# FOLIA MUSEI HISTORICO-NATURALIS BAKONYIENSIS A BAKONYI TERMÉSZETTUDOMÁNYI MÚZEUM KÖZLEMÉNYEI Zirc, 20. (2001–2003); 7–46.

# ADALÉKOK A HOMOKKŐ ANYAGÚ KŐTENGEREK (KÁLI-MEDENCE) PSZEUDOKARRJAINAK MORFOGENETIKÁJÁHOZ

# VERESS MÁRTON

## Berzsenyi Dániel Főiskola, Szombathely

Abstract: Data the morphogenetic of pseudokarren of the sandstone field in the Kali-basin – We have investigated pseudokarren on the sandstones of the Káli-basin (Balaton-Uplands). The solution of the sandstone (and thus the development of pseudokarren forms) is related to the fact that the rock contains amorphous silica. We focused on the development of the kamenitzas. For example we noticed that the development of the different shapes and the dimensions of kamenitzas depend on permeability, i.e. on the grain size of the sandstone.

# 1. Bevezetés

Nem karbonátos kőzeteken – grániton, gneiszen, homokkövön – kialakult karrokat először CVIJIÉ (1924) említ. Tagadja azonban, hogy ilyen formák gipszen, vagy kősón előfordulnának. BöGLI (1960) már pszeudokarroknak nevezi a grániton, gipszen, homokkövön, bazalton kialakuló karros formákat. Megemlítjük, hogy ANELLI (1973) paraés pszeudokarsztot különít el. Az előző csoportba azok a formák (és így karrok) tartoznak, amelyek nem mészkövön, de oldódás hatására alakulnak ki, az utóbbiba azok, amelyek nem oldódás során képződnek. Mi alább az általánosabban elterjedt pszeudokarszt és pszeudokarr elnevezést fogjuk használni. A különböző kőzeteken kialakult pszeudokarrokat számos szerző tanulmányozta. Így RASMUSSON (1959), KLAER (1956) gránit, ANDRFICHUK – ERASO (1996), MACALUSO – SAURO (1996) só, CALAFORA (1996) gipsz, BULLA (1954), ROBINSON – WILLIANS (1992) homokkövek pszeudokarrjait vizsgálta.

E kőzetekről változatos pszeudokarros formákat írtak le: így pl. madáritatókat gránitról (HEDGES 1969, DZULYNSKI – KOTARBA 1979), homokkőről fodrokat (DYGA et al. 1976), madáritatókat, rinneket és különböző típusú homokkőpoligonokat (ROBINSON – WILLIAMS 1992), rinnekhez hasonló képződményeket és kürtőket bazaltról (BARTRUM – MASON 1948), kvarcitról rinneket, hasadékokat, labirintkarsztot (WHITE et al. 1966, MARKER 1976, WHITE 1988, BROOK – FEENEY 1996), valamint kősóról és gipszről kisméretű formák sorát, pl. mikrorilleket és mikromeanderkarrokat (SZABLYÁR 1981, MACALUSO – SAURO 1996). Nagyméretű, tehát pszeudokarsztos oldódásos eredetű formákat (pl. aknákat) említenek homokkőről (SZCZERBEN – URBANI 1974, DYGA et al. 1976). Szilikáttartalmú cseppköveket

is kimutattak (SIEGEL et al. 1968), ami a Si oldatban történő szállítására utal. Valószínűleg ugyancsak pszeudokarros formáknak tekinthetők a főleg grániton, de homokkövön is kialakuló, több méteres szélességet és mélységet elérő medencék (madáritatók?), amelyek kisebb változatát "pit"-nek, nagyobb változatát "slump"-nak nevezik (GOUDIE – MIGÓN 1997). Kialakulásukra magyarázatként a biogén hatást, a deflációt és az oldódást említik. A roraimai terület (DK-Venezuela) egyik homokkőben kialakult barlangjában is kimutattak oldásos (karros?) formákat (COLVEÉ 1973).

# 2. A Káli-medence pszeudokarrja

E munkában a Káli-medence (1. ábra) kőtengereinek (szentbékkállai, salföldi, kővágóörsi és szentimrei) pszeudokarros formakincsét vizsgáljuk (2. ábra). A kőtengerek homokkőtömbjeinek formáit elsőként BULLA (1954) említi.

## 2. 1. A Káli-medence kőtengereinek földtani és morfológiai jellemzői

A Balaton-felvidéken az ún. Kállai Formáció pannóniai korú képződményeinek több változata is elkülöníthető (BUDAI-CSILLAG 1999): így a Káli-medencében az ún. "kvarchomok", a Keszthelyi-hegység peremi részeinek pirites, markazitos kötőanyagú homokköve, valamint a Káli-medence kőtengeres kifejlődésű amorf kova kötőanyagú homokköve (Kállai Kavics Formáció). A kőtenger anyagának kémiai összetételét először EMSZT (1911) vizsgálta. Adatai szerint a kőzet felépítése az alábbi: SiO<sub>2</sub> (97,77 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,91 %), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,14%), Na<sub>2</sub>O (0,36 %) K<sub>2</sub>O (nyomokban), H<sub>2</sub>O (0,41%).



1. ábra: A Káli-medence elhelyezkedése a Balaton-felvidéken



2. ábra: A Káli-medence kőtengerei

Jelmagyarázat: I. Szentbékkállai-kőtenger II. Szentimrei-kőtenger III. Salföldi-kőtenger IV. Kővágóörsi-kőtenger 1. Homokkő 2. Homokkő, finom- vagy közepes szemcséjű konglomerátumos lencsés betelepülésekkel 3. Konglomerátumos homokkő közepes szemcséjű konglomerátumos betelepülésekkel 4. Homokkő és közepes szemcséjű konglomerátum

- 5. Homokkő, finom- és közepes szemcséjű konglomerátum-rétegekkel 6. Magaslaton szálkőzet, nagy kőtömbökkel, amelyek nagymértékben exhumálódtak 7. Magaslaton közepes kőtömbök, amelyek nagymértékben exhumálódtak 8. Magaslaton nagy tömbök, amelyek kismértékben exhumálódtak
- Magaslaton kis tömbök, amelyek kismértékben exhumálódtak 10. Alacsonyabb térszínen kicsi és közepes kőtömbök, amelyek kismértékben exhumálódtak 11. Bányában homokkő tömbök
   12. Nem homokkő anyagú magaslat 13. Medencealjzat 14. Vízfolyás 15. Tó 16. Út

LÓCZY (1913) és CHOLNOKY (1929) szerint a kőtengereket hordozó hátak a pannóniai tenger egykori turzásai, amelyek a pliocénben száraz éghajlaton deflációval kipreparálódtak. BULLA (1954) a homok összecementálódását homokkővé hidrotermális hatással magyarázza. GyőRFFY (1957) szerint az összecementálás magas hőmérsékletű vízből és vízgőzből (fumarola és hidroterma) kicsapódott kovasav hatására következett be. A hőhatást bizonyítja szerinte a szögletes homokszemcsék átkristályosodása. Ezt a hőhatást az anyagvizsgálatok (ld. alább) is megerősítették (KALMÁR 2000). A cementációt azonban más folyamatok is okozhatták. Így a sós- és édesvíz keveredésekor is kicsapódhat kova (BALOGH 1992). A Fontainebleau-i Homokkő esetében (amelynek kifejlődése nagymértékben hasonlít a medence kőtengereinek kőzeteire) THIRY et al. (1988) szerint a

cementáció arra vezethető vissza, hogy a kova a beszivárgó vizek hatására felszínközelben ill. a freatikus szintben oldódik, majd a helyi erózióbázis szintjében kicsapódik.

BULLA (1954) szerint a kőzet a pleisztocénben fagyhatásra kőtömbökre különült. GYŐRFFY (1957) szerint a feldarabolódott kőtömbök – miután környezetük laza üledékeit a defláció és a pluviális erózió elszállította – eredeti helyzetükből tömegmozgások során kibillentek, ill. kimozdultak. Valószínűnek tartjuk, hogy a homok teljes mértékben csak helyenként cementálódott össze. Ezt az is bizonyítja, hogy a salföldi kvarchomokbánya területén a homokban – különösen annak felső részén, a lösz alatt – kisebb-nagyobb, esetleg utólag feldarabolódott homokkőtömbök fordulnak elő. Amikor közülük a *"kitöltő anyag"* kiszállítódott, kibillentek, ill. kimozdultak credeti helyzetükből.

A kőzet szálkőzet formájában csak a Szentbékkállai-kőtenger egyik részén fordul elő. E kőtenger homokköve egyébként nagyobb, jól rétegzett, jobban kitakaródott tömböket képez, míg a Salföldi-kőtenger területén rétegzetlen, kisebb méretű, kevésbé kitakaródott kőtömbök a jellemzőek. A Szentimrei-kőtenger területén – amely a szentbékkállai folytatása – a kőtömbök nem csak magaslatokon fordulnak elő. A magaslatok között a kőtömbök ritkábbak. A Kővágóörsi-kőtenger területén a kőtömbök viszonylag nagyok és ugyancsak jobban kitakartak.

A kőtengerek kőtömbjeinek kőzetanyaga változatos szemcseméretű. A homokkövekben réteges, ill. lencsés betelepülésben különböző szemcsenagyságú, cementált kavicsos összletek fordulnak elő. A kavicsok átmérője a 60 mm-t nem haladja meg. A homokkő mellett különböző konglomerátumok különíthetők el: finom szemcséjű konglomerátum, amely uralkodóan 2-10 mm szemcseátmérőjű kavicsot tartalmaz, közepes szemcséjű konglomerátum, amely uralkodóan 10 mm feletti kavicsból épül fel. Ezek mellett elkülöníthető még konglomerátumos homokkő, amelyben uralkodónak tekinthető a 2 mm alatti szemcséjű homok és ezen túlmenően finom-közepes szemcséjű konglomerátum, amely elsősorban 2-10 mm átmérőjű kavicsot tartalmaz, de emellett vannak még benne 10 mm-nél nagyobb átmérőjű kavicsok is. A Szentbékkállai-kőtenger területén a legelterjedtebb a finom szemcséjű konglomerátum, legkevésbé elterjedt a közepes szemcséjű. Utóbbi többnyire foltokban a finom szemcséjű konglomerátum és homokkőrétegek közé települve fordul elő. Itt a különböző anyagú rétegek vastagsága 5-10 - 40-50 cm között váltakozik. Ahol a homokkő szálban álló, a rétegek dőlésiránya 180°, dőlésszöge 5-20° közötti. A kőtömbök rétegeinek dőlésszöge a tömbök kibillent helyzetének megfelelően 0-90° között bármilyen értéket felvehet. Előfordul, hogy a kőtömbök felszínét nem réteglap, hanem rétegfejek sorozata alkotja. Hasonlóképpen változatos szemcseátmérő jellemzi a Kővágóörsi-kőtenger kőtömbjeit, míg a Szentimrei-kőtenger területén uralkodóan a kőtömböket homokkő alkotja. Csak néhány részletén (pl. 2/a, 2/b, 2/g jelű) jelenik meg a finom szemcséjű konglomerátum akkor is kis kiterjedésű lencsés, vagy tömbös betelepülés formájában. A Salföldi-kőtenger kőtömbjeit homokkő alkotja.

