

# Paleokarsztos porozitás (prepleisztocén példák a Dunántúli Középhegységből)

## Paleokarstic Porosity (pre-Pleistocene examples from the Transdanubian Range, Hungary)

*Prof. Dr. Andrea MINDSZENTY*

Eötvös L. Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet,  
Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c,  
andrea.mindszenty@gmail.com

### Abstract

*The paper is a brief review of paleokarst-features occurring in subaerially exposed and afterwards buried shallow marine carbonate sediments potentially serving as hydrocarbon reservoirs. Field-analogues of such reservoirs are briefly described from Mesozoic–Tertiary formations of the Transdanubian Range, Hungary.*

**Keywords:** paleokarst, Mesozoic–Tertiary, field-analogues, Transdanubian Range, Hungary.

**Kulcsszavak:** paleokarszt, terepi analógiák, mezozoós–tercier, Dunántúli-középhegység.

## 1. MIÉRT FONTOSAK A PALEOKARSZT-JELENSÉGEK?

A Föld ismert, de még kiaknázatlan szénhidrogénkészleteinek mintegy 60%-a karbonátos tározókhöz kötődik, amelyeknek porozitása legalább felerészben karsztos folyamatok eredményeként jött létre [27]. Néhány világszerte régóta ismert példa erre: a híres Knox formáció Texasban, vagy a Madison mészkő Wyomingban [7], de említhetnénk akár a kazahsztáni (Turgay-i) telepeket [25], vagy éppen Magyarországon az egykori nagylengyeli szénhidrogén-előfordulás tározóképződményét [18]. Közhely, hogy a karbonátos képződmények tározókapacitásának kialakulása több szakaszban zajló, hosszantartó és komplex, *diagenetikus* és *tektonikai* folyamatok eredménye. Porozitásuk és permeabilitásuk rendkívül heterogén. A karsztos oldódás eredményeként létrejött pórusok és üregek közötti kommunikációt, csaknem mindig, akár többszörösen tektonikus eredetű *repedéses porozitás* biztosítja. Épp ezért az esetek túlnyomó többségében a bennük rejtőző szénhidrogének kinyerhetőségét jellemző produktivitás is nehezen prognosztizálható. Könnyen belátható tehát, hogy az effajta tározók felkutatása és a megtalált készletek kitermelésének optimális megtervezése érdekében jó, ha a rezervoár-mérnököt olyan geológus segíti, aki eligazodik a fentemlített *diagenetikus* és *tektonikai* folyamatok részleteiben. Ezek ismeretében nyílik csak lehetőség az események (porozitás-fejlődés, eltemetődés, szénhidrogén-képződés, migráció) *sorrendjének* felismerésére, ami – tudjuk jól – kulcskérdés a szénhidrogénföldtanban.

Megfelelő, adott esetben szénhidrogén-tárolásra alkalmas, karsztos porozitás kialakulásához többnyire nagy regionális unkonformitásokkal kapcsolatos szárazulati eseményre van szükség. Ahhoz azonban, hogy ez a karsztos porozitás utóbb valóban szénhidrogén rezervoárrá változzék az is kell, hogy a karsztos képződmény valamely nagy üledékes medence történetének részeseként eltemetődjön, s így *a karszt paleokarszttá válhasson!*

Az ilyen jellegű, szénhidrogén telepeket is tartalmazó és sokat tanulmányozott paleokarsztos porozitás iskolapéldája az Egyesült Államok-beli, már említett karbonidőszaki *Madison shelf* tároló-képződménye. Itt az alsó-karbon (Mississippian) végefelé kiemelt és szárazra került selfüledékek karsztosodtak majd a továbbiakban bekövetkező medencesüllyedés révén a felső-karbon (Pennsylvanian) folyamán eltemetődtek [20].

A Madison paleokarszthoz több vonásában is hasonló karsztos/repedéses rezervoárt ismernek *Kazakhstanból*, az Aryskum-depresszió területéről, ahol ugyancsak alsó-karbon karbonátos képződmények keltették fel a területen dolgozó szakemberek figyelmét [5]). Alig 15 év elteltével beigazolódott, hogy a 2000-ben megfogalmazódott gyanú helyes volt, a PetroChina Science and Technology kutatásainak eredményeként a Turgay-medence déli részén jelentős, karsztos/repedéses porozitáshoz köthető mezőt fedeztek fel egy eltemetett egykori magasrög területén [25].

