

„Ízesítő” a permi Bodai Agyagkő Formáció őskörnyezeti rekonstrukciójához: kősó utáni pszeudomorfózák a BAT–4 fúrás agyagkőmintáiban

MÁTHÉ Zoltán¹, VARGA Andrea²

¹Mecsekérc Környezetvédelmi Zrt. 7633 Pécs, Esztergár L. u. 19. Pf.: 121., e-mail: mathezoltan@mecsekerc.hu

²Pécsi Tudományegyetem TTK Földrajzi Intézet Földtani Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6., e-mail: andrea.varga.geol@gmail.com

Összefoglalás

A BAT–4 fúrásban a Bodai Agyagkő Formáció agyagkőmintáinak petrográfiai mikroszkópos vizsgálata során a vörös, agyagos–hematitos alapanyagban négyzet, négyágú csillag, illetve háromszög metszetű, uralkodóan pátos karbonát (kalcit vagy dolomit) egykristályokból álló kitöltéseket figyeltünk meg. Morfológiájuk alapján ezek a pszeudomorfózák korábbi kősó vázkristályok („hopper” halit, „pagoda” halit) utáni helyettesítésként értelmezhetők, amelyek az intenzív bepárlódás és a korai diagenetikus kősókviválás bizonyítékai a laza üledékben a sós iszaplapályon.

Tárgyszavak: halit vázkristály, sós iszaplapály, korai diagenézis, középső-perm, Mecsek

Bevezetés

A hazai földtani kutatás elmúlt 25 évében kiemelt szerepet kapott a Bodai Agyagkő Formáció (a Magyar Rétegtani Bizottság Paleozoos Albizottsága által 2011-ben jóváhagyott név, azonos a korábbi Bodai Aleurolit Formációval; BAF) részletes vizsgálata. Jelentőségét az adja, hogy — az eddigi vizsgálatok szerint — ez egy potenciális képződmény a magyarországi radioaktív hulladékok tárolására kialakított mélységi geológiai tároló befogadására (MÁTHÉ 1998, ÁRKAI et al. 2000, KONRÁD et al. 2010).

A lezárult kutatási fázisok keretében nagyszámú, a BAF felszíni elterjedési területéről, az archív és a kutatási program során mélyített fúrások, valamint az Alfa–1 vágat harántolásaiból származó minta vizsgálatára került sor. A kutatási programokat lezáró zárójelentésekben önálló fejezetek foglalják össze az ásvány–kőzettani és a geokémiai adatokat (pl. MÁTHÉ 1998), valamint ezekből több publikáció is megjelent (DEMÉNY et al. 1996, ÁRKAI et al. 2000, VARGA et al. 2006, KONRÁD et al. 2010, SIPOS et al. 2010).

