

A Budai-hegység hidrotermás folyamatainak szerepe a Bátori-barlang és a Ferenc-hegyi-barlang kialakulásában

Nagy Sándor

Témavezető: Dr. Molnár Ferenc

Konzulens: Dr. Demény Attila /GKKI/



Eötvös Loránd Tudományegyetem

Természettudományi Kar

Földrajz- és Földtudományi Intézet

Ásványtani Tanszék

2008

Tartalomjegyzék:

1. BEVEZETÉS, CÉLKITÚZÁS	4
2. A BUDAI-HEGYSÉG FÖLDTANI ÉS SZPELEOLÓGIAI SAJÁTOSSÁGAINAK ÁTTEKINTÉSE....	5
3. MINTAVÉTELEZÉS	10
3.1 NAGY-HÁRS-HEGY	10
3.2 KIS-HÁRS-HEGY	10
3.3 BÁTORI-BARLANG	11
3.4 FERENC-HEGYI-BARLANG	13
4. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK	15
5. A FERENC-HEGYI-BARLANG	16
5.1 A FERENC-HEGYI-BARLANG FELTÁRÁSÁNAK TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE	16
5.2 FERENC-HEGYI-BARLANG FÖLDTANI JELLEMZŐI	18
5.3 A FERENC-HEGYI-BARLANGBAN FOLYTATOTT VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI	20
5.3.1 A hévizes barlangok morfológiájának áttekintése	20
5.3.2 A Ferenc-hegyi-barlang morfológiája	21
5.3.3 Szerkezetföldtani jellemzés	23
5.4 BARLANGI KÉPZŐDMÉNYEK A FERENC-HEGYI-BARLANGBAN	24
5.4.1 Hideg víz hatására képződött kiválások	24
Cseppkő	24
Üveggömb borsókó	24
5.4.2 Meleg víz hatására létrejött kiválások és ásványok	25
5.4.3 A barlang kialakulásához kapcsolódó melegvizes kiválások	25
Borsókó és karfiol-kiválások	25
Kalcitlemezek	26
Kalcitszivacs	26
5.4.4 A barlang kialakulását megelőzően képződött ér- és telérkitöltések	26
Kalcit és barit telérekre vonatkozó megfigyelések (1-es főcsoport)	27
Hematitot tartalmazó telérek (2-es főcsoport)	29
Kovát tartalmazó telérek (3-as főcsoport)	32
6. BÁTORI-BARLANG ÉS KÖRNYEZETE (HÁRS-HEGY)	35
6.1 A BÁTORI-BARLANG KUTATÁSÁNAK TÖRTÉNETE	35
6.2 A BÁTORI-BARLANGBAN ÉS KÖRNYEZETÉBEN FOLYTATOTT VIZSGÁLATOK EREDMÉNYE	37
6.2.1 A Bátori-barlang és környezetének földtani térképezése	37
6.2.2 Bátori-barlang és környezetének földtani felépítése	38
Nagy-Hárs-hegy	38
Bátori-barlang	38
Kis-Hárs-hegy	39
6.2.4 A Bátori-barlang morfológiájának sajátosságai	39
6.2.5 A Hárs-hegyen megtalálható egyéb barlangok és indikációk	41
6.2.6 A Bátori-barlang és környezetének szerkezetföldtani jellemzői	42
6.2.7 Hideg víz hatására képződött kiválások	44
Cseppkő	44
6.2.8 Meleg víz hatására létrejött kiválások és ásványok	45
6.2.9 A barlang kialakulása utáni képződmények	45
Borsókó és karfiol-kiválások	45
Kalcitlemezek	45
Kalcit”szivacs”	46
6.2.10 A barlang kialakulását megelőzően képződött ér- és telérkitöltések	47
Kalcit és barit megjelenése a területen	47
Vas-oxidos kiválások	48
Szulfidok előfordulásai	48
7. A HIDROTERMÁS ÁSVÁNYPARAGENEZISEK KÉPZŐDÉSI KÖRÜLMÉNYI	49
7.1 FOLYADÉKZÁRVÁNY VIZSGÁLATOK	49
7.1.1 Mikrotermometriai vizsgálatok eredményei	50
Homogenizációs mérések - barit	50
Homogenizációs mérések - kalcit	50
7.1.2 Hárs-hegyi minták	51

Krioszkópos vizsgálatok.....	52
7.1.3 Az eredmények összegzése.....	52
7.2 A TERÜLETEN MEGTALÁLHATÓ KARBONÁTKIVÁLÁSOK, SZPELEOTÉMÁK ÉS ALAPKÖZET MINTÁK ÉS A BENNÜK LÉVŐ FLUIDZÁRVÁNYOK STABILIZOTÓP GEOKÉMIÁJA.....	56
Bevezetés.....	56
Alapkőzet és cementfázisok vizsgálata	57
Érc-telepekhez kötődő ásványok és fluidumok vizsgálata	58
Érctelepekhez kötődő ásványok vizsgálata - kvarc	59
A barlangi kiválások vizsgálata – szpeleotémák	61
A Ferenc-hegyi-barlangban és a Hárs-hegyen végzendő munkákhoz tervezett vizsgálatok.	61
7.2.1 Stabilizotópos vizsgálatok	63
$\delta^{18}\text{O}$ és $\delta^{13}\text{C}$ mérések	63
Hárs-hegyi minták	63
Bátori-barlangi minták	63
Ferenc-hegyi-barlang.....	64
Az adatok értékelése korábbi vizsgálatok tükrében.....	66
8. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE.....	67
8.1 A FERENC-HEGYI-BARLANG ÉS A BÁTORI-BARLANG ÁSVÁNYTANI ÉS FÖLDTANI JELLEMZŐINEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA.....	67
8.1.1 A barlangok ásványtana.....	67
8.1.2 A barlangok földtani jellegek összehasonlítása.....	71
8.1.3 Szerkezetföldtani összevetés	72
8.2 A BUDAI-HEGYSÉG HIDROTERMÁS ÉS BARLANGKÉPZŐDÉSI FOLYAMATAIRA VONATKOZÓ ÁLTALÁNOS KÖVETKEZTETÉSEK	73
Az eredmények alkalmazása a vizsgált barlangok kialakulására.....	77
9. TOVÁBBI KUTATÁSI LEHETŐSÉGEK	80
10. ÖSSZEFOGLALÁS	81
11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	83
12. IRODALOMJEGYZÉK.....	84
13. ABSTRACT	87

1. Bevezetés, célkitűzés

A Budai-hegység hidrotermás ásványelőfordulásai már régóta ismertek. Az utóbbi évtizedekben számos kutató foglalkozott egyes előfordulások ásványtani leírásával (FORD, & TAKÁCSNÉ, 1991). Napjainkban egyre inkább felmerül annak igénye, hogy a hidrotermás folyamatok eredetét és szerepét a barlangképződésben és egyéb termokarszt jelenségek kialakulásában a korszerű vizsgálati módszerek eredményeivel alátámasztva újraértelmezzük. E cél eléréséhez azonban egyes előfordulásoknak az eddigieknél részletesebb megismerésére, illetve a speleológiai kutatások során újabban feltárt előfordulások feldolgozására van szükség. Ez utóbbi megközelítést tette lehetővé az elmúlt években a Ferenc-hegyi barlangban folytatott feltáró munkánk, mely során a barlang számos részében intenzív hidrotermás folyamatokra utaló kifejlődéseket és ásványparageneziseket is találtunk.

2007 óta a Hárs-hegyen lévő Bátori-barlangot is a GURU Barlangkutató és Oktató Egyesülettel együtt kutatjuk, és a Hárs-hegyen megtalálható érc-indikációkat is vizsgáljuk a barlangban megtalálható hidrotermás kiválások mellett.

Munkánk célja a Bátori-barlangban és környékén (Hárs-hegy) és a Ferenc-hegyi-barlangban megtalálható hidrotermás ásványkiválások sajátosságainak leírása. A két barlangban megtalálható ásványkiválások párhuzamosítása és összevetése is a munkánk részét képezi. A hidrotermás folyamatok jellemzőit folyadékzárvány- és stabil izotópos vizsgálatokkal határoztuk meg. A területen és a barlangokban részletes földtani térképezést és szerkezetföldtani elemzést is végeztünk a hidrotermális és barlangképződési folyamatok földtani hátterének részletesebb megismerése céljából. Az eredmények hozzájárulnak a Budai-hegység hidrotermás fluidáramlási rendszereinek jobb megismeréséhez, a barlangképződési modellek finomításához, és alapját képezhetik további kutatások elvégzésének.

2. A Budai-hegység földtani és szpeleológiai sajátosságainak áttekintése

A Budai-hegység a Dunántúli középhegységi egység keleti peremén található. A hegység fejlődése és szerkezetföldtani viszonyai főbb vonásaiban a Dunántúli középhegység fejlődésével azonosak.

A hegység területén sehol nem harántolták a teljes triász rétegsort a mélyfúrások, de a környék furásai alapján (Vál, Alcsútdoboz, Diósd) a felső-perm – alsó triász evaporit-mészke rétegsor folytatólagosan feltételezhető a Budai-hegység alatt is. (NÁDOR, 1991) Az alsó triász rétegeket a ladini diploporás dolomit, e felett laza dolomit található. Karni „raibli rétegek” következnek a ladini rétegeken. Ezek a kőzetek a Budai-hegység teljes területén felszínen és fúrások alapján a mélyben is egységesen megtalálhatóak.

A felső-triász előfordulásokat négy fáciesövre osztják a Budai-hegységben (WEIN, 1977). A Nagykevélyi, Hármashatár-hegyi, János-hegyi, és az Irhás árok Sashegyi fáciesöv.

A Hármashatár-hegyi és az Irhás árok fáciesövében főleg tűzköves dolomit és mészkő (Mátyáshegyi Mészke Formáció) fejlődött ki. A János-hegyi és a Nagykevélyi-fáciesövében mészkő és dolomit fejlődött ki. Karsztosodásra ezek kiválóan alkalmasak. A Földolomit vastagsága elérheti az 1500 métert, keleten, míg nyugaton a Zalai-medencében a Veszprémi Marga és a Kösseni Formáció közt kivékonyodik a Földolomit. A területen a Dachsteini Mészke vastagsága kelet felé vastagodva elérheti az 1000-1500 métert és nyugatról keletre zátony-fáciesbe megy át. A Duna-balparti rögök területén már zátony jellegű a kifejlődés. A négy fáciesövből a két tűzköves mészkő öv mélyebb tengerre utal, a mészkő- dolomit fáciesövek pedig sekélyebb kiemelt háton képződtek. A képződés és a terület süllyedése egymással lépést tudott tartani. Jól látszik, hogy a hátakon vastagabb üledék fejlődött ki, mint a völgyekben.

A Budai-hegységben a jurát semmilyen ismert képződmény nem képviseli, míg a kréta szárazulati ciklust - feltételezhetően - több helyen is bauxit, bauxitos agyag és tűzálló agyag mutatja. Ezek főleg a hegység északi peremén földolomit fekvőn találhatóak meg. (Pilisszántó és környéke) Nagykovácsnál Földolomit és Dachsteini Mészke fekvőn találunk bauxitokat eocén Szépvölgyi Mészke fedővel. A telepek töbör-jellegűek a területen, de a helyi tektonika módosíthatja a telepek alakját. Több helyen a hegységben megtalálhatóak a területen működő alkáli-bázisos magmatizmus maradványai, a budaligeti Kálvária-hegy kőfejtőjében és a Szarvas-árokban mélyített „MÉV-fúrás” is ezt a képződményt harántolta. Hasonló vulkanizmus a Velencei-hegységből ismert. (NÁDOR, 1991)

A középső-felső eocénben az üledékciklus két szakaszra osztható. Első, idősebb szakasza térben is jól elkülönül a fiatalabb ciklustól. Az idősebb szakasz üledékei csak a Dunántúli középhegységi egység központi részére korlátozódnak, de jobban elterjedtek, mint a középső-

Eocén ciklus. A későbbi üledékciklus Siófoktól egészen Miskolcig megtalálható. A Budai-hegységben a legjellegzetesebb képződmény a Szépvölgyi Mészke, mely platform, vagy szublitorális rámpa eredetű. A Szépvölgyi Mészke elterjedése az Északi Bakonytól, a Vértesig, és a Dorogi-medencéig tart. A Budai vonaltól DK-re kifejlődhet a Szöci Mészkeből, de a Bükk felé a Kosdi Formáció közbeiktatásával vagy közvetlenül települ a mezozoos aljzatra! (CSÁSZÁR 2005) A Szépvölgyi Mészke ősmaradványai a *Lithothamnium*, a *Nummulites*, *Discocyclina*, *Asterocyclina*. (IX/4. kép) Emellett több helyen *Pecten* és *Echinolampas* is található nagy számban. (NAGY, 2005) Ennek a kőzetnek az elterjedési határa a Budai-hegységben Solymár, Vár-hegy, Hárs-hegy. A Budai-hegységben és tőle keletre a Szépvölgyi Mészkeből fokozatos átmenettel fejlődik ki a Budai Márga Formáció, mely kissé mélyülő tengert mutat.

Az eocén végén a Dunántúli középhegységi egységben szerkezeti inverzió következik be, mely során a keleti területek süllyedni, míg a nyugati területek emelkedni kezdenek, ez főleg a Budai-vonal mentén tapasztalható, ezt nevezzük infraoligocén denudációnak. Ezért az egység nagy része az erózióbázis fölé emelkedik. Az oligocénben a Budai-hegység keleti része süllyedni kezd és a Budai Márga Formációból a Tardi Agyag fejlődik ki, mely jól mutatja az üledékképződés euxin körülményeit. Miután az Északi tengerrel a kapcsolat felújul, így az euxin környezet megszűnik, és a Kiscelli Agyag rakódik le nagy vastagságban. Ennek a heteropikus fáciese a sekélytengeri kifejlődésű Hárshegyi Homokkő Formáció. A Tardi Agyag hasonló sekélytengeri heteropikus fáciesét még nem találták meg. A hegységben ekkor működő neutrális vulkanizmusra bizonyíték a Budai Márgában és a Tardi Agyagban nyomozható tufa betelepülések és a Hárshegyi homokkő átkovárosodását is ehhez a folyamathoz kötik. (BÁLDI, & NAGYMAROSI 1976)

A korai miocénban a Budai-hegység fokozatosan szárazulattá vált, és mivel itt húzódott a partvonal, többnyire szárazföldi, partközeli üledékek halmozódtak fel ebben az időszakban. Litorális kifejlődések csak a Tétényi fennsíkon találhatóak meg. (NÁDOR, 1991, WEIN, 1977)

A középső miocén során nagyarányú lepusztulás történt, így a Kiscelli Agyag nagy része lepusztult a triász-eocén képződményekben kialakult karsztról, és a karszt több helyen nyílt karszttá vált. Ezek után már a fentről beszivárgó vizek is szerepet játszottak a karszt további fejlődésében.

A pleisztocénben kezdődött meg a Budai-hegység lassú kiemelkedése. A pliocénben a Pilis és a Gerecse karsztos tömbjei szárazulaton voltak, és szárazulat volt a Budai-hegységben a Hármashatár-hegy és a János-hegy vonulata is. Ezek a karsztos területek szolgálták a budai hévforrások vízgyűjtő-területe. Ekkor már a barlangok képződése folyamatban volt, ezt uránsoros kormeghatározással bizonyították. (SZANYI, 2007) A kiemelkedést a kivált édesvízi mészkövek elhelyezkedése miatt szakaszosnak írták le, de szerintük csupán az édesvízi mészkövek

elhelyezkedésével nem magyarázható a hegység szakaszos kiemelkedése! Legfeljebb a barlangok szakaszos keletkezése bizonyítható.

A Budai-hegység szerkezetföldtani vizsgálatát a '70-es években WEIN GY kezdte el, majd FODOR és társai folytatták 1991-ben és 1994-ben.

A krétában ÉNy-DK-i kompresszió hatott a hegységben, ezért ÉK-DNy-i csapású párhuzamos antiklinális vonulatok keletkeztek. Ezekkel egyidejűleg feltolódások és horizontális elmozdulások jöttek létre. A triász korú dolomitok ridegségük miatt nem gyűrődést szenvedtek, hanem kataklázos törések mutatkoznak rajtuk. Ezek a törések nagyon porózus áramlási zónát hoztak létre a későbbi fluidumok számára. (XI/5. kép)

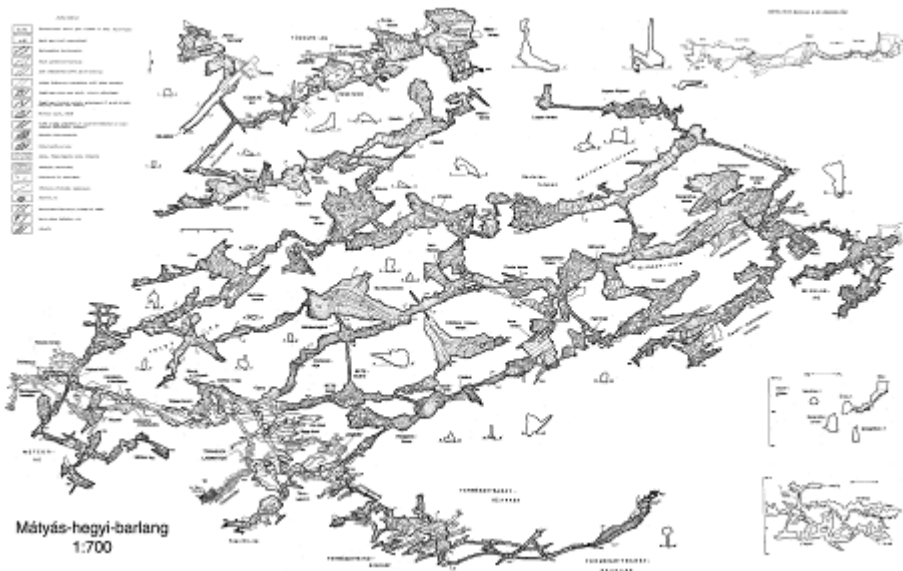
A késő-eocénben NyÉNy-KDK-i kompresszió és erre merőleges extenzió történt. A hegységben jobbos laterális elmozdulást lehet kimutatni ebből az időből.

Az oligocénben és a kora-miocénben K-Ny-i jobbos és É-D-i balos oldalelmozdulások történtek. Ezek preformálják a barlangok keletkezését is. Három fő oldalelmozdulásos zónát lehet kimutatni. Egyik északon, a másik a Budaörsi hegyekben, a harmadik a Ferenc-hegy vonulatában.(NÁDOR, 1991) Utóbbit BENKOVICS és társai részletesen vizsgálták 1999-ben. Az oligocénben és a kora-miocénben alakultak ki az ÉNy-DK-i vetők is. A kora-miocén után a feszültségtér megváltozott a hegységben. A KDK- NyÉNy-i extenzió a legtöbb vetőt reaktiválta. Főleg ÉNy-DK-i irányú törésrendszerek alakultak ki. Ekkor jött létre a Pilis fő ÉNy-DK-i törésrendszere is. (WEIN, 1977, FODOR, et al, 1994)

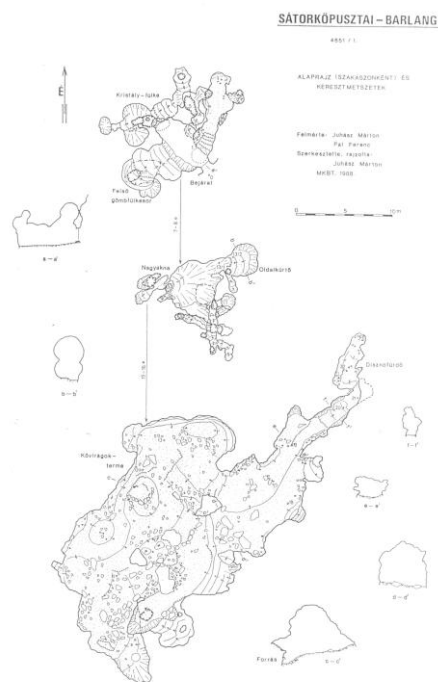
A bádeniben a Visegrádi-hegységben jelentős andezitvulkanizmus alakult ki, mely közvetlenül érintkezett a Pilis karsztos tömbjeivel.

A budai termálkarszt világviszonylatban is egyedülálló. A karsztosodást az eocén után több szakaszra osztják. Az első szakaszban a késő-eocén karsztos üregek keletkeztek és ezek még a késő-eocénban ki is töltődtek. Ezeket az üregeket sikerült a Hárs-hegyi kőfejtőben is megtalálni, és a Ferenc-hegyi-barlangban is ismerünk ilyen paleokarsztos üregeket, melyek teljesen ki vannak töltve (bejárat környéke) (III/5. kép.). Ilyen paleokarsztos üregek a Pilisben megtalálható Sátorkőpusztai-barlang környékén is megtalálhatóak. A fő karsztosodás leginkább a triász (nori) Dachsteini Mészkövet illetve az eocén Szépvölgyi Mészkövet érintette a Budai-hegységben. A fő karsztosodás a barlangok és a területen megtalálható ásványi kiválások alapján két szakaszra oszthatóak. Az első szakaszban egy zárt cellás fluidum áramlás történt, mely során a repedések mentén a fluidumból kalcit és barit, illetve szulfidok válhattak ki. Ekkor jelentős üregeképződés nem történt. A későbbiek során a második szakaszban a tektonika miatt reaktiválódtak a törések,

tektonikus mozgások miatt az erózióbázis lesüllyedt és a Budai-hegység is kiemelkedett, ezért a terület részben nyílt karszttá vált és megindult az üregképződés és üregtágulás. Ekkor már a fentről leszivárgó és a lentől feláramló meleg vizek keveredése révén tágas barlangok alakultak ki a keveredési korrózió hatása miatt. Ekkor már a Budai-hegység kiemelkedése tartott, így a barlangok jelentős mélységet értek el. A budai barlangok tektonikailag preformáltak ezt nagyon jól lehet látni a Pálvölgyi-Mátyáshegyi barlangrendszer (1 ábra), a Szemlő-hegyi-barlang illetve a Ferenc-hegyi-barlang (V. melléklet) esetében.



1. ábra: Mátyás-hegyi-barlang térképe Kárpát, nyomán (1982)



2. ábra: A Sátorkőpusztai-barlang térképe, szerk: Juhász, 1988

Ellenben a Sátorkőpusztai-barlang (2. ábra) és a Bátori-barlang térképén (IV. melléklet) ez a tektonikai preformáltság csak részben vagy egyáltalán nem felismerhető. Viszont a két térképen jól kivehetőek a barlangokra jellemző gömbfülkés oldásformák és gömbüstök.

A Bátori-barlang térképén jól elkülöníthető a három morfológiai szakasz. A Nagylépcsőtől nyugatra a Bánya-szakasz egy része és a tektonikus repedések által preformált hasadékkrendszer, míg a Nagy lépcsőtől keletre a gömbfülkés bejáratú szakasz, és a bányaszakasznak a kezdeti része.

3. Mintavételezés

A mintákat a Hárs-hegyről a térképezés során gyűjtöttük, célunk a terület jellemző kőzeteinek és a megtalálható hidrotermás ásványkiválásoknak reprezentatív mintavételezése volt. A területünket három részre oszthatjuk, a Nagy-Hárs-hegy, Kis-Hárs-hegy és a Bátor-barlang.

3.1 Nagy-Hárs-hegy

A Nagy-Hárs-hegy térképezése során mészkő és homokkő mintákat gyűjtöttem az érc-indikációk és hidrotermás ásványkiválások előfordulási helyeiről. A legtöbb minta a hegy legnagyobb - már felhagyott - kőfejtőjéből származik, ahol a Dachsteini Mészkövet átszelő vetőzóna mentén szkelenoéderes kalcitkristályokat tartalmazó telér található meg. A kalcit egy vetőzóna breccsáját cementálja. A telér átlagosan 1 méter széles zóna, melynek csapása $140^\circ/85^\circ/35^\circ$ Ny-i és feltehetően normál vető. Ezt a mintát későbbiekben fluidzárvány vizsgálatokra is felhasználtam. A kőfejtő Ny-i falában egy helyről a kalcit kíséretében előforduló 1-2 mm-es lemezes barittáblák is előkerültek. (X/6. kép)

A minták másik nagy csoportja a hegy tetején megtalálható Hárshegyi Homokkőből gyűjtött reprezentatív minták. E minták a vas-oxidos mátrixú a homokkővet és az azt átszelő kalcedonos teléreket reprezentálják. (II. melléklet)

3.2 Kis-Hárs-hegy

A Kis-Hárs-hegyen a Dachsteini Mészkőben és breccsájában gyakran érc-indikációk és hidrotermás ásványkiválások fordulnak elő. A Kis-Hárs-hegyen sok helyen található meg a porózus mészkőben limonitos kiválás, és a hegy északi oldalán a limonitos kiváláshoz barit és kalcit is társul. Ezen előfordulásokból 18 mintát gyűjtöttünk (II. melléklet)

A hegy peremén, helyben álló törmelékként az eocén korú Szépvölgyi Mészkő is előfordul, amiből reprezentatív mintát vettünk (II. melléklet). A hegy déli oldalán, több helyen helyben álló törmelékben találtunk egy uralkodóan SiO_2 -ből álló kőzetet, mely vajszerű, szürkés, és több helyen jól láthatóan laminált. Ebből az eddig le nem írt kőzetből is gyűjtöttünk mintákat.

3.3 Bátori-barlang

A Bátori-barlangból a bezáró kőzetből, limonitos ércből és a barlangi kiválásokból gyűjtöttem mintákat. (XII/1-3. kép)

A bezáró kőzet a barlang eddigi ismert legmélyebb pontján Dachsteini Mészkö, míg a barlang felső zónájában Hárshgyi Homokkő: ezekből reprezentatív mintázás történt. A limonitos érc gyűjtésénél figyelni kellett arra, hogy a mintának az eredeti elhelyezkedését is ismerjük, hogy az összes limonitos minta eredeti helyét is meg tudjuk határozni. A barlangban megtalálható kiválások közül a jellemző borsókövek és a kalcit-szivacsos képződmények azok, amiből mintát gyűjtöttünk.

A mintákat több szempont szerint csoportosíthatjuk. Az 1. táblázatban feltüntetjük a minták földtani környezetét, az elvégzett vizsgálatokat a mintavétel helyének morfológiai sajátosságait, és az elhelyezkedését.

sorszám	Mintagyűjtés helye	Befoglaló kőzet	Ásványparagenézis	Elhelyezkedés	A lelőhely/ásványminta jellemzői
II. és IV. melléklet					
1	Kis-Hárs-hegy	Szépvolgyi Mészke	alapkőzet	A hegy északi és keleti oldala	Tektonikailag erősen igénybevett zóna
2	Kis-Hárs-hegy csúcs	Dachsteini Mészke	alapkőzet	A hegy északi és keleti része	Erősen oldott, több helyen gömbfűlkék
3	Kis-Hárs-hegy K-i és D-i oldal	Dachsteini Mészke	Alapkőzet és limonit	A hegy keleti és északi része	Oldott, porózus mészke kis üregeiben kivált vas-oxid
4	Kis-Hárs-hegy DK-i oldal	SiO ₂ tartalmú kőzet	alapkőzet	A hegy észak-keleti része	Laminált kőzet, helyben álló törmelékben
5	Hárs-hegy Déli oldal nagy-bánya	Dachsteini Mészke	Alapkőzet és vetőbreccsa	A hegy legnagyobb bányája	Breccsás mészke és kalcit
6	Hárs-hegy Déli oldal nagy bánya	Vetőbreccsából kalcit	Kalcit-telér és breccsa-cement	A hegy legnagyobb kőfejtője	Szkalenoédes kalcit-telér
7	Hárs-hegy Déli oldal nagy bánya	Szépvolgyi Mészke	alapkőzet	A hegy legnagyobb kőfejtője	Erősen oldott mészke
8	Hárs-hegy Déli oldal nagy bánya	Dachsteini Mészke	Alapkőzet és barit	A hegy legnagyobb kőfejtője	Hasadék kitöltésként barit és kalcit
9	Hárs-hegy, fennsík	Hárshegyi Homokkő	Alapkőzet	Fennsík D-i rész	Vas-oxidos mátrixú homokkő
10	Hárs-hegy fennsík	Hárshegyi Homokkő	Alapkőzet és telérek	Fennsík, D-i és K-i rész	Vas-oxidos és kalcedonos telérek
11	Hárs-hegy K-i hegyperem	Szépvolgyi Mészke	alapkőzet	K-i hegyperem	Nummullites-es mészke
12	Bátori-barlang, Mélypont,	Dachsteini Mészke	alapkőzet	Barlang legmélyebb pontja	Erősen oldott kalcit-erekkel átjárt kőzet
13	Bátori-barlang, Huzatos és környéke	Vas-oxidos érc-kiválás	limonit, szulfidok, kalcit, barit	Barlang bánya-szakasza	Hematit és goethit, keveréke, üregeket kalcit és barit tölti ki. Szulfidok nyomokban.
14	Bátori-barlang, Mélypont	Barlangi kiválás	Kalcit anyagú borsókó	Barlang gömbfűlkés szakasza	Erősen oldott barlang szakaszból borsókó kiválás
15	Bátori-barlang, Tölcsér-terem	Dachsteini Mészke	Rostos kalcit	Barlang bánya szakasza	Dachsteini Mészke visszaoldódása
16	Bátori-barlang Száraz-terem	Dachsteini Mészke és Hárshegyi Homokkő	Üreges érc-tömbök, üregekben kalcit, kaolinit, alunit	Barlang felső szakasz	Üreges limonit-tömb
17	Bátori-barlang meddőhányó	Dachsteini Mészke	Kalcit, limonit, alapkőzet	Barlang előtti meddőhányó	Átalakult mészke, limonit-tömbök, kalcitos üregkitöltés

1. táblázat: Mintagyűjtési helyek földtani, morfológiai és ásványtani jellemzői a Hárs-hegyen és környékén. Egy mintagyűjtési helyről több minta is származhat. (a sorszámok a mellékletben fel vannak tüntetve)

3.4 Ferenc-hegyi-barlang

sorszám	Mintagyűjtés helye	Befoglaló kőzet	Ásványparagenézis	Elhelyezkedés	A lelőhely/ásványkiválás jellemzői
VI. melléklet					
1	Csepegő-vizek terme	Szép völgyi Mészke és a mészkebe települő kaolinites homokkő, Budai Márga (?)	hematit, limonit, barit, kovás kőzet, ritkán kalcit	a barlang felső zónájának dél része	Tektonikus hasadékok összefutásánál kialakult omlások
2	Csepegő-vizek terme, Felső gömbfülke eleje	Szép völgyi Mészke	hematit, barit, limonit	a barlang felső zónájának dél része	Megközelítőleg K-Ny-i tektonikus hasadék főtéjében kioldódott gömbfülkék
3	Csepegő-vizek terme, oldalág	Szép völgyi Mészke és a mészkebe települő kaolinites homokkő	hematit, kalcit, barit	a barlang felső zónájának dél része	Erősen oldott, és tektonikailag preformált végpont
4	Dk. VI-os főhasadék	Szép völgyi Mészke	hematit, barit	a barlang keleti része	tektonikai hasadék, tág, de oldásformák nem jellemzőek
5	DK.-i II-es főhasadék	Szép völgyi Mészke	barit, hematit	a barlang középső része	Paleokarsztos gömbfülkéket kitöltő barit, és hematit
6	Elefánt környéke	Szép völgyi Mészke	több generációs barit, kalcit, hematit	a barlang északkeleti része	tektonikailag erősen igénybevett része a barlangnak, szűk járatok
7	Haláltravi	Szép völgyi Mészke	barit, hematit	a barlang északnyugati része	Erősen oldott, de a környéken több omlás is található
8	Izaptó-terem	Szép völgyi Mészke	több generációs barit, kalcit, hematit	a barlang déli része	Erősen oldott, tág, de tektonikailag is erősen aktív része a barlangnak
9	Kettős-delta, Tamás ág	Szép völgyi Mészke, Budai Márga (?)	barit, hematit, cinnabarit	a barlang középső része	Tág, és magas járatok, erősen oldott járatok jellemzőek
10	Mélyszint, Cseppköves-terem	Szép völgyi Mészke	kalcit	a barlang alsó szintjének legdélebbi része	A terem tektonikailag preformált, az itt megtalálható járatok főtéjében található telér
11	Mélyszint, csontváz terem	Szép völgyi Mészke, alapkonglomerátum	kőzetminta	a barlang legmélyebb, középső része	Mélyre húzódó rész, erős oldás és a tektonika szerepe is jelentős, főleg az alapkonglomerátumban megtalálható szakaszra
12	Mélyszint, Déli-nagyhasadék	Szép völgyi Mészke	barit, kalcit	a barlang leghosszabb É-Di irányú hasadéka	A barlang leghosszabb és legmélyebb hasadéka. A járatok változó tágassága az oldó hatás aktivitását mutatja
13	Mélyszint, Északi-rész	Szép völgyi Mészke (?)	kalcit	A barlang alsó részének északi része	Omlások jellemzik a területet, és szűk járatok
14	Mélyszint, Inga-terem	Szép völgyi Mészke	kalcit	a Mélyszint középső része	Tág, és magas járatok, erősen oldott járatok jellemzőek
15	Mélyszint, szifon szűkület	Szép völgyi Mészke	kalcit	a Mélyszint középső része	Erősen feltöltődött szűk járat, tektonikai preformációval
16	Mélyszint, Szülinapi-ág	Szép völgyi Mészke (?)	kalcit, barit, kovás törmelék	A Mélyszint déli része	Tektonikus hasadék, de az oldódás jól látható a falakon, képződménymentes járatok
17	Mélyszint, szürke hasadék	Szép völgyi Mészke	agyagminta, kalcit	A Mélyszint déli része	Szűk bontási pont
18	Millenniumi rész	Szép völgyi Mészke, Budai Márga (?)	barit, kalcit, cinnabarit	A felső szint északi része	Tág, és magas járatok, erősen oldott járatok jellemzőek
19	Pillér terem	Szép völgyi Mészke, Budai Márga (?)	kőzetminta, hematit	A barlang legnyugatabbi része	Erősen oldott, a terem falában ujynyi beoldódások találhatóak
20	Törekvés út	Szép völgyi Mészke	barit, hematit, limonit	a barlang középső része	A Csepegő-vizek-terméből nyitó hasadék tektonikailag preformált. A főtében gömbfülkék és barit telér.
21	Törekvés út új rész	Szép völgyi Mészke	barit, kalcit, kaolinit	a barlang középső része	Dús baritos és kalcitos telérkitöltést és kovás törmeléket találhatunk itt.

2. táblázat: Mintagyűjtési helyek földtani, morfológiai és ásványtani jellemzői. Egy mintagyűjtési helyről több minta is származhat. (a sorszámok a mellékletben fél vannak tüntetve)

A mintákat a barlang több pontjáról gyűjtöttük. Mind horizontálisan mind vertikálisan átfogtuk a barlang egészét. A barlangból 90 db. mintát hoztunk ki (VI melléklet). A mintákat sorszámmal és

címkével láttuk el, melyre rávezettük a pontos gyűjtési helyet, a minta leírását és az elvégzett vizsgálatokat. (2. táblázat)

A barlangi mintákat először makroszkóposan írtam le, majd sztereomikroszkóp alatt vizsgáltam meg. Ezt követően válogatott mintákból polírozott vékonycsiszolatokon további megfigyeléseket végeztem, és ahol kérdéses volt az ásványos összetétel, ott röntgen pordiffrakciós vizsgálatot is végeztünk. A vékonycsiszolatos petrográfiai megfigyeléseket kiegészítettük pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokkal. Az ásványok képződési körülményeinek meghatározására alkalmazott módszer az ásványokban megtalálható folyadékzárványok vizsgálata volt. A mintákban található kalcitnak a stabilizotópos összetételét is vizsgáltuk. A C és O izotópok egymáshoz viszonyított arányát hasonlítottuk össze nemzetközi sztenderekkel (V-PDB).

4. Vizsgálati módszerek

A röntgenpordiffrakciós mérések Siemens D5000-es berendezésen CuK- α sugárzás, grafit monokromátor Θ - Θ üzemmód, Bragg-Bentano geometria alkalmazásával készültek.

Az energiadiszperzív feltétellel kiegészített pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokat polírozott és szénrel felgőzölt felületű metszeteken AMRAY 1850I berendezésen, 15-20 kV gyorsító feszültség, 20 mA mintaáram és 30-50 másodperces detektálási idő mellett készültek.