## 2. 2. A homokkő oldódása és az oldódást befolyásoló tényezők

Az amorf kova kötőanyagú homokkő oldódása (pusztulása) az alábbi módon történhet (Az amorf kova jelenlétére nem csak az irodalmi adatok utalnak, hanem ki is mutattuk, ld. a 3. 1. fejezetet.):

– Feltételezzük, hogy az amorf kova cementáló anyaga feloldódik, az összecementált kőzet kristályos anyagú szemcsékre esik. Hasonló jelenség játszódik le, mint dolomiton (JAKUCS 1971, VERESS–SZABÓ 2000), vagy zöldpalán (VERESS et al. 1998). A felszín azonban csak akkor pusztul, ha az oldott anyagot a lefolyó vagy kőzetbe szivárgó víz elszállítja. – Az elkülönült szemcsék mérete oldódás hatására csökken. CHALCRAFT–PYE (1984) ugyanis elektronmikroszkóppal a kristályos kvarc nagyon lassú oldódását is kimutatta. A maradék szemcsék tovább aprózódnak (fagy, inszoláció hatására), majd a fentebb felsorolt módokon, ill. leöblítéssel és a szél által elszállítódhatnak.

Az oldódás az alábbi tényezőktől függ:

– A homokkő kvarcanyaga lehet amorf vagy kristályos. A **3. ábrán** látható, hogy az amorf kova oldódási sebessége akár százszorosa is lehet a kristályosénak (SIFFERT 1962).

– A kristályos kvarc amorf kovává alakulhat, így a kőzet oldódása felgyorsul. Erre azonban csak trópusi éghajlaton lehet számítani (WHITE 1988).

– Az amorf kova oldhatósága (SIFFERT 1962, KENNEDY 1950, WHITE et al. 1956, MOREY et al. 1962, 1964) függ az oldat hőmérsékletétől (4., 5. ábrák), a pH-tól (6. ábra), az oldódás időtartamától (7. ábra). Az amorf kova – amely Si-O-Si kötésű polimer vegyület – oldódása során a OH-ionok megbontják a lánc kötéseit, miáltal rövidebb lánctöredékek keletkeznek. Ez utóbbiak kerülnek a vízbe. Valószínűleg alacsonyabb pH mellett, illetve az oldatás kezdetén még nagyobb kiterjedésű és súlyú molekuláris kovasav keletkezik, amely ezért gyorsabban visszaülepedhet. Hosszabb idejű oldatásnál, ill. 8,5 pH-tól már szilikátionok keletkeznek, amelyek kolloidként tartósabb ideig maradnak a vízben (6. ábra). A víz pH-ját feltehetően bizonyos növényféleségek – bár erre vonatkozó vizsgálati adatokkal nem rendelkezünk – számottevően megnövelhetik. Így a növényzettel és talajjal borítottság áttételesen hatással lehet az oldódásra.

– A feloldható anyag mennyiségét befolyásolja a vízmennyiség és az oldódás időtartama. Az előbbi a csapadék jellegétől, intenzitásától, a párolgástól, a talajtól és a növényzettől, valamint a kőtömb felszínének nagyságától függ. Az oldódás időtartama több hét is lehet, ami a már kialakult pszeudokarros formától, ill. alakjától (ha az lefolyástalan vízcsapdaként funkcionál), továbbá a párolgástól függ. Az oldódás időtartamát a kőtömb dőlése és a kőzet vízvezető képessége szabja meg. A felszíni vízelfolyás sebességét a kőtömb dőlése határozza meg (túlfolyás). Kisebb dőlés esetén a lassúbb vízmozgás következtében az oldódás hatékonyabb, miután az ilyen kőtömbökön hosszabb ideig tart.



3. ábra: A SiO<sub>2</sub> kristályos és amorf változatainak oldódása az idő függvényében Jelmagyarázat: I. Kvarc II. Krisztobalit III. Opál IV. Amorf kovasav (SIFFERT 1962)



 4. ábra: Néhány kovasavfajta oldódásának összehasonlítása (WHITE et al. 1956)



 5. ábra: Amorf kova és kristályos kvarc oldódása a hőmérséklet függvényében (WHITE 1988 és mások után)
 Jelmagyarázat: •S Kísérleti eredmények alapján (SIEVER 1962 után)
 MFR: MOREY et al. (1962, 1964 után),
 K: Amorf kuya kialdédéi azakéri (KBAUSKOBE 1056 után)





6. ábra: A kovasav oldhatósága a pH függvényében (SIFFERT 1962)



7. ábra: Amorf kovasav oldódása az idő függvényében. I. "Actigel" II. Porított amorf kovasav 20 °C-on III. Amorf kovasav 250 °C-on vízben, nyomás alatt (SIFFERT 1962)

#### 2. 3. A kőtengerek főbb pszeudokarros (pszeudokarsztos) formái

## A medence kőtengereinek pszeudokarros formáit az I. táblázat mutatja.

I. táblázat (Table I.): A Káli-medence kö	őtengereinek pszeudokarros (pszeudokarsztos) for	rmái
Pseudokarren (pseudokarst)	) forms of the bock field of the Káli-Basin	

pszeudokarros pszeudokarsztos forma	Szentbékkállai- kőtenger			Szent	Salföldi- kőtenger	Kővágóőrsi- kőtenger					
		II/a	ll/b	II/c	ll/d	II/g	ll/e	H/h		IVa	IVb
lankás oldalú madáritató	+(3)	+(2)	+(2)	+(1)	(+1)	+(2)	+(1)	+(1)	+(3)	+(3)	+(1)
függőleges oldalú madáritató	+(3)	-	-	-	-	-	-	-	+(2)	+(2)	-
uvala madáritató	+(2)	-	-	-	-	-	-	-	-	+(2)	-
összetett madáritató	+(2)	-	-	-	-	-	-	-	-	+(1)	-
kürtő	-	-	-	-	-	-	-	-	+(3)	+(2)	-
kürtő uvala	-	-	-	-	-	-	-	-	+(2)	-	-
összetett kürtő	-	-	-	-	-	-	-	-	+(2)	-	•
vályú	-	+(1)	-	-	-	-	+(1)	-	+(2)	+(1)	-
homokkő poligon	+(1)	+(2)	-	-	-	-	-	-	-	+(1)	-
lépcső	+(1)	-	-	-	-	+(2)	-	-	-	-	-
hasadék	+(2)	-	-	+(1)	-	-	+(1)	-	-	-	-
gyűszű karr	-	+(2)	-	-	-	-	-	+(1)	+(2)	-	-
kezdetleges saroknyom	-		-	-	-	+(1)	-	+(1)	•	-	+(1)
tanúhegy	$\cdot$ (1)	-	-		-	-	+(1)	-	-	+(3)	-
sziklahíd	-	-	-	-	-	-	-	-	+(1)	+(1)	-
síkká leoldott kisse hullámos felszín	+(2)	-	-	-	-	-	+(2)	-	-	+(2)	+(1)
színlő	+(3)	-	-	-	+(2)	+(1)	-	-	+(1)	+(2)	-
zseb	+(2)	-	-	-	-	+(2)	-	+(1)	+(2)	+(1)	-
tafoni	+(2)	+(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
barlang	+(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Megjegyzés: 1. a forma előfordulása egyedi, 2. a forma előfordulása gyakori, 3. a forma előfordulása uralkodó (becsléssel)

Remark: 1. sporadic occurence, 2. common occurence, 3. forms pridominate (estimated)

A madáritatók a leggyakoribb pszeudokarros formák. Egyszerűek (1., 2. kép) és összetettek (3. kép) különíthetők el. Az egyszerűek felülnézetben kör vagy megnyúlt alakúak. Ez utóbbiak gyakran törések mentén vagy réteghatárokon képződtek. E formákhoz gyakran vályúk vezetnek (1. kép). Gyakori, hogy peremük hullámos lefutású, miáltal keskenyebb és szélesebb részekre különülnek (4. kép). Ha réteghatáron képződnek, egyik oldallejtőjük (amelyik a jobban oldódó rétegben képződött) függőleges vagy aláhajló falú (5. kép). Az aljzat lehet sík, ekkor homokkőben mélyül. A kör alaprajzú madáritatók oldalnézetben változatos alakúak. Közöttük gyakoriak a lankás oldalú, kis mélységű, sík aljzatú (2. kép) formák.

A madáritatók össze is oldódhatnak (uvala madáritató). Leggyakoribbak a kettősen összetett madáritatók, belsejükben alacsony lekerekített küszöbökkel (4. kép). Az összetett madáritatók lehetnek egyszerűen összetettek (6. kép), amikor a nagyobb belsejében egy kisebb helyezkedik el, és többszörösen összetettek (8. ábra, 7. kép). Ez utóbbi forma részmélyedésekre különül, a madáritató belsejében további kisebb kiemelkedések és oldódásból visszamaradt küszöbök (4. kép), karros "tanúhegyek" fordulhatnak elő (7. kép).

A kürtők a Salföldi-kőtenger homokkövén fejlődtek ki (8. kép). Előfordulhatnak közöttük egyszerűek (9. kép), uvalás jellegűek (több kürtő összenőtt), illetve összetettek (a kürtő talpa kisebb kürtőkkel tagolt – 10. kép).

A vályúk lejtős homokkőtömb felszíneken alakulnak ki. Hosszúságuk 10-20 cm-től 1-2 m-ig terjedhet, míg szélességük 1-2 cm-től 10-15 cm-ig, mélységük legfeljebb 10 cm.

Előfordulnak közöttük egyenesek és kanyargós lefutásúak. Madáritatókhoz kapcsolódnak vagy e formáktól indulva (túlfolyási vályúk) a hordozó kőtömb pereméig vezetnek (**2. kép**). Törés mentén alakultak ki, keresztmetszetük igen változatos lehet. A tipikus, mészkövön kialakult rinnek és rillek között mintegy átmenetet képeznek.

A homokkőpoligonok kis szélességű és mélységű (1-2 cm) egymáshoz kapcsolódó (esetenként keresztező) egyenes vagy íves formák (11. kép). Az egymásba kapcsolódás eredményeként kialakult rajzolatok jellegét nagymértékben meghatározza ezen mélyedések lefutása, hossza és az, hogy hány kapcsolódik egymásba.

