

GYÖRKÖS DOROTTYA

Geológus MSc

Viharüledék és/vagy kalkrét?

**Eseményszerű közbetelepülések a gerecsei felső triászban
(Tardosbánya, Gerecse)**

Tudományos Diákköri Kutatómunka



Témavezető: MINDSZENTY ANDREA (ELTE TTK)

Konzulens: HIPS KINGA (ELTE TTK)

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Természettudományi Kar

Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

Budapest, 2012. 12. 14.

TARTALOMJEGYZÉK

1.	Bevezetés.....	3
2.	Földtani háttér	4
2.1.	Gerecse hegység	4
2.2.	Vöröshídi-kőfejtő	6
2.3.	Nyerges-hegy	7
3.	Vizsgálati módszerek	8
4.	Vizsgálati eredmények	9
4.1.	Terepi megfigyelések	9
4.1.1.	Nyerges-hegy	9
4.1.2.	Vöröshídi-kőfejtő.....	10
4.2.	Vékonycsiszolatos vizsgálatok.....	15
4.2.1.	Megfigyelések.....	15
4.2.1.1.	Nyerges-hegy, Nyerges1. csiszolat	15
4.2.1.2.	Vöröshídi-kőfejtő, 12/10/09/1 csiszolat.....	18
4.2.1.3.	Vöröshídi-kőfejtő, 12/10/09/2a csiszolat	20
4.2.1.4.	Vöröshídi-kőfejtő, 12/10/09/2b csiszolat.....	23
4.2.2.	A csiszolatok értelmezése.....	26
4.2.2.1.	Nyerges-hegy,1.	26
4.2.2.2.	Vöröshídi-kőfejtő, 12/10/09/1.....	28
4.2.2.3.	Vöröshídi-kőfejtő, 12/10/09/2a és 12/10/09/2b	28
4.2.3.	Katódlumineszcens vizsgálatok.....	30
4.2.4.	Csiszolatfestés.....	32
5.	Diszkusszió.....	33
5.1.	Irodalmi áttekintés.....	33
5.1.1.	Viharüledék	33
5.1.2.	Kalkrét	35
5.2.	Összefoglalás.....	37
6.	Köszönetnyilvánítás	39
7.	Irodalomjegyzék.....	40

1. Bevezetés

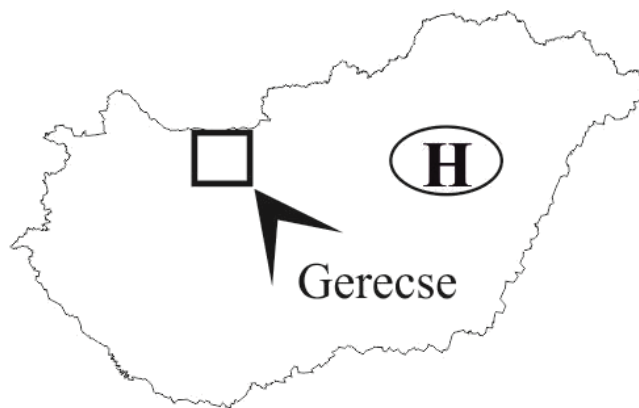
Dolgozatomban két gerecsei felső-triász szelvény eseményszerű közbetelepüléseit vizsgáltam. A kutatás 2011 nyarán kezdődött, amikor a gerecsei terepgyakorlat során a Nyerges-hegyen keresztlemezes szerkezetet figyeltünk meg csapattársaimmal, Fülöp Katalinnal és Havril Tímeával (FÜLÖP et al., 2011). A keresztlemezes réteg 10–20 cm vastagságú. Az alatta és felette települt finomabb szemcsés, nem keresztlemezes mészkőhöz képest nagyobb energiájú közegre utal. Kezdetben árapály-csatornára gyanakodtunk, ám ezt a feltárás kis mérete miatt a terepen sem bizonyítani, sem cáfolni nem tudtuk. Az itt gyűjtött mintákból készült csiszolatban durvatörmelékes mikroréteget figyeltünk meg. Hasonló durvatörmelékes réteget írtak le a Vöröshídi-kőfejtőben (MINDSZENTY, 1998), ezért úgy döntöttünk érdemes lenne a kettőt összehasonlítani.

A feltárásokban gyűjtött mintákból csiszolatokat készítettem, melyek részletes petrográfiai leírása és katódlumineszcens vizsgálatok során több értelmezési lehetőség is felmerült. Dolgozatomban igyekeztem az egyes lehetőségeket a kapcsolódó irodalom áttanulmányozásának segítségével alátámasztani, illetve megcáfolni.

2. Földtani háttér

2.1. Gerecse hegység

A Gerecse (1. ábra) a Dunántúlon fekszik, északról a Duna, nyugatról a Váli-víz, délről a Zsámbéki-medence, keletről a Kenyérmezői- és Aranyhegyi-patak határolja.



1. ábra, Gerecse elhelyezkedése, Fodor & Bada kéziratós térképe, 1998

A hegység fejlődéstörténetével, képződményeivel és szerkezeti felépítésével sokan foglalkoztak, az ötvenes évektől kezdve több átfogó monográfia is készült. Jelen munkában nem célom e monográfiák részletes bemutatása, ellenben igyekeztem a dolgozat témája szempontjából kiemelkedő jelentőséggel bíró felső-triász és alsó-jura fejlődéstörténetre koncentrálni.

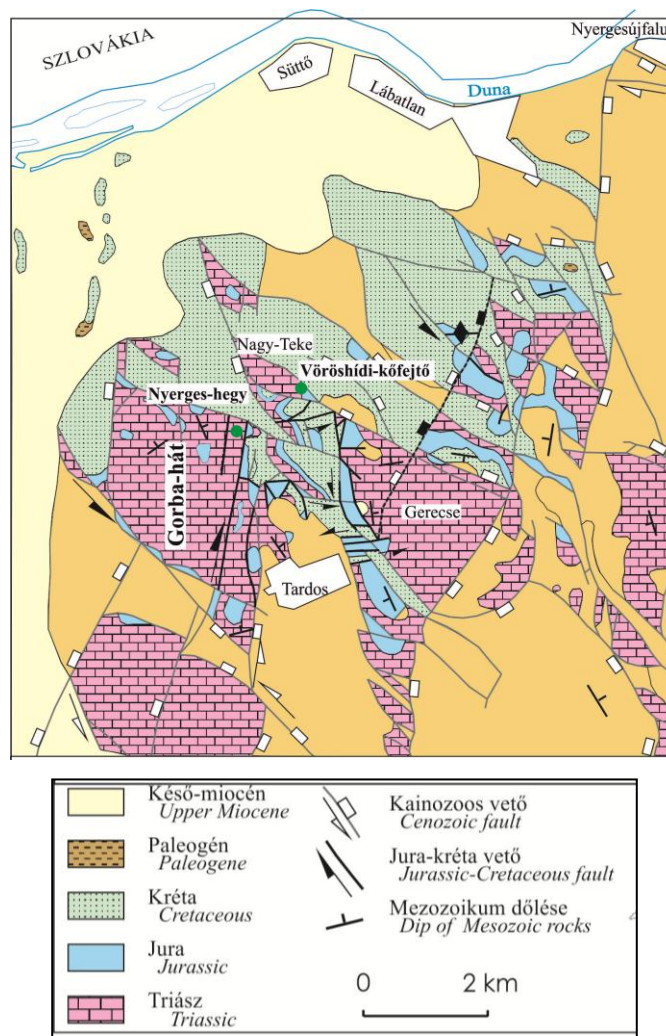
A hegység legidősebb képződményei felső-triász korúak, melyek litológiai és őslénytani vizsgálatait, valamint a hegység késő-triász fejlődéstörténetének értékelését elsőként VÉGHNÉ (1960) végezte el. A triász végi, gyorsan süllyedő sekélytengeri karbonátplatform rétegsorában három üledékciklust különített el: egy dolomit, majd egy dolomitos mészkő, végül egy mészkő összletet. Ezt követően HAAS (1987) vizsgálta meg részletesebben a nori és rhaeti emeletek rétegsorát, elkülönítve egymástól a Fődolomit Formációt, az átmeneti egységet és a Dachsteini Mészkő Formációt.

A képződmények lofer-ciklusos felépítésűek: árapályöv fölötti A, árapályövi B és árapályöv alatti C tagokból állnak (FISCHER, 1964). A Dachsteini Mészkő felső

részén a B-tag gyakran hiányzik, mely arra utalhat, hogy a terület a tengerelőntések során szinte azonnal az árapály alatti övbe került, illetve az is elképzelhető, hogy az intenzív bioturbáció miatt a mikroba-szőnyeg nem maradt meg (HAAS, 1987).

A triász végén, jura elején a Tethyst szegélyező platform feldarabolódott, a hegység D-i, DNY-i és NY-i részei kiemelkedtek, más területek, blokkok lezökkentek. Ez egyes területeken csak kisebb réteggymaradással járt, máshol nagyobb üledékhézagot eredményezett. Ezt követően jelentős tengerszint emelkedés következett, a legnagyobb vízmélység a középső-jura végére, a radiolarit képződésének idejére tehető. A változatos, ősmaradványokban gazdag jura rétegsor a gyakori tengerszintváltozások következtében alakult ki, mely képződmények részletes leírását CSÁSZÁR et al. készítették el 1998-ban.

A vizsgált feltárások a Nyugati Gerecsében, a Gorba-háttól északkeletre, a Nyerges-hegyen és a Vöröshídi-kőfejtőben találhatóak (2. ábra). A vizsgált rétegek a Dachsteini Mész-kő Formációba tartoznak. A Nyerges-hegyi rétegsor nem teljes, így az ottani réteg korának meghatározása nem lehetséges. Ezzel szemben a Vöröshídi-kőfejtő rétegsora alapján a törmelékeny réteg a rhaeti emelet felső harmadára tehető.