A folyadékzárvány vizsgálatokat két oldalán polírozott, 100-150 mikrométer vastagságú ásványmetszeteken végeztük Olympus BX-51 típusú, hosszú gyújtótávolságú objektívekkel felszerelt polarizációs mikroszkópra applikált Chaixmeca típusú fűthető-hűthető mikroszkópi tárgyasztalon. A műszer kalibrálását szintetikus folyadékzárványok és ismert olvadáspontú anyagok segítségével végeztük. A mérési pontosság 0.1°C volt 0°C alatti hőmérsékleteken, és 1 °C volt a homogenizációs (magas hőmérsékletű) vizsgálatok során.

Az izotóp-geokémiai mérések a Geokémiai Kutatóintézetben üzemeltetett Finnigan delta+XP stabilizotópmérő tömegspektrométerrel történtek. A minták feltárása vízmentes foszforsavval, vivőgáztechnika alkalmazásával történt (MCCREA, 1950; SPÖTL és VENNEMANN, 2003). A porított mintákból kb. 0,1 mg-ot szeptumos kupakkal zárható üveg reakciócsövekbe helyeztük, a szeptumon keresztül hélium gázzal öblítettük, majd 72 °C-on foszforsavat csepegtetve a mintára 1 órán át reagáltattuk. A keletkező CO₂-ben a ¹³C/¹²C és ¹⁸O/¹⁶O arányokat tömegspektrométerrel határoztuk meg. Az eredményeket a V-PDB és V-SMOW nemzetközi sztenderdhez viszonyítva δ értékben adtuk meg (a megadott képlet szerint), amelynek dimenziója ‰:

$\delta = (R_{\text{minta}}/R_{\text{sztenderd}} - 1) * 1000$, ahol R_{minta} és $R_{\text{sztenderd}}$ a mintában és a sztenderdben meghatározott ¹⁸O/¹⁶O és ¹³C/¹²C arányt jelölik. A mérési eredmények reprodukálhatósága jobb, mint 0,2 ‰.

5. A Ferenc-hegyi-barlang

5.1 A Ferenc-hegyi-barlang feltárásának történeti áttekintése

A Ferenc-hegyi barlang a Rózsadomb legtöbb barlangjához hasonlóan mesterségesen - csatornaásás közben - tárult fel 1933. szeptember 26-án. Első bejárói Miklóssy Géza, Führlinger Lajos, Führlinger Mátyás, Major József és Hack József voltak. Miklóssy értesítette Kadić Ottokárt, kinek felkérésére szeptember 29-én Kessler Hubert hatolt be a barlangba a társaival, a BETE kutatóival együtt. (KESSLER, 1936) Első bejáráskor a barlang ismert hossza kb. 500 méter volt. A Jaskó Sándor által vezetett későbbi feltárások eredményeként a barlang ismert járatainak a hossza 1936-ban már 870 méter volt (JASKÓ, 1936). 1959-ben a barlang hossza az új felfedezésekkel már 2070 méter volt, mivel a Legfőbb Ügyészség Barlangkutató Csoportja (később, mint Vám- és pénzügyőr SE Barlangkutató Csoport) Szilvássy Gyula és Szilvássy Andor vezetésével az ún. Régi részben jelentős új részeket ismert meg. A csoport tagjai a mai túrázók által közismert "Új rész"-be - a DK-i szakasz főhasadék rendszerébe - 1963-ban jutottak, 1100 méterrel megnövelve a barlang korábban mért hosszát. 1964-ben újabb 450 métert tártak fel. A 70-es években sok barlangkutató csoport munkálkodott a barlangban de jelentős eredményt nem értek el.

1987-ben a MÁFI Barlangkutató Csoport tagjai térképezés és túrázás közben jutottak be új részekbe az Omladék-teremből, valamint a Törekvés-útból kiindulva. 1988-ban az Acheron csoport térképezés közben talált rá a DK-i rész VII-X-es számú főhasadékaira, majd a MÁFI csoport 1991-ben a IV-es számú főhasadék felső szintjére, és még néhány kisebb járatszakra.

2000 óta az Ariadne csoport (korábbi MÁFI csoport) kutat aktívan a barlangban Nagy Sándor vezetésével. Az első időkben kisebb, majd egyre nagyobb eredmények is születtek. 2000-ben került feltárássra a Millenniumi-rész 100 méteres járathossza, 2001-ben vízkémiai vizsgálatokat végeztet a csoport mely keretében 5 csepegési ponton gyűjtött vízmintát, melyeket az ELTE Szervetlen Kémiai Tanszékén analizáltak. 2002-ben több rövidebb járatszakasz tárult fel. 2003 januárjában a DK.-i III-as főhasadék aljából kiindulva lefelé egy agyagdugó átbontásával lejutottunk a Mélyszintre, így a barlang eddigi -41 méteres mélysége -87 méterre módosult. Az új rész összes hossza 400 méter volt. 2003-ban a Törekvés-úti oldalágból 2 új szakaszt is feltártunk, egy 25- és egy 30 méteres eléggé szűk, de barit kristályokban gazdag járatot. 2004-ben a Mélyszinten megtalálható Inga-teremből további járatokat tártunk fel déli irányba, ahol egy 120 méter hosszú hasadékrendszerre jártunk be. Ennek a mélysége eléri a -77 métert. 2004. februárban a Szülinapi-ág első 60 méterét feltártuk, ennek végét agyagomlás zárja le. 2004 végén sikerült a barlang déli

végpontját jelentő Déli-nagyhasadék végéből 30 méter járatot átbontva 200 méter járatrendszert feltárni. Itt található meg a Cseppköves-terem és a Szürke-hasadék is, melyből kiindulva felfelé induló hasadékok indulnak el nyugati irányba (NAGY, 2004). 2005-ben elkezdtük a barlang teljes újramérését, melynek első napja is jelentős eredményt hozott. Az első 200 méter felmérése során 150 méter fel nem mért barlangjáratot tártunk fel. Az új felmérés jelenleg 1250 méter hosszán jár, és folyamatosan mérjük fel a barlang új és meglévő részeit. 2005-ben az Iszaptó-teremben sikerült kb. 20 méter szűk járatot feltárni, majd 2005 decemberében a Szülinapi-ág agyagomlását átbontásával, közel 100 méter tág járatot feltárni. A járat végén cseppkőkéreg darabokat is találtunk (NAGY, 2005). 2006-ban az Elefánt környékén újabb 25 métert tártunk fel, és ez nagyon fontos volt a felső szint keleti irányú további kutatásaiban. Márciusban a Gomba-teremnél egy nagy gömbfülkés termet találtunk a barlang keleti felében. 2006 novemberében a Szülinapi-ágból további 60 méter járatot tártunk fel főleg lefelé.

A barlang jelenlegi hossza kb. 6500 méter, mélysége –87 méter. 2000-2007 között kb. 2100 méter hosszban sikerült megnövelni a barlang feltárt hosszát, míg mélységi kiterjedését pedig megkétszereztük, de a további feltárások lehetősége még korántsem zárult le.

5.2 Ferenc-hegyi-barlang földtani jellemzői

A Ferenc-hegy fő tömegét karni-nori korú Földolomit Formáció alkotja, melyet a barlang jelenleg ismert járatai nem tárnak fel, a közelben az Apáthy sziklánál illetve a Látó-hegyen bukkan a felszínre. (WEIN, 1977). Erre települt diszkordánsan a felső eocén korú Szépvölgyi Mészke Formáció, ezután pedig folyamatos átmenettel a Budai Márga Formáció következik. A barlang fő járatai a Szépvölgyi Mészkeben találhatóak, (IX/1. kép.) emellett a felső zónák eléri helyenként a Budai Márgát is, melyben a barlangjáratok sokkal keskenyebbek, mint lejjebb. A barlang Mélyszerintje feltárja az eocén mészke alapkonglomerátumát, melyben kvarc és andezit kavicsokat is találunk, (IX/3. kép.) melyek a kora-eocén vulkanizmus termékei. Feltételezések alapján ez alatt található meg a Földolomit, melyet sajnos még nem sikerült elérni a barlangi feltárások során. A barlangban több helyen sikerült azonosítani vékony márgarétegeket is, melyből eddig négy került dokumentálásra. Ezeknek a vastagsága 3-10 cm, irányuk $180^{\circ}/45^{\circ}$ (IX/6. kép)

Az eddigi leírt kőzetek mellett két – eddig nem dokumentált- kőzetet sikerült feltárunk. Az egyik a Mélyszerinten található meg és közvetlenül az eocén báziskonglomerátum felett található. Ebben a kőzetben sok tűzkődarab van, de egyértelműen eocén korú, az ősmaradványok alapján. A kőzet tartalmaz Nummuliteseket, Discocyclinákat. (NAGY, - HORVÁTH, 2004 - *szóbeli közlés*), tehát a képződmény egy eocén tűzkőszemcsés mészkebreccsa. (IX/2. kép.)

Az eocén mészkeben betelepülve 10-15 cm vastag homokkő réteg húzódik, mely helyenként - tektonikai okokból - 1 méter vastagságú is lehet. Ez a homokkő nagyon puha, a kötőanyag főleg kaolinit, a szemcsék kvarc, melynek eredetét még vizsgáljuk. Ebben a homokkőben végighúzódik egy 2 cm vastag limonitos telér is, melyben szulfidokat is sikerült kimutatni. Ennek csapásiránya: megegyezik a Szépvölgyi Mészke rétegeinek dőlésével, vagyis délfelé dőlnek kb. 40° - 50° -ban. (III/6. kép.)

A területen találunk oligocén Kiscelli Agyagot is, mely 22-35 millió éves, és a felszínen a Móricz Zsigmond gimnázium mellett és az Ördög-árok tájékán jelenik meg. Ez az agyag a Hárshgyi Homokkő heteropikus fáciése. A barlangban több helyen találunk szürke laminált agyagbetelepüléseket, de sajnos még nem sikerült ősmaradvány-tartalom alapján igazolni, hogy a Kiscelli Agyag bemosódott volna a barlangba.

Feltételeesen pannon korúnak sejtjük azt a kvarckavicsos üledéket, melyet a barlang több pontján megtalálunk (Bejárat környéke, Törekvés-út, Millenniumi-rész). Hasadékba kerülése a barlang fő

kioldódási fázisát megelőzően történt (SÁSDI, 2000). Ezeket a kvarckavicsos kitöltéseket más budai barlangban is megtaláljuk, mint a Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszerben a Glóriánál vagy a Vadvizek-útjában (*szerző megfigyelése*).

5.3 A Ferenc-hegyi-barlangban folytatott vizsgálatok eredményei

5.3.1 A hévizes barlangok morfológiájának áttekintése

A Budai-hegységben és a környékén gyakran találkozunk melegvíz által kioldott barlangokkal. A hévizes barlang-morfológia egyik jellegzetes barlangja a Bátori-barlang és a Dorog mellett található Sátorkőpusztai-barlang (KOVÁCS, és MÜLLER, 1980, VOJNITS, & NAGY, 2006). Ezekre a hévizes barlangokra jellemzőek a szőlőfürt-szerűen egymásba nyíló gömbfülke sorok, és tektonikai hasadékok mentén kioldódott járatok. A Budai-hegységben minden barlangra jellemzőek a gömbfülkék, gömbüstök, melyek a meleg víz örvénylő hatása révén is keletkezhetnek (LEÉL-ŐSSY, 1995). (I/2-3. kép) Az általában a barlangok felsőbb szintjein lévő gömbfülkék többek szerint a kondenzvíz-korrózió oldó hatása miatt is kialakulhattak (KRAUS, 1983, SÁSDI, 1992, 1996). Azonban a szőlőfürt-szerű gömbfülke-sorok túl bonyolultak, hogy a kondenzvíz korróziós hatásának tulajdonítsuk őket. (NÁDOR, 1991)

A V-alakú párhuzamos oldásformákat a gömbfülkék felső részén a kondenzvíz oldó hatásnak tekintjük. Több helyen megtalálhatóak a barlangokban teljes- vagy félcső keresztmetszetű csatornák, melyeket korábban melegvíz feláramlási pontoknak tartottak (KESSLER, 1936, KRAUS 1982), de a morfológiája és a bevágódás éles határa inkább arra utal, hogy e sajátos képződmények nagy CO₂-tartalmú gázbuborékok feláramlási helyei lehettek (SÁSDI, 1992, 1996).

A barlangokra jellemző még a tektonikai preformáltság. Emiatt a barlangjáratok hasadék-jellege jól észrevehető. Több helyen a meleg vízből kivált ásványok találhatóak meg a falakon. A karfiol és borsókö-kiválások evaporitos kiválásnak tekinthetőek, melyek a meleg víz feletti légtérben a feláramló párából váltak ki legtöbb esetben (FORD, et al. 1991). A borsókövek egy sajátos csoportja az üveggömb borsókövek, melyek azonban LEÉL-ŐSSY, 1995 szerint leszivárgó hideg vizekből váltak ki.

TAKÁCSNÉ 1992-es munkájában (TAKÁCSNÉ, 1992) a Dél-Dakotában megtalálható Black Hills hévizes barlangjait vizsgálta, és hasonlította össze a Budai-hegység barlangjaival. Több morfológiai hasonlóságot mutatnak az ottani barlangok a Budai-hegység barlangjaival, bár a terület földtani felépítése jelentősen eltér Budai-hegységben ismert viszonyoktól.

A Black Hills jellegzetes dómszerkezete a Sziklás-hegységgel együtt emelkedett ki. Legmagasabb pontja Harney Peak mely 2207 méter. A dóm középső részét prekambriumi gránit és

kristályos pala alkotja. Ezekre devon, alsó- és felső-karbon mészkő, dolomit, homokkő, majd perm homokkő, és mezozoos agyagpala, homokkő települ. A központi kiemelkedés hatására, a különböző időszakokban lerakódott kőzetek koncentrikus pászmákat alkotva tárulnak fel a területen, és a központi magtól kifelé haladva fiatalodnak. A barlangok az alsó-karbon Pahasapa Mészkő Formációhoz kapcsolódnak. A barlangok jelentős hosszt értek el. 1992-ben az Ékszer-barlang (Jewel cave) 131 km-es, míg a Szél-barlang (Wind cave) 104 km-es hosszúságban volt ismert, de napjainkban - a folyamatos feltárások miatt - már 225 km-es, illetve 204 km-es hosszban ismerjük ezeket. A két barlang összesen 5 km²-en helyezkedik el. A barlangokban több helyen lehet megfigyelni agyag, homok és breccsa öskarsztos kitöltéseket; e 300 millió évvel ezelőtti karsztosodás preformáló hatása jelöli ki a jelenlegi barlangjáratokat. E barlangokra jellemzőek az úgynevezett „boxwork” (térácsos) szerkezetek, melyek a Budai-hegységben nem jellemzőek de a Sátorkőpusztai-barlangban folytatott korábbi munkáinkban szintén azonosítottunk őket (VOJNITS, & NAGY, 2006). E szerkezetek kialakulását a kalcit-telérek és a mészkő fajlagos oldódásának különbségével magyaráztuk. Ez a Black Hills-i barlangokban és a budai barlangokban sem jó magyarázat több helyen, mert a Ferenc-hegyi-barlangban sehol nem alakult ki „boxwork” szerkezet, de a barlang falaiban jól láthatóak a kalcit és barit telérek. Az Ékszer-barlang névadó kalcitkristály-bevonatának a morfológiáján jól látszik, hogy a meglévő barlangban kivált képződményről van szó, míg a Budai-barlangokban a kalcit és ezekkel egyidőben kiváló barit-telérek mind a barlangokat megelőzően váltak ki. A „boxwork” szerkezetek kialakulásában fontos szerepe lehet annak, ha a fluidum nem áramlik a barlangban. A barlangok gömbfülkés szakaszain nem találkozunk sehol „boxworkkel”, és a gömbfülkék az áramló és örvénylő meleg fluidum hatására oldódtak ki (SÁSDI, 1992, 1996). A Black hills-i barlangokból kimutattak hidromagnezitet, mely ásvány előfordulása a hévizes barlangok sajátossága. Ezt a Ferenc-hegyi- és a József-hegyi-barlangokban is kimutattuk. (NAGY, 2004, LEÉL-ÖSSY, 1995)

5.3.2 A Ferenc-hegyi-barlang morfológiája

A barlang a Budai-hegység hévizes barlangjaira általában jellemző morfológiát mutatja. A barlang fő befogadó kőzete az eocén korú Szépvölgyi Mészkő Formáció, (IX/5. kép.) de a barlang

felső részei helyenként eléri a Budai Márgát is. A barlang legalul eléri az eocén rétegek alapkonglomerátumát is.

A Ferenc-hegyi-barlang alaprajzi térképet szemügyre véve (VI. melléklet), jól látszik a szövevényes járáshálózat, mely a befogadó kőzetet átszelő törések mentén alakult ki. A járatok jellemzően magas, de keskeny hasadékok, a márga zónájában szűkebb járatokkal. Az átlagos magasság 5-15 méter, de helyenként 25 méteres magasság is mérhető. A hasadékok szélessége 0,5-4 méter, átlagban 1 méter. A járatok főtájában a legtöbb helyen megtalálható a tektonikus hasadék, mely a járat kialakulását meghatározta. (SZÉKELY, szerk. 2003)

A barlangban több helyen találunk hidrotermás ásványkiválásokat, és teléreket (Törekvés-út, Csepegő-vizek-terme, DK.-i VI-os főhasadék, Mélyszint – VI. melléklet). Melegvizes oldásformák a barlangban szintén több helyen tanulmányozhatóak. Kagylós oldásformákat a DK.-i VI-os főhasadékban és a Ferde-terem bejáratánál találhatunk. Gömbüstök a barlangban mindenhol előfordulnak, és ezek átmérője 10-cm és 1 méter közötti (I./2. kép). Emellett találhatunk nagy gömbfülkét is, melyek 1-3 méter átmérőjűek (Törekvés-úti oldalág, Rákóczi-dóm; I./3. kép). Az újabb megfigyelések szerint (SÁSDI, 1992, 1996; NAGY, 2004) a barlangban megtalálható - régen melegvíz feláramlási csatornának nevezett (KESSLER, 1936, KRAUS, 1983) - csövek, félcsövek keletkezését a víztér alatt feláramló gázbuborékok oldási hatásának tulajdonítjuk (a gáztér alatt erőteljesen CO₂-vel telített gázt értünk). Ezek felett gyakran találunk gömbfülkét, gömbfülke sorokat (Törekvés-út, Mélyszint). Ezeknek a csöveknek az átmérője lehet 10 cm, de az 1 métert is elérheti. A barlangban a gömbfülkék felső részén V-alakú párhuzamos beoldódásokat találunk, melyek 1-2 cm mélyek és 10-40 cm hosszúak. Ezek kialakulását a lecsapódó kondenzvíz oldó hatásának tulajdoníthatjuk.

A barlang legfiatalabb morfológiai jellemzői az omlások. A járattalpat a barlang teljes hosszában omladék borítja. Emellett vízszintes réteglapok mentén történt omlásokat is megfigyelhetünk. (Bocskai-terem, Lapos-terem) (VI. melléklet)

A hegység lassú emelkedése miatt a barlangra jellemzőek a nagy vertikális méretek. A járatok talpán található omladék és agyag a legtöbb helyen csak álfeneket képez, és a járatok mélyebbre húzódnak. Jelenleg –87 méter mélységig ismerjük a járatokat a bejáráshoz képest. A Budai-hegységben vannak olyan zónák, melyek a Ferenc-hegy tömegéhez képest feltehetőleg lassabban emelkedtek ki. E zónák barlangjaiban a járatok általában szélesebbek, és alacsonyabbak. Ez jellemző, pl. a Mátyás-hegyi-barlangban. A Ferenc-hegyi-barlang az egyik legmagasabban nyíló budai nagybarlang. Bejárata 262 m tszf. magasságban van (I./1. kép), de a járatok fő talpszintje 240-250 m tszf. magasságban található.

5.3.3 Szerkezetföldtani jellemzés

A barlang részletes vizsgálata során a megtalálható telérek irányát megmértük, és az adatokat és saját barlangi megfigyeléseinket korábbi szerkezetföldtani munkákkal vetettük össze (FODOR, et al. 1994, BENKOVICS, 1999).

A barlangban megfigyeltük a látható szerkezetföldtani jellemzőket, és a képződmények sorrendiségét, morfológiáját, és esetleges visszaoldódásukat. Több helyen figyeltünk meg teléreket, melyek mentén nem alakultak ki barlangjáratok. Ezek többnyire kalcit-telérek. A barlang több pontján meg tudjuk figyelni a paleokarsztos kitöltéseket is, melyek a későbbi tektonikus folyamatok során újból aktiválódtak. A paleokarsztos üregekben kavics, homok és agyag található, melyet mészanyagú cement köt össze. A barlangi teléreket a 3. táblázat szerinti csoportosítás szerint vizsgáltuk. Emellett pedig megnéztük a korábbi munkák milyen rétegtani szintre milyen feszültségteret mértek ki a területen. Az oligocénben és a miocénben a fő feszültségterek DK-ÉNy-i kompressziót mutatnak, ezzel szemben ÉK-DNy-i tágulás látszik. Ez a feszültségtér DK-ÉNy-i hasadékok tágulását eredményezi, mely a barlang fő járatiránya az Új-részben. Emellett kialakultak közel K-Ny irányú Riedel törések is, melyek a barlang régi részében jelentős hasadékokat jelölnek ki. Ezt a rendszert egy kb. K-Ny irányú jobbos laterális eltolódás vetőzónája okozza (BENKOVICS, 1999).

A barlangra jellemző egy jelentős É-D irányultság is, mely főleg a Mélyszinti déli zónát érinti. Jól látszik, hogy az északi oldalon még ÉNy-DK-i főhasadék rendszer dél felé fokozatosan É-D irányba fordul. Ez, a déli rész továbbmozgásával magyarázható.

A barlangban megtalálható, különböző ásványparagenezisekkel jellemzett telérek csapásirányának rózsadiagramját a VII. mellékletben láthatjuk. Az ásványosodás három főcsoportját nagyon jól lehet a telérek iránya alapján szerkezetföldtani folyamatokhoz kötni. Jól látszik az, hogy a kalcitot és baritot tartalmazó telérek főleg K-Ny-i irányúak. (V. melléklet) Ezek az oligocén-miocén tektonikai rendszer Riedel R töréseinek felelnek meg.

A hematitot is tartalmazó telérek iránya DK-ÉNy melyek a fent említett oligocén-miocén tektonikai ciklushoz rendelhetők mint Riedel R' törések. A kovás teléreket az oligocén-miocén feszültségtér Riedel R töréseinek csoportjába sorolhatjuk. A 2-es főcsoport teléreinek irányán jól látszik, hogy minden fő irányban megtalálhatóak a telérek. Tehát feltételezhetjük, hogy a szulfidos telérek kiválásainak idejére a barlangot felépítő hasadékrendszerek és feszültségterek már kialakultak, nem fejlődtek tovább.

5.4 Barlangi képződmények a Ferenc-hegyi-barlangban

A barlangi képződményeket két fő csoportba sorolhatjuk. Az első csoportba tartoznak a hideg vizes kiválások, melyekből a barlangban igen kevés található. Hideg víznek tekintjük a területnek megfelelő évi középhőmérséklettel azonos, vagy annál hidegebb vizeket. A második jóval bővebb csoportot alkotják a hévizes (hidrotermás) kiválások. Ebben a csoportban kivált formák már akkor váltak ki, amikor a terület nyílt karszt volt és nem fedte a karsztot vastag vízzáró réteg. (KOVÁCS, et al, 1981)

5.4.1 Hideg víz hatására képződött kiválások

Cseppkő

A cseppkővel a földtani környezet miatt nagyon ritkán találkozunk a barlangban. A DK-i VI-os főhasadékban pár cm-es függő cseppkövekkel találkozhatunk. A felső szinten jelentős cseppkövesedést még a Kanyon-járatban és a Millenniumi részben találhatunk. A felső szint képződményeit az elmúlt évtizedekben sajnos az ásványgyűjtők és a gyűjtögető barlangászok jelentősen lepusztították. Ezekkel ellentétben a Mélyszinten megtalálható képződmények a szigorú védelem miatt még épen megvannak. A Déli-nagyhasadékban, a Szegycsonttörő után, a Cseppteremben találhatunk meg jelentős függő-cseppköveket, és lefolyásokat. Továbbá cseppkőzászlókat is találunk, aminek mérete azonban nem éri el a 15 cm-t (I./4. kép).

Üveggömb borsókő

A leszivárgó hideg vizekből válik ki (LEÉL-ŐSSY, 1995) A morfológiája nagyon speciális, ugyanis a barlangban a cseppkölefolysók bizonyos pontjain fejlődik, elszórtan, egyedi gömböket alkotva. A barlangban a Mélyszinten és a Csepegő-vizek termében találunk ilyeneket. A gömbök átmérője legfeljebb 3 cm, és nem elágazóak, mint a normál borsókő.

5.4.2 Meleg víz hatására létrejött kiválások és ásványok

Az alábbiakban felsorolásra kerülő képződmények közül az első kettő a barlang kialakulása után képződött, illetve a barlangot kialakító fluidumból vált ki. Az összes többi képződmény a barlang kialakulását megelőző hidrotermás repedéskitöltés eredménye. E repedéskitöltéseket az ásványparagenezisek alapján több típusba soroltuk be és részletesebb vizsgálatukat ennek megfelelően végeztük el.

5.4.3 A barlang kialakulásához kapcsolódó melegvizes kiválások

A barlang kialakulása során a lentől feláramló meleg vizek és a fentről leszivárgó hideg vizek találkozásánál az úgynevezett keveredési korróziós zónában történt, így nem beszélhetünk zárt cellás áramlásról, és ellentétben azzal amit korábban gondoltunk már nem volt fedett a karszt. Ez jellemzi a barlangokban létrejövő ásványok kiválási körülményeit is. A hőmérséklet sokkal alacsonyabb lehetett. Mai megfigyelések alapján 20°-50°C körüli és a barlangban a legutolsó meleg víz által kiváló képződmények!(KOVÁCS, et al, 1981)

Borsókő és karfiol-kiválások

A barlangban a korábbi nézetek szerint nagyon dúsán lehet borsókőveket és karfiol-kiválásokat találni. Megfigyeléseink szerint ez továbbra is igaz a barlang középső részére. A barlangban 240-250 m tszf. magasságok között rendkívüli vastagságban borít mindent a több 10 cm-es kiválás. Azonban ez a barlang felső zónáira ugyanúgy nem jellemző, mint a barlang alsóbb részeire, kiváltképp a Mélyszintre. Ha ezeket a kiválásokat többnyire evaporatív kiválásnak tekintjük (FORD, & TAKÁCSNÉ, 1991), akkor a paleo-karsztvízszint nagyon sokáig egy helyben lehetett, mégpedig a mostani 240 m tszf. magasságban. Így érthető, hogy a keveredési korrózió miatt itt találhatóak a legtágasabb járatok. Ebből viszont az is következhet, hogy a 240 méteres tszf. magasság elérésekor a fluidumnak hosszabb utat kellett megtennie, ezért lefelé is jelentős járatokat találhatunk, de várhatóan sokkal kisebb keresztmetszetben. A kiválásokkal érintett szintben lentől felfelé vékonyodik a kiválások vastagsága. A kiválások sok helyen fehérek, de legtöbbször agyagos szennyeződés miatt sárgásak, barnásak (I/5-6. kép). Több helyen a borsókő-kiválásokon meg lehet figyelni azok visszaoldódását. Ez többszöri vízelöntéssel magyarázható. A pokolban megfigyelhető nem csak a képződmények, hanem az alapkőzet visszaoldódása is. Az éles visszaoldódás újabb vízelöntéssel hozható kapcsolatba. Itt is feltehetőleg nagy CO₂ tartalmú gázbuborékok áramlottak

fel a mélyből. (SÁSDI, 1992, 1996) A visszaoldódás határa éles, egy cm-en belül változik és továbbiakban nincs visszaoldva a borsókő-kiválás. Ez a megfigyelés a gáz-buborék elméletet alapja.

Kalcitlemezek

A Mélyszinten, a Csontváz-teremben találhatóak kalcit lemezek. Feltételelesen - jelenkori tapasztalatok alapján - a melegebb, langyos vizek tetején válhattak ki. Minél melegebb a tó vize annál gyorsabban válnak ki ezek a kalcitlemezek. Nyugodt állóvíz esetén egy vékony kalcit hártya képződik a tó felületén. A lemez fejlődik, és egy idő után a tó fenekére süllyed saját súlya miatt, mivel a felületi feszültség tovább már nem képes a víz felszínén tartani, vagy mert egy-egy fentről lehulló kő vagy vízcsepegés összetöri. Lent a fejlődése tovább folytatódhat. A Ferenc-hegyi-barlangban pár mm vastagságú kalcit lemezeket találunk, de a Szemlő-hegyi-barlangban és a Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszerből ismerünk 2-3 cm vastag kalcitlemezt is. Méretük elérheti a féltenyérnyi nagyságot. Több barlangban megfigyelhető, hogy a mindenkori karsztvízszinthez közeledve egyre kevésbé cementáltak egymáshoz a lemezek (TAKÁCSNÉ, 1992), ebből kiindulva a Ferenc-hegyi-barlang esetében a karsztvízszint még jelentősen lejjebb található.

Kalcitszivacs

A Ferenc-hegyi-barlangra jellemzőek a kalcit „szivacsok”. Sokáig ezeket bizonytalan eredetű kiválásnak tekintették. (KRAUS, 1990) a barlangban több helyen is találkozunk ezekkel a szivacsos jellegű, kézzel morzsolható kiválásokkal. Ebben a barlangban a vizsgált kalcitszivacsok vastagsága elérheti az 1 méteres vastagságot. A barlang minden részén megtalálható, kivéve a Mélyszint eddig ismert részeit. A kalcitszivacsok vékony mm-t alig meghaladó szálakból állnak, melyek helyenként apró „hidakkal” kapcsolódnak egymáshoz.

5.4.4 A barlang kialakulását megelőzően képződött ér- és telérkitöltések

A Budai-hegység karsztosodási folyamatában két fő típust különítenek el. Az első egy fedett karszt típusú zárt cellájú konvekciós áramlás volt, mely áramlást egy középső-miocén vagy paleogén andezites utóvulkanizmusának hőhatója táplálta. Az oligocén agyagok alatt eltemetett mészkövekben megindult áramlás nyomán a repedésekben kalcit és barit, és ez mellett több helyen szulfidok váltak ki. Ezekben a cellákban áramló fluidum hőmérséklete 100-300°C között változott a felfelé szálló ágból eredő fluidum mennyiségétől függően. (KOVÁCS, et al 1981)

A 3. táblázat összefoglalja a barlangban ér- és telérkitöltésként megtalálható ásványparageneziseket és ezek számát a barlangban. A különböző telérek elterjedését a V melléklet szemlélteti. A rózsadiagramok a VII. mellékletben találhatóak!

sorszám	Ásványi összetétel	Kimért irányok száma (VII. melléklet)	Főcsoport
1	Kalcit	5	1-es főcsoport
2	Barit	11	
3	Kalcit + Barit	1	
4	Barit - Hematit	6	2-es főcsoport
5	Kalcit - Barit - Hematit - szulfid	7	
6	Barit - Hematit - kova	6	3-as főcsoport
7	Ásványkiválás nélküli járat	131	

3. táblázat. Ásvány paragenezisek gyakorisága a barlangban mért hasadékokban

A táblázatban felsorolt parageneziseket 3 főcsoportra lehet összevonni. Az első főcsoportba azok a telérek tartoznak, melyek vagy kalcitot, vagy baritot vagy mindkettőt tartalmaznak. Ezekből összesen 17 db-ot sikerült azonosítani. A második főcsoportba azok a telérek sorolhatóak, melyek tartalmaznak hematitot illetve szulfidot is. Ezekből 13 telért sikerült mérnünk. A harmadik főcsoportba a kovás telérek tartoznak. Ezekből 6 db-ot mértünk ki. (V. melléklet)

Kalcit és barit telérekre vonatkozó megfigyelések (1-es főcsoport)

A kalcitot (II/3-5. kép), baritot és kalcitot-baritot tartalmazó telérek a barlang kialakulását megelőzően alakultak ki a mészkő repedéseiben. A kiválás sorrendje egyértelműen látszik (II./1-2. kép). A kalcit vált ki először és erre települt a barit, majd a későbbiekben a kalcit – mivel oldják a gyenge savak is – kioldódik a barit alól. A kalcit helyét a barittelér hátoldalán megtalálható kalcit szkalenoéderek lenyomatai tanúsítják.

A barit a barlangban vagy egyedileg, vagy a kalcitra települve található meg általában táblás habitussal, de több esetben is wolnyn-habitusú baritot is azonosítottunk (Iszaptó-terem, Elefánt, Csepegő-vizek-terme, Mélyszint). A kristályok élhossza ritkán haladja meg a 3 cm.-t. Színe sárga, fekete, tejszerű, vagy víztiszta.

Ahol a kalcitnak csak a negatívja található a barit telér hátsó részén, ott rendszerint csak táblás barit volt, viszont gyakori a tömeges barit is (V/2-4. kép), és három esetben első generációs baritot is találtunk (Wolnyn-típus). Ahol a kalcit megvan ott nagyon ritka a barit. Egy esetben wolnyn és kettő esetben táblás baritot találtunk. A kalcitra főleg a szkalamoéder lapok jellemzőek. Gyakori a wolnyn típusú barit mellett a kovásodás. Kalcit csak négy esetben fordult elő wolnyn-típusú barit mellett. Cinnabarit soha nem fordul elő wolnyn-típusú barittal. MAKLÁRI (1940) osztályozása szerinti antimonit b típusú barit négy mintán figyelhető meg wolnyn-típusú barittal együtt (IV/6. kép). A táblás baritot gyakran kíséri hematit, és limonit. A cinnabarit ezek mellett fordul elő olyankor, ha van tömeges barit is. Ritkán hematit és limonit, egy mintán kova is megtalálható a tömeges barit mellett.

A barlang hidrotermás ásványainak vizsgálata közben felmerült az igény a cinnabarit részletes vizsgálatára. Ehhez elektronmikorszondás vizsgálatokra volt szükség. Vizsgáltuk a feltételezett cinnabarit szemcsék összetételét, és ugyanúgy a barit között megtalálható fekete szemcsék összetételét is. A mintát a barlang északi részéből gyűjtöttük, és megfelelő előkészítés után vizsgáltuk a szemcséket. Petrográfiai leírás után, kijelöltünk a tömeges barit között megtalálható vörös és fekete szemcséket vizsgálatra, és a három barit generáció vizsgálatára 2-2 vizsgálati pontot jelöltünk ki (VII/1-2, 6. kép). Ezeknek a mért értékei alapján kiszámítottuk az ásvány pontos képletét.

Az eredmények alapján az első generációs baritban 1,2 súly% SrO található (10 146 ppm Sr). Kiugró stroncium tartalma a harmadik generációs tömeges baritban megtalálható barnás szemcsének volt, melyben 3,6 súly% SrO található (30 440 ppm Sr) (VII/3-5. kép).

A szkalamoéderes kalcit mindenhol visszaoldódott, ahol táblás barit volt, néhol viszont csak az oldódás kezdeti fázisa figyelhető meg a barit alatti kalciton. Három mintán találtunk wolnyn-típusú baritot ahol volt kalcit, itt táblás barit is van. Ez a három minta a barlang keleti részéből került elő. A wolnyn-típusú barit előkerült a barlang déli, keleti és északi részéből is. A Wolnyn-típusú barit lapszegény, fő kristálylapjai: az (100), (210) alárendelten (001), (011) (IV/3-5. kép).

A mintákon az ásványok előfordulásai mellett a barit és kalcit formáit is megfigyeltük. A barit morfológiája alapján a mintákat három csoportba oszthatjuk. A legegyszerűbb csoport a mintában előforduló tömeges, vékonyan rétegzett barit, ide a Mélyszinten a Szülinapi-ágban megtalált tömeges, cseppkőszerű baritot sorolom (V/2. kép). A második csoportba a wolnyn-típusú barit sorolható. A minták lapszegények. Ennek a baritnak a legegyszerűbb a paragenézise, limonit, és barit. Mi, emellett a barit mellett kimutattunk hematitot is, ezt a típust a Csepegő-vizek-termében és a Szülinapi-ágban találtuk meg.

A másik fő morfológiai csoport a szilikát (antimonit b) típusú barit, (MAKLÁRI, 1940) mely minták szintén lapszegények fő kristálylapjai a (010), (001), (100). (IV/1-2. kép). Melyekről teljesen hiányoznak a tompító lapok. Kísérőként mellettük a meghatározott paragenezis alapján elvárható kvarc, pirit, galenit, szfalerit, antimonit, a barlangban hematit, cinnabarit és kalcit van jelen, elsősorban pirit és antimonit is megtalálható (röntgen spektruma a 3/a ábrán látható). Emellett több helyen Antimon-oxidot is kimutattunk ennek az ásványnak a pontos meghatározására további méréseket kell végezni. (3/c ábra) Ebből látszik, hogy több szulfid fázis is jelen van a barit mellett, de jól látható, hogy az instabil szulfidok, az erős oxidatív hatás miatt eloxidálódtak.