A lépcsők (**9., 10. ábra**) dőlt felszínű kőtömbökön eltérő meredekségű 40-50 cm-es szélességű kisebb dőlésű, és 10-15 cm magasságú nagyobb dőlésű felszínrészletek sorozatai. A lépcsőlapokon gyakran fordulnak elő madáritatók.

A hasadékok magányosak és csak ritkán alkotnak hasadékegyütteseket. Szélességük több dm is lehet. A hasadékok többsége valószínűleg a kőzet törései menténi történt oldódással keletkezett.

Gyűszűkarrok 1-2 cm-es átmérőjű és mélységű formák. Gyakran megnyúltak, hosszabbik tengelyük eltér a hordozó térszín lejtésirányától. Elsősorban a Salföldi-kőtenger kőtömbjein (gyakran a madáritatók oldalfalain) fordulnak elő. Gyakoriságuk számottevő lehet (1 m<sup>2</sup>-en gyakran 5-6 db is kifejlődhet).

A Szentimrei-kőtenger néhány részletén kis számban saroknyom vagy saroknyomhoz hasonló formák is előfordulnak. E formák talpi része nagy, sarokrészük alacsony, de meredek. A sarok a mészköves saroknyomokhoz képest kevésbé sima és kevésbé legömbölyített.

Ha a ferde vagy irányt változtató kürtők alsó végükön elérik a kőtömb odalát, felettük sziklahidak jönnek létre.

A karros (pszeudokarros) "tanúhegyek" maradványformák (12. kép). Ott alakulnak ki, ahol a homokkő felületileg oldódik le, vagy ha szomszédos karros formák egymásba nőnek. Előfordulhatnak tagolatlan, vagy alig tagolt homokkő felszínen, vagy mint említettük a főleg nagyobb pszeudokarros formák belsejében (2. kép). A Salföldi-kőtenger kőtömbjein gyakoriak az ún. szegélyhelyzetű karros "tanúhegyek" (11. ábra, 13. kép).

A kőtömbök oldalában az alábbi formák fordulnak elő (ezek bár pszeudokarsztos képződmények, méretük alapján azonban nem mindegyik tekinthető pszeudokarros formának):

színlő (magasságához és mélységéhez képest viszonylag hosszú képződmény);
 előfordulnak közöttük közepes méretűek, gyakran egymás felett több szintben kifejlődve
 (15. kép) és nagyméretűek (16. kép);

– zseb (néhány dm-es nagyságú, inkább horizontális irányban kiterjedtebb forma), a színlő formától nem különül el markánsan (17. kép);

- gömbsüvegszerű forma (18. kép), tafoni (félgömbhöz, gömbsüveghez hasonló mélyedés);

– barlang (a kőzetbe 2 m-nél nagyobb kiterjedésben nyúlik be).

A barlangokat a Szentbékkállai-kőtenger területén ESZTERHÁS (1987) tanulmányozta. Hármat írt le. Szerinte áltektonikus eredetűek, ill. ott alakultak ki, ahol a homokot az összecementáló amorf kova anyag kevésbé járta át, és így a kőzet e helyeken deflációs és egyéb hatásokra nagyobb mértékben pusztulhatott.

Az utóbb felsoroltak közül a zsebet soroljuk a pszeudokarros formákhoz.

Végül megemlítjük, hogy a kőtengerek területén folytatott bányászkodás eredményeként kőtengerrészletek, kőtömbök, ill. egyes formák megsemmisülhettek. Arra is számítani lehet, hogy egyes formák alakja, mérete a bányászat következtében megváltozott, ill. a pszeudokarros formákhoz hasonlóak keletkeztek (pl. fúrólyuk).







8. ábra: Összetett madáritató térképe (a), A–A' szelvénye (b), B–B' szelvénye (c) Jelmagyarázat:
1. Szintvonal, helyi rendszerben 2. Mélyedés
3. Kiemelkedés (karros "tanúhegy") 4. Szelvény helye 5. Homokkő
6. Finom szemcséjű konglomerátum



9. ábra: Egy kőtömb lépcsői
 Jelmagyarázat: 1. Szintvonal (helyi rendszerben)
 2. Madáritató 3. Metszet 4. A kőtömb pereme



10. ábra: A 9. ábrán bemutatott lépcsőegyüttes keresztszelvénye Jelmagyarázat: 1. Finom szemcséjű konglomerátum, 2. Homokkő, 3. Lépcsők, 4. Zsebek



11. ábra: Szegély tanúhegyek kialakulása (Salföldi-kőtenger)
Jelmagyarázat: a. Madáritató alakul ki, amely a lejtésiránnyal ellentétesen növekszik, vizét szélesedű vályúk vezetik el. b. A madáritató növekedése következtében csak a kőtömb felső peremén marad meg az eredeti felszín, alsó része egyenetlenre oldódik, miután a vályúk közötti térszínen lecsonkolódott magaslatok maradnak vissza. 1. Kőtömb 2. A kőtömböt határoló laza üledékes felszín 3. Madáritató 4. Vályú 5. Kőtömb nem lepusztult felső pereme 6. A kőtömb lepusztult része 7. A peremi zóna szegély tanúhegyei 8. A kőtömb alsó részének oldással lecsonkolódott magaslatai 9. Szegély tanúhegyeket elkülönítő oldásos bemélyedés (vályú?)



12. ábra: A Szentbékkállai-kőtenger morfológiai térképe a vizsgálati helyekkel Jelmagyarázat: 1. Törésekkel átjárt, szálban álló kőzet 2. Különálló kőtömbök halmaza, (legalább 4 m kiterjedéssel) 3. Különálló kőtömbök halmaza (legfeljebb 4 m) 4. Repedésekkel, hasadékokkal tagolt szálban álló kőzetfelszín, 0,5 m-el a környezete felett 5. Többnyire kismértékben kibillent kőtömbök halmaza 0,2-1 m-rel a felszín felett 6. Egységesen kifejlődött kőzetfelszín, foltokban talajjal fedve 7. Egységesen kifejlődött kőzetfelszín, talaj-, ill. üledékelborítással, helyenként homokkőelőbukkanásokkal 8. Bányászott felszín 9. Szintvonal 10. Törés, repedés 11. Különböző típusú kőtengerrészletek határa 12. Szelvény a kőtömb oldaláról 13. Szelvény a pszeudokarros formákról 14. Szelvény menti kavicsméret vizsgálat 15. Morfológiai térkép készítésének helye síkrajz felhasználásával 16. Morfológiai térkép készítésének helye műszeres felméréssel 17. Kőzet-mintavételi hely 18. Vízmintavételi hely



 kép: Egyszerű, lapos aljzatú madáritatók: aljzatukon növényzettel, a jobb oldalihoz vályú vezet (Szentbékkálla)



 kép: Egyszerű madáritató túlfolyási vályúval (Szentbékkálla) Jelmagyarázat: 1. Madáritató
 2. Túlfolyási vályú 3. Karros "tanúhegy"



 kép: Aszimmetrikus madáritató (Szentbékkálla)
 Jelmagyarázat: 1. Táplálóvályú 2. Túlfolyási vályú
 Törés 4. Alga bevonat 5. Oldódási maradék



 4. kép: Hullámos peremű uvala madáritató (Szentbékkálla) Jelmagyarázat: 1. Részmadáritatók 2. Küszöbök



5. kép: Összetett madáritató (Szentbékkálla)



6. kép: Összetett uvala madáritató (Szentbékkálla)
Jelmagyarázat: 1. Részmadáritatók
2. Belső madáritatók



7. kép: Többszörösen összetett madáritató (Szentbékkálla)



8. kép: Kürtők a Salföldi-kőtenger egy kőtömbjén



9. kép: Egyszerű kürtő (Salföld)



10. kép: Összetett, uvala kürtő (Salföld)



11. kép: Homokkő-poligon (Szentbékkálla)



12. kép: Pszeudokarros "tanúhegy" (Szentbékkálla)Jelmagyarázat: 1. Tanúhegy 2. Madáritató



13. kép: Szegély "tanúhegy" (Kővágóörs)



14. kép: Lecsonkolódott "tanúhegy" (Kővágóörs)



15. kép: Közepes méretű színlők sora (Szentbékkálla)



16. kép: A 14. ábrán ábrázolt kőtömb nagyméretű színlője, talpán nagyméretű madáritatóval (Jelmagyarázat a 14. ábrán) (Szentbékkálla)



 kép: Zsebek egy kőtömb oldalán (Szentbékkálla)
 Jelmagyarázat: 1. Zseb, 2. Színlő



 kép: A 13. ábrán ábrázolt kőtömb oldalának tafonijai (Jelmagyarázat a 13. ábrán)

# 3. A pszeudokarros formák vizsgálata

A pszeudokarros formákat a Szentbékkállai- (12. ábra) és a Salföldi-kőtengeren vizsgáltuk az alábbi módszerekkel:

- anyagvizsgálatok

- oldhatósági vizsgálatok

- oldatvizsgálatok

- két kőtömb oldaláról szelvények készítése

térképezés

- a kavicsok méretének vizsgálata szelvény mentén

- fajlagos kioldódás (pszeudokarros formáknak a szelvény 1 méterére átlagosan számított össz-szélessége), a forma sűrűsége (a pszeudokarros formáknak a szelvény 1 méterére számított átlagos száma)

- a pszeudokarros formák morfometriai vizsgálata.

#### 3.1. Anyagvizsgálatok

A kőzet ásványos összetételét 3 (2 salföldi, 1 szentbékkállai) mintán határoztattuk meg (II. táblázat). A mintaelemzéseket KALMÁR (2000) röntgendiffrakciós és vékonycsiszolatos mikroszkópos módszerrel végezte el. Az amorf kova mindhárom mintában kimutatható. (A kova mellett cementáló anyagként a limonit is előfordul. A cementátó anyag kimutatása most történt meg először.) Mennyisége egy kürtő környezetéből kiemelt mintában (2000/10/23/1) a legnagyobb (5 %, II. táblázat). A magas amorf kovatartalom tehát kedvez a kürtőképződésnek. Figyelemre méltó az is, hogy bár a 2000/10/23/6 mintán az oldatás során (ld. alább) súlyveszteséget nem tapasztaltunk, ennek ellenére kimutatható a mintában az amorf kova. Ez arra utal, hogy a kőzet még igen magas pH esetén sem oldódik minden esetben. Bizonyára az oldás annál nagyobb valószínűséggel következik be, minél hosszabb az oldatási idő. Továbbá az amorf kova oldódása attól is függhet, hogy a kőzetmintában hogyan oszlik el, ill. annak felszínéhez képest hol dúsul fel nagyobb mértékben. A mikroszkópos vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a minták homokszemcséinek egy része részleges metamorfózist mutat, ami erőteljes hőhatásra (meleg vizes) utal.

