geographische Mittheilungen* **35**, 23–24.
- POSEWITZ, Th. 1889c: Die Thätigkeit des Montanwesens in Niederländisch-Indien in den Halbjahren 1886–87. – *Petermann's Geographische Mittheilungen* **35/8**, 203–204.
- POSEWITZ Th. 1889d: Aus Britisch Nord-Borneo. – *Petermann's Geographische Mittheilungen* **35**, 252–253.
- POSEWITZ, Th. 1889e: Das Gebirgssystem Borneo's und insbesondere das Centralgebirge. – *Mittheilungen der k.k. geographischen Gesellschaft in Wien* **31** (1888), (der neuen Folge 21) **(3–4)**, 129–135.
- POSEWITZ Th. 1889f: Aus Borneo. – *British North Borneo Herald*
- POSEWITZ, Th. 1890a: Mittheilungen über Nord-Borneo. – *Petermann's Geographische Mittheilungen* **36**, 203–204
- POSEWITZ, Th. 1890b: Vulkane in Borneo. – *Das Ausland* **63/11**, (17 March 1890), 219–220.
- POSEWITZ, Th. 1890c: Borneo [a határváltozásokról]. – *Das Ausland* **63/18**, (5 Mai 1890), 359–360.
- POSEWITZ Th. 1890d: [Laterit-Vorkommen in West-Borneo.] – *Natuurkundliche Tijdschrift van Nederlands-Indië* **49**, 1–20.
- POSEWITZ, Theodor 1891a: Die neueste Durchkreuzung von Britisch Nord-Borneo. – *Petermann's Geographische Mittheilungen* **37**, p. 47.
- POSEWITZ, Th. 1891b: Die niederländisch-indische Zinnexpedition auf Flores. – *Das Ausland* **64/8**, (23 Februar 1891), 145–149.
- POSEWITZ, Th. 1891c: Die neueste Durchkreuzung von Britisch-Nordborneo. – *Das Ausland* **37**, p. 47.
- POSEWITZ, Th. 1891d: Die Badujs, eine Volksreliquie in Java. – *Das Ausland* **64/19**, (11 May 1891), 378–380 és **64/20**, (18 May 1891), 387–389.
- POSEWITZ, T. 1892: *Borneo: its geology and mineral resources*. – Translated by F.H. HATCH. Edward Stanford, London, 495 p.

## Hírek, ismertetések

Összeállította: CSERNY Tibor

## Események, rendezvények

**Beszámoló a VIII. Ásványtani, kőzettani és geokémiai felsőoktatási műhelyek találkozájáról**

2021. november 25–26.

Az MTA Geokémiai, Ásvány- és Kőzettani Tudományos Bizottság Felsőoktatási Albizottsága és az MFT Ásványtan–Geokémiai, Agyagásványtani, Mérnökgeológiai és Környezetföldtani, illetve Oktatás és Közművelődési Szakosztályai által közös szervezésben megrendezett VIII. Ásványtani, kőzettani és geokémiai felsőoktatási műhelyek találkozájáról 2021. november 25–26. között került sor a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Építőmérnöki Kar Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszékén. Tekintettel az egyre romló pandémiás helyzetre, a műhelytalálkozó hibrid formában zajlott, tehát a csütörtöki előadások és a pénteki kerekasztalprogram online is követhető volt. A rendezvényen összesen 16 műhely (BME, BBTE, DE, ELTE FFI, ELTE KTC, ELTE TTK Természettudományi Múzeum, ELKH Wigner, ELKH CSFK, ME, MBFSZ, MNG, MTM, PPKE, PE, PTE, SZTE) hazai és határon túli képviselői vettek részt.

