

Dolomittest a tatai Kálvária-domb alsó-jura mészkövében

GYŐRI Orsolya^{1,2}, MINDSZENTY Andrea², HAAS János¹, CZUPPON György³

¹MTA-ELTE Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

²ELTE TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

³MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45.
(gyori.orsi@gmail.com, andrea.mindszenty@gmail.com, haas@caesar.elte.hu, czuppon@geochem.hu)

The dolomite body in the Lower Jurassic limestone of the Kálvária Hill, Tata

Abstract

A few metres-sized dolomite body is present in the Lower Jurassic limestone strata of the Kálvária Hill of the Gerecse Mts. The dolomite making up this body is unique, both in the outcrop itself and in the Jurassic beds of the Gerecse Mts. It is laminated, yellow-red and follows a fracture, thus further invading the host Jurassic limestone along a bedding plane. The dolomite that effectively replaces the host rock is fine to medium crystalline; locally, saddle dolomite crystals have also been observed. A breccia zone cuts across the dolomite body, although brecciation is not evident within the dolomite and only calcite veins are present. The breccia zone is cemented by white-grey-yellow calcite that incorporates dolomite crystal fragments. Calcitized dolomite crystals can be found in the host Jurassic limestone next to the breccia zone. The three different dolomite types are most probably associated with the same dolomitization event. Dolomitizing fluids could have migrated through fractures and occasionally along bedding planes. Dolomite crystal fragments — found within zones of the breccia-cementing calcites — could have their origins in the dolomitized host rock. The stable isotope data of the dolomite suggest that dolomitization probably took place in the burial realm, either from the existing pore water or hydrothermal fluids; the latter would have migrated through fractures in the lithified Lower Jurassic limestone. The post-sedimentary character of the fractures suggests a post-Late Jurassic age for the dolomitization. The meteoric origin of the calcite found in fractures — and as cement in the breccia zone — points to subaerial exposure. This would imply the occurrence of a pre-Late Cretaceous–Palaeogene dolomitization event.

Keywords: Dolomite, stable isotopes, Lower Jurassic, Tata, Kálvária Hill, Transdanubian Range

Összefoglalás

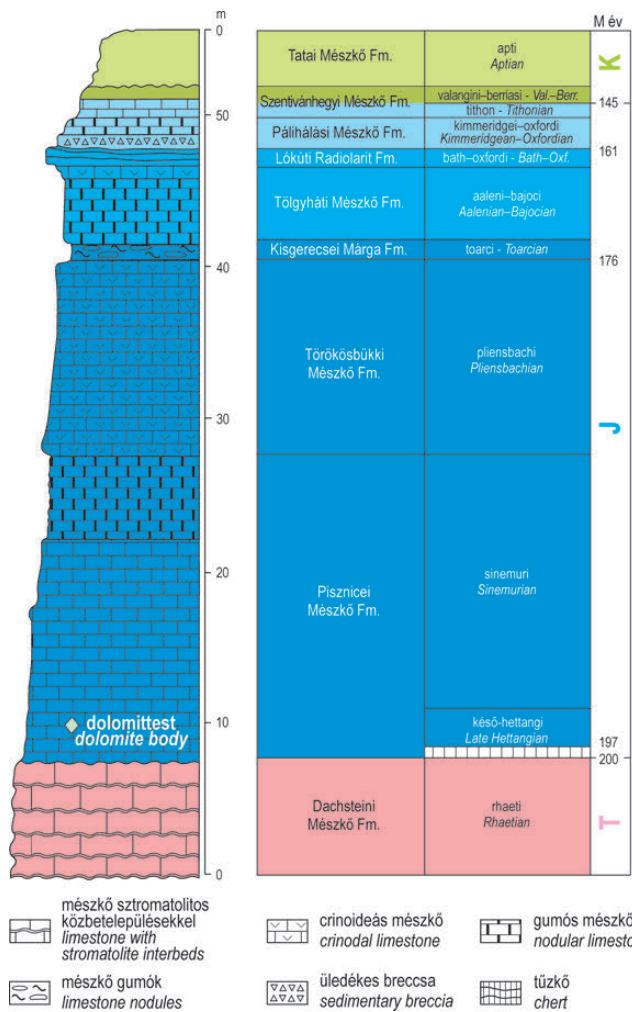
A tatai Kálvária-dombon feltáruló alsó-jura mészkőben korábban nem azonosított dolomittestet ismertünk fel. A dolomittest egy repedés mentén jelenik meg és egy szintben a Pisznicei Mészkő réteglapjával párhuzamosan is kiterjed, így „gomba” alakú metszetet mutat. A dolomit finom–középkristályos, és helyenként nyereg-dolomit is megjelenik. A dolomittestet breccsazonát harántolja. A klasztokat több generációs fehér–szürke–sárga kalcit cementálja, amelyben zárványként apró dolomittörmelék is megfigyelhető. A dolomittest nem breccsásodott, hanem rétegződéssel párhuzamos kalciterek vágják át. Dolomit utáni kalcit pszeudomorfózát (dedolomitot) is azonosítottunk a Pisznicei Mészkő breccsazonát melletti szakaszán. A három különböző dolomit (finom–középkristályos helyettesítő dolomit, nyereg-dolomit cement, törmelékes dolomitzárványok a kalcitban), valamint a később kalcittal helyettesítődött dolomit képződése is feltételezhetően ugyanahhoz a dolomitosodási eseményhez köthető. A repedés mentén áramló, esetenként réteglap mentén elszivárgó fluidum szövetromboló módon dolomitosította a mellékkőzetet. Ennek a dolomitfázisnak a törmelékét találjuk meg a breccsazonát cementáló kalcit zónái között. A dolomitosodás repedéshez kötötten ment végbe. A stabilizotóp-értékek betemetődéskor végbement folyamatot valószínűsítene. Az anyacsoport lehetett az ekkor jelenlévő porusvíz vagy hidrotermális fluidum. A törések poszt-szediment jellege, és a breccsát cementáló kalcit meteorikus eredete alapján a dolomitosodási esemény a késő-jura és késő-kréta–paleogén között mehetett végbe.