#### 3. 2. Oldhatósági vizsgálatok

7 helyről (3 mintát Salföldről, 4 mintát Szentbékkálláról) vettünk kőzetmintákat (III. táblázat). Oldhatóságukat Deák Gy. végezte el (BDF, Kémia Tanszék). A mintákat 0,1 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú NaOH-oldatban (pH=13) tartotta 15 napon keresztül. Mérte a minták súlyát az oldatási időszak kezdetén és végén. A súlycsökkenését %-ban is megadta. Megállapítható, hogy a Salföldi-kőtenger területéről származó mintáknál nagyobb a súlyveszteség, mint a Szentbékkállai-kőtenger mintáinál. Ezt a Salföldikőtenger homokkövének nagyobb (legalábbis a mintavételi helyeken) amorf kova mennyiségével magyarázzuk. Ugyanakkor a salföldi minták eltérő %-os súlyvesztesége jelzi, hogy az amorf kovaanyag igen változatos eloszlású lehet a kőzetben. Ez valószínűleg arra vezethető vissza, hogy a forró vizes oldatok a kőzetet eltérő mértékben járták át, illetve a kicsapódás a kőzet különböző részein eltérő lehetett.

ŧ

II. táblázat (Table II.): Néhány szentbékkállai és salföldi homokkőminta ásványos összetétele röntgendiffrakciós módszer felhasználásával (a mintavételi helyeket ld. a III. táblázatban és a 12. ábrán) The mineralogical composition of the some Szentbékkálla and Salföld sandstone simples using

minta száma	2000/10/2	3/1	2000/10	0/23/3	2000/10/23/6			
ásvány	mennyisége (súlyszázalékban)	szemcseméret (mm)	mennyisége (súlyszázelékban)	szemcseméret (mm)	mennyisége (súlyszázalákban)	szemcseméret (mm)		
Kvarc	85	0,1 - 0,4	93	0,1 - 0,3	95	0,01 - 0,3		
Amorf kova	5	0,1 - 0,3	1	0,1 - 0,4	1	0,1 - 0,4		
Földpát	jelen	0,1 x 0,2						
Kőzettörmelék	3	0,05 - 0,5	5	0,1 - 0,4	3	0,1 - 0,5		
Biotit			jelen	0,05 x 0,08	jelen	0,01 - x 01		
Muszkovit	jelen	0,01 - 0,03			jelen	0,005 x 0,03		
Turmalin	1	0,03 - 0,08	jelen	0,05 - 0,15	jelen	0,12 x 0,15		
Rutil	jelen	0,03 -0,05	jelen	0,02 - 0,04				
Cirkon	jelen	0,02 0,03	jelen	0,03 - 0,05	jelen	0,01 - 0,02		
Titanit		-	jelen	0,01 - 0,03				
Gránát	jelen	0,05 x 0,08						
Kianit	jelen	0,02 x 0,1	jelen	0,03 - 0,05				
Sillimanit			jelen	0,008 x 0,03				
Opak	1	0,005 - 0,05	jelen	0,005 - 0,1	jelen	0,005 - 0,05		
Cement	5		2		I			
Agyagásvány?			jelen	0,008 - 0,03				

roentgendiffractometer method (sample sites see in Table III and Fig 12)

A meghatározásokat a Magyar Állami Földtani Intézetben végezték (KALMÁR S. 2000).

The determining are happen in the MÁFI (according to KALMÁR S. 2000).

III. táblázat (Table III.): Néhány szentbékkállai és salföldi kőzetminta oldatás hatására bekövetkezett súlyvesztesége

Weight loss due to dissolution for the some Szentbékkálla and Salföld rocksamples

a mintavétel száma	a mintavétel helye	a kőzet szemcse mérete	az eredeti súly (gr.)	NaOH-kezelés utáni súly (gr.)	fogyás %-ban
2000/10/23/1	Sa-l szelvénynél	f.	3,6339	3,6139	0,61
2000/10/23/2	Sa-II szelvénynél	f.	2,3903	2,3872	0,13
2000/10/23/3	Salföld, madáritató mellől	f.	4,1418	4,1293	0,30
2000/10/23/4	a 16. ábrán bemutatott kötömb oldaláról (színlő alatti sziklafal)	d.	3,6886	3,6818	0,18
2000/10/23/5	a 13. ábrán látható hasadéktól DNy-ra 30 m-re	d.	4,6581	4,6549	0,07
2000/10/23/6	Szb-1. szelvény közeléből	f.	4,3183	4,3183	0,00
2000/10/23/7	a 14. ábrán ábrázolt kőtömbtől 20 m-re	k.	5.1782	5,1782	0,00

f: homokkő

k: finom szemcséjű konglomerátum

d: közepes szemcséjű konglomerátum

f: sandstone

**k:** fine grain conglomerate

d: middle grain conglomerate

## 3. 3. Oldatvizsgálatok

A homokkő oldódását közvetve is vizsgáltattuk, amikor néhány madáritató vízének SiO<sub>2</sub>- tartalmát meghatároztattuk (**IV. táblázat**). Ezt fotometriai eljárással Kővári I. (Nyugat-dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség) végezte el. Az oldott anyagtartalom, mint az várható volt, alacsony értékűnek bizonyult. A különböző madáritatók vizének SiO<sub>2</sub>-tartalma közel azonos, de figyelemre méltó, hogy a legnagyobbnak a legmagasabb az oldott anyagtartalma. A különböző időkben vett vízminták oldott anyagtartalma nem mutat számottevő eltérést. A két különböző mintavételi időponthoz tartozó oldási időszakok azonban nem ismertek.

mintavétel	helye	időpontja	a víz SiO2 tartalma [SiO2]	madáritató jellege
2000/07/20/1	a 8. ábrán bemutatott madáritató	2000. 07. 20.	6,4	összetett
2000/10/9/4	a 8. ábrán bemutatott madáritató	2000. 10. 09.	6,1	összetett
2000/07/20/2	a 8. ábrán bemutatott madáritatótól 5 m-re	2000. 07. 20.	3,3	egyszerű aláhajló falú
2000/10/9/3	Szb-II szelvényhelytől Ny-ra 30 m-re egy madáritatóból	2000. 07. 20.	4,0	egyszerű
2000/10/9/5	2000/10/13/5 mintavételi hely közeléből egy madáritatóból	2000. 10. 09.	4,2	egyszerű

IV. táblázat (Table IV.): Néhány szentbékkállai madáritató vizének SiO2-tartalma The SiO2 content of water in some Szentbékkálla kamenitza

#### 3. 4. Néhány szentbékkállai kőtömb oldalának formakincse

A két vizsgált sziklatömb oldalának a formakincse különböző. A **13. ábrán** és **18. képen** bemutatott sziklatömb oldalában egyszerű, egymás alatt több, lefelé csökkenő méretű és különböző típusú pszeudokarsztos (pszeudokarros) forma helyezkedik el. A **14. ábrán** és **16. képen** bemutatott sziklatömb oldalában viszont mindössze két forma található. Közülük azonban a magasabb helyzetű abszolút értelemben is, de különösen a hordozó kőtömb méretéhez képest nagyméretű. Feltűnő az összetettsége is, ami bizonyára azzal magyarázható, hogy a bezáró kőzet változatos szemcseösszetételű rétegekből épül fel.

A pszeudokarsztos (pszeudokarros) formák (tafonik) morfológiájának és a kőzet kifejlődésének (szemcseméret, rétegdőlés, rétegvastagság, rétegzettség) viszonyáról az alábbiak mondhatók:

- Térbeli helyzetüket, morfológiájukat nagymértékben megszabja a hordozó kőzet rétegeinek térbeli helyzete.

- Kialakulhattak egyetlen rétegben, így finom szemcséjű konglomerátumban, vagy homokkőben (akkor, ha azt közepes szemcséjű konglomerátumos rétegek fogják közre), valamint több rétegben. Utóbbi esetben is a forma nagyobb része a finom szemcséjű konglomerátumos réteghez kötődik (ekkor a pszeudokarros forma legmélyebbre a finom szemcséjű konglomerátumos réteg anyagába nyúlik be). Kialakulhatnak továbbá réteghatáron is.

- Közepes szemcséjű konglomerátumos rétegekben csak kisméretű pszeudokarsztos forma fordul elő.



13. ábra: Szelvény egy hasadékot határoló kőtömb oldalfaláról (Szentbékkállai-kőtenger) Jelmagyarázat: a. Felülnézetben: 1. Sziklafolyosó 2. Felszín dőlésiránya 2. Szelvény halvo (iréngyal) 4. Taloi és pövényzet

3. Szelvény helye (iránnyal) 4. Talaj és növényzet

b. Oldalnézetben: 5. Közepes szemcséjű konglomerátum 6. Finom szemcséjű konglomerátum
7. Homokkő 8. Gömbsüvegszerű bemélyedés (tafoni) 9. Színlő 10. Talaj, α a rétegek dőlésiránya

- E képződményeknek mindig az alsó határoló lapja a kisebb, míg a felső, a meredekebb dőlésű.

 A közepes szemcséjű konglomerátumos vagy homokkőrétegben ezen formák sekélyebbek és alacsonyabbak, mint a finom szemcséjű rétegben.

A tafonik helyzete arra utal, hogy azok elsősorban réteglapok mentén beszivárgó vizek hatására alakultak ki. Ennek hiányában csak finom szemcséjű konglomerátumos rétegben képződhetnek. Homokkőben talán azért fejlődhettek ki, mert a határoló közepes szemcséjű konglomerátumos rétegek jó vízvezetők. A közepes szemcséjű konglomerátumos rétegben kialakult pszeudokarsztos formák valószínűleg részben utólag alakulnak ki úgy, hogy a kavicsok anyaga oldódással fogy, vagy a kavicsok inszoláció hatására kihullanak.

Mivel a tanulmányozott formák aláhajló falon helyezkednek el, ill. és mivel jelentős szélességűek lehetnek (**13. ábra**) nem alakulhattak ki a jelenlegi körülmények mellett. A csapadékvíz – a fentebb említett közepes szemcséjű konglomerátumos rétegen végbemenő átszivárgást és a réteglap menti vízvezetést leszámítva – nem képes közvetlenül a kőzethez jutni.

Képződésük talajhoz vagy fedőüledékhez köthető. Egyrészt azért, mert adott elborítási szint mellett a határoló felszínről lefolyó víz a kőzethez áramlik (a fedőüledékes felszín és a kőzet határán tartósan víztócsák maradhatnak meg), másrészt a talaj és a növényzet miatt a víz pH-ja megnőhet. Fontos megemlíteni, hogy miután a pszeudokarsztos formák a rétegzettség irányába dőlnek, belőlük az anyag oldat formájában távozik a kőzet szemcséi között, valamint a réteglapok mentén.