Könnyen belátható, hogy a szénhidrogén-kutatás során összegyűlő általános geológiai, geofizikai, mélyfúrási adatok megfelelő értelmezésében, az eltemetett karbonátos összletek paleokarszt jelenségeinek felismerésében, a szénhidrogének tárolásában betöltött szerepük elemzésében, valamint a termelés optimalizálásának kidolgozásában sokat segíthet, ha felszíni-, terepi analógiákra támaszkodhatunk.

Az előadás ilyen – többnyire, de nem kizárólag - a Dunántúli-középhegységből (DKH) származó, *prepleisztocén* terepi analógiákat mutat be.

## 2. DEFINÍCIÓK, TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. Miért csak a pleisztocénnél idősebb paleokarszt-jelenségekkel foglalkozunk?

Azért szorítokozunk a pleisztocénnél idősebb példákra, mert a(z) - ugyan paleokarszt kategóriába eső, de ennél fiatalabb - karsztjelenségek többsége még ma is kommunikál a jelenlegi karszttal, a paleo és recens attribútumok kívánatos különválasztása azonban esetükben nem mindig egyértelmű és megkövetelné a recens hidrológiai környezet alapos ismeretét – ezt pedig időhiányában most nem tehetjük meg. Akit érdekel, annak ajánlható a Springer gondozásában tavalyelőtt télen megjelent „*Cave and Karst Systems of Hungary*” c. kötet, amely gazdag illusztrációs anyaggal, kimerítően tárgyalja a jelenlegi karsztrendszereket s emellett még egy a *paleokarsztokról* áttekintést adó fejezetet is tartalmaz [24].

### 2.2 Definíciók - Mit is nevezünk paleokarsztnak?

A legegyszerűbb válasz a következő: A paleokarszt olyan karszt, amely NEM a jelenlegi körülmények között keletkezett (eltemetődött, esetleg későbbi folyamatok eredményeként „exhumálódott”). Ez a definíció egyszerűnek tűnik, de nem jó, mert nem fenomenologikus, hanem genetikai. Mindazonáltal általános karsztológiai, ásványtani, geokémiai ismereteink birtokában azért ez is jól lebontható az elemi, tényszerű attribútumok szintjére, melyek alapján felismerhető, sőt akár tanulmányozható.

Létezik azonban egy másik definíció is, amely még egyszerűbb és tényszerű. ESTEBAN és KLAPPA szerint a paleokarszt nem egyéb, mint egy *speciális karbonát-diagenetikus fácies* [6]. Szokták mondani: „paleokarszt az a karszt, amiből vékonycsiszolatot lehet készíteni” (a kioldódást követően kitöltődött, tehát már nem kommunikál recens karsztrendszerrel!) Az oldódás kora sokszor kérdéses. A kitöltöttség terepen jól diagnosztizálható és bár elvileg többé-kevésbé behatárolhatja az oldódás korát, felmerülhet a kérdés: pontosan mikor s vajon egyetlen ütemben töltődött-e ki az üreg/pórus?). A kitöltés lehet oldási maradék, karbonátcement (szpeleotéma), vagy az oldási üregekbe beiszapolódott, mállott talaj-eredetű anyag; tengerpartokon esetleg egyéb üledék. Annak eldöntéséhez, hogy vajon nem valami nagyon fiatal, „sokadlagos” kitöltésről van-e szó, segíthet a megfontolás, mely szerint, ha az összlet korai történetében zajló, biztosan „paleo” kitöltődési eseménye gyanakszunk, akkor – ha gyanúnk igazolható a medencesüllyedés során a kitöltésnek ugyanazon diagenetikus környezetekben kellett tovább alakulnia, mint a befogadó kőzetnek s ezt mikropetrográfiai és geokémiai adatokkal alá lehet támasztani.

Fentiekből az előadás néhány olyan, kifejezetten esztétikai élményt nyújtó példát villant fel, amelyek részben a közép-olaszországi Matese-hegységből [2], részben a Budai-hegyekből [13] származik.