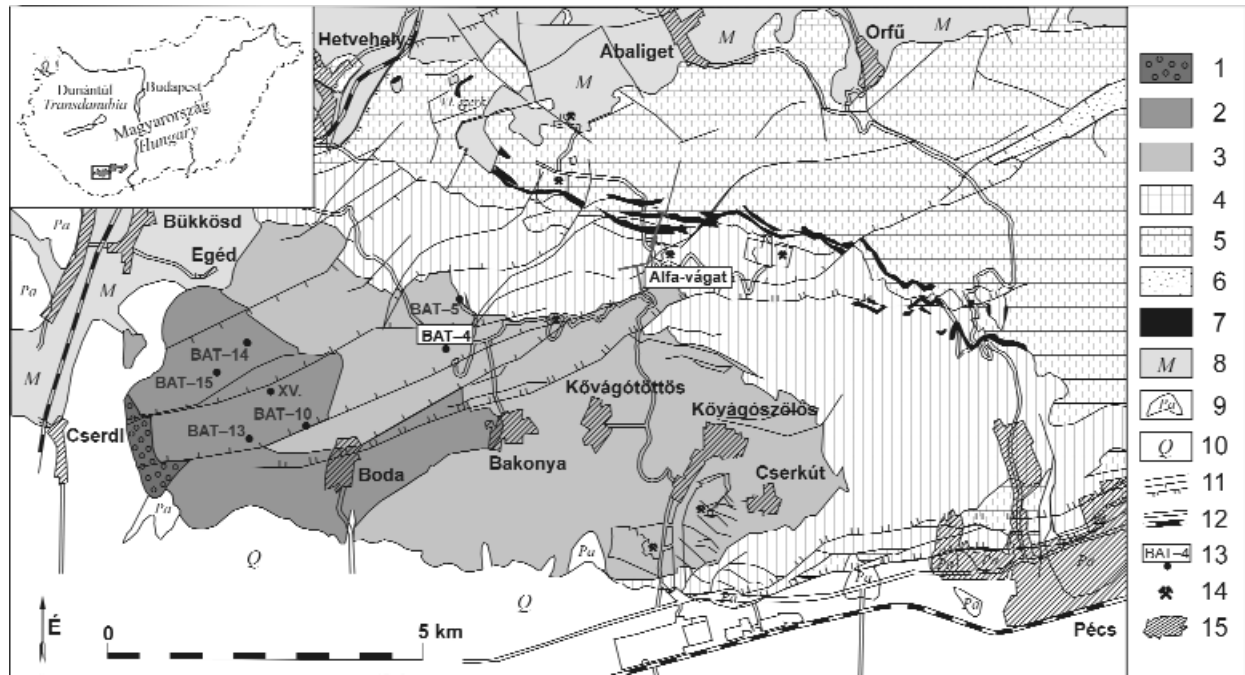
A formációra jellemző uralkodó szín a vörösbarna; kőzetanyagában makroszkóposan agyagkő, aleurolit, homokkő és dolomit fő kőzettípusok különböztethetők meg, az agyagkő dominanciájával (MÁTHÉ 1998). Az eddig rendelkezésre álló ásvány–kőzettani, geokémiai és szedi-

mentológiai adatok alapján a BAF kőzetei arid–szemi-arid klímán, playa környezetben képződött üledékek (ÁRKAI et al. 2000, KONRÁD et al. 2010). Szedimentológiai vizsgálati eredményekre hivatkozva KONRÁD et al. (2010) kiemelik, hogy a BAF kőzetegyüttesének jelentős része szoros értelemben véve nem tavi üledék, mint azt korábban széles körben feltételezték, hanem playa-iszaplapályt („*playa mudflat*”) képvisel.

Petrográfiai vizsgálatunk során az 1991-ben mélyült BAT–4 fúrás („Bodai Aleurolit Tároló”; 1200 m mélységű magfúrás, ami 660 m vastagságban harántolta a BAF-ot, fekvőjét azonban nem érte el; *l. ábra*) agyagkőmintáiban kősó (halit) utáni pszeudomorfózákat figyeltünk meg; ezek jellemzése és értelmezése kiemelkedő jelentőségű a terület őskörnyezeti és diagenézis-történeti rekonstrukciójában.

Kősó vázkristályok: az intenzív bepárlódás bizonyítékai a sós iszaplapályon

A BAT–4 fúrásban a Bodai Agyagkő Formáció agyagkőmintáinak petrográfiai vizsgálata során a vörös, agyagos–hematitos alapanyagban többnyire véletlenszerűen elhelyezkedő, parányi (átlagosan 100–200 μm-es), jellegzetes alakú (négyzet, négyágú csillag, illetve háromszög metszetű), uralkodóan a kalcit-sorhoz tartozó pátos



1. ábra. A Nyugati-Mecsek egyszerűsített földtani térképe a BAF telephely jellemzési programja térképeinek felhasználásával (in MÁTHÉ 1998, VARGA et al. 2006 alapján)