Tárgyszavak: dolomit, stabilizotópok, alsó-jura, Tata, Kálvária-domb, Dunántúli-középhegység

Bevezetés

A Gerecse hegységtől nyugatra fekvő Kálvária-dombot mezozoikumi kőzetek építik fel (1. ábra). A rétegsor a késő-triász végén belső karbonátplatformon képződött mészkő-

vel (Dachsteini Mészkő) indul. A platformnak a triász–jura határon történt megfulladását követően viszonylag sekély, de nyílt tengerben halványvörös mészkő (Pisznicei Mészkő) lerakódása kezdődött el a késő-hettangiban, amit crinoideás mészkő lerakódása követett a pliensbachi idején. A kora-



1. ábra. A Kálvária-dombon feltárt képződmények rétegszlopa és rétegtani besorolása, a dolomitest helyzetének bemutatásával (HAAS & HÁMOR 2001, HAAS 2007)

Figure 1. Position of the dolomite body, marked on the lithostratigraphic column of the Kálvária Hill (HAAS & HÁMOR 2001, HAAS 2007)

First column shows the Formation names, Mésző = Limestone, Márga = Marl, Radiolarit = Radiolarite

jura késői szakaszától mélytengeri környezetben, uralkodóan ammonitico rosso típusú mészkőfajták jöttek létre, a középső-jura késői szakaszában radioláriás tűzkőréteggel. A rendkívül kondenzált késő-jura–kora-kréta rétegsorra erőzóiós diszkordanciával és jelentős üledékhézaggal apti korú, sekélytengeri crinoideás mészkő (Tatai Mésző) települ.

A Kálvária-domb a hazai mezozoikum kiemelkedő jelentőségű, emblemikus feltárása, amit nemzedékeken át kutatók serege vizsgált (pl.: FÜLÖP 1975, HAAS 1995). Ennél fogva minden új ismeret különös fontossággal bír. A feltárás alsó-jura rétegsorában, a Pisznicei Mésző alsó részén

2. ábra. → (A) Világossárga dolomitest az alsó-jura, rózsaszín Pisznicei Mészőben, függőlegesen repedést, vízszintesen réteglapot követve. (B) A dolomitest és az alsó-jura mészkő fokozatos átmenete, szaggatott vonalak között jelölve. Mind a dolomitban, mind a mészkőben kalciterek, illetve kalcitfészkek fordulnak elő. (C) A dolomitest (sárga körvonal) és a breccszóna (fehér körvonal) viszonya. A kérdőjellel jelölt szakaszokon nem meghatározható a kettő kapcsolata. Szürke téglalapok jelölik a további képek készítésének helyét. (D) A kalcittal cementált, szabálytalan lefutású breccszóna. (E) Durvakristályos, zónás kalcit cementálja az alsó-jura mészkő klasztjait a breccszónában. Egy üregben fenn-nőtt kristályok is megjelennek. (F) Alsó-jura mészkőklasztok, fehér–szürke kalcittal cementálva a breccszónában. (G) A dolomitestet átszelő kalciterek (sárga nyilak) és a breccszóna kapcsolata

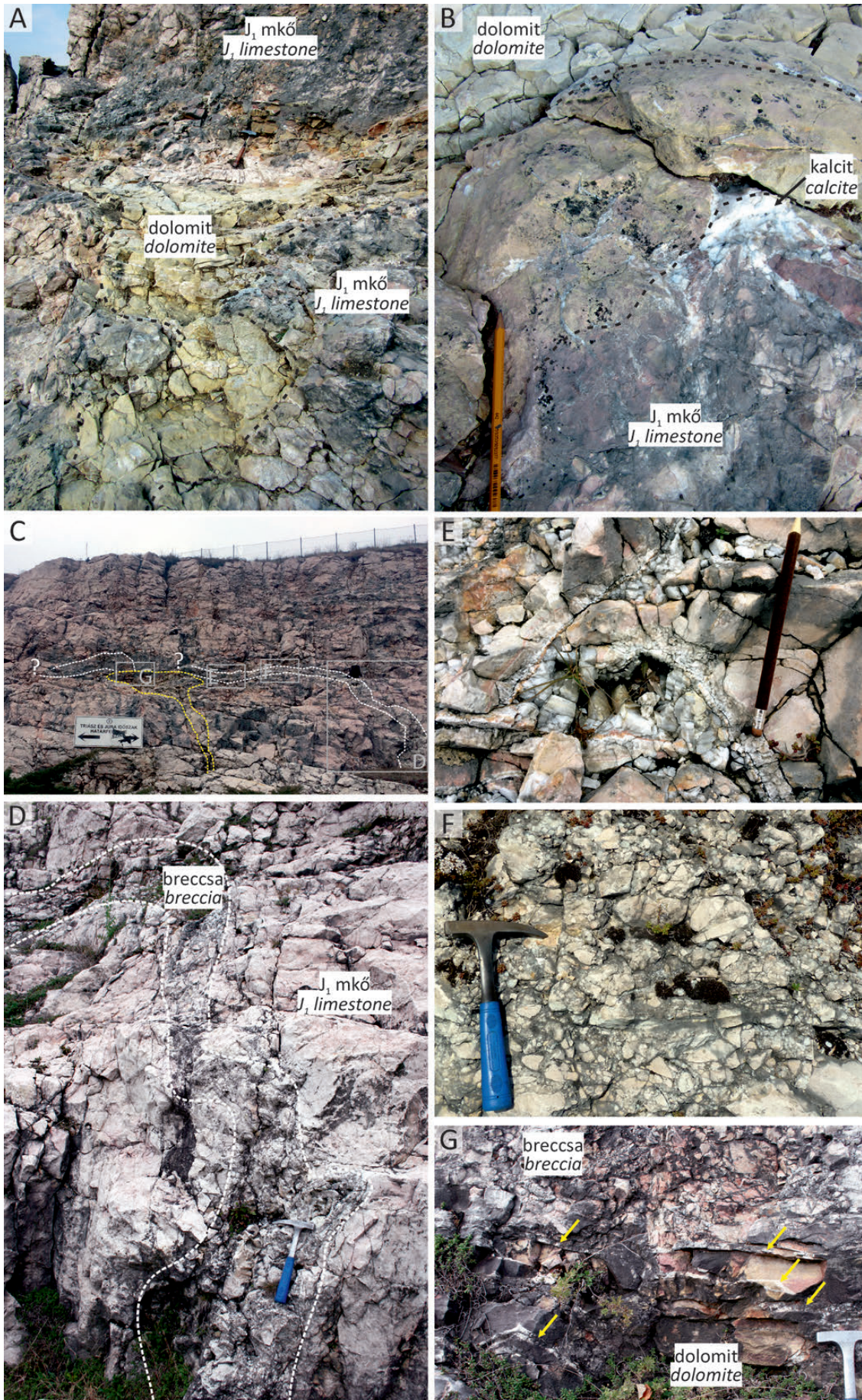
Figure 2. (A) Light yellow dolomite body in the Lower Jurassic Pisznice Limestone, following a fracture vertically and bedding plane horizontally. (B) Diffuse boundary of the dolomite and the Lower Jurassic limestone, marked by dashed lines. (C) Relationship of the dolomite body (yellow outline) and the breccia zone (white outline). It is undefinable at the question marks. Small rectangles mark the position of the following pictures. (D) Calcite cemented, irregular breccia zone. (E) Coarse-crystalline calcite, cementing Lower Jurassic limestone clasts in the breccia zone. (F) Lower Jurassic limestone clasts, white–grey calcite cemented in the breccia zone. (G) Relationship of calcite veins, cross-cutting the dolomite body and the breccia zone

