

Ásványtani vizsgálatok a Sátorkőpusztai-barlangban

Nagy Sándor, Vojnits Anna

Témavezető: Dr. Weiszbürg Tamás



Eötvös Loránd Tudományegyetem

Természettudományi Kar

Ásványtani Tanszék

2005

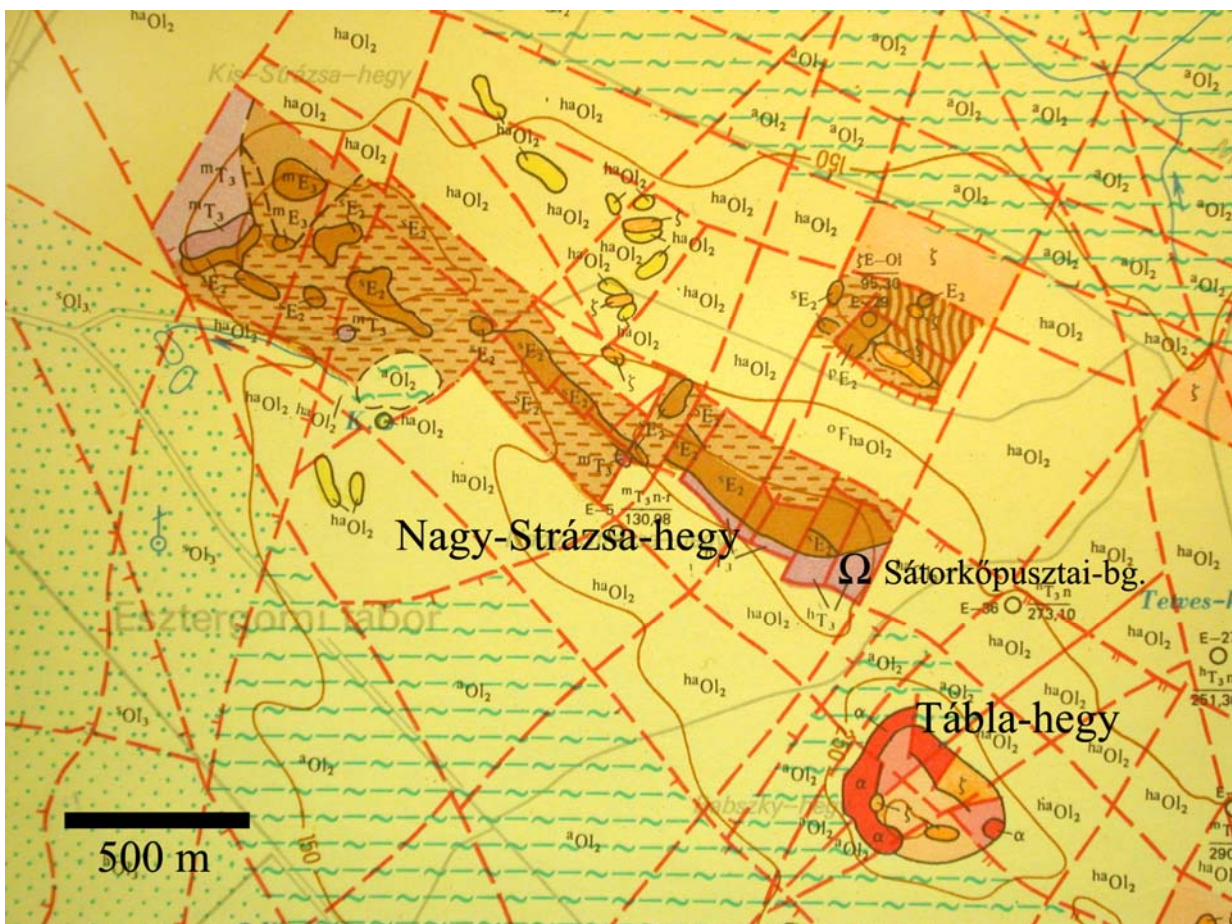
Tartalomjegyzék:

BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS	3
FÖLDTANI HÁTTÉR	3
KUTATÁSTÖRTÉNET	6
MINTAGYŰJTÉS	7
ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK	10
<i>Röntgen-pordiffrakciós (XPD) vizsgálat</i>	10
<i>Elektronsugaras mikroanalízis</i>	10
KÉPZŐDMÉNYEK OSZTÁLYOZÁSA	11
1. Szulfátok	11
2. Karbonátok.....	12
3. Oxidok, hidroxidok.....	13
4. Szilikátok.....	14
KÉPZŐDMÉNYEK JELLEMZÉSE ÉS LEÍRÁSA	15
<i>Oldási vizsgálat</i>	16
<i>Oldási vizsgálat eredménye:</i>	16
<i>Csiszolatok leírása</i>	17
<i>Röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok eredményei</i>	18
<i>Mikroszondás vizsgálatok:</i>	36
<i>Mikroszondás vizsgálatok értékelése</i>	39
FOLYAMATOK LEÍRÁSA	40
TOVÁBBI KUTATÁSI IRÁNYOK	41
ÖSSZEFOGLALÁS	42
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	43
IRODALOMJEGYZÉK.....	44

Bevezetés, célkitűzés

A Dorog melletti Sátorkőpusztai-barlangot 60 éve fedezték fel. Ennek tiszteletére egy átfogó kiadványt jelentet meg a barlangot kutató csoport. A kiadvány ásványtani fejezetének megírására kértek fel minket, és dolgozatunkban e munkának első eredményeit összegezzük. A barlangban megtalálható ásványok kialakulását, kiválási sorrendjét vizsgáljuk, a kapott eredményeket pedig felhasználjuk a barlang kialakulásának modellezéséhez. Célunk, hogy a korábban elvégzett vizsgálatokat felhasználva, azokat kiegészítve a barlang fejlődését, kialakulását rekonstruáljuk.

Földtani háttér



1. ábra: A Nagy-Strázsa-hegy földtani térképe (Gidai et al., 1981).

A Sátorkőpusztai-barlang a Pilisben található, a Dorogi-medencében, Dorogtól mindössze 2 km-re, a Nagy-Strázsa-hegy DK-i oldalában (1. ábra). A barlang befoglaló kőzete a késő-triász Dachsteini Mészke, amely a Strázsa-hegy oldalában kisebb blokkokra töredező, ÉNY–DK-i csapással, 500–600 m hosszan bukkan a felszínre.

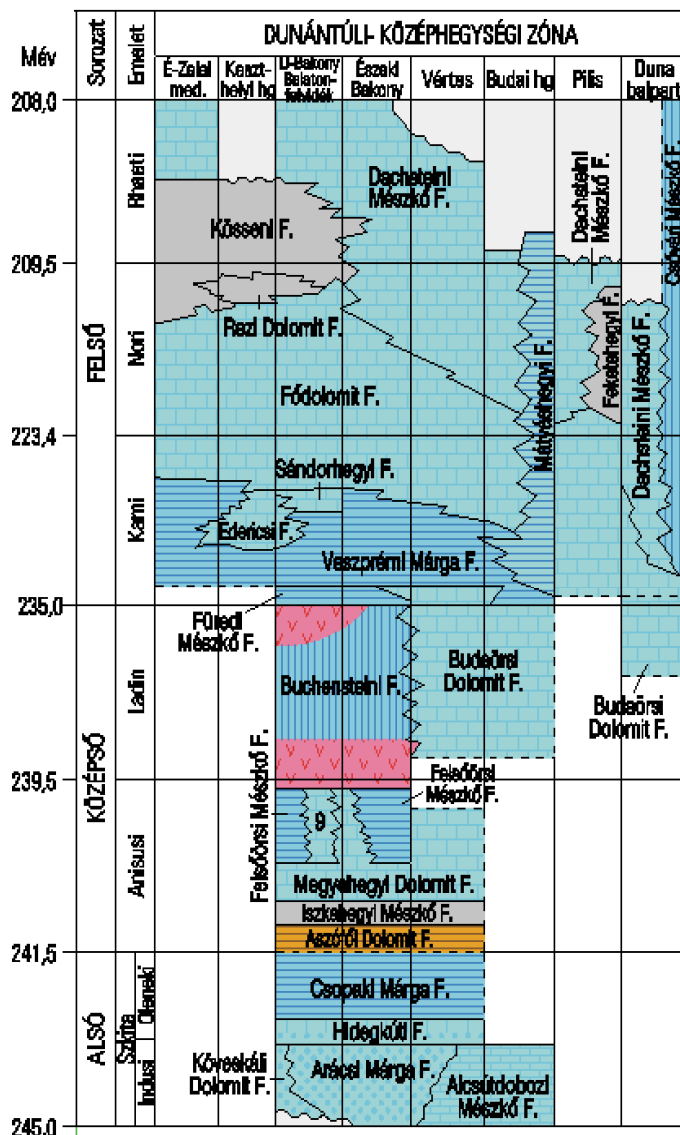
A Dachsteini Mészke Formáció a Dunántúli-középhegységben a felső-nóri és a rhaeti emeletben általános elterjedésűnek tekinthető (Haas, 1998), átlagosan 700 és 1000 m-es vastagság között változik. Ugyanakkor a Pilisben helyenként az elzárt medence fáciesű Fekete-hegyi Formáció helyettesíti.

A Pilis hegység azon részein, ahol nem helyettesíti a Fekete-hegyi Formáció, a Dachsteini Mészke a Földolomit Formációra települ. A fedőjében diszkordanciával települő alsó-jura képződmények vannak, többnyire a Pisznicai Mészke Formáció tagjai.

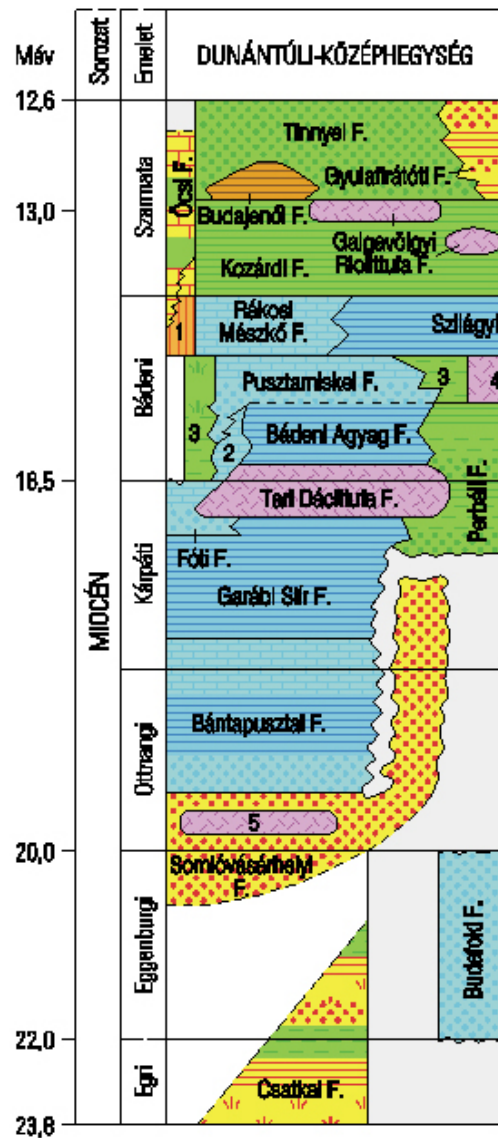
A Dachsteini Mészke sekély tengerben keletkezett, periodikus változó vízszint mellett, amire Lofer-ciklusok jelenléte utal (Haas, 1998). A belső selfterületen finom mészszipaló halmozódott fel.