A mintákban megtalálható barit kristályokat nagyság szerint is csoportosíthatjuk. A legtöbb mintán 3 mm-nél nagyobbak a kristálylapok élei. Kevés mintán – főleg kovás telérben – a kristályok élhosszúsága csak az 1-2 mm-t éri el. Ez a barit is a szilikát (antimonit b) típusba sorolható, viszont fehéres, opálos színét tekintve teljesen eltér a többi barittól.

A barit színei változatosak. Találunk sárgás, de egészen sötét baritot is, utóbbi csoport mindig a Wolnyn-típusba sorolható. A felületi elszíneződés is gyakori. Találhatunk a bariton nagyon vékony fekete réteget, ez röntgen pordiffrakciós vizsgálattal kimutathatóan mangán-oxid. A fehéres kéreg bariton vékony kalcitnak adódott.

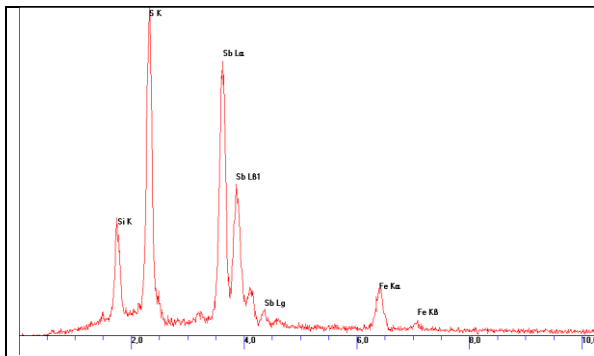
A minták egy része kalcitot is tartalmaz. Itt is végeztünk makroszkópos megfigyeléseket. A kalcit vagy tömeges telérkitöltésként van jelen a barlangban, vagy önálló fennőtt kristályokként, melyek a nyílt repedések falára nőttek fent. A teléres kitöltésben is elkülöníthetőek az egyes kristályok. Itt megkülönböztetünk sárga, szkalenoéderez kalcitot, és tejfehér kalcitot. A sárgás kalcit nagysága eléri a 3-6 cm-t, míg a fehér kalcit nagysága legfeljebb 8 cm. A kalcitmintákat színük alapján azért indokolt elkülöníteni, mivel a fehér – zárványokkal telített- kalcitok a barlang felső zónáira jellemzőek (Elefánt, Iszaptó-terem, DK-i I-es Főhasadék). Az Iszaptó-teremnél megtalálható kalcitban hematitos zárványosodás figyelhető meg (VI/1-4. kép). Mindkét helyszínen, a kalciton megtalálhatunk antimonit b típusú baritot is. Az Iszaptó-teremben ritmikusan váltakozik a kalcit és a barit három rétegben, utolsó kiválásként telérkalcittal (V/1. kép). A sárga kalcit a barlang alsó Mélyszinti zónájára jellemző (VI/5-6. kép), de ezekben is jelentős zárványosodás figyelhető meg. Emellett a kalcit mellett csak elvétve találunk baritot.

Hematitot tartalmazó telérek (2-es főcsoport)

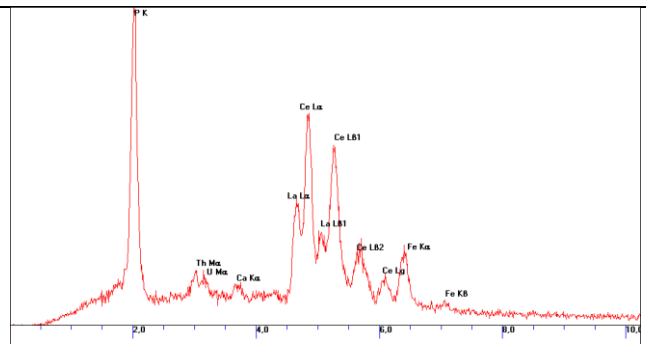
A barlangban nagyon sok helyen felkutattuk az utóbbi évben az érces teléreket. A Csepegő-vizek-termében hematittal átjárt kovás eret tártunk fel. Emellett egy másik hasadékban ugyanott

hematitos limonitos telért azonosítottunk, melyben rendkívül sok barit található. A barlangban azonosított kaolinites homokkőben is találtunk egy limonitos eret.

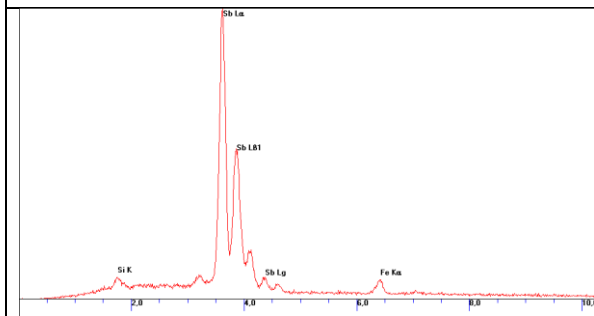
A limonitos ér részletes elektronmikroszkóp vizsgálatával sikerült kimutatni antimonitot, és antimon-oxidot, és nagyon sok monacit-szemcsét. (XIV/2. kép) Ezeknek a szemcséknek a röntgen spektruma a 3/b ábrán látható. Jól látható a spektrumon, hogy kimagasló U és Th tartalmuk van, mely alapján a későbbiekben radiometrikus kormeghatározást lehet végezni! A barlangban nem csak a monacit szemcsékből lehet kort meghatározni, hanem a barlangi képződmények is tartalmaznak kis mértékben uránt mely ólomra bomlik le. A módszerrel kb. 400000 évig lehet pontos koradatot adni. Ezt kihasználva a Csontváz-teremben megtalálható kalcit-lemezből és a Szülinapi-ágban megtalálható cseppkőlefolysból adtunk egy-egy mintát Surányi Gergelynek. Szóbeli közlése alapján a kalcitlemez idősebbnek bizonyult, mint 400000 év. A Szülinapi-ágban megtalálható cseppkőkéregben anomálisan nagy urán-tartalom volt ami elérte, sőt meghaladta a 400 ppm-es mennyiséget.



3/a ábra: antimonit röntgen spektruma



3/b ábra: monazit röntgen spektruma



3/c ábra: Antimon-oxid röntgen spektruma

A Törekvés-út járat főtájában hematitos-limonitos eret találtunk, szintén sok barittal. A mélyszinten baritos-kalcitos-limonitos teléret tártunk fel. Hematitos-baritos telért találtunk a DK-i VI-os főhasadékban és környékén (II/6. kép). Ezekhez az érctelérekhöz kapcsolódnak a barlangban megtalálható barit és kalcit-telérek is.

A hematitos telérek mellett gyakran limonitot is kimutattunk, és mikroszkóp segítségével piritet is meghatároztunk. A hematit gyakran kapcsolódik táblás antimonit b típusú barithoz. Az érces előfordulások leggyakrabban tömeges porszerű, behintések, és átítatódások (V/5-6. kép).

A Millenniumi-részben barit mellett hematitot és cinnabaritot sikerült kimutatni. Ugyanezt az ásványparagenezist sikerült a Kettős-delta felső részénél megfigyelni.

Wolnyn-típusú barit soha nincs cinnabarit mellett. Kova, limonit és hematit is csak egy-egy mintában található meg cinnabarit mellett. Mindig van táblás barit és tömeges barit is a cinnabarit mellett. Ha kalcit volt is, akkor az visszaoldott. Megfigyeléseink alátámasztják, hogy a cinnabarit csak tömeges és táblás barit mellett vált ki. A cinnabarit leginkább a barlang középső részéből került elő, és megfigyelések szerint csak a tömeges megjelenésű barit intergranuláris porozitását tölti ki.

A kiválasztott cinnabarit és metacinnabarit szemcsék részletes mikroszondás vizsgálata, kisebb meglepetést hozott. A három cinnabarit szemcse vizsgálata során egyben kis mértékű ezüst-tartalmat sikerült mérni, míg a metacinnabarit összetételében jelentős eltérés mutatkozik a HgS alakképlettől. A mérések ezüstöt és cinket is kimutattak. Cinkből 23570 ppm és 19780 ppm mennyiséget kaptunk, ezüstből 1660 ppm, 1310 ppm, 1170 ppm mennyiséget mutattunk ki.

Kovát tartalmazó telérek (3-as főcsoport)

A barlangban nagyon ritkák az úgynevezett kovás telérek, ellentétben más budai nagybarlanggal. A barlangból két helyről azonosítottunk ilyen előfordulást (Barit-temető, Csepegő-vizek terme déli végpont), de több helyről törmelékben ismerünk kovás kőzetdarabokat (Szülinapi-ág, Törekvés-úti oldalág, Csepegő-vizek-terme oldalág, Millenniumi-rész, Iszaptó-terem).(III/3-4. kép)

A kovát csak egy esetben kísérte cinnabarit, és egy esetben tömeges barit. A kovás részekben, ha van kalcit az még mindig megtalálható, kivéve egy esetet, ahol táblás barit is megjelenik, itt a kalcit hiányzik. Kalcit három esetben jelenleg is megtalálható volt a kovás zóna mellett. Táblás és wolnyn-típusú barit gyakran előfordult kova mellett, de a két barittípus kova mellett együtt soha nem jelet meg.

A barlang vizsgálatánál külön figyelmet fordítottunk a kovás telérek vizsgálatára. A barlangból a Csepegő-vizek-termének a déli végén megtalálható kovás részből vettünk 3 db mintát, mely a telér közepétől kifelé számoztunk. Ebben az esetben 2 kontroll-sorozatot gyűjtöttünk más budai barlangokból. Egyet a Pál-völgyi-barlangból (III/1. kép), a másikat pedig a Mátyás-hegyi-barlangból (III/2. kép), mindkettőt az ott kutató csoportok engedélyével. Itt is 3 db mintát gyűjtöttünk a telérekből. Makroszkóposan csak a színükben van eltérés a rétegek között. Mikroszkópos vizsgálattal sem jutottunk előbbre az összetétel vizsgálata és a kialakulás körülményeit tekintve. A kovás részek nagyon sok üreget tartalmaznak, melyben nagyon apró kristályok vannak, melyek feltehetőleg kvarcsemmcsék. Ezeket a mintákat röntgen pordiffrakciós vizsgálatnak vetettük alá. A vizsgálatra főleg tömeges aprósemmcsés anyagokat adtunk le. Összesen 25 felvétel készült, ebből 9 felvétel a kovás részek vizsgálata volt.

	Pál-völgyi-barlang	Mátyás-hegyi-barlang	Ferenc-hegyi-barlang
	Sünös-terem környéke	Nagy-terem	Csepegő-vizek-terme
1. Minta, telér belső rész	kvarc, kaolinit	kvarc, kaolinit	kvarc, kaolinit

2. Minta, telér középső rész	kvarc, kaolinit	kvarc, kaolinit	kvarc, kaolinit
3. Minta, telér szélső rész	kvarc, kaolinit, kalcit	kvarc, kalcit, kaolinit	kalcit, kvarc, kaolinit

4. táblázat. Kovás telér vizsgálati eredményei a 3 budai nagybarlangban (VIII melléklet)

A 4. táblázatban látható a kovás zónák összetétele. A középső feláramlási zónához legközelebb eső mintában csak kvarcot és kaolinitet mutattunk ki, a középső, színében jól elkülönülő barnás rétegben szintén csak kvarc és kaolinit található, de itt más sokkal kevesebb a kaolinit a kvarchoz képest. A három mintában mindenhol megjelenik a kalcit eltérő mennyiségben. A Ferenc-hegyi-barlangban a minta kalcitban a leggazdagabb, a Pál-völgyi-barlangban pedig a legszegényebb. Itt az is befolyásolja a kalcit tartalmat, hogy mennyire messze gyűjtöttük a mintát a telér közepétől. A kovás telérek színzónásságát a Rtg pordiffrakciós elemzés 5%-os kimutathatósági határa miatt nem tudtuk megmagyarázni, de NÁDOR 1991-es munkájában Fe_2O_3 jelenlétét mutatta ki a barnás részből.

A barlangban sokféle megfigyelhetőek a barittelérek üregeiben sárgás, tömött, agyaghoz hasonlító tömeges megjelenésű ásványok (V/4. kép). Ezeket paleokarsztos kitöltésnek vélték korábban (SÁSDI, 2000) Mi az ezekből vett mintákat szintén megvizsgáltuk. Ebben az esetben is szedtünk kontroll mintát a Pál-völgyi-barlangból. A két minta morfológiailag teljesen hasonló volt. Mindkét felvétel ugyanazt adta eredményül. A kitöltés finomszemcsés kvarc és barit. Ezeket szintén kapcsolhatjuk a hidrotermás folyamatokhoz. Ezek mellett megvizsgáltuk a baritteléreket kísérő, vörös, lila fázisokat, kovának tűnő mellékkőzetet is. Ezeknek az eredménye hematit, barit, kvarc. Helyenként kaolinit is kimutatható volt. A barlangban megtalálható egy vékony homokkő réteg is. Ezt sokáig az Szépvölgyi Mészke és a Budai Márga határára feltételezték (SÁSDI, 2000), de oldási vizsgálati eredmény ezt nem támasztotta alá. A homokkő feletti rétegekből vett mintában 1-2%-a volt oldási maradék. A homokkőből szeparálás után, egy átlagmintát és egy kötőanyagra dúsított mintát vizsgáltunk. Az átlagmintából kvarc, kaolinit és kalcit, míg a kötőanyagra dúsított mintából csak kaolinit mutatható ki.

A kovás zónához közel látszólag üde eocén mészkövet gyűjtöttünk be a három telérminta mellé negyedik mintának a Csepegő-vizek-termében. Ezt 10 %-os ecetsavban feloldottuk, és vizsgáltuk az oldási maradékot, hogy megtudjuk, mennyiségben és anyagában egyezik-e a kovás rész anyagával. A feloldott 597 gramm mészkőnek kb. 5 % oldási maradéka lett, így az az állítás az adatok alapján nem bizonyult valósnak, hogy a barlangban megtalálható homokkőréteg a mészkő és a márga határon található (SÁSDI, 2000), hiszen a gyűjtött minta, kb.5 méterrel van a homokkő felett. Az oldási maradékban mikroszkóp alatt kovaszivacs tüket és aprószemcsés – valószínűleg kvarc - anyagot láttunk. Emellett kis mennyiségben agyagásvány volt jelen. Az eredmények arra is

információt szolgáltathatnak, hogy a „kovatelérek” nem csupán a mészkő oldódása miatt kovaanyagban relatíve feldúsult képződmények, hanem adódott is hozzájuk SiO_2 a kalcit kioldódása révén porózussá vált kőzetben.

6. Bátor-barlang és környezete (Hárs-hegy)

6.1 A Bátor-barlang kutatásának története

A barlangot már az őskor embere is lakhelyül használta, Dokumentumok alapján a barlang előtti hegyoldalon bronzkori falu maradványait találták meg, és ennek a kultúrának a maradványait sikerült a bejárati teremben is feltárni. (VAJNA, 1973) A barlangot a XIII. és a XIV.-XV. században is használták lakhelyül. (X/1. kép) A barlangtól nem messze található egy kolostor, melyet 1290-1310 körül építettek fel. A budaszentlőrinci kolostor az ország legnagyobb rendháza volt. A rend tagja volt maga Bátor László, a barlang névadója is. Mátyás király uralkodása idején sokat fejlődött a kolostor, mind a főépület mind a kiszolgáló épületek tekintetében. Ekkor töltötte remeteségét Bátor László szerzetes a barlangban, ahol biblia-magyarázatot fordított 1434-1457-ig. (SZÉKELY, (SZERK) 2003). 1908-ban közölt kutatási eredményeket Eperjessy István, aki bizonyította, hogy Bátor László itt remetéskedett (KORDOS, 1985). A barlangban a XV. században a vasércet bányászták. A bánya-szakaszban megmaradt vésésnyomokban megtalálható lepedék a középkorban gyakran használt fekete puszkapor maradványa, és a bánya-szakasz végről előkerült tárgyi emlékek – véső és mécses-tartók - szintén a XV. századi bányászathoz kapcsolódnak.

A török hódoltság alatt a kolostort lerombolták. A XVII. Században Jäger János Henrik egyrészt „márvány” bányászatot folytatott, majd egy levelében, - amit Mária Teréziának írt- arany, és ezüst-bányáról tesz említést a budai oldalon a János-hegy oldalában. Fontos megjegyezni, hogy akkoriban a János-hegy mellett Jäger János Henrik a Hárs-hegyen is kutatott és bányászott. 1766-ban a későbbi tulajdonos a Budai-hegységéből és a Börzsönyből származó ércmintát küldött Selmece, ahol megállapították, hogy mindegyik minta tartalmaz ezüstöt, de aranyat nem! 1766 júliusában Leibwürtz Adam Bonaventura a császári és királyi kamara megbízásából terepszemlét tartott, mely szemle dokumentumaiban már a Hárs-hegy neve is szerepelt. A félbemaradt bányászatot 1802-ben újították fel.(SZÉKELY, (SZERK) 2003)

1908-ban Ekkor egy emléktáblát is felavattak. 1917 és 1919 között a Földtani Intézet megbízta Kadič Ottokárt a Budai-barlangok átvizsgálásával. Ekkor feltérképezték a barlangot. A két háború idején szeméttel töltötték fel a barlangot, illetve a bejárat többször is megsérült (KORDOS, 1985).

A Bátor barlang tervszerű kutatását 1961-ben Vajna György és társai újraindították (VAJNA, 1973). Ekkor kitisztították a barlangot, és régészetileg is feltárták a barlang első termét és a bánya-szakaszt. Vajnák robbantással nyitották meg az Új-bejáratot, melyet a barlangból kibontott törmelék könnyebb felszínre juttatása miatt létesítettek. (X/4. kép) 1977-ben a barlang

ismert hossza már 300 méter volt és mélysége elérte a 30 métert. A későbbiekben tartósan barlangkutató csoport nem foglalkozott a barlang kutatásával (VAJNA, 1973).

Az 1990-es években a BEAC csoport az alsó szinten végzett kutatásokat. Ekkor tárták fel az utolsó aknát, aminek az alján a jelenlegi végpont van(*Pocsai Tamás szóbeli közlés, 2006*). 2007-ben a Guru Barlangkutató és Oktató Egyesület, vezetésemmel kezdte újra a barlang kutatását. A barlangban a Huzatos előtti északra tartó tárót bontottuk ki, ahol megtaláltuk a Hármas lépcsőt, és egyben a bányász szakasz jelenlegi ismert végpontját is. A barlang legmélyebb pontján egy szűkületről erős huzat áramlik és ez biztató jel a további kutatásokra. A további feltárását csak egy dolog hátráltatja, miszerint természetvédelmi okokból a végpontból kitermelt kötőanyagot csak a felszínen vagy a Bejárati-teremben lehet tárolni.

6.2 A Bátor-barlangban és környezetében folytatott vizsgálatok eredménye

6.2.1 A Bátor-barlang és környezetének földtani térképezése

2007 nyarán és őszén a terület megismerése és az 1977-es WEIN-féle földtani térkép (WEIN, 1977) képződményeinek terepi azonosítása céljából több terepbejárást végeztünk. Első bejáráskor a földtani térkép helyesnek bizonyult, de a részletesebb méretarányú vizsgálat során több új észlelést is végrehajtottunk. A terep nagyon jó feltártsággal rendelkezik, kivéve a Kis-Hárs-hegyet és a hegylábakat, ahol a hegylábi törmelék elfedi az eredeti kőzeteket.

A terület fő tömegét a triász korú (nori) Dachsteini Mészkö alkotja, mely sekélytengeri kifejlődés. Több helyen algagyep feltépett klasztjait találtuk meg a kőzetben, és a Kis-Hárs-hegy csúcsánál *Megalodus*-ok kőzetalkotó mennyiségben jelennek meg benne. Egyébként a kőzet makroszkóposan ősmaradványoktól mentes.

WEIN térképéhez képest sokkal több helyen találtam meg a Szépvölgyi Mészövet. Ez feltehetőleg arra vezethető vissza, hogy a korábbi térképezés sokkal átfogóbb jellegű volt, míg én csak a Hárshegyre koncentrálni végeztem terepi munkámat. A korábbi 1977-es térkép csak a Nagy-Hárs-hegy nagy kőfejtőjében és a Kis-Hárs-hegy déli és keleti oldalában jelez eocén korú mészövet. Ezt kiegészítve, munkánk során a Kis-Hárs-hegy északi részén is megtaláltuk a képződményt egy kis foltban. A Nagy-Hárs-hegy nagy kőbányájában csak a keleti falban térképezte WEIN (1977) a Szépvölgyi Mészövet. Jelen munka során a bánya nyugati falában, és a hegy keleti oldalában egy Dachsteini Mészkö-folt mellett is sikerült a Szépvölgyi Mészövet megtalálni. Ezek mellett eddig nem ismert barlangindikációkat és több helyen gömbfülkét is sikerült felderíteni. Munkánk során öt új barlangindikációt és egy új barlangot tártunk fel és térképeztünk (II. és IV. melléklet).

A Kis-Hárs-hegyen Hárshegyi Homokkő nem fordul elő, de a hegy keleti lábánál sikerült egy eddig ismeretlen kőzetet is feltérképezni. Ez a kőzet vékonyan rétegzett, laminált, és sárgás-fehér színű. Röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok (VIII. melléklet) alapján csak kvarc alkotja (NSKHH014-es minta). Ez a kőzet esetleg lehet egy hévforrás-feltörési pont kiválása is. Ebben az ősmaradvány-tartalom segíthetne, de eddig még nem sikerült olyan kőzet-darabot találni, amely tartalmazott volna ősmaradványt.

A területen, több helyen sikerült limonitos/hematitos ércindikációkat is térképezni. Feltűnően sok indikáció található a Kis-Hárs-hegyen és a Nagy-Hárs-hegy felső részén a

homokkőben. A Nagy-Hárs-hegy keleti részén Dachsteini Mészkkőben találtunk limonitos indikációt. A legnagyobb mennyiségben ilyen limonitos érc a Bátor-barlangban található. A Bátor-barlangtól északkeletre ahol a barlangindikációk is megtalálhatóak, helyenként szintén előfordul érces indikáció is.

A Kis-Hárs-hegyen, ahol Dachsteini Mészkkő kibukkanás van a felszínen, ott legtöbbször limonitos indikáció is van. Az egyik feltárásban a hegy északi oldalában a limonitos kiválás mellett baritot is találtunk. (XI/5. kép, XIII/2. kép)

6.2.3 Bátor-barlang és környezetének földtani felépítése

Nagy-Hárs-hegy

A Hárs-hegy fő tömegét a késő triász korú (nori) Dachsteini Mészkkő alkotja, melyre foltokban eocén korú Szépvölgyi Mészkkő települ diszkordánsan. A területen nagyon kis foltokban (maximum 100 m²-es) jelenik meg az eocén mészkő, így a legtöbb helyen a Hárshegyi Homokkő Formáció közvetlenül a Dachsteini Mészkkőre települ. A Hárs-hegy a WEIN-féle Hármashatár-hegyi fáciesövébe tartozik. Ebben a fáciesövben a sekélytengeri erősen mozgatott vízben keletkezett Dachsteini Mészkkő a jellemző. A hegyen a triász paleofelszín több helyen tanulmányozható. Mély töbrök jellemzik a triász mészkövön megtalálható paleofelszín, melyek mélysége a 15 métert is elérheti. A Hárs-hegyen megtalálható Szépvölgyi Mészkkő Formáció ezekben a töbrökben ülepedett le, így maximum akkora foltokban lehetne térképezni az előfordulásukat, mint amekkorák a töbrök. Az eocénban ezek a töbrök nem töltődtek fel mésziszappal, mert ez a rész volt a tengerelöntés nyugati pereme. Erre a paleofelszínre települt az oligocénben a Hárshegyi Homokkő és egyenlítette ki a topográfiai különbségeket. A neotektonika a hegyet kiemelte, és a vetők mentén a Hárshegyi Homokkő részben lepusztult, és ezért bukkan ki a felszínre foltokban a triász karsztfelszín. Az eocén Szépvölgyi Mészkkövet a hegy nagy kőfejtője mindkét oldalfalában feltárja. A kőfejtőn kívül a hegyperemeken bukkan a felszínre.

Bátor-barlang

A barlang befoglaló kőzete a Dachsteini Mészke, de a barlang felső zónája eléri helyenként a Hárshegyi Homokövet is. Ezeken a részeken omlások jellemzik a barlangot. A barlang területén a Szépvölgyi Mészkevet nem ismerjük, és jelentős járatok a Hárshegyi Homokkőben sem alakultak ki.

Kis-Hárs-hegy

A Kis-Hárs-hegy a Nagy-Hárs-hegytől jól elkülönül. A két hegy között egy vető húzódik, melynek minimális elvetése 15 m. A Kis-Hárs-hegy északi oldalán, felszínen is megtalálható a karni végén képződött Barnásszürke Dolomit és Mészke (WEIN, GY, 1977) melyet a Mátyáshegyi Formációba sorolhatunk. E formációra a (nori) Dachsteini Mészke települ. A triász képződményekre diszkordánsan következik az eocén Szépvölgyi mészke. A hegyen teljesen hiányzik a Hárshegyi Homokkő. Feltehetőleg az eocén után a Kis-hárs-hegy tömbje szárazulat volt, vagy az utólagos kiemelkedés miatt pusztult le róla a Hárshegyi Homokkő. A területen, több helyen kvarter lejtőtörmelék fedi az idősebb képződményeket. Emellett a hegy déli lábánál egy kvarc anyagú – eddig le nem írt – kőzetet térképeztünk.

6.2.4 A Bátor-barlang morfológiájának sajátosságai

A Bátor-barlangban korábbi források szerint a XV században ércbányászat folyt. Ez a bányászat átalakította a barlang eredeti morfológiáját.

A barlangot három szakaszra oszthatjuk. Az első szakaszt a bejáratú teremnél és a barlang első részében jellemző gömbfülkesorok alkotják, melyek – véleményem szerint - tektonikusan preformált hévíz-feltörési pontok a Dachsteini Mészkeben. A gömbfülkék szabályos gömb alakúak, és 1-5 méter átmérőjűek. A gömbfülkék általában szűk átjárókkal kapcsolódnak egymáshoz, és együttes formájuk egy szőlőfürtre hasonlít. Ezek a gömbfülkék elég mélyre hatolnak, mivel a barlang bejáratához képest a 25 méteres mélységet is eléri. A legalsó gömbfülkéket általában agyag tölti ki.

A gömbfülkés szakaszra nagyon jellemzőek a falakon a borsókó és karfiol kiválások. Ezekre települve több helyen cseppkő is megjelenik. A gömbfülke sorok csak kötél segítségével járhatóak, mivel tág és akna-jellegű a morfológia.

A barlang középső szakasza mesterséges kialakítású, mivel ez a rész már a XV. században bányászat színtere volt. Több helyen középkori fúrások, vésések nyoma látható, és három helyen

faragott lépcsősort is találtak a korábbi kutatók (VAJNA, 1973). A bányaszakasz egy központi hasadékot követ, mely közel K-Ny-i irányú. Egy helyen, a Nagy-lépcsők mellett ezt a hasadékot eredeti formájában lehet megfigyelni. A hasadék nem járható, mivel átlagos szélessége csupán 15 cm. A hasadék kiszélesítésével kialakított táró a bejárat teremből indul keleti irányba, majd eléri a Szabó László terem feletti Kupola-termet (IV. melléklet), ahol egy kerülővágatban folytatódik, mely kikerüli a Kupola-terem alatti aknát. Itt található meg a Kis-lépcsősor (VAJNA, 1973). A bányaszakasz ezzel a lépcsősorral indul. A Nagy-lépcsősornál teljes szelvényben mesterséges a járat, egészen a Tölcsér-teremig. Itt 6 méterrel lejjebb kezdődik a barlang harmadik szakasza, és a bányaszakasz ÉK-i irányba fordul, de több ÉÉNy-i irányú lejtős tárókezdet is található. A barlang jelenlegi végpontjáig, a Huzatosig folytatódik a bánya-szakasz, ahol egy lejtős vágatban ér véget. Itt találtak meg 2007-ben a Hármas lépcsőt. A bányaszakasz morfológiáján mindenhol látszik, hogy telért követtek a bányászat során. Itt az eredeti barlang morfológia teljesen eltűnt.

A barlang harmadik szakasza a Tölcsér-terem és a Labirintus (IV. melléklet). Míg utóbbi a beszakadt nagy homokkő-tömbök közötti szövevényes járathálózatról kapta a nevét, addig a Tölcsér-terem nevét a tölcsérszerűen szűkülő formája adta. A Tölcsér-terem tetején megtalálható már a Hárshegyi Homokkő is, de jelentős barlangjárat nem alakult ki benne. Lefelé a barlang jellege megváltozik. A Pálosok-terme az utolsó nagy gömbfülke, (XII/6. kép) de idáig is inkább tektonikus hasadék-jellegű a barlang. Erre lehet a barlang legmélyebb pontját is megismerni, mely a felszín alatt 50 méter mélyen található. Ezeknek a járatoknak a fő iránya NyÉNy-KDK-i, és a főtében látható az a közetrés, amely mentén ezek a folyosók kioldódtak. A járatok átlagszélessége 90 cm és magasságuk sem haladja meg a 2 métert. (XI/4. kép)

6.2.5 A Hárs-hegyen megtalálható egyéb barlangok és indikációk

A földtani térképezés előtt a területünkön csak egy barlangot ismertünk a Bátori-barlangon kívül. Ez a hegy keleti oldalán nyíló Szent-Miklós barlang. A barlang 18 méter hosszú és 12 méter mély. Alsó részei eléri a Dachsteini Mészkövet, ahol uralkodóak a gömbfülkék. A barlang felső részei a Hárshegyi homokkőben húzódnak. E felső részben erősen összetöredezett homokkőtömbök között vezet a barlang, míg az alsó részen is a lehullott homokkőtörmelék torlaszolja el a további járatokat.

Terepbejárásunk során egy átjáró-barlangot találtunk, a Hárs-hegy csúcsához közel, attól északnyugatra. (I. melléklet) A részletes vizsgálat során kiderült, hogy valószínűleg mesterséges objektumról van szó. Ebben a táróban találtunk egy 10 cm vastag kalcit telért, melyet a táró keresztülvágott. A telér iránya: $60^{\circ}/62^{\circ}/79^{\circ}$ K. A táró iránya K-Ny-i és erősen összetört Dachsteini Mészköben húzódik.

A Bátori-barlangtól keletre egy mészkő kibúvásban 2 barlang-indikációt és egy barlangot találtunk. Az indikációk két-két gömbfülkéből állnak és egyiknél kevés borsókő-kiválás is megtalálható a gömbfülkében. Ezek átmérője eléri a 60 cm-t. A barlang két egymásba nyíló gömbfülkéből áll, mely egy ÉK-DNy-i repedés mentén oldódott ki. A barlangot Diploma-barlangnak neveztük el. Itt a repedés is tágult, melynek iránya: $111^{\circ}/85^{\circ}$. A barlang hossza 3,5 méter mélysége 1 méter. A III. mellékletben látható a Diploma-barlang térképe.

A Hárs-hegy egyéb Dachsteini Mészkö feltárásaiban is hasonló barlangkezdemények találhatóak. Több oldott hasadék és gömbfülke van a Diploma-barlangtól K-re is (I. melléklet). A hegy K-i oldalán húzódó Dachsteini Mészkö kibúvásánál három karsztos üreget találtunk, melybe homokkőtömbök ékelődtek be. E barlang-indikációkat talaj fedi. Ez szpeleológiai szempontból az egyik legígéretesebb hely a területen. A hegy legnagyobb kőfejtőjének (I. melléklet) a falában is több helyen és szintben találunk gömbfülkéket, (X/3. és XI/3 kép) és paleokarsztos üregeket, későbbi iszapos kitöltéssel. Ez utóbbi kitöltés laminált és déli irányba, 30° -kal dől. Ez tehát mutathatja azt, hogy a befogadó kőzetblokk eredeti helyzetéből kibillent. A gömbfülkék átmérője 10-50 cm és több helyen egymásba is kapcsolódnak.

A Kis-Hárs-hegyen az északi oldalon is találhatunk barlangi-kezdeményeket, melyek limonitos és baritos telérek zónájában jelennek meg. Itt a gömbfülkék 10 cm körüliek és követik a repedéseket. Ezekről is elmondható, hogy tektonikusan preformált eredetűek.

6.2.6 A Bátor-barlang és környezetének szerkezetföldtani jellemzői

A Hárs-hegy jelenlegi morfológiáját fő vetőzónák, és eltolódási síkok határozzák meg. A hegy északi részén 2 fő eltolódási zónát azonosítottunk. Ezeket azonban csak a homokkőben lehet térképezni. A hegy nyugati oldalán sajnos nincsenek jó feltárások, így erről az oldalról szerkezetföldtani jellegeket nem tudtunk lejegyezni. A hárs-hegyi kőfejtőben több vetőzónát is sikerült kitérképezni, melyek iránya K-Ny-i, és több egymással párhuzamos vetőből állnak, melyek valószínűleg normál vetők. A hegy északi végénél a Bátor-barlang felett és magában a Bátor-barlang bejáratában szintén közel K-Ny-i vetők sorakoznak (X/2. kép). Ezek a vetők egy ÉÉK-DDNy-i kompresszió következtében jöhettek létre, ami MÁRTON és FODOR (2003) szerint az oligocén végén, a miocén elején volt uralkodó a Budai-hegységben.

A Kis-Hárs-hegyet egy markáns vetőzóna választja el a Nagy-Hárs-hegytől. A nyeregben a Dachsteini Mész-kő és a Hárshegyi Homokkő kontaktusát lehet megfigyelni, ez a jelenség arra enged következtetni, hogy a vetőnek minimum, 15 méteres elvetése volt mivel ennyi homokkő-vastagsággal számolhatunk. Több helyen a területen kibukkan foltokban az eocén korú Szépvölgyi Mész-kő is, mely töredezett, tektonikailag erősen igénybevett. Ezt több helyen elmondhatjuk a Dachsteini Mész-kőről is, mely a hegy keleti és északi felén breccsás, kataklázos. A Dachsteini Mész-kő rétegeinek jellemző dőlésszöge 35° - 45° emellett a rétegek csapásiránya a hegy déli részén DDK, míg a hegy északi oldalán NyDDNy és NyÉNy. A Kis-Hárs-hegyen mért dölések a déli oldal adataival egyeznek meg. A Bátor-barlang környékén mért rétegdőlés adatok teljesen eltérnek mind a déli, mind az északi terület adataitól. A Bátor-barlangnál a dőlés mértéke 35° - 40° a dőlés iránya pedig DK. A blokkok, helyzetüknél fogva nem a morfológia miatt adnak ilyen rétegdőlést.

A területről általában elmondhatjuk, hogy jó feltártsági viszonyokkal rendelkezik. Az összes lehatárolható feltárásban végeztünk szerkezetföldtani elemzéseket, repedésméréseket, és dokumentáltuk a területen megtalálható vetőket és oldalelmozdulások nyomait is. A feltárásokban a repedések irányai jól elkülönülnek. Összesen 360 repedést mértem ki. Ezeknek az irányait rózsadiagramon ábrázoltam. Ezek alapján két fő feszültségteret lehet elkülöníteni. Egyik fő repedésirányt az É-D-i irányú törésekhez kapcsolhatunk, mely egy É-D-i tenzióhoz és a rá merőleges extenzióhoz kapcsolható. A másik fő szerkezetföldtani esemény során ÉNy-DK-i irányú repedések keletkeztek. Ezek egy ÉNy-DK-i tenzióval és erre merőleges tágulással keletkezettek. FODOR és társai (1994) szerint az utóbbi feszültségteret a késő oligocénben és a kora-miocénben volt a területen. Az É-D-i repedéseket feltételelesen köthetjük egy idősebb tektonikai fázishoz, mivel ezek a Hárshegyi homokkőben hiányoznak. Ezek a repedések a krétában fennálló ÉNy-DK-i irányba ható nyomás eredményeképp jöhettek létre. A területen kimért repedések ÉÉK-DDNy-i irányúak.

A krétában a repedések alapján egy egyszerű tenzió állt fent. Ennek megfelelően a Dachsteini Mészköben jól megfigyelhető a Mohr-párok kialakulása.