GYÖRI doktori disszertációjában (GYÖRI 2014), kisebb dolomitest felismeréséről számolt be (2. ábra, A–D). Jelen tanulmányunkban az ezzel kapcsolatos újabb eredményeket mutatjuk be. A dolomitest felismerése azért is lényeges, mert a dunántúli-középhegységi jurából eddig csupán a platform környezetet képviselő Kardosréti Mésző részleges dolomitizálásáról történt érintőleges említés az irodalomban (HAAS et al. 1984), ezzel szemben hemipelágikus környezetben ülepedett képződményekből dolomitot eddig nem írtak le. Ez azért is meglepő, mert a triász összletből ismert, különböző genetikájú dolomitípusok esetében a törés menti dolomithelyettesítés és -cementáció meglehetősen gyakori és e folyamatok egy része feltehetően a triász követően mehetett végbe (HIPS et al. 2016, HAAS et al. 2017). A törési zónához kötődő dolomitizálás tanulmányozása a terület tektonikai fejlődésének megértéséhez is hozzájárulhat.

A Kálvária-domb rétegsorában GYÖRI két kalcit-generációt ismert fel (GYÖRI 2014), amik repedés menti fluidumáramlásról tanúskodnak. Az idősebb kalcitot az elsődleges fluidumzárványain mért végső jégolvadási hőmérséklet-értékek és stabilizotóp-értékei alapján módosult meteorikus anyagból eredeztette. A kalcit 5000 ppm-nél magasabb Mg-tartalma szintén hosszan tartó felszín alatti áramlásra enged következtetni (GYÖRI 2014). Ezt a kalcittípust a feltárásban csak aptinál idősebb képződményekben lehetett megfigyelni. Ezzel ellentétben a fiatalabb kalcit típus valamennyi képződményt átvágja. Ezen kalcit stabilizotóp értékei és elsődleges fluidumzárványai meteorikus anyagról tanúskodnak. A fiatalabb kalcittal kitöltött repedések ÉÉK–DDNy-i csapásiránya késő-miocén–pliocén feszültségterben való képződésre enged következtetni (GYÖRI 2014).

Módszerek

A petrográfiai vizsgálatokhoz Dickson-féle oldattal (DICKSON 1966) festett vékonycsiszolatokat használtunk, amelyeken MAAS – Nuclide ELM-3-típusú, hideg katódos műszerrel katódlumineszcens (CL) vizsgálatokat is végeztünk. A gerjesztés 10keV feszültségen, 0,5 mA áramerősség mellett történt. A stabilizotóp-mérések az MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézetében zajlottak, Finnigan Delta Plus XP stabilizotóp-mérő tömegspektrométerrel, GASBENCH II mintaelőkészítési rendszerben. A fogorvosi fúróval vett porminták feltárása vízmentes foszforsavval történt (ROSENBAUM & SHEPPARD 1986, SPÖTL & VENNEMANN 2003). Az eredményeket a V-PDB nemzetközi sztenderdhez



viszonyítva, δ értékben adjuk meg (a következő képlet szerint), amelynek dimenziója ‰. $\delta = w(R_{\text{minta}}/R_{\text{szender}} - 1) \times 1000$, ahol R_{minta} és R_{szender} a mintában és a sztenderdben meghatározott $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ és $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ arányt jelölik. Duplikát mintákon és sztenderdeken mért eredmények alapján a mérések pontossága jobb, mint 0,1‰.