A barlang keletkezése szempontjából a befoglaló kőzet mellett kiemelt jelentőségű még a Tábla-hegy (a korábbi földtani irodalomban Babszky-hegy néven is szerepel). Felépítő kőzetei: eocén–oligocén biotitdácit és miocén amfibolandezit-tufa és -agglomerátum (Nagy, 1969). A vulkanitok formációba sorolását nehezíti, hogy a korábbi leírás említ paleogén vulkáni tevékenységet is a Tábla-hegyen (Nagy, 1969), míg a korszerű irodalom szerint a paleogénben a Dunántúli-középhegységi egységben a vulkanizmus a mai Zalai-medencére korlátozódott (Császár, 1997).

A kőzetek formációs szintű besorolását nem teszi lehetővé a térképmagyarázó (Nagy, 1969) és a jelenlegi litosztratigráfiai táblázat (Császár, 1997) közötti eltérés (a felső-eocénben a Szentmihályi, a Nadapi és Recski Andezit Formációk az egyedüli formációs szintű vulkáni képződmények Magyarországon, míg a miocénben a Mátrai Andezit, Gyulakeszi Riolit-tufa, Tari Dácit-tufa és a Galgavölgyi Riolit-tufa Formációk ismertek). A különbségek oka lehet esetleg, hogy korszerű módszerekkel már máshová sorolták a korábban biotitdácitként, ill. amfibolandezit-tufaként és -agglomerátumként leírt kőzeteket (2. ábra).



Haas János, Kovács Sándor, Oravecz János, Bucal Tamás



2. ábra: A Dunántúli-középhegység triász rétegsora (Császár, 1997).

9: Tagyoni Mészke Formáció

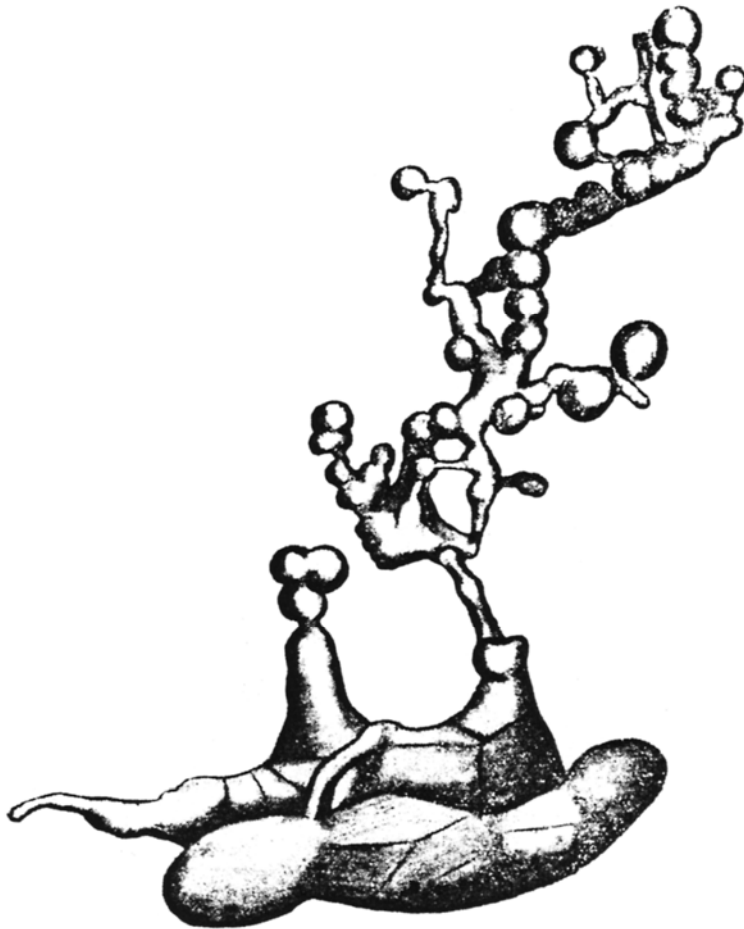
3. ábra: A Dunántúli-középhegység miocén rétegsora (Császár, 1997).

1: Vöröstói Formáció; 2: Pécsszabolcsi Mészke Formáció; 3: Hidas Lignit Formáció; 4: Mátrai Andezit Formáció; 5: Gyulakeszi Riolittufa Formáció

Kutatástörténet

A természetes bejáratral nem rendelkező Sátorkőpusztai-barlangot a Honvédkincstár által a Nagy-Strázsa-hegy délkeleti oldalán létesített kőbánya nyitotta meg 1944-ben. A több ponton is felnyílt, jelentéktelennek látszó üreg nemigen keltette fel a kőfejtő munkások érdeklődését, így a barlang még két évig felfedezetlen maradt.

1946 júniusában a dorogi szakszervezeti ifjúság köréből néhányan behatoltak az üregbe, és a felsőbb, különleges felszerelés nélkül bejárható részeket megtekintették. Ők értesítették a barlangkutatókat, akik közül elsőként Jakucs László, majd szeptember 28-án Venkovics István és Nick Matild is felkeresték a barlangot. Felfedeztek egy 11 m mély, tölcsérszerűen kiszélesedő aknát, amelybe kötéllel leeresztették Nick Matildot, aki kikutatta a mélyebb szinteket is. A további feltárásokkal a Magyar Állami Földtani Intézet Venkovics Istvánt bízta meg. A részletes felmérések néhány hét alatt megtörténtek. A barlang alaprajza igen bonyolult, így ez csak a Jakucs László által készített háromdimenziós gipszmodell segítségével vált teljesen érzékelhetővé (4. ábra).



4. ábra: A Jakucs László által készített gipszmodell.

Egy 1950-es felmérés kimutatta, hogy az 1946-os felfedezéshez képest a barlang 25%-os tudományos és mintegy 50%-os esztétikai pusztulást szenvedett. Nem segített az sem, hogy 1951-ben védetté nyilvánították. A dorogi Kadič Ottokár Csoport 1959-ben vette át a barlang vezetését. Megóvni azonban nem sikerült ezt a páratlan természeti kincset, mivel a bejáratot fedő vasajtót hivatlan látogatók újra és újra felfeszítették. Ebben az időben tűnt el többek között a „Vívótőr” 70 cm hosszúságú gipszkristálya, a 15–25 cm átmérőt is elérő gipszvirágok, és semmisült meg a Benedek Endre-termet díszítő 18 pompás gipszoszlop, amihez hasonlót Magyarországon mind a mai napig nem ismerünk.

A barlangban sokáig nem értek el jelentős feltárást. 1975-ben a dorogi barlangkutatók bányászati módszerekhez folyamodtak, és függőleges akna kihajtásába kezdtek. Az év végére 9 m-re jutottak le. 1977-ben további járatrészeket ismertek meg. Ezeket a részeket Kadič Ottokárról nevezték el, aki a szomszédos Strázsa-hegyi-barlangban 1922-ben ásatási munkákat végzett. 1978-ban a Kadič-szakasz bejáratát alkotó 10 méteres ácsolt akna beomlott (Kordos, 1984; Takácsné, 2003).

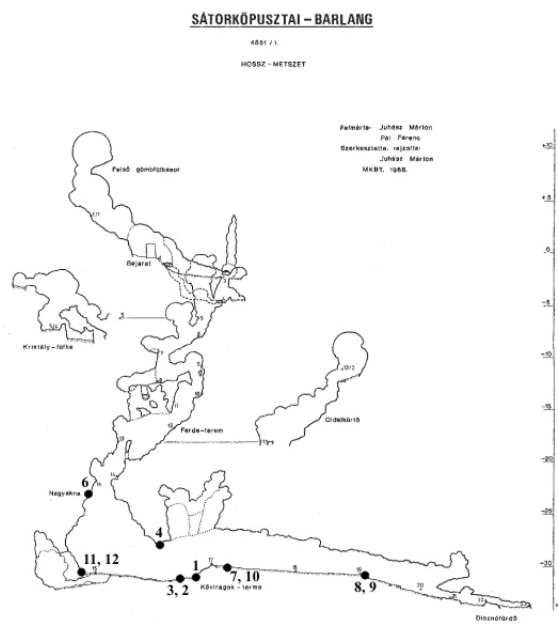
A barlangot és környékét 1982-ben fokozottan védetté nyilvánították. Gondozását 1990-ben a Benedek Endre Barlangkutató és Természetvédő Egyesület (BEBTE) vette át.

Egyes szakaszok 1993 óta az ún. overallos turizmus számára is látogathatók.

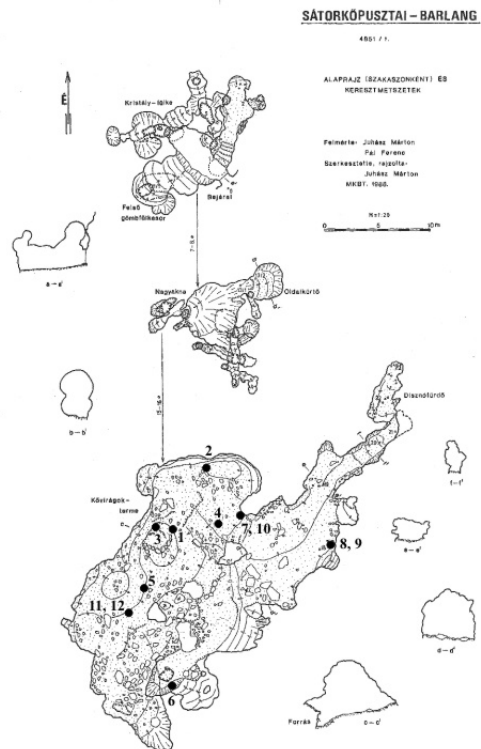
Mintagyűjtés

A barlangban két alkalommal jártunk mintát gyűjteni. Az első túrán a barlangot kutató BEBTE csoport tagjai, Sásdi László a MÁFI-ból, dr. Weiszbürg Tamás, Tóth Szilvia és Nagy Sándor vettünk részt, a következő alkalommal a BEBTE csoport tagjai, Nagy Sándor és Vojnits Anna. A mintákat a Kővirágok terméből, a Nagyakna aljából és a Gipszoszlopok fölül gyűjtöttük. A minták tartalmaznak feltehetőleg gipszoszloptöredéket, alapkőzetet, tektonikai breccsával. Emellett egy 1–2 mm-es kéregből is gyűjtöttünk, mely egy repedésben volt, és a forrás melletti szürke rétegzett kőzetből is hoztunk. Ez feltehetőleg karbonát, száradási repedéseit, pedig gipsz tölti ki.

A barlangban gyűjtött minták pontos lelőhelyét az 5. és 6. ábra mutatja. A különböző pontokon gyűjtött mintákat az 1. táblázat foglalja össze.



5. ábra: A Sátorköpusztai-barlang hosszmetSZete, a pontok a mintagyűjtési helyeket jelölik (Juhász, 1988).



6. ábra: A Sátorköpusztai-barlang alaprajza (szakaszonként) és keresztmetSZetei, a pontok a mintagyűjtési helyeket jelölik (Juhász, 1988).