### 2.3. A magyarországi paleokarsztok tanulmányozásának története. Rövid ámde tanulságos áttekintés

E történet *részletei* természetesen meghaladják a jelen előadás kereteit, de annyit megjegyezhetünk, hogy a trianoni Magyarország területén a paleokarszt-kutatás gyakorlatilag egyidős a **bauxit**kutatással. A XX. sz. közepén, amikor az első összefoglalások megjelentek a hazai bauxitlepekekről, a szerzők - VADÁSZ E. valamint G. de WEISSE - számára egyértelmű volt, hogy ezek egykori karsztos lepusztulási térszínhez kötődnek [22], [26]

A pécsi geomorfológus, SZABÓ Pál Zoltán a karsztosodás nyomainak klíma történeti jelentőségét taglaló közleményében hívta fel a figyelmet arra, hogy a karsztbauxitlepek geometriája híven őrzi az egykori karsztformákat [21], így aztán a telepek osztályozása ehhez igazodván, a mai napig „töbörkitöltés”, „mélytöbrös telep” és hasonló megjelöléseket használ az ipari nyersanyagkutatásban.

A **nem-bauxitos paleokarszt jelenségek** felismerésében elsők között említendő KRIVÁN Pál, aki az '50-es évek második felében hívta fel a figyelmet a Budai-hegység-i eocén transzgressziós rétegsor bázisán észlelhető karsztjelenségekre [14]. 1960-ban VÉGH Sándorné gerecei triász monográfiájában találunk olyan leírásokat, amelyek egyértelművé teszik, hogy a peritidális ciklusokból felépülő karbonátos rétegsorokat ismételtlen megszakító, rövid idejű, szárazulati eseményekhez oldódásos (paleokarsztos) jelenségek kapcsolódnak [23]. (Figyelemreméltó, hogy a Szerző az ismétlődő szárazulati epizódokat már akkor (négy évvel Fischer előtt!) megpróbálta asztronómiailag vezérelt tengerszintingadozásokkal magyarázni)

A nem-bauxitos paleokarszt jelenségek diagenezis-szemponútú leírása/feldolgozása akkor vett nagy lendületet, amikor 1988-ban, Springer kiadványként megjelent JAMES és CHOQUETTE szerkesztésében a *Paleokarszt* c. cikkgyűjtemény [10], majd 1989-ben BOSAK szerkesztésében a Nemzetközi Szepeológiai Unió támogatásával egy hasonló című kötet s ebben BÁRDOSSY Gy. és KORDOS L. cikke a magyarországi paleokarsztokról [1]. Az ezek nyomán megjelent hazai szakcikkék száma (1988-2000 között tizenhatsz!) mutatja mennyire pozitív hatása volt e kötetnek (különösen a James & Choquette-féle műnek) a magyarországi paleokarszt-kutatásra. A lendület a mai napig tart, s azért fontos mert a bauxitos paleokarszttal ellentétben, a nem-bauxitos karsztporozitásnak nagyobb az esélye, hogy hosszabb-rövidebb ideig „üresen” marad, azaz eltemetődése kezdeteit „nyitott porozitásként” éli meg (ami záloga a további oldatáramlás/oldódás folytatásának és a későbbi kitöltődésnek).

### 3. OSZTÁLYOZÁS, PÉLDÁK

#### 3.1. Osztályozás

Fenti történeti áttekintést követően már könnyű elfogadni a paleokarszt-jelenségek lehetséges osztályozásának legegyszerűbb változatát, amely a paleokarsztok kutatásának legnevesebb képviselőivel (P.V. WRIGHT, M. ESTEBAN, N. JAMES & P.W. CHOQUETTE) folytatott diskurzusok során fogalmazódott meg s az SEPM 1993.évi, New Orleans-i konferenciájának kiadványában látott napvilágot [7]. A *Bahamai-típusú paleokarsztok* ciklusos felépítésű, sekélytengeri karbonátok intraformacionális diszkonformitásaihoz kötődnek. A szárazulati epizódok időtartama általában 1000 usque 10 000 év, ritkán 100 000 év nagyságrendű. Ezek porozitás-eloszlását a hidrogeológiából jól ismert *Ghyben-Herzberg* féle szigethidrologiai modell elemzése révén érthetjük meg.