Eredmények

Terepi megfigyelések

A Kálvária-domb kerítéssel védett részének ÉNy-i sarkához közel (EOV X: 255245, Y: 595032), a jura rétegsor legalsó részén, a triász-jura határfelszín felett mintegy 3 méterrel, a vastagpados Pisznicei Mészkőben szabálytalan alakú dolomit kőzettest figyelhető meg. A test 50–200 cm széles, legnagyobb vastagsága 200 cm (2. ábra, A). A dolomit sárga, foltokban vörös színű. A befogadó kőzet felé az átmenet helyenként éles, máshol fokozatos és gyakran előfordul, hogy a kettő határán kalcitér jelenik meg (2. ábra, B). A dolomittest réteglap mentén oldalirányban elnyúlik, míg lefelé egy repedés mentén kb. 2 m-en keresztül követhető, így a feltárásban „gomba” alakot mutat (2. ábra, C). Közvetlen környezetében, a Pisznicei Mészkőben egy kalcittal cementált breccaszóna húzódik (2. ábra, C, D). A kalcit többgenerációs, a törés falán fehér, szürke, nyúlt kristályok formájában jelenik meg. Továbbá belül sárga és rózsaszín kalcitkristályokat is látunk a klasztok körül (2. ábra, E). A breccszónában a befogadó kőzet szögletes, 0,5–10 cm átmérőjű klasztjait szürke–fehér–világossárga, durvakristályos kalcit cementálja (2. ábra, E, F). A kalcitkristályok helyenként üregben, fenn-nőtt módon jelennek meg (2. ábra, E). A breccszóna szélessége 50–100 cm, lefutása szabálytalan, csapása pontosabban nem állapítható meg (2. ábra, C, D). A dolomittest mellett és fölött egyértelműen követhető, attól kb. 2–3 cm vastag kalciterek választják el. A dolomitot a breccszóna csapásában a rétegzéssel közel párhuzamos kalciterek vágják át (2. ábra, G).

Petrográfiai és geokémiai megfigyelések

A dolomittestben a kristályok mérete 10–100 μm között változik (dol1). Helyenként szabálytalan lefutású, lemezeslencsés elrendeződésben kristálméret-változás figyelhető meg (1D). (3. ábra, A). A durvább kristályos sávokban jellemző, hogy nagyobb a kristályközi porozitás (ezt a pórusokba beszivárgó kék műgyanta jelzi). A finomkristályos részeken a dolomitkristályok között, helyenként 1–10 μm -es hematit–goethit kristályhalmazok jelennek meg (3. ábra, B). A breccsában egyes dolomitklasztok szegélyén fennnőtt nyeregdolomit kristályait lehet megfigyelni (dol2) (3. ábra, C). A vizsgált két dolomit minta stabilizotóp-összetétele: $^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = -0,65\%$, $^{18}\text{O}_{\text{PDB}} = -6,12\%$, valamint $^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = 1,88\%$, $^{18}\text{O}_{\text{PDB}} = -5,54\%$ (fekete négyszögek; 4. ábra). Az egyes dolomitfázisokat nem lehetett szeparáltan mintázni, így az említett értékek a finomkristályos és a kisebb, de

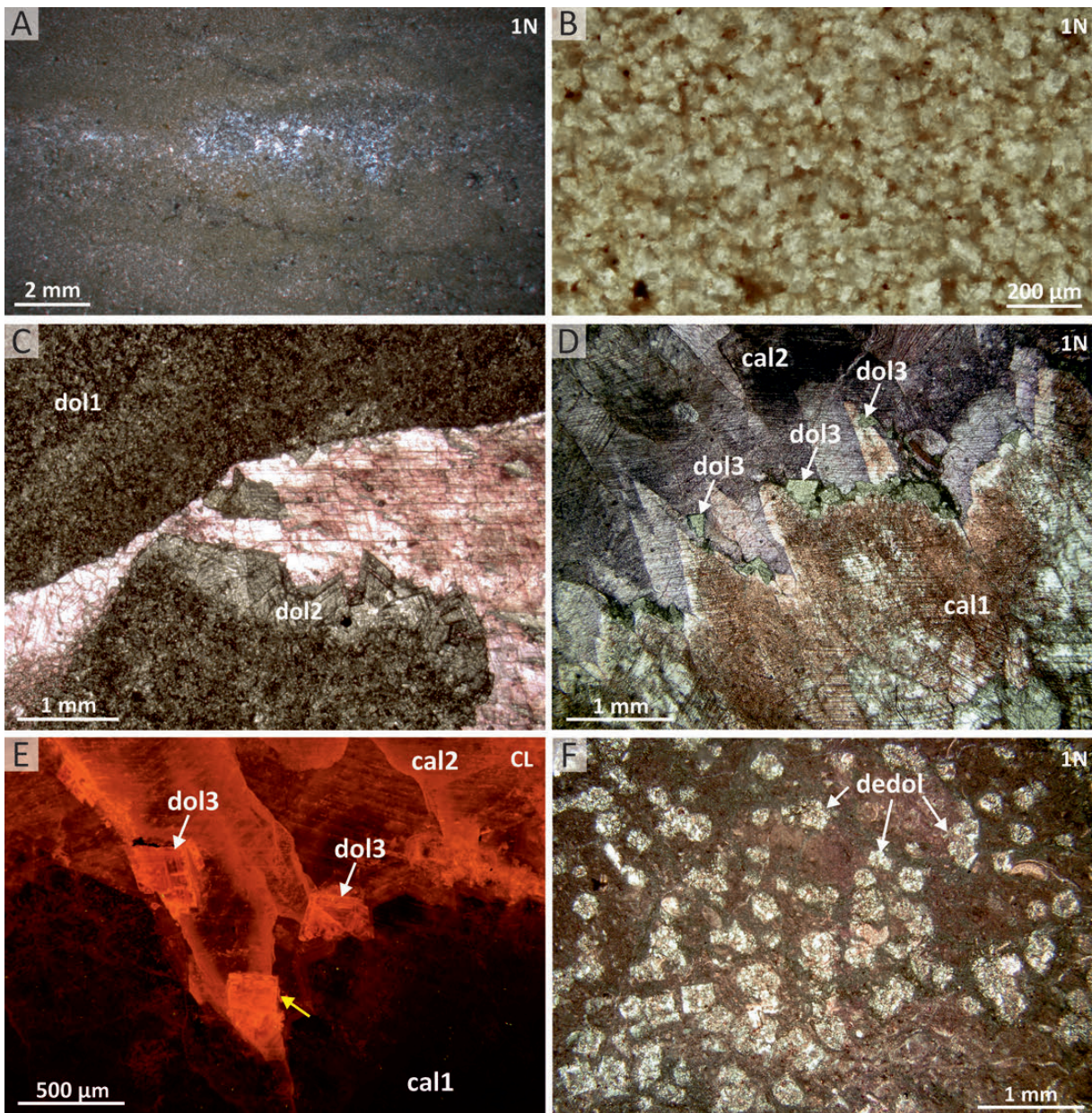
változó arányban jelenlévő nyeregdolomitot együtt reprezentálják.