<p>Minta száma:S050604/1</p> <p><u>Gyűjtés helye:</u> Sátorkőpuszta; Benedek Endre-terem</p> <p><u>Leírás:</u> forrás melletti agyag, szürke, rózsaszín foltokkal</p> <p><u>Elvégzett vizsgálatok:</u> RTG: NSSP112</p>	<p>Minta száma:S050604/2</p> <p><u>Gyűjtés helye:</u> Sátorkőpuszta; Benedek Endre-terem</p> <p><u>Leírás:</u> Forrással szembeni cementált, szürke perem; sárgásszürke rétegek + vörös tömeg</p> <p><u>Elvégzett vizsgálatok:</u> 3 db csiszolat RTG: NSSP106, NSSP107, NSSP108</p>
<p>Minta száma:S050604/3</p> <p><u>Gyűjtés helye:</u> Sátorkőpuszta; Benedek Endre-terem</p> <p><u>Leírás:</u> Forrás melletti omladék, szürke rétegek, nem pezsgő felső réteg</p> <p><u>Elvégzett vizsgálatok:</u> 1 db csiszolat RTG: NSSP103, NSSP104, NSSP105</p>	<p>Minta száma:S050604/4</p> <p><u>Gyűjtés helye:</u> Sátorkőpuszta; Benedek Endre-terem, átjáró</p> <p><u>Leírás:</u> Vékony rozsdakéreg, pirit után</p> <p><u>Elvégzett vizsgálatok:</u> RTG: NSSP109</p>
<p>Minta száma:S050604/5</p> <p><u>Gyűjtés helye:</u> Sátorkőpuszta; Benedek Endre-terem (gipszoszlopok)</p> <p><u>Leírás:</u> Kicsi, többrétegű gipszoszlop</p> <p><u>Elvégzett vizsgálatok:</u> RTG: NSSP101, NSSP102</p>	<p>Minta száma:S050604/6</p> <p><u>Gyűjtés helye:</u> Sátorkőpuszta; Benedek Endre-terem, létra mellett</p> <p><u>Leírás:</u> Karbonát cseppkövek fölött plafon (por)</p> <p><u>Elvégzett vizsgálatok:</u> RTG: NSSP112, NSSP114</p>
<p>Minta száma:S050604/7</p> <p><u>Gyűjtés helye:</u> Sátorkőpuszta; Benedek Endre-terem, átjáró</p> <p><u>Leírás:</u> Agyag mészkő repedéséből</p> <p><u>Elvégzett vizsgálatok:</u> RTG: NSSP113</p>	<p>Minta száma:S050604/8</p> <p><u>Gyűjtés helye:</u> Sátorkőpuszta; Benedek Endre-terem, nagy kalcit telér</p> <p><u>Leírás:</u> telérdarab</p> <p><u>Elvégzett vizsgálatok:</u> 1 db csiszolat</p>
<p>Minta száma:S050604/9</p> <p><u>Gyűjtés helye:</u> Sátorkőpuszta; Benedek Endre-terem</p> <p><u>Leírás:</u> Kalcittelérdarab, kétféle CaCO₃-forma</p> <p><u>Elvégzett vizsgálatok:</u></p>	<p>Minta száma:S050604/10</p> <p><u>Gyűjtés helye:</u> Sátorkőpuszta; Benedek Endre-terem, átjáró, bal oldal</p> <p><u>Leírás:</u> Breccsás mészkő+hematit</p> <p><u>Elvégzett vizsgálatok:</u> RTG: NSSP110, NSSP111</p>
<p>Minta száma:S050604/11</p> <p><u>Gyűjtés helye:</u> Sátorkőpuszta; Benedek Endre-terem</p> <p><u>Leírás:</u> Fehér, tús kiválások</p> <p><u>Elvégzett vizsgálatok:</u> RTG: NSSP115</p>	<p>Minta száma:S050604/12</p> <p><u>Gyűjtés helye:</u> Sátorkőpuszta; Benedek Endre-terem, omladék</p> <p><u>Leírás:</u> Fehér, gömbös kiválások</p> <p><u>Elvégzett vizsgálatok:</u> RTG: NSSP116</p>

1. táblázat: A barlangban gyűjtött minták jele és rövid leírása.

Elvégzett vizsgálatok

A barlang fejlődéstörténetének feltárásához nyújt segítséget az ott található képződmények és ásványok vizsgálata. A mintákat a barlang teljes területéről gyűjtöttük, és a gyűjtési helyekről fotódokumentáció is készült. A mintákat leírtuk makroszkóposan, és mikroszkóp alatt is vizsgáltuk. Több mintából készült vékonycsiszolat. Ahol a meghatározás a csiszolat alapján nem volt egyértelmű, röntgen-pordiffrakciós vagy elektronmikroszondás vizsgálatokat végeztünk. 17 röntgen-pordiffrakciós felvétel készült, elektronmikroszondás vizsgálatra pedig 4 csiszolatot készítettünk. Emellett több vékonycsiszolat készült petrográfiai elemzésre.

Röntgen-pordiffrakciós (XPD) vizsgálat

A vizsgálatok során felhasznált összes XPD mérés az ELTE Ásványtani Tanszékén készült. A műszer egy másodlagos grafit-monokromátorral és szcintillációs detektorral felszerelt Siemens D5000 típusú röntgen-pordiffraktométer (Bragg–Brentano geometria, θ – θ üzemmód, Cu K α sugárzás). Számlálási idő 2 másodperc, a lépésköz $0,05^\circ$ (2θ) volt.

Elektronsugaras mikroanalízis

A vizsgálat során készült felvételek és elemzések az ELTE Közöttani és Geokémiai Tanszékén AMRAY 1830I típusú, energiadiszperzív röntgenspektrométerrel felszerelt pásztázó elektronmikroszkópon készültek 20 kV gyorsítófeszültség mellett. A vizsgálatokat szénréteggel bevont, 60–100 μm vastagságú, polírozott vékonycsiszolatokon végeztük.

Képződmények osztályozása

A Sátorkőpusztai-barlangban háromféle kiválástípust különböztethetünk meg.

Az első csoportba soroljuk a barlangképződés előtt, a mészkő repedéseiben és paleokarsztos üregeiben kivált ásványokat. A második csoportba soroljuk azokat a képződményeket, melyek feltehetőleg a lentől feláramló melegebb vizekből váltak ki, vagy ezen vizek oldó hatása nyomán dúsulnak fel. A harmadik csoportba soroltuk – mely egyben a legfiatalabb képződményeket tartalmazza – a fentről leszivárgó vizek eredményeként létrejött kiválásokat. Az első csoportba soroljuk a mészkő repedéseiben található agyagásványokat, a pirit utáni hematit és goethit pszeudomorfózákat és kalcitot.

A második csoportba sorolható a barlangi képződmények nagy része. Feltételesen ide soroljuk a gipszet, a kalcit több generációját, a falakon helyenként dúsán kivált borsókövet, a dolomitréteget a barlang alján, és a barlangi kitöltésként megtalálható agyagásványokat.

A harmadik csoport a legszegényebb, hiszen ide csak a fentről beszivárgó vizek eredményeként létrejött cseppkövek kalcitját sorolhatjuk. A barlang kialakulásának folyamatossága miatt ezeket az ásványokat és kiválásokat nagyon nehezen lehet elkülöníteni, függetleníteni egymástól pedig egyáltalán nem szabad. A genetikai helyett ezért itt az ásványrendszertan szerint tárgyaljuk a leírt képződményeket. Eddigi vizsgálataink alapján 4 osztályba sorolhatóak az ásványok.

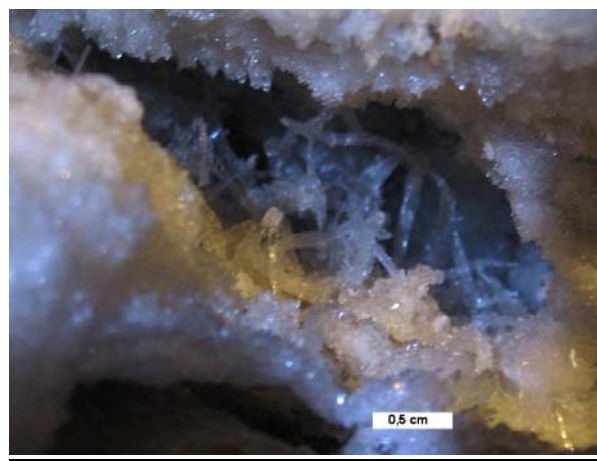
1. Szulfátok

– GIPSZ

A gipsz az egyik legnagyobb tömegben előforduló ásvány. Nagyon változatos megjelenési formákban lelhető fel a barlang egész területén. Megtalálhatjuk csillogó bevonatként a falakon és kisebb-nagyobb üregekben vékony tűkként, néhol pedig fatörzs vastagságú oszlopokként (már csak maradványok), melyek nagy mennyiségű karbonátot is tartalmaznak



7. ábra: Csillogó meghajlott gipsztű a barlang Benedek Endre-termében.



8. ábra: Szálás, tús gipsz egy kicsi, eldugott üregben.

2. Karbonátok

– KALCIT

A kalcit, a barlang másik gyakori ásványa, szintén sokféle formában jelenik meg. A kalcit végigkíséri a fejlődési folyamatot, hiszen a mészkő repedéseiben is megtalálható és cseppkő formájában is találkozunk vele. A barlangban találkozunk teléres szkalenoéderez kalcittal, tömeges kalcittal, telérkitöltésként, ágas-bogas kiválásként, borsókó és cseppkő formájában is (9. és 10. ábrák)



9. ábra: Kalcittelér, melyben öt kalcitgeneráció található meg.



10. ábra: Szálas, tús, fehér kiválás, sokáig aragonitnak tartották, már tudjuk hogy kalcit.

– DOLOMIT

A dolomit jól rétegzett kérget alkot a Benedek Endre-terem aljzatához közel. Benne sötétebb és világosabb sávok váltakoznak, a sávok közötti repedéseket pedig gipsz tölti ki. A gipsszel kitöltött rétegek egyértelműen száradási repedések (11. és 12. ábrák).



11. ábra: Jól rétegzett dolomit a barlangban.

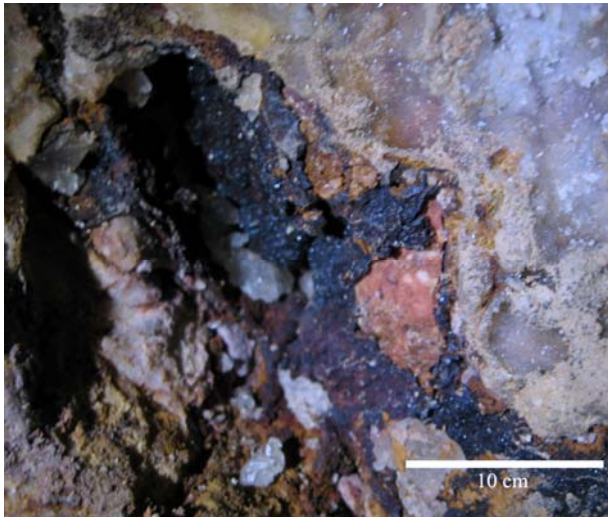


12. ábra: A dolomitban jól látszódik a repedéseket kitöltő gipsz.

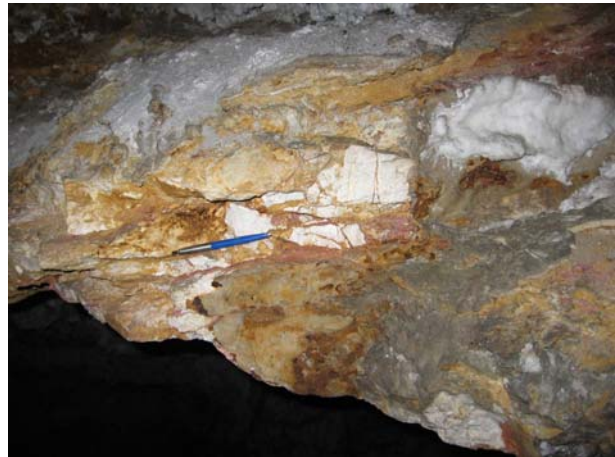
3. Oxidok, hidroxidok

– HEMATIT, GOETHIT:

A hematit és a goethit telérekben található meg, rozsdaszínű réteggént (röntgen-pordiffrakciós vizsgálat, 9-es táblázat). Makroszkópos és mikroszkópos vizsgálat is alátámasztotta, hogy piritből oxidáció útján keletkezett. A barlangban nagyon sok helyen megtaláljuk, főleg az alsóbb szinteken, de csakis a mészkő repedéseiben (13. és 14. ábrák).