A kitakaródás során az egyre alacsonyabbra kerülő fedőüledékes (talajos) felszín szintjében újabb és újabb pszeudokarsztos formák képződnek. Miután a 13. ábrán bemutatott formák lefelé egyre kisebb méretűek, valószínű, hogy e helyen egyre gyorsabb volt a kitakaródás. A 14. ábrán látható, nagyméretű színlő magasságában az elborítás tartós



14. ábra: Szelvény egy kőtömb oldaláról (Szentbékkállai-kőtenger)
 Jelmagyarázat: 1. Közepes szemcséjű konglomerátum 2. Finom szemcséjű konglomerátum
 3. Homokkő 4. Talaj 5. Színlő 6. Madáritató, α a rétegek dőlésiránya

lehetett. Itt e forma talán azért is nagyméretű, mert a finom szemcséjű konglomerátum lencsés betelepülésű és homokkőrétegek szakítják meg (a réteghatárok vízvezető pályák). Ezen színlő talpán azért jött létre madáritató, mert a kőtömb oldala lankás. Így a kitakaródás után is kerülhetett víz (csapadékvíz) a színlő talpára. A csapadékvíz a finom szemcséjű konglomerátum maradványát is oldotta, így annak mindössze egy kisebb roncsa maradt meg a színlő peremén.

## 3. 5. Morfológiai térképezés

Két sziklatömbről készült síkrajzi ill. domborzatrajzi felvételezés (15., 16. ábra). A felmérés adatainak felhasználásával mindkét térszínrészletről karrmorfológiai térképet készítettünk.

A 15. ábrán bemutatott kőtömbrészleten a kőpoligonok uralkodnak, csak alárendelten fordulnak elő madáritatók és vályúk. A kőpoligonok főbb jellemzői az alábbiak.



 15. ábra: Egy kőtömb kőpoligonos formakincse (Szentbékkállai-kőtenger) Jelmagyarázat: 1. Sziklatömb pereme 2. Félkürtő 3. Vályú 4. Madáritató 5. Nyitott madáritató
 6. Homokkő kúp (karros "tanúhegy") 7. Homokkő poligon (a homokkő hasadékai 1 cm-nél kisebb szélességűek) 8. Homokkő poligon (a homokkő hasadékai 1-3 cm közötti szélességűek)
 9. Talaj 10. Hordozó kőtömb dőlésiránya és dőlésszöge

– Két típusuk fordul elő: a keskenyebb- és a szélesebb kőpoligonok. Az előzőek tekinthetők uralkodónak. A szélesebbek inkább egyenesek, a keskenyebbek között előfordulnak egyenesek (ezek lehetnek párhuzamosak és szétágazók) ill. ívesek. A széles kőpoligonok madáritatókhoz kapcsolódnak, ill. ezeket kapcsolják össze.

– Uralkodónak tűnik az É–D-i, valamint a K–Ny-i irányultságuk.

- A hordozó kőtömb pszeudokarros tanúhegye jelzi annak felületi lepusztulását.

A 16. ábrán bemutatott kőtömb felszínét különböző morfológiájú madáritatók jellemzik, de leggyakoribbak az összetettek. Általában e formák É–D-i irányban megnyúltak. A madáritatók kis mélységűek, peremük szeszélyes lefutású. A kőtömb felszínén jelentős az oldódás. Ezért a szomszédos madáritatók olyan mértékben egymáshoz kapcsolódtak, hogy közöttük már csak alacsonyabb küszöbök maradtak meg.



16. ábra: Egy kőtömb morfológiai térképe (Szentbékkállai-kőtenger)
Jelmagyarázat: 1. Kőtömb oldala mélységadattal (m) 2. Szintvonal 3. Törés 4. A hordozó kőtömb felszínének lejtési iránya 5. Madáritató mélységadattal (cm-ben) 6. Belső madáritató
7. Madáritató lankás oldala 8. Madáritató függőleges oldala 9. Madáritató aláhajló oldala 10. Madáritatók közti küszöb 11. Vályú 12. Alacsonyabb rendű növényzet (moha, zuzmó) 13. Lágyszárú növényzet 14. Szelvény (e mentén megadva a fajlagos leoldódás) 15. Szelvény (e mentén mérve 5 cm-ként a kőzet kavicsainak hosszabbik tengelye)

E finom szemcséjű konglomerátumos kőzetből felépülő kőtömb madáritatóinak kialakulásában két tényező játszik szerepet. A kőtömb közepét átszelő közel É–D-i törés, ill. a kőtömb lejtése. A törés genetikai szerepét bizonyítja, hogy ennek mentén a madáritatók kifeilődése lényegében folyamatos (madáritató sor) továbbá az, hogy az itt sorakozó madáritatók a legmélyebbek és a leginkább összetettek. Ez a zóna a kőtömb pszeudokarrosodási tengelvének tekinthető. A homokkő erőteljes lepusztulását itt az okozhatta, hogy a törés mentén elszivárgó víz elszállította az oldott anyagot (mélységi anyagelszállítás). A kőtömb DK felé dől, így a pszeudokarrosodási tengelytől Ny-ra eső felszínen a felszíni vizek erre folynak le, ezért az oldott anyag itt a kőzetbe szállítódhat. A tengelytől Ny-ra a madáritatók kialakulásának kedvezhetett a viszonylag nagy vízgyűjtő terület, hiszen a madáritatók a kőtömb peremétől távol helyezkednek el. A tengelytől K-re sorakozó madáritatók kialakulásának viszont fordítva, inkább a peremi helyzetük kedvezett. Ugyanis Ny-i irányból még elegendő vizet kapnak, míg peremi helyzetük miatt a lejtős felszínű kőtömbön az aszimmetrikus madáritató peremeken (16. ábra) túlfolyó víz elszállítja az oldott anyagot. Ez a felületi anyagelszállítás kedvez a madáritatók mélyülésének.

# 3. 6. Kavicsméret vizsgálata egy homokkőtömb felszínén

Szentbékkállán a fentebb leírt és feltérképezett kőtömbön (**16. ábra**) két szelvény (A-A', ill. B-B' szelvény) mentén 5 cm-ként megmértük a kőzet kavicsainak hosszabbik tengelyét. A kőtömböt finom szemcséjű konglomerátum építi fel. A két szelvény mentén 1 cm-nél nagyobb átmérőjű kavicsok csak egyetlen, kb. egy 0,5 m-es szakaszon fordulnak elő. A **17. ábrán** a szelvény alatt függőleges vonalakkal mérethelyesen megadtuk a mért kavicsok hosszabbik tengelyét, ill. a szelvény mentén előforduló mélyebb (madáritató) és magasabb felszínrészletek területére eső kavicsok hosszabbik tengelyeinek átlagát is.



17. ábra: Az A–A' és B–B' szelvény menti kavicsméret-eloszlás egy kőtömb felszínén (Szentbékkállai-kőtenger) Jelmagyarázat: 1. Kavics leghosszabb tengelye (cm)
2. Kavicsok hosszabbik tengelyeinek átlaga (cm) 3. moha

Látható, hogy a kavicsok mérete a szelvény mentén változik. Általában a mélyedések területén a kisebb átmérőjű, a magaslatokon a nagyobb átmérőjű kavicsok a jellemzőek. (Ezt a kavicsok hossztengelyeinek átlagai is jelzik.) A felszín eltérő mértékű lepusztulását azzal magyarázzuk, hogy a közepes szemcséjű konglomerátumban gyorsabb a vízelvezetés, így e helyeken a kőzet feltételezett oldása kisebb intenzitású. A fentebb leírtaktól eltérés a mohával fedett térszíneken tapasztalható. Előfordul, hogy ahol moha fedi a kőzetet, még nagyobb átmérőjű kavicsokból felépült homokkövön is jelentős mélységű madáritató képződik (ld. **17. ábra** B–B szelvényét). Ez utóbbi jelenség arra utal, hogy a növényzet fontos szerepet játszik a kőzet (még annak kristályos alkotóelemeinél is) oldódásában. A szelvényeket tanulmányozva az is látható, hogy a kőtömb peremi részein még kisebb kavicsátmérő esetén is kevésbé oldott a felszín. Ez viszont valószínűleg azzal magyarázható, hogy a peremi részek kevesebb vizet kapnak.

#### 3. 7. Fajlagos kioldódás vizsgálata

A fajlagos leoldódást 7 db 5 és 50 m közötti hosszúságú szelvény mentén vizsgáltuk. Ebből 4 db a Szentbékkállai-kőtenger területére, 3 db a Salföldi-kőtenger területére esett. (A szelvények mentén előforduló pszeudokarros formáknak mértük a szélességét a helyét, irányát, minősítettünk minden egyes karrformát, mértük a szelvény irányát, hosszát és a hordozó kőtömb lejtésirányát és lejtésszögét.)

A két területen a fajlagos kioldódási értékeket összehasonlítva (V. táblázat) látható, hogy mindkét területen főleg madáritatók képviselik a karrosodást. Emellett a szentbékkállai területen vályúk és hasadékok, a salföldi területen kürtők fordulnak elő. A szentbékkállai területen a fajlagos kioldódás értéke nagyobb (a formánkénti átlagok összege 58,48 cm/m), mint a Salföldi-kőtenger területén (a formánkénti átlagok összege 24,30 cm/m). Ezt a különbséget egyrészt a Salföldi-kőtenger kőtömbjeinek kisebb méretével, másrészt az utóbbi terület későbbi kitakaródásával magyarázzuk.

#### 3. 8. Morfometriai vizsgálatok

Madáritatóknak (Szentbékkálla és Salföld) és kürtőknek (Salföld) mértük a mélységét, valamint a peremüknél a szélességét és a hosszúságát. Kürtőnek azt tekintettünk, amelyeknél a peremi hosszúság (h) és szélesség (sz) számtani átlagának (átlagos kiterjedés) a felénél a forma mélysége (m) nagyobb, madáritatónak azt, amelynél kisebb.