A mészkő szerkezetföldtani történetének rekonstrukcióját nehezíti, hogy ma már számos egymásra szuperponálódó esemény együttes hatását látjuk a feltárásokban. Azonban a Hárs-hegyen a Hárshegyi homokkőben megtalálható vetők és oldaleltolódások miatt a harmadidőszaki (oligocén és annál fiatalabb) és az idősebb tektonikai események már szétválaszthatók. A terület elemzésében az alapfelvetés, hogy a Hárs-hegy is beletartozik abba a jobbos laterális oldalelmozdulásos zónába, amibe a Ferenc-hegy is (BENKOVICS, 1999). A korábbi munkák három ilyen zónát említenek, melyekből kettő átszeli a Budai-hegységet, kivéve a középső Ferenc-hegyi oldaleltolódást (FODOR, 1994, BENKOVICS, 1999) A Hárs-hegyen kimértünk több lisztikus vetősorozatot (X/5. kép), mely beleillik a feltételezett jobbos laterális oldalelmozdulás feszültségterébe. A hegy északi részén egy fő oldalelmozdulási síkot térképeztünk ki (I. melléklet), ettől északra egészen más értékeket adnak a mészkő rétegdőlési és csapásirány adatok, mint a terület középső illetve déli részén. Ezek szigmoidális húzási hasadékokat idéznek elő egy ilyen feszültségterben. (CSONTOS, 1998)

Az egész vető és törésrendszert rendszert egy jobbos laterális oldalelmozdulás okozta. A teljes Hárs-hegyen, ahol főleg a Hárshegyi Homokkőben lehetett kimérni egy klasszikus Riedel rendszer elemeit. Ebben az esetben a fő törési irány az ÉNy-DK melyek a Riedel rendszer R töréseit adják, az ÉÉNy-DDK-i repedések a rendszer R' törései, és kevés helyen sikerült kimérni a rendszer P töréseit is, amik az egyes R és R' töréseket összekötő repedések. Esetünkben ezeknek az iránya ÉÉK-DDNy. Ezt az egész rendszert egy ÉNy-DK-i kompresszió hozta létre, mely FODOR 1994-es munkája szerint a késő-oligocénben és a kora-miocénben volt jellemző. A kréta szerkezeti fejlődésnek triász képződményekben mérhető szerkezeti elemei jól elkülöníthetőek a kora-miocén eseményektől, hiszen a kréta feszültségterek egészen más repedés-irányokat hoztak létre.

6.2.7 Hideg víz hatására képződött kiválások

Cseppkő

A cseppkövek az utolsó kiválások egyikét jelentik egy barlang életében. A Bátor-barlangban jelentős cseppkőképződés folyik napjainkban is. A bányászat és a barlang népszerűsége jelentősen károsította a barlangi képződményeket, de a nehezen megközelíthető részeken érintetlen cseppköveket találunk meg. A Szahara gömbfülke-sorában hófehér cseppkőlefolyást találunk a borsókő-képződményeken. Míg a Pálosok-termében cseppkőzászló és függő cseppkövek vannak a főtén. (XII/6. kép)

A barlangban csak a cseppkövek azok a kiválások melyek bizonyíthatóan a leszivárgó hideg vízből váltak ki. Ebből a barlangból még nem írtak le hideg vízből kivált üveggömb-borsókövet és egyéb hideg vizes kiválást sem.

6.2.8 Meleg víz hatására létrejött kiválások és ásványok

A barlang kialakulását az úgynevezett zárt cellás áramlások időszakára teszi KOVÁCS és MÜLLER 1981-es cikkükben. A barlang morfológiája és képződményei miatt lett teljes mértékben ide sorolva a Bátor-barlang a Sátorkőpusztai-barlanggal egyetemben. A barlangot alaposan megvizsgálva, több szakaszra osztható a barlangban megtalálható képződmények kiválása és keletkezése.

6.2.9 A barlang kialakulása utáni képződmények

Borsókő és karfiol-kiválások

A barlangot morfológia alapján három részre osztottuk, ezt megtehetjük a kiválások alapján is! A barlang első szakasza a gömbfülkés bejáratú szakasz, ahol a falakon jellemzőek a borsókő és a karfiol-kiválások, és ezeken néhol cseppkő is képződött. A falak, ahol nem borítják őket kiválások, nem találunk bennük kalcit vagy limonitos erezést, vagy csak nagyon ritkán. A borsókő-kiválások mindenhol elszíneződtek, barnás színüket a limonitos zárványoktól és az agyagos szennyeződéstől kapták. A legtöbb helyen, vastagon borítja a borsókő a falakat. A képződmény vastagsága eléri több helyen a 20 cm-t is. Ezek szőlő-fürt szerűen fejlődő borsókőek. Sokszor karfiol-kiválásokat is találunk a barlangban. Míg utóbbiak víz alatt keletkezettek, előbbieket a víztér feletti párolgás útján. Ezt a kiválási módot több barlangban is bizonyították stabilizotópos vizsgálatokkal. (FORD, et al., 1991)

Kalcitlemezek

A barlangban sehol nem találunk kalcit-lemezeket. Ezt magyarázhatja az, hogy a gömbfülkés és gömbterem örvénylő, áramló víz hatására keletkeztek és ezért a kalcit-lemezek képződési körülményei nem voltak megfelelőek.

Kalcit”szivacs”

Ahogy a Ferenc-hegyi-barlangra jellemzőek a kalcitszivacsok, úgy a Bátori-barlangban és a Hárs-hegyen több helyen, a felszínen is találkozunk ezzel a képződménnyel. Makroszkóposan megvizsgálva, rostosak és törékenyek, általában kézzel morzsolhatóak. Az egyes rostok 1-2 mm vastagok, közel párhuzamosak, és több helyen kapcsolódnak egymáshoz. A barlangnak a bányaszakaszára legjellemzőbb a kalcitszivacs. A Hárs-Hegyen több helyen találkozunk ezzel a képződménnyel. A Kis-Hárs-hegy csúcsán lévő Dachsteini Mészke feltárásában 20 cm vastag réteget képez a mészkőben. A Kis-Hárs-hegy északi oldalán a Hárs-hegyi vasúti megállónál lévő feltárásban sok helyen előfordul. Ezeket a képződményeket részletesen is megvizsgáltuk, mind a Kis-Hárs-hegyi (XI/1-2, 6. kép) és a Bátori-barlangi, (XII/4-5. kép) mind pedig a Ferenc-hegyi-barlangból származó kalcitszivacsokat.

Mindhárom mintát elvágtuk és felületi csiszolatot készítettünk róla. Az alapkőzettől egészen a fennőtt képződmény „végéig”. A Ferenc-hegyi-barlangi minta alapkőzet felőli részén barit telért találtunk, így biztos volt hogy a baritra kivált képződményről van szó. A másik két mintánál ilyen segítség nem volt. Mindhárom mintának a jellemzője, hogy az alapkőzet felé tömörebb és keményebb a minta. A csiszolatot szemügyre véve a Ferenc-hegyi-barlangi mintán a telérhez közel jól látszott a szivacsos szerkezetű kívül a gömbhéjas szerkezet, mely egyértelműen a borsókővekre és a karfiol-kiválásokra jellemző. Alaposan megvizsgálva egyértelművé vált, hogy a Ferenc-hegyi-barlangból vizsgált kalcit szivacs egy meglévő 30 cm vastag borsókő-kiválás visszaoldódásával keletkezett. Ezek után a Bátori-barlangi mintát is ezzel a szemszöggel vizsgálva, sajnos gömbhéjas szerkezetet nem találtunk, de a Dachsteini Mészke jellemző alagyepes képződményeket találtunk a kevésbé szétoldott részeken, ugyanúgy, mint a Kis-Hárs-hegyi mintában. A vizsgált minták alapján elmondható, hogy a kalcit szivacsok nem kiválások a Budai-hegységben, hanem a meglévő kiválások, vagy alapkőzet visszaoldódásával jön létre.

6.2.10 A barlang kialakulását megelőzően képződött ér- és telérkitöltések

A Budai-hegység karsztosodási folyamatában két fő típust különítenek el. Az első egy fedett karszt típusú zárt cellájú konvekciós áramlás volt, melyet a középső-miocénra tesznek egyes kutatók. (KOVÁCS, et al 1981) Ezekben a cellákban átáramló fluidum hőmérséklete 100-300°C között változott a felfelé szálló ágból eredő fluidum mennyiségétől függően.

A barlangban és a Hárs-hegyen klasszikus kalcit, vagy barit teléreket ritkán találunk. A Ferenc-hegyi-barlangnál három paragenezist tudunk megkülönböztetni, indikátor-ásványok alapján. Ezek a barit illetve a kalcit, a kovás telérek, a harmadik csoportba azokat soroltuk, ahol limonit illetve szulfidok voltak jelen. A Bátori-barlangban ezek alapján csak egy csoportot tudunk beazonosítani. Ez pedig a limonitos-szulfidos csoport. Kovás teléreket egyáltalán nem találtunk sem a barlangban, sem a Hárs-hegyen, kalcit és barit teléreket sem nagyon sikerült kitérképezni a területen, limonitos kiválás nélkül.

Kalcit és barit megjelenése a területen

A barlangban a barlang kialakulása előtti kalcit kiválással nem nagyon találkozunk. A limonitos kiválás egyes üregeit sárgás kalcit tölti ki, a kristályok mérete alig haladja meg a 2 mm-t, de ezek a kiválások már a meglévő barlang üregeibe váltak ki. A barlangon kívül egy kalcit-telért a Nagy-Hárs-hegy csúcsa mellett talált táróban mértünk ki, mely átlagosan 10 cm vastag, és vetőhöz kapcsolódik. Hasonló szkaloóderes kalcit-kiválást találtunk a Nagy-Hárs-hegy legnagyobb kőfejtőjében, egy vetőzónában, ezek a kalcit-kristályok elérik az 5 cm-t és szintén egy vetőzónához kapcsolódnak. A Hárs-hegyi kőfejtő nyugati falában kalcit és lemezes barit kiválást találtunk ki mennyiségben. (X/6. kép) A Hárshegyi homokkőben ritkán találkozunk barittal, kalcit-telérrel pedig egyáltalán nem. A homokkőben több fajta telért is találunk, melynek kitöltése kalcedon és hematit. (GÁL, et al. 2008) A homokkőben baritot csak a Nagy-Hárs-hegy fennsíkján találtunk egy helyen teléres kiválásban.

A baritot gyakran limonitos erezéssel találjuk együtt. A Kis-Hárs-hegy északi oldalában lévő feltárásban limonitos mátrixban találhatóak barit táblák, melyek mérete elérheti a 2 mm-t.

Vas-oxidos kiválások

A barlangban több helyen találkozhatunk limonitos kiválásokkal. Ezek makroszkóposan tömegesek, ritkán láthatóak rosszul fejlett kristályok is, amelyek nem érik el az 1 mm-t. Több mintából érc-csiszolatot készítettünk, és a mikroszkópi megfigyeléseink alapján elkülönítettünk goethitet és hematitot, mely a mintáink nagy részét kitették. Emellett kalcitot, és kvarcot sikerült meghatározni, makroszkóposan. (XIV/1, 3-6. kép)

Szulfidok előfordulásai

A területen, sok helyen lehet megfigyelni a limonitos erezéseket, és tömböket. Ezeknek a tömböknek a részletes mikroszondás vizsgálata révén kimutattunk galenitet a Kis-Hárs-hegy északi részén található Dachsteni Mészköfeltárásból, ahol limonit, kalcit és barit társul a szulfidhoz. A Bátor-barlangban megtalálható limonitos tömbökben nagy mennyiségben találtunk antimonitot, és antimon-oxidot is. Az antimon-oxid feltehetőleg akkor keletkezett, mikor a pirit és az antimonit oxidálódott. A Hárs-hegyen nem találtuk meg a Ferenc-hegyi-barlangból és a Róka-hegyről ismert cinnabarit előfordulást.

7. A Hidrotermás ásványparagenezisek képződési körülményi

7.1 Folyadékzárvány vizsgálatok

A vizsgálatokra a Ferenc-hegyi-barlang mélyszintjéről gyűjtött kalcitot és a barlang felső szintjéről gyűjtött kalcit és barit-teléreket használtuk fel. A barit kristályok nagysága 2-6 mm volt és mind a második generációs – antimonit b típusú – baritból származnak.

Sajnos, a barit a korábbi munkákhoz (GATTER, 1984, GÁL, et al., 2008) hasonlóan nem bővelkedett zárványokban, de a nagyszámú mintában azért akadt részletesebb vizsgálatra alkalmas folyadékzárvány is.

A baritban két zárványgenerációt sikerült elkülöníteni. Egy egyfázisú (csak folyadékot tartalmazó) másodlagos és egy- illetve kétfázisú, csak folyadékot, illetve folyadék és gázfázist tartalmazó elsődleges zárványgenerációt. A kétfázisú zárványokban kb. 5-15%-ban volt jelent a gáz fázis. A zárványok mérete 5-30 μm volt.

A barlangból gyűjtött kalcit mintákkal könnyebb volt a helyzetünk, mivel 3-5 cm-es hosszúságú sajátalakú kristályokon végezhetjük megfigyeléseinket.

A kalcitban is találtunk elsődleges, szobahőmérsékleten egy-(csak folyadékfázist tartalmazó) illetve kétfázisú (folyadék-, és gázfázist tartalmazó) zárványokat, de előfordulnak másodlagos zárványok is melyek egyfázisúak (csak folyadékfázis tartalmazóak) voltak. Az elsődleges zárványok növekedési zóna mentén illetve elszórtan helyezkednek el, míg a másodlagos zárványok a kalcit hasadási síkjaiban és repedéseiben.. Az elsődleges kétfázisú zárványokban a gázfázis kb. 5-15%-ot adott ki egy zárványon belül. A kalcitban a zárványok mérete 20-400 μm volt. (VIII/1-6. kép) A zárványok alakja legtöbbször a kalcit fő kristálylapjaival párhuzamos lapokkal határolt, „negatív” kristályalak. A nagy zárványok homogenizációjánál nagyon vigyáznunk kellett, hogy a zárvány ne dekrepitálódjon a minta óvatos felmelegítése során.

Az elsődleges zárványgenerációk mind a kalcitban, mind a baritban az ásvány kiválásával egyidősek, így a tulajdonságaik az ásványképződés körülményeit tükrözik, míg a másodlagos zárványok keletkezése már utólag történt, egy újabb földtani folyamat miatt.

7.1.1 Mikrotermometriai vizsgálatok eredményei

Homogenizációs mérések - barit

A barit esetében összesen két csizolatban hat darab, a mérésekre megfelelő zárványt tudunk azonosítani, E zárványoknak egy kisebb, 90-100°C között homogenizálódó és egy nagyobb, 140-170°C-os homogenizálódó csoportját azonosítottuk. Sajnos a barit keletkezési hőmérsékletét és körülményeit nem lehetséges meggyőzően alátámasztani e kisszámú mérési eredménnyel. (IX. melléklet)

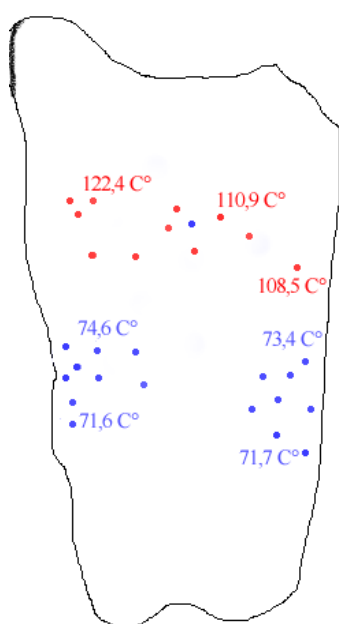
Homogenizációs mérések - kalcit

Kalcit esetén három mintából történt mérés a barlang mélyszintjéről, és egy mintából de két kristályból (FHB88/1 és FHB88/2) a barlang felső szintjéről, az Iszaptó-terem mellől. A Mélyszinti kalcit sárgás színű homogén egykristályok formájában jelenik meg, és jól látható zárványosodás figyelhető meg a kristályok felső 1/3 részben. Az Iszaptó-teremnél gyűjtött kalcit tejfehér és a kristály 2/3-nál feltűnő hematitos zárványsor található a kalcitban.

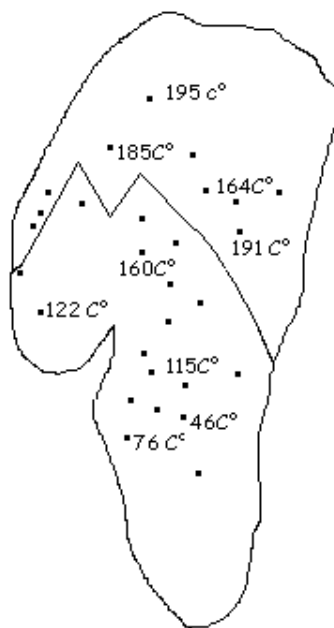
A Mélyszinten található kalcit vizsgálata során az első mintában (1. sz. minta) nem várt eredményeket tapasztaltunk. A kristály c-tengellyel párhuzamos metszetének sematikus rajzán jelöltük (4/a. ábra), hogy hol találhatóak a zárványok, és eszerint a kalcit növekedése során az áramló fluidum hőmérséklete emelkedett, min. 70°C-ról min. 130°C-ig. A másik két Mélyszinti mintában (16, 19 sz. minta) a zárványok egységes hőmérsékleteket mutattak, mivel egyöntetűen 70-90 °C közé estek a homogenizációs eredmények. Ezek a minták a Déli-nagyhasadék középső és legdélebbi pontjáról származtak.

A barlang felső zónájából gyűjtött kalcitok közül az FHB88/1-es mintát vizsgálva, azonnal szembe tűnt, hogy a kalcit 2/3-ánál 2-3 mm vastag hematitos zárványsor található, mely fölött kimondottan tiszta, áttetsző kalcit vált ki, alatta pedig fehér, zárványos kiválás tapasztalható. Ezt a kristályt is a c-tengellyel párhuzamos metszetben vizsgáltuk. A legidősebb kiválású (alsó) részben a kristálynövekedésnek megfelelően egészen a hematitos zárványsorig a hőmérséklet szisztematikus emelkedését tapasztaltuk 46°C-tól 130 °C-ig az elsődleges zárványok esetében. Ebben az alsó részben a másodlagos zárványok homogenizációs hőmérséklete 150-170 °C. Ez az eredmény jól egybeesik a hematitos zárványsor felett található elsődleges zárványok adataival, melyek 150-230°C közé esnek. Megállapítható tehát, hogy az alsó zóna másodlagos zárványai a felső zóna növekedése során keletkeztek. (4/b. ábra).

Az ásványban lévő zárványokat több esetben ellenőrzött körülmények között túlhevítettük, hogy a dekrepitációt megvizsgáljuk, de a zárványok plusz 100°C-os túlhevítése után is 1°C-on belül maradt a homogenizációs hőmérséklet a megismételt mérések során.



4/a



4/b

4. ábra. A megvizsgált kalcit minták sematikus rajza a mért zárványok helyével

4/a. ábra. A Mélyszinti minta sematikus rajza; 4/b ábra. A felső szinten megtalálható kalcit sematikus rajza (a hematitos zárványsort a kalcitba rajzolt fekete vonal ábrázolja)(VI/3. kép)

A barlang felső részéből vizsgált FHB88/2-es minta is ugyanazokat az eredményeket adta mint az FHB88/1-es minta. Az ásványban nem volt határozott hematitos zárványsor, de az ásvány alsó része erősen hematitos. Ebben a mintában a homogenizációs hőmérsékletek alapján két hőmérsékleti tartományt lehet elkülöníteni. A növekedés első szakasza 50°C-tól 90°C-ig terjedt a másik pedig a 140°C-tól 190°C-ig. Ezek egybeesnek a másik kalcitban mért eredményekkel (FHB88/1-es minta). Ebben a mintában is többszöri méréssel és plusz 100°C-ra történt felmelegítéssel ellenőriztük a zárványok esetleges felnyílását, dekrepitációját, de a túlhevített zárványokon megismételt többszöri homogenizációs mérés eredményeinek egymás közötti eltérése nem haladta meg az 1°C-ot (a műszer kalibrációs pontosságát e hőmérsékleti intervallumban).

7.1.2 Hárs-hegyi minták

A Bátori-barlanggal ellentétben A Hárs-hegy felszíni feltárásaiban azonban több helyen találtunk kalcit-teléreket. A legjelentősebbek a Nagy-Hárs-hegy csúcsa mellett megtalált tárot keresztvező kalcit-telér amelyek anyagában részletesebb vizsgálatra alkalmas zárványok voltak, és a Nagy-Hárs-hegy legnagyobb kőfejtőjében megtalálható vetőzóna kalcitja. Az utóbbiban előforduló folyadékzárványok szobahőmérsékleten kétfázisúak voltak és a gáz mennyisége a zárványban megközelítőleg 5-15 tf.%. Ezeknek a zárványoknak a nagysága elérheti a 90-100 μm -t. A homogenizációs hőmérsékletet szintén a C kristálytani tengellyel párhuzamosan készített vékonymetszeteken mértük, a növekedés irányával megegyezően. A kezdeti kiválások során 50°-70°C-os hőmérsékletek adódtak. A növekedéssel párhuzamosan a homogenizációs hőmérséklet is emelkedett 120-230°C-ig. (XIII/1. kép)

Krioszkópos vizsgálatok

A krioszkópos vizsgálatoknál csak a kalcitban megtalálható elsődleges kétfázisú zárványokat vizsgáltunk. Az eutektikus pont meghatározásával a fluidum összetételét tudjuk meghatározni. Jelen esetben a mért eutektikus hőmérséklet (T_m) $-18,5\text{ }^\circ\text{C}$ és $-24,5\text{ }^\circ\text{C}$ között ingadoztak. Ez a mi esetünkben egy NaCl-víz rendszerre utal, melynek az eutektikus pontja $-21,2\text{ }^\circ\text{C}$. (POTTER, 1977)

A zárványfluidum fagyasztásakor keletkező jégfázis olvadási hőmérséklete alapján meghatározható a sóoldat koncentrációja. A Ferenc-hegyi-barlang Mélyszintjén gyűjtött kalcit folyadékzárványainak jégolvadás hőmérsékletei $-0,3\text{ }^\circ\text{C}$ és $-0,1\text{ }^\circ\text{C}$ közöttiek. Ezek az értékek 0,53 -0,17 NaCl ekv. súly% töménységű NaCl oldatnak felel meg. A Ferenc-hegyi-barlang felső szintjén megtalálható kalcitban mért jégfázis olvadási hőmérsékletek $-1\text{ }^\circ\text{C}$ és $-0,7\text{ }^\circ\text{C}$ közöttiek, melyek 1,73-1,22 súly% töménységű NaCl oldatnak felel meg.

A Hárs-hegyi mintákon mért eutektikus pontok $-21,6^\circ\text{C}$ -tól $-20,4^\circ\text{C}$ -ig terjednek, így itt is NaCl-víz rendszerről beszélhetünk. A jégolvadás hőmérsékletei $-0,6^\circ\text{C}$ -tól $-0,8^\circ\text{C}$ -ig terjedtek melyek 1,05-1,39 súly% töménységű NaCl oldatnak felelnek meg. Ezek grafikonon ábrázolva ugyanoda esnek, ahová a Ferenc-hegyi-barlang magasabb hőmérsékletű és magasabb tengerszint feletti magasságban gyűjtött mintáinak az eredménye. Ezekről teljesen elkülönül a Mélyszinten talált minta, azért, mert a Mélyszinti kalcit és a Felső-szint kalcit mintái nem egy generációhoz tartoznak. Míg a Felső-szinti kalcit és a Hárs-hegyi vetőzóna kalcitjai a kiválási sorban a kalcit-1-es kiválás, addig a Mélyszinti kalcitok a kalcit-2 a kiválási sorba tartoznak.

7.1.3 Az eredmények összegzése

A baritkristályok a barlang felső keleti és északi zónájából származtak. A kalcitot a mélyszinten megtalálható Déli-nagyhasadékban, és a felső szinten az Iszaptó-teremben, és a barlang keleti felében gyűjtöttük. A Hárs-hegy területén a nagy kőfejtőből gyűjtöttünk szkalenoédes kalcitot, és a Bátori-barlangból is próbáltunk kalcitot vizsgálni, de utóbbi esetben nem találtunk mérhető zárványokat. A korábbi munkák során többször vizsgálták a barlang felső zónájában megtalálható barit-teléreken (DUBLJANSZKIJ, 1991, GATTER, 1984, MOLNÁR & GATTER, 1994, BENKOVICS, 1999).

A korábbi vizsgálatok kevés mintával dolgozó mintagyűjtése nem tette lehetővé messzemenő következtetések levonását. BENKOVICS, et al. (1999) szerint a baritban megtalálható zárványok homogenizációs hőmérsékletei a zárványok térfogatának utólagos megváltozása miatt nem adhattak megfelelő eredményt. Szerintük a Ferenc-hegyi-barlang baritja nem válhatott ki 60°C-nál magasabb hőmérsékleten. Jelenlegi munkánk során a baritban 90°C-170°C-os homogenizációs hőmérsékleteket mértük megismételhető körülmények között. Ez arra adhat bizonyítékot, hogy a víz hőmérséklete nagy hőmérsékleti tartományok között ingadozhatott a kiválás idején. Szerintünk a felszín felől beáramló hideg víz mennyisége vezérelhette a hasadékokban cirkuláló fluidum hőmérsékletét. Sajnos a zárványok elenyésző mennyiségéből eredő kevés mérés a jelenlegi munkákra vonatkozóan sem engedheti meg, hogy a baritban található zárványok homogenizációs eredményeiből komolyabb következtetéseket levonhassunk. Figyelemre méltó azonban az, hogy MOLNÁR és GATTER (1994) szintén széles intervallumban változó hőmérsékleti értékeket határozott meg a Budai-hegység baritjain, és újabban GÁL és POROS (2008) is arra a következtetésre jutott, hogy a Hárshegyi Homokkő barittelerei széles hőmérsékleti intervallumban (70-230°C) keletkeztek.

A barittal szemben a mélyszintről és az Iszaptó-teremből gyűjtött kalcit vizsgálata jelentős új eredményeket hozott. A Mélyszinten megtalálható kalcitban mért homogenizációs hőmérsékletek egy fokozatosan melegedő fluidum jelenlétére utalnak, mivel az elsődleges zárványokban (VIII/1-6. kép) 60°C-tól egészen 130°C-ig terjedtek a homogenizációs hőmérsékletek. (5. ábra). Ezek a kalcitok a kiválási sorban a kalcit-2 helyet foglalja el.

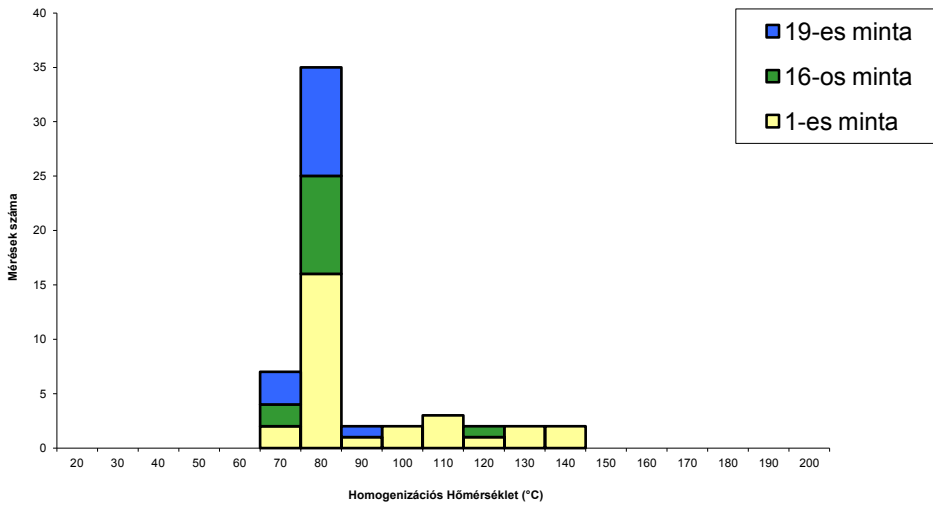
Az Iszaptó-teremnél talált kalcittelér mintái 46°C-tól egészen 130°C-ig emelkedő hőmérsékletet mutatnak, majd a kalcitban egy hematitos zárványsor elválasztja az alsó 2/3-ot a felső 1/3-tól. Ebben a felső 1/3-ban a zárványok homogenizációs hőmérséklete 170°C-190°C. A hárs-hegyi vetőzóna kalcitjainál ugyanezeket az adatokat kaptunk, így feltételeesen ezeket a kiválásokat egy generációhoz soroljuk. Ezeknek a mintáknak a szalinitása jól elkülönül a Mélyszinti kalcitok

zárványaiban mért szalinitástól. Megfigyelhető a fagyasztásos vizsgálatoknál az, hogy a zárványok szalinitása 1,22 súly% töménységű NaCl oldattól 1,77 súly% töménységű NaCl oldatig terjed. A zárványok homogenizációja 160°C körüli vagy efelett volt. (6. ábra) A szkalenoéderes kalcitok mind a Hárs-hegyen, mind a Ferenc-hegyi-barlangban a kiválási sor kalcit-1 kiválásához tartoznak.

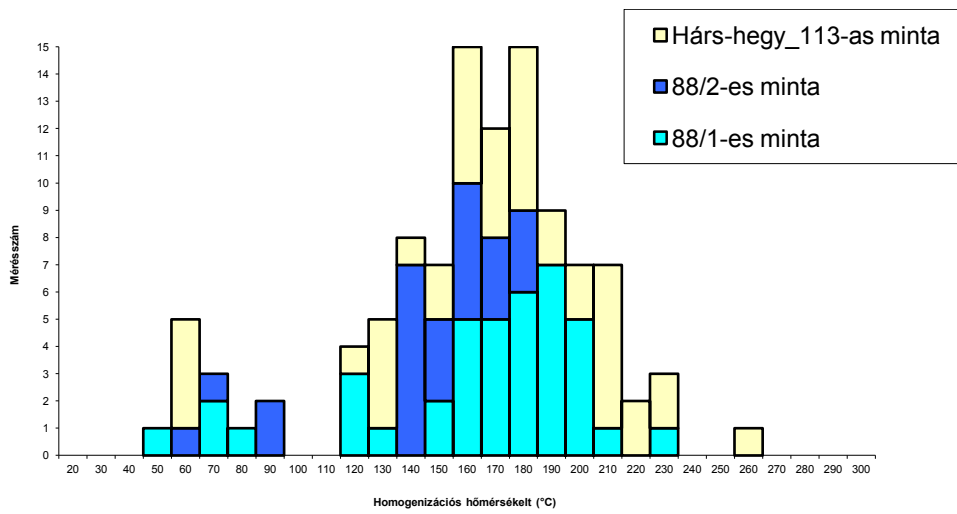
A fluidzárványok fagyasztásos vizsgálatai kimutatták, hogy NaCl-víz rendszerű zárványokkal van dolgunk, és a szalinitásuk két jól elkülönülő csoportra oszlik. Az első csoportba az alacsony homogenizációs hőmérsékletekkel rendelkező Ferenc-hegyi-barlangból származó Mélyszinti minták tartoznak, melyek szalinitása 0,17 súly% töménységű NaCl oldattól 0,53 súly% töménységű NaCl oldatig tart. A 7. ábrán látható az összefüggés a homogenizációs hőmérsékletek alakulása és az oldat szalinitása között. Jól látható, hogy a két generáció elkülönül egymástól.

Tudomásunk szerint a korábbi munkák nem tárták fel az egyes kristályon belüli hőmérséklet eloszlást. Sajnos a barlangok igazán részletes vizsgálata is elmaradt eddig, de ennek elsődleges oka, hogy a Ferenc-hegyi-barlang mélyszintje 2003-ban lett feltárva, ahonnan a vizsgált kalcit kikerült.

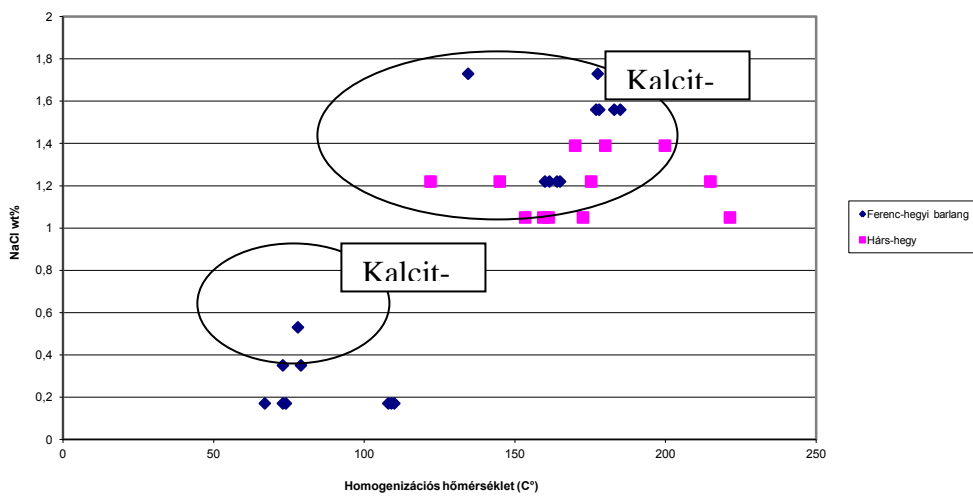
A kalcit folyadékzárványainak vizsgálata alapján egyértelműen leszögezhetjük, hogy a hidrotermás folyamatok változó, egymástól, jelentősen eltérő hőmérsékleti viszonyok között mentek végbe. A kalcitra vonatkozó eredmények alapján egyértelmű hőmérséklet-emelkedés a fluidumok szalinitásának emelkedésével párhuzamosan rávilágít arra a tényre, hogy a hidrotermás rendszer felmelegedését a mélyről időszakosan feltörő nagy sótartalmú oldatok okozhatták. A tapasztalt hőmérsékleti változékonyság okozhatta a baritkristályokban a jelen munkánkban és a korábbi munkákban is rögzített széles intervallumú homogenizációs hőmérsékleti eloszlásokat. A folyamatok feltehetőleg felszín közelében mentek végbe, így alacsony nyomáson. A rendszerben hidrosztatikus nyomással számolhatunk. Ezért a homogenizációs hőmérsékletek lényegében a kiválási hőmérsékleteket tükrözik. Ezért nem kell korrigálni a mért adatokat a nyomáskorrekcióval.



5. ábra. A Ferenc-hegyi-barlang Mélyszintről vizsgált kalcitok homogenizációs eloszlás diagramja



6. ábra. A Ferenc-hegyi-barlang felső szintjéről és a Hárs-hegyi kőfejtő vetőzónájából származó kalcitok homogenizációs eloszlás diagramja



7. ábra Homogenizációs hőmérséklet és a fluidum NaCl ekv súly% viszonyítása egymáshoz

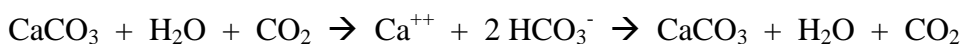
7.2 A területen megtalálható karbonátkiválások, szpeleotémák és alapkőzet minták és a bennük lévő fluidzárványok stabilizotóp geokémiája

Bevezetés

A témánk a budai hegységben megtalálható Ferenc-hegyi-barlang és a Bátor-barlang hidrotermás ásványainak a részletes vizsgálata és a Hárs-hegyen megtalálható vasoxidos, vasoxi-hidroxidos ércnyomok genetikájának meghatározása. Ennek részét képezik az átlátszó ásványokban megtalálható fluidzárványok mikrotermometriai vizsgálata. A barlangban megtalálható kalcitok és a borsókövek részletes vizsgálatának egyik eszköze a stabilizotóp geokémiai mérések. Ezeken kívül az ásványokban megtalálható fluidzárványokban lévő víz stabilizotóp geokémiai vizsgálata is eredményekre vezethet. A Hárs-hegyi Dachsteni Mészköben található breccsák részletes vizsgálata, és a cementfázisok elkülönítése is információval szolgál a területen megtalálható ércesedés jobb megismerése érdekében.

A vizsgálatokkal a barlangban található kalcitok és különféle morfológiájú baritok (MAKLÁRI, 1940) kiválásának a körülményeit szeretnénk rekonstruálni. Emellett a barlangokban egyaránt megtalálható borsókövek keletkezésének körülményeit is tisztáznánk. Másik célunk a breccsákban megtalálható kalcit fázisok elkülönítése volt stabil-izotópos eredmények alapján. Az egyik fő vizsgálati anyagunk a barlangokban lévő átlátszó ásványokban (kalcit, barit) és a cementfázisokban megtalálható folyadékzárványok és a bennük megtalálható víz, melynek mindkét alkotójának a stabilizotópjait részletesen vizsgáljuk. Így mind a δD és a $\delta^{18}O$ értékeit fogjuk vizsgálni.