1 – Cserdi Konglomerátum Formáció; 2 – Bodai Agyagkő Formáció; 3 – Kővágószőlősi Homokkő Formáció; 4 – triász törmelékes kőzetek; 5 – triász karbonátok és evaporitok; 6 – felső-triász homokkő; 7 – alsó-kréta magmatit; 8 – miocén üledékes képződmények; 9 – pannóniai képződmények; 10 – negyedidőszaki képződmények; 11 – szerkezeti elemek általában, vető, feltolódás; 12 – út, vasút; 13 – mélyfúrás; 14 – felhagyott bánya; 15 – település

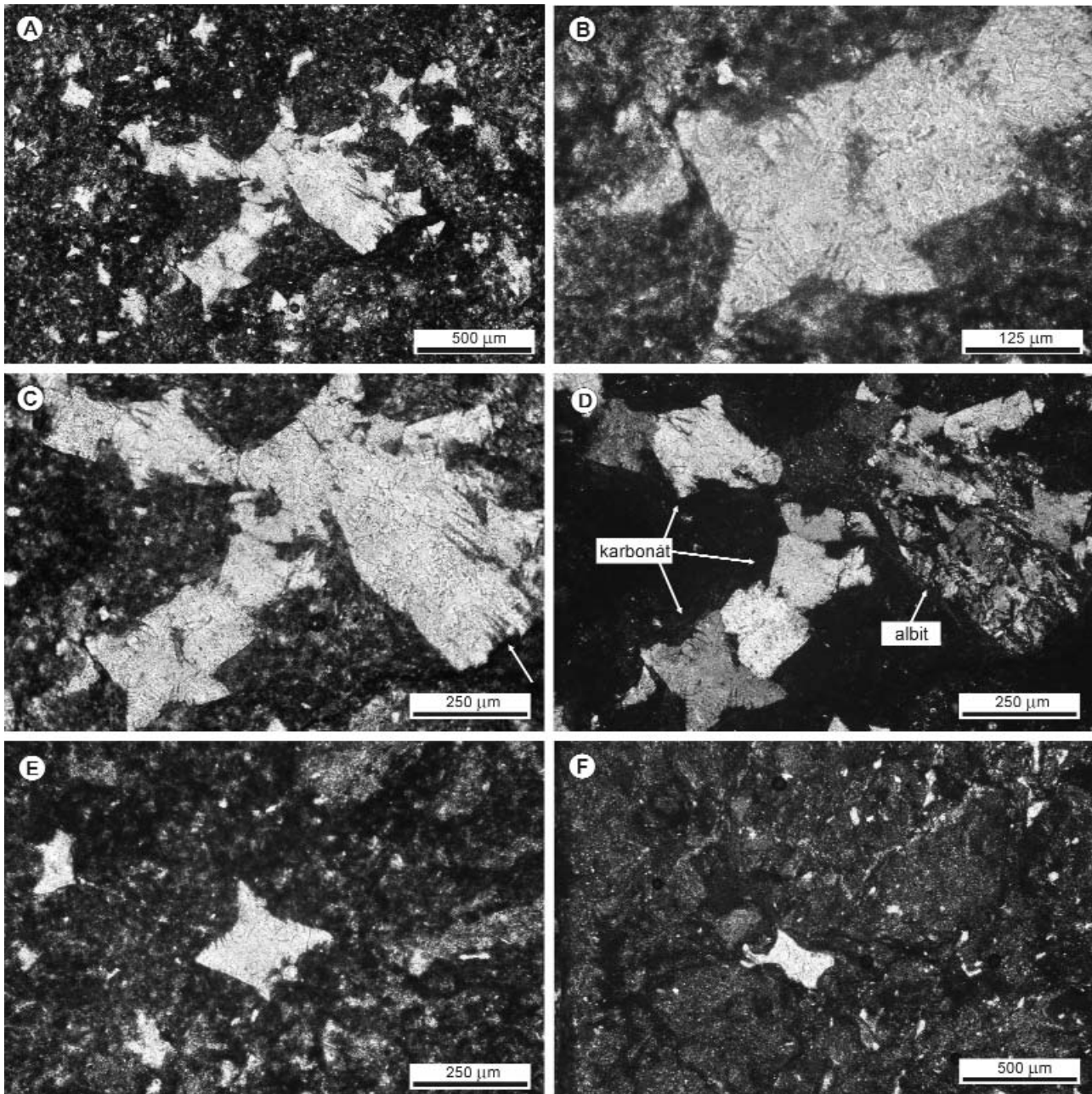
karbonát (kalcit vagy dolomit; megkülönböztetésük optikai módszerekkel bizonytalan) egykristályokból álló kitöltéseket figyeltünk meg. Kivételes esetekben a csillagszerű pát ágai pagodaszerűek (2. ábra). Egy nagyobb kristályaggregátumban a páttal lépcsős metszetű határfelület mentén érintkező albitkristályokból álló kitöltés figyelhető meg, amelyben a mátrixszal érintkező részen albitlécek, majd nagyobb xenomorf kristályok különíthetők el (2. ábra, C és D).