A breccsát cementáló és a dolomittestet átszelő repedéseket kitöltő kalcit többgenerációs. A repedés falán fehér, szürke nyúlt–oszlopos kristályok jelennek meg (cal1), míg belsejében a befogadó kőzet szögletes, 0,5–10 cm átmérőjű klasztjait cementálja átlátszó durvakristályos kalcit (cal2) (3. ábra, D). Ahol a breccszóna a dolomitot harántolja, a kristálméret-változásból adódó lemezességgel párhuzamosan, helyenként azokat átszelve 0,5–1 cm széles, fehér kalciterek húzódnak. A kalcit festett csiszolatán zónásság mutatkozik (3. ábra, D). Az első zóna (cal1) 2 cm széles, rózsaszínre festődő, nem lumineszkáló, gyengén fluoreszkáló kalcit (3. ábra, E). Gyakoriak benne a 2–3 μm -es hematitzárványok. A szkalenoéderez kristályok lapjai több helyen egyenetlenek. Ezen az egyenetlen felületen 50–100 μm -es szubhedrális, azaz részben saját alakú dolomitkristályok (dol3) jelennek meg (3. ábra, D). A dolomitra fényes, narancs zónákkal tagolt CL kép jellemző (3. ábra, E). Ezt a zónát egy kb. 1 cm széles, lilára festődő (3. ábra, D), fényes narancsszínnel lumineszkáló, nem fluoreszkáló kalcit zóna követi. Egyes dolomitkristályok közvetlenül az első lilára festődött zónára következnek. A kalcit stabilizotóp-értékei az alábbi tartományt fedik le: $^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = -0,18 - 2,73\%$, $^{18}\text{O}_{\text{PDB}} = -8,42 - -5,51\%$ (4. ábra)

A kalcittal cementált breccszóna mellett az alsó-jura befogadó kőzetben 300–500 μm -es, rombusz átmetszetű alakzatokban, amelyek feltehetően euhedrális-szubhedrális dolomitkristályok utáni pszeuromorfózák, mozaikpátos kalcit figyelhető meg (dedolomit – „dedol”), (3. ábra, G).

Diszkusszió

A dolomittest törési zónához való kötöttsége és a dolomit petrográfiai bélyegei arra engednek következtetni, hogy lokálisan repedés menti, szövetromboló dolomitosodás érte az alsó-jura mészkövet. A dolomittest egy szintben laterálisan nagyobb területen jelenik meg, ami arra utal, hogy a dolomitosító fluidum réteglap mentén, oldalirányban távolabbra is behatolhatott a befogadó kőzetbe, így kialakítva a feltárásban megfigyelt „gomba” alakot. Egyes dolomitos breccsaklasztok (dol1) szélén nyeregdolomit (dol2) kristályok jelennek meg, amelyek 60 °C feletti dolomitosodásra utalnak (SPÖTL & PITMANN 1998). Fluidumzárványok hiányában azonban pontosabban nem becsülhetjük meg a dolomitosító fluidum hőmérsékletét. A dol1+dol2 fázisból együttesen kinyerhető stabilizotóp-adatokat összevetve a Dunántúli-középhegység különböző típusú és eredetű dolomitmintáinak izotóp-összetételével (HAAS et al. 2014a, b, 2015, HIPS et al. 2015, 2016, in HAAS et al. 2017), a legnagyobb hasonlóság az alsó-triász kevert karbonátos–szilicikus összetételű dolomitmintáival mutatkozik (4. ábra). Az alsó-triász kőzetek dolomitosodása azonban több korai és késői fázisban történt és a dolomitosodáshoz kapcsolódóan változatos ásványtársulás is megjelenik (HAAS et al. 2017). Mindez nem engedi meg, hogy a genetikai értelme-