13. ábra: Hematit a mészkő repedéseiben.



14. ábra: Mészkőbreccsa, lilás részén nagy hematittartalommal.

– KVARC

Kvarcot a barlang alját vastagon borító agyagrétegből mutattunk ki. Sajnos aprókristályos fázisban van jelen, így makroszkópos és mikroszkópos megfigyeléseket nem tudtunk tenni. Emellett kvarcot röntgen-pordiffrakció segítségével sikerült kimutatni a barlang mellől gyűjtött Dachsteini Mészkő oldási maradékából is.

4. Szilikátok

– KAOLINIT-CSOPORT

A barlangban agyagásvány a mészkő repedéseiben, a barlang járattalján és a paleokarsztos üregekben fordul elő.

A kaolinit szorosan a kvarccal együtt fordul elő a barlangban. Mind az alsó agyagrétegből, mind az oldási maradékból sikerült kimutatni (15. és 16. ábrák)



15. ábra: A forrás melletti rétegsor. A dolomit és kaolinit váltakozása látható.



16. ábra: Kalcittelér alatt nagyon vékony agyagréteg látható.

Képződmények jellemzése és leírása

A barlangban megtalálható képződmények ismertetésénél az általunk felállított, eredet szerinti hármass csoportosítás szerint fogjuk taglalni a kiválásokat. A barlang legidősebb képződményei azok a breccsás részek az alapkőzetben, melyben pirit, kalcit és kaolinit található.

A második csoportba a feláramló meleg vizekből kivált képződmények tartoznak; ez már a barlang kialakulása után vagy a kialakulás végső stádiumában történt. Ide az összes olyan képződményt sorolhatjuk mely nem cseppkő. Tehát a gipszek, borsókövek, kalcitkristálytűk, valamint a dolomit, mely 5–15 cm vastag kérget alkot a barlang Benedek Endre-termének aljzatán. Emellett ide soroljuk a kvarcot és a kaolinitet is, mint oldási maradékot.

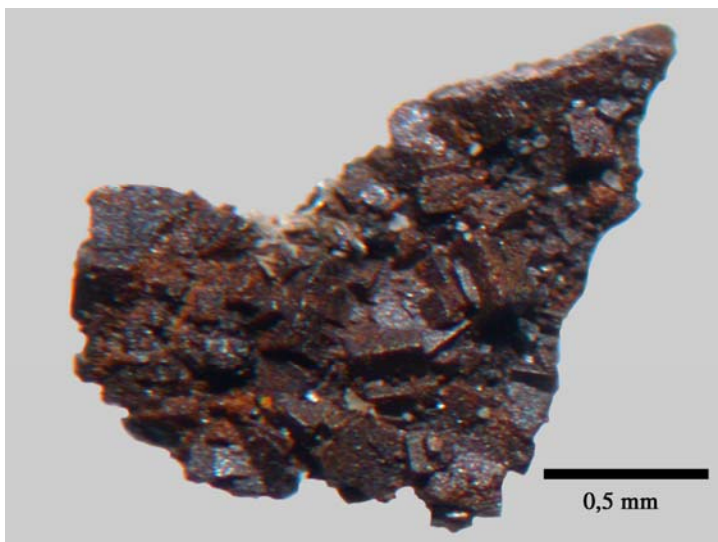
A harmadik csoportba soroljuk az összes cseppkövet, mely a leszivárgó vizekből vált ki.

Oldási vizsgálat

A barlang környékéről látszólag tiszta Dachsteini Mészövet gyűjtöttünk. A mészkövet összetörtük és lemértük. 840 g-ot oldottunk 10%-os ecetsavban, hogy a benne megtalálható, gyenge savakban oldhatatlan ásványfázisokat kinyerjük a kőzetből. Ezalatt az oldat pH-ját 4 körül tartottuk. Az így nyert oldási maradék tömege 0,8 g, mely a savazáshoz bemért mészkő tömegének 0,1%-a. Ezután sztereomikroszkóp alatt vizsgáltuk, kis részét pedig röntgen-pordiffrakciós vizsgálatra adtuk le (ezt a Röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok fejezetben az S050604/7-es mintánál tárgyaljuk).

Oldási vizsgálat eredménye:

Az oldási maradékot sztereomikroszkóp alatt vizsgálva apró, töredezett, átlátszó szemcséket láttunk. Feltételezésünk szerint ezek kvarctöredékek, és ezt a röntgen-pordiffrakciós vizsgálat is alátámasztotta. Emellett láttunk nagy mennyiségben vörösesbarna, kocka alakú szemcséket (17. ábra). Ennek a vizsgálata a későbbi kutatás feladata. Elméletünk szerint itt a Dachsteini mészkő szórta tartalmazott piritet, mely a barlang oldódásával egy időben oxidálódott, és hematit lett belőle.



17. ábra: Pirithez hasonló megjelenésű kockák.

Csiszolatok leírása

S050604/3

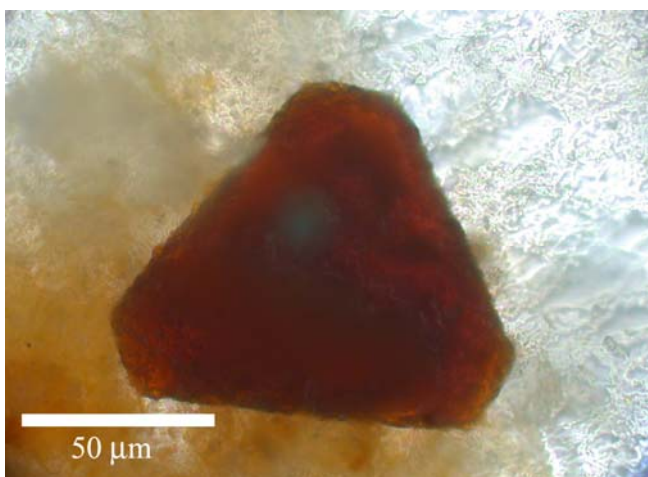
A forrás melletti rétegekből gyűjtött kőzetet világos és sötét rétegek alkotják (a mikroszondás vizsgálat során dolomitnak bizonyult). A csiszolat a rétegekre merőleges metszetben készült, így jól látszanak az eltérő színű sávok, és a dolomit repedéseit kitöltő gipszkristályok. A csiszolat szélén kalcit szemcsék figyelhetők meg, ezek keresztezett nikolok között egyszerre oltanak ki.

A választ, hogy mi okozza a dolomitsávok eltérő színét, a mikroszondától várjuk.

S050604/2

A forrással szemben levő rétegsor tetejéből készült a csiszolat. Benne erős sávozottság figyelhető meg. Mivel a rétegek nagyon aprókristályosak, polarizációs mikroszkóppal nem sikerült benne ásványokat meghatározni. A választ, hogy milyen ásványokból áll, a röntgen-pordiffrakciós vizsgálatról várjuk.

A csiszolatban található egy szemcse (18. ábra), aminek alakja a piritre jellemző, ám áteső fényben áttetsző, vöröses. Ráeső fényben a szegélye fakósárga színű, míg közepében vörössárgás belső reflex figyelhető meg. A pirit könnyen átalakul goethitté és hematittá (Kubovics, 1992), így a rozsdabarna-vörösbarna átalakulási termékeket pirit utáni pszeudomorfózáként értékelhetjük.



18. ábra: Pirit utáni hematit pszeudomorfóza.

Röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok eredményei

A vizsgálatok során 17 mintát adtunk le röntgen-pordiffrakciós elemzésre.

1. S050604/5

Az első minta egy gipszoszlop darabja volt. (19. ábra)



19. ábra: Gipszoszlop darabja (S050604/5).

A belső, tiszta, jó kristályos része már szabad szemmel is jól elkülöníthető volt a külső, matt, fehér résztől. A két részt szeparálva adtuk le. A röntgen pordiffrakciós-vizsgálat nem mutatott ki közöttük különbséget, mindkettőre tiszta gipszet kaptunk eredményként (2., 3. táblázat).

2. S050604/3:

A következő vizsgált minta a forrás mellett található világos- (4. táblázat) és sötétszürke rétegekből (5. táblázat) álló dolomit, aminek a repedéseit gipsz (6. táblázat) tölti ki. A három, szabad szemmel jól elkülöníthető fázist itt is szeparálva adtuk le a vizsgálatra. A különbséget a két dolomitfázis között nem egyértelműen, de sikerült kimutatni, mely szerint a sötét fázis nagyon kismértékű gipszet is tartalmaz, de ezeknek az eredményeknek a megerősítését a mikroszondás vizsgálatról vártuk (20. és 21. ábrák).



20. ábra: Vékony dolomitréteg.



21. ábra: Szétrepesztett dolomit, a repedésekben gipsz. Jól látható a 3 fázis.

3. S050604/2

A breccsás alapkőzet vizsgálatakor szeparáltunk egy vöröses fázist (7. táblázat), egy sárgás fázist (8. táblázat), emellett átlagmintáról is készült felvétel (9. táblázat). A vöröses fázis hematitot és goethitet tartalmaz, a sárgás rész pedig kaolinitet és kalcitot. Az átlagmintából csak kalcitot tudtunk kimutatni, tehát az egészre nézve a többi fázis mennyisége kevesebb, mint 5%.

4. S050604/4

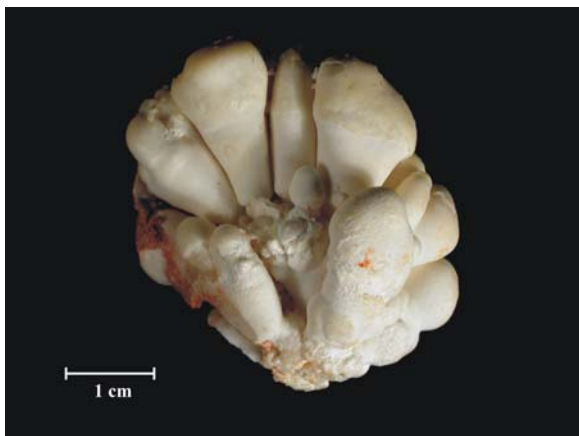
A pirit utáni átalakult kérgeket is megvizsgáltuk. Itt a felvétel szépen mutatta a hematitot, és a goethitet is (10-es táblázat).

5. S050604/10

A Benedek Endre-teremből vett breccsás anyagból szeparálva adtunk le a lilás színű alapanyagból (11. táblázat) és a fehér színű blokkokból (12. táblázat). Az előbbiből a vizsgálat kaolinitet, kalcitot és goethitet mutatott ki, így valószínűsíthetjük, hogy a lilás színt a finom szemcsés goethit okozza. A másik fázis eredménye tiszta kalcit lett.

6. S050604/11, S050604/12

Mivel az összes eddig olvasott publikációban (Takácsné, 2003; Lieber, Mézes, 1998) azt találtuk, hogy a Sátorkőpusztai-barlang híres az aragonitjairól, kicsit utánajártunk a dolognak. Kiválasztottunk két képződményt, amely külső morfológia alapján könnyen azonosítható aragonitként (22., 23. ábra), és mindkettőből adtunk le mintát röntgen-pordiffrakciós elemzésre. Eredményként azonban mindkét esetben tiszta kalcitot kaptunk (13. és 14. táblázat.)



22. ábra: Aragonitnak hitt, kalcit anyagú borsókö.



23. ábra: Aragonitnak hitt, kalcit anyagú képződmény.

7. S050604/6

A röntgen-pordiffrakciós vizsgálat a karbonátoszlopok feletti két mintából kalcitot és kaolinitet mutatott ki. A kalcit valószínűleg a nem tökéletes szeparálás miatt került bele. A kaolinit feltehetőleg a Dachsteini Mészke oldási maradéka (15. és 16. táblázat).