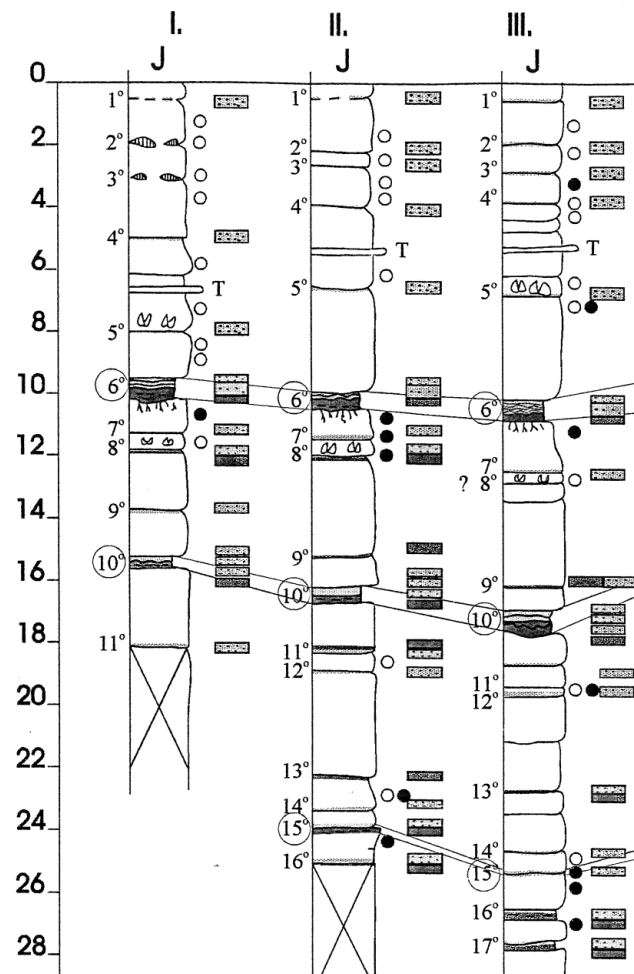
2. ábra, Az általam vizsgált feltárások pontos helyszíne, Fodor & Bada kéziratos térképe, 1998

2.2. Vöröshídi-kőfejtő

A Vöröshídi-kőfejtő a Nyugati-Gerecsében, a Malom-völgy keleti oldalán a tardos-süttői országút mentén található. 1997-ben LANTOS a térség liász lejtőfáciéseinek vizsgálatakor a Vöröshídi-kőfejtő rétegsorát részletesen elemezte. A feltárásban jól vizsgálható a triász-jura kontaktus. A *Megalodus*okat tartalmazó erodált triász felszínre látszólag szögeltérés nélkül települ a liász rétegsor. Legalsó részében sekély és mozgatott vízi környezetre jellemző üledékek, felfelé haladva egyre mélyülő aljzatra utaló, *Crinoideák*ban bővelkedő, hemipelágikus mészkövek jelentkeznek. A liász rétegsor alján

egyes sávokban gyakoriak a radiaxiális kalcittal bélelt, laminált belső üledékekkel kitöltött valószínűleg oldási eredetű üregek. A rétegsor tetején szinszediment normálvetőket figyeltek meg, melyek dőlését 185/45°-osnak, valamint 160/60°-osnak mérték (LANTOS, 1997).

A kőfejtő pontos rétegsorát a 3. ábrán láthatjuk (MINDSZENTY, 1999). Itt az általam vizsgált réteget tempesztitként határozták meg (nagy T betű mutatja).



3. ábra, Vöröshídi szelvények, Mindszenty, 1999

2.3. Nyerges-hegy

LANTOS kutatásai során (1997) a Nyerges-hegyet is érintette, melyről a következő modellt állította fel: a hegyoldalt felépítő Dachsteini Mészko rétegeinek keleti elvégződésénél tektonikus kontaktus (20-200°-os csapás) mentén érintkezik a vele egy szintbe levett jura üledékekkel. A kontaktust olyan oldalelmozdulásnak vélte, mely már

a liász során is aktív volt s a terciér során felújult. Szerinte az 1–2 km-t is elérő terciér elmozdulás miatt a pontos liász helyzet nem rekonstruálható.

A levetetlen szárnyon felhalmozódott rétegzetlen, áthalmozott üledéket hierlatzi fáciesű mészkőnek minősítette, melyet az *Ammonites* és *Brachiopoda* fauna alapján felső-szinemuri korúnak határoztak meg. A triász rétegekben gyakoriak az üledékes- és injekciós telérek.

3. Vizsgálati módszerek

A törmelékes rétegek eredetének tisztázása érdekében terepi megfigyeléseket végeztem és a kérdéses rétegekből mintákat gyűjtöttem. A vizsgálatom szempontjából fontos részletekről 5×5 mm-es és 5×7 mm-es vékonycsiszolatokat készítettem, melyeket Olympus BH2 kutatómikroszkóppal vizsgáltam. A lúminoszkópos megfigyeléseket MAAS – Nuclide ELM-3 típusú műszerrel végeztem. A Vöröshídi-kőfejtő 12/10/09/2b mintáját étetést követően kálium-ferricianid és alizarinvörös keverékéből álló oldattal festettem meg (DICKSON, 1966).

4. Vizsgálati eredmények

4.1. Terepi megfigyelések

4.1.1. Nyerges-hegy

A bevezetésben már említett keresztlemezes réteg a Nyerges-hegy déli oldalán, a nyereghez közel, a Dachsteini Mész-kő Lofer-ciklusának C-tagját képviselő réteg tetején helyezkedik el. Terepgyakorlati jelentésünkben részletes makroszkópos leírást adtunk: „A Nyerges-hegy déli oldalán a C-tag felső részén kereszttrétegzéshez hasonló üledékes szerkezetet figyeltünk meg, mely 10–20 cm-es vastagságban folytonosan követhető volt. A kőzet mállott felszínén észlelt szerkezetet apró, ooidszerű szemcsék alkotják, amelyek azonban a friss törési felületen makroszkóposan alig észlelhetők, ezért a jelenség további mikroszkópos vizsgálatokat igényel.” (FÜLÖP et al., 2011). A vizsgált réteget a 4. ábra mutatja.

Problémát okozott, hogy a Nyerges-hegy rétegsora nem teljes, a triász tetejének bizonyos része és a rá települő jura rétegek lepusztultak, így a vizsgált réteg triász/jura határhoz viszonyított helyzete nem határozható meg.



4. ábra, Keresztlemezes réteg a Dachsteini Mész-kőben, Nyerges-hegy

4.1.2. Vöröshídi-kőfejtő

A kőfejtőben MINDSZENTY és DEÁK által 1998-99-ben felvett I. szelvény vonalában húzódó nagy, meredek sziklafal felső harmadában, a II. szelvény felé néző oldalon (5. ábra) az 5-ös és 4-es rétegtani egységek között egy 4–5 cm vastagságú, főként világos klasztanyagú durvatörmelékes réteg figyelhető meg (8. ábra). A litoklasztok 3-15 mm nagyságúak. Közvetlenül a törmelékes réteg alatt vastag, Megaloduszos pad települ, melynek alsó része nagy mennyiségű, apró bioklasztot tartalmazó wackestone szövetű mészkő. A bioklasztok száma felfelé haladva egyre csökken, mudstone szövetet eredményezve. Ez folytatódik az általunk vizsgált réteg feletti 30 cm-ben is, majd ezt követően a bioklasztok mennyisége ismét megnő és wackestone szövetű mészkőként folytatódik a rétegsor.



5. ábra, I. szelvény vonalában megfigyelt törmelékes réteg helyzete, Vöröshídi-kőfejtő

A réteg a II. szelvény vonalához közel egy nagy sziklabordán ismét megtalálható (6. ábra), körben végigkövethető, 4–6 cm vastagságú réteggént tűnik fel. A klasztanyag kevésbé szögletes, jobban koptatott, lekerekített, ellipszoid átmetszetű szemcsékből áll. A litoklasztok (5-20 mm) többnyire világos, sárgás-fehér színűek (8. ábra). Az előző helyszínhez képest itt a klaszt/mátrix arány növekszik, azaz a klasztok

irányába tolódik el. Szövege tehát szemcsevázúként határozható meg. A 12/10/09/2a és 12/10/09/2b csiszolatok innen származnak.



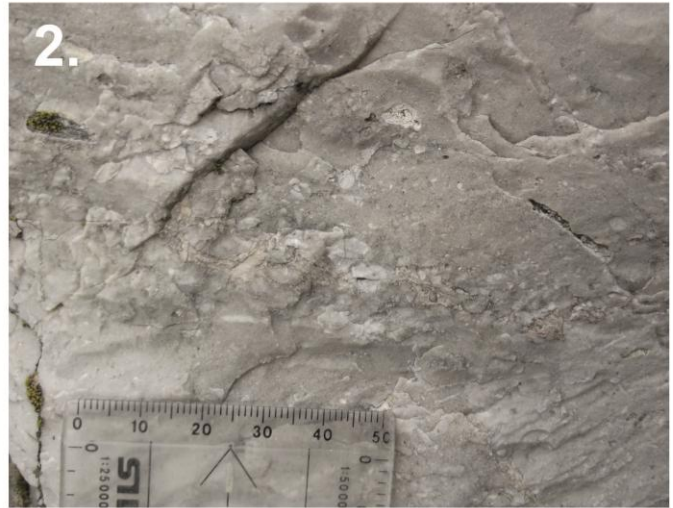
6. ábra, II. szelvény vonalában megfigyelt törmelékes réteg helyzete, Vöröshídi-kőfejtő

A II. és III. szelvény közötti kibukkanásban egy változó vastagságú (átlagosan 6 cm vastag), helyenként kivastagodó, máshol eltűnő réteg figyelhető meg (7. ábra), melyet különböző szemcsék alkotnak. Dominánsak a 2–3 mm széles, megnyúlt (1–1,5 cm hosszú), szögletes, fehér színű litoklasztok (9. ábra). Ezek többnyire rétegpárhuzamosan helyezkednek el, néhány darabot kivéve, melyek 25°-os szöget zárnak be. Ezen kívül jelentős mennyiségű 2–5 mm méretű, fekete breccsa darabok is előfordulnak. A réteg wackestone/packstone szövetű. A réteg alatt és felett apró bioklasztos, wackestone szövetű mészkő található. A 12/10/09/1 csiszolat innen származik.



7. ábra, A törmelékes réteg helyzete a II. és III. szelvény között, Vöröshídi-kőfejtő

I. és II. szelvények vonalaiban megfigyelt durvatörmelékes réteg



a

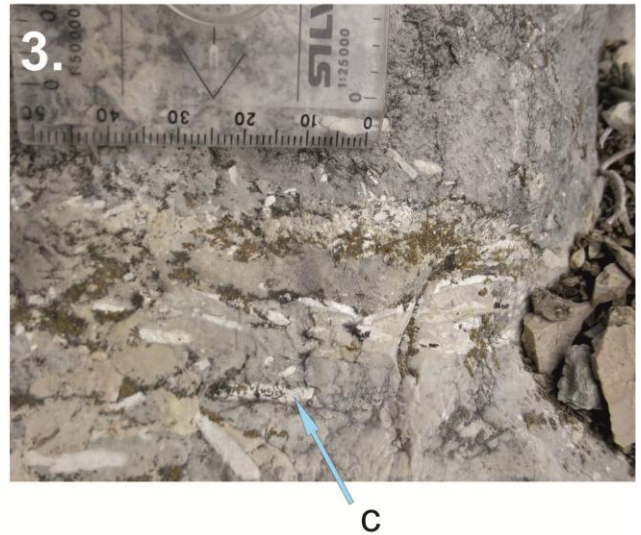
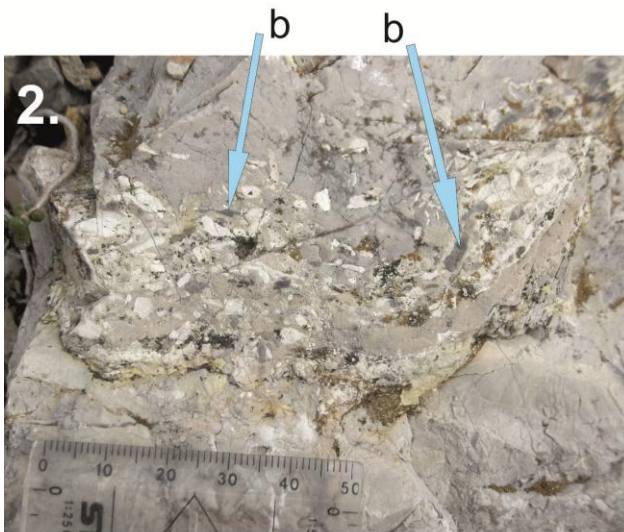
1.+2. kép: Vöröshídi-kőfejtő, I. szelvény vonalaiban

3. + 4. kép: Vöröshídi-kőfejtő, II. szelvény vonalához közel

A képeken jól látható a lapos, világos színű litoklasztokat tartalmazó közbetelepülés szemcsevázú szerkezete (a).