A pszeudokarros formák alábbi csoportjait alakítottuk ki (az egyes csoportokat a könnyebb kezelhetőség érdekében római számozással láttuk el)

– Szentbékkállán homokkövön, továbbá konglomerátumos homokkövön kialakult madáritatók csoportja (csoport jele: I),

– Szentbékkállán finom szemcséjű konglomerátumon, továbbá finom-közepes szemcséjű konglomerátumon kialakult madáritatók csoportja (II),

Szentbékkállán közepes szemcséjű konglomerátumon kialakult madáritatók csoportja (III),

– salföldi madáritatók, 1,5 m<sup>2</sup>-nél kisebb területű kőtömbön kialakult madáritatók csoportja (IV),

– salföldi madáritatók, 1,5 m<sup>2</sup>-nél nagyobb területű kőtömbön kialakult madáritatók csoportja (V),

- salföldi kürtők, 1,5 m<sup>2</sup>-nél kisebb területű kőtömbön kialakult kürtők csoportja (VI),

- salföldi kürtők, 1,5 m<sup>2</sup>-nél nagyobb területű kőtömbön kialakult kürtők csoportja (VII).

szelvény száma és hossza	hordozó térszín			zseb		kürtő		köpoligon		hasadék		vályú		madáritató		összes	átlagos sürüség	
	magas- sága [m]	lejtőszöge	kőzet szemcse- mérete	Karrforma száma [db]	f.sz [cm/m]	s [db/m]	f.sz. [cm/m]	s [db/m]	f.sz. [cm/m]	s [db/m]	f.sz. [cm/m]	s [db/m]	f.sz. [cm/m]	s {db/m}	f.sz. [cm/m]	s [db/m]	f.sz. [cm/m]	s. [db/m]
Szb-I. (11,4)	208	6°	k helyenként d	18	-	-	-	-		-	14,30	0,35	2,72	0,26	43,11	0,88	60,13	0,53
Szb-II. (7,0)	208	11°	k	13	-	-		-	0,21	0,42	5,14	0,14	-	-	41,21	1,28	46,57	0,93
Szb-III. (6,26)	208	5°	k	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	60,70	0,63	60,70	0,63
Szb-IV. (8,6)	208	4°	f	47		-	-	-	1,69	3,37	11,51	0,58	11,7	0,58	25,58	0,58	50,52	1,37
átlag (Szentbékkálla)					-	-	-	-	0,475	0,95	7,74	0,27	3,61	0,21	42,65	0,84	54,48	0,87
Sa-I. (13,7)	152	0°; 10°; 35° **	f	16	1,54	0,017	5,84	0,44	-	-	-	-	4,31	0,15	13,14	0,58	25,33	0,29
Sa-II (7,7)	152	24; 5° **	f	9	3,51	0,17	9,74	0,78	-	-	-			-	19,87	1,17	33,12	0,69
Sa-III.* (24,0)	152	10°	f	18	-	-	2,21	0,13	-	-	-	-	1,83	0,13	10,42	0,50	14,46	0,25
átlag (Salföld)					1,67	0,06	5,93	0.45	-	-	-	-	2,05	0,09	7,85	0,75	24,3	0,41
átlag (Salföld és Szentbékkálla)				121	0,72	0,03	2,54	0,19	0,27	0,54	4,42	0,15	2,94	0,16	30,52	0,8	41,41	0,67

#### V. táblázat (Table V.): Fajlagos szélességi értékek és a karros formák sűrűsége a Káli-medence kötengereinek kötömbjein The specific dissolution of sandstone and granite surfaces and the density of the pseudokarren forms

#### Megjegyzés:

- szelvényben irányváltozás van
- \*\* kõtömbönként
- f.sz.: fajlagos leoldódás
- s: a formák átlagos sűrűsége I méteren
- Szb.: Szentbékkállai-kőtenger
- Sa: Salföldi-kötenger
- f: homokkō
- k: finom szemcséjű konglomerátum
- d: közepes szemcséjű konglomerátum

átlag: a fajlagos szélességnek és a sűrűségnek, valamint a szelvényszámnak a hányadosa

- there is a change in direction in the length-section
- \*\* from map
- s.d.: specific dissolution
- d: the mean density of the forms on a metre distance
- Szb.: Szentbékkálla-block field
- Sa: Salföld-block field
- s: sandstone
- f: fine-grain conglomerate
- k: medium-grain conglomerate

average: ratio of the number of the line, the specific dissolution and the density

A fenti csoportokba tartozó pszeudokarros formáknál vizsgáltuk, hogy az átlagos kiterjedésük és mélységük között van-e függvénykapcsolat és ha igen, a függvénynek milyen jellemzői vannak. Minden egyes csoportnál az átlagos kiterjedés és a mélység között jó megközelítéssel lineáris függvénykapcsolat állapítható meg. Feltehetően az adatok szóródását a karros formák fejlődését meghatározó egyéb tényezők mellett az amorf kova változó mennyisége is befolyásolhatja.

A szentbékkállai madáritatókat tekintve a függvénykapcsolat az I. csoportnál a legszorosabb (18. ábra). Továbbá e csoportnál növekszik a mélység legkevésbé az átlagos kiterjedés függvénvében. Mindezt azzal magyarázhatjuk, hogy az I. csoport madáritatói esetében a vízelvezetés a finomszemű kőzetben lefelé fékezett. Így az oldott anyag a mélyedésből túlfolyással távozhat. Ahhoz azonban, hogy a túlfolyás bekövetkezhessen, a madáritató nem mélyülhet túlzott mértékben. Ha a mélyülés egy kritikus értéket meghalad, a túlfolvás megszűnik, a beoldott anvag kicsapódik az aljzaton, ami a madáritató mélvülését visszaveti. Ugyanakkor az oldalirányú oldódás és így a szélesedés akadálytalanul folyhat, sőt a jelenség kedvezhet a madáritató fejlődésének. Ugyanis a széles, sekély madáritatókból a víz könnyebben túlfolyhat, elszállítva az oldott anyagot. Túlfolyást elősegítő tényező – ami a homokkövön kialakult egyes madáritatóknak a várhatónál nagyobb mélyülését eredményezi – a kőtömb nagyobb mértékű dőlése, vagy ha a képződmény közelében törés járja át a kőzetet. Ugyanis ilyenkor a törés mentén kialakuló néhány cm-es válvú (19. kép), vagy hasadék egy rövidebb szakaszon lealacsonyítja a madáritató peremét. (Hasonló következménnyel jár, ha a madáritató a kőtömb szegélyén helyezkedik el.) Ezen a helyen még a mélyebb madáritató is lecsapolódhat (19. kép).



**19. kép:** Vályú mellett, ill. kőtömb peremén képződött madáritató (Szentbékkálla)

Jelmagyarázat:

- 1. Mellék madáritató
- 2. A mellék madáritató túlfolyási vályúja
- 3. Madáritató
- 4. A madáritató alacsonypereme
- 5. Madáritató melletti vályú
- 6. Kőtömb oldala
- 7. A madáritató túlfolyási vályúja

A II. és III. csoport függvényei (19., 20. ábra) meredekebbek, mint az I. csoporté. E csoportoknál ezt a mélységi vízelvezetés okozza, miután a hordozó kőzet durvább szemcse kifejlődése miatt a vízelvezetés függőleges irányú. A mélységi vízelvezetést bizonyítja e két csoportban a meredek, sokszor aláhajló fal. Bár a III. csoport függvénye némileg meredekebb, mint a II. csoporté, ugyanakkor az tapasztalható, hogy ez utóbbi csoportba tartozó madáritatók a legnagyobb méretűek (19. ábra). Mindez arra utal, hogy a finom szemcséjű konglomerátumban a vízelszivárgás üteme a legkedvezőbb az oldáshoz (elég hosszú ideig történik). A közepes szemcséjű konglomerátumban (III. csoport) az elszivárgás gyorsabb lehet, ami az oldódás időtartamát, és így mértékét csökkenti. A III. csoport függvénye azért meredekebb, mint a II. csoporté, mert a közepes szemcséjű konglomerátumban képződő madáritatók alig szélesednek. (Így adott mélységű madáritatóhoz kisebb átmérő tartozik.) A lassú oldalirányú növekedés oka a közepes szemcséjű konglomerátumban a már említett intenzív vízelvezetés. Ugyanis a mélyedés vízzel kitöltöttsége rövid idejű, így a rövid oldási időtartam miatt az oldalfal csak kismértékben hátrál.

Ha a szentbékkállai (19., 20. ábra) és a salföldi (21., 22. ábra) pszeudokarros formák különböző méreteit összevetjük, akkor azt tapasztaljuk, hogy a két terület madáritatóinak függvénye lényegében ugyanolyan meredek (I. II. III. IV. V. csoport). Ugyanakkor a salföldi terület kürtői függvényének meredeksége a szentbékkállaihoz közelít (23., 24. ábra). Igaz, a salföldi nagyobb kőtömbökön kialakult kürtőké (24. ábra) inkább a szentbékkállaival mutat egyezést. A salföldi területen a hordozó kőtömb nagysága (tehát a potenciális vízgyűjtőterület) a kürtőknél (VI., VII. csoport) van hatással a függvény meredekségére. Mindez azzal magyarázható, hogy amíg a madáritatók a több vizet (nagyobb kőtömb) nem képesek befogadni, mivel a víz egy része túlfolyik a forma peremén, addig a kürtők igen. Ennek oka a kürtő nagyobb mélysége és a kürtőknél gyakori törés a kőzetben. A több víz a kürtő mélyülését gyorsíthatja, így a kürtők mélyülését a hordozó kőtömb felületének nagysága nagyobb mértékben határozza meg, mint a madáritatókét.

Valószínű, hogy Salföldön a kürtők kialakulásához két tényező is hozzájárulhat. Egyrészt a homokkő összetételének a helyi változása (helyenként az amorf kovasav feldúsul a kőzetben, amit az anyag-összetételi vizsgálatok is megerősítenek a kőzetben). Másrészt a törések, amelyek mentén az oldásból visszamaradt finom szemcséjű anyag is a mélybe szállítódhat. (Törések majdnem az összes salföldi kürtőnél megtalálhatók a kőzetben.)