8. S050604/7

A mészke repedéséből származó S050604/7 jelű mintát röntgen-pordiffrakciós vizsgálata alapján kalcit és kaolinit (17. táblázat), az oldási maradékot főként kaolinit, kvarc, kevés illit és szmektit alkotja. A két minta ásványfázisait összevetve a kaolinit mindkét mintában domináns fázisként jelentkezik, mely alapján valószínűsíthetjük, hogy a repedésből gyűjtött agyagos minta a barlangot befogadó Dachsteini Mészke oldási maradéka lehet és nem a felszínről bemosott agyagos törmelék.

Minta jele: NSSP101			gipsz	33-311	
S050604/5 gipszcseppkő külső kéreg; fehér por			d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %			
11,60	7,6	100	7,6	100	020
20,70	4,29	6	4,28	100	021
23,37	3,81	19	3,80	17	040,130
			3,17	4	111
29,10	3,07	9	3,07	75	041
31,10	2,88	2	2,87	45	-221
			2,79	10	-112
			2,73	2	131
33,37	2,69	2	2,69	35	150,220
			2,60	6	-151
			2,53	2	060
			2,50	11	-202
			2,48	1	-132
			2,45	6	022
			2,41	1	-241
			2,29	<1	240
40,64	2,22	1	2,22	15	151
			2,14	2	042
			2,09	25	-242
			2,07	15	-152,- 311
47,83	1,902	3	1,900	16	080,260
			1,880	12	241
			1,865	3	-113
50,32	1,813	1	1,812	13	062
			1,800	6	081
			1,784	9	-262
			1,709	1	152
			1,685	3	023
			1,664	6	-243
			1,646	4	261
56,76	1,622	1	1,621	9	-281,190

2. táblázat: Gipszoszlop külső részének elemzése

Minta jele: NSSP102			gipsz	33-311	
S050604/5 gipszcseppkő belső tiszta kristály; fehér por			d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %		(gipsz)	
11,72	7,5	100	7,6	100	020
20,82	4,27	8	4,28	100	021
23,49	3,79	28	3,80	17	040,130
			3,17	4	111
29,22	3,06	11	3,07	75	041
31,22	2,86	3	2,87	45	-221
			2,79	10	-112
			2,73	2	131
33,47	2,68	4	2,69	35	150,220
35,51	2,53	2	2,60	6	-151
			2,53	2	060
			2,50	11	-202
			2,48	1	-132
			2,45	6	022
			2,41	1	-241
			2,29	<1	240
40,74	2,21	2	2,22	15	151
			2,14	2	042
			2,09	25	-242
					-152,-
43,64	2,07	1	2,07	15	311
47,96	1,897	6	1,900	16	080,260
			1,880	12	241
			1,865	3	-113
50,45	1,809	1	1,812	13	062
			1,800	6	081
51,31	1,780	1	1,784	9	-262
			1,709	1	152
			1,685	3	023
			1,664	6	-243
			1,646	4	261
56,85	1,620	2	1,621	9	-281,190

3. táblázat: Gipszoszlop belső részének elemzése.

Minta jele: NSSP103			dolomit	11-78	
S050604/3 többretegű szürke réteg világosszürke réteg			d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %			
11,67	7,6	1		(gipsz)	
22,00	4,04	2	4,03	3	101
24,06	3,70	6	3,69	5	012
30,92	2,89	100	2,89	100	104
33,47	2,68	4	2,67	10	006
35,28	2,54	3	2,54	8	015
37,36	2,41	9	2,41	10	110
41,13	2,19	25	2,19	30	113
43,76	2,07	2	2,07	5	021
44,91	2,02	14	2,02	15	202
49,21	1,852	4	1,848	5	024
50,38	1,811	10	1,804	20	018
51,00	1,791	15	1,786	30	116
			1,781	30	009
58,90	1,568	3	1,567	8	211
59,78	1,547	6	1,545	10	122
			1,496	1	1010
63,38	1,467	4	1,465	5	2-14
64,49	1,445	2	1,445	4	208

4. táblázat: Dolomit, világosszürke rétegek.

Minta jele: NSSP104			dolomit	11-78	
S050604/3 többretegű szürke réteg; sötétszürke réteg			d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %			
11,66	7,6	40		(gipsz)	
20,77	4,28	7		(gipsz)	
			4,03	3	101
23,44	3,80	7		(gipsz)	
24,06	3,70	5	3,69	5	012
29,16	3,06	7		(gipsz)	
30,89	2,89	100	2,89	100	104
33,41	2,68	6	2,67	10	006
35,24	2,55	3	2,54	8	015
37,35	2,41	9	2,41	10	110
41,09	2,20	24	2,19	30	113
43,72	2,07	3	2,07	5	021
44,90	2,02	12	2,02	15	202
49,18	1,852	4	1,848	5	024
50,38	1,811	11	1,804	20	018
50,98	1,791	15	1,786	30	116
			1,781	30	009
			1,567	8	211
59,75	1,548	5	1,545	10	122
			1,496	1	1010
63,27	1,470	4	1,465	5	2-14
			1,445	4	208

5. táblázat: Dolomit, sötétszürke rétegek.

Minta jele: NSSP105			gipsz	33-311	
S050604/3 többretegű szürke réteg fehér külső réteg			d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %			
11,63	7,6	100	7,6	100	020
20,72	4,29	7	4,28	100	021
23,40	3,80	22	3,80	17	040,130
			3,17	4	111
29,13	3,07	9	3,07	75	041
31,12	2,87	2	2,87	45	-221
			2,79	10	-112
			2,73	2	131
33,38	2,68	2	2,69	35	150,220
			2,60	6	-151
35,42	2,53	1	2,53	2	060
			2,50	11	-202
			2,48	1	-132
			2,45	6	022
			2,41	1	-241
			2,29	<1	240
40,65	2,22	1	2,22	15	151
			2,14	2	042
			2,09	25	-242
			2,07	15	-152,- 311
47,86	1,901	4	1,900	16	080,260
			1,880	12	241
			1,865	3	-113
50,32	1,813	1	1,812	13	062
			1,800	6	081
			1,784	9	-262
			1,709	1	152
			1,685	3	023
			1,664	6	-243
			1,646	4	261
56,79	1,621	1	1,621	9	-281,190

6. táblázat: Fehér, gipsz rétegek.

Minta jele: NSSP106			hematit	33-664		goethit	29-713	
S050604/2 többrétegű vöröses rétegek; vörös tömeg			d [Å]	Int [%]	hkl	d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %						
14,21	6,2	7						
15,55	5,7	12						
17,82	4,98	14				4,98	12	020
20,05	4,43	5						
21,29	4,17	98				4,18	100	110
22,14	4,01	10						
22,68	3,92	9						
24,20	3,68	27	3,68	30	012			
26,41	3,37	11				3,38	10	120
27,05	3,30	6						
33,23	2,70	100	2,70	100	104	2,69	35	130
34,79	2,58	24				2,58	12	021
35,72	2,51	81	2,52	70	110	2,53	4	101
						2,49	10	040
36,71	2,45	76				2,45	50	111
39,12	2,30	6	2,29	3	006	2,30	1	200
40,09	2,25	14				2,25	14	121
41,16	2,19	28	2,21	20	113	2,19	18	140
43,39	2,09	5	2,08	3	202	2,09	1	220
						2,01	2	131
47,30	1,922	7				1,920	5	041
49,50	1,841	27	1,841	40	024			
50,61	1,804	9				1,802	6	211
						1,773	1	141
53,29	1,719	33				1,719	20	221
54,02	1,698	42	1,694	45	116	1,691	6	240
55,33	1,660	5				1,659	3	060
			1,637	1	211			
57,60	1,600	14	1,603	5	122	1,604	4	231
			1,599	10	018			
59,13	1,562	20				1,564	10	151
61,41	1,510	15				1,561	8	160
62,40	1,488	23	1,486	30	214	1,509	8	002
						1,468	2	320
64,07	1,453	34	1,454	30	300	1,454	5	061

7. táblázat: Vöröses rétegek a breccsás kőzetben.

Minta jele: NSSP107						Kalcit			24-27			Kaolinit 1Md;29-1488		
S050604/2 többretegű vöröses rétegek; sárgás agyag			d [Å]	Int [%]	hkl	d [Å]	Int [%]	hkl	d [Å]	Int [%]	hkl	d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %												
4,55	19,4	5												
5,37	16,5	4												
12,34	7,2	43				7,1	100	001						
19,90	4,46	14				4,41	60b	110						
20,36	4,36	14												
21,25	4,18	11												
23,09	3,85	18	3,852	29	012									
24,89	3,58	33				3,56	100	002						
26,15	3,41	4												
29,39	3,04	100	3,030	100	104									
			2,834	2	006									
35,00	2,56	13				2,551	25	130						
35,99	2,50	60	2,495	7	110									
						2,491	30	200						
						2,43	5							
37,79	2,38	5				2,375	20	003						
38,48	2,34	12				2,327	40	113						
39,43	2,29	45	2,284	18	113									
						2,200	5	201						
43,19	2,09	26	2,094	27	202									
45,53	1,992	5				1,980	10	221						
47,51	1,914	15	1,9261	4	024									
						1,888	6	042						
48,52	1,876	28	1,8726	34	116									
						1,679	12	160						
55,17	1,665	5				1,665	16	204						
56,65	1,625	7	1,6259	2	211									
57,44	1,604	18	1,6040	15	122									
						1,54	3	114						
60,66	1,527	8	1,5247	3	²⁻¹⁻ ₄									
62,30	1,490	8	1,5061	2	119									
						1,488	30	060						

8. táblázat: Sárgás agyagban kaolinit és kalcit található.

Minta jele: NSSP108			kalcit	24-27	
S050604/2 többretegű vöröses rétegek; átlagminta			d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %			
23,06	3,86	6	3,85	29	012
29,42	3,04	100	3,03	100	104
31,44	2,85	2	2,83	2	006
35,99	2,50	10	2,50	7	110
39,43	2,29	14	2,28	18	113
43,19	2,09	14	2,09	27	202
47,54	1,913	12	1,926	4	024
48,54	1,875	13	1,873	34	116
56,57	1,627	2	1,626	2	211
57,42	1,605	7	1,604	15	122
60,70	1,526	4	1,525	3	2-1-4
61,44	1,509	2	1,506	2	119
63,11	1,473	1			

9. táblázat: Breccsás rész átlagminta. Minden fázis 5% alatti, csak a kalcit nem.

Minta jele: NNSP109			Hematit 33-664			Goethit 29-713		
S050604/4 pirit utáni rétegek; vörös por			d [Å]	Int [%]	hkl	d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %						
17,80	4,98	11				4,98	12	020
19,54	4,54	7						
20,54	4,32	11						
21,25	4,18	57				4,18	100	110
24,16	3,68	36	3,68	30	012			
26,30	3,39	10				3,38	10	120
32,46	2,76	10						
33,16	2,70	100	2,70	100	104	2,69	35	130
34,04	2,63	8						
34,69	2,58	13				2,58	12	021
						2,53	4	101
35,68	2,51	76	2,52	70	110			
						2,49	10	040
36,69	2,45	48				2,45	50	111
39,05	2,30	7	2,29	3	006	2,30	1	200
39,98	2,25	12				2,25	14	121
40,85	2,21	32	2,21	20	113	2,19	18	140
42,07	2,15	8						
						2,09	1	220
			2,08	3	202			
						2,01	2	131
						1,92	5	041
49,42	1,843	32	1,841	40	024			
50,53	1,805	7				1,80	6	211
						1,77	1	141
53,33	1,716	23				1,72	20	221
53,97	1,698	55	1,694	45	116	1,69	6	240
						1,66	3	060
			1,637	1	211			
57,44	1,603	15	1,603	5	122	1,60	4	231
			1,599	10	018			
58,98	1,565	12				1,56	10	151
						1,56	8	160
61,22	1,513	9				1,51	8	002
62,40	1,487	25	1,486	30	214			
63,01	1,474	15						
						1,47	2	320
63,98	1,454	33	1,454	30	300	1,45	5	061

10. táblázat: Pirit utáni hematit és goethit.