A találkozó első napján a házigazda műhely mutatkozott be. A BME ÉMK Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszéken folyó kutatási és oktatási tevékenységek általános (TÖRÖK Ákos) áttekintése után a vendéglátó tanszék doktoranduszai ismertették friss kutatási eredményeiket (KÓSA Zsuzsanna, NÉMETH Andor, KÁPOLNAINÉ NAGY-GÖDE Fruzsina, LOGÓ Benedek, OLÁH Petra). Folytatásként WEISZBURG Tamás (ELTE KTC) – egyben előkészítve és beharangozva a második nap témáit is – beszélt a tehetőség gondozás fontosságáról, illetve a 2022-ben országos összefogásban induló új, integrált természettudomány-tanár képzésről, az ún. Z-szakról. A délután hátralévő részében a laborlátogatások következtek, mely során betekintést nyerhettünk a NAH által akkreditált Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék területén működő talajmechanikai és kőzetvizsgáló laboratóriumokba. A kontinensen elsőként alapított talajmechanikai laboratórium oktatási, kutatási, ipari fejlesztési és vizsgáló tevékenységet egyaránt ellát. Szakemberei rendszeresen részt vesznek a nemzetközi és nemzeti vizsgálati szabványok fejlesztésében, honosításában, mindemellett jártassági vizsgálatokban, illetve egyedi összehasonlító mérésekben a vizsgálati eredményeik megfelelő minőségének biztosítása céljából. A talajmechanikai laboratóriumban a talajok geotechnikai azonosító elemzése (szemeloszlás, konzisztencia/plasztikus index, izzítási veszteség) mellett a fő hangsúlyt a talajok vízáteresztő képességének, tömörségének, terhelhetőségének, nyomószilárdságának, nyírószilárdságának, triaxiális és dinamikus ciklikus triaxiális vizsgálatának elvégzésére helyezik. A kőzetvizsgáló laboratóriumban elsősorban építési helyszínekhez köthető feltárások, fúrások leírása, kőzetfizikai vizsgálata folyik, többek között metró nyomvonalak, alagutak, utak és vasútvonalak mérnökgeológiai értékelése készült el. Fontos terület még az építőkövek szabvány szerinti minősítése, roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálata, valamint időállósági elemzése. A laboratórium alkalmas zúzottkövek halmazszilárdsági és kopás-

állósági vizsgálatára is. Új építésű mérnöki létesítmények és műemlékek helyszíni kőzetdiagnosztikai vizsgálata mellett speciális kőzetmechanikai kutatásokat is végeznek. Végül, a nap zárásaként, közös vacsora keretein belül kötetlen beszélgetést folytattunk.