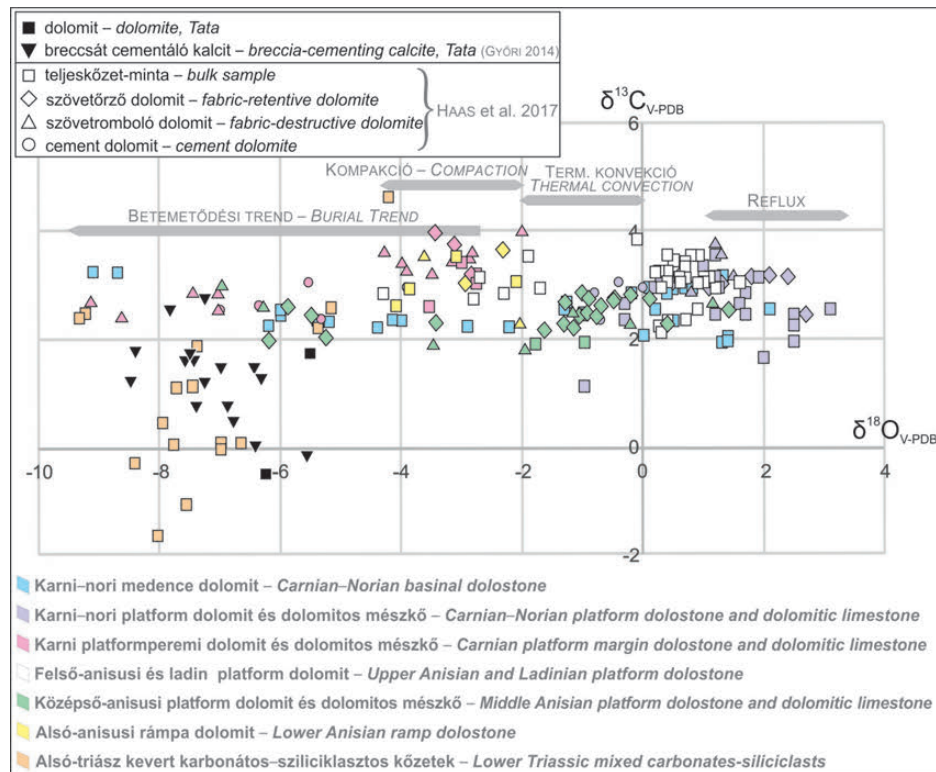
3. ábra. (A) Lencsés-lemezes elrendeződésű, finom- és közepkristályos dolomit (dol1). (B) Finom-(közép)kristályos szubhedrális-anhedrális dolomit (dol1). A kristályok között hematit jelenik meg. (C) Dolomitos (dol1) breccsaklaszt szélén megjelenő nyeregdolomit kristályok (dol2), amelynek töredéke a kalcitcementbe ágyazódik. (D) A repedéskitöltő kalcit első, rózsaszínre festődő, azaz vaszegény zónájában a kristályok felszíne egyenetlen, kristályapok nem figyelhetők meg. Ez visszaoldódásra utal. Az oldott felszínen szubhedrális dolomitkristályok (dol3) jelennek meg, majd lilára festődött, azaz vasgazdag kalcit következik. (E) Nem lumineszkáló kalcit (cal1) oldott felszínén zónás, szubhedrális dolomitkristályok jelennek meg (dol3). A kristályok enyhén különböző (fekete, ill. tompavörös) lumineszcenciájú kalcit zónán jelennek meg, abba részben beágyazódva. Az idősebb kalcittal (cal1) a szabálytalan oldalukkal érintkeznek, míg a fiatalabb kalcit felé romboédres lapokat lehet megfigyelni, de előfordul az is (sárga nyíl), hogy romboéder lapja néz az idősebb kalcit felé. (F) Romboéder metszetű, dedolomitkristályok (dedol) a breccsazóna melletti befogadó alsó-jura mészkőből

Figure 3. (A) Fine and medium crystalline dolomite (dol1), showing larger crystal size in lens shaped patches. (B) Haematite crystals occurring in-between the fine dolomite crystals (dol1). (C) Saddle dolomite crystals (dol2), occurring on dolomite (dol1) breccia clast. Fragments of the saddle dolomite crystals can be found in the calcite, cementing the breccia. (D) Dissolved crystal terminations seen on the iron-poor, pink stained calcite. This is followed by subhedral dolomite crystals (dol3). Last mineral phase is iron-rich, purple-stained calcite. (E) Zoned dolomite crystals, found on the dissolved crystal faces of the non-luminescent calcite (cal1). The dolomite crystals (dol3) occur on calcite zones of slightly different luminescence (black to dull red). They usually show irregular face towards cal1 and rhombohedral face towards the younger, orange luminescent calcite, however rhombohedra facing the older calcite (cal1) can be also observed (marked by yellow arrow), (F) Rhombohedral dedolomite crystals (dedol) in the Lower Jurassic limestone, next to the breccia zone

zésüket a tatai dolomittestre is alkalmazzuk. A tatai dolomitminták (dol1+dol2) oxigénizotóp összetétele meglehetősen negatív (4. ábra) és a többi középhegységi mintát tekintve a betemetődés során dolomitosodott kőzetek mezőjébe esnek. Ez jelezheti, hogy magasabb hőmérsékleten tör-

tént a dolomitosodás. Az anyaoadat lehetett a befogadó kőzet felmelegedett pórusvize, vagy akár hidrotermális (azaz a környezeténél melegebb) fluidum is.

A kalcittal cementált breccsazónát befogadó alsó-jura mészkőben megjelenő rombusz átmetszetű kristályok



4. ábra. A kálvária-dombi dolomit (fekete négyzet), a repedéskitöltő-breccsát cementáló kalcitminták (fekete háromszög) és további, Dunántúli-középhegységi dolomittípusok stabil szén- és oxigénizotóp értékei (HAAS et al. 2017)
Figure 4. Stable carbon and oxygen isotope values of the dolomite (black rectangle) and fracture-filling, breccia-cementing calcite (black triangle) from the Kálvária Hill, compared to different dolomite types from the Transdanubian Range (HAAS et al. 2017)

(dedol) korábban képződött dolomit kalcitosodásával, azaz dedolomitosodással jöhettek létre. Az, hogy ennek az egykori dolomitnak nem találtuk nyomát a breccsazonával nem harántolt, attól távol eső alsó-jura mészkőben a breccsazonához való kötöttségét jelzi. Ugyan a fent említett dol1 és dol2 fázisok egyértelműen repedés menti dolomitosodáshoz köthetők, dedolomitot csak a breccsazona mellől származó mészkőmintában figyeltünk meg. Ez arra utal, hogy a breccsazonában, avagy kialakulásának kezdeti fázisában — mikor az aprózódás még elhanyagolható volt, és még csak egy repedés volt jelen — dolomitosító fluidum áramlott keresztül rajta. A dolomit kis területen történő megjelenése azt valószínűsíti, hogy a megfigyelt dol1, dol2 és a dedolomitot megelőző dolomitkristályok egy dolomitosodási eseményhez köthetők.