8. ábra, I. és II. szelvények vonalaiban megfigyelt durvatörmelékes réteg

II. és III. szelvény között megfigyelt durvatörmelékes réteg



- 1. kép:** A II. és III. szelvény közötti kibúvás, a megnyúlt szemcsék a rétegződéssel közel párhuzamosan rendeződnek el (a)
- 2. kép:** Jól láthatóak a fekete breccsa darabok (b). A szemcsesűrűség a rétegen belül változó: a kép jobb szélén csaknem összeérnek, míg a kép közepén elrendeződésük mátrixvázú
- 3. kép:** Feltűnő a megnyúlt, világos színű, a rétegződéssel lapos szöget bezáró szemcsék dominanciája (c)

9. ábra, II. és III. szelvény között megfigyelt durvatörmelékes réteg

4.2. Vékonycsiszolat vizsgálatok

4.2.1. Megfigyelések

A terepen gyűjtött mintákból összesen 4 csiszolat készült. Ezek kiválasztásakor arra törekedtem, hogy mind a vizsgálandó réteget, mind pedig a közvetlenül alatta illetve felette települt képződményeket részletesen megvizsgáljam.

4.2.1.1. Nyerges-hegy, Nyerges1. csiszolat

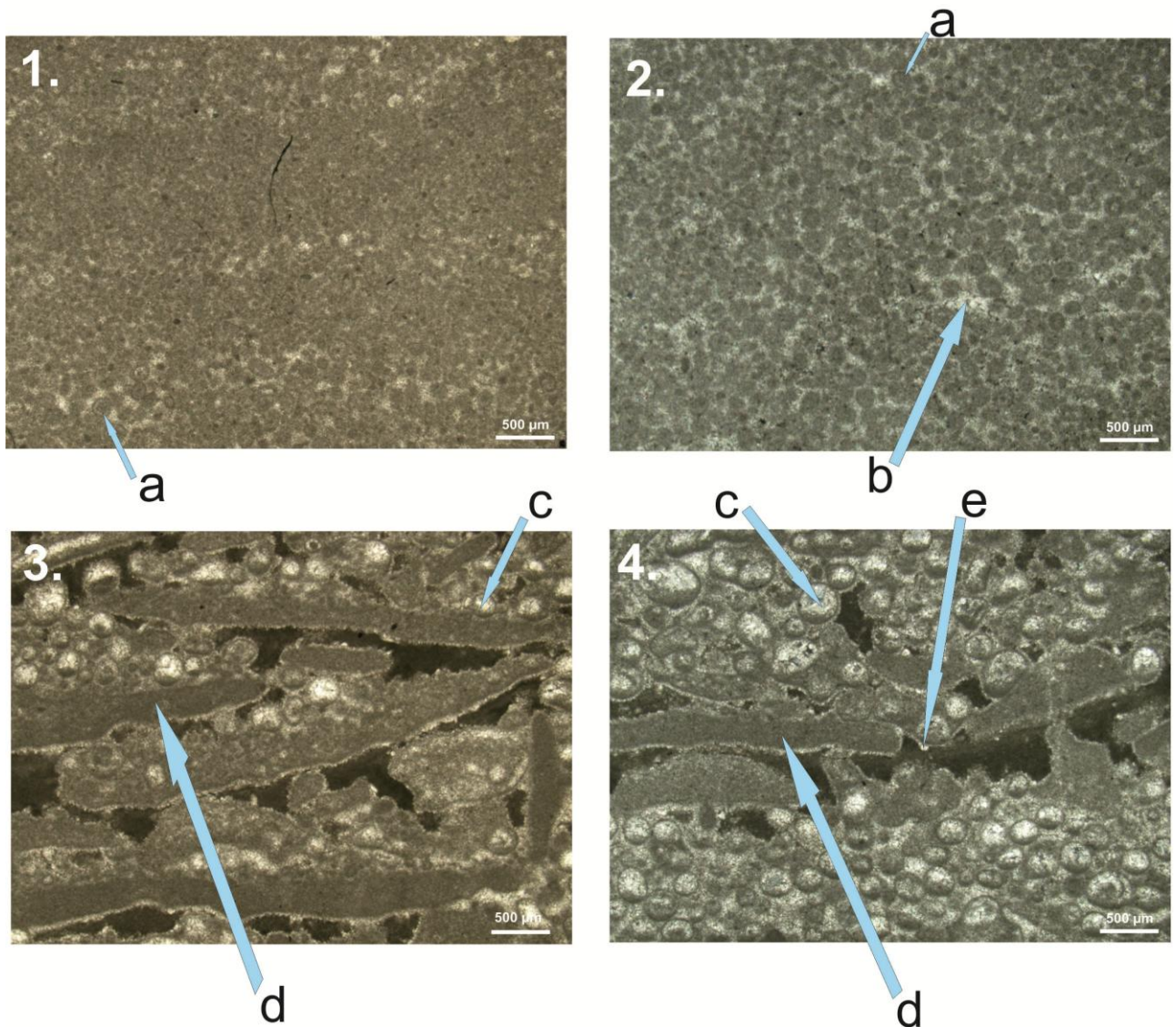
A minta alsó része uralkodóan 60–280 mikrométer méretű mikrites bekérgezett szemcsékből áll. Peremeiken mikrites burok látható. Néhol középen elhelyezkedő belső „mag” figyelhető meg, melyet koncentrikus héjak vesznek körbe (kezdetleges ooidok?). A szemcsék közti teret mikropát cement tölti ki. Felfelé haladva a szemcsék határvonala egyre elmosódottabbá válik, ugyanakkor egy-egy éles határu körátmetszetű szemcse is megjelenik az eltünedező szemcsékkel együtt (10. ábra, 1 és 2. kép). Némi gradáltság is megfigyelhető.

A fent leírt rétegre éles határral jól osztályozott, szemcsevázú üledék következik, melynek gömbded szemcséit (méretük 120–400 mikrométer) mikritfilm burkolja (10. ábra 3. és 4. kép). A szemcsék belsejét mikrit, mikropát, valamint pát tölti ki. A mikrit, szabálytalan eloszlásban, a pórusok alsó részén gyűlt össze („belső üledék”). Éles határral különül el a maradék pórussteret kitöltő cementtől: a szemcsék felső részének belső falán kivált aprószemcsés mozaikpáttól és a nagyobb kristályos mozaikpátos kalcit cementtől. Helyenként ezek a gömbded szemcsék is eltünedeznek. A szemcsék szegélyét apró mikropát kristályok veszik körbe. A szemcsék körül inhomogén módon csomós mikrit és mikropát keveredik, néhol nagyobb kalcitkristályok is előfordulnak.

A gömbded szemcsék között két sávban feldúsulva többé-kevésbé irányított, hosszúkás, enyhén koptatott, lapos klasztok, „kavicsok” jelentkeznek (10. ábra 3. és 4. kép). A „kavicsok” hosszúsága 1–7 mm. Belsejüket inhomogén eloszlásban csomós mikrit és mikropát tölti ki. A litoklasztok körül nagyon aprószemcsés szkalenoéderes vagy tűs/rostos kalcit cement vált ki. A köztes teret mozaikpátos

kalcit cement tölti ki. A litoklasztok környezetében nagyméretű (több miliméteres) üreg is előfordul. Falán kalcit cement vált ki, mely egyes helyeken izopach cementnek, másutt sztalaktit cementnek tűnik. Az üreget sötétbarna színű, mikrites belső üledék tölti ki. Ehhez hasonlót a körülötte levő körátmetszetű szemcsékben nem lehet látni. Az üreg valószínűleg egy későbbi (a litifikációt követő) szabálytalan repedés-hálózat része. Határa egyenetlen.

Nyerges1.



1. kép: Bekérgezett szemcsék (a), melyek határvonala bizonytalan körvonalú sávokban elmosódik, a szövet homogenizálódik (vagy mikrites mészszip rakódik rá?), 1N

2. kép: Bekérgezett szemcsék (a) között egy-egy későbbi oldási üreget kitöltő mozaikpátos kalcit cement figyelhető meg (b), +N

3. kép + 4.kép: Gömbded szemcsék (c) és irányított elrendeződésű lapos „kavicsok” (d), köztük későbbi oldási üreg, melynek falán kalcit (néhol sztalaktitnak tűnő) cement (e) vált ki, belsejét pedig mikrites üledék töltötte ki, 1N

10. ábra, Nyerges1 csiszolat, Nyerges-hegy

4.2.1.2. Vöröshídi-kőfejtő, 12/10/09/1 csiszolat

Ez a minta a Vöröshídi-kőfejtő durvatörmelékeny rétege alatt helyezkedik el. Anyagát uralkodóan inhomogén mikrit és mikropát alkotja, néhol gumós formában. A gumók színárnyalata világosabb barna, mint a minta nagyobb részét kitevő mátrix. A mintában tömegesen fordulnak elő az uralkodóan apró (10–200 mikrométer nagyságú), mikropát anyagú, kerekded foltok és a hajszálvékony, hullámos lefutású, hálózatszerű mikropátos repedések és az oldási üregek (11. ábra).