A második nap első programpontjaként a Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék tematikus és rendszeres ásvány- és kőzetgyűjteménybe nyerhettünk betekintést, amely 155 éves múltjával az egyik legidősebb, az építőköveket is bemutató, gyűjtemény Közép-Európában. Ezt követően kerekasztal-beszélgetés és közös diskusszió során a felsőoktatást leginkább érintő aktuális témák megvitatására került sor. Elsőként KOVÁCS János (PTE) koordinálásával az elmúlt másfél évben zajló járványügyi intézkedések miatt bekövetkezett oktatásmódszertani fejlődés lépéseit tekintettük át a részt vevő intézmények beszámolóit alapján, mintegy országos körképet kapva az elmúlt időszak nehézségeiről és megoldásukról. A hozzászólások alapján egyértelművé vált, hogy jelentős szinten és mértékben növekedett az online óratartások és hallgatói kapcsolattartás, segédanyagok száma és minősége, ez azonban korántsem sem pótolja/pótolhatja a csak jelenléti oktatásban működő terepgyakorlatokat, illetve az ennél is fontosabb anyagismeret elsajátítását. A továbbiakban MÁDAI Ferenc (ME) előadásában ismerkedhettünk meg a „T-shaped professional” diák fogalmával és e szemlélet, valamint a szociális kompetenciák képzésbe való bevezetésének előnyeivel. Ugyanis az ilyen hallgató egy bizonyos területen rendelkezik igen mély szakmai tudással, és emellett rendelkezik olyan kompetenciákkal, melyek segítségével együttműködik és kommunikál a többi szakterülettel, különböző partnerekkel. A harmadik, egyben utolsó programpontban RAUCSIKNÉ VARGA Andrea (SZTE) irányításával a társadalmi – közoktatás, versenyek, hallgatói utánpótlás – együttműködési és műszeres kapcsolatok megvitatására került sor. Elsőként NÉMETH Zoltán (Wigner Fizikai Kutatóközpont) a Femtoszekundumos Spektroszkópia és Röntgenspektroszkópiás Csoport tagjaként ismertette, hogy hogyan lehet a korábban csak szinkrotron sugárral elvégezhető méréseket a laboratóriumokban az általuk kifejlesztett eszközökkel és technikákkal megvalósítani. Végül együttműködési lehetőséget ajánlott fel a jelenlévők számára. A továbbiakban CSERNY Tibor (MFT) a Balaton-felvidéki Nemzeti Park képviselőjében a SÁRDY Julianna (geotúra-vezető) által szervezett terepgyakorlati lehetőségekre hívta fel a figyelmet. Csatlakozásra és egyben az egyetemi hallgatók bevonására kérte fel a jelenlévőket. Ehhez kapcsolódva MÁDAI Ferenc (ME) beszélt a RIS Internship projektről, amely lehetőséget teremt majd (és igényel majd résztvevői számokat) a hallgatói, nyári szakmai gyakorlatok szélesebb körű (Észtországtól Görögorszáig több országot is magába foglaló) szervezésére. Harmadik felszólalóként FÜLEKI Lilla (MNG, Szépművészeti Múzeum) tájékoztatott a most épülő Országos Múzeumi Restaurálási és Raktározási Központ (OMRRK), mely a jövőben egy műszeres laboratóriummal is rendelkezni fog, otthont adva a műtárgyvédelemhez, restauráláshoz, archeometriához kapcsolódó kutatási projekteknek, témáknak, számos együttműködési lehetőséggel az érdeklődő műhelyek kutatói és hallgatói számára. A szekció zárásaként RAUCSIKNÉ VARGA Andrea (SZTE) egy publikálási lehetőségre hívta fel a figyelmet. Kiemelte, hogy a kémiai vonatkozású tárgyak (és kémianán szakosok) oktatójaként azt tapasztalata, hogy

viszonylag kevés információ jut el a kémia művelőjéhez a természeti folyamatok és a kémia kapcsolatáról, azaz a földtudományi vonatkozásokról. Ez a helyzet véleménye szerint az ismeretterjesztéssel módosítható, illetve a középiskolai kémiatanárok tájékoztatása a beiskolázást is segítheti. A Magyar Kémikusok Egyesületének lapja, a Magyar Kémikusok Lapja (köz)oktatási rovatával is rendelkezik, illetve a hazai kémiai műhelyek bemutatásának is rendszeresen helyet ad. Ennek okán RAUCSIKÉ VARGA Andrea (SZTE) javasolta, hogy egy bemutatkozó cikkben ismertessük a hazai (geo)kémiai és ásványtani műhelyeket, kitérve a kémiai vonatkozásokra, azok fő kutatási irányaira, eredményeire. A jelenlévő ásványtani, geokémiai, közettani műhelyek képviselői (BME, BBTE, DE, ELTE FFI, ELTE KTC, ELTE TTK Természettudományi Múzeum, ELKH Wigner, ELKH CSFK, ME, MBFSZ, MNG, MTM, PPKE, PE, PTE, SZTE), illetve az ELTE Kémiai Intézet és a Magyar Kémikusok Egyesületének képviselőjében HOMONAY Zoltán – aktív szerepvállalás mellett – messzemenőig támogatták az ötletet, javaslatot.

A sikeres rendezvényen a regisztráltak száma most is meghaladta a 30 főt, sőt idén érte el a legmagasabb számot a legnagyobb hazai és határon túli lefedettséggel (összesen 16 műhely, 46 fő). A kétnapos országjáró rendezvénysorozat 2022 novemberében is folytatódik, házigazdája az Eötvös Loránd Kutatási Hálózat (ELKH) Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpontja lesz.