Ezzel szemben az *Alpi-típusú paleokarsztok* tektonikusan vezérelt, regionális unkonformitások mentén jelennek meg. A szárazulati körülményekkel jellemezhető *hiatus* időtartama itt akár több 10 millió év is lehet s az eredmény jelentős breccsás, üreges, kavernás, szingenetikus, vagy utólagos folyamatok révén akár törések/repedések által is átjárt porozitás, amelyet - a *karsztvíz-beáramlási pontok* környezetében felszínről behordódó talaj-, v. üledékanyag csökkenthet.- A regionális *karsztvíz-kiáramlási pontok környezetében* - azonban (*mély-freatikus* eredetű oldatokkal való kölcsönhatás eredményeként) hidrotermális, úgynevezett *hipogén karsztjelenségek* (v.ö. KLIMCHOUK 2007 [11]) is előfordulnak. Fontosságukat aláhúzza az a körülmény, hogy jellegükből fakadóan (*kiáramlás!*) ezek kevésbé töltődnek ki felszíni eredetű mállott anyaggal, mint a vadózus zóna oldásos üregei! Tapasztalat szerint ez a fajta karsztos porozitás az eltemetődést követően – legalábbis részlegesen - hosszabb ideig megmaradhat.

#### 3.2. Példák a Dunántúli-középhegységéből

Az előadás mindkét fent részletezett típusra bemutat egy-egy szubrecens ill. recens példát is, valamint a hazai mezozoikumból ugyancsak egyet-egyét:

A **tatai Kálvária-domb** triász összletében a Lofér-ciklusok bázisán az egykori szárazra-kerülést és az ezzel járó felszíni karsztosodást reprezentáló néhány cm amplitudójú egyenetlenségek mutatkoznak, kevés agyagos/paleotalajos kitöltéssel. Az egyenetlenségek intraformacionális diszkonformitáshoz kötődő Bahamai-típusú karsztosodás eredményei. A kitöltés ugyan nem vörös (mint a szubrecens bahamai példa esetében), hanem zöldes-szürke, de ez csupán a relatív rövid idejű szárazulati kitértiséget követő ismételt elöntés során bekövetkező redox-változások eredménye. Van azonban, ugyanitt egy a szokásosnál intenzívebb, láthatólag az egykori sekély-freatikus zónában lezajlott, enigmatikus oldódásra utaló üreg-generáció is, amelyet itt már nem talaj, hanem a platform megfulladása miatt rákövetkező jura rétegsorból beszivárgott pelágikus üledékanyag tölt ki. Ez a kitöltött üreghálózat szépen illusztrálja, milyen jelentős közlekedő porozitása lehetett e képződménynek a fedő jura-rétegsor lerakódása idején!

**Iharkút** a nagy regionális unkonformitáshoz kötődő – bauxittal kitöltött – trópusi paleokarszt eltemetődésének és megőrződésének kréta-időszaki típus-példája. A megőrződött formakincs jól analogizálható a bemutatott recens monszun-trópusi toronykarszt morfológiájával. Ezeket az egykori vadózus zónát képviselő felszíni karsztformákat mindannyian jól ismerjük. Kérdés, hogy vajon a bauxittal kitöltött vadózus mélytöbrök alatt, a freatikus-mélyfreatikus zónában miként folytatódnak a paleo-karsztjelenségek. Hol vannak az ehhez a méretű felszíni karsztosodáshoz kötelező jelleggel hozzátartozó felszínalatti üregek, szepeotémák, vagy akár a kiáramlási pontok környezetében várható travertinók?