Minta jele: NNSP110			kaolinit 1Md;29-1488			calcit 24-27			goethit 29-713		
S050604/10 breccsás rész. Lila fázis			d [Å]	Int [%]	hkl	d [Å]	Int [%]	hkl	d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %									
6,08	14,5	5									
12,35	7,2	100	7,1	100	001						
13,91	6,4	3									
									4,98	12	020
19,91	4,46	42	4,41	60b	110						
20,39	4,36	44									
21,31	4,17	38							4,18	100	110
23,10	3,85	15				3,85	29	012			
23,84	3,73	9									
24,92	3,57	68	3,56	100	002						
26,29	3,39	8							3,38	10	120
29,47	3,03	76				3,03	100	104			
						2,83	2	006			
32,44	2,76	3									
33,19	2,70	7							2,69	35	130
35,00	2,56	28	2,55	25	130				2,58	12	021
									2,53	4	101
36,00	2,49	30	2,49	30	200	2,50	7	110	2,49	10	040
									2,45	50	111
36,85	2,44	4	2,43	5							
37,82	2,38	11	2,38	20	003						
38,46	2,34	32	2,33	40	113						
									2,30	1	200
39,45	2,28	31				2,28	18	113			
									2,25	14	121
41,10	2,20	4	2,20	5	201				2,19	18	140
43,22	2,09	14				2,09	27	202	2,09	1	220
									2,01	2	131
45,69	1,986	9	1,980	10	221						
46,84	1,939	4									
						1,926	4	024			
									1,920	5	041
47,56	1,912	12									
			1,888	6	042						
48,52	1,876	14				1,873	34	116			
49,60	1,838	6									
									1,802	6	211
									1,773	1	141
									1,719	20	221
									1,691	6	240
54,36	1,688	9	1,679	12	160						
55,24	1,663	14	1,665	16	204						
									1,659	3	060
56,54	1,628	7				1,626	2	211			
57,53	1,602	6				1,604	15	122	1,604	4	231
57,98	1,590	3									
									1,564	10	151
									1,561	8	160
59,96	1,543	4	1,540	3	114						
60,58	1,528	3				1,525	3	2-1-4			
61,07	1,517	10									
									1,509	8	002
						1,506	2	119			
62,38	1,489	26	1,488	30	060						
63,15	1,472	4									
									1,468	2	320
63,96	1,455	5							1,454	5	061
64,39	1,447	4									

11. táblázat: Breccsás anyagból szeparált lila fázis.

Minta jele: NSSP111			kalcit 24-27		
S050604/10 breccsás rész. Fehér fázis			d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %			
23,11	3,85	7	3,85	29	012
29,46	3,03	100	3,03	100	104
31,50	2,84	2	2,83	2	006
36,05	2,49	10	2,50	7	110
39,48	2,28	16	2,28	18	113
43,23	2,09	14	2,09	27	202
47,57	1,912	14	1,926	4	024
48,57	1,874	15	1,873	34	116
56,65	1,625	2	1,626	2	211
57,48	1,603	6	1,604	15	122
60,77	1,524	4	1,525	3	2-1-4
61,44	1,509	2	1,506	2	119
63,12	1,473	1			

12. táblázat: Breccsás anyagból szeparált fehér fázis.

Minta jele: NSSP115			Kalcit 24-27		
Tűs fehér kiválások			d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %			
11,73	7,5	8			
23,18	3,84	7	3,85	29	012
29,54	3,02	100	3,03	100	104
30,97	2,89	2			
31,56	2,83	2	2,83	2	006
36,12	2,49	10	2,50	7	110
39,55	2,28	14	2,28	18	113
43,31	2,09	12	2,09	27	202
47,65	1,908	11	1,926	4	024
48,66	1,871	12	1,873	34	116
56,73	1,623	2	1,626	2	211
57,55	1,601	6	1,604	15	122
60,82	1,523	3	1,525	3	2-1-4
			1,506	2	119
63,22	1,471	1			

13. táblázat: Tűs kiválású kalcitok.

Minta jele: NSSP116			kalcit 24-27		
fehér borsókőszerű kiválások			d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %			
23,20	3,83	7	3,85	29	012
29,59	3,02	100	3,03	100	104
31,69	2,82	2	2,83	2	006
36,22	2,48	16	2,50	7	110
39,61	2,28	11	2,28	18	113
43,36	2,09	10	2,09	27	202
47,74	1,905	9	1,926	4	024
48,74	1,868	10	1,873	34	116
56,79	1,621	2	1,626	2	211
57,70	1,598	5	1,604	15	122
61,27	1,513	3	1,525	3	2-1-4
			1,506	2	119

14. táblázat: Borsókő

Minta jele: NSSP112			kaolinit 1Md;29-1488			kalcit 24-27			kvarc 33-1161		
karbonát-cseppkövek feletti plafon			d [Å]	Int [%]	hkl	d [Å]	Int [%]	hkl	d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %									
12,47	7,1	11	7,1	100	001						
19,95	4,45	5	4,41	60b	110						
20,96	4,24	23							4,26	22	100
23,17	3,84	3				3,85	29	012			
25,01	3,56	8	3,56	100	002						
26,76	3,33	100							3,34	100	101
29,56	3,02	20				3,03	100	104			
31,63	2,83	1				2,83	2	006			
35,13	2,55	4	2,55	25	130						
						2,50	7	110			
36,13	2,49	7	2,49	30	200						
36,67	2,45	7	2,43	5					2,46	8	110
37,93	2,37	1	2,38	20	003						
38,60	2,33	3	2,33	40	113						
						2,28	18	113			
39,58	2,28	12							2,28	8	102
40,40	2,23	4							2,24	4	111
			2,20	5	201						
42,57	2,12	5							2,13	6	200
43,35	2,09	4				2,09	27	202			
45,94	1,975	4							1,979	4	201
47,70	1,907	4	1,980	10	221	1,926	4	024			
			1,888	6	042	1,873	34	116			
48,70	1,870	3									
50,27	1,815	11							1,818	14	112
			1,679	12	160						
55,02	1,669	4							1,672	4	202
			1,665	16	204						
56,80	1,621	2				1,626	2	211			
57,56	1,601	3				1,604	15	122			
									1,542	9	211
60,08	1,540	8	1,540	3	114						
60,86	1,522	1				1,525	3	2-1-4			
						1,506	2	119			
62,50	1,486	2	1,488	30	060						
									1,454	1	113

15. táblázat: Karbonát-cseppkövek fölül, a plafonból vett porminta

Minta jelle: NSSP114			kaolinit	14-146		kalcit	24-27	
Karbonát-cseppkövek feletti plafon			d [Å]	Int [%]	hkl	d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %						
12,39	7,1	9	7,1	100	001			
19,97	4,45	2	4,48	35	020			
20,43	4,35	3	4,37	60	-110			
21,36	4,16	3	4,14	35	-111			
23,14	3,84	4	3,85	40	0-21	3,852	29	012
24,97	3,57	6	3,58	80	002			
			3,42	5	1-11			
			3,38	35	111			
			3,16	20	1-12			
			3,12	20	-112			
29,50	3,03	100				3,030	100	104
31,53	2,84	1				2,834	2	006
			2,75	20	002			
35,11	2,56	2	2,56	35	-201			
			2,55	25	130	2,495	7	110
			2,52	10	1-12			
36,06	2,49	11	2,49	45	200			
			2,38	25	003			
			2,35	40	-202			
38,58	2,33	3	2,34	40	1-31			
			2,31	5	-113			
39,50	2,28	6	2,29	35	131	2,284	18	113
			2,250	20	132			
43,28	2,09	7				2,094	27	202
			1,990	35	1-32			
47,61	1,910	6	1,910	20	-230	1,9261	4	024
			1,897	25	-223			
48,61	1,873	8				1,8726	34	116
			1,710	25	2-22			
56,70	1,623	1				1,6259	2	211
57,48	1,603	2				1,6040	15	122
			1,540	3	114			
60,77	1,524	2				1,5247	3	2-1-4
61,47	1,508	2	1,505	5	2-43	1,5061	2	119
62,41	1,488	2	1,489	90	-331			

16. táblázat: Karbonát-cseppkövek fölül, a plafonból vett porminta

Minta jele: NSSP113			kaolinit 1Md; 29-1488			kalcit	24-27	
agyag a mészkőből			d [Å]	Int [%]	hkl	d [Å]	Int [%]	hkl
2Theta	d [Å]	I/I ₀ %						
12,34	7,17	3	7,1	100	001			
14,39	6,16	1						
19,80	4,483	2	4,41	60b	110			
20,37	4,359	1						
21,37	4,159	1						
23,07	3,855	15				3,85	29	012
24,87	3,581	2	3,56	100	002			
29,43	3,035	100				3,03	100	104
31,47	2,842	2				2,83	2	006
35,02	2,562	1	2,55	25	130			
36,02	2,494	28				2,50	7	110
			2,49	30	200			
			2,43	5				
38,47	2,340	2	2,38	20	003			
			2,33	40	113			
39,45	2,284	30				2,28	18	113
			2,20	5	201			
43,21	2,094	23				2,09	27	202
			1,980	10	221			
47,55	1,9120	11				1,926	4	024
			1,888	6	042			
48,56	1,8749	17				1,873	34	116
			1,679	12	160			
			1,665	16	204			
56,61	1,6258	5				1,626	2	211
57,46	1,6037	13				1,604	15	122
			1,540	3	114			
60,75	1,5245	6				1,525	3	2-1-4
						1,506	2	119
63,11	1,4731	2	1,488	30	060			

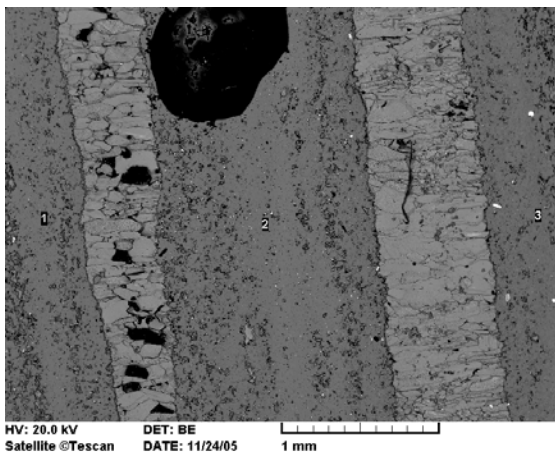
17. táblázat: Mészkő repedéséből származó agyag

Mikroszondás vizsgálatok:

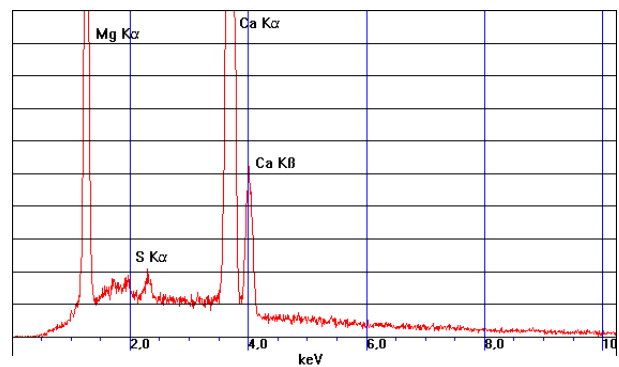
Mikroszondás vizsgálatra az S050604/3 mintából készített csiszolatot vittük. Ez a csiszolat a dolomitrétegekre merőlegesen készült, így jól látszanak a világosabb és sötétebb rétegek és a repedéseket kitöltő gipsz. A fő kérdés az volt, hogy mi okozza a rétegek közötti színbeli eltérést.