KIS ANNAMÁRIA, MÁDAI Ferenc, TÖRÖK Ákos

## Könyvismertetés

### DOBOS Irma és SCHEUER Gyula újabb vízföldtani tanulmányai

A hazai vízföldtan két kiváló képviselője, DOBOS Irma és SCHEUER Gyula az elmúlt évtizedben öt újabb tanulmánykötettel gazdagította szakirodalmunkat, amelyekre az alábbiakban szeretnénk felhívni a Közlöny olvasóinak figyelmét. Mind az öt kötet tulajdonképpen cikkgyűjtemény, amely a két szerző magánkiadásában jelent meg. A kötetek szerzői is ők ketten, kivéve a 2012-ben, elsőnek megjelent kötetet, amelyben harmadik szerzőként KELE Sándor is megjelenik. Az egyes tanulmányok túlnyomó része valamely magyarországi hévíz-előfordulás földtani és vízkémiai viszonyaival foglalkozik, de néhány határon túli fürdő vagy forrás is említésre kerül (pl. Herkulesfürdő, a Duna északi partján fekvő fürdők), sőt egy cikkben a híres vietnámi Ha Long-öböl sziget-hegyes karsztja is.

Tulajdonképpen ez az öt kötet szinte Magyarország termálfvíz-előfordulásainak a monográfiája lehetne, a legtöbb hazai tájegység sorra kerül benne, talán a keleti országrész kivételével, bár nem rendszeres területi sorrendben. A tárgyalásmód legtöbbször földtani nagyszerkezeti egységekhez kötődik, ez jobban meg is felel a témának, mint a néha előforduló adminisztratív felosztás, pl. megyék szerint.

Az egyes tájegységeken belül a leírások az egyes lelőhelyek, legtöbbször fürdők vagy az azokat tápláló mélyfúrások vizét jellemzik. Megadják a terület vázlatos földtani felépítését, röviden a fúrás rétegsorát. Tudománytörténeti vagy turisztikai szempontból nagyon érdekes az egyes üdülőhelyek kiépülésének története,

a mélyfúrások létesítésének körülményei, a kutak műszaki állapota. Ezután a vízkémiai adatok táblázatos megadása következik. Ezek nagy része saját gyűjtésű vízminta, amelynek az elemzését is nagyrészt a szerzők maguk rendelték meg és végeztették el. Fő céljuk az volt, hogy a fő alkotók mellett a nyomelemekre vonatkozó adatokat szaporítsák, mert azok a legtöbb helyen nem vagy csak nagyon hiányosan voltak meg. E téren nagyon értékes adatgyűjtemény jött létre. Az adatokat általában kör- és oszlopdiagramokon ábrázolják, és a szövegben inkább formális összehasonlításokat tesznek, megállapítják a területen belüli eltéréseket és hasonlóságokat, a víz fő kémiai besorolását (pl. „alkáli hidrogén-karbonátos” stb. víztípus, amely pl. „gazdag brómban és stronciumban”).

A magyarázat általában csak a földtani viszonyokra terjed ki, a vízösszetételt meghatározó kémiai folyamatokat általában ismertetnek tekintik. E téren többször hivatkoznak pl. VETŐ István, HORVÁTH István és TÓTH György összefoglaló tanulmányára a Magyar Kémiai Folyóiratban (2004, 109–110/4, 73–86.). Általában nagyon gazdag az egyes lelőhelyekre vonatkozó irodalomjegyzék is. A földtani magyarázat kiterjed a víztároló rétegek megadására. Itt gyakran találkozunk azzal a jelenséggel, hogy a sok évtizedes használat alatt a vízáadó réteg megváltozik, esetleg kimerül, és más vízvezető pályák, más vízáadó rétegek lépnek be a rendszerbe, megváltoztatva természetesen a víz kémiai összetételét is. Ilyet tapasztaltak pl. Bükkfürdőn és részben Bükkszéken is. A másik, rövidebb távú hatás a vízkő kiválása a csőben, amelyre szintén Bükkszék jó példa. Ezt azért is érdemes vizsgálni, mert modellezi az édesvízi mészkő természetes kiválását. Sokszor a vízkémia utal még nem feltárt mélybeli vízáadó rétegek meglétére is. Erre egy példa a szulfáttartalom a gárdonyi (agárdi) fürdő vízében, amely a mélyben gipszes–anhidrites kőzetek hatását valószínűsíti. Hasonló hatást bizonyítottak kénizotópos vizsgálatokkal a budapesti hévizek esetében is. A konyhasós vizek makro- és mikroelemeinek magyarázatában nagy jelentősége van a mai tenger vízzel való összehasonlításnak.