A breccsazona és a dolomittest viszonya kérdéses, ugyanis breccsásodást nem, csupán kalciterek figyelhetünk meg a dolomitban. A breccsát cementáló kalcit és a dolomittestet átszelő kalciterek izotópos összetétele mind egymáshoz, mind a GYŐRI (2014) által idősebb kalcitként definiált fázishoz hasonló. Amennyiben a breccsazona az idősebb, míg a dolomit a fiatalabb, akkor a dolomitosodás során ennek is (klasztoknak és cementnek is) dolomitosodnia kellett volna. Erre nézve nem találtunk bizonyítékot, így valószínűbbnek tartjuk, hogy a breccsásodás a dolomit kialakulását követte. Mivel a breccsazona melletti befogadó kőzetben is találtunk dolomitosodásra utaló jeleket (dedol), feltéte-

lezük, hogy egy kezdeti szerkezeti elem (a breccsazona elődje) már vezethette azt az oldatot, ami a dolomittest kialakulását is eredményezte. Később, a repedés mentén további tektonikai aktivitásnak köszönhetően breccsazona alakult ki, amit kalcit cementált. Ily módon a breccsát cementáló kalcit a repedés menti dolomitosodásnál fiatalabb. A további tektonikai aktivitás eredményeként kialakuló breccsásodással egyidejű, vagy annál fiatalabb lehet. A Fe-szegény kalcit (cal1) külső zónái oldottak, tehát a kalcitcementációt az ásványra nézve telítetlen oldat áramlása szakíthatta meg. Az oldott felszínre következő dolomitkristályok (dol3) morfológiája és a kalcitfázisokkal való érintkezése arra utal, hogy azok nem helyben váltak ki, hanem a kalcit felszínére szállítottak és a következő, már Fe-gazdag kalcitcement magába foglalta őket. Az apró kristályok nagy valószínűséggel a fent ismertetett, repedés menti dolomittestből származhatnak. A kalcit $\delta^{18}\text{O}$ -értékeiből becsült fluidum ^{18}O -összetétel, a $\delta^{13}\text{C}$ -értékek és az elsődleges zárványok végső jégolvadási hőmérsékleteiből számolt sótartalom-értékek meteorikus – enyhén sós anyaoldatra engednek következtetni (GYŐRI 2014). A rétegsor kora-juránál fiatalabb képződményeinek repedéseiben, üregeiben nem jelenik meg egyik fent említett kalcittípus sem.

A törések által meghatározott dolomitosodás rendszerint Mg-ban gazdag, repedés mentén felfelé áramló, hidrotermális, azaz környezeténél melegebb oldatokhoz köthető (DAVIES & SMITH 2006, QING & MOUNTJOY 1992,

1994, MACHEL & LONNÉE 2002). A Budai-hegység és a Duna-balparti rögök területéről ismert hasonló folyamat, a Mátyáshegyi és Csövári Formációból. Ezeknek a karbonátos lejtő és medence képződményeknek a dolomitodása a Neotethys peremi övezetében kialakult vetők mentén feláramló, hidrotermális oldatok hatására történt (HIPS et al. 2016). Van példa a vastagpados onkoidos Dachsteini Mész-kő hidrotermális dolomitodására is a Nagyszál környékén (BALOG & HAAS 1990).

A kálvária-dombi alsó-jura mészkőben talált dolomit-előfordulást egyelőre nehéz geodinamikai keretbe illeszteni. Valószínűsíthető, hogy a jura üledék litifikációját követően, a betemetődés során, diszkrét törési zóna mentén, extenziós feszültségtérben következett be a Pisznicei Mész-kőben megfigyelt dolomitodás. Ez alapján a folyamat leghamarabb a késő-jura, de inkább a kora-kréta során kezdődhetett. A breccsát cementáló kalcit fluidumzárvány és stabilizotóp adatai olyan meteorikus eredetű anyaoldatra utalnak, amely hosszú időt tölthetett a felszín alatt, így a kőzet-víz kölcsönhatás eredményeként összetétele megváltozott (GYÓRI 2014). Ezt megerősíteni látszik a kalcit relatíve magas Mg-tartalma, amelyre a legkézenfekvőbb magyarázat, hogy a dolomitban gazdag triász összleten áramlott keresztül az anyaoldal (GYÓRI 2014). A kalcitcement valószínűsített módosult meteorikus eredete szárazulati eseményhez köti a folyamatot (GYÓRI 2014). Szárazulati esemény bizonyíthatóan a késő-kréta–paleogén idejéről ismert a területen. A fentiek alapján annyit lehet tehát megállapítani, hogy a dolomitodás a Pisznicei Mész-kő kőzetté válását követően és a késő-kréta–paleogén szárazulati esemény előtt következhetett be.

Következtetések

A tatai Kálvária-domb alsó-jura rétegeiben talált dolomitestben három dolomittípus, továbbá annak közelében a befogadó kőzetben egykori dolomit utáni kalcit pszeudo-

morfózákat azonosítottunk. Ezek feltételezhetően egyetlen dolomitodási eseményhez köthetők. A Kálvária-domb csaknem teljes és folyamatosan feltárt jura rétegsorában hasonló dolomitestet nem találtunk és a gerescei jura képződményekben sem figyeltek meg dolomitodást. A dolomitest feltételezhetően repedés menti dolomitodás során jött létre. A diszkrét repedések kőzetté vált mészkőben alakulhattak ki, így a dolomitodás valószínűsíthetően a késő-jurát követően történhetett. A dolomitestnél fiatalabb, annak közelében megjelenő, breccsát cementáló kalcit izotóp-összetétele, Mg-tartalma és elsődleges fluidumzárványainak sótartalma meteorikus eredetű, hosszabb kőzet-víz kölcsönhatás során módosult összetételű anyaoldatra enged következtetni. Ezek alapján a kalcit szárazulati kitérttséghez köthető fluidumáramlás során vált ki, ami a késő-kréta–paleogén unkonformitási eseménynél idősebb dolomitodást valószínűsít.

Az alsó-jura, hemipelágikus mészkőben, repedés mentén felismert dolomitest felveti a lehetőségét annak, hogy a jövőben a Gerecse és Bakony területén megjelenő jura karbonátos képződményekben is kutassuk hasonló, repedés menti dolomitodás nyomait.

Köszönetnyilvánítás

Ezt a tanulmányt az első szerző doktori munkájának egy megoldatlan rejtélye inspirálta és MINDSZENTY Andrea 70. születésnapja alkalmából készült különszám fogadja be. GYÓRI Orsolya témavezetőjének, MINDSZENTY Andreának szeretné így kifejezni köszönetét azon évekért, amit a Kálvária-domb kutatásával töltöttek. Az ünnepelt egyúttal társszerző is, hiszen egy doktori munka minden részlete, és ami abból születik, közös gondolkodás eredménye.