Morfológiájuk alapján ezek az izolált pszeudomorfózák és kristályaggregátumok korábbi kősókristályok utáni helyettesítésként értelmezhetők (READING 1985, PAIK & KIM 2006, WARREN 2006). A felszínhez közeli régióban, a laza üledéken belül (kiszorítással) a gyors növekedés következtében bemélyedt lapú kősó vázkristályok („hopper” halit) keletkeznek (READING 1985). A kockalapok éleire és különösen a sarkokra jellemző kiugróan gyors növekedés jellegzetes négyágú vázkristályokat („pagoda” halit) eredményez (3. ábra). A bemélyedt lapú kősókristályok általában az üledék betemetődés-történetének igen korai stádiumában képződnek, közvetlenül az üledék/levegő határfelület alatt, ahol a gyors evaporáció következtében túltelített a pórusoldat (READING 1985). A kiszorításos kősó vázkristályok megjelenése sós, felszín alatti vizeket tükröz (BENISON & GOLDSTEIN 2000), továbbá a kis, sós tavakhoz (*saline pan*) kapcsolódó sós iszaplapály (*saline mudflat*) szárazulati kitérségű finomszemcsés üledékeinek egyik jellemzője (READING 1985, BENISON & GOLDSTEIN 2000, PAIK & KIM 2006). Annak ellenére, hogy a BAF kőzetanyagából eddig elsődleges evaporitásványok nem kerültek

elő, a bemutatott pszeudomorfózák egyértelmű bizonyítékai az egykori kősókiválásnak, továbbá az ezt előidéző intenzív bepárlódásnak.

Feltételezésünk szerint a szárazulati periódusban az üledéken belül képződött kősó vázkristályok a nedves periódust kísérő előntés következtében többnyire visszaoldódtak. Az ezek helyén keletkezett, gyakran homorú falú pórusokat és üregeket — a különböző mértékű korai kompaktiót és deformációt követően — általában karbonát és albit (\pm anhidrit) cementálta, ami nem tette lehetővé a jellegzetes vázkristály-morfológia megőrződését (2. ábra, F). Kivételes esetben azonban a kősó vázkristályt korai karbonátpát helyettesítette (visszaoldódás/kicsapódás mechanizmust követve), ami tökéletesen megőrizte az eredeti kristályformát. A bemutatott nagyobb kristályaggregátumon megfigyelhető, mátrixszal kitöltött oldódási üregek azt sugallják (2. ábra, C), hogy a kősó visszaoldódását kísérő korai karbonáthelyettesítés részleges volt, azt a kősó teljes visszaoldódását követően keletkezett pórusokban albit cementációja követte.