A földtani magyarázat során nagy figyelmet fordítanak a szerzők a tektonika, főleg a törésvonalak hatására és a földrengések erősségére. A nagy erejű földrengések mélyre ható törésvonalakat nyithatnak meg, amelyek a víz mélységből való feláramlását teszik lehetővé. Erre jó példa Komárom két része vizeinek összehasonlítása, de a Budai-hegység déli előtere is.

Végül ki kell emelnünk a szerzőknek azt a törekvését, hogy életük szakmai munkájának eredményeit rendszerezzék, összefoglalják, és az értékes adatokat a szakma számára hozzáférhetővé tegyék. Ennek eredményei az ismertetett kötetek is.

A kiadványok bibliográfiai adatai:

- DOBOS I., SCHEUER Gy. & KELE S. 2012: A Dunántúli-középhegység északkeleti szárnyán kialakult karsztos hévízrendszer nyomelem adottságai. – A kiadást támogatta: Magyar Hidrológiai Társaság, Víz-Föld-Védelem Bt., FTV Zrt. és a szerzők, Budapest, 84 p.
- DOBOS I. & SCHEUER Gy. 2016: Néhány jelentős hazai és külföldi gyógyvíz hidrogeokémiája. – Magánkiadás, Budapest, 126 p.
- DOBOS I. & SCHEUER Gy. 2018: Tanulmányok a hazai és külföldi hidrodinamikai rendszerekről. – Magánkiadás, Budapest, 101 p.
- DOBOS I. & SCHEUER Gy. 2019: Válogatott karsztos és porózus rendszerek hidrogeokémiája. – Magánkiadás, Budapest, 151 p.
- DOBOS I. & SCHEUER Gy. 2021: A Balaton-vonaltól délre feltárt hévizek hidrogeokémiája. – Magánkiadás, Budapest, 116 p.

VICZIÁN István

**Tartalom — Contents**

HAAS János: In memoriam Dr. Császár Géza	3
VÖRÖS, Attila: Monospecific mass occurrence of a new species of the Early Jurassic genus <i>Arzonellina</i> (Brachiopoda) at Fenyveskút (Bakony Mountains, Hungary). – <i>A kora jura Arzonellina</i> genus (Brachiopoda) új fajának tömeges, monospecifikus előfordulása Fenyveskúton (Bakony hegység).	17
SCHUBERT Félix, VARGA Andrea, APRÓ Mihály, CSISZÉR Andrea: Amikor a kompasz nem segít, avagy miről mesél egy fúrómagban megjelenő deformációs szalag? – <i>What kind of information can be gained from a borecore-hosted deformation band?</i>	31
KONCZ István: Egy új elképzelés a Mecseki-szénmedencében lévő metánnal kapcsolatban. – <i>A new idea in connection with methane of the Mecsek Coal Basin, Hungary.</i>	49
KUN Éva, ZILAHÍ-SEBESS László, SZANYI János: Battonya–Pusztaföldvári-hát térségének nagy entalpiájú geotermikusenergia-vagyona (I. rész): hidrodinamikai és hőtranszportmodell. – <i>The high enthalpy geothermal energy resource of the Battonya–Pusztaföldvár High (Part I): hydrodynamic and heat transport model.</i>	53
KÁZMÉR Miklós: Posewitz Tivadar és a Borneo. – <i>Theodor Posewitz and his Borneo.</i>	77
Hírek, ismertetések (összeállította: CSERNY Tibor)	90