A mintáinkban a különböző fázisokból származó izotópokat találhatunk, melyet az alábbi folyamatban mutatjuk meg:



Mészkö + csapadékvíz vagy termákvíz+ talajlevegő vagy mélységi gáz melyből oldatba kerülnek az ionok, onnan pedig kiválik újra a kalcit és csepegő víz lesz és barlangi levegő.(FORD, et al nyomán, 1991)

Alapkőzet és cementfázisok vizsgálata

A területünkön kétféle mészkő található meg. Az egyik az eocén Szépvölgyi Mészkő Formáció és a másik a triász Dachsteni Mészkő Formáció. A Ferenc-hegyi-barlang fő járatai a Szépvölgyi mészkőben találhatóak, Ez a mészkő több helyen breccsás, és a barlang harántolja mészkőréteg vastagságát. Ennek a mészkőnek a stabilizotópos adatai a PeeDee Belemnites-hez viszonyítva a $\delta^{18}\text{O}$ értéke és a $\delta^{13}\text{C}$ értéke is ‰ körül várhatóak. A munkánk másik területén a Hárs-hegyen és a Batori-barlangban a Dachsteini Mészkő található meg, melynek szintén vannak breccsás részei. Mindkét mészkő breccsás részeit részletesen kell megvizsgálni, hogy a mátrixnak mennyiben más a stabil izotópos összetétele, mint az alapkőzetnek, illetve a breccsában megtalálható klasztnak. Ezen adatokat többen is vizsgálják a vizsgált ásvány mellett, a változások irányának kimutatás érdekében (FORD, et al, 1991; NADER, et al 2004, SMITH, et al 2004, SMITH, 2006, KATZ, et al 2006).

SMITH és társai a Wyoming-i és Montanai dolomitokat vizsgált, a Madison Formációban. Ennek a munkának a fő iránya a breccsák vizsgálata és osztályozása mellett a stabil izotópos vizsgálatok, melyek során részletesen elemezték a Wind River kanyonból gyűjtött Madison dolomitot, mind az abban lévő $\delta^{18}\text{O}$ értékeit és a $\delta^{13}\text{C}$ értékeit is. A kutatás 170 mintán alapult, és grafikonra feltéve az adatokat jól látszik, hogy nem evaporitos dolomitról van szó, hanem nagyjából tengervíz-összetételű a dolomit, hiszen a $\delta^{18}\text{O}$ értékének az átlaga -0.75‰ és a $\delta^{13}\text{C}$ átlagértéke is $2,44\text{‰}$.

SMITH 2006-os cikkében dolomitokat és mészkőveket vizsgált 3 fúrásból. Ezen belül is nyereg-dolomitot, dolomit mátrixot vizsgáltak. A kapott $\delta^{18}\text{O}$ értékek egyértelműen mutatják, hogy az értékek PDB-hez képest eltolódnak negatív irányba, ez nagyobb kiválási hőmérsékletet jelez, hiszen ha a normál tengeri mészkővek vagy dolomitok keletkezési hőmérsékleténél magasabb hőmérsékleten válik ki, akkor a vízben oldott O izotópok egyensúlyba kerülnek a víz izotóp-arányával, ez mindig eltolódik, hiszen a nehezebb izotóp kevesebb lesz a kiválásban, mert a nagyobb hő biztosítja a folyadék-fázisban a bent maradáást.

A cikk foglalkozik két fúrásban a vizsgált dolomitok folyadék zárványainak izotópos vizsgálatával, melyből kiderül, hogy a zárványból nyert víz eredete kérdéses, mivel a késő-Ordoviciumi tengervizek $\delta^{18}\text{O}$ értéke -6‰ körüliek, de itt egy hőmérsékleti kölcsönhatás okozhatja, hogy a mért $\delta^{18}\text{O}$ értékek 0‰ - $+4\text{‰}$ közöttiek, átlaguk pedig $+2\text{‰}$. Ezekben a dolomitokban végzett mérések erős negatív eltolódást mutatnak a $\delta^{18}\text{O}$ értékeknél, melyek -6‰ - -12‰ közöttiek, ezek az adatok hőmérsékleti hatást feltételeznek.

A fenti példák jól mutatják, hogy ha a $\delta^{18}\text{O}$ értékét és a $\delta^{13}\text{C}$ értékét vesszük alapul és ezeket a PDB-hez viszonyítjuk, ennek eredményeképp a $\delta^{18}\text{O}$ értéke negatív irányba tolódik el, ha hidrotermális hatás érte a rendszert, a $\delta^{13}\text{C}$ értéke pedig a fluidum eredetének a változása esetén tolódik el.

Fontos viszont azt figyelembe venni, hogy ha vizeket és a vizekből kinyert $\delta^{18}\text{O}$ és δD értéket vizsgáljuk, akkor ezeket az adatokat a SMOW-hoz viszonyítjuk ebben az esetben a $\delta^{18}\text{O}$ értéke hidrotermális forrású fluidumok esetén erősen eltolódik a pozitív irányba az úgynevezett csapadékvíz-vonaltól, ebben az esetben a mai tengervíz értékei mindkét izotóp esetén közel 0%. Hidrotermás fluidumok esetén a δD értéke erősen eltolódik negatív irányban. Az alapkőzetben és a cementfázisokban szintén csak a folyadék-zárványvizsgálatokkal lehet alátámasztani és vizsgálni a keletkezésükre kivált ásványok körül meglévő fluidumokat. Célszerű a területre jellemző meteorikus vízből kontroll-mintát venni, és annak a δD és $\delta^{18}\text{O}$ értékét alapul venni, így a csapadék víz-vonalra lehet helyezni a területen megtalálható meteorikus vizeket. Ebből már változási trendet lehet kimutatni, ha a fluidzárványokban mérhető vizeket is felhelyezzük a diagrammra.

Érc-telepekhez kötődő ásványok és fluidumok vizsgálata

Az érc-telephez kötődő fluidumok vizsgálata is a folyadék-zárványokban megtalálható víz részletes elemzésével lehetséges, vagy egyéb kiválások vizsgálatával. Ezek közül megemlíthető az agyagásványok (BAUMGARTNER et al, 2006), a kalcit vizsgálata (KLEIN, et al, 2006), ha megtalálható a területen, de a területre jellemző egyedi ásványok vizsgálatára is látunk példát, helyenként gipszet (SHEPPARD, 1977), Yukonban pedig a smaragdban lévő zárványokat vizsgálták (GROAT, et al, 2002). A telepekre jellemző más indikátor ásványok fluidzárványainak a vizsgálata is eredményes lehet. Ilyen a fluorit részletes vizsgálata (BAATARTSOGT, 2007) és az alunit is (BAUMGARTNER et al, 2006). A gipsz és az alunit stabilizotópos-vizsgálata sokrétű. A gipsz képlete $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ebből jól lehet vizsgálni a szerkezeti víznek az izotópos összetételét, és a szulfácion O és S izotóp-összetételét. Az Alunit, (képlete: $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$) több szempontból is használható, mivel a Kálium a K/Ar kormeghatározás alapja, az OH ionnak az O és H, a szulfát ion S és O izotóp-összetételét vizsgálhatjuk.

Az érc-telepekhez kötődő kvarcokban megtalálható fluidzárványok vizsgálatával később foglalkozunk.

SHEPPARD 1977-es cikkében több cikket felhasználva összesíti érc-telepek szerint, hogy milyen az ottani ásványokban megtalálható folyadék-zárványok stabil-izotópos összetétele. Ebben a review-cikkben jellemzi a vizek stabil-izotópos folyamatait, és az érc-telepeket is részletesen. Leírja SHEPPARD, hogy a jelenlegi óceáni vizek kissé eltérnek a csapadék víz-vonaltól, így a

Földközi-tenger és Japán is eltér. Ebben a cikkben többek között arról is olvashatunk, hogy a Kuroko masszív szulfid telep körül megtalálható hidrotermális érhálózatokban is eltérő az izotópos összetétel és a telepnél megtalálható gipsz stabil-izotópos összetétele is eltér, de az összetételük jellemző és meghatározható a fluidum összetétele, mely szerint a δD értéke -40% és $\delta^{18}O$ értéke $+2\%$ - $+5\%$. Ebből látszik, hogy felszíni víz nem keveredett a rendszerbe, vagy csak kevés, de jól látszik a nagy negatív δD érték. Összességében a rendszerben a fő komponens a tengervíz volt, és ehhez keveredett meteorikus és vagy magmás víz is, ez okozza a δD eltolódását és a $\delta^{18}O$ eltérést is. A Modell alapján a leszivárgó vizek magmás kőzeten keresztül áramlottak keresztül, és közben alulról egy magmás komponens is jelentkezik. Mivel a rendszer tenger alatti kiválás, ezért a tengervíz nagy mennyiségben van jelen a repedésekben és a fluidzárványokban is.

GROAT 2002-es cikkében a Yukon államban megtalálható smaragd-előfordulást vizsgálták, és hasonlították össze szintetikus és egyéb, a világ más részeiről gyűjtött példányokon. Ezen adatok közül az oxigén stabil-izotóp méréseket és a deutérium mérések egy részét GIULIANI 1998-as munkájában végezte, a deutérium mérések további adatait maga a szerző végezte. Az adatokat a SMOW-hoz viszonyították, ezáltal a kapott mérések mind a metamorf eredetű fluidum mezejébe esett a $\delta D/\delta^{18}O$ diagrammon. Ezen a diagrammon a további lelőhelyek adatait is feltüntették.

BAUMGARTNER és társai 2006-os cikkükben egy Perui polimetallikus ércesedést vizsgáltak, ezen belül kaolinit, kvarc, és alunít stabil-izotópos összetételét, és fluid-zárvány vizsgálatokat is végeztek. Kaolinitből O és H, kvarcból O, alunítból O és H izotópokat. Ezeket az ásványokat az érc-telepben elfoglalt helyük is jellemzi. A kvarc és az alunít jelenik meg együtt a pirites-famatinites ércel, míg a kaolinit a Bi- és Ag-gazdag érc mellett jelenik meg. A stabil izotópos eredmények alátámasztják hogy a fluidumok, amiből kiváltak az ásványok, főleg magmás komponenseket tartalmaztak. A δD értékek alapján két populáció jelenik meg, egy alacsony δD és egy magas δD értékű, Míg az alacsony értékű minták a terület széleiről származtak, addig a magas δD értékű minták a terület átmeneti zónájából.

BAATARTSOGT 2007-es cikkében a fluorit vizsgálatával foglalkozik, melyben 10 németországi hidrotermás fluorit-barit telérből származó mintát vizsgál meg. A vizsgálat részét képezi fluid-zárvány vizsgálat, és stabil-izotópos mérések is. A stabil-izotópos mérések a fluoritban megtalálható zárványokból történtek és ezekből δD értéket mértek. A fluid zárványokat melegítve dekrepitálták és ily módon nyerték ki a vizet a zárványból. Az eredmények alapján a magasabb keletkezési hőmérsékletű fluoritoknál alacsonyabb δD értékek mutatkoztak. Ezek a rendszerek hidrotermás rendszerek de anomálishan alacsony δD adatokkal.

Érctelepekhez kötődő ásványok vizsgálata - kvarc

Érctelepekhez a leggyakrabban kvarc társul, mint átlátszó ásvány, így adott, hogy ezekben a kvarcokban vizsgálják a fluid-zárványokat és a bennük lévő fluidumnak a stabil-izotópos összetételét. Fluidzárvány vizsgálatoknál általában 2 vagy polifázisos (3 vagy több fázis) zárványokat használnak, és mindenképpen elsődleges zárványokat mérnek. (SIMON, 2001, GLEESON et al, 1999, NADEN et al, 2003, KLEIN, 2006, ALDERTON et al, 1991, FAURE, 2003, ZACHARIAS, 2002, KOVÁCS-PÁLFFY et al, 2004)

SIMON 2001-es cikkében a kvarcban megtalálható zárványokból mérhető δD értékek nehézségeire hívja fel a figyelmet. Többek között arra, hogy 1 mm-es szemcseméretnél érijük el ugyanazt az eredményt hevítéses zárvány megnyitással, mint ha fizikai törésnek vetnénk alá a mintát. Egyben azt is leírja, hogy a mechanikus felnyílás folyamán nagy a fluidum veszteség, a termikus dekrepitációval ellentétben. Lényegében a fluidzárványok fluidumainak izotópos összetétele nem minden esetben reprezentálja az eredeti fluidum összetételét, ezért figyelembe kell venni a keveredést a szerkezeti vizekkel. Minél nagyobb egy zárvány annál pontosabb eredményt érhetünk el.

GLEESON cikkében a vizsgált fluidumokat a folyadék-zárvány mérések alapján 2 csoportra osztotta. Egy alacsonyabb homogenizációs hőmérsékletű ($80^{\circ}C-150^{\circ}C$) melynek magas a töménysége (20-27 wt.% NaCl equiv.) és egy magasabb homogenizációs hőmérsékletű de hígabb fluidumú zárványcsoportra. Ezeknél élesen eltér a δD értéke. Előbbinél -39‰ - -103‰ míg a második csoportnál -46‰ - -79‰ volt. Ebből látszik, hogy a fluidumnak az izotópos összetételét módosította a párolgás vagy felforrás.

KLEIN és társai 2006-os cikkében egy Brazil arany-ércesedést vizsgált. Itt az arany pirittel, kalkopirittel, karbonáttal jelenik meg grafitpalában, de a fő társásvány a kvarc. A kvarcban vizsgálták a fluid-zárványokat melyek igen kicsik ($<10 \mu m$). Az ércesedésben 2 zónát különítettek el (175 m és 206 m). Egy alacsony és egy magasabban megtalálható zónát. Ezeknél a fluidzárványok tekintetében is különbséget lehetett tenni. Vizsgáltak egy (G) illetve kétfázisú (V+G) zárványokat.

A stabil-izotópos vizsgálaton az alapkőzet grafitját, a piritet a kvarcot és a karbonátot használták fel. Az alapkőzet $\delta^{13}C$ értéke $-23,5\text{‰}$ – $-23,6\text{‰}$ mindkét szinten. Ettől a felső zónában található ankerit és a kalcit $\delta^{13}C$ értéke eltér $-14,2\text{‰}$ – $-14,3\text{‰}$ a $\delta^{18}O$ értéke $+17,5\text{‰}$ – $+19,2\text{‰}$. Az alsó zónában dolomit és kalcit $\delta^{13}C$ értéke -15‰ – $-15,7\text{‰}$, míg a $\delta^{18}O$ értéke $+12,3\text{‰}$ – $+13,8\text{‰}$ terjed. A $\delta^{13}C$ értékét PDB-hez az O és H értékeit SMOW-hoz viszonyították. Ezekből az adatokból látszik, hogy a fluidum egy magmás és metamorf komponensű fluidum volt, amiből ezek az ásványok kiváltak.

NADEN és társai alacsony szulfidizációs fokú aranyércesedést vizsgáltak 2003-as cikkükben az Égei-tengeren megtalálható Milos szigeten. A területen kvarcok $\delta^{18}\text{O}$ és a fluidzárványokban megtalálható δD és $\delta^{18}\text{O}$ értékeit vizsgálták.

A területen megtalálható ásványokat a tengerszint-feletti magasságuk alapján vizsgálták, Minél alacsonyabb a tszf magasság, annál kisebb a δD érték eltolódása negatív irányba. 430 méteres magasságban van a határvonal, alatta klasszikus hidrotermás folyamatokból váltak ki az ásványok, míg 430 m fölött felforrás eredményeképp váltak ki az ásványok. A felsőbb részeken keveredés mutatható ki, és átlagos izotóp arány mutatható ki. Az adatok erősen eltolódtak a magmás izotóp-arány felé, de nem esnek bele a magmás fluidum mezejébe, az adatokból jól látszik a keveredés, és a magmás komponens felhígulása tengervízzel.

KOVÁCS és társai a Mórágyi gránitban megtalálható hidrotermás ásványasszociációt vizsgálták. A munka nagyrészt az ásványparagenezisek részletes vizsgálatra koncentrált, és eközben a repedéskitöltésekben megtalálható karbonátokon végeztek fluidzárvány vizsgálatokat, és stabil-izotópos vizsgálatokat. A mintákból $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékeket mértek. Az adatok alapján (74 minta) nem lehet korrelációt vonni az oxigén és a szén izotópos arányok között. Az eredmények alapján a karbonátok több generációs kiválások, melyek egymástól független hidrotermás oldatokból váltak ki.

A barlangi kiválások vizsgálata – szpeleotémák

A barlangok kiválásai közül - többek között - a fentről beszivárgó vizekből kiváló ásványokat is ide soroljuk, tehát a függő és az álló cseppkővet, cseppkő-oszlopokat, és minden csepegő vizekhez kötődő kiválást. Ezeknek a stabil-izotópos vizsgálata paleoklimatológiai rekonstrukcióra ad lehetőséget, ha pontos kormeghatározás is társul hozzá. Ezeknek a karbonátoknak az izotópos összetételében a $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékeket mérik. (DENNIS et al, 2001, NORDHOFF, 2005)

A Ferenc-hegyi-barlangban és a Hárs-hegyen végzendő munkákhoz tervezett vizsgálatok.

A területen megtalálható nagy számú és változatos karbonát-kiválás vizsgálata a fő célunk. A barlangokban és a Hárs-hegyen is jelentős területen található meg jelentős breccsásodás. Ezeknek a cementje pátos kalcit és a klasztok pedig a kőzet darabjai.

KATZ és társai 2006-os cikkében vizsgál breccsákat részletesen, a cement-fázisokban és a klasztokban szelvény mentén mérik az izotóp-arányt. A cikkből jól látható, hogy a cement-fázisnak a $\delta^{18}\text{O}$ értéke jóval eltér a klasztokban mért értékkel, negatív irányba a PDB-hez képest. Itt vizsgálják a $\delta^{13}\text{C}$ értékeit is, mely szintén kisebb értéket vesz fel, a cement-fázisban. Ezek alapján

elmondható, hogy a cement itt egy hidrotermás cement, és kevert fluidum volt magmás és meteorikus komponenssel. A klasztkban mért $\delta^{18}\text{O}$ érték negatív eltérést mutat a PDB-hez képest. Ez azt jelezheti hogy izotóp-cserélődés kezdődött az alapkőzet és a hidrotermás fluidum között. Kijelenthetjük, hogy az alapkőzet is átalakult részben. Az erős $\delta^{18}\text{O}$ eltolódás minden mintában megfigyelhető, -27‰ és -15‰ közötti értékek adódnak. Viszont a $\delta^{13}\text{C}$ érték 0‰ körüli, és csak a Wind River Boysen reservoir-ból származó mintákban nagy a pozitív eltolódás. Ez az eltolódás a szénhidrogének jelenléte miatt lehetséges. Több mintánál a késői kalcit kiválásnál nagy pozitív eltolódás mutatkozik a $\delta^{13}\text{C}$ izotóp értékénél, ez lehet párolgás eredménye is.

FORD és TAKÁCSNÉ 1991-es cikkében a Budai-hegységben megtalálható Pál-völgyi-Mátyás-hegyi-barlangban megtalálható kalcit-lemezeknek és szkalenoédes kalcit-kiválásoknak az izotópos vizsgálatával foglalkozott. Ezen kívül a Ferenc-hegyi-barlangból borsóköveket is vizsgáltak. A mintákat U/Th módszerrel korolták így kor alapján lehet geológiai eseményhez kötni a hidrotermás ásványok kiválását. Sajnos a legtöbb kormeghatározás csak annyi információval szolgált hogy idősebbek a minták mint 350 000 év, kivéve a Ferenc-hegyi-barlangból származó borsókövet. A mintákban $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékeket mértek. Vizsgáltak alapkőzet mintákat, borsóköveket, vízszintjelző kalcitlemezeket, geóda és oszlopos kalcitokat. Alapkőzet minták eredményéből kitűnik, hogy kis hidrotermás átalakuláson átesett a kőzet mivel -5‰ és -10‰ közötti a mért $\delta^{18}\text{O}$ érték, míg a $\delta^{13}\text{C}$ érték 0‰ körül mozog. Korábbi hivatkozott munkákban, Észak-Amerikai barlangokból származó kalcitok alapján egy „hidrotermális kalcit mezőt” határoztak meg, melybe a budai kalcitok nem esnek bele, mivel a $\delta^{13}\text{C}$ értékük jelentősen eltér, 0‰ és +5‰ között mozog. Érdekeség, hogy a Ferenc-hegyi-barlangból mért borsókövek adatai nagy pozitív eltérést mutatnak a $\delta^{13}\text{C}$ izotóp arányában ezt a szerzők párolgásnak tulajdonítják és evaporatív kiválásnak tekintik a borsóköveket. A Pál-völgyi-barlangból származó borsókövek és kalcitlemezek nem mutatnak jelentős eltérést a $\delta^{13}\text{C}$ arányban csak a $\delta^{18}\text{O}$ érték tolódik el negatív irányba az alapkőzethez képest. Ezért ezek valószínűleg víz alatti kiválások. Igazából a kalcit geódák szisztematikus mintázása adott eredményt, ami egy fokozatosan záródó rendszert tükröz. Ilyen vizsgálatokat, amely egy kalcit kristályon belüli változást követ nyomon a szakdolgozatomban is végrehajtottam.

7.2.1 Stabilizotópos vizsgálatok

$\delta^{18}\text{O}$ és $\delta^{13}\text{C}$ mérések

A mintáink a Ferenc-hegyi-barlangból, a Hárs-hegyről és a Bátor-barlangból származnak. Ezek a minták teléres kalcit minták, alapkőzet minták és a barlangokban megtalálható borsókő-kiválások. Az X. mellékletben láthatóak a mért eredmények. A mintákat legtöbbször a növekedés irányának megfelelően vizsgáltuk. A szkaloóderes kalcitoknál ez a kristálytani „C” tengely iránya volt, míg a borsókőveknél az alapkőzettől egészen a kiválás csúcsáig. Az összes mintából fúró segítségével vettünk mintát, ami 0,3 mg por volt. A minták $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékeit vizsgáltuk. A XI. melléklet tartalmazza az eredmények értelmezését.

Hárs-hegyi minták

A mintákat a Hárs-hegy déli oldalán megtalálható felhagyott kőfejtőben található vető breccsából és a bánya Ny-i oldalán található baritos breccsából gyűjtöttük. Mindkét minta triász, eocén mészkő és oligocén Hárshegyi homokkő kontaktusán található meg. (HH108 és HH113) (I. melléklet)

Az első minta, sárga szkaloóderes kalcit (HH113), melyből fluidzárvány vizsgálatokat is végeztünk. Ebből a kristálynövekedés szakaszainak megfelelően 3 mintát vettünk fúrással, és ezeket vizsgáltuk meg.

A másik minta egy mészkő breccsa (HH108), mely kalcittal cementált, és helyenként lemezes barit is települt a cementbe. Itt két mintavétel történt. Egy az alapkőzetből egy másik pedig a kalcit cementből.

A kalcit-szkaloóderéből vett mintának a $\delta^{13}\text{C}$ eredménye alapján elmondható, hogy kiválást egyre jobban befolyásolta a fentről leszivárgó vizek hatása, de még mindig a várt érték felett marad jóval ez az érték, hiszen az elvárt érték -8 és -12‰. A $\delta^{18}\text{O}$ érték alapján pedig egyre melegebb fluidumról beszélhetünk. A hidrotermás hatás erősödni látszik az eredmények alapján. Ezt a fluidzárvány-vizsgálatok is alátámasztják.

Bátor-barlangi minták

A Bátori-barlang befoglaló kőzete triász korú Dachsteini mészkő, melynek a fedőjében Hárshegyi homokkő található meg. A barlang több pontján Fe-oxidos érc található meg, melynek üregeiben több helyen kalcit-kiválások találhatóak meg.

A barlangból vett két ércből preparált minta (BB105, BB119) $\delta^{18}\text{O}$ értéke átlagos a többi mintához képest, de a $\delta^{13}\text{C}$ érték kicsit magasabb, 3,2-3,3‰. Ezen jól látszik, hogy a kialakulásában a meteorikus vizek nem játszottak szerepet. Ha feltételezzük hogy az Fe-oxiddal szingenetikus ez a kalcitkiválás, akkor a hidrotermás hatást bizonyítja, és a meteorikus vizek közvetlen befolyása a kiválásra csekély, elhanyagolható.

A BB111-es mintának az eredményei alapján egy kevésbé meleg fluidumból vált ki és itt már a meteorikus vizek is kicsit jobban befolyásolták a kiválást, de a $\delta^{13}\text{C}$ érték még mindig jóval alatta marad a meteorikus vizek várható értékének.

A BB120-as minta morfológiájában is eltér a BB105 és BB119-es mintáktól. Ezen a mintán inkább felismerhetőek egy borsókő morfológiája. Ez tükröződik a stabilizotópos vizsgálatokból is. A $\delta^{13}\text{C}$ értéke nem kipárolgást mutat, hanem víz alatti kiválást feltételez, de a többi mintához képest alacsonyabb a $\delta^{13}\text{C}$, ez kicsivel nagyobb meteorikus víz hatást feltételez. A $\delta^{18}\text{O}$ értéke pedig még mindig egy erős hidrotermás hatást feltételez.

BB122-es mintánál egy érc-breccsa kötőanyagát vizsgáltuk, mely a barlangból származó alapkőzet mintán található. Itt a kalcit-cement eredményein látszik, hogy a hidrotermás hatás még érvényesül, de a $\delta^{13}\text{C}$ értéke alapján már meteorikus vizek is szerepet játszottak kis mértékben.

A Bátori-barlang legalsó szintjén begyűjtött Dachsteini Mészkő alapkőzet és breccsa volt a BB110-es minta melyből négy mérés készült. Két mérés az alapkőzetből, egy mérés egy teléres kalcitból és végül a negyedik mérés a kőzet felszínén megtalálható borsókőről. Utóbbi kialakulásában nem játszott szerepet a felszíni víz, és erős a hidrotermás hatás is. A kalcit-ér értékei majdnem megegyeznek a BB122-es minta kalcit-cement eredményeivel. A két alapkőzet minta $\delta^{13}\text{C}$ értéke közelíti a V-PDB sztenderd értékeit, de a $\delta^{18}\text{O}$ értéke egyértelműen hidrotermás hatást mutat.

Ferenc-hegyi-barlang

A Ferenc-hegyi-barlang eocén korú Szépvölgyi Mészkőben található, de a felső járatok elérik helyenként a Budai márga formációt is. A barlang alsó szinte feltárja a Szépvölgyi mészkő

alapkonglomerátumát kb. 15 méter vastagságban. A barlangból alapkőzet mintát és szkaloéderes kalcitot vizsgálatunk morfológiailag három csoport szerint. Emellett két borsókő mintát is gyűjtöttünk a barlang felső- illetve Mélyszintjéről.

A Mélyszintről gyűjtött kalcit (FHB64) eredményein látszik hogy a kalcit növekedésével alig változott a fluidum amiből kivált, és erős hidrotermás hatás érvényesült.

Az FHB88-as minta érdekesebb, mivel a tövétől a második mintáig nő a hidrotermás hatás és emellett a meteorikus vizek hatása is növekszik kis mértékben. A mintában egy hematitos zárványsor található, mely felett a minta hidrotermás hatása kevésbé érvényesül, de innentől folyamatosan növekszik. Az utolsó vett minta egy újabb kalcit kiválás egy barit kiválás után, itt látszik a legjobban a hidrotermás hatás, és ennek az értéke hasonlít a legjobban az FHB64-es minta eredményeihez. Az eredmények alapján ezeket lehet egy generációhoz sorolni (kalcit-2). Az alsó szkaloéderes kalcit ezek szerint a legkorábbi kiválás (kalcit-1) ami a Mélyszinten nem található meg!

Az FHB24-es minta egy szimmetrikus kalcit telér, melyből az első és a harmadik mérés nagyjából egyidőben kellett kiválnia, de ezt a mért eredmények nem támasztják alá. A harmadik mérés eredményei hasonlítanak a legjobban az FHB64-es mintához. Ez a jelen mintában egy átlátszó víztiszta rész. A többi részből mért eredmények a meteorikus vizek csekély szerepét és a hidrotermás hatás jelentőségét tükrözik.

A harmadik morfológiai típus leginkább a BB111-es mintához hasonlít, de a mért eredmények nem egyeznek meg. Az FHB92-es mintánál a $\delta^{18}\text{O}$ értéke erős hidrotermás hatást mutat, míg a $\delta^{13}\text{C}$ értéke zárt cellára utal, vagyis a felső meteorikus vizek nem befolyásolhatták a kiválást.

Az FHB132 és FHB133-as mintákat a borsókővek vizsgálata miatt gyűjtöttük. Az FHB132-es mintában egy breccsa-zóna is a mintához került, így itt az alapkőzetet és a kalcit-cementet is vizsgáltuk. Itt a breccsa-kalcit értékei a HH113-as vető-breccsa cementanyagáéval volt azonos. Az eocén mészkő $\delta^{13}\text{C}$ értéke közel jó a V-PDB-hez képest, de a $\delta^{18}\text{O}$ értéke jól mutatja a hidrotermás hatást. A mintában még két borsókő-réteget is vizsgáltunk. Az elsőt és az utolsót. Itt nagyon jól látszik, hogy egyre jobban a meteorikus vizek befolyásolják a kiválást, és a hidrotermás hatás is nagyon csekély a többi mintához képest.

Az FHB133-es mintában szintén két borsókő-réteget vizsgáltunk, de itt jól látszik a $\delta^{18}\text{O}$ értéken, hogy a hidrotermás hatás erősen befolyásolja a képződést, és a $\delta^{13}\text{C}$ értéke mutatja, hogy kipárolgásról lehet szó.

Az adatok értékelése korábbi vizsgálatok tükrében

A Korábbi vizsgálatok (NÁDOR, 1991, FORD et al, 1991) már kimutatták, hogy a Budai-hegységben az eredmények alapján volt zárt cellájú konvektív áramlás által létrehozott kiválás, és nyílt cellájú, a meteorikus vizek befolyásolta kiválás is.

A mintáink nagyjából egybe esnek a korábbi mérésekkel, de a $\delta^{13}\text{C}$ értékeinek az átlaga kicsit magasabb, mint a korábbi eredmények! Az adataink jobban szórnak, mint a korábbi mérések, de ez betudható, hogy nem egy területről gyűjtöttük a mintákat. A mintáinkból, jól eltér a két hideg vizes borsókő-kiválás, és észrevehető a párolgási trend is. Az alapkőzet-minták belevegyülnek a kiválásokba, ez azért lehet, mert az alapkőzet eredményeit is megváltoztatta a hosszú ideig fennálló kőzet-fluidum kölcsönhatás. A kiválások értékein jól látszik, hogy zárt cellájú és erősen felfűtött fluidumból váltak ki.

Alapvetően a mérési eredményeinket három csoportba sorolhatjuk. Az első az a mező, ahová az összes hidrotermás kalcit került. Ez a mező FORD et al (1991) és NÁDOR munkáiban (1991) is megtalálható. FORD et al (1991) munkájában a Ferenc-hegyi-barlangból vizsgált borsókövet, ezt Ők az izotóparányok miatt evaporitos kiválásnak, vagyis a víztér felett kivált képződménynek tartják. Ezt az eredményt sikerült nekünk is rekonstruálni, a Ferenc-hegyi-barlang felső részéről gyűjtött borsókövekből. Ez a mi mérési sorozatunkban a második csoport, az evaporatív kiválások. A harmadik csoport pedig a Ferenc-hegyi-barlang Mélysíntjéről gyűjtött borsókő, mely a hideg vizekből vált ki. (LEÉL-ÖSSY, 1995) A mintáink között több alapkőzet-minta is volt. Mindegyik mintának a stabil-izotópos összetételén látható a hidrotermás átalakulás. A fluidum-kőzet kölcsönhatás a kőzet stabil izotópos összetételét is megváltoztatta.

8. Az eredmények értékelése

8.1 A Ferenc-hegyi-barlang és a Bástori-barlang ásványtani és földtani jellemzőinek összehasonlítása

8.1.1 A barlangok ásványtana

Korábbi megfigyelések a barlangokban és a Budai-hegységben megtalálható ásványokat kiválás szerint időrendi sorrendbe rakták. Ezeket a korábbi munkákban megtalálható kiválási sorokat az 5. táblázat mutatja, mely táblázatban feltüntettük az általunk meghatározott kiválási sorrendet és ennek viszonyát a korábbi megállapításokhoz.

A Budai-hegységben megtalálható hidrotermás ásványok relatív kiválási sorrendje		
SCHAFARZIK (1921) kiválási sorrendje PELIKÁN és NAGY (1973) adataival kiegészítve	NÁDOR (1991) kiválási sorrendje	A jelenlegi munkában meghatározott kiválási sorrend
kvarc-1	?	? nem találtunk
	kalcit-1	kalcit-1 ; nagy szkaloéderes kalcit, de a kalcitban sok helyen hematitos zárványsorok találhatóak meg.
pirit	pirit	? nem találtunk egyértelmű nyomokat
barit-1	barit-1	barit-1 ; wolnyn típusú barit közvetlenül a kalcit-1-en
fluorit	?	? nem találtunk
kvarc-2	kovásodás	kvarcot nem találtunk a kovásodást nem ebbe a fázisba rakjuk
dolomit	?	? nem találtunk
kalcit-1	kalcit-2	kalcit-2 ; a wolnyn típusú baritra települt rosszul fejlett kristályok
cinnabarit-metacinnabarit	cinnabarit-metacinnabarit	? megvannak de nem ide soroljuk őket
barit-2	barit-2	barit-2 ; táblás Antimonit-b típus
kacit-2	kalcit-3	kvarc-1 , barit-3-mal együtt kivált földes anyag
	Limonit	barit-3 ; tömeges barit amiben a cinnabarit is megtalálható
kalcit-3	<i>Pannon-pleisztocén barlangképződéssel kapcsolatos kiválások</i>	cinnabarit-metacinnabarit
Aragonit		kovásodás
travertinó		limonit-1
		Antimonit, antimon-oxid
		monacit
		kalcit-3 ; a limonit üregeibe kivált kalcit
		barit-4 ; már a barlangképződés után, és a limonit üregeibe kivált barit táblák
		Mn-oxid-1 ; közvetlenül a borsókó alatti kiválás
		kalcit-4 ; borsókó-kiválások
		Aragonit ; borsókó-kiválások
		gipsz-1 ; József-hegyi- és Sátorkőpusztai-barlangban
		kalcit-5 ; cseppkövek
		Hidromagnezit-1 ; huzat útjában kivált ásványok

5. táblázat: A budai hegység gyakori ásványaira meghatározott kiválási sorrendek a korábbi és a jelenlegi munka alapján; szaggatott vonal alatt a nyílt termálkaszti fázis kiválásai.

A Ferenc-hegyi és a Bátor-barlang több pontján a kiválási sorrend jól megfigyelhető. Ezek alapján a NÁDOR (1991) által meghatározott kalcit-1 kiválás a sárgás szkalenoéderezes kalcit, mely a Ferenc-hegyi-barlangban sok helyen jelenik meg. Csak az elhelyezkedés alapján a Ferenc-hegyi-barlang Mélyszinti és a Felső-szinti kalcitkiválásait is ebbe a generációba sorolhatjuk, de a stabilizotópos vizsgálatok és a mikrotermometriai mérések bizonyították, ezek mégsem egy generációhoz tartoznak. Míg a Felső-részben vizsgált kalcitok (FHB88-as minta) kiválásai viszonylag nagy, 50-120°C, és 130-230°C hőmérsékletűek, addig a Mélyszinti kalcit kiválási hőmérséklete csupán 50°C-90°C

A stabilizotópos vizsgálatok kimutatták, hogy a Mélyszinti kalcit-1 és a barit-1-es kiválás utáni kalcit-2-es kiválások eredményei egybevágnak. A $\delta^{13}\text{C}$ és a $\delta^{18}\text{O}$ értékek azt mutatják, hogy a kiválások során $\delta^{18}\text{O}$ értéke eltolódik negatív irányba, mely azt jelenti, hogy a területen hidrotermás fluidum volt jelen. A $\delta^{13}\text{C}$ értékek alapján – ami kezd a negatív irányba eltolódni – látszik, hogy a barlangokban a kiválások idején már a meteorikus vizek is lejutottak és befolyásolták a kiválások stabilizotópos összetételét. Ezt a homogenizációs hőmérsékletek viszonylag alacsony értékei is igazolják. A kalcit-1-es minta stabilizotópos összetétele alapján szintén elmondhatjuk, hogy az arányokat a hidrotermás fluidum jelentősen befolyásolta. E kérdést korábban GATTER (1984) és DUBLJANSZKIJ (1991) is vizsgálta, de e szerzők eltérő hőmérsékleteket kaptak. Ezt NÁDOR (1991) azzal magyarázta, hogy az alacsony homogenizációs hőmérsékletek már a lecsengő ágában voltak a hidrotermás hatásnak. Ezzel szemben a mostani kutatások egyértelműen kimutatták, hogy melegedő fluidumból vált ki mind a kalcit-1 és a kalcit-2 is. A mérések azt is kimutatták, hogy a fluidum hőmérséklete fluktuált 40°C-ról 200°C-ra majd elkezdődött a barit-1 kiválása, és a barit-1 után a kalcit-2 kiválás 60°C-ról 130°C-ra emelkedett, majd újra barit kiválás következett (a barit-2 kiválása).