Jelmagyarázat: B. Megbízhatóság K. Korrelációs együttható S. Közepes négyzetes hiba





Jelmagyarázat: B. Megbízhatóság K. Korrelációs együttható S. Közepes négyzetes hiba



22. ábra: A salföldi, 1,5 m²-nél nagyobb kiterjedésű kőtömbökön elhelyezkedő madáritatók mélysége az átlagos kiterjedésük függvényében

Jelmagyarázat: B. Megbízhatóság K. Korrelációs együttható S. Közepes négyzetes hiba





ł

36





Jelmagyarázat: B. Megbízhatóság K. Korrelációs együttható S. Közepes négyzetes hiba



25. ábra: A kőtengerek néhány pszeudokarros formájának kialakulása Jelmagyarázat: a. Formák kialakulása különböző szemcseméret esetén b. Formák kialakulása, ha azok finom konglomerátumban és homokkőben képződnek c. Formakialakulás, ha az két olyan finom konglomerátumrétegben képződik, amelyeket homokkőréteg különít el egymástól
d. Formaképződés, ha a különböző szemcseméretű rétegek dőlése (vagy törések) és a kőtömb dőlése 90°-kal eltér e. Lépcsők képződnek, ha a különböző szemcseméretű rétegek és a kőtömb felszínén dőlésének eltérése 180° f. Tafonik színlők, zsebek képződnek, ha a kőtömb oldala és a különböző szemcseméretű rétegek dőlésiránya 180°-kal különbözik I. Kezdeti állapot II. Jelenlegi állapot fn. Felülnézet on. Oldalnézet,
1. Homokkő 2. Finom szemcséjű konglomerátum 3. Közepes szemcséjű konglomerátum
4. Kicsapódott kova 5. Talaj, nem összecementált anyag 6. Törés 7. Kőtömb dőlésiránya 8. Madáritató tava 9. Túlfolyás a madáritatóból 10. Kőzetbe vízszivárgás
11. Kőtömbhöz áramló víz a határoló felszínről, vízlefolyás a kőtömbön 12. Lankás oldalú madáritató 13. Meredek oldalú madáritató 14. Karrforma aljzat 15. Kürtő 16. Belső madáritató 17. Aszimmetrikus madáritató 18. Vályú 19. Aszimmetrikus vályú 20. Pszeudokarros "tanúhegy"

21. Küszöb 22. Eredeti felszín 23. Színlő, zseb, tafoni 24. Szelvény helye

# 4. Összegzés

Összegzésként megállapítható, hogy a Káli-medence homokkövei ott oldódnak a legintenzívebben, ahol a kőzetben az amorf kova mennyisége megnő, a vízelvezetés pedig sem túl gyors, sem túl lassú. Ez számos tényezőtől függ (pl. a hordozó kőtömb dőlésének mértékétől, vagy a kőzet összetételétől). Az, hogy adott helyen miért ott és miért olyan, valamint miért akkora pszeudokarros forma képződik, csak további részletes vizsgálatokkal dönthető el. Úgy tűnik, hogy a Szentbékkállai-kőtenger területén a finom szemcséjű konglomerátumon a legintenzívebb az oldódás, miután a vízelvezetés sebessége e kőzettípuson optimális.

Fontos tényező a különböző szemcseátmérőjű homokkövek vertikális és horizontális váltakozása. Ha a jó vízvezető, durvább szemcséjű kőzet feküje finomabb szemcséjű, akkor vízszintes aljzatú ill. összetett mélyedés alakul ki, miután az utóbbi rétegben az oldás lecsökken, illetve kis területre korlátozódik (25. ábra). Aszimmetrikus és sík aljzatú formák képződnek akkor, ha a finom szemcséjű kőzet rétege ferde helyzetű (25. ábra). Ha az eltérő szemcséjű rétegek váltakoznak, a rétegek csapásirányával egyező irányú lépcsők, illetve csapásirányba megnyúlt, keresztmetszetben aszimmetrikus madáritatók, vályúk alakulhatnak ki.

## List of figures and pictures

### Figures

Figure 1: Location of the Káli-Basin in the Balaton Uplands (near Lake Balaton)

#### Figure 2: Block fields of the Káli-Basin

Legend: I. Szentbékkállai-block field II. Szentimrei-block field III. Salföldi-block field IV. Kővágóörsi-block field: 1. Sandstone 2. Sandstone with fine-grain- or medium-grain conglomeratal lenticular intercalation 3. Conglomeratal sandstone with medium-grain conglomeratal intercalation 4. Sandstone and medium-grain conglomeratal beds 5. Sandstone with fine-grain and medium-grain conglomeratal beds, 6. Rock on hill top with big boulders which are considerably exhumated 7. Medium-sized boulders on hill top which are considerably exhumated 8. Little bit exhumated big boulders on hill top 9. Small boulders with little exhumation on hill top 11. Sandstone boulders in quarry 12. Hill of rocks other than sandstone 13. Basin floor 14. Stream 15. Lake 16. Road

**Figure 3:** Solution of crystalline and amorphous SiO<sub>2</sub> as a function of the time Legend: I. Quartz II. Cristobalite III. Opal IV. Amorphous silica (SIFFERT 1962)

Figure 4: Comparison of some silica solution (WHITE et al. 1956)

**Figure 5:** The solution of the amorphous silica and crystallined quartz as a function of the temperature (after WHITE et al. 1988)

Legend: S: as shown by experimental results (according to SIEVER 1962) MFR: after MOREY et al (1962, 1964), K: Curved of solution of the amorphous silica (according to KRAUSKOPF 1956)

Figure 6: The solubility of amorphus silica as a function of pH (SIFFERT 1962)

Figure 7: Solution of amorphous silica as a function of time I. "Actigel" II. Powdered amorphous silica at temperature of 20 °C III. Amorphous silica in 250 °C water (pressurized, SIFFERT 1962)

Figure 8: The map of the complex kamenitza (a), A–A' its cross-section (b) B–B' its cross section (c)

Legend: 1. Counter line (local in system) 2. Basin 3. Karren "inselberg" 4. The site of the cross-section 5. Sandstone 6. Fine-grain conglomerate

Figure 9: The steps of a boulder (Szentbékkálla)

Legend: 1. Counter line (local in system) 2. Kamenitza 3. Cross-section 4. Margin of the boulder

**Figure 10:** Cross-section of the step series in figure 9 Legend: 1. Medium-grained bed 2. Fine-grained bed 3. Steps 4. Pockets

Figure 11: Development of the margin inselbergs (Salföldi-block field)

Legend: a. Kamenitza develops, which can increase reverse to the slope line, its water is carried by widening Rinnens. b. As a consequence of kamenitza growth the original surface will only be retained on the upper margin of the boulder since truncated little hills will remain on the surface between rinnen. 1. Boulder 2. Surface bordering sedimentary boulder 3. Kamenitza 4. Rinnen 5. Upper margin of the boulder non-truncated 6. Truncated part of the boulder 7. Margin inselbergs of the margin zone 8. Denudational little hills of lower part of the boulder truncated by solution 9. Solutional depression (Rinnen?) separating marginal "inselbergs"

Figure 12: Morphological map of the Szentbékkalla-block field with the sites investigated Legend: 1. Fractured rock 2. Group of different boulders (at least 4 m in size) 3. Separate group of the boulders (up to 4 m in size) 4. Sandstone surface dissected by crevices which rises 0,5 m above its surroundings 5. Group of little bit tilted boulders which rise above the surface by 0,2-1 m 6. Evenly developed rock surface with soil cover in patches 7. Evenly developed rock surface 9. Contour line 10. Joint, crevasse 11. The boundary of different type block fields 12. The cross-section from the side of the boulder 13. The cross-section from the pseudokarren features 14. Gravel size investigation along the cross-section 15. Site of the morphological map using a planimetric map 16. Site of the morphological map was performed with implement 17. Rock sampling site 18. Water sampling site

Figure 13: The cross-section from the side wall of the boulder (Szentbékkállai-block field) Legend: a. View from above: 1. Corridor 2. The slope line of dip 3. Line of the cross-section (with direction) 4. Soil and vegetation b. In profile 5. Medium-grain conglomerate 6. Fine-grain conglomerate 7. Sandstone 8. Spherical hollow (tafoni) 9. Solutional platform 10. Soil α The direction of dip of the bands

Figure 14: Cross-section of a side of the boulder (Szentbékkállai-block field)
Legend: 1. Medium-grain conglomerate 2. Fine-grain conglomerate 3. Sandstone 4. Soil
5. Solutional platform 6. Kamenitza α the direction of dip of the bands

Figure 15: Sandstone polygonal forms from a boulder (Szentbékkállai-block field) Legend: 1. Margin of the boulder 2. 'Semi-pipe' 3. Rinnen 4. Kamenitza 5. Open kamenitza 6. Sandstone conical (pseudokarren "inselberg") 7. Sandstone polygonal from (the crevasses of the sandstone are less than 1 cm) 8. Sandstone polygonal form (the width of the crevasses of the sandstone are between 1-3 cm) 9. Soil 10. Angle of dip and angle of direction of the boulder

#### Figure 16: Morphological map of a boulder (Szentbékkállai-block field)

Legend: 1. Side of the boulder with depth data (m) 2. Countour line 3. Joint 4. Angle of the direction of the surface of the boulder 5. Kamenitzas with depth (cm) 6. Inner kamenitza 7. Gently sloping side of the kamenitza 8. Vertical sloping side of the kamenitza 9. Overhang of the kamenitza 10. Ridge between the kamenitzas 11. Rinnen 12. Lower vegetation (moss, lichen) 13. Graminous vegetation 14. Cross-section (where specific solution is calculated) 15. Cross-section (along which the longest axis of the gravels are measured in a 5 cm sequence)

**Figure 17:** Gravel-size distribution along the cross-section A-A' and B-B' on a boulder surface (Szentbékkállai-block field)

Legend: 1. The longest axis of the gravel measured along the cross-section (cm) 2. The mean value of the longest axes of the gravels (cm) 3. Moss

**Figure 18:** The depths of the kamenitzas, developed on the surface of the sandstone and sandstone with conglomerate of Szentbékkálla, as a function of their avarage horizontal size. B. Realiability K. Correlation coefficient S. Error varience

**Figure 19:** The depths of the kamenitzas, developed on the surface of fine-grain-, and fine-medium grain conglomeratal of Szentbékkálla as a function of their avarage horizontal size. B. Realiability K. Correlation coefficient S. Error varience

**Figure 20:** The depths of the kamenitzas, developed on the surface of the medium-grain conglomeratal of Szentbékkálla, as a function of their avarage horizontal size. **B.** Realiability K. Correlation coefficient S. Error varience

Figure 21: The depths of the kamenitzas, developed on boulders smaller than  $1.5 \text{ m}^2$  in their horizontal size of Salföld, as a function of their avarage horizontal size. B. Realiability K. Correlation coefficient S. Error varience

**Figure 22:** The depths of the kamenitzas, developed on boulders bigger than 1.5 m<sup>2</sup> in their horizontal size of Salföld, as a function of their avarage horizontal size. B. Realiability K. Correlation coefficient S. Error varience

**Figure 23:** The depths of the pipes, developed on boulders smaller than 1.5 m<sup>2</sup> in their horizontal size of Salföld, as a function of their avarage horizontal size. B. Realiability K. Correlation coefficient S. Error varience

**Figure 24:** The depths of the pipes, developed on boulders bigger than 1.5 m<sup>2</sup> in their horizontal size of Salföldas a function of their avarage horizontal size. B. Realiability K. Correlation coefficient S. Error varience

Figure 25: The development of some pseudokarren forms of the blockfields

Legend: a. The development of the forms, with different grain size. b. The development of the form if they develop in fine-grain conglomerate and sandstone. c. The development of the form, if it develops in such two fine-grain conglomeratal beds, which are separated by a sandstone band. d. The development of the forms if the dip direction of the surface of the boulder and the dip direction of the different size-grain beds differ from each other by 90°. e. Steps can develop if between the dip direction of the surface of the boulder and the dip direction of the different size-grain beds are differ from each other by 180°. f. Solutional notches, pockets, tafonis can develop if the dip direction of the wall of the boulder and the dip direction of the different size-grain beds differ from each other by 180°. I. Original state II. Current state fa. From above. p: Profile, 1. Sandstone 2. Fine-grain conlomerate 3. Medium-grain conglomerate 4. Precipitated silica 5. Soil, non-cementated material 6. Joint 7. The dip of the boulder 8. The lake of the kamenitza 9. Outflowing water 10. Water percolating into the rock 11. Water drainage from the boundary surface to the boulder, drainage from the boulder 12. Kamenitza has gently side 13. Kamenitza has steep side 14. The bottom of the karrenform 15. Pipe 16. Inner kamenitza 17. Assymetrical kamenitza 18. Rinnen 19. Assymetrical rinnen 20. Pseudokarren 'inselberg' 21. Ridge 22. Original surface 23. Solutional notches, pocket, tafoni 24. The site of the cross section