A 24. ábrán a dolomit sávok láthatók és a repedésekben kristályosodott gipsz. A gipszrétegek szélessége nagyjából 0,4–0,6 mm. A gyűjtés helyszínén a rétegek vízszintesen települtek.

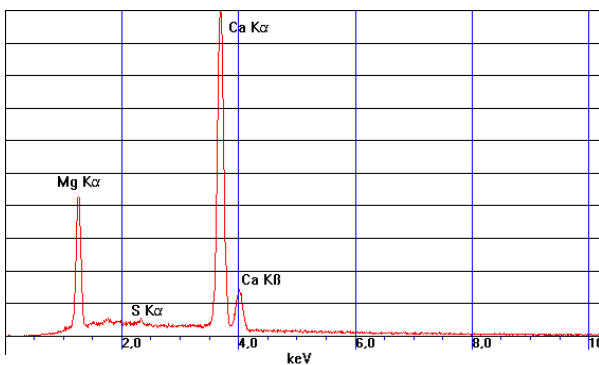
Itt a képen megjelölt három pontról készítettünk elemzést. A 2-es és 3-as pontok nagyon hasonlóak, az 1-es kicsit eltér a többitől. Mindhárom spektrum ad magnéziumot, kalciumot, és több-kevesebb ként.



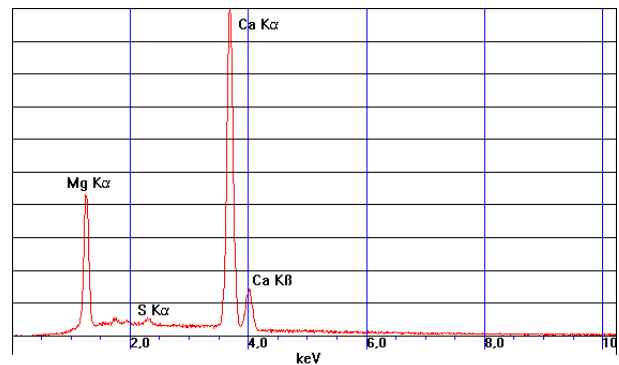
24. ábra: Dolomitsávok és gipszrétegek (visszaszórt elektronkép).



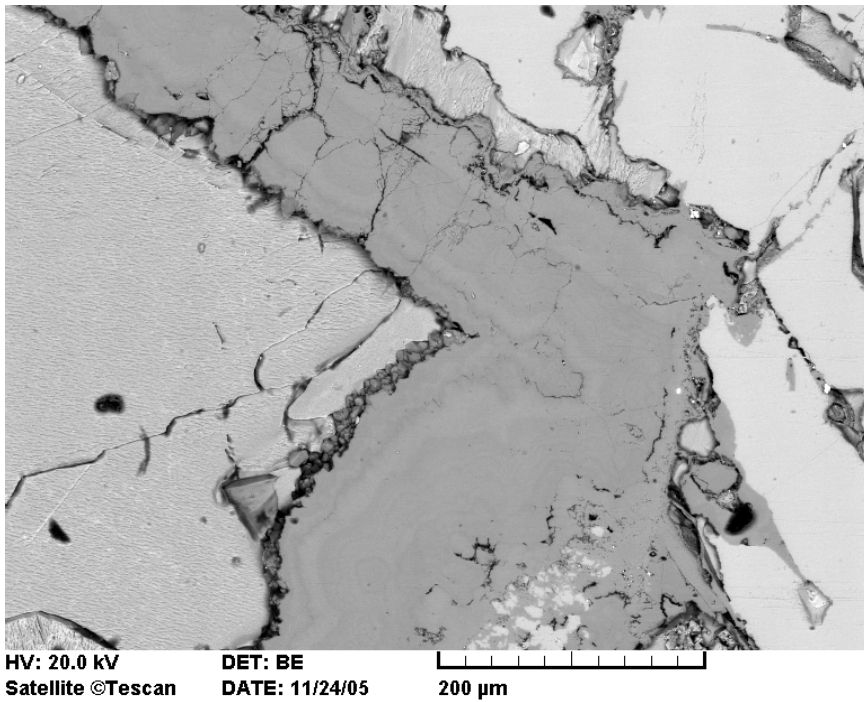
25. ábra: A 24. ábra 1-es pontjáról készült röntgenspektrum.



26. ábra: A 24. ábra 2-es pontjáról készült röntgenspektrum.

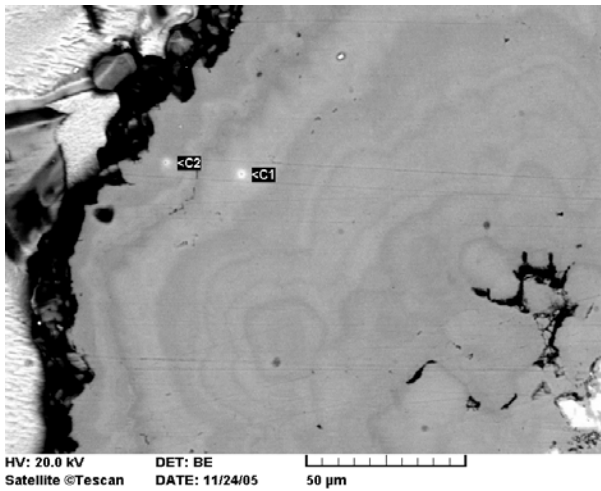


27. ábra.: A 24. ábra 3-as pontjáról készült röntgenspektrum.

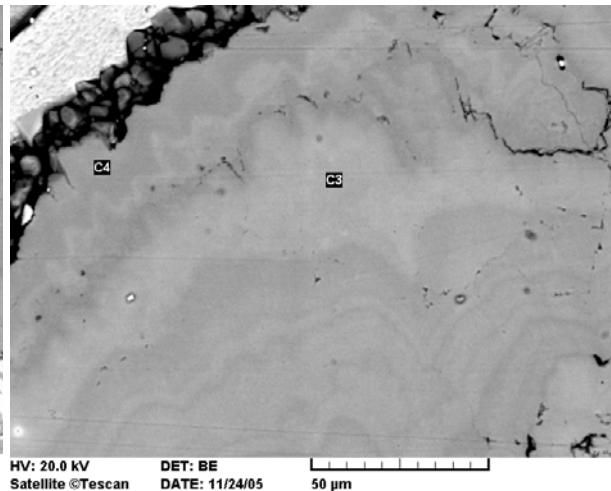


28. ábra: A rétegzett dolomit egy részlete. A kép bal szélén gipsz, középen dolomit, jobb oldalt kalcit látható (visszaszórt elektronkép).

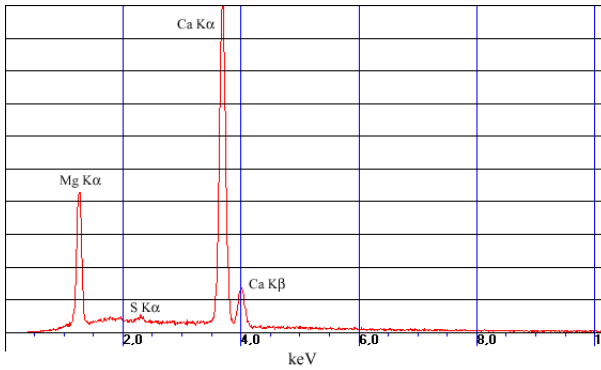
A 28. ábrán látunk egy dolomitréteget (sötétszürke), tőle jobbra kalcitot (legvilágosabb), balra pedig gipszet (középszürke). A minta a rétegsorban úgy helyezkedett el, hogy legalul volt a kalcit, felül a gipsz, az egész pedig a barlang alját borító agyagrétegre települt.



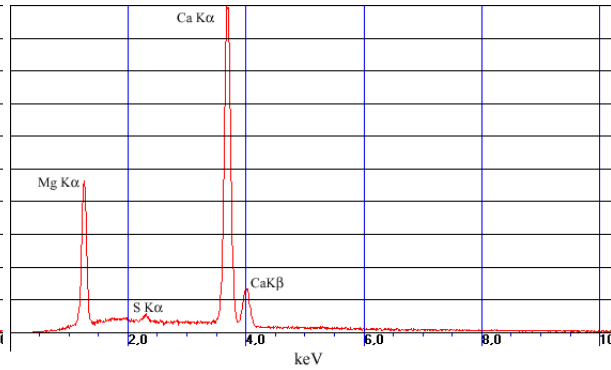
29. ábra: Sávos dolomitréteg (visszaszórt elektronkép, a 29. ábra részlete). Az eltérő árnyalatok oka kismértékű kémiai különbség. C1, C2: elemzési pontok.



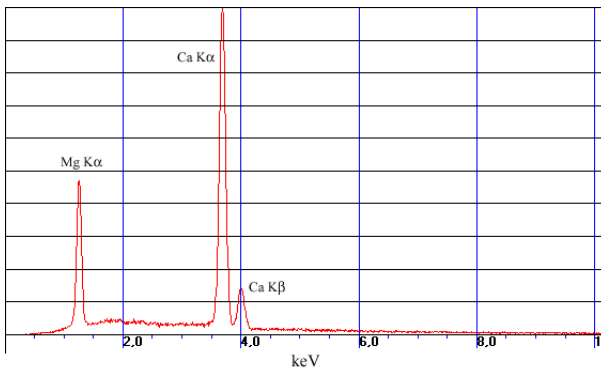
30. ábra: Sávos dolomitréteg (visszaszórt elektronkép, a 29. ábra részlete). Az eltérő árnyalatok oka kismértékű kémiai különbség. C3, C4: elemzési pontok.



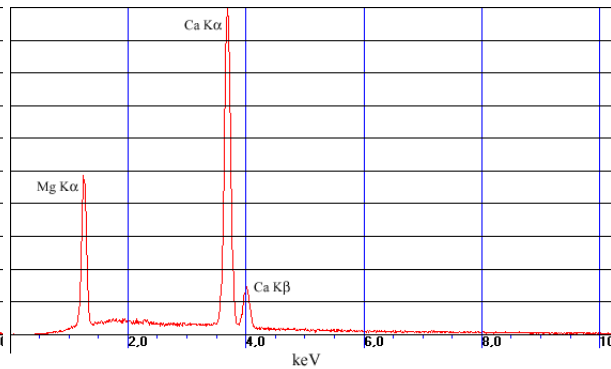
31. kép: A 29. ábra C1-es pontjáról (világos sáv) felvett röntgenspektrum.



32. kép: A 30. ábra C3-as pontjáról (világos sáv) felvett röntgenspektrum.



33. ábra: A 29. ábra C2-es pontjáról (sötét sáv) felvett röntgenspektrum.



34. ábra: A 30. ábra C4-es pontjáról (sötét sáv) felvett röntgenspektrum.

A dolomitsávról négy mérés készült, kettő a visszaszórt elektronképen világos (C1, C3), kettő a sötét (C2, C4) rétegekből. A C2 és C4 mérések eredménye tisztán kalciumot és magnéziumot (dolomit) mutatott, ám a C1 és C3 felvételen a kalcium és magnézium mellett kén is megjelenik.

Mikroszondás vizsgálatok értékelése

A 28.–30. ábrán jól látszik a dolomit finom sávozottsága, ami szépen követi a kalcitkristályok felületét. A polarizációs mikroszkópos vizsgálatból már azt is tudjuk, hogy ezek a kalcitok egyszerre oltanak ki, tehát egy egyidejű, egy irányba történő kristályosodás során keletkeztek. Ezek alapján a kalcitok váltak ki először, a dolomit csak ezután vált ki a tetejükön.