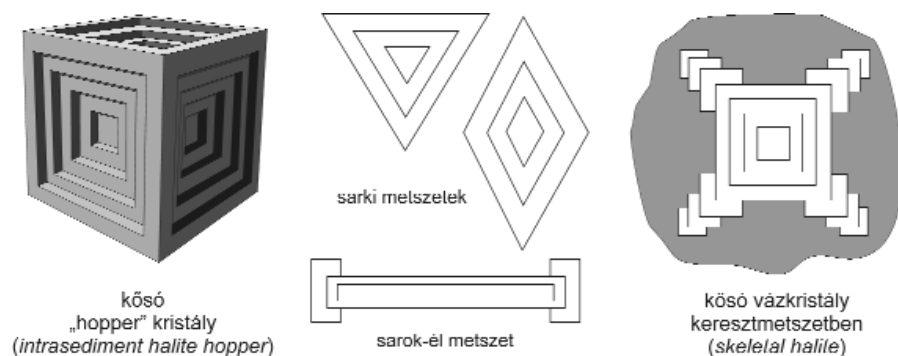
Kontinentális környezetben a pórusvízben koncentráció ionok a folyókból és a felszín alatti vizekből származnak; mennyiségüket és összetételüket zárt hidrológiai rendszer esetén a vízgyűjtőterület litológiai felépítése határozza meg (WARREN 2006, 2010). Evaporitokat (különösen kősót) tartalmazó fosszilis rétegsorok esetén azonban nehéz az esetleges tengeri hatás (pl. hibrid, azaz kevert tengeri/kontinentális pórusvíz) kizárása (BENISON & GOLDSTEIN 2000). A sós pórusvíz eredete szempontjából az üledékes



2. ábra. Kősó utáni pseudomorfozások a Bodai Agyagkőből (BAT-4 fúrás)

A) A laza üledékben keletkezett, kiszorítósos halitkristályok („hopper” halit) utáni karbonát pseudomorfozások, valamint egy kristályaggregátum (középen). BAT-4 1132,6 m, 1N; B) A kristályaggregátum részlete: kősó vázkristály a gyors növekedésre utaló pagoda alakú sarkokkal, 1N; C) Agyagos-hematitos alanyaggal kitöltött korai diagenetikus visszaoldódási üregek (nyíl), 1N; D) Korai diagenetikus páttal helyettesített, illetve a visszaoldódást követően albitcementtel kitöltött pseudomorfozások, +N; E) Karbonáttal helyettesített kősó vázkristály keresztmetszete a sarkokon jól felismerhető pagodaszerű morfológiával, 1N; F) Kissé deformált, kősó utáni karbonát pseudomorfozása, BAT-4 1080,8 m, 1N. A korábbi leírásokban ezeket többnyire homorú határoló-felületekkel jellemezhető, kalcittal, illetve dolomittal (és/vagy albittal) kitöltött üregekként dokumentálták

3. ábra. A kősó vázkristályok morfológiája és jellemző mikroszkópi metszetei WARREN (2006) nyomán módosítva



kőzet, illetve az agyagásványok (döntően az illit) megnövekedett börtartalma a tengeri környezet geokémiai indikátora lehet (HARDER 1970, BALOGH 1991, LEGRER et al. 2011). A BAT-4 fúrás agyagkőmintáiban a bór koncentrációja maximálisan 310–430 ppm, amihez 30–100 ppm Cl-tartalom társul (PGAA — prompt gamma aktivációs analízissel meghatározva; MÁTHÉ & GMÉLING 2004, publikálatlan adatok). Ez meghaladja a tengeri üledékekre jellemző értéket (~100 ppm; HARDER 1970), azonban — figyelembe véve a BAF forrásterületén feltételezett jelentős mennyiségű savanyú vulkáni kőzetanyagot (VARGA et al. 2006) — nem jelent közvetlen tengeri hatást. A viszonylag jelentős B-tartalom a megnövekedett paleosalinitás független bizonyítéka lehet, alátámasztva a kősó vázkristályok alapján feltételezett sós tavi környezetet. A sós pórúsvíz eredetének pontosításához további geokémiai vizsgálatok szükségesek.

Eredményünk felhívja a figyelmet arra, hogy a BAF egyes szelvényeinek a kontinentális playa-rendszeren belüli

öskörnyezeti rekonstrukciója és — ennek megfelelően — az üledékképződési modell pontosítása csak szisztematikus, a mikroszöveti megfigyelésekre és a diagenetikus folyamatokra is kiterő petrográfiai vizsgálat alapján elkülönített litofáciesek és fáciesasszociációk segítségével valósítható meg.