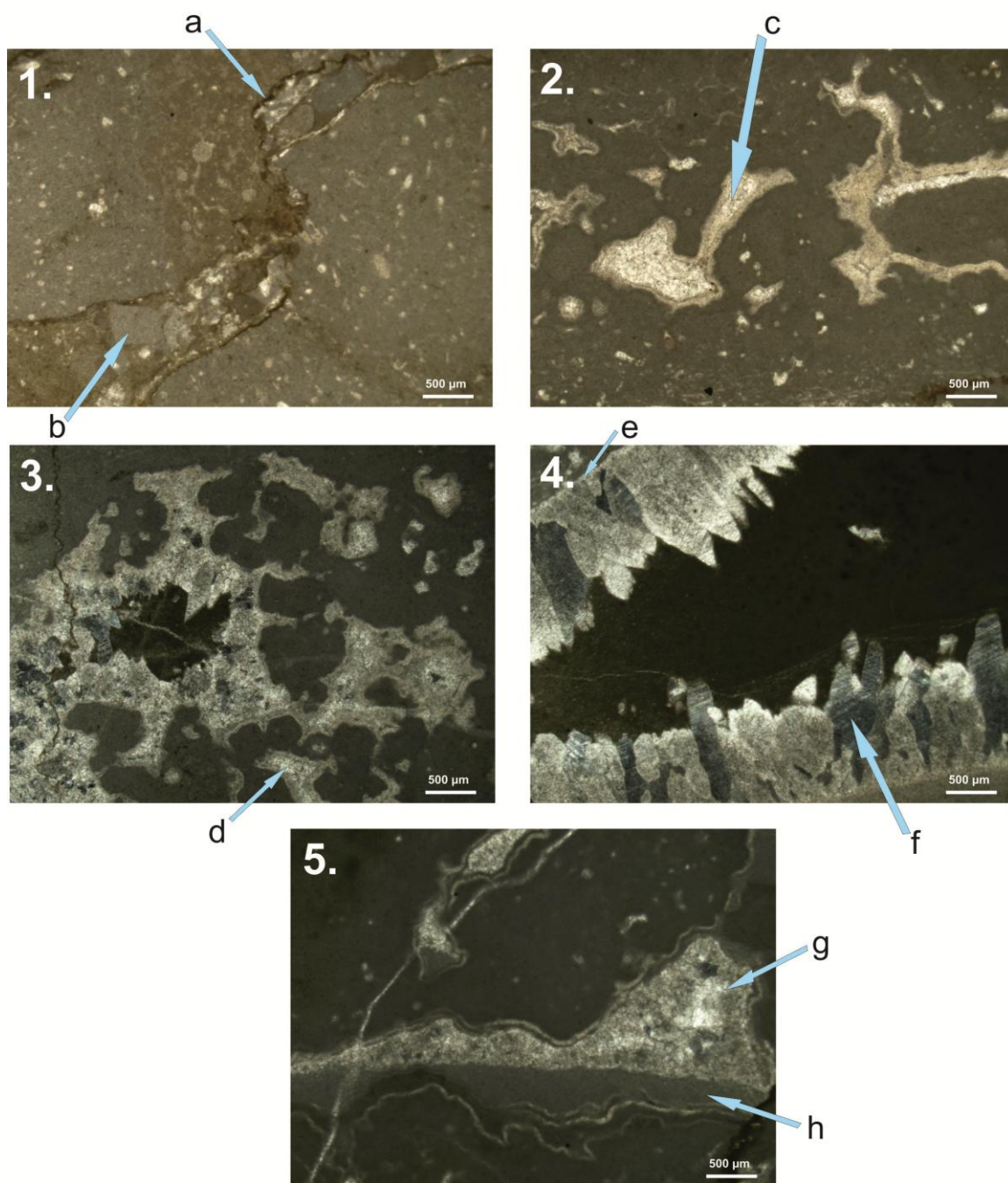
Itt is jellemzőek az átalakult, homogenizálódott szemcsék.

A gumók önállóulása a hajszálrepedésekkel egyidősnek feltételezhető, valószínű tehát, hogy létrejöttek a körkörös repedések kialakulásának köszönhető. A nagyobb repedéseket egyes helyeken a gumókból feltöredezett klasztok (nagyságuk körülbelül 100–600 mikrométer), másutt geopetális üledék tölti ki.

Gyakori, hogy a nagyobb üregek falán, a vékony repedésekben a repedésfalról két irányban fennőtt, két generációs kalcit cement elkülönül az üreg belsejét kitöltő mikrites belső üledéktől és mozaikpátos kalcit cementtől.

Az egész mintát nyomási oldódás során létrejött, hullámos lefutású sztilolitok szövik át (11. ábra, 1. kép).

12/10/09/1



1. kép: Hasadéküreg sztilolittal (a), benne a mikrites alapkőzetből leszakadt klasztokkal (b), 1N
 2. kép: Szabálytalan lefutású oldási üregek (gyökérnyomok vagy száradási repedések?), melyeket kalcit cement és gyakran belső üledék tölt ki (c), 1N
 3. kép: Szabálytalan lefutású oldási üregek (gyökérnyomok vagy száradási repedések?), melyeket kalcit cement és gyakran belső üledék tölt ki (d), +N
 4. kép: Belső üledékkel kitöltött üreg falán kialakuló korai mikropát (e), valamint ezen fennőtt szkalenoédes radiális kalcit cement (f), +N
 5. kép: Késői sztilolitosodás által „kihangsúlyozott” hasadék-jellegű üreg, melyet kalcit cement (g) és mikrites belső üledék tölt ki (h), +N

11. ábra, Közvetlenül a durvatörmelék réteg alatt települő, 12/10/09/1 számú csiszolat,
 Vöröshídi-kőfejtő

4.2.1.3. Vöröshídi-kőfejtő, 12/10/09/2a csiszolat

A minta alsó részén tömegesen fordulnak elő a nagyrészt mikrites, 50–350 mikrométer nagyságú szemcsék (peloidok, bekérgezett szemcsék, vagy ooidok? – 12. ábra). Elszórtan előfordul, hogy közepük mikropáttá, páttá alakult. Többségük szabálytalan alakú, peloidként értelmezhető, azonban néhány szemcsénél megfigyelhető, hogy egy sötétbarna színű, mikrites középső magot koncentrikus körök vesznek körbe (ooidok?). Ezek között gyakori, hogy csak a mag és a legkülső koncentrikus héj mikrites, míg a kettő között mikropátot találunk (lehet, hogy a mikritesedett bioklaszt eredeti szerkezete őrződött meg). Egyes részeken a szemcsék határa elmosódik. A bioklasztok száma csekély, főként a *Triasina hantkeni* (FÜLÖP, 1975 nyomán) fordul elő, mérete: 450–700 mikrométer (12. ábra, 4. kép). Szabályos, kör átmetszetét koncentrikus mikritfilm veszi körbe. Több példányon is kezdeti átkristályosodás figyelhető meg. Ezen kívül egy-egy mikrites burokkal körbevett kagylóhéj-töredéket is megfigyeltem. A bioklaszt kioldódásával kialakult biomold porozitást mozaikpátos kalcit cement töltötte ki. Kevés, *Gastropoda* is előfordul. Az egyik csiga belsejét mikrit, valamint mozaikpátos kalcit cement tölti ki. A mikrites belső üledék anyaga a litoklasztok anyagához hasonló. A bioklaszt mikritfilmes bevonata egy helyen megszakad, és a már említett kalcit cement áthatol rajta. Egy másik, inhomogén eloszlású mikritfilmmel körbevett csiga belső üregét peloidok, csomós mikrit, mozaikpátos kalcit cement és egy 480 mikron hosszúságú *Langella* foraminifera (FLÜGEL, 2010 nyomán) töltik ki (12. ábra, 1. kép). A belső mikrites héj ennél a példánynál is egy helyen beszakadt, ahol a kalcit cement behatolt a ház belsejébe. A kioldódott héj helyén maradt üreget ugyanez a mozaikpátos kalcit töltötte ki. Elszórtan előfordul egy-egy *Ostracoda* (hossza: 1-2 mm, szélessége max. 1 mm). Az *Ostracodáknál* gyakori, hogy a két teknő együtt maradt. A teknő átalakult, inhomogén eloszlásban mikritesedett illetve bizonyos részeken feloldódott. A peloidokon és bioklasztokon kívül elszórtan litoklasztok is jelentkeznek. A sötétbarna színű, koptatott törmelék darabokat inhomogén eloszlásban, néhol sötétebb csomókba rendeződő mikrit alkotja, melyben gyakoriak a mikropáttal kitöltött, szabálytalan illetve néhol szabályos kör alakú apró repedések, illetve pórusok.

Ezt követi egy litoklasztokban gazdag réteg. A litoklasztok rosszul osztályozottak (nagyságuk 600 mikrontól 6 mm-ig terjed), anyaguk nagyrészt megegyezik a fentebb leírt litoklasztokkal. Itt azonban a nagyobb méretűek pórusait mozaikpátos kalcit cement tölti ki. A rosszul osztályozott bioklasztok száma és mérete is megnő. Sok *Bivalvia*-teknő, *Ostracoda* héjtöredék, foraminifera (*Triasina hantkeni*) valamint *Gastropoda* fordul elő. A kagylók teknője átalakult, mozaikpátos kalcit cement tölti ki, mikritfilm burkolja. A szemcsék körül a szkaloenoédes kalcit cement többnyire folytonos, izopach „bevonatként” figyelhető meg, másutt az egyedi kristályokat „kutyafog” cement veszi körbe. Az intergranuláris pórustérben mozaikpátos kalcit, valamint laminált mikrites belső üledék található (12. ábra, 5. kép). Egyes szabálytalan alakú, bioklasztok és litoklasztok alatt megmaradt üregben „shelter-porozitás” is megfigyelhető, melyet ugyancsak mozaikpátos kalcit cement töltött ki (12. ábra, 3. kép). Peloidok is előfordulnak, ám az alatta levő sávhoz képest kisebb mennyiségben.

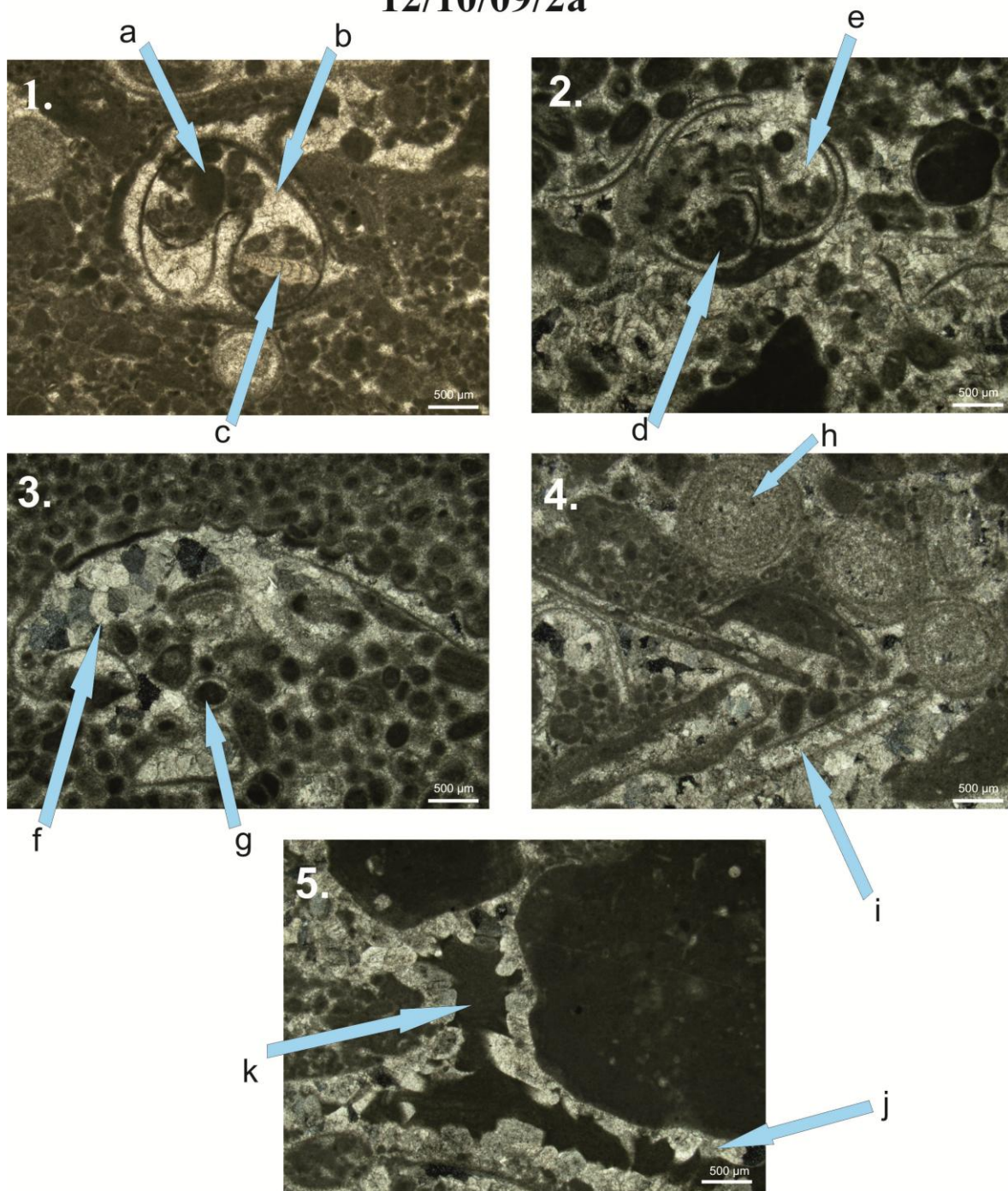
Az említett réteget megszakítja egy vékony, tömegesen bekérgezett szemcséket tartalmazó mikroréteg, melyek között mikropátos cement van. A szemcsék úgy rendeződnek csoportokba, mintha klasztok lennének. A köztük lévő teret durvább szemcsés, mozaikpátos kalcit tölti ki.