A barit-1-es kiválást a Ferenc-hegyi-barlangban több helyen megtaláltuk. Több helyen ezzel indul a kiválási sor. Ezek a baritok wolnyn típusúak (MAKLÁRI, 1940), és sok helyen jól láthatóak az ezeket tartalmazó telérkitöltés hátsó részén a kalcit-szkalenoédereknek (a kalcit-1-nek) a lenyomata, melyek a barlangképződésekor oldódtak vissza. A felette elhelyezkedő kalcit-2 stabilizotópos adatai nem bizonyítják a meteorikus vizek befolyásoló hatását, így a barit-1-es kiválások és feltehetőleg a barit-2-es táblás antimonit-b típusú baritok is még a zárt cellás hidrotermás szakaszban váltak ki. (KOVÁCS, et al., 1981)

A zárt konvekciós cellákban áramló fluidumok hőmérséklete a zárvány-vizsgálatok alapján széles intervallumban változott, hiszen a kalcit-1 talpánál a méréseink alapján 50°C-os fluidumból vált ki a kalcit. Ennek a kalcitnak a csúcsán elérte a 200°C-ot. A barit-1 mintákban 130°C-210°C-ig terjedt a kiválási hőmérséklet (MOLNÁR és GATTER, 1994; GÁL és POROS, 2008,) majd a kalcit-2 kiválás kezdetén 65°C-ról a 130°C-ra melegedett a fluidum

A barit-2 (antimonit-b típusú barit) is lehet a kiválási sor induló tagja, de ezeknél a barit kiválásoknál is sokszor látható, hogy a kalcit-1, vagy kalcit-2 oldódott ki a barit alól. A barit-2 után közvetlenül a barit-3 települ, mely finom homok-szerű tömeges anyag, melyek mellett többször kvarc is megjelenik, ami röntgen pordiffrakciós vizsgálatokkal mutattunk ki. A minta nagyon hasonlít a kovás telérek anyagához, így azok képződésével hozzuk kapcsolatba e késői barit fázist. E barit üregeit tölti ki a cinnabarit és a metacinnabarit. A barlangokban megtalálható kovás telérek kézzel morzsolhatóak és nagyon porózusak. A pórusokban nincs semmilyen kiválás, ezért gondoljuk úgy, hogy a kovásodás más időszakban képződött, mint ahogy azt NÁDOR (1991) feltételezte.

A kovásodással jellemzett folyamatok során megindult a piritesedés (ma már csak a pirit utáni limonit pszeudomorfózák azonosíthatók). A pirittel együtt antimonit, vált ki, és a Hárs-hegyen galenit is. Feltételesem ide soroljuk a Budai-hegységben megfigyelt monacit kiválást is melyet a Ferenc-hegyi-barlangban megtalált limonit-erek üregeiben is fennőtt kristályok formájában azonosítottunk, de lehet, hogy a homokkőből mosódott be, mivel ilyen alacsony hőmérsékleten nem képződik a monacit. A szulfidok mellett már csak a kalcit-3 található meg, amely szintén a limonitosodott pirittömegek üregeibe vált ki. (XIII/3, 5-6. kép) E kalcittípus a stabil-izotópos vizsgálata hidrotermás hatást bizonyított. Alakjuk felveszi a kitöltött üreg alakját, és átlátszóak, sárgásak.

A kiválási sorban a zárt cellás kora-miocén kiválásoknak (BENKOVICS, 1999, KOVÁCS et al, 1981) a kalcit-3 a záró tagja. A következő eseménysort a barlangok kialakulása, és az akkori karsztvízszint süllyedése, vagyis a Budai-hegység kiemelkedése jellemzi. Ekkor az első kiválás, ami már a barlang falára illetve a kipreparálódott barit-telérek hátsó részére rakódott le a barit-4, ami apró pár mm-es fehéres, néha áttetsző barit. (XIII/3-6. kép) A morfológia alapján NÁDOR (1991) barit-1-es kiválásával párhuzamosíthatóak ezek a kiválások. Viszont az biztos, hogy a kovás telérek középső zónájában nem ezek a baritok találhatóak meg. A második kiválás a már meglévő barlangokban a mangán-oxid, ami a Ferenc-hegyi-barlangban gyakran előfordul. Kinézetre a borsókőhöz hasonlít, maximum 1-2 cm-es nagyságot ér el. Ezt a kiválást NÁDOR (1991) vas-oxidos kiválásnak határozza meg, de a fénykép alapján egyértelműen azonosítható a jelenlegi munka során elvégzett mikroszondás vizsgálataink alapján romanechitnek vagy hollanditnak meghatározott Mn-Ba-oxiddal. Ezek után, de talán, egymás mellett már elkezdett kiválni a borsókő is a mangán-oxid mellett. A borsókő-kiválásokban nem vizsgáltunk fluid-zárványokat, de stabilizotópos összetételük alapján egyértelmű, hogy hidrotermás hatásra képződtek. A borsókővek $\delta^{13}\text{C}$ értékei megmutatták, hogy egy részük evaporitos kiválásnak is tekinthető, vagyis víztér feletti párából a hideg falakra csapódott ki az anyagukat alkotó kalcium-karbonát. A borsókővek másik csoportjánál a $\delta^{18}\text{O}$ értékei is jóval alacsonyabbak, így a hidrotermás hatás kevésbé érvényesül, a $\delta^{13}\text{C}$ értékei pedig

erősen negatív, ami a meteorikus vizek befolyásoló tényezőjét mutatja. Ezek az úgynevezett üveggömb-borsókövek (LEÉL-ÖSSY, 1995), melyek a leszivárgó hideg vizekből váltak ki. Ezekkel együtt több helyen aragonit is képződött egyes budai-hegységi barlangban, de ez a Ferenc-hegyi-barlangra nem jellemző.

A barlangok kialakulása során a meglévő járatokat több szakaszban újra elöntötte a víz, és ez jól megfigyelhető a visszaoldott képződményeken. A korábbi kiválási sorban megtalálható dolomitot csak a Sátorkőpusztai-barlangban találtuk meg, mely egyszerre vált ki gipsszel, tehát primer dolomitról van szó. A gipszet több budai barlangban is megtalálhatjuk. Nagy tömegben a József-hegyi-barlangban és a Mátyás-hegyi-barlangban találkozunk vele, de a Bátori-, és a Ferenc-hegyi-barlangban nem ismert a gipsz előfordulása.

A Bátori és a Ferenc-hegyi barlangokban ritkán találkozhatunk cseppkövekkel, de a Pálvölgyi- és a József-hegyi-barlangban több szakaszban is szokatlanul sok a cseppkő. Ez a mi kiválási sorunkban a kalcit-5. A Ferenc-hegyi-barlangban legutolsó kiválásként megjelenik a hidromagnezit, mely a mélyből feláramló levegőből, a hidegebb falakra lecsapódó páracseppekből vált ki, Barlangi megfigyeléseinkkel ellentmond a LEÉL-ÖSSY 1995-ös és TAKÁCSNÉ 1992-es munkájában megjelent állítás mely szerint a hidromagnezit tipikusan hévizes kiválás. Természetesen, az lehet, hogy a jelenleg megfigyelt ásványkiválások, melegebb párából váltak ki, és akkor helytálló lehet a hévizes hatás. Feltehetőleg ezek a hidromagnezit-csoportok még jelenleg is fejlődnek. Ezt a kérdést a későbbiekben huzat- és részletes klímaméréssel kívánjuk vizsgálni.

8.1.2 A barlangok földtani jellegek összehasonlítása

A Bátor-barlang nagy része a zátony-jellegű triász korú Dachsteini Mészköben alakult ki. A barlang irányai egyáltalán nem követik a mészkő rétegdőlését, csak a később kialakult törések határozzák meg a barlangi járatok kialakulását. A Hárshegyi Homokkőben csupán a barlang legfelső része alakult ki. Ez utóbbi sajátosság a Budai-hegységben és környezetében előforduló barlangokra nem általánosítható. Így például a Pilisben megtalálható Papp Ferenc-barlang és a Szabó József-barlang jelentős része alakult ki a Hárshegyi Homokkőben. E barlangokban a homokkőben húzódó járatok hossza elérheti a barlang teljes hosszának a felét, bár a homokkőben húzódó járatok omladékban található és feltételezhető, hogy csupán az alattuk húzódó járatok omlása miatt alakultak ki.

A Bátor-barlangban több helyen limonitos homokkő-tömbök ékelődtek be a barlang járataiba, de a barlang főtéjében nem limonitos a homokkő. A barlang nem tár fel Szépvölgyi Mészkövet, mely formáció azonban a Hárs-hegyen több helyen megtalálható (II. melléklet). Ezzel szemben a Ferenc-hegyi-barlang nagyobb része Szépvölgyi Mészköben keletkezett, és a felső része a barlangnak felnyúlik a Budai Márka Formációba. A 2003-ban feltárt Mélyszinten megtalálható Csontváz-teremben 50 méter hosszú járat húzódik a Szépvölgyi Mészkö alapkonglomerátumában. Ezek a járatok is inkább tektonikusak, mint kioldódott járatok. A barlang jelenlegi járatai nem érik el a Földolomitot, mely a Ferenc-hegy fő tömegét alkotja. A barlang térképén jól látszik a tektonika fő szerepe a barlangjáratok irányának elrendeződésében. A barlangot csak vertikálisan lehet morfológiai szakaszokra osztani. A felső részben főleg a nagy és szabályos gömbfülkék a jellemzőek, míg lefelé haladva a dús borsókó kiválások jellemzik a magas hasadék-járatokat. A Mélyszinten nagyon kevés a kiválás, de a tektonikusan preformált járatok falában gyakran találkozunk beoldott gömbfülkével, és kipreparálódott ősmaradványokkal is. Az omlások nem jellemzik a barlang alsó részét, ugyanúgy ahogy a Bátor-barlang nyugati és alsó szakaszára sem jellemzőek az omlások és a borsókó- és cseppkőképződmények sem.

8.1.3 Szerkezetföldtani összevetés

A vizsgálataink során részletesen vizsgáltuk a Hárs-hegy és a Ferenc-hegyi-barlang szerkezetföldtani jellemzőit. Mindkét területen egy jobbos laterális elmozdulás vetőzónáját lehet kimutatni. A Hárs-hegyen a repedés irányok alapján egy kréta kompressziót is sikerült rekonstruálni korábbi munkák kimutatták, hogy a Ferenc-hegyi-barlang egyértelműen ilyen hatás révén jött létre. A Bátor-barlang esetében, komplexen az egész Hárs-hegyen kellett megfigyeléseket végezni, hogy ezt kiderítsük. Sajnos a Bátor-barlangnak túl kicsi a területi elterjedése, hogy a hasadékirányjaiból messzemenő következtetéseket vonjunk le, így külön csak a Bátor-barlang irányait nem is vizsgáltuk. Vizsgáltuk ellenben a Hárs-hegy összes feltárásnak repedéseit. Ezek alapján itt is kimutatható egy jobbos laterális eltolódás, melynek vetőzónája okozhatta a Hárs-hegyi kőfejtő kalcitos kiválásainak létrejöttét, és a Kis-Hárs-hegyen megtalálható ércindikációkat is. A Bátor-barlangban csak a felső bejáratnál találkozunk tektonikus nyomokkal, ahol is a Dachsteini Mész-kő réteglapjai egy repedés mentén elhajlanak, így bizonyítva az elmozdulás irányát.

A Ferenc-hegyi-barlangban több helyen találkozunk feltolódásokkal, és vető-karcokkal, de sajnos főleg helyben álló törmeléken. Viszont az Iszaptó-teremben megtalálható feltolódásnál a feltolódás mértékét is meg lehet figyelni. A barlang hasadék-rendszere egy Riedel rendszer fő töréseinek irányát adja, míg a Bátor-barlang esetében a kréta eseményekre szuperponálódnak az késő-oligocén-kora-miocén események. Így ott egy Mohr-párt és egy Riedel-rendszert lehet kitérképezni. Ezek a repedések határozták meg a későbbi barlangjáratok irányát. A Ferenc-hegyi-barlang és a Bátor-barlang esetében is mind horizontálisan, mind vertikálisan lehet még új barlangjáratokat feltárni a tektonikus preformáció miatt.

8.2 A Budai-hegység hidrotermás és barlangképződési folyamataira vonatkozó általános következtetések

A Ferenc-hegyi barlangban az elmúlt 5 évben megújult kutatás a speleológiai eredmények mellett más geológiai eredményeket is hozott. A barlang a kezdeti 3900 méter hosszról és 41 méter mélységről kb. 6000 méter hosszú és 87 méter mély lett. Legátütőbb eredmény a barlang alsó részének feltárása volt 2003-ban. Ez az eredmény hozta magával a barlang további kutatását is. A járatok feltárása mellett folyamatosan dolgoztuk fel a barlang új részeinek morfológiáját és ásványkiválásait, mivel a barlangban a feltárásokkal egyre több hidrotermás ásványkiválást, és telért találtunk. Jelenlegi munkánk során ezek részletes vizsgálta volt a fő cél. A helyszíni vizsgálatok és a barlang különböző pontjáról származó minták részletes vizsgálatának eredménye, hogy a hidrotermás teléreket három főcsoportba oszthatjuk. Az első paragenezist a kalcit és barit telérek csoportja alkotja, míg a többit a kalcit és barit mellett megtalálható más ásványok alapján csoportosíthatunk. Így további hematitos-szulfidos, és kovás paragenezist különítettünk el.

A terepi megfigyelések alapján sikerült az ásványképződés időrendjét is felállítani. A korábbi munkákat alapul véve, kiegészítettük SCHAFARZIK (1921) és NÁDOR (1991) feltételezett kiválási sorát. A Ferenc-hegyi barlangban első lépésben szkalenoédeses kalcit jelent meg a repedésrendszerben (kalcit-1), melyet a Hárs-hegyi kőfejtő vetőzónájának kiválásaival párhuzamosítunk. A kalcit-1-re a Ferenc-hegyi-barlangban helyenként wolnyn-típusú barit települt (barit-1), helyenként pedig antimonit b típusú barit (barit-2). Ha volt wolnyn típusú barit, akkor a két baritgeneráció között egy vékony (max. 1 cm vastag) kalcit kiválás is megfigyelhető helyenként, ezt a generációt párhuzamosíthatjuk a Ferenc-hegyi-barlangban feltárt Mélyszint kalcitjaival (kalcit-2). Ezek után már csak a tömeges barit kiválását és ebben megfigyelhető cinnabarit/metacinnabaritot, és limonitos-ereket figyeltük meg, a limonitos-erekben antimonitot határoztunk meg mikroszondás vizsgálatokkal. Ezek a telérek a legfiatalabb kiválásai a barlang keletkezése előtt. A barlangban megtalálható kovás telérek feltehetőleg a wolnyn-típusú baritnál fiatalabbak. A hematitos érces telérek legtöbbször DK-ÉNy-i irányultságúak. A Hárs-hegyen megtalálható limonitos erek és az erekben megfigyelhető antimonit, és barit párhuzamosítható a Ferenc-hegyi-barlang kialakulása előtti utolsó kiválásával. A vető-zónában és a Hárs-hegy egyéb részein azonosított kalcit telérek a Ferenc-hegyi-barlangban megtalálható kalcit-2 kiválással párhuzamosítható.

A Bátor-barlangban azonosított limonit-tömbök, korábbi pirites tömbök oxidációjával jöttek létre, és a benne lévő antimonit, és galenit mutatja, hogy polimetallikus szulfid-éresedés volt. Az is megfigyelhető, hogy a pirit teljesen és az antimonit egy része eloxidálódott, ez valószínűleg a barlangot kialakító oxidatív oldatoknak köszönhető.

Az ásvány főcsoportokat megpróbáltuk szerkezetföldtani eseményekhez kapcsolni. Ehhez a barlangban több telér-iránymérést végeztünk, mely alapján 294 telért sikerült kimérni. Nagyon jól behatárolható volt szerkezetföldtanilag az ásványos telérek keletkezése. Ezeket a megfigyeléseket összevetve korábbi munkákkal nagyon jól látszik a hasonlóság. BENKOVICS, et al. (1999) szerint az oligocén-miocén korban a kb. K-Ny irányú jobbos laterális eltolódás vetőzónája okozta a DK-ÉNy-i és közel K-Ny-i repedésrendszert, mely a barlang egészének képét meghatározza. Míg a K-Ny-i repedések egy Riedel rendszer R törései, addig a DK-ÉNy-i repedések a Riedel rendszer R' törései. Emellett ami új megfigyelés az, hogy a területen hosszan követhető DK-ÉNy-i irányú hasadékok elhajlanak dél felé haladva É-D-i irányba, ebből arra lehet következtetni, hogy a déli terület tovább mozgott, míg az északi rész szerkezeti mozgásai korábban befejeződtek. Ezt egy közbülső nyíró zóna okozta, amely szigmoidális húzásos hasadékokat hozott létre. A Hárs-hegyet vizsgálva, két tektonikai fázist lehet elkülöníteni. Az egyik a krétában zajlott és a Dachsteini Mészköben É-D-i repedések alakultak ki. A másikat egy késő-oligocénkor-miocén feszültségtér okozta. Ez utóbbi egy jobbos laterális eltolódás volt, mely egy ÉNy-DK-i kompresszió és egy erre merőleges tenzió alakított ki. A Hárs-hegyen sikerült több normál vetőt és egy egyértelmű eltolódást is kitérképezni, ezek mellett a Szépvölgyi Mészkö Formációt is több helyen találtunk meg mint azt korábban WEIN (1977). Ebből paleotopográfiai jellemzőket tudunk felállítani, és eszerint, az erősen karsztosodott triász mészkőfelszín tenger öntötte el és a víz alá került 15 méter mély töbrökben halmozódott fel az eocén korú Szépvölgyi Mészkö. Ezek után az oligocén Hárshegyi Homokkő teljesen befedte a tagolt felszín.

Vizsgálataink kiterjedtek a barlangban megtalálható kovás telérekre is. Eddig sajnos csak NÁDOR (1991) foglalkozott részletesen a kovás telér felépítésével és eredetével. Három budai nagybarlangból sikerült egy-egy kovás telért megvizsgálni. A Pál-völgyi- és a Mátyás-hegyi-barlangban nagyon sok kovás telér figyelhető meg, ellentétben a Ferenc-hegyi-barlangban megtalálható telérek számával. E barlangokból kiválasztott kovás telérek közül három-három mintát gyűjtöttünk, mivel makroszkóposan három részre tudtuk felosztani a teléreket. Kimutattuk, hogy a kalcit szinte mindből hiányzik, de kimutattunk kvarcot és kaolinitet is. Ez az ásványtársulás és az a tény, hogy a kalcit anyagú kőzet nincs jelen a telérben, mutatja, hogy az áramló fluidum savas kémhatású lehetett. A telérek mellékkőzetének oldási eredmények azt is alátámasztják, hogy

hozzáadott kovaanyag fordul elő a telérekben és nem a mellékkőzet oldási maradékának relatív feldúsulásaként jelennek meg. Sajnos sem a Hárs-hegyen sem a Bátor-barangban találtunk kovástelért, így erről a területről ezt a képződményt nem tudtunk vizsgálni.

A Bátor-barangban, a Kis-Hárs-hegyen és a Ferenc-hegyi-barangban is megtalálhatóak az úgynevezett kalcit-szivacsok. (KRAUS, 1984, 1990) Korábban ezt barlangi kiválásnak tekintették, de részletes makroszkópos és mikroszkópos vizsgálataink nem erősítették meg e korábbi elméletet. Az elkészített csiszolatok és terepi tapasztalatok alapján a kalcit-szivacsok a Ferenc-hegyi-barangban visszaoldódott borsókővek. A Kis-Hárs-hegyen és a Bátor-barangban pedig a Dachsteini Mésző oldódott vissza. Így ezeket a képződményeket az eredmények alapján nem kiválásnak hanem a már meglévő képződmény vagy alapkőzet visszaoldódásának tekinthetjük.

Elvégeztünk 20 röntgenpordiffrakciós vizsgálatot, és több mikroszonda vizsgálatot is, mely során a barit összetételét és stroncium tartalmát, és a tömeges baritban megtalálható cinnabarit és metacinnabarit összetételét vizsgáltuk. A metacinnabaritban sikerült kimutatni cink és ezüst beépülést. Az 1. és a 2. generációs barit stroncium tartalma megegyezik a korábban mért adatokkal (MOLNÁR, F. & GATTER, I. 1994), míg a tömeges baritban mért adatok kiugróan magasak illetve kiugróan alacsonyak. A tömeges baritban megfigyelhető barnás szemcsében kiugróan nagy Sr-tartalmat mértünk (31158 ppm), míg a tömeges barit egyéb szemcséiben kimondottan alacsony értékeket (4405 ppm) kaptunk. A limonitos-ér részletes vizsgálata több szulfid jelenlétét is feltárta. Több mintában antimonit, és antimon-oxidot találtunk, míg egy Kis-Hárs-hegyi mintában galenit is található pirittel.

Munkánk legnagyobb részét a Ferenc-hegyi-barangban és a Hárs-hegyen megtalálható átlátszó ásványok fluidzárvány vizsgálatait tették ki. Ennek keretén belül elkészült 50 db csiszolat: 20 db baritból, a többi pedig kalcitból. A baritkristályok a Ferenc-hegyi-barang felső keleti és északi zónájából származtak. A kalcitot a Ferenc-hegyi-barang Mélyszintjén megtalálható Déli-nagyhasadékban, és a felső szinten az Iszaptó-teremben, és a barlang keleti felében gyűjtöttük. A Hárs-hegyről a Hárs-hegyi köfjítő vetőzónájában megtalált szkalenoédes kalcitból történtek a fluidzárvány mérések.

A korábbi folyadékzárvány vizsgálatok többször foglalkoztak a Ferenc-hegyi-barang felső zónájában megtalálható barit-teléreken (GATTER, 1984, DUBLJANSZKIJ, 1991, MOLNÁR, &GATTER, 1994, BENKOVICS, et al., 1999). A korábbi vizsgálatok kevés mintával dolgozó mintagyűjtése nem tették lehetővé messzemenő következtetések levonását. BENKOVICS et al.

(1999) szerint a baritban megtalálható zárványok homogenizációs hőmérsékletei a zárványok térfogatának utólagos megváltozása miatt nem adhattak megfelelő eredményt. Szerintük a Ferenc-hegyi-barlang baritja nem válhatott ki 60°C-nál magasabb hőmérsékleten. Jelenlegi munkánk során a baritban 90°-170°C-os homogenizációs hőmérsékleteket mértük megismételhető körülmények között. Ez arra adhat bizonyítékot, hogy a víz hőmérséklete nagy hőmérsékleti tartományok között ingadozhatott a kiválás idején. Szerintünk a fentről beáramló hideg víz mennyisége vezérelhette a hasadékokban cirkuláló fluidum hőmérsékletét. Sajnos a zárványok elenyésző mennyiségéből eredő kevés mérés a jelenlegi munkákra vonatkozóan sem engedheti meg, hogy komolyabb következtetéseket levonhassunk a baritban található zárványok homogenizációs eredményeiből. Figyelemre méltó azonban az, hogy MOLNÁR és GATTER (1994) szintén széles intervallumban változó hőmérsékleti értékeket határozott meg a Budai-hegység baritjain, és újabban GÁL és POROS (2008) is arra a következtetésre jutott, hogy a Hárshegyi Homokkő barittelérei széles hőmérsékleti intervallumban (70-230°C) keletkeztek.

A barittal szemben a Ferenc-hegyi-barlang Mélyszintjéről és az Iszaptó-teremből gyűjtött kalcit vizsgálata jelentős új eredményeket hozott. A Mélyszinten megtalálható kalcitban mért homogenizációs hőmérsékletek egy fokozatosan melegedő fluidum jelenlétére utalnak, mivel az elsődleges zárványokban (VIII/1-6. kép) 60°C-tól egészen 130°C-ig terjedtek a homogenizációs hőmérsékletek. (5. ábra). Fontos ezeket az adatokat a stabil izotópos eredményekkel együtt elemezni. Ugyanis a Mélyszintről származó kalcit-2 és a Felső-részből gyűjtött, de a barit-1 és a barit-2 között kivált kalcit-2 stabil izotópos adatok azonos eredményt hoztak, míg a Felső zóna kalcit-1 kiválása és a Hárs-hegyi vetőzóna kalcit-1 kiválása szintén egyező eredményt adott. Egyértelmű különbséget mutat a $\delta^{18}\text{O}$ értéke.

A fluidzárványok fagyasztásos vizsgálatai kimutatták, hogy a zárványoldatok összetétele NaCl-H₂O rendszerrel modellezhető, és a szalinitásaik alapján két csoportba oszthatóak. A kalcit-1 kiválás anyaaoldatának szalinitása 1,22-1,77 súly% töménységű NaCl oldat közé esik, míg a kalcit-2 kiválása 0,17 -0,53 súly% töménységű oldatokból történt (7. ábra).

Az Iszaptó-teremnél talált kalcittelér mintái 46°C-tól egészen 130°C-ig emelkedő hőmérsékletet mutatnak, majd a kalcitban egy hematitos zárványsor elválasztja az alsó 2/3-ot a felső 1/3-tól. Ebben a felső 1/3-ban a zárványok homogenizációs hőmérséklete 170°C-190°C. (6. ábra)

Tudomásunk szerint a korábbi munkák nem tárták fel az egyes kristályokon belül, a növekedés során fellépő hőmérséklet változást. Sajnos a barlangok igazán részletes vizsgálata is elmaradt

eddig, de ennek elsődleges oka, hogy a Ferenc-hegyi-barlang mélyszintje 2003-ban került feltárása, ahonnan a vizsgált kalcit kikerült. A Hárs-hegyi mintákat is a kristálytani „C” tengellyel párhuzamosan elkészített vékony metszeteken hajtottuk végre és e vizsgálatok eredményei párhuzamosíthatóak a Ferenc-hegyi-barlangban megtalált kalcit-1 kiválással. A homogenizációs hőmérséklete ugyanabba az intervallumba esik, mind ahogy a fluidum szalinitása is megegyező a kalcit-1 kiválásával.

A kalcit folyadékzárványainak vizsgálata alapján egyértelműen leszögezhetjük, hogy a hidrotermás folyamatok, jelentősen eltérő hőmérsékleti viszonyok között mentek végbe. A kalcitra vonatkozó eredmények alapján egyértelmű hőmérséklet-emelkedés a fluidumok szalinitásának emelkedésével párhuzamosan rávilágít arra a tényre, hogy a hidrotermás rendszer felmelegedését a mélyről időszakosan feltörő sós oldatok okozhatták. A tapasztalt hőmérsékleti változékonyság okozhatta a baritkristályokban a jelen munkánkban és a korábbi munkákban is rögzített széles intervallumú homogenizációs hőmérsékleti eloszlásokat.

Az eredmények alkalmazása a vizsgált barlangok kialakulására

A Ferenc-hegyi barlang képződési folyamata több szakaszra osztható. A korábbi munkák (BENKOVICS, et al., 1999) és a barlangban tett megfigyelések alapján nyolc szakaszra osztható a barlang kialakulása és a képződményeinek keletkezése. Az első szakaszban, az eocén mészkő összetört. A késő eocénben keletkeztek egymástól független üregek, melyek még az eocénben ki is töltődtek – homokkal, agyaggal, kavicsal. Ezeknek a paleobarlangoknak az iránya DK-ÉNy, de a korukat pontosan nem lehet meghatározni. Kialakulásuk leginkább a késő eocén vagy a kora oligocénra tehető. A mi megfigyeléseink alapján itt eltérés mutatkozik a korábbi munkáktól, ugyanis BENKOVICS, et al. (1999) szerint a paleobarlangok maradék üregeit töltötte ki szkaloédéres kalcit, majd barit. A mi megfigyeléseink ezt nem támasztják alá, hiszen paleokarsztos üregkitöltéssel együtt nem találtunk ilyen ásványkiválást. Mi egy oligocén-miocén tektonikát tartanánk elképzelhetőnek, mely során a felnyíló hasadékokban szkaloédéres kalcit és erre barit vált ki. Több helyen a barlangban ezek ritmikus kiválását is meg tudtuk figyelni. Ezekhez a folyamatokhoz a cinnabarit és a tömeges barit kiválását, majd leülepedését is köthetjük. Ebben az időszakban BENKOVICS, L et al. (1999) mérései alapján DK-ÉNy-i kompresszió volt a területen.

A következő lépésben a már meglévő repedésekben ismét meleg víz tör fel, és ezt nevezhetjük a barlang fő karsztosodási fázisának. Ebben a szakaszban a feláramló vizek hőmérséklete legfeljebb 60-70 °C lehetett, és ekkor már nyílt karsztos fázisról is beszélhetünk (KOVÁCS, et al 1981) Ebben

a fázisban a barit alatti kalcit nagy része visszaoldódik, és a barlang kioldódását is ide tehetjük. Ezt szintén alátámasztja a barlangban megtalálható borsókövek és karfiolok visszaoldódása, valamint a barlangi kitöltések „elszivacsosodása”. Ekkor oldódnak ki a barlang felső zónáira jellemző gömbfülkék is a vízszint feletti párolgás hatására. A következő lépésben a vízszint lesüllyedt, de csak a mostani 240 tszf méteres magasságig, ahol nagyon sokáig időzhetett, mivel a barlangban 240-250 tszf méteres magasságban találhatóak a borsóköves kiválások nagy része. Ebben a fázisban is beszélhetünk hidrotermás hatásról, csak az már nem barit és kalcit-telérek kiválását okozta, hanem a barlang kioldódását a fentről beszivárgó hideg vizekkel keveredve.

A képződményeket alaposan megfigyelve látható, hogy a barlangban több helyen a kiválások visszaoldódtak. Ebből arra lehet következtetni, hogy a vízszint megemelkedett, ekkor alakulhattak ki a gömbfülkék is a víztér feletti páralecsapódás okozta kioldódás folyamán. Ezek után több lépésben a vízszint egészen a mai 180 tszf magasságig lesüllyedt, és itt a megfigyelések alapján szintén huzamosabb ideig megmaradt a vízszint, hiszen a barlangban egyedül ebben a szintben találtunk kalcit lemezeket, melyek nyugodt meleg állóvízből válnak ki. A legvégső eseménynek tekinthetjük a vízszint végleges visszahúzódását a mai szintre. Ennek okaként több helyen a barlangokban hatalmas kőzetblokkok omlottak le (Omladék-terem, Omlásos-terem). A legnagyobb kőzetmozgást a Mélyszinten megtalálható Szülinapi-ágban találhatjuk, ahol a hasadék egyik fala rádőlt a szemben lévő falra. Ez látszik az összezúzott érintkezési felületen is.

A Hárs-hegyen több helyen lehet találkozni barlang-indikációkkal, és összesen három barlang ismert a területen. A Diploma-barlangot a földtani térképezés során találtuk és mértük fel: ez 3,5 méter hosszú és 1 méter mély, de jelentős tektonikus hasadékok mentén alakult ki. Több helyen találkozhatunk gömbfülkés oldásformákkal a Hárs-hegyen, ezek közül az egyik legjelentősebb a Hárs-hegyi kőfejtő falában található.

A Batori-barlang morfológiailag három szakaszra osztható. Az első a gömbfülkés szakasz a bejáratnál. A második szakasz a barlangi bányaszakasz, és a harmadik a hátsó szakasz, amely főleg tektonikus hasadékok kioldódásával jött létre. A barlangban megtalálható limonitos kiválás csak a barlang tektonikus részére korlátozódik, ahol a homokkő és a mészkő találkozik. Ebben a paleokarsztos üregbe vált ki az a pirittömb, mely a későbbiek során eloxidálódott limonittá. Ebben a szulfidos ércben több másik szulfid is kivált. Nagy mennyiségben találtunk antimonitot is a kis üregekben. A Kis-Hárs-hegyen ugyanezen limonitos kiválásban galenitet azonosítottunk. Ez az ásványparagenezis egy epitermás rendszer polimetallikus ércesedése lehet, mely a peremi zónákban baritot és a helyi sajátosság miatt kalcitot is tartalmaz. A Kis-Hárs-hegy lábánál

megtalált SiO_2 -ból álló kőzet egy korábban működött hévforrás lerakódott üledéke lehet. A feltevésünk szerint a Bátor-barlang a bányaművelés előtt talán két barlang lehetett, sajnos most semmi sem bizonyítja ennek az ellenkezőjét, de a Nagy-lépcsők teljes keresztmetszetben mesterséges vágat, és ott láthatóan, a természetes hasadékot kikerülték az akkori bányászok. A bányászat során az érc nagy részét kibányászták, de VAJNA (1973) még nagyon sok érc-tömböt talált a kutatások során az alsó járatokban.

Összességében tehát megállapítható hogy mind a Ferenc-hegyi-, mind a Bátor-barlang tektonikusan preformált, és hidrotermás ásványkiválásokban gazdag. Míg a Bátor-barlangban szulfidos (ma már jórészt limonitosodott) érc vált ki nyomokban barittal, addig a Ferenc-hegyi-barlangban, barit, cinnabarit és a kalcit vált ki, de helyenként itt is megtalálható a limonitosodott érc. Ezen érces képződmények egy utóvulkáni hidrotermás ércesedés peremi zónáit képviselhetik, bár e feltételezést még további vizsgálatokkal kívánjuk megerősíteni.

9. További kutatási lehetőségek

A további kutatás lehetőségei rendkívül szerteágazóak. A kovás telérek vizsgálata fontos adalék a hidrotermás rendszerben áramló fluidum milyenségére, ezeket részletesen vizsgálni, és térképezni kell majd. A barlangok jelenléte megkönnyíti a vertikális vizsgálatokat, de a felszíni feltárások további felvételezése és szelvényezése is sok információt nyújthatnak a továbbiakban. Fontos a stabilizotópos vizsgálatok továbbvitele: H és O izotópos vizsgálatokat fogunk végezni a kalcit és a barit fluidzárványaiban megtalálható vízből. Ezzel lehet pontosabban meghatározni a fluidum magmás eredetét. A területen megtalálható szulfidokból S izotópokat vizsgálunk majd, a biogén behatást lehet vele mérni. Emellett a területen megtalálható alunitban és kaolinitban szintén érdemes O és S izotópokat vizsgálni, a hidrotermás hatás ellenőrzése céljából. A területen további fluidzárvány vizsgálatok is szükségesek, a barit keletkezési körülményeinek meghatározására, amellyel kiderülhet, hogy zárt cellás fluidumból vagy a felszíni meteorikus vizek hatásával váltak ki a baritok. A terület és ezen belül a barlangok részletes szerkezetföldtani vizsgálata is hiánypótló lenne. A továbbiakban a Bátor-barlang mellett a Budai-hegységben megtalálható további érc-telérek és indikációk vizsgálata segítene a folyamatok további részleteinek megértésben. Emellett néhány a területen mélyült fúrást is részletesebben újra fel kell dolgozni. Például azokat a fúrásokat, ahol nagy vastagságú andezites vulkáni sorozatokat harántoltak (Budafok-1, Budaörs-1) Ennek eredménye pontosabbá tehetné a budai-hegységben működött magmás tevékenység milyenségét és korát. Természetesen a munka folyamán a speleológiai kutatásokat is folytatni kell mind a Hárs-hegyen és a Bátor-barlangban, mind a Ferenc-hegyi-barlangban.