A 28.–30. ábrán látható eltérést vizsgálva a világos és sötét sávok elemtartalma között először arra gondoltunk, az ok egyszerűen az, hogy a gipsz kis keménysége miatt a rossz polírozás következtében rákenődött a dolomitrétegekre. Ezt azonban cáfolja, hogy a külső sávból nem kaptunk ként, míg a belsőből igen. Mivel a rétegek a csiszolat síkjára merőlegesek, azt a lehetőséget is elvethetjük, hogy a gipszkéreg benyúlik a dolomit alá, a dolomit pedig vékony, így a gipsz is beleesik a gerjesztési térfogatba.

A legvalószínűbb, hogy a homogénnek tűnő dolomit tulajdonképpen mikrokristályos dolomitból és gipszből áll, amit ezen a nagyításon nem láthatunk. Ha azonban a világos rétegek tartalmaznak gipszet, az azt jelenti, hogy egyidejűek, együtt kellett kristályosodniuk. Tehát a dolomit itt primer módon vált ki!!! Ez azonban a Földön csak néhány különleges képződési környezetben lehetséges, mint például a bepárlódó evaporitos lagúnákban. Itt a túltelített tengervízből kiválnak a karbonátok (a mészkő és a dolomit), majd a sóközetek (Báldi 1978). Valami hasonlót képzelünk el a barlangban is, azonban itt hiányzik a sóközeteket alkotó nátrium-klorid nagy mennyisége, és a párolgás sem lehetséges oly módon, mint a tengeröblök esetében. De itt ugyanúgy számolhatunk a hőmérséklet nagymértékű emelkedésével. Az oldatok kémiai összetétele szempontjából pedig figyelembe kell venni a szulfátos közeg hatását a dolomit képződésére.

A bepárlódásos modellt alátámasztják a dolomitos kéreg száradási repedései is. Ezeket a repedéseket gipsz tölti ki, ám ez a gipsz már nem egyidős a dolomittal, hanem későbbi kiválás. Ez a gipsz tölti ki a kalcit és a dolomit közötti réseket is, amit valószínűleg szintén egy utólagos folyamat alakított ki.

Folyamatok leírása

A Nagy-Strázsa-hegyben bekövetkező folyamatokat először a barlang kialakulása előtti képződményekkel kell kezdeni. Az ásványoknál ismertetett csoportosítást itt is majdnem teljesen fel tudjuk használni. A barlang kialakulása előtt az összetöredezett Dachsteini mészkőben repedések, litoklázisok jöttek létre, melyben fluidumok kezdtek el cirkulálni. Ezekből a fluidumokból vált ki a kalcit, de már kis mértékben megkezdődött a mészkő oldódása, melyből kaolinit oldási maradék keletkezett. A paleokarsztos üregek szintén ezzel a korai oldási maradékkal voltak feltöltve. Ezek a repedések akár teljesen fel is töltődhettek, majd a későbbi áramlások újra átjárhatóvá tették őket.

A barlang kialakulása több fázisban zajlott. Legalább négy fázist el tudunk különíteni. Az első fázisban a fluidumok erőteljesen elkezdtek oldani a mészkövet, de mivel a mészkő jobban oldódik, mint a nagyobb kristályú kalciterek, ezért ezek kipreparálódtak a kőzetből. Ekkor már a Dachsteini Mészkőből származó oldási maradék halmozódott fel az üregben.

Az üreg majdnem teljesen feltöltődött agyaggal, amikor elkezdődött a második fázis; a dolomitrétegek kezdtek kiválni a barlang járattalpára. Ez a dolomitképződés ritmikusan váltakozott egy gipszes–dolomitos kiválással. Ezek után biztosra vehető a barlangban megtalálható vizek visszahúzódása, hiszen a dolomit megkeményedett, és közben száradási repedések jelentek meg benne.

A harmadik fázis során, a falakon megtalálható látványos kiválásoké lett a főszerep. Ekkor vált ki a falakra és a dolomit száradási repedéseibe a gipsz.

Negyedik lépésként a kalcit alapanyagú ásványcsoportok, borsókövek jelentek meg a falakon. Ekkor már a barlang nem fejlődött, tehát a nagy vastagságú agyag megvolt a terem alján. A dolomit alatti kalcitok, fontos részei ezeknek a folyamatoknak, mert bizonyítható (lásd mikroszonda eredmények) hogy a dolomit megóvta az alatta lévő kalcitot. A harmadik és a negyedik fázis során alakulhattak ki a barlang felső gömbfülkés részei is, amikor az aeroszolok oldották a mészkövet. Az aeroszol-elméletet az is alátámasztja, hogy a barlang alsóbb részein a falakon megtalálható gipsz 15–20 cm vastag, míg egyre feljebb a gipszréteg vékonyodik, majd fokozatosan eltűnik. Ha állóvízből vált volna ki, akkor éles határral lenne vége a kiválásnak.

További fontos megfigyelések, a barlangban megtalálható pirit utáni hematitos erek, melyeket egyelőre nem köthetünk bizonyíthatóan egyik folyamathoz sem, de a pirit oxidációja forrást szolgáltat a dolomitba beépülő gipszhez. A dolomitban megtalálható gipszet mindenképpen külön generációba soroljuk a falakon megtalálható gipsztől. A korábbi gipszekhez szolgáltathatta a ként a kőzetben megtalálható és a repedésekben feldúsult pirit. A

barlangban nagy mennyiségben megtalálható, második generációs gipsz feltehetőleg máshonnan nyerte a szulfidot.

További kutatási irányok

A további kutatási irányok meghatározásánál fő kategóriákat használtunk. Első sorban a második generációs gipsz- és kalcitkiválásokat kiváltó fluidum vagy aeroszol forrását kell meghatározni. Ez elsődlegesen speleológiai feladat, hiszen ezek a források valószínűleg lentől jöttek, ám az akkor már feltöltődött, több méteres agyagrétegen nem jöhettek át nyom nélkül. Tehát egy vagy több barlangjárat kis bontással is feltárható lehet. Ezeket mindenképpen ott kell keresni, ahol nem találunk dolomitrétegeket az agyagos kitöltésen.

A másik fontos kutatási irány az ásványtani kutatás, hiszen nyitva maradt a pirit kérdése a barlangban és ennek a gipszhez kötődő szerepe. A dolomit és a gipsz egymás melletti kiválása is fontos. Hiszen utána kell járni, hogy a dolomit miként viselkedik szulfátos közegben. Ha a pirit és a dolomitkérdés meg van oldva, akkor már csak a nagy tömegben megtalálható gipsz és kalcit eredetét kell vizsgálni. Főleg az a kérdés, hogy a fluidumok, amikből mindezek az ásványok kiváltak, kapcsolhatóak-e a Tábla-hegy vagy valamelyik másik vulkáni terület hidrotermális rendszeréhez. Ha igen, akkor miért szulfátos az alap fluidum. Ezeket legjobban folyadékzárvány vizsgálatokkal, illetve izotópvizsgálatokkal lehetne meghatározni.

Összefoglalás

A munkánk célja a Sátorkőpusztai-barlang ásványtani feldolgoása volt. A jelenlegi dolgozat e munka első részeredményének összegzése.

Első lépésben átfogó mintázást végeztünk, majd terepi megfigyeléseket tettünk, és mindent folyamatosan dokumentáltunk. A műszeres vizsgálatokat az ELTE Ásványtani, valamint Kőzettani és Geokémiai Tanszékén végeztük, ahol röntgen-pordiffrakciós és elektronmikroszondás vizsgálatokat kértünk. Egyes mintákból vékonycsiszolatok készültek. Az alapközetet oldottuk, és az oldási maradékot vizsgáltuk. Az eredmények egy részét sikerült egy földtani fejlődéstörténetbe behelyezni. Amit nem sikerült, azok nyitott kérdések maradtak, melyre a jövőben keressük a választ további vizsgálatokkal.

A barlang és környéke minimum négy fázisban alakult olyanná, mint amivel a kutató most találkozik. Az első fázisban a mészkő repedéseiben kalcit vált ki, majd elkezdődött és be is fejeződött a barlang kioldódásának túlnyomó része és az agyag lerakódása. A második fázisban a barlangban elkezdődött a dolomit és a gipsz ritmikus kiválása, majd a barlangban megtalálható vizek teljesen visszahúzódtak. A harmadik fázisban újra gipsz rakódott le, emellett kalcit is kivált a falakon. A gipszrétegek elvékonyodása a falakon mutatja, hogy nem víztérben vált ki a gipsz, hanem aeroszorból csapódott ki. Ekkorra tehetjük a barlang felső részeinek a kioldódását is. A negyedik fázisban a fentről jövő hidegebb vizeknek köszönhetően cseppkőkiválások történtek a barlangban.

Köszönetnyilvánítás

Dolgozatunk végén szeretnénk köszönetet mondani dr. Weiszburg Tamás tudományos főmunkatársnak, témavezetőnknek, Pekker Péter PhD hallgatónak, Váczi Tamás PhD hallgatónak az ELTE Ásványtani Tanszékéről. Kiemelten köszönjük a BEBTE csoport minden tagjának a segítséget, különös tekintettel ifj. Barna Józsefnek, akik segítettek lejutni a barlangba. Köszönet illeti Gálné Solymos Kamillát az ELTE Kőzettani és Geokémiai tanszékéről a mikroszondás vizsgálatok elvégzéséért. Köszönetet mondunk Péro Csaba, dr. Haas János és dr. Leél-Őssy Szabolcs segítségéért. Köszönet illeti Benkó Zsolt PhD hallgatót és Tóth Erzsébetet az ELTE Ásványtani tanszékéről és Kiss Gabriella III. éves geológushallgatót. Köszönjük a segítségét Sásdi Lászlónak a Magyar Állami Földtani Intézetből. Köszönjük dr. Lovas György tanár úrnak és Tóthné Király Juditnak a röntgenpordiffrakciós felvételek elkészítését.

Irodalomjegyzék

- Báldi T. (1978): A történeti földtan alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 309 p.
- Császár G. (1997): Magyarország litosztatigráfiai alapegységei. MÁFI kiadvány, Budapest.
- Gidai L., Nagy G., Siposs Z. (1981): A Dorogi-medence földtani térképe. MÁFI, Budapest.
- Haas J. (1998): A Dunántúli-középhegység triász képződményeinek rétegtana. *In* Bérczi I., Jámbor Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana. MOL–MÁFI, Budapest, 225–244.
- Hámor G. (1998): A magyarországi miocén rétegtana. *In* Bérczi I., Jámbor Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana. MOL–MÁFI, Budapest, 437–452.
- Koch S., Sztrókay K. I. (1944): Ásványtan I–II. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 936 p.
- Kordos L. (1984): Magyarország barlangjai. Gondolat Kiadó, Budapest, 326 p.
- Kubovics I. (1992): Kőzetmikroszkópia II. Tankönyvkiadó, Budapest, 596 p.
- Lieber T., Mézes N. (1998): A Sátorkőpusztai-gipszbarlang. *Élet és Tudomány*, 1998/34: 1076–1077.
- Nagy B. (1997): Műszeres analitikai módszerek és alkalmazásuk a geológiai anyagvizsgálatban. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 719 p.
- Nagy G. (1989): A Dorogi medence földtani térképe 10 000-es sorozat. Keszölc. (Földtani térképmagyarázó) MÁFI, Budapest, 50 p.
- Takácsné B. K. (2003): Sátorkő-pusztai-barlang. *In* Székely K. (szerk.): Magyarország fokozottan védett barlangjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 304–306.
- Vörös A. (1998): A Dunántúli-középhegység jura képződményeinek rétegtana. *In* Bérczi I., Jámbor Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana. MOL–MÁFI, Budapest, 299–308.