A munkához anyagi támogatást a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alap K 124313 nyilvántartási számú projektje nyújtott. Köszönjük HIPS Kinga és SCHUBERT Félix részletes bírálatát, továbbá SZTANÓ Orsolya javaslatait.

Irodalom — References

- BALOG A. & HAAS J. 1990: A váci Nagyszál Dachsteini Mész-kőnek a szedimentológiai jellegei és diagenézise. — *Földtani Közlöny* **120/1–2**, 11–18.
- DAVIES, G. R. & SMITH JR., L. B. 2006: Structurally controlled hydrothermal dolomite reservoir facies: An overview. — *AAPG Bulletin* **90**, 1641–1690. <https://doi.org/10.1306/04300706142>
- DICKSON, J.A.D. 1966: Carbonate identification and genesis as revealed by staining. — *Journal of Sedimentary Research* **36**, 491–505. <https://doi.org/10.1306/74d714f6-2b21-11d7-8648000102c1865d>
- FÜLÖP J. 1975: Tatai Mezozoos alaphegység-rögök. — *Geologica Hungarica ser. Geologica*, **16**, 229 p.
- GYÓRI O. 2014: Paleofluidum áramlási események nyomozása Dunántúli-középhegységi mezozoos karbonátokban. — Doktori értekezés ELTE, 148 p.
- HAAS J. 1995: Az Északi-Gerecse felső-triász karbonátplatform képződményei. — *Földtani Közlöny* **125**, 259–293.
- HAAS J. 2007: Kálvária-dombi szabadtéri geológiai múzeum. — In: PÁLFY J. & PAZONYI P. (szerk.): Őslénytani kirándulások Magyarországon és Erdélyben. Budapest, Hantken Kiadó, 45–47.
- HAAS, J. & HÁMOR, G. 2001: Geological garden in the neighbourhood of Budapest, Hungary. — *Episodes* **24**, 257–261.
- HAAS J., J. EDELÉNYI E., GIDAI L., KAISER M., KRETZOI M., ORAVECZ J. 1984: Sümeg és környékének földtani felépítése. — *Geologica Hungarica ser. Geologica* **20**, 1–353.

- HAAS, J., BUDAI, T., GYŐRI, O. & KELE, S. 2014a: Multiphase partial and selective dolomitization of Carnian reef limestone (Transdanubian Range, Hungary). — *Sedimentology* **61**, 836–859. <https://doi.org/10.1111/sed.12088>
- HAAS, J., BUDAI, T., GYŐRI, O. & KELE, S. 2014b: Similarities and differences in the dolomitization history of two coeval Middle Triassic carbonate platforms, Balaton Highland, Hungary. — *Facies* **60/2**, 581–602. <https://doi.org/10.1007/s10347-014-0397-1>
- HAAS, J., LUKOCZKI, G., BUDAI, T. & DEMÉNY, A. 2015: Genesis of Late Triassic peritidal dolomites in the Transdanubian Range, Hungary. — *Facies* **61/3**, Paper 8 <https://doi.org/10.1007/s10347-015-0435-7>
- HAAS, J., HIPS, K., BUDAI, T., GYŐRI, O., LUKOCZKI, G., KELE, S., DEMÉNY, A. & POROS, Zs. 2017: Processes and controlling factors of polygenetic dolomite formation in the Transdanubian Range, Hungary: a synopsis. — *International Journal of Earth Sciences* **106/3**, 991–1021. <https://doi.org/10.1007/s00531-016-1347-7>
- HIPS, K., HAAS, J., POROS, Zs., KELE, S. & BUDAI, T. 2015: Dolomitization of Triassic microbial mat deposits (Hungary): origin of microcrystalline dolomite. — *Sedimentary Geology* **318**, 113–129. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2014.12.002>
- HIPS, K., HAAS, J. & GYŐRI, O. 2016: Hydrothermal dolomitization of basinal deposits controlled by a synsedimentary fault system in Triassic extensional setting, Hungary. — *International Journal of Earth Sciences* **105**, 1215–1231. <https://doi.org/10.1007/s00531-015-1237-4>
- MACHEL, H. & LONNÉE, J. 2002: Hydrothermal dolomite a product of poor definition and imagination. — *Sedimentary Geology* **152**, 163–171. [https://doi.org/10.1016/s0037-0738\(02\)00259-2](https://doi.org/10.1016/s0037-0738(02)00259-2)
- QING, H. & MOUNTJOY, E. W. 1992: Large-scale fluid flow in the Middle Devonian Presqu'île barrier, Western Canada Sedimentary Basin. — *Geology* **20**, 903–906. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1992\)020<0903:lsffit>2.3.co;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1992)020<0903:lsffit>2.3.co;2)
- QING, H. & MOUNTJOY, E. W. 1994: Formation of coarsely crystalline, hydrothermal dolomite reservoirs in the Presqu'île barrier, Western Canada Sedimentary Basin. — *AAPG Bulletin* **78**, 55–77. <https://doi.org/10.1306/bdff9014-1718-11d7-8645000102c1865d>
- ROSENBAUM, J. & SHEPPARD, S. M. F. 1986: An isotopic study of siderites, dolomites and ankerites at high temperatures. — *Geochimica et Cosmochimica Acta* **50**, 1147–1150. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(86\)90396-0](https://doi.org/10.1016/0016-7037(86)90396-0)
- SPÖTL, C. & PITMAN, J. K. 1998: Saddle (baroque dolomite) in carbonates and sandstones: a reappraisal of a burial diagenetic concept. — *IAS Special Publication* **26**, 437–460. <https://doi.org/10.1002/9781444304893.ch19>
- SPÖTL, C. & VENNEMANN, T. W. 2003: Continuous-flow isotope ratio mass spectrometric analysis of carbonate minerals. — *Rapid Communications in Mass Spectrometry* **17**, 1004–1006. <https://doi.org/10.1002/rcm.1010>
- Kézirat beérkezett: 2018. 01. 02.