10. Összefoglalás

A Ferenc-hegyi barlang alsó részének feltárása során dolgoztuk fel a barlang új részeinek morfológiáját és ásványkiválásait. Ezzel párhuzamosan a Hárs-hegyet és a Bátoribarlangot is bevontuk vizsgálódásaink körébe annak érdekében, hogy kiderítsük mennyire általánosíthatók a Ferenc-hegyi barlangban tapasztalt ásvány-, és barlangképződés sajátosságai. Az ásványparagenezisek szokásos makroszkópos és petrográfiai jellemzése mellett munkánk során a legfőbb módszerek az ásványok (kalcit, barit) folyadékzárványainak mikrotermometriai és összetételük stabil izotópos (O,C) vizsgálatai voltak. Elvégeztünk 25 röntgenpordiffrakciós vizsgálatot, és ahol kellett mikroszondás elemzést is végrehajtottunk. Az ásványképződési folyamatok megértéséhez szükséges volt a barlangok részletes feltérképezése és a Bátoribarlang környezetének földtani térképezése is, mely munkák során különös figyelmet fordítottunk a szerkezetföldtani jellegek rögzítésére.

A szerkezetföldtani megfigyelések alapján megállapítottuk, hogy mindkét területen a késő-oligocén - kora-miocén idején egy ÉNy-DK-i tenzió és arra merőleges extenzió okozta jobbos laterális oldaleltolódás volt, melynek vetőzónája okozta a Ferenc-hegyi-barlangot preformáló litoklázisok kialakulását, és a Hárs-hegyen megtalálható törések létrejöttét. Ez a feszültségtér okozta a Bátoribarlang kialakulásában szerepet játszó repedésrendszer létrejöttét is.

A Hárs-hegy részletes földtani térképezése során felállítottunk egy fejlődéstörténeti modellt. A Barlangokban megtalálható ásványok kiválási sorát, amit NÁDOR 1991-es munkájában közölt, kiegészítettük. Az új vizsgálat eredménye, hogy több szulfid-fázist is sikerült kimutatni, melyet a kovásodással egyidős kiválásnak tekintünk. A kovásodást korábban az első fázisok egyikének vélték. A kalcit és barit generációkból is sikerült többet kimutatni mikrotermometriai és stabil izotópos összetétel alapján. A barlangképződés utáni ásványkiválások közül újdonság a rendszer kezdő-tagja a Mn-oxid és a zárótag, ami a hidromagnezit. Meghatároztuk az egyes ásványfázisok kiválási körülményeit mikrotermometriai és stabil izotópos vizsgálatokkal. A homogenizációs hőmérsékletek alapján a kiválási hőmérséklet periodikusan változik, 50°C-tól 200°C-ra emelkedik, majd egy újabb kalcit generáció ismét egy melegedő fluidumból vált ki. Az oldat összetétele NaCl-H₂O rendszer, de alapvetően híg oldatról beszélhetünk.

Vizsgálataink eredményei alapján megállapítottuk, hogy a Budai-hegység karbonátos kőzeteiben kétféle üregtágulási-barlangképződési folyamatot lehet azonosítani. Az első folyamatban zárt cellás konvekciós áramlás során keletkeztek üregek-hasadékok, melyekben hidrotermás ásványok váltak

ki. A nyílt karsztos fázisban alakultak ki a barlangok és a barlangi kiválások. A Ferenc-hegyi-barlang a nyílt karsztos fázisban alakult ki, míg a Bátor-barlang esetén a zárt cellás, fedett áramlás során is jelentős barlangjáratok alakultak ki, de a nyílt karsztos fázisban is további fejlődésen esett át a barlang.

11. Köszönetnyilvánítás

Dolgozatom végén szeretném megköszönni mindenkinek az áldozatkész segítségét.

Mindenekelőtt feleségemnek Nagy Sándorné Tóth Szilviának szeretnék köszönetet mondani a türelméért és a segítségéért.

Dr. Molnár Ferenc témavezetőnek, hogy annyi időt szánt rám, és lejött a barlangba, és tapasztalatait és tudásának egy részét átadta. Benkó Zsolt PhD hallgató, aki szintén sokat járt a barlangba, és sok segítséget kaptam tőle. Dr. Leél-Őssy Szabolcsnak köszönöm a segítségét, mely mindenre kiterjedt. Ariadne Karszt- és Barlangkutató Egyesületnek is sokat köszönhetek, melyben Surányi Gergely kutatásvezetőnek köszönöm a barlangba lejutást. Kovács Richárd a Barlangtani Intézet munkatársának a sok segítséget a barlanggal kapcsolatos adatok és korábbi feljegyzések összegyűjtésében. Kiss Gabriellának V. éves geológushallgatónak a segítséget, a barlangi munkákat, és a fotózást. Köszönöm Horányi Annának az áldozatkész segítségét.

Külön köszönetet szeretnék mondani Pocsai Tamásnak a terepi munkákban és a szerkezetföldtani elemzésekben nyújtott segítségéért.

Mindenkinek, akik a barlangi-terepi munkákban részt vettek (Guru Barlangkutató és Oktató Egyesület): Bán Balázs, Borsody János, Császár Attila, Császár Gabriella, Fodor Krisztina, Hidas Zsolt, Horváth Andrea, Kontra Tamás, Losonczy Gábor, Mihalecz Károly, Prekkler Ottó, Sasvári Ágoston, Váczi Tamás.

Külön köszönet illeti Takácsné Bolner Katalint és Kiss Attilát a kontroll minták gyűjtésének engedélyezéséért. Köszönöm a segítséget Dr. Lovas Györgynek és Dr. Weiszbürg Tamásnak a röntgen pordiffrakciós vizsgálatok kiértékeléséhez nyújtott segítségéért. Gálné Solymos Kamillának, Pekker Péter PhD- és Bendő Zsolt PhD hallgatóknak a mikroszonda elemzésekért jár köszönet.

12. Irodalomjegyzék

- ALDERTON, D. H. M., HARMON, R. S. (1991): Fluid inclusion and stable isotope evidence for the origin of mineralizing fluids in south-west England, *Mineralogical Magazine* Vol 55. pp.605-611
- BAATARTSOGT, B., WAGNER, T., TAUBALD, H., MIERDEL, K., MARKL, G., (2007): Hydrogen isotope determination of fluid inclusion water from hydrothermal fluorite: Constraining the effect of the extraction technique, *Chemical Geology* 244, pp.474-482
- BAUMGARTNER, R., FONTBOTÉ, L., VENNEMANN, T.,(2006): Fluid inclusion and isotopic compositions of Cordilleran polymetallic replacement bodies and veins at Cerro de Pasco, Peru, SEG Conference „Wealth Creation in the Minerals Industry”, *Keystone*, pp. 126-129
- BÁLDI, T., NAGYMAROSI, A., (1976): A Hárshegyi Homokkő kovásodása és annak hidrotermális eredete, *Földtani közlöny*, 106. pp.257-275
- BENKOVICS, L. & OBERT, D., & BERGERAT, F., MANSY, J. L. & DUBOIS, M. (1999): Brittle tectonics and major dextral strike-slip zone in the Buda karst (Budapest, Hungary), *Geodinamica acta* pp 201-211
- CSÁSZÁR, G (2005): Magyarország és környezetének regionális földtana; 1. Paleozoikum-paleogén, ELTE Eötvös kiadó 159-163
- CSONTOS, L (1998): Szerkezeti földtan, ELTE Eötvös kiadó, pp. 39-46
- DENNIS, P.F., ROWE, P.J., ATKINSON, T.C.(2001): The Recovery and isotopic measurement of water from fluid inclusion in speleothems, *Geochimica et Cosmochimica acta*, vol 65, No 6. pp. 871-884
- DUBLJANSZKIJ, J. V. (1991): A Budai-hegység hidrotermális paleokarsztja – A folyadékzárvány-vizsgálatok első eredményei, *Karszt és Barlang* 1991/I-II. pp. 19-25
- FAURE, K., (2003): δD values of fluid inclusion water in quartz calcite ejecta from active geothermal systems: do values reflect those of original hydrothermal water?, *Economic Geology* vol. 98., pp. 657-660
- FODOR, L. et al. (1994): Tercier szerkezetfejlődés és késő paleogén üledékképződés a Budai-hegységben. A Budai-vonal új értelmezése *Földtani közlöny* 1994/2 130-256
- FORD, D. C. & TAKÁCSNÉ, B. K. (1991): Abszolút kormeghatározás és stabil izotóp vizsgálatok budai barlangi kalcitmintákon, *Karszt és Barlang* 1991/I-II pp. 11-19
- GATTER, I (1984): A karbonátos kőzetek érköltéseinek és a barlangok hévizes kiválásainak folyadékzárvány vizsgálata, *Karszt és Barlang* 1984/1 9-18
- GÁL, B & POROS, ZS (2008): A Hárshegyi Homokkő Formáció hidrotermális kifejlődései és azok kapcsolata regionális földtani eseményekhez, *Földtani közlöny*, 138/1 pp:49-60
- GLEESON, S.A., WILKINSON, J.J., BOYCE, A.J., FALLICK, A.E., STUART, F.M.(1999): On the Occurrence and wider implications of anomalously low δD fluids in quartz veins, South Cornwall, England, *Chemical Geology* 160 pp.161-173
- GROAT L. A. et al. (2002): Mineralogical and geochemical study of the Regal ridge emerald showing, southeastern Yukon, *The Canadian Mineralogist*, Vol 40., pp. 1313-1338
- JASKÓ, S (1936): A Ferenc-hegyi-barlang, *Földtani Értesítő* 1 sz.
- KATZ D. A., EBERLI, G. P., SWART, P. K., SMITH Jr., L.B, (2006): Tectonic-hydrothermal brecciation associated with calcite precipitation and permeability destruction in Mississippian carbonate reservoirs, Montana and Wyoming, *AAPG Bulletin* v. 90, no 11. p. 1803-1841
- KESSLER, H (1936): Az új Ferenc-hegyi aragonit barlang, *Turisták lapja* 1 sz.
- KLEIN, E.L., HARRIS, C., RENAC, C., GIRET, A., MOURA, C. A. V., FUJIKAWA, K., (2006): Fluid inclusion and stable isotope (O, H, C and S) constraints on the genesis of the Serrinha gold deposit, Gurupi Belt, northern Brazil
- KORDOS, L (1985): Magyarország barlangjai, *Gondolat* pp. 200-210
- KOVÁCS J., MÜLLER P., (1981): A Budai-hegyek hévizes tevékenységének kialakulása és nyomai, *Karszt és Barlang* 1980 II pp: 93-98

- KOVÁCS-PÁLFFY P, FÖLDVÁRI M, (2004): Hydrothermal minerals and phenomena in the Mórággy Granite Formation, Annual report of the Geological Institute of Hungary pp. 319-331
- KRAUS, S (1982): A Budai-hegység hévizes barlangjainak fejlődéstörténete. Karszt és Barlang, 1982 I. sz. pp. 29-34
- KRAUS S., (1990): A Budai barlangok hévizes karbonát-kiválásai, Karszt és Barlang 1990 II pp. 91-96
- LEÉL-ŐSSY, SZ. (1995): A budai Rózsadomb és környékének különleges barlangjai. Földtani közlöny 125/3-4 pp. 363-432
- MAKLÁRI, L (1940): Morfogenetikai vizsgálatok a magyarországi baritokon. Matematikai és Természettudományi értesítő 59, pp. 643-672
- MÁRTON, E & FODOR, L (2003): Tertiary paleomagnetic results and structural analysis from the transdanubian Range (Hungary): rotational disintegration of the Alcapa unit. Tectonophysics 363, pp: 201-224
- MCCREA, J.M. (1950): On the isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. The Journal of Chemical Physics, 18, 849-857.
- MOLNÁR, F & GATTER, I (1994): Comparative mineralogic-genetic studies of sedimentary and hydrothermal barite crystals from Hungary- Földtani közlöny 124/1, 43-57.
- NADEN, J., KILIAS, S.P., LENG, M.J., CHLIOTIS, I., SHEPHERD, T.J.(2003): Do fluid inclusion preserve $\delta^{18}\text{O}$ values of hydrothermal fluids in epithermal systems over geological time? Evidence from paleo- and modern geothermal system, Milos Island, Aegean Sea. Chemical Geology 197. pp. 143-159
- NADER, F. H., SWENNEN, R., ELLAM, R.(2004): Reflux stratabound dolostone and hydrothermal volcanism-associated dolostone: a two-dolostage dolomitization model (Jurassic, Lebanon), Sedimentology 51, p. 339-360
- NAGY, B., PELIKÁN, P.,(1973): Metacinnabarit és cinnabarit a Csillaghegyi Róka-hegyen, MÁFI évi jelentés 1973-ról pp. 51-58
- NAGY, S (2004): Ariadne- Karszt és barlangkutató egyesület, évi jelentés, MKBT adattár
- NAGY, S (2005): Ariadne- Karszt és barlangkutató egyesület, évi jelentés, MKBT adattár
- NORDHOFF, P., (2005): Stable isotope investigations on speleothems from different cave systems in Germany, Doktori értekezés, pp. 1-164
- POTTER, R. W. (1977): Pressure corrections for fluid inclusion homogenization temperatures based on the volumetric properties of the system NaCl-H₂O. – U.S. Geological Survey, Research 5, 603-607
- SÁSDI, L (1992): Jelentés a MÁFI Barlangkutató csoport 1991. évi munkájáról. pp. 54-64
- SÁSDI, L (1996): Buborék áramlási csövek és csatornák vizsgálata a Ferenc-hegyi- és a Mátyás-hegyi-barlangban, kézirat, MKBT adattár
- SÁSDI, L (2000): A Ferenc-hegyi-barlang – MKBT kiadvány, pp. 3-9
- SCHAFARZIK, F., (1921): Visszapillantás a budai hévforrások fejlődéstörténetére. Hidrológiai közlöny 1. pp. 9-14
- SCHRÉTER, Z., (1912): Harmadkori pleisztocén hévforrások tevékenységének nyomai a budai hegyekben. MÁFI évkönyv 19/5 pp. 179-231
- SHEPPARD, S. M. F.,(1977): Identification of the origin of ore-forming solution by the use of stable isotopes, Geological society, London, Special publications , v. 7, pp. 25-41
- SIMON, K. (2001): Does δD from fluid inclusion in quartz reflect the original hydrothermal fluid?, Chemical Geology 177, pp. 483-495
- SMITH, L. B. JR.: (2006): Origin and reservoir characteristics of Upper Ordovician Trenton-Black River hydrothermal dolomite reservoirs in New York, AAPG Bulletin Vol 90. No. 11, pp. 1691-1718
- SMITH, L. B. JR, EBERLI, G. P., SONNENFELD, M., (2004): Sequence-stratigraphic and paleogeographic Distribution of Reservoir-quality Dolomite, Madison Formation, Wyoming and Montana, AAPG Memoir 80 pp.67-92

- SPÖTL, C. & VENNEMANN, T. (2003): Continuous-flow isotope ratio mass spectrometric analysis of carbonate minerals. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 17, 1004-1006.
- SZANYI, GY., (2007): Budai barlangok kalcitkiválásainak uránsoros kormeghatározása szakdolgozat, ELTE TTK Geofizikai tanszék p. 58.
- SZÉKELY, K (szerk.) (2003): Magyarország fokozottan védett barlangjai, Mezőgazda pp. 241-252
- TAKÁCSNÉ, B. K., (1992): A Black Hills (USA) nagy hévizes barlangrendszerei, *Karszt és Barlang* 1992 I-II, pp: 27-36
- VAJNA GY (1973): A rejtélyes Bátori-barlang, Gondolat kiadó
- VOJNITS, A, NAGY S (2006): A Sátorkőpusztai-barlang ásványtani vizsgálata, TDK Dolgozat pp. 1-45.
- WEIN, GY (1977): A Budai-hegység tektonikája, A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa, pp. 10-22
- ZACHARIAS, J., PUDILOVÁ, M. (2002): Fluid inclusion and stable isotope study of the Kasejovice gold district, central Bohemia, *Bulletin of the Czech Geological Survey* Vol 77, No. 3, pp. 157-163

13. Abstract

During the exploration of the lower part of the Ferenc-hegy cave we investigated the morphology and mineral precipitations of the new part of the cave. At the same time we extend the survey area to the Hárs Hill and to the Bátori cave in order to receive information about how much we can generalize the mineral and cave generation processes. Beyond the macroscopical and petrographical evaluation of the mineral parageneses we also performed fluid inclusion microthermometry measurements and stable isotope studies (O, C) on calcite and barite minerals. 25 X-ray powder diffraction measurement and in some cases microprobe analyses were carried out. Systematic mapping of the caves and geological mapping, particularly the structural geological characters of the surroundings of the Bátori cave was indispensable to understand the mineral generation processes.

In both areas we determined the Late Oligocene – Early Miocene stress field characterised by NW-SE tension and extension perpendicular to it. The development of the joints that preformed the Ferenc-hegy cave and the faults in the Hárs Hill are related to the fault zone of a dextral strike-slip fault generated by the stress field mentioned above. This stress field also influenced the development of the Bátori cave.

While mapping the Hárs Hill region an evaluation model was set up. We completed the precipitation list of minerals found in the caves published by NÁDOR, 1991. More sulphide phases syngenetic with the silification were established. Earlier, the silification was suggested as one of the first phases. We determined several generation of the calcite and barite with stable isotope and microthermometry measurements. Among the minerals precipitated after the generation of the cave the first member, the Mn-oxide and the last member of the system, the hidromagnesite are also new results. With stable isotopes and microthermometry measurements we determined the circumstances of the precipitations. The homogenisation temperatures indicate periodic shifting of precipitation temperatures from 50°C to 200°C than another calcite generation precipitated from a fluid with rising temperature. The composition of the solution is NaCl-H₂O system, but basically it is a dilute material.

As a result of our investigations we can identify to cavity dilation mechanisms in the carbonatic rocks of the Buda Hills. In the first mechanism the cavities and crevices where the hydrothermal minerals were precipitated were created in a closed cell convectional stream. The caves and the precipitations in the caves attached to the open karst phase. While the Ferenc-hegy cave is a

result of the open karst phase, the main part of the Bátori cave is related to the covered stream, but further evolution of the passages happened in the open karst phase.

Fotótáblák

I. Tábla



1. kép. A Ferenc-hegyi-barlang bejárata



2. kép. Ferenc-hegyi-barlang Mélyszintjén megtalálható gömbös oldódás (a gömbfülke szélessége 2 m)



3. kép. Földgömb-terem; Jelentős gömbfülkék



4. kép. Cseppkőzászló a hideg vizekből válik ki



5. kép. Visszaoldódott borsókő vízszíningadozás miatt



6. kép. Borsókőben barit telér törmelék, a keletkezési sorrend egyértelmű (a barit szélessége 10 cm)

II Tábla



1. kép. Gömbfülke főtájában kalcit és barit telér (a kép szélessége 40 cm)



2. kép. Kalcit és barit telér a barlang keleti felében (a kalcit-telér vastagsága 5 cm)



3. kép. Kalcit telér a Mélyszinten



4. kép. Kalcit telér a Mélyszinten. (A kristály mérete 5 cm.)



5. kép. Kalcit telér az Iszaptó-teremnél



6. kép. Baritos-hematitos telér a barlang keleti feléből. A kép szélessége 80 cm.

III. Tábla



1. kép. Kovás telér a Pál-völgyi barlangból



2. kép. Kovás telér a Mátyás-hegyi-barlangból. A telér max. 40 cm széles



3. kép. Kovás telér a Ferenc-hegyi-barlang Csepegő-vizek-terméből. A telér 15 cm széles



4. kép. Kovás telér a Barittemető végpontján. A járat 60 cm széles



5. kép. Paleokarsztos kitöltés a bejáratnál



6. kép. Homokkő réteg. A réteg vastagsága 20 cm.

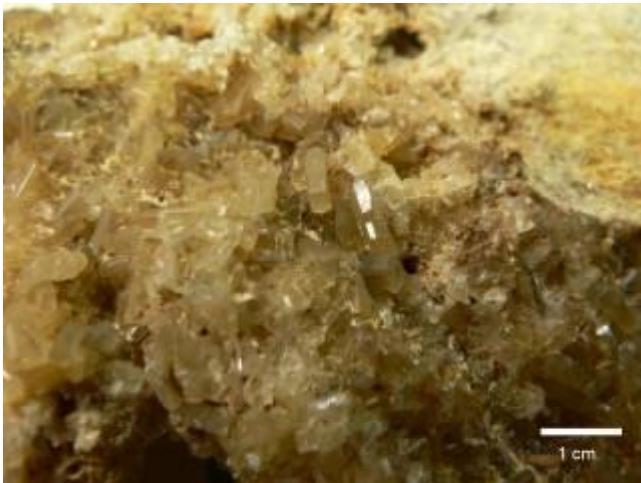
IV. Tábla



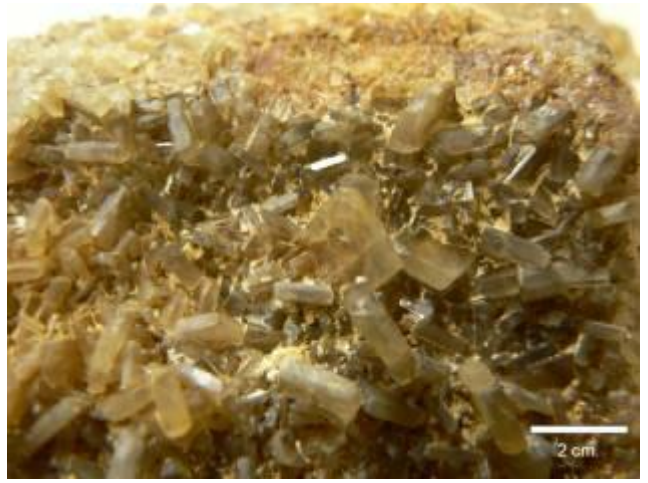
1. kép. Antimonit b típusú barit a Ferenc-hegyi-barlang keleti feléből



2. kép. Antimonit b típusú barit a Ferenc-hegyi-barlang középső részéből (a kép szélessége 5 cm)



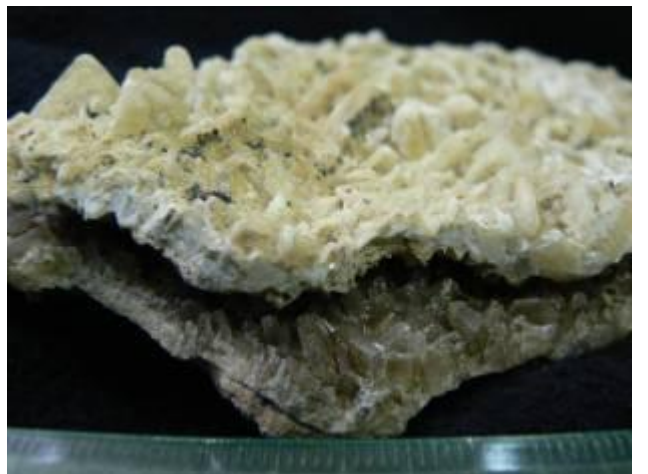
3. kép. Wolnyn-típusú barit a Ferenc-hegyi-barlang déli feléből



4. kép. Wolnyn-típusú barit a Ferenc-hegyi-barlang déli feléből



5. kép. Wolnyn-típusú barit a Ferenc-hegyi -arlang déli feléből



6. kép. Wolnyn és Antimonit b típusú barit egymáson. A Wolnyn típusú barit a korábbi kiválás

V. Tábla



1. kép. Kalcitra ránőtt wolyn-típusú barit



2. kép. Tömeges barit a Mélyszintről



3. kép. Antimonit b típusú bariton tömeges barit az Iszaptó-teremből



4. kép. Tömeges barit és kvarc elegye a barlang Mélyszintjéről



5. kép. Hematitos tömeges barit Antimonit b típusú bariton



6. kép. Tömeges hematit és agyagásvány

VI. Tábla



1. kép. Kalcit hematit és rájuk fennőtt wolnyn típusú barit



2. kép. Szkalenoéderez kalcit hematitos színezéssel (minta szélessége 4 cm)



3. kép. Hematitos kalcit vékonycsiszolata (az üveglemez hossza 5 cm)



4. kép. Kalcit és barit a mészkő üregében (a minta hossza 25 cm)



5. kép. Sárgás kalcit a barlang Mélyszintjéről (minta magassága 4 cm)



6. kép. Sárgás kalcit a barlang Mélyszintjéről (a minta szélessége 6 cm)

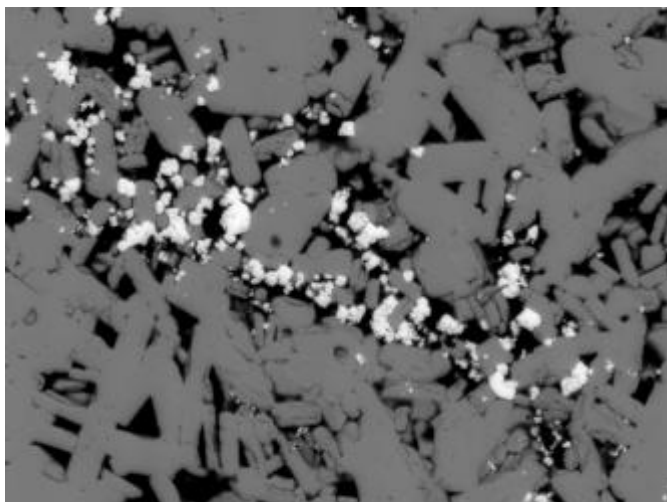
VII. Tábla



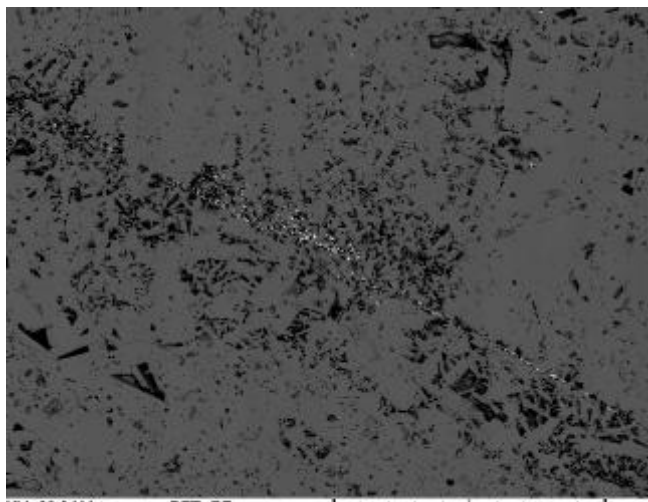
1 kép. Cinnabarit és metacinnabarit szemcsék baritban. A keretezett szemcsék a vizsgált szemcsék (kép szélessége 15 mm)



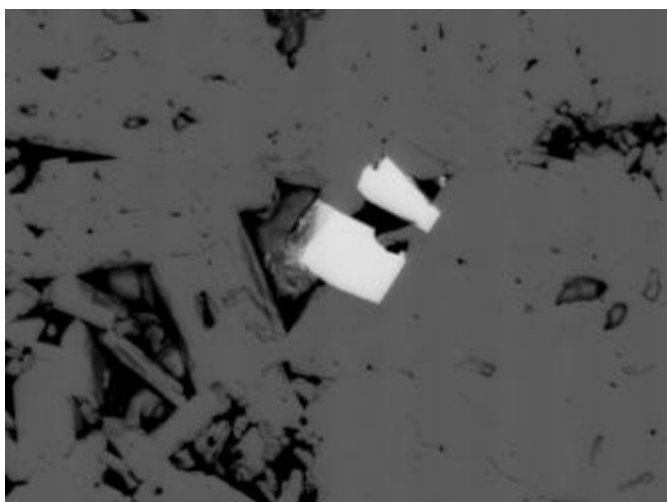
2 kép. Tömeges barit. A vizsgált szemcse a bal felső sarokban található barna szemcse (kép szélessége 15 mm)



3 kép. Cinnabarit baritban



4. kép. Egyenes mentén megtalálható cinnabarit

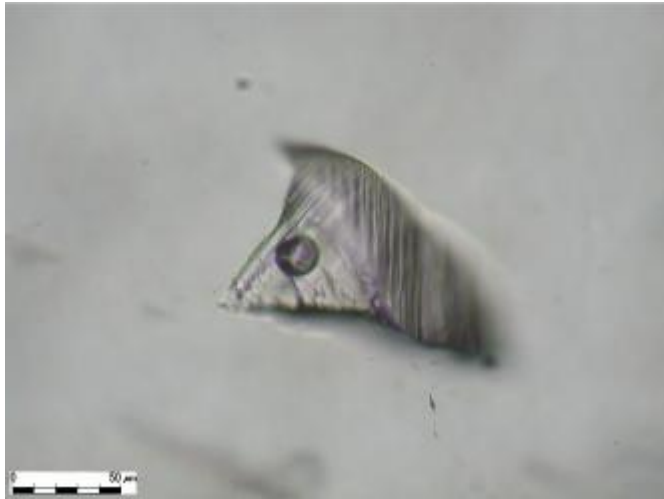


5 kép. Baritban cinnabarit szemcsék



6 kép. Cinnabarit baritban (a kép szélessége 10 mm)

VIII. Tábla



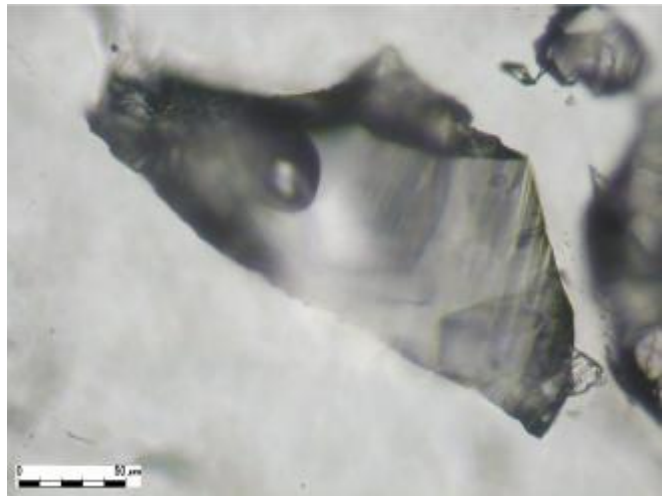
1 kép. Elsődleges, kétfázisú folyadékzárvány kalcitban.



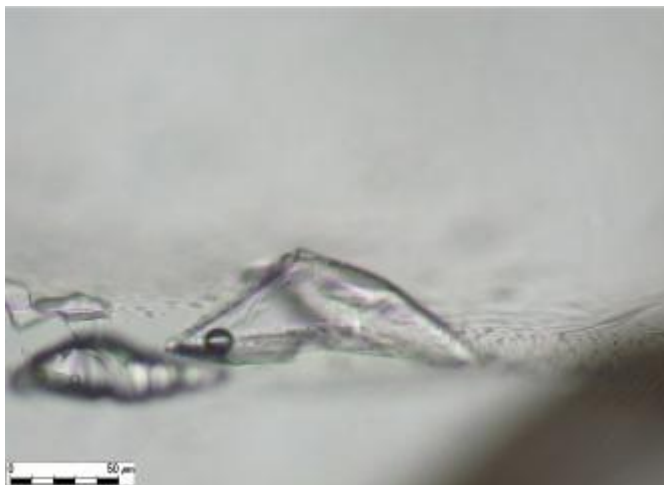
2 kép. Elsődleges, kétfázisú folyadékzárvány kalcitban.



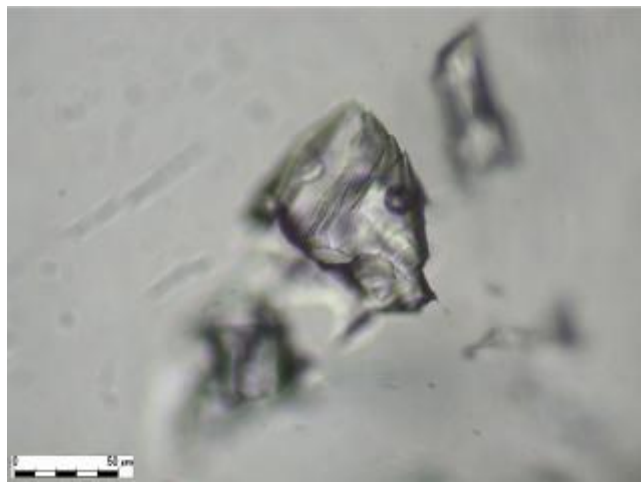
3 kép. Másodlagos, kétfázisú folyadékzárvány kalcitban.



4 kép. Elsődleges, kétfázisú folyadékzárvány kalcitban.



5 kép. Kétfázisú elsődleges zárvány kalcitban



6 kép. Elsődleges, kétfázisú folyadékzárvány sor kalcitban.

IX. Tábla



1 kép. Szépvölgyi Mészke formáció (a kép szélessége 20 cm)



2 kép. Tűzkőszemcsés Mészke a Mélyszinten (a kép szélessége 20 cm)



3 kép. Alapkonglomerátum a Mélyszinten (a kép szélessége 30 cm)



4 kép. Kipreparálódott ősmaradványok a Mélyszinten (kép szélessége 25 cm)



5. kép. Szűlinapi-ág fehér krétaszerű kőzete



6 kép. Nummulitesek a Déli-nagyhasadékban egy márgarétegben

X. Tábla



1 kép. A Bátori-barlang bejárata



2. kép. Bátori-barlang bejárata fölötti vető



3. kép. Hárs-hegyi kőfejtő, jelentős gömbfűlkék



4. kép. A Bátori-barlang alsó bejárata



5. kép. Vetőzóna a Hárshegyi homokkőben a Hárshegyi kőfejtőben



6. kép. Hárs-hegyi kőfejtő; kalcit és barit kiválás

XI. Tábla



1. kép. Kis-Hárs-hegy; kalcit-szivacs



2. kép. Kis-Hárs-hegy; kalcit-szivacs



3. kép. Hárs-hegyi kőfejtő, jelentős gömbfűlkék



4. kép. A Bátori-barlang alsó szakasza, oldott csőjárat, tektonikus repedés mentén (a cső átmérője 50 cm)



5. kép. Breccás Dachsteini Mész a Kis-Hárs-hegyről erős limonitos-baritos kiválással

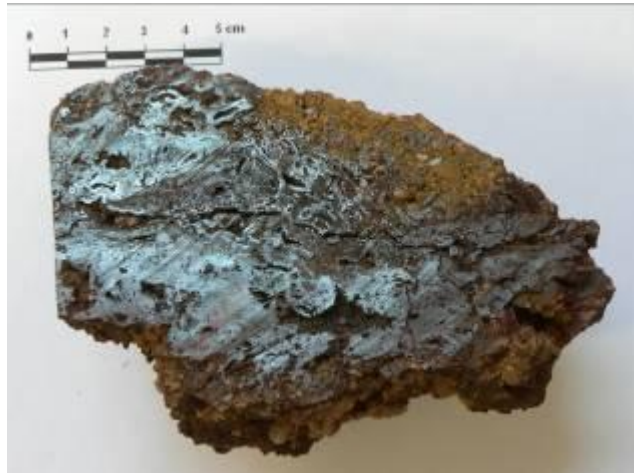


6. kép. Kalcit-szivacs a Kis-Hárs-hegyről

XII. Tábla



1. kép. Dachsteini Mész a Bátor-barlang Alsó szintjéről. A nyíl monacitos hintésekre mutat



2. kép. Bátor-barlang, limonitos ércömb (vágott minta)



3. kép. Bátor-barlang, limonitos ércömb



4. kép. Kalcit-szivacs a Bátor-barlangból, benne limonitos érzések. (kép szélessége 50 cm)



5. kép. Bátor-barlang, oldott üreget tölt ki limonitos-érc

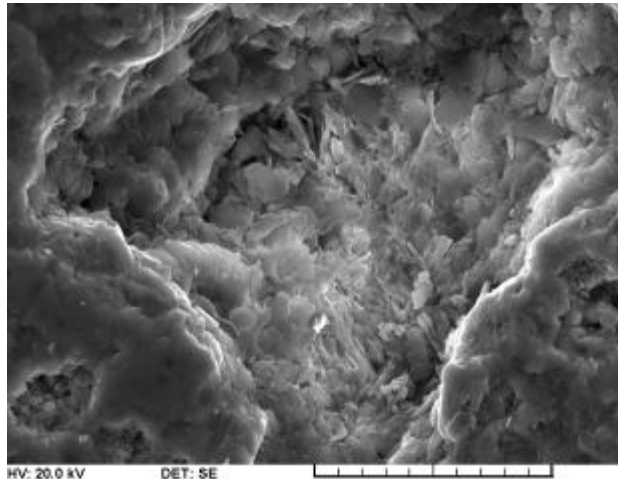


6. kép. Pálosok-termében cseppkőfüggöny (a kupola átmérője 3 méter)

XIII. Tábla

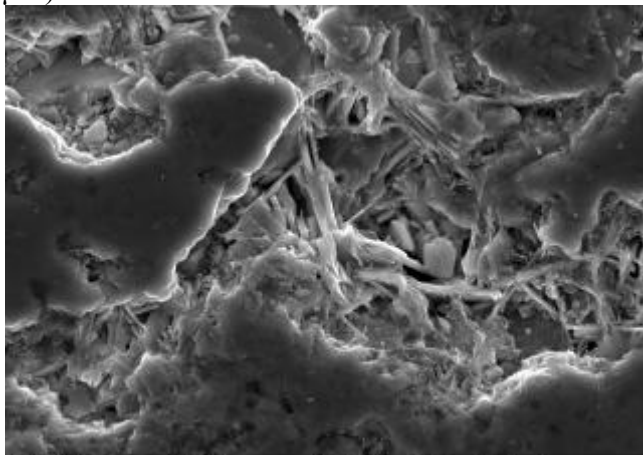


1. kép. Hárs-hegyi kőfejtőben kalcit-telérben kétfázisú elsődleges zárvány. (a zárvány hossza 50 μm)



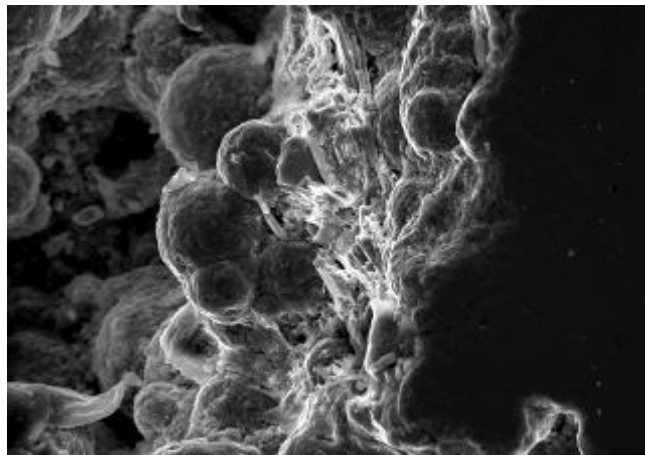
HV: 20.0 kV DET: SE
Satellite ©Tescan DATE: 04/23/08 20 μm

2. kép. SE kép az ércben lévő üregben megtalálható kaolinitről és baritról.