Köszönetnyilvánítás

Ez a munka az ELTE Földtudományi Doktori Iskola Földtan–Geofizika Doktori Programja (Kőzettani–Geokémiai Tanszék; MZ) és az OTKA PD 83511 sz. téma keretein belül (VA), a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával (VA), valamint a Mecsekérc Zrt. és a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft. engedélyével készült. A szerzők köszönetet mondanak CSÁSZÁR Gézának és KONRÁD Gyulának hasznos tanácsaikért.

Irodalom

- ÁRKAI, P., BALOGH, K., DEMÉNY, A., FÓRIZS, I., NAGY, G. & MÁTHÉ, Z. 2000: Composition, diagenetic and post-diagenetic alterations of a possible radioactive waste repository site: the Boda Albitic Claystone Formation, southern Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **43/4**, 351–378.
- BALOGH K. (szerk.) 1991: *Szedimentológia II. kötet*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 356 p.
- BENISON, K. C. & GOLDSTEIN, R. H. 2000: Sedimentology of ancient saline pans: an example from the Permian Opeche Shale, Williston Basin, North Dakota, U.S.A. — *Journal of Sedimentary Research* **70/1**, 159–169.
- DEMÉNY, A., FÓRIZS, I. & MÁTHÉ, Z. 1996: A Preliminary Stable Isotope Study on a Potencial Radioactive Waste Repository Site in the Mecsek Mountains, Southern Hungary. — *Rapid Communications in Mass Spectrometry* **10**, 1415–1417.
- HARDER, H. 1970: Boron content of sediments as a tool in facies analysis. — *Sedimentary Geology* **4/1–2**, 153–175.
- KONRÁD, GY., SEBE, K., HALÁSZ, A. & BABINSZKI, E. 2010: Sedimentology of a Permian playa lake: the Boda Claystone Formation, Hungary. — *Geologos* **16/1**, 27–41.
- LEGRER, B., SCHNEIDER, J. W., GEBHARDT, U., MERTEN, D. & GAUPP, R. 2011: Lake deposits of moderate salinity as sensitive indicators of lake level fluctuations: Example from the Upper Rotliegend saline lake (Middle–Late Permian, Northeast Germany). — *Sedimentary Geology* **234**, 56–69.
- MÁTHÉ Z. (szerk.) 1998: A Bodai Aleurolit Formáció minősítésének rövidtávú programja, Kutatási zárójelentés 4. kötet, Ásványkőzettani, kőzetgeokémiai és izotóptranszport vizsgálatok. — *Kutatási jelentés*, Mecsekérc Környezetvédelmi ZRt. Adattára, Pécs, 76 p. (+ mellékletek)
- PAIK, I. S. & KIM, H. J. 2006: Playa lake and sheetflood deposits of the Upper Cretaceous Jindong Formation, Korea: Occurrences and palaeoenvironments. — *Sedimentary Geology* **187**, 83–103.
- READING, H. G. 1985: *Sedimentary Environments and Facies*. — Blackwell Scientific Publications, Oxford, Second Edition, 615 p.
- SIPOS, P., NÉMETH, T. & MÁTHÉ, Z. 2010: Preliminary results on the Co, Sr and Cs sorption properties of the analcime-containing rock type of the Boda Siltstone Formation. — *Central European Geology* **53/1**, 67–78.
- VARGA A., RAUCSIK B., SZAKMÁNY Gy. & MÁTHÉ Z. 2006: A Bodai Aleurolit Formáció törmelékes kőzettípusainak ásványtani, kőzettani és geokémiai jellemzői. — *Földtani Közlemény* **136/2**, 201–232.
- WARREN, J. K. 2006: *Evaporites: sediments, resources and hydrocarbons*. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1035 p.
- WARREN, J. K. 2010: Evaporites through time: Tectonic, climatic and eustatic controls in marine and nonmarine deposits. — *Earth-Science Reviews* **98**, 217–268.

Kézirat beérkezett: 2011. 11. 29.