## Pictures

**Picture 1:** Simple, plain floor kamenitzas: with vegetation on their floor, rinnen lead to the right one (Szentbékkálla)

**Picture 2:** Simple kamenitzas, with decantation rinnen (Szentbékkálla) Legend: 1. Kamenitza 2. Decantation rinnen 3. Inselberg

**Picture 3:** Asymmetrical kamenitza (Szentbékkálla) Legend: 1. "Feeding" rinnen 2. Decantation rinnen 3. Joint 4. Alga cover 5. Solutional residue

Picture 4: Kamenitza with wavy margin (Szentbékkálla) Legend: 1. Partial kamenitzas 2. Ridges

Picture 5: Complex kamenitza (Szentbékkálla)

Picture 6: Complex uvale kamenitza (Szentbékkálla) Legend: 1. Partial kamenitzas 2. Inner kamenitzas

Picture 7: Repeatedly complex kamenitza (its map is presented on the figure 8, Szentbékkálla)

Picture 8: Pipes on a boulder of the Salföldblock field

Picture 9: Simple pipe (Salföld)

Picture 10: Complex uvala pipe (Salföld)

Picture 11: Sandstone polygonal form (Szentbékkálla)

**Picture 12:** Pseudokarren "inselberg" (Szentbékkálla) Legend: 1. Inselberg 2. Kamenitza

Picture 13: Marginal "inselberg" (Kővágóörs)

Picture 14: Truncaed "inselberg" (Kővágóörs)

Picture 15: Series of medium-size solution platforms (Szentbékkálla)

**Picture 16:** Large solution platform on a boulder (seen in figure 14), with a big kamenitza on its bottom (legend is in figure 13, Szentbékkálla)

**Picture 17:** Pockets on the side of boulder (Szentbékkálla) Legend: 1. Pockets 2. Solution platform

Picture 18: Tafoni of the side of the boulder, see figure 13 (legend is in figure 13)

Picture 19: Kamenitza developed near rinnen and on the margin of a boulder (Szentbékkálla)

Legend: 1. Accessory kamenitza 2. Decantation rinnen of accessory kamenitza 3. Kamenitza 4. Low margin of kamenitza 5. Rinnen near boulder 6. Side of boulder 7. Decantation rinnen of kamenitza

# IRODALOM

- ANDRFICHUK, V. ERASO A. (1996): Karren landforms on the Artificial Salt Massives in the Ural area.
   In: Fornos, I. J. Gines, Á. (szerk.): Karren Landforms, p. 243-252. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- ANELLI, F. (1973): Nuove osservazioni sui fenomeni carsici, paracarsici e pseudo-carsici Le Grotte D'Italia, S. 4. vol. IV. p. 165-197, Bologna.
- BALOGH K. (1992): Szedimentológia III. Akadémiai Kiadó, Budapest
- BARTRUM, J. A. MASON, P. A. (1948): Lapiez and solution pits in basalts at Hokianga, New Zealand New Zealand J. Sci. Technology **30** B, p. 165-172.
- BÖGLI, A. (1960): Kalklösung und Karrenbildung Zeits. f. Geomorph. N. E. Supl. 2. p. 4-21.
- BUDAI T. CSILLAG G. (1999): A Balaton-felvidék földtana (Magyarázó a Balaton-felvidék földtani térképéhez, 1:50000) Magyarország tájegységi térképsorozata MÁFI 197.
- BULLA B. (1954): Általános természeti földrajz II. köt. Tankönyvkiadó, Bp.
- BROOK, G. A. FEENEY, T. P. (1996): Morphology and denudation of quartize and limestone pavements in Southern Afric and North America: area they small scale versions of labyrinth karst?
  In: FORNOS, I. J. GINÉS, A. (szerk.): Karren Landforms p. 25-39, Universitat de les Illes Belears, Palma de Mallorca
- CALAFORRA, J. M. (1996): Some examples of gypsum karren In: Fornos, I. J. Gines, A. (szerk.): Karren Landforms, p. 253-260. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- CHALCRAFT, D. PYE, K. C. (1984): Humid tropical weathering of quartzite in southeastern Venezuela Zeits. Geomrph. 28. p. 321-332.
- CHOLNOKY J. (1929): Magyarország földrajza A Föld és élete, VI. köt., Franklin Társulat, Budapest
- COLVEÉ, P. (1973): Cuave en Cuarcitas en el Cervo Autana, Territorio Federal Amazonas Bol. Soc. Venezolana Espel 4., p. 5-13.
- CVIJIÈ J. (1924): The evolution of lapiés a study in karst physiography, Geogr. Rev. XIV, p. 26-49.
- DYGA, R. T. SZÉKELY K. ZAWIDZKI, P. (1976): A venezuelai Sarisariñama-fennsík homokkőaknái Karszt és Barlang I-II. p. 43-46.
- DZULYNSKI, S. T. KOTARBA, A. (1979): Solution pans and their beahaving on the development of pediments and tors in granite Zeits. f. Geomorph. 23. p. 171-191.
- EMSZT K. (1911): Balatonmelléki kőzetek, vizek és gáz chemiai elemzése A Balaton Tud. Tanulm. Ered. I. köt. VIII. fej. Bp. p. 1-17.
- ESZTERHÁS I. (1987): A Szentbékkállai Kő-hegy homokkőbarlangjai Alba Regia BKCS. Évi Jel. Kézirat
- GOUDIE, A. S. MIGON, P. (1997): Weathering pits in the Spitzkoppe Area, Central Namib Desert Zeits. f. Geomorph. 41. p. 417-444.
- GYÓRFFY D. (1957): Geomorfológiai tanulmányok a Káli-medencében Földr. Ért. VI. p. 265-299.
- HEDGES, J. (1969): Opferkessel Zeits. für Geomorph. 13. p. 22-55.
- JAKUCS, L. (1971): A karsztok morfogenetikája Akadémiai Kiadó, Bp.
- KALMÁR J. (2000): Vékonycsiszolatok ásványtani analízise Kézirat, MÁFI
- KENNEDY, G. C. (1950): A Portion of the System Silica Water Econ. Geol. 45. p. 629-653.
- KLAER W. (1956): Verwitterungsformen im Granit auf Korsika Erdunde 11 p. 150-156.
- KRAUSKOP, K. B. (1956): Dissolution and precipitation of silica at low temperatures Geochim. Cosmochim. Acta, 10 1-26.
- Lóczy L. (1913): A Balaton környékének geológiája és morfológiája A Balaton Tud. Tanulm. Eredm. I. köt. I. rész, 1. szakasz. Budapest

- MACALUSO, T. SAURO, U. (1996): The Karren in Evaporitic Rocks: a proposal of classification In: Fornos, I. J. – Gines, Á. (szerk.): Karren Landforms, p. 277-293. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- MARKER, M. E. (1976): Note on some South African pseudokarst Bol. Soc. Venezolana Espel. 7. p. 5-12.
- MOREY, G. W. FOURNIER, R. O. ROWE, J. J. (1962): The Solubility of Quartz in water in the temperature interval from 20 to 300 °C – Geochim. Cosmochim. Acta, 26. p. 1029-1043.
- MOREY, G. W. FOURNIER, R. O. ROWE, J. J. (1964): The Solubility of Amorphous silicia at 25 °C J. Geophys. Res. 69. 1995-2002.
- RASMUSSON, G. (1959): Karstformen im Granit des Fichtelgebirges Die Höhle, 1. p. 12-24.
- ROBINSON, D. A. WILLIAMS, R. B. G. (1992): Sandstone weathering in the High Atlas, Marocco Zeits. f. Geomorp., p. 413-429.
- SIFFERT, B. (1962): Quelques reactions de la silice en solation: I a formation des argiles Mémoires du service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine, 21., p. 50-75.
- SIEGEL, F. R. MILLS, J. P. PIERCE, J. W. (1968): Aspectos petrograficos y geoquimicos de espeleothemas de opalo y calcita de la Cueva de la Bruja Mendoza Republica Argentina. – Revista Assoc. Geol. Argentina, 23. p. 5-19.
- SIEVER, R. (1962): Silica solubility, 0-200 °C, and diagenesis of siliceous sediments J. Geol. 70, p. 127-150.
- SZABLYÁR P. (1981): Az Umm Masabih-barlang morfogenetikája Karszt és Barlang I.-II. p. 27-34.
- SZCERBAN, E. URBANI, F. (1974): Carsos de Venezuela 4. Formas Carsicas en Areniscas Precambricas del Territorio Federal Amazonas y Estado Bolivar. Bol. Soc. Venezolana Espeleol. 5. p. 27-54.
- THIRY, M. BERTRAND AYRAULT, M. (1988): Les gres de Fontainebleau: Genese par écoulement de nappes phréatiques lors de l'entaille des vallées durant le plio-quaternaire et des phénomenes connexes – Bull d'information des Géologues de Bassin de Paris 25 p. 25-40.
- VERESS M. SZABÓ L. ZENTAI Z. (1998): Mésztartalomhoz köthető felszínfejlődés a Kőszegihegységben – Földr. Ért. XLVII. p. 495-514.
- VERESS M. KOCSIS Zs. (1996): A Szentbékkállai kőtenger madáritatóinak morfogenetikai csoportosítása – Proceeding 6<sup>th</sup> International Symposium on Pseudokarst p. 90-97. Galyatető
- VERESS M. SZABÓ L. (2000): Adalékok a dolomit térszínek formáinak morfogenetikájához Földr. Ért. XLIX. p. 13-26.
- WHITE B. W. (1988): Geomorphology and Hydrology of karst terrains Oxford University Press, New York
- WHITE B. W. JEFFERSON, G. L. HAMAN, J. F. (1966): Quarzite Karst in Southeastern Venezuela Internatl J. Speleol. 2, p. 309-314.
- WHITE, D. E. BRANNOCK, W. W. MURATA, K. S. (1956): Silica in hot spring waters Geochim. Et Cosmochim Acta, 10, p. 27-59.

A szerző címe: (Author's address):

PROF. DR. VERESS Márton Berzsenyi Dániel Főiskola H–9700 Szombathely Károlyi Gáspár tér 4.