A megszakítást követően folytatódik a rosszul osztályozott litoklasztokat és bioklasztokat tartalmazó sáv annyi különbséggel, hogy itt a szemcsék közötti teret a mikropátos és mozaikpátos kalcit cement teljesen kitölti, azaz belső üledék nem fordul elő.

A minta tetején a legalsó részhez hasonlóan a sűrűn elhelyezkedő bekérgezett szemcsék dominálnak. Elszórva található egy-két apró litoklaszt valamint bioklaszt. A bioklasztok itt már teljesen átkristályosodtak. A szemcsék közötti teret mikropát tölti ki.

A csiszolatban a bioklasztokat kitöltő mikrites üledékek és a kalcitos cementfázisok közötti határok (a libellák) orientációja nem egyirányú. A belső üledék egyes helyeken a bioklasztok tetején, máshol a bioklasztok alsó részén figyelhető meg. Az eltérő kitöltési irányok alapján arra következtethetünk, hogy a bioklasztok nem eredeti helyzetben vannak.

12/10/09/2a



1. kép: Gastropoda csomós mikrites belső üledékkel (a), mozaikpátos kalcit cementtel (b), foraminiferával (c), 1N
 2. kép: Gastropoda inhomogén mikrites belső üledékkel (d) és mozaikpátos kalcit cementtel (e),+N
 3. kép: Mollusca-héjtöredék mozaikpátos kalcit cementtel (shelter porozitás, f), körülötte bekérgezett szemcsék (g),+N
 4. kép: Foraminiferák (*Triasina hantkeni*, h) és Mollusca-töredékek (i),+N
 5. kép: Klasztok közöttük levő kalcit cementtel (j) és belső üledékkel (k),+N

12. ábra, Durvatörmelékes rétegből készült 12/10/09/2a csiszolat, Vöröshídi-kőfejtő

4.2.1.4. Vöröshídi-kőfejtő, 12/10/09/2b csiszolat

A minta alsó részén dominálnak az előző csiszolatban jellemzett mikrites szemcsék (13. ábra 4. kép). A bioklasztok is megegyeznek, kevés teljesen átkalcitosodott foraminifera (*Triasina hantkeni*) és *Ostracoda* figyelhető meg. Alakjukat csomós mikrit jelöli ki. Elszórtan *Gastropodák*at is találunk (13. ábra, 1. kép). Az egyik esetben a kioldódott csigahéj helyén keletkezett üreget kalcit tölti ki, a csigaház belső üregében pedig csomós mikrit van. Egy másik, hasonlóképpen kioldódott és kalcittal cementált csigaház egykori héja egy helyen beszakadt. A szakadáson keresztül a ház belsejébe csomós mikrites üledék került, melyben apró kalcittal kitöltött pórusok láthatóak. Másutt egy csigaházban, ahol a héj nem szakadt meg, biomold porozitást kitöltő kalcit cementet figyelhetünk meg. Olyan csigaházat is megfigyeltem, ahol a házat kívülről csomós mikrites „felhő” veszi körbe. Mindezeket a szemcséket mikropát cement veszi körbe, a maradék teret mozaikpátos kalcit tölti ki. Kevés litoklaszt is megjelenik.

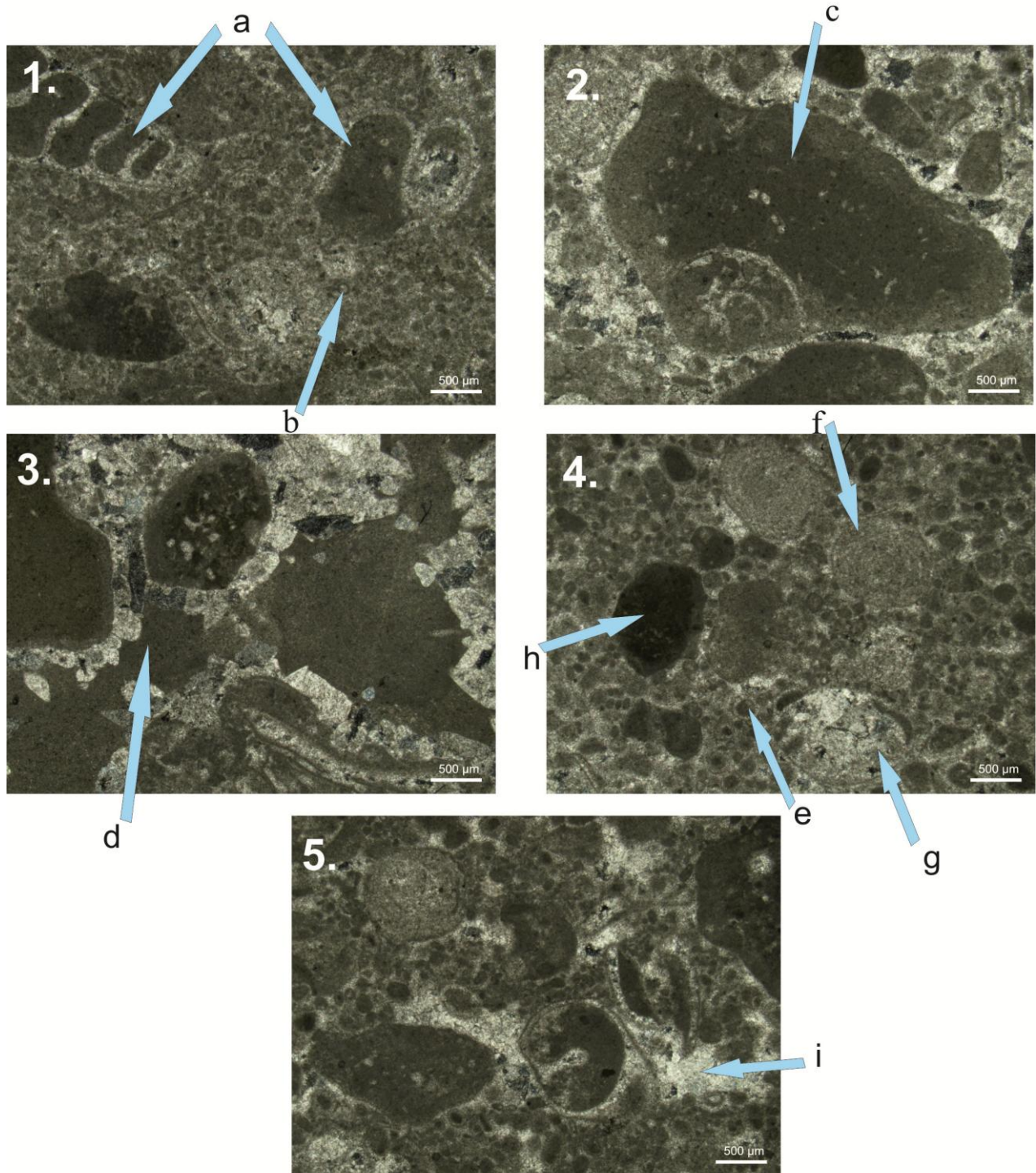
E szint fölött a litoklasztok mérete és száma megnő. Gyakori bennük a szabálytalan alakú, póruskitöltő mikropát és nagyobb kalcitkristályok is megfigyelhetők. Előfordulnak köztük csomós mikritet és kalcitosodott bioklaszt-töredékeket tartalmazó litoklasztok is. Az egyik litoklasztban apró *Mollusca*-héj található (13. ábra, 2. kép). Egyes szemcsék színe sárgás-vöröses. A szemcsék körül aprószemcsés izometrikus, valamint szkalenoéderes kalcit kristályok váltak ki. Az maradék intergranuláris teret mozaikpátos kalcit és laminált, mikrites belső üledék tölti ki (13. ábra, 3. kép). Elszórtan egy-két, olyan bioklaszt is előfordul, melynek intergranuláris porozitását belső üledék tölti ki.

A réteget egy határozott sávban bekérgezett-szemcsés közbetelepülés szakítja meg. A bioklasztok száma itt hirtelen megnő. A foraminiferák (többnyire *Triasina hantkeni*) vázát szabályos, koncentrikus körökbe rendeződő mikritfilm teszi felismerhetővé (13. ábra, 4. kép). A mikrites kamraválaszfalak közeit mikropát tölti ki. Egyes foraminiferák közepén mozaikpátos kalcit figyelhető meg. Az itt megjelenő *Ostracodák* körvonalát inhomogén eloszlású mikrit jelöli ki. Belseje 90%-ban kalcitosodott, a maradék teret csomós mikrit tölti ki. Egy-két *Gastropoda* is feltűnik. Az egyik példány igen érdekes: körvonala mikritfilmes, a ház üregének kitöltése 80%-ban csomós mikrit, 20%-ban mikropát. A kioldódott héj helyén

mozaikpátos kalcit van. Elszórtan egy-egy kalcitos *Mollusca*-héjtöredék ismerhető fel. A szemcsék körül itt is aprószemcsés kalcitot, az intergranuláris térben pedig mozaikpátos kalcitot találunk, melyek néhol későbbi, szabálytalan körvonalú üregeket töltenek ki (13. ábra, 5. kép).

A közbeékelődő sávot követően visszatér a már leírt, durva litoklasztos réteg, ám itt a bioklasztok mennyisége megnő. A *Mollusca*-töredékekre egyaránt jellemző a csak kalcitos, valamint az együttesen előforduló csomós mikrites és kalcitos cement kitöltés. A peloidos anyagú klasztok itt is jelentkeznek. A szemcsék között itt már nem figyelhető meg a mikrites belső üledék, csak az aprószemcsés, és a mozaikpátos kalcit cement jelentkezik.