Némely bauxittelepünk (pl. Halimba) alatt a hidrogeológiai helyzetet feltárni szándékozó fúrások ugyan harántoltak bauxittal kitöltött felszín alatti üregeket – de ezekben a beiszapolódott, vöröses színét megőrző, bauxitos üledék, meg az uralkodóan vertikálisan orientált oldódási üregek azt jelzik, hogy itt minden bizonnyal még mindig csak a vadózus tartományt látjuk. [16]

Ismerünk azonban a Középhegységben egy furcsa, elsősorban a pretercier képződményekre szorító kalcitos üreg ill. repedéskitöltő fázist, amelyről GYÖRI Orsolya, egykori doktoranduszunk, alapos vizsgálattal kiderítette, hogy az bizony *karsztvízből kivált, szpeleotémának* minősülő képződmény s Sümegtől Tatabányáig és Pilisjászfaluig megtalálható az egész Középhegységben! A tatabányai Keselő-hegyi kőfejtőben pl. barlangméretű üregeket kitöltő cseppkőképződményeket formál [9]. E kalcitok mikropetrográfiai tulajdonságai, folyadékzárványai, valamint izotópgeokémiai adatai egyaránt a karsztvízből való kiválást támasztják alá. A vörös színükért felelős szilárd zárványokról kiderült, hogy bauxitos összetételűek, mutatván, hogy az egykori felszíni karszt felől az akkor még nem konszolidált bauxitanyag, finom szuszpenzióként lejutott a felszínalatti üreghálózatba s az ott kicsapódott, kalcitanyagú szpeleotémákban kvázi „foglyul esett”.

A GYÖRI által rekonstruált történet szerint a nagy regionális unkonformitáshoz kapcsolódó szárazulati felszínről eleinte diffúz beszivárgással lefelé igyekvő csapadékvíz egy idő után a karbonátos kőzettömeget átszelő repedésekre koncentrálódott, azokat tágította (az üreges porozitást növelte!) s a mindenkori karsztvíz-szinhez igazodó epifreatikus zónákban akár jelentős méretű oldott üregeket (közlekedő porozitást) alakíthatott ki [8], [9].

#### 4. KITEKINTÉS: A DUNÁNTÚLI-KÖZÉPHEGYSÉG PALEO KARSZTJÁNAK KONTINUITÁSA (?)

A fentebb már említett halimbai kréta/paleocén unkonformitáshoz kötődő paleokarszt jelenségek formakincsüket tekintve nagyon hasonlóak a Madison paleokarszthoz. Jelen állapotában ez a Halimbai-medencéből ismert paleokarszt a Dunántúli-középhegységben ugyan nem tárol szénhidrogéneket, de mint felszíni ill. -felszínközeli paleokarszt-rendszer, kitűnő terepi analógiát kínál a paleokarszt-jelenségek részleteinek jobb megismeréséhez. Tanulmányozása számos érdekes, az érintett terület fejlődéstörténete szempontjából kifejezetten izgalmas, máig nyitott kérdést vetett fel.

Ezek közül az egyik legizgalmasabb a következő. A vadózus zónában észlelt jelenségek alapján jó okunk van feltételezni, hogy a hosszan tartó krétaidőszaki szárazulati esemény során (amikor a bauxittelepek keletkezése egyértelműen humid trópusi éghajlatot igazol). kialakulhatott egy bőséges beáramlással jellemzett felszínalatti karsztvízrendszer. Ehhez jó lenne megtalálni a hozzá tartozó egykori regionális kiáramlási helyeket, amelyekhez (a Dunántúli-középhegység recens karsztvízrendszerének analógiájára elvileg akár travertínók is tartozhatnának. Ilyenekről azonban a jelenleg ismert krétaidőszaki rétegsorokban nem tudunk. Ha választ akarunk kapni a „miért?” -re, akkor érdemes emlékezetünkbe idézni a jelenkori tengeralatti édesvíz kiáramlások („*submarin freshwater discharge*”, MANNHEIM 1967) jelenségét [15] és célszerűen a nagy regionális karszteseményekkel többé-kevésbé egyidős sekélytengeri karbonátüledékek (pl. krétaidőszaki Rudistás foltzónyok) korai diagenetikus jegyeire koncentrálni.

CSOMA (1998) munkája nyomán a katódluminoszkóppal kombinált részletes mikropetrográfiai –és geokémiai vizsgálati eredmények, valamint a fluidzárvány-adatok egyértelműen kimutatták a kréta zátonymészkövekben a korai cement-fázisok meteorikus! eredetét [3], [4]. Ezek szerint tehát *voltak* regionális kiáramlási pontok, de közülük, mára, csak a tengeralatti édesvíz-kiáramlások nyomai maradtak meg!