12/10/09/2b



1. kép: Gastropodák eltérő kitöltéssel (a), körülöttük bekérgezett szemcsék (b), +N
 2. kép: Litoklaszt Mollusca-töredékekkel (c), körülötte kalcit cement, +N
 3. kép: Szemcsék körüli oldási üreg (d), falán apró, korai és durva pátos, későbbi kalcit cementtel és belső üledékkel, +N
 4. kép: Bekérgezett szemcsék (e), foraminiferák (*Triasina hantkeni*, f), Ostracoda (g) és litoklasztok (h), +N
 5. kép: Mozaikpátos kalcittal kitöltött, szabálytalan körvonalú oldási üreg, mely a szemcséket több helyen korrodeálja (i), +N

13. ábra, Durvatörmelékes rétegből készült 12/10/09/2b csiszolat, Vöröshídi-kőfejtő

4.2.2. A csiszolatok értelmezése

4.2.2.1. Nyerges-hegy,1.

A fentebb felvázolt, csiszolatban észlelhető tulajdonságok alapján kísérletet tettem a különös, törmelékes betelepülés képződési folyamatának megértésére.

Véleményem szerint az első lépés a bekérgezett szemcsék és a lapos „kavicsok” leülepedése volt. Bekérgezett szemcsék létrejöttéhez általában nyugodt, kis közegenergiájú, jelentős mikrobiális aktivitással jellemezett közegre van szükség (zárt laguna?). Amennyiben ezek a szemcsék eredetileg ooidok voltak, akkor ez az értelmezés nem állná meg a helyét, hiszen az ooidok éppen ellenkezőleg, többnyire nagy közegenergiájú környezetben keletkeznek. Mivel a nyerges-hegyi szelvény kör-keresztmetszetű szemcséinek belső szerkezete nem maradt meg, nem dönthető el hogy ooidok, vagy egyszerű, bekérgezett szemcsék voltak-e. Annyi azonban bizonyos, hogy méretük nagyságrenddel kisebb, mint a velük együtt, illetve közberétegezve megjelenő lapos litoklasztok mérete. Ezért úgy vélem, a nagyméretű, mikrites litoklasztok jelenléte korábban (távolabb?) lerakódott rétegek valamilyen nagy közegenergiát eredményező vízmozgás – pl. vihar – következtében való felszakadozását és a darabok szállítódását feltételezi.

A szöveti kép alapján a bekérgezett szemcsék közötti határvonalak elmosódása, azaz a szemcsék csomókban, sávokban történő mikritesedése, illetve mikropátosodása a leülepedést követően kezdődött meg. A határok elmosódásának lehetséges magyarázata, hogy a réteg, leülepedését követően, esetleg átmenetileg szárazra került, talajosodni kezdett, s ennek során a szemcsék nagy része helyettesítéssel vagy helyben történő oldódással-kicsapódással mikritté, valamint mikropáttá alakult át, melynek során a szemcsehatárok elmosódtak, az eredeti szemcsék összeolvadtak, azaz a szövet homogenizálódott („pedogén mikritesedés”, WRIGHT&TUCKER, 1991 nyomán).

E folyamattal párhuzamosan kezdődhetett meg a mikrites burokkal övezett, gömbded szemcsék kioldódása. Kérdés azonban, hogy a későbbi kitöltés hogy kerülhetett az üregekbe, ha a szemcsék körül, a kioldódás ellenére, megmaradt mikrites burok. Ha azt feltételezzük, hogy e szemcsék nem ooidok, hanem

bioklasztok voltak, akkor egy lehetséges megoldás, hogy az eredetileg az üledékben elhelyezkedő bioklasztokat mikrobák hálózta be. Amikor a mikroba elhalt megkezdődött a szerves anyag lebomlása. Ekkor váltak ki a mikrites csomók és töltötték ki a kerekded bioklasztok közötti teret és ekkor vált mikrites burokká az eredeti mikroba-film. Ezzel egy időben a feltehetően aragonit-anyagú szemcsék kioldódtak és a kalcitra telítődő oldatokból vált ki a mikropát. A folyamat során a sűrűn illeszkedő vázelemek és a pórusvíz tarthatta egymás mellett a szemcséket.

Ezután a kioldódott porozitást feltehetően repedések mentén beáramlott mikrites belső üledék töltötte ki. A kitöltést geopetális üledékként (azaz a „lent” és „fent” iránymutatására alkalmas üledékként) értelmezhetjük, ugyanis a mikrit mindenhol a pórusok alsó részében jelenik meg. Igaz, az minta alsóbb részein a belső üledék és a kalcit közötti határvonalak szabálytalanok, de feljebb az anyag határozott, szabályos elrendeződést, éles vízszintes határvonalat mutat.

A pórusok felső részének falán és a szemcsék körül ekvigranuláris izopach mikropát cement vált ki.

Végül a szemcseközi térben és a gömbded szemcsék még kitöltetlen üregben mozaikpátos kalcit csapódott ki.

A diagenézis következő szakaszát a megközelítőleg rétegparallel húzódó repedéshálózat mentén zajlott oldódás képviselte. Az oldással kialakult elnyúlt üregek körvonalai szabálytalanok. Az üregek falát ekvigranuláris izopach mikropát cement béleli. A diagenézis utolsó szakaszában az üregeket sötétebb barna mikrites üledék töltötte ki.

Összefoglalva: A szemcsék közti határvonalak elmosódását ugyan a talajosodás hatásaként értelmezhetjük, mely folyamat a meteorikus zónára jellemző, azonban a szemcsék körül megfigyelt, valamint a pórusokat kitöltő cementek freatikus zónára utalnak.

4.2.2.2. Vöröshídi-kőfejtő, 12/10/09/1

A 4.2.1.2 fejezetben összefoglalt megfigyeléseim alapján (gumós, mikrites, mikropátos megjelenés, gyakori körkörös repedésekkel) arra következtetek, hogy a vizsgált minta egy meszes talajszelvény része. A repedéshálózat kialakulásának oka vagy az üledékanyag többszöri kiszáradása/nedvesedése (száradási repedezettség), vagy a szárazra került üledék felszínén megtelepedett növényzet gyökereinek tevékenysége lehetne. Elvileg szóba jöhetne a tektonikai igénybevétel is, de úgy gondolom ez a legkevésbé valószínű, hiszen a jelenség az adott rétegre korlátozódik. Mindez szárazföldi kitettségre, vagy a felszínhez nagyon közeli elhelyezkedésre utal.

4.2.2.3. Vöröshídi-kőfejtő, 12/10/09/2a és 12/10/09/2b

Az eddig megfigyelt és leírt jelenségek (4.2.1.3. és 4.2.1.4. fejezetek) alapján a következő diagenetikus sor állítható fel. A bekérgezett szemcsék, litoklasztok és bioklasztok leülepedését követően a bioklasztok váza átkristályosodott, majd közepük kioldódott. Az így keletkezett biomold porozitás egy részét mikrites belső üledék töltötte ki. Ezt követően a bioklasztok megmaradt porozitásának falán, valamint a szemcsék közötti térben mikropát cement vált ki. Ezt szkaloóderes kalcit cement, majd pedig mozaikkalcitos cementfázis követte. Ez után a minta egyes részein hálózatos repedések alakultak ki. Az üregek fala hullámos lefutású, néhol kikerüli a szemcséket és a bio- és litoklasztokat, ám néhol lenyesi a szélüket. A szemcsék közötti térben kialakult cementeket is átvágja. Feltehetően a repedéseket követő oldódás révén üreges porozitás alakult ki. A kioldódást követően az üreg falán először izopach, ekvigranuláris mikropát vált ki, amit kutya fog-szerűen elhelyezkedő, szkaloóderes kalcitkristályokból álló cement követett. Végül a maradék teret mikrites belső üledék töltötte ki.

Mindezzel párhuzamosan indult meg a szöveti homogenizálódás, azaz a szemcsék határvonalainak elmosódása. Egy lehetséges magyarázat, hogy a korai diagenézis (esetleg talajosodás) során a szemcsék nagy része helyettesítéssel vagy helyben történő oldódással-kicsapódással mikritté, valamint mikropáttá alakult át, melynek során a szemcsehatárok elmosódtak, az eredeti szemcsék összeolvadtak,

azaz a szövet homogenizálódott. Egy másik lehetséges magyarázat a mikrobiális tevékenység lehet.

A csiszolatok leírásnál már említettem, hogy a bioklasztok kitöltése (mikrites üledékek és kalcit cementek) anomálisak, azaz nem egy irányba mutatnak. Ez többféleképpen is magyarázható. Az egyik lehetőség, hogy a bioklasztok egy részét még a felszínen történő szállítódás során belső üledék töltötte ki és csak ezt követően kerültek mai helyzetükbe. Egy másik lehetőség, hogy a bioklasztok oldódás következtében a mikrites mátrix instabillá válása miatt helyben elmozdultak („pervazív oldódás”, Carranante et al., 1987).

4.2.3. Katódlumineszcens vizsgálatok

A vékonycsiszolatokon katódlumineszcens vizsgálatokat is végeztem. Az eljárással a vékonycsiszolatban már megfigyelt cementek morfológiájának finomabb részleteit, valamint kiválásuk diagenetikus körülményeit (redox-viszonyok) szerettem volna pontosabban behatárolni. Ugyanis a gerjesztett minta által kibocsátott sugárzás intenzitásából következtetni tudunk a cement kiválásakor uralkodó redukciós-oxidációs viszonyokra, s ez által a különböző oldatok kemizmusára.

A Nyerges-hegyi csiszolat lapos kavicsainak anyaga egészében nem lumineszkál, benne elszórtan azonban egy-egy vékony élénk narancssárga folt mutatkozik. Az oldódásos üregek belső üledéke vörös-narancs színű. A kerekded szemcséket kitöltő mikrites üledék fakó vörösesbarna, az elsőgenerációs mikropát nem lumineszkál, a második generációs kalcit cement pedig vörös-narancs színt mutat. Az őket körülvevő mikritburok nem lumineszkál. A mikrites, bekérgezett, homogenizálódó szemcsék nem lumineszkálnak, csakúgy, mint a körülöttük megjelenő első generációs mikropát sem. Ugyanakkor a második generációs mozaikpátos kalcit cement és a csiszolat alján előforduló repedéshez kapcsolódó üregek narancssárgák.

Mindez arra utal, hogy a mikrites és mikropátos cementek nagy valószínűséggel oxidatív környezetben (vadózus zóna?) váltak ki, míg a későbbi cementgenerációk lumineszcenciája a pórusvíz redoxpotenciáljának reduktivvá válását (freatikus körülmények,) jelezheti.

A Vöröshídi-kőfejtőben gyűjtött, durva klasztos réteg alatt közvetlenül elhelyezkedő minta alapanyaga fakó vöröses, barnás. Legnagyobb üregének belső üledék kitöltése élénk narancssárga színű. A körülötte levő cement alapvetően nem lumineszkál, ugyanakkor több generációs kialakulását mutatja, hogy a cement középső részén egy sávban gyakoriak az élénk narancssárga színű csíkok, melyek az oxidációs viszonyok rövid idejű megváltozásának köszönhetőek. A csiszolatban előforduló repedések kitöltései mindenütt megfelelnek a már vázolt lumineszcens viselkedésnek: az üregek alját kitöltő mikrit fakó vörös/barna, a kalcit cement pedig nem lumineszkál. Azokban a repedésekben, melyeket csak kalcit cement tölt ki, a kristályok nem lumineszkáló tömegét vékony, éles narancssárga sávok szakítják meg, főként az üregek középső részén. Ez szintén a változó körülményekre utal, és segít az egyes

cementgenerációk elkülönítésében. A csiszolat egyes helyein a repedéseket a fakó vörös színű repedéskitöltő anyagtól elkülönülő, narancssárga színű mikrites belső üledék tölti ki. A repedések mentén gyakoriak az alapanyag feltépett klasztjai, melyek az alapanyaghoz hasonlóan fakó vörös, barnás színűek.

A Vöröshídi-kőfejtő durva klasztokat tartalmazó mintáiban a litoklasztok többnyire vöröses barnásak, azonban néhány darab, mely az utolsó fázisban kivált barnás belső üledékhez hasonló anyagú, narancssárga lumineszcens színt mutat. A litoklasztok közötti teret kitöltő nem lumineszkáló kalcitkristályok második generációjának peremén vékony narancssárga sáv figyelhető meg. Az üregek maradék pórusteret egyes helyeken egy újabb, nem lumineszkáló kalcit cement generáció, máshol tömegesen lumineszkáló, vörösesbarna színű mikrites belső üledék tölti ki. A biomoldok egy részét kitöltő mikrit ez utóbbival hasonló színt mutat, a maradék pórusteret kitöltő kalcit pedig nem lumineszkál.

A lumineszkópos vizsgálatokból levonható tanulságok a következők. Több nem lumineszkáló cementgenerációt különíthetünk el, melyeket minden csiszolatban megszakít egy vékony, élénk narancssárga színben lumineszkáló sáv. A zónás lumineszcencia vagy a redoxviszonyok megváltozására utal, vagy a pórusvíz oldott Fe/Mn koncentrációjának változását jelzi. A vékony zónát követően az üregek maradék terét fakó vörösen lumineszkáló belső üledék vagy nem lumineszkáló mozaikpátos kalcit cement tölti ki. A belső üledék lumineszcens színe a Nyerges-hegyi mintát kivéve megegyezik a litoklasztokéval, ugyanakkor elkülönül a némely üregeket kitöltő élénk narancssárga színű üledéktől.

4.2.4. Csiszolatfestés

A festési eljárás során meggyőződtem róla, hogy a csiszolatomban dolomitosodásnak nyoma nincs, a cementfázisok kalcitkristályokból állnak, melyeknek nincs Fe^{2+} -tartalma. Ez is megerősíti azt a következtetést, hogy a nem lumineszkáló fázisok oxidatív körülmények között (vadózus zónában, vagy a freatikus zóna felső részén) jöttek létre.

5. Diszkusszió

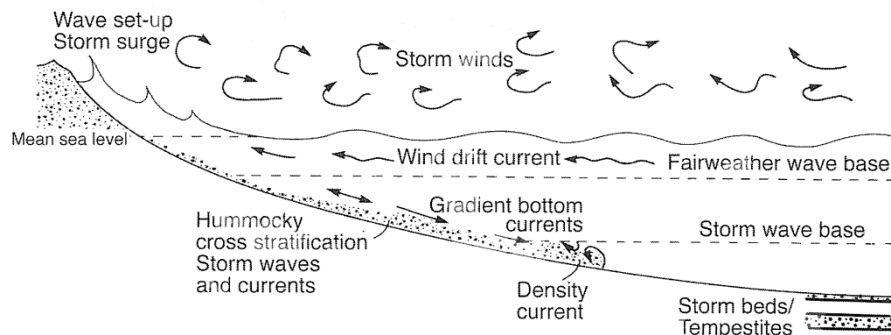
5.1. Irodalmi áttekintés

A minták részletes makroszkópos és mikroszkópos vizsgálatát követően igyekeztem az általam megfigyelt jelenségeket megmagyarázni. Több értelmezési lehetőség is felmerült, mely jól mutatja a téma összetettségét. A következőkben ezek alapvető jellemzőit mutatom be az általam tanulmányozott szakirodalmak alapján, hogy az összefoglalásban összevethessem ezeket a saját megfigyeléseimmel és az egyes értelmezések létjogosultságát bizonyítani, illetve cáfolni tudjam.

5.1.1. Viharüledék

A Vöröshídi-kőfejtőben temesztitként leírt (MINDSZENTY, 1999) réteg tanulmányozásával figyelmem a viharüledékek szakirodalma felé terelődött.

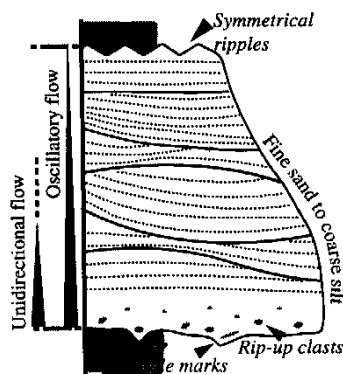
A viharok fizikai tulajdonságaival többen is foglalkoztak, melyek körül két tanulmányt emelnék ki: D. NUMMEDAL, 1992 és EINSELE, 1992. Ezek alapján igyekszem összefoglalni a következőkben a viharok főbb jellemzőit. Vihar során elsőként egy erős hullámozás közelít a part felé, mely ki is csap a partra. Ez a sekély partközeli részeken mikrites üledéket rak le. Így alakulhatnak ki az ooid-homokdombokon jelentkező vékony mudstone rétegek. A zátonyból leszakított darabokat a partra szállítja, így kerülhetnek például nagy korall-darabok a parti rétegsorba. Ez az erős hullám a felszínt erodálja. A partot elérve feltorlódott víztömeg a vihar végeztével visszaáramlik, immár csendesebb hullámként, és az általa szállított szemcsék méret és sűrűség szerint osztályozva, gradáltan kiülednek. Egymás felett és egymás mellett megjelenő fácieseknél is jelentkezik ez a gradáltság. Ez az üledés a viharbázis alatt is zajlik. A viharüledékekben gyakran találhatunk mudstone intraklasztokat, ám ahhoz, hogy ezek klasztoikként tudjanak szállítódni a cementációnak már előtte el kellett kezdődnie. A viharárnyékos oldalon finomabb szemcsés üledék jelenik meg. A viharüledék képződésének mechanizmusát a 14. ábra szemlélteti.



14. ábra, Viharüledék képződésének mechanizmusa, Wright & Tucker, 1990

A temesztitek között az összehordott bioklaszt-töredékek, és a különböző, jellegzetes fáciesegyüttesek alapján elkülöníthető egy proximális és egy disztális régió. HIPS 1998-as cikkében különböző energiájú és területi elhelyezkedésű viharüledékeket különített el egy triász karbonátrámpán.

A következőkben összefoglalom a viharüledékek általános jellemzőit EINSELE 1992-es könyve alapján. Jellemzőek a szállítódásra utaló összetoredezett bioklaszt-vázak (főként *Mollusca*), kerekített klasztok, lapos kavicsok, melyek imbrikáltak lehetnek. Gyakran éles eróziós felszínre települnek. Ritkán gradáció is tapasztalható. Igen erős bioturbáció is megjelenhet, mely eltüntetheti az eredeti jellegeket. Előfordulhatnak vékony mudstone-közberétegzések, hullámfodrok, buckás keresztarétegzés (hummocky cross stratification). Ez utóbbi jelenségről több részletes tanulmány is született: REINECK & SINGH, 1972; DOTT & BURGEIOIS, 1982; MORSILLI & POMAR, 2012. Erős viharok alkalmával alakulhat ki, amikor a korábban leülepedett, vihar által szállított üledék felszínét a következő vihar erodálja, s erre települ a következő, oszcilláló áramlások által lerakott üledécsomag (15. ábra).

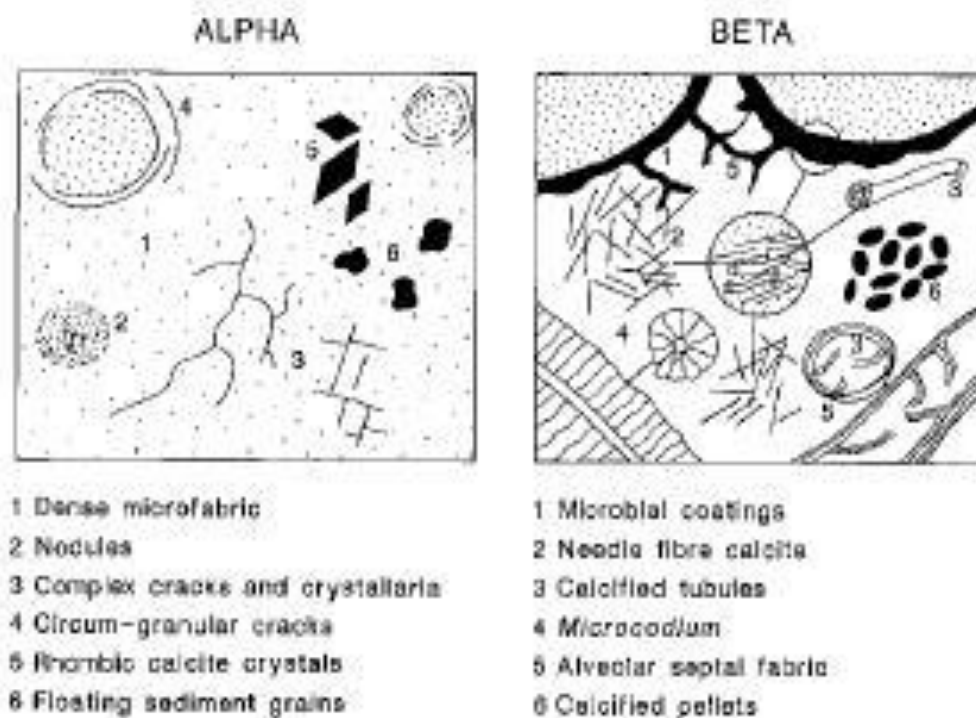


15. ábra, Buckás keresztarétegzés, Morsilli & Pomar, 2012

A viharüledékek vizsgálatakor a legfontosabb kérdés a megőrződési potenciál kérdése. Az utóbbi 70 évben több kutatócsoport is alakult, melyek a recens hurrikánok karbonátplatformra vonatkozó hatását és megőrződését igyekeztek vizsgálni (PERKINS & ENOS, 1968; MAJOR et al., 1996). A vizsgálatok azonban még igen hiányosak, mert a hurrikán utáni közvetlen hatásokat, jelenségeket ugyan rögzítették, de a 10 évvel későbbi állapotokat nem. Egy esetben történt vizsgálat kétszer is öt éven belül, a Donna és Betsy hurrikán megfigyelésekor, a Bahamákon (PERKINS & ENOS, 1968). Mindkét hurrikán rombolását feljegyezték, a hurrikánok előtti vegetációt összehasonlították a hurrikánok után épségben maradt vegetációval, melyből a viharok okozta károokra, és ezek megőrződésére próbáltak következtetni. A problémát az jelenti, hogy mindkét hurrikán azonos erősségű volt, mivel azonban az első hurrikánt követően a vegetáció nagy része nem tért magához, így a második hurrikán okozta károk sokkal kevésbé voltak érzékelhetők. Felmerül a kérdés, hogy amennyiben egy terület klimatikus viszonyai megfelelőek vihar kialakulására, akkor bizonyos helyeken miért csak egyszeri eseményként jelentkezik viharüledék, valamint, ha több egymást követő vihar is jelentkezett, akkor mennyire őrződhetett meg az egyes viharok által megmozgatott üledék.