Kellő elszántsággal és sok aprólékos munkával tehát a DKH kréta-koratercier paleokarsztjának nyomai alapján kimondható, hogy e kora-tercier paleokarszt tulajdonképpen teljes kontinuitásában létezett!

Azt a típusú szárazföldi felszíni hipogén paleokarsztot, amelyet a *mai* karsztrendszer hévforrásokat és travertínó-lerakódásokat eredményező jelenségeivel lehetne analogizálni, egyelőre nem ismerjük. Nem is biztos, hogy van ilyen, hiszen a Pannon medence jelenlegi hőfluxusáért felelős vékony kéreg helyett a mai eszmefuttatásunk fókuszában lévő terület a *kréta/tercier idején* (az eoalpi szerkezetalakulási fázis kompressziós hatása miatt) épp ellenkezőleg, *anomálishan vastag kéreggel* rendelkezhetett. Azért persze keresni lehet, sőt érdemes lenne a *paleohipogén zóna* esetleges jegyei után kutatni – ez azonban már a korukat tekintve kevésbé „paleo” karsztkutatók feladata kell legyen...

#### Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom olasz kollégáimnak B.D'ARGENIO, L.SIMONE és G.CARANNANTE professzoroknak, akik sok évvel ezelőtt, a Nápolyi Egyetemen és a Matese-hegységben bevezettek a paleokarsztok kutatásának titkaiba, továbbá egykori PhD-hallgatóimnak CSOMA Anitának, POROS Zsófiának és GYÖRI Orsolyának akikkel a hazai paleokarszt-jelenségeket tanulmányoztuk. Külön köszönet illeti az ELTE Ált. és Alk. Földtani tanszéke hidrogeológus csapatát és vezetőjüket MÁDLNÉ SZÖNYI Judit professzor asszonyt, akiktől sokat tanultam s akik mindig készen álltak recens karszthidrologiai ismereteik alapján megmagyarázni nekem azt, amit *kizárólag* a paleokarsztok vizsgálata alapján nem tudtam volna megfejtetni.