5.1.2. Kalkrét

A vékonycsiszolatok vizsgálata során talajosodásra, valamint kalkrétekre utaló szöveti elemekre derült fény. Így fontosnak tartom, hogy a következőkben röviden összefoglaljam a kalkrétek általános jellemzőit. A kalkrétek a CaCO_3 talajszelvényben történő felhalmozódásai, melyek az oldódás és újra kicsapódás következtében jönnek létre. A vadózus és freatikus zónában egyaránt előfordulhatnak. Előfeltétele, hogy a fluidum CaCO_3 -ra telítetté váljon és meginduljon a kicsapódás. Főként szemiarid, arid klímán jelennek meg, ahol a H_2O párolgása, a CO_2 kigázosodása és egyéb tényezők segítik a kicsapódást (WRIGHT & TUCKER, 1991). Két alapvető típusát különböztethetjük meg: a talajvíz-kalkréteket és a pedogén kalkréteket. A pedogén kalkrétek a talajszelvényben lefelé szivárgó oldatokból válnak ki, míg a talajvíz-kalkrétek a talajszelvény mélyebb részén, a $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -ra telített talajvízből válnak ki (MINDSZENTY & DEÁK, 1999). Mikroszerkezeti jellemzőik alapján további csoportosítás lehetséges WRIGHT & TUCKER (1991) nyomán: alfa-, és béta-kalkrétek (16. ábra).



16. ábra, Kalkrétek csoportosítása, Wright & Tucker, 1991

A kalkrétek jellemző megjelenési formáit a gerecsei felső-triászban MINDSZENTY & DEÁK (1999) foglalta össze. Az eredeti közetszövet csak ritkán ismerhető fel a homogenizálódó szubsztrátum következtében. Gyakoriak a gyökérnyomok, melyek körül koncentrikus mikropátosodás, valamint az üledék mikritesedése figyelhető meg. Igen jellemző a dolomitosodás és az oldódási üregek, melyeket kalcit és/vagy finoman laminált belső üledék tölt ki. A mozaikpátos kalcit cementen kívül az izopach, meniszkusz és sztalaktit cementek is megjelennek. A vizsgált talajszintben, valamint felette fekete kavicsok, illetve breccsák jelenhetnek meg. Eredetük kérdéses, a mészüledék megfeketedését okozhatják erdőtüzek, szerves anyaggal történő átitatódás, vagy a diagenézis korai szakaszában kivált finomszemcsés pirit. Jellegzetes a kalkrét-törmelékek breccsásodása.

5.2. Összefoglalás

Munkám során a Nyerges-hegyen és a Vöröshídi-kőfejtőben leírt durvatörmelékes rétegek makroszkópos és mikroszkópos vizsgálatát végeztem el. A megfigyelések eredményei alapján több lehetséges interpretáció is felmerült a jelenségek okainak megválaszolására. Az irodalmi kutatás során a viharüledékek és a kalkrétek jellemzőit több esettanulmány segítségével igyekeztem összegyűjteni. Ezeket vetettem össze a minták makroszkópos és mikroszkópos vizsgálatának eredményeivel.

A Vöröshídi-kőfejtőben vizsgált durvatörmelékes réteg alatti mintában dominánsak a mikropátos udvarral körülvett gyökérnyomok, a repedéshálózatok (valószínűleg a felszíni kitettség miatt) és oldási üregek. Mindezen tulajdonságok jellemzőek a kalkrétekra. Nagy valószínűséggel állíthatjuk tehát, hogy e minta egy meszes talajszelvény része, egy kalkrétes szint, mely szárazföldi kitettségre, vagy a felszínhez nagyon közeli elhelyezkedésre utal.

A Nyerges-hegyen található 10–20 cm vastagságú keresztlemezzességnek több oka is lehet. Az bizonyos, hogy az alatta és felette települt, keresztlemezzességet nem mutató rétegekhez képest nagyobb energiájú környezetet jelez. Az itt gyűjtött mintákból készült csiszolatban egy irányított lapos „kavicsokat”/litoklasztokat tartalmazó mikroréteg jelenik meg. A kavicsok anyaga uralkodóan mikrites. A csiszolat alján a gömbded szemcsék némi gradáltsága figyelhető meg. Az üregekben gyakori a mikrites belső üledék. Egyes helyeken sztalaktit cement mutatkozik. Több helyen is szöveti homogenizációra utaló nyomok találhatók. A lapos litoklasztok irányított elrendeződése; a gradáltság; a gyakori belső üledék az üregekben és a keresztlemezzesség együttes megjelenése utalhat viharüledékre. A repedések menti üregképződés, a szöveti homogenizáció és a változó redox körülmények között kivált cementek a későbbi környezeti változásokra utalnak.

A Vöröshídi-kőfejtőben megfigyelt 4–6 cm vastagságú durvatörmelékes réteg anyaga polimikt: áthalmozott, összetöredezett, változatos bio-és litoklasztokat tartalmaz. A rétegparalell lapos „kavicsok” anyaga változatos, uralkodóan mikrites (részben az alatta települő kalkrétes szint anyagával megegyező). Előfordulnak fekete kavicsok is. Az üregekben gyakoriak a mikrites belső üledékek. E mintákban is jelentkezik az oldódási üregek és a szöveti homogenizáció, melyek a felszínhez való közelségre vagy rövid idejű kitettségre utalnak.

Összességében tehát úgy gondolom, hogy az észlelt üledékjellegek egy tranziens szárazulati epizódot, valamint ezt követően egy nagyobb közegenergiájú eseményt jelezhetnek. A durvatörmeléken megjelenésű réteg (viharüledék?) lerakódását ismét rövid időtartamú szárazulati esemény követhette (oldási üregek, sztalaktit cement).

6. Köszönetnyilvánítás

Mindenek előtt szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Mindszenty Andreának, aki az első perctől kezdve felkarolta a témát, lelkesedésével és újabb és újabb tanácsaival nagyban hozzájárult dolgozatom elkészítéséhez. Szintén köszönet illeti Hips Kingát, akivel rengeteget konzultálhattam a vékonycsiszolatokkal kapcsolatosan. Köszönettel tartozom Győri Orsinak, akihez bármikor bármilyen kérdéssel fordulhattam. Szeretném megköszönni Józsa Sándornak és Kürthy Dórának, hogy bevezettek a csiszolatkészítés rejtelseibe. Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni családomnak és minden barátomnak, akik végig támogattak és segítették munkámat.

7. Irodalomjegyzék

AIGNER, T. 1985: Storm Depositional Systems. – *Springer-Verlag, Berlin*

CARANNANTE, G. & D'ARGENIO, B. & FERRERI, V. & SIMONE, L. 1986: Cretaceous paleokarst of the campania Apennines: from early diagenetic to late filling stages. A case history. – *Rend. Soc.Geol. It.* **9**, 251-256.

CSÁSZÁR, G. & GALÁCZ, A. & VÖRÖS, A. 1998: A gerecsei jura – fácieskérdések, alpi analógiák – *Földtani Közlöny* **128/2-3**, 397-435.

DICKSON. 1966: Carbonate identification and geneisis as revealed by staining. – *Journal of Sedimentary Petrology* **36**, 491-505.

DOTT JR., R. H. & BOURGEOIS, J. 1982: Hummocky stratification: significance of its variable bedding sequences. – *Geological Society of America Bulletin* **93**, 663–680.

EINSELE, G. 1992: Sedimentary Basins Evolution, Facies, and Sediment Budget. – *Springer-Verlag, Berlin*

FISHER, A. G. 1964: The Lofer cyclothems of the Alpine Triassic – *Kansas Geological Survey Bulletin* **169**, 107–149.

FLÜGEL, E. 2010: Microfacies of carbonate rocks, *Springer Verlag*

FODOR, L. & BADA 1998: Kéziratos térkép. – In: FODOR, L. & LANTOS, Z., *Földtani Közlöny*

FÜLÖP, J. 1975: Tatai mezozóos alaphegységgrögök – *Geol. Hung. Ser.geol.* **16**, 225.

FÜLÖP, K. & GYÖRKÖS, D. & HAVRIL, T. 2011: Gerecsei terepgyakorlati jelentés (kézirat). ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék

HAAS, J. 1987: Felsőtriász szelvények korrelációja a lofer-ciklusok alapján (Gerecse-hegység) – *Földtani Közlöny* **117**, 375-383.

HIPS, K. 1998: Lower Triassic storm-dominated ramp sequence in northern Hungary: an example of evolution from homoclinal through distally steepened ramp to Middle Triassic flat-topped platform. – In: WRIGHT, V. P.

& BURCHETTE, T. P. (eds.): Carbonate Ramps. *Geological Society, London Special Publication*, **149**, 315–338.

LANTOS, Z. 1997: Karbonátos lejtő-üledékképződés egy liász tengeralatti magaslat oldalában, eltolódásos vetőzóna mentén (Gerecse). – *Földtani Közlöny* **127/3-4**, 291-320.

MAJOR, R. P. & BEBOUT, D. G & HARRIS, P. M. 1996: Recent evolution of a Bahamian ooid shoal: effects of Hurricane Andrew. – *Geological Society of America Bulletin* **108/2**, 168–180.

MINDSZENTY A. & DEÁK F. J. 1999: Karbonátos paleotalajok a gerecsei felső-triászban – *Földtani Közlöny* **129/2**, 213-248.

MORSILI, M. & POMAR, L. 2012: Internal waves vs. surface storm waves: a review on the origin of hummocky cross-stratification – *Terra Nova* **24/4**, 273-282.

NUMMEDAL, D. 1992: Shallow marine storm sedimentation – the oceanographic perspective. In: Einsele, G. & Ricken, W. & Seilacher, A. (eds.): *Cycles and Events in Stratigraphy*. – *Springer-Verlag, Berlin*, 227–248.

PERKINS, R. D. & ENOS, P. 1968: Hurricane Betsy in the Florida and Bahama area, geologic effects and comparison with Hurricane Donna. – *Journal Geology* **76**, 701-717.

REINECK, H. E. & SINGH, I.B. 1972: Genesis of laminated sand and graded rhythmities in storm-sand layers of shelf mud. – *Sedimentology* **18**, 123-128.

VÉGHNÉ, N. E. 1960: *A Gerecsehegység felsőtriász képződményeinek üledékföldtani vizsgálata* – *Geologica Hungarica series Geologica* **12**, 1-74.

WRIGHT, V.P. & TUCKER, M. E. 1991: Calcretes: an Introduction. – In: WRIGHT, V.P. & TUCKER, M. E. (eds.): *Calcretes*. Reprint Series vol. 2. IAS, Blackwell, Oxford, 1-22.