## IRODALOM

- [1.] BÁRDOSSY G., KORDOS, L., 1989: Paleokarst of Hungary. in: BOSAK P. (szerk.): *Paleokarst – A systematic and regional review*, Academia Prague & Elsevier, Amsterdam, 137–154
- [2.] CARANNANTE, G., D'ARGENIO, B., FERRERI, V., SIMONE, L., 1987: Cretaceous paleokarst of the Campania Apennines: from early diagenetic to late filling stages. A case history, *Rend. Soc. Geol. It.*, **9** (1986), 251–256.
- [3.] CSOMA A., 1998: *A Környei Mészke Formáció diagenézis szempontú vizsgálata*, MSc értekezés Alk. Földtani Tszk. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest.
- [4.] CSOMA A.É., GOLDSTEIN, R.H., MINDSZENTY A., SIMONE L., 2004: Diagenetic salinity cycles and sea-level along a major subaerial unconformity, Monte Campo Sauro, Italy, *Journal of Sediment Research*, **74**(6), 889–903.
- [5.] EFFIMOFF, I., 2000: Future hydrocarbon potential of Kazakhstan. in: 2nd Wallace E. Pratt Conference (AAPG) „Petroleum Provinces of the 21st Century” January 12-15, 2000, San Diego, California, AEÁ.
- [6.] ESTEBAN M., KLAPPA, C. 1983: Subaerial exposure environment. *AAPG Memoir*, **33**, 1–54.
- [7.] FRITZ, R.D., WILSON, J.L., YUREVICZ, D.A., 1993: Paleokarst related hydrocarbon reservoirs, *SEPM Core Workshop* No.18, New Orleans, April 25, 1993, 269 p.
- [8.] GYÓRI O., ORBÁN R., MINDSZENTY A., FODOR L., ERŐSS A., BENKÓ ZS., MOLNÁR F., 2014: Red calcite: an indicator of paleo-karst systems associated with bauxitic unconformities, *GEOFLUIDS*, **14**/4, doi: 10.1111/gfl.12088.
- [9.] GYÓRI, O., 2014: *Paleofluidum áramlási események nyomozása Dunántúli-középhegység-i mezozoós karbonátokban*. Doktori értekezés. Ált. és Alk.Földtani Tanszék, ELTE Budapest.
- [10.] JAMES, N.P., CHOQUETTE, P.W., 1988: Paleokarst, 416 p. Springer Verlag, New York.
- [11.] KLIMCHOUK, A.B., 2007: Hypogene Speleogenesis: Hydrogeological and Morphogenetic Perspective, *Spec.Paper No.1.* National Cave and Karst Research Institute, 106 p, Carlsbad.
- [12.] KORPÁS, L., 1989: Paleokarst studies in Hungary. *Occasional papers of the Geol.Inst. of Hungary*, **195**, 139 p.
- [13.] KÓSA G., MINDSZENTY A., MOHAI R., 2003: Roncskarszt térszínre progradáló eocén törmelékkúp Budakeszin. *Földtani Közlöny*, **133** (2), 271–285.
- [14.] KRIVÁN, P. 1959: Mezozoós karsztosodási és karsztlefedődési szakaszok, alsóbartoni sziklásparti jelenségek a Budai-hegységben. A szubgreszió fogalma, *Földtani Közlöny*, **89** (4), 393–401.
- [15.] MANNHEIM, F.T., 1967: Evidence for submarine discharge of water on the Atlantic continental slope of the southern United States and suggestions for further research, *New York Academy of Science, Transactions*, **29**, 839–853.
- [16.] MINDSZENTY A, CSOMA A, TÖRÖK ÁKOS, HIPS, K, HERTELENDI E, 2000: Flexura jellegű előtéri deformációhoz köthető karsztbauxitszintek a Dunántúli-középhegységben, *Földtani Közlöny*, **131**(1-2), 107–152.
- [17.] MINDSZENTY A., SEBE, K., 2022: Paleokarst in Hungary, in: VERESS & LEÉL-ŐSSY: *Cave and Karst Systems of Hungary*, Springer Verlag, 117–136.
- [18.] PAPP S., 1939: A Magyar-Amerikai Olajipari Részvénytársaság földiolaj és földgáz kutatásai a Dunántúlon. *Bányászati és Kohászati Lapok*, **LXXII**, **9**, 200–241.
- [19.] POROS, ZS., MINDSZENTY A., MOLNÁR F., PIRONON, J., GYÓRI O., RONCHI P., SZEKERES Z., 2012: Imprints of hydrocarbon bearing fluids on a karst system: mineralogical and fluid inclusion studies from the Buda Hills, Hungary. *Intern.Journ.EarthSci. (Geol.Rdsch)*, **101**, 429–452.
- [20.] SANDO, W.J. 1988: Madison Limestone (Mississippian) Paleokarst: A Geologic Synthesis. 306-328 In: JAMES, N.P. AND CHOQUETTE, P.W. (Eds.): *Paleokarst.*, Springer Verlag, 416 p., New York.
- [21.] SZABÓ P.Z., 1957: *A karszt mint klimatikus morfológiai probléma*. Dunántúli Tudományos Gyűjtemény 15., 1–24, Pécs.
- [22.] VADÁSZ, E., 1946: A magyar bauxit előfordulások földtani alkata. *MÁFI Évkönyv*, **37**, 173–286.
- [23.] VÉGH-NEUBRANDT E., 1960: A Gerecse-hegység felsőtriász képződményeinek üledékföldtani vizsgálata (in Hungarian and German), *Geologica Hungarica, Ser. Geol.* **tom.12A**, 130 p.
- [24.] VERESS M., LEÉL-ŐSSY SZ., 2022: *Cave and Karst Systems of Hungary*, Springer Verlag, 629 p.
- [25.] WANG, J., ZHAO, L., ZHANG, X., YANG, Z., CAO, H., CHEN, L., SHAN, F., LIU, M., 2015: Buried hill karst reservoirs and their controls on productivity. *Petroleum Exploration and Development*, **42**(6), 852–860.
- [26.] WEISSE, DE J-G, 1948: Le bauxites de l'Europe Centrale Province Dinarique et Hongrie, *Mém. de la Sc. Vaudoise des Sci.Naturelles*, **9**(1), 58.
- [27.] WAYNE, M. A., 2008: *Geology of Carbonate Reservoirs*, John Wiley & Sons, 270 p, AEÁ.

[