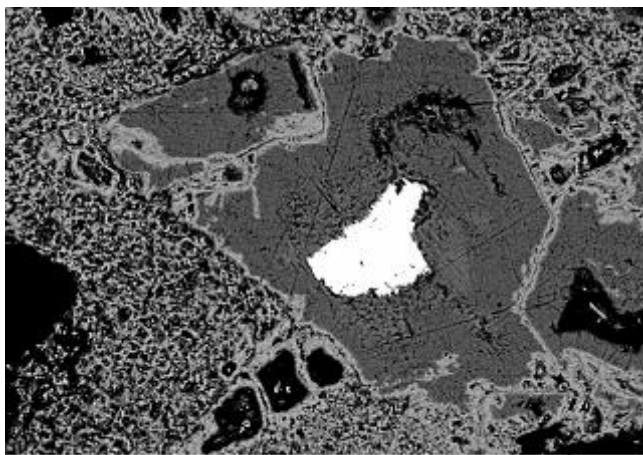
HV: 20.0 kV DET: SE
Satellite ©Tescan DATE: 04/23/08 20 μm

3. kép. Bátor-barlang, limonitos érc üregében barit-táblák



HV: 20.0 kV DET: SE
Satellite ©Tescan DATE: 04/23/08 50 μm

4. kép Bátor-barlang, gömbös-vesés limonitos érc üregében barit-táblák



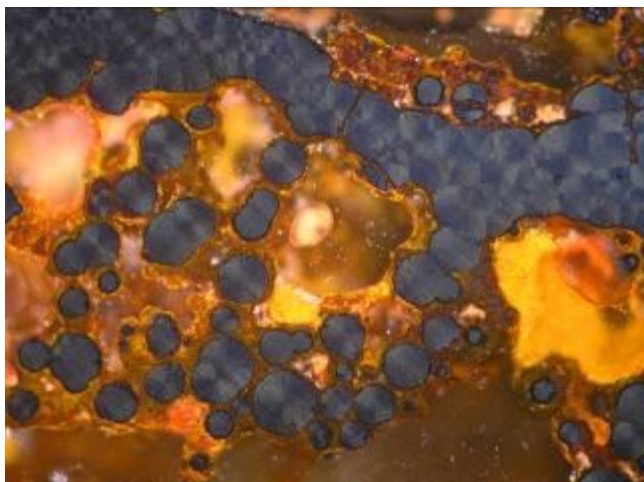
HV: 20.0 kV DET: BE
Satellite ©Tescan DATE: 04/23/08 100 μm

5. kép. Vas-oxid fázisok, közepén barit, a sötét fázis üreg, a világos hematit, a középszürke goethit



6. kép. Homokkő csiszolati képe, jobb oldalon barittal. A kép szélessége 20 mm.

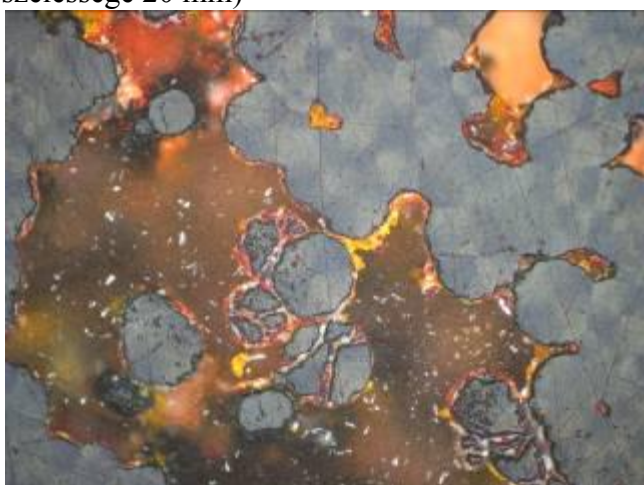
XIV. Tábla



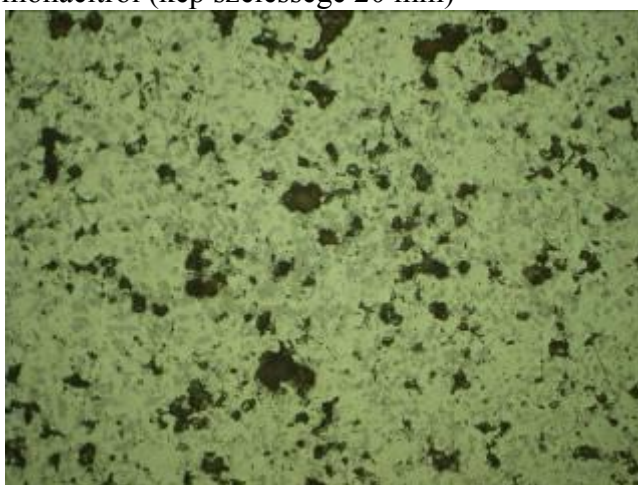
1 kép. Sugaras-vesés kiválású hematit és kalcit (kép szélessége 20 mm)



2. kép. Mikroszkópos kép a mészkőben lévő monacitról (kép szélessége 20 mm)



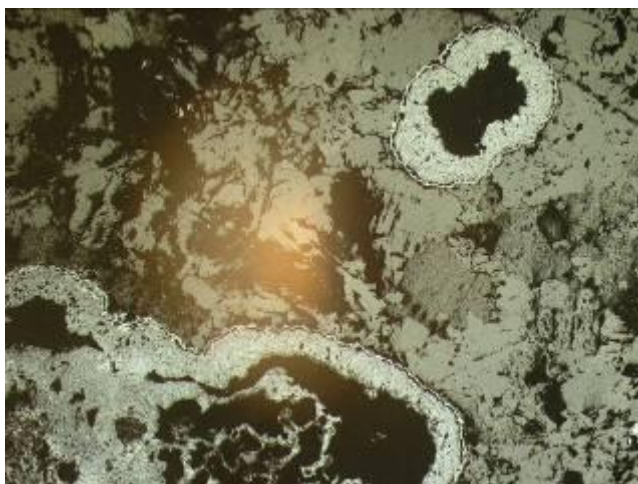
3. kép. Sugaras-vesés kiválású hematit és kalcit (kép szélessége 20 mm)



4. kép Bátori-barlang, gömbös-vesés limonitos érc

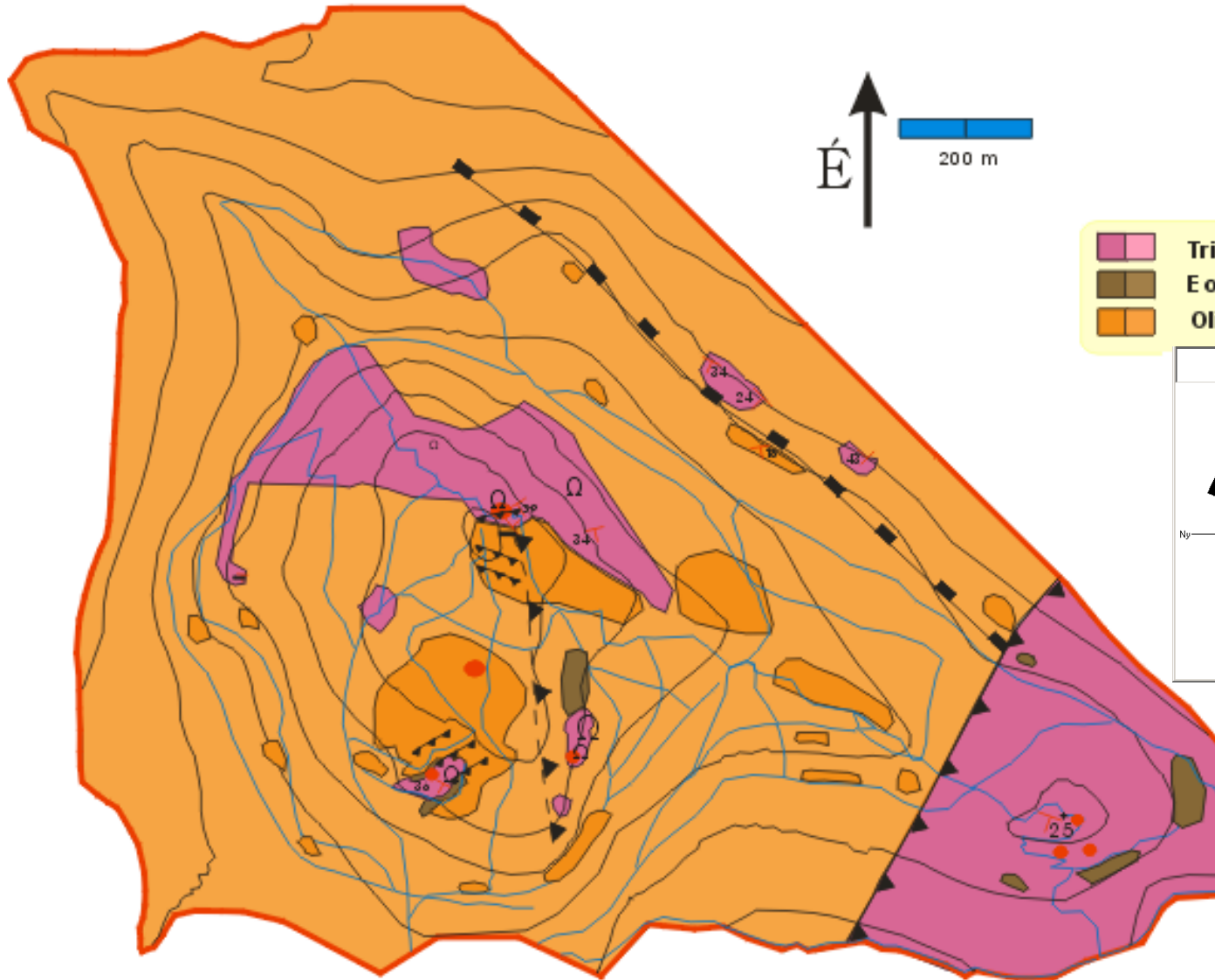


5. kép. Vas-oxid fázisok és kalcit a Bátori-barlangból párhuzamos nikolokkal



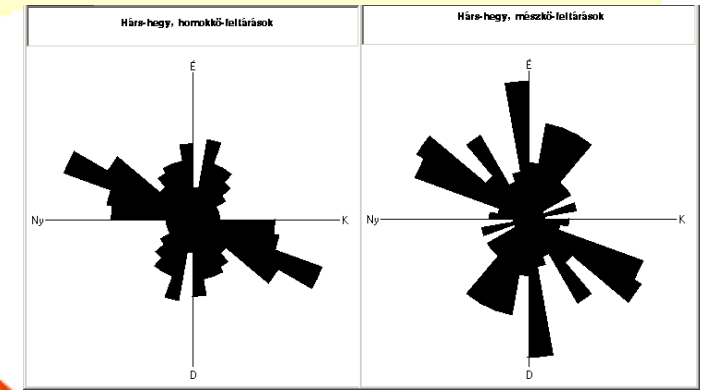
6. kép. Vas-oxid fázisok és kalcit a Bátori-barlangból keresztezett nikolokkal. A legvilágosabb fázis: hematit, majd a goethit, a sötétszürke: kalcit. Fekete: üregek

Hárs-hegy fedtelen földtani térkép

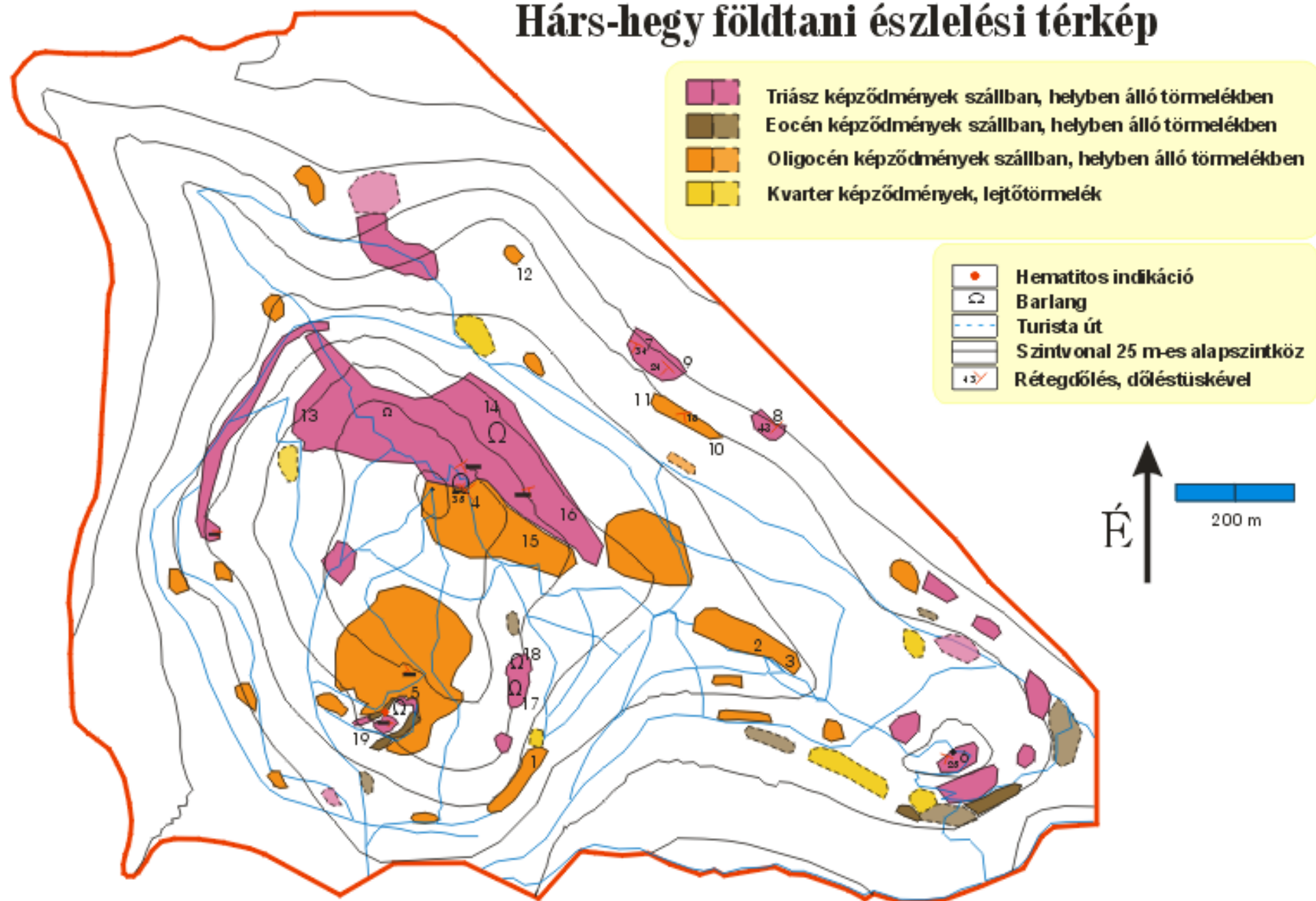


- Hematitos indikáció
- Barlang
- Turista út
- Szintvonal 25 m-es alapszintköz
- Kimért vető
- Kimért eltolódás
- Feltételezett vető
- Rétegdőlés, dőléstüskével

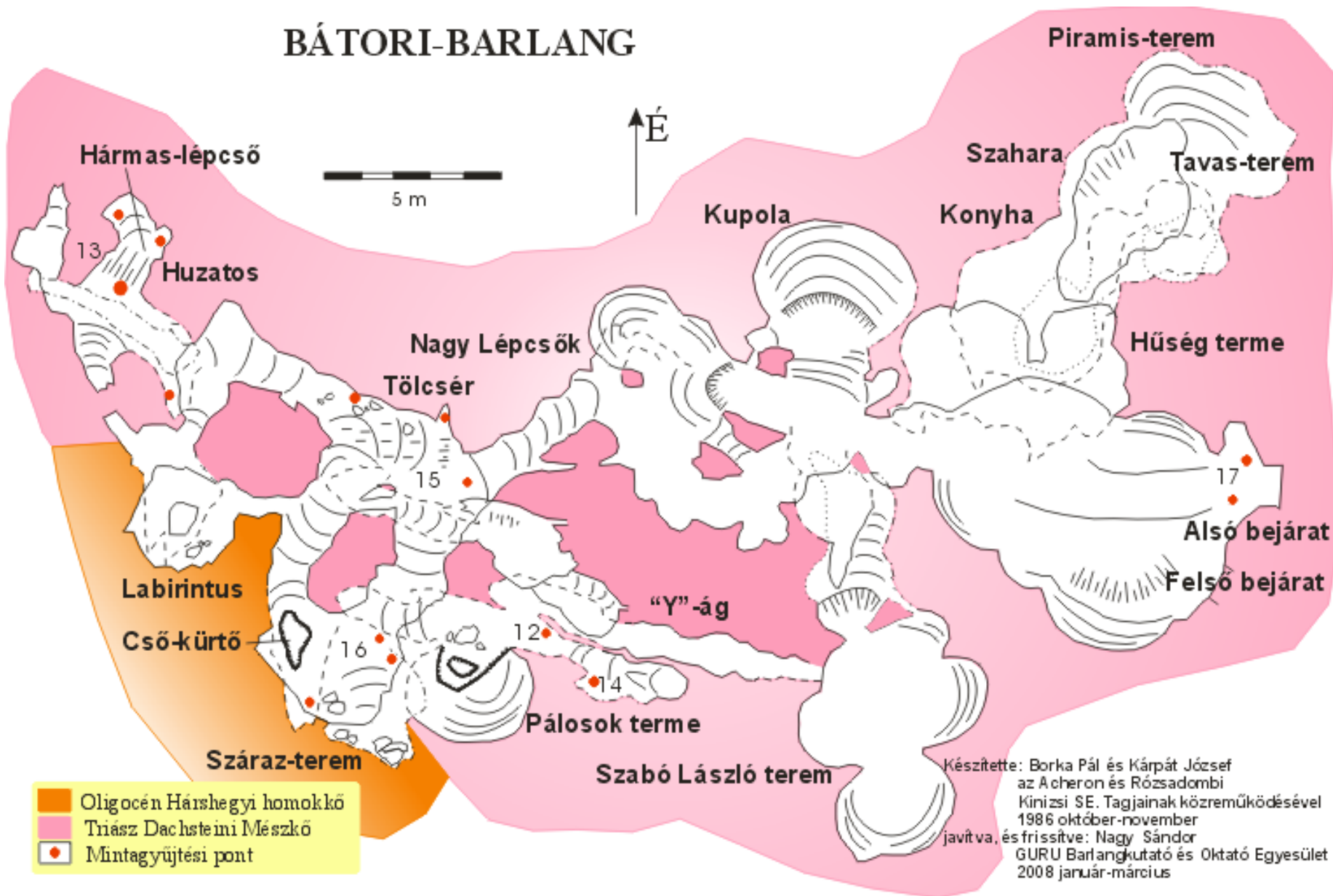
- Triász képződmények szállban, és fedetten
- Eocén képződmények szállban, és fedetten
- Oligocén képződmények szállban, és fedetten



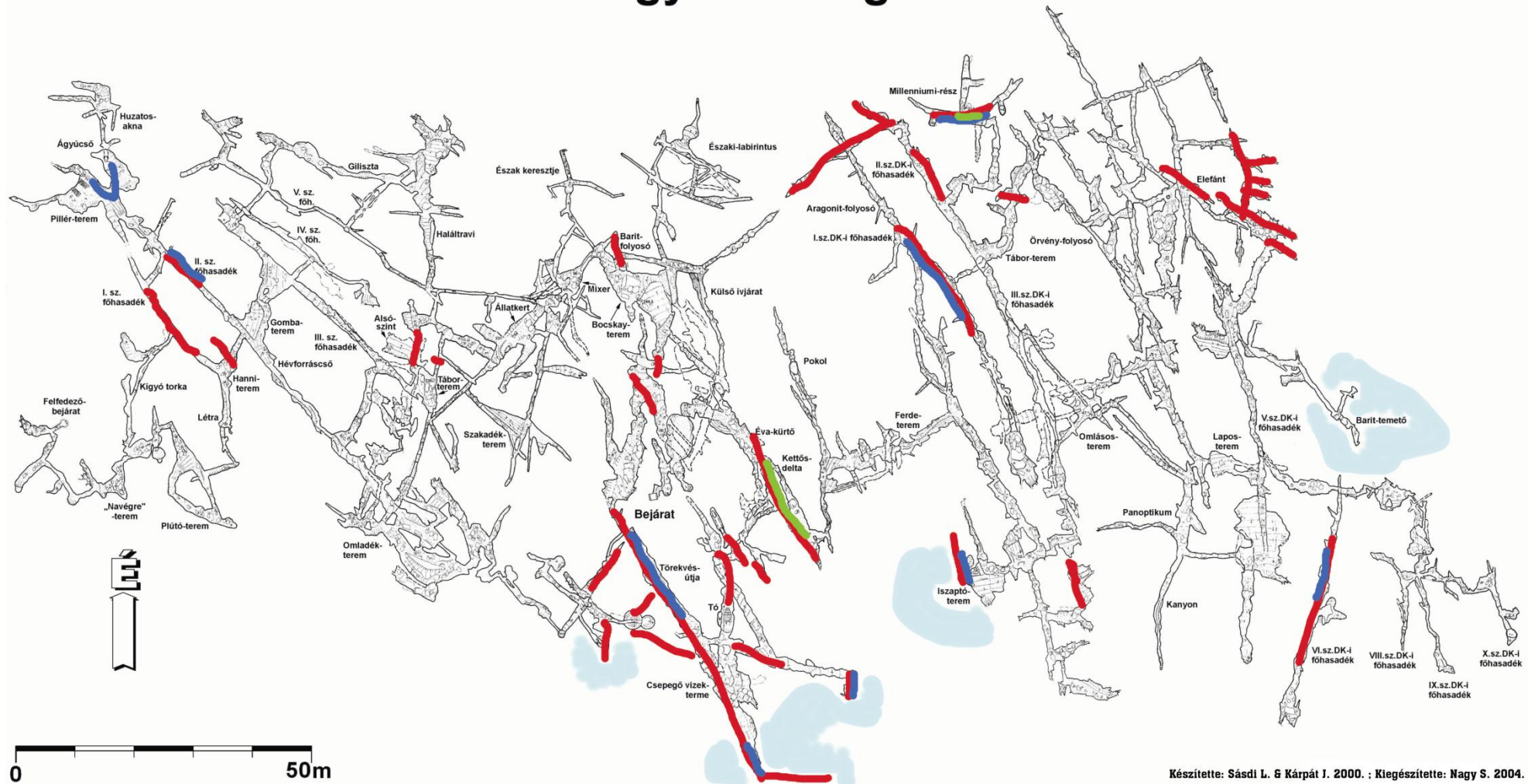
Hárs-hegy földtani észlelési térkép



BÁTORI-BARLANG



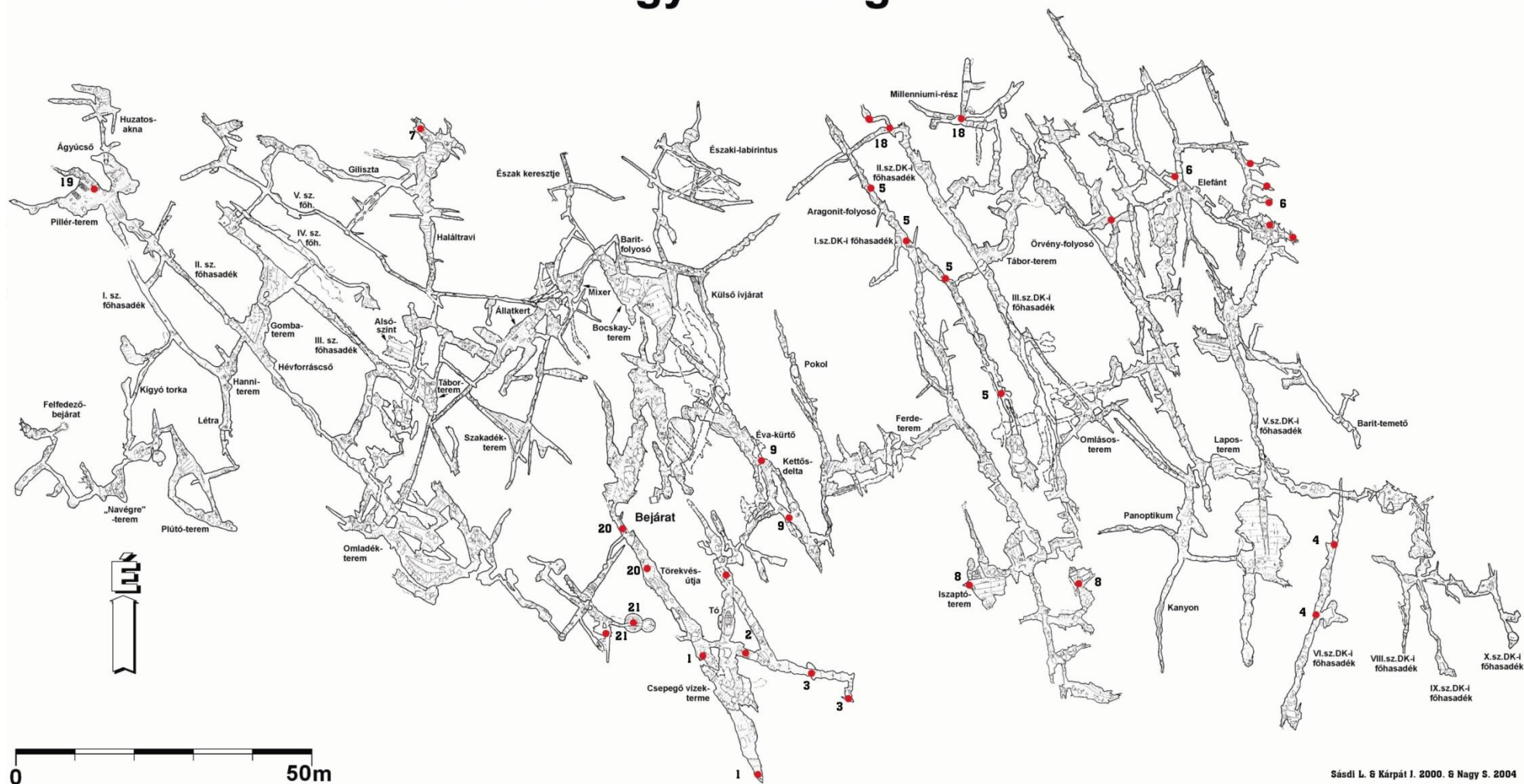
Ferenc-hegyi-barlang



V. melléklet. Ferenc-hegyi-barlang alaprajzi térképe, jelölve a kimért ásványos telérek elhelyezkedése a Ferenc-hegyi-barlangban

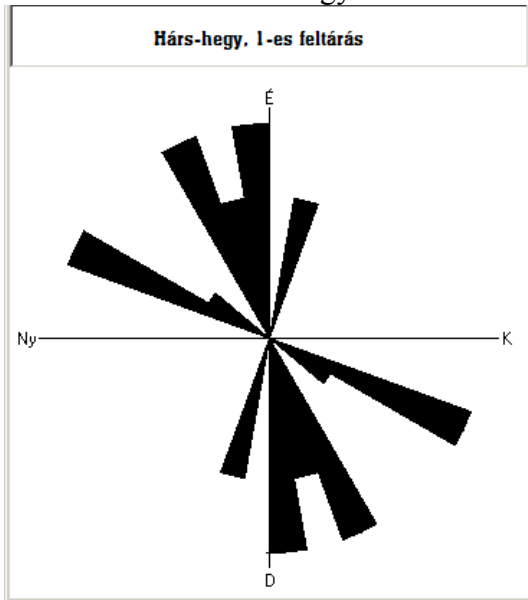
Piros: Kalcit és/vagy barit; Sötétkék: Hematit; Zöld: Cinnabarit; Világoskék: Kovás kőzetek; Szerk: SÁSDI & KÁRPÁT (2000), NAGY (2004)

Ferenc-hegyi-barlang

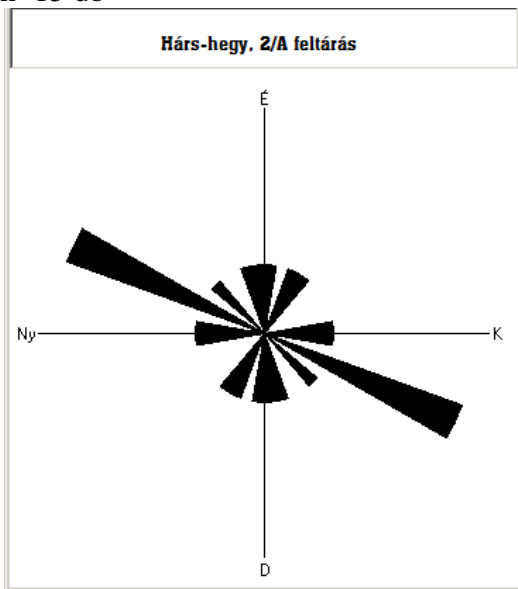


VI. melléklet. Mintagyűjtési helyek a barlang térképén feltüntetve (mélyszinti minták nincsenek ábrázolva!) a pontok melletti számok a 2. táblázat sorszámai. Piros pontok jelzik a mintagyűjtési helyeket

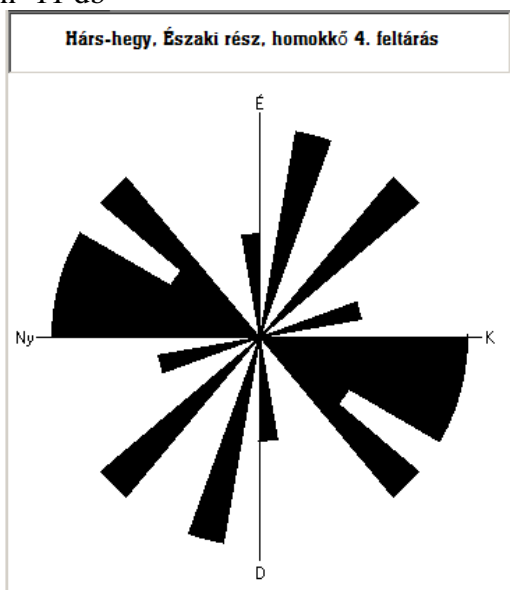
VII. melléklet A Hárs-hegyen és a Ferenc-hegyi-barlangban kimért telérek és repedések rózsadiagramjai



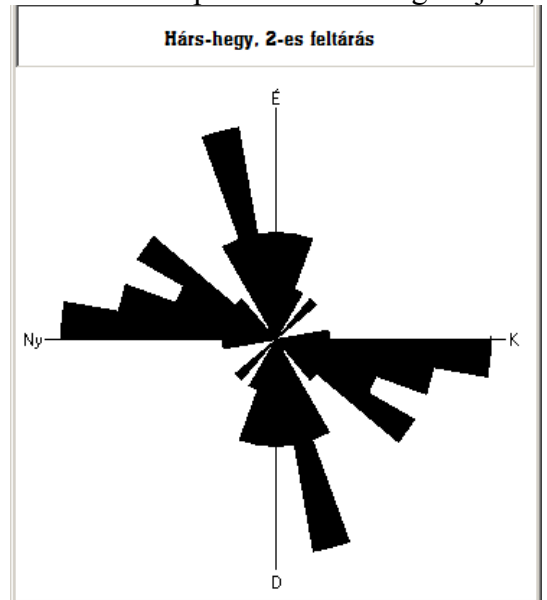
n=15 db



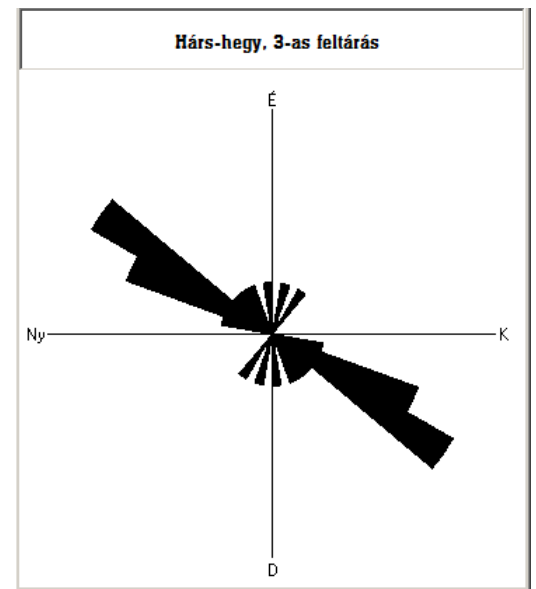
n=11 db



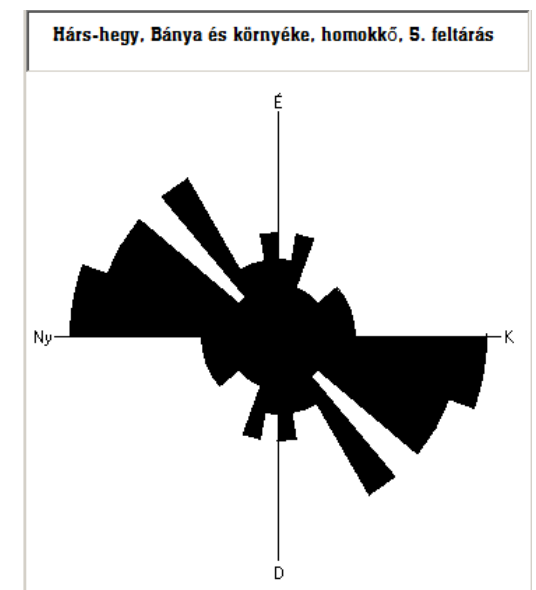
n=15 db



n=28 db

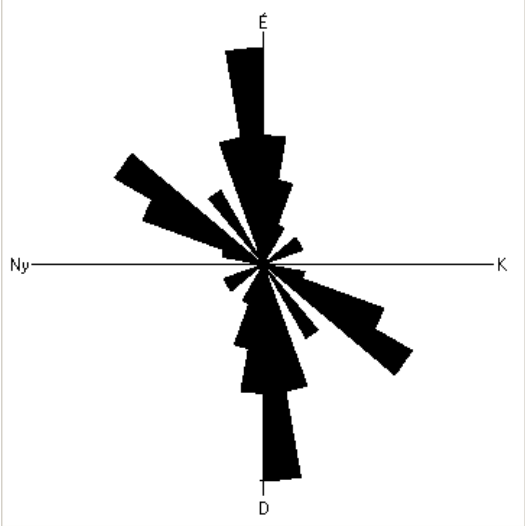


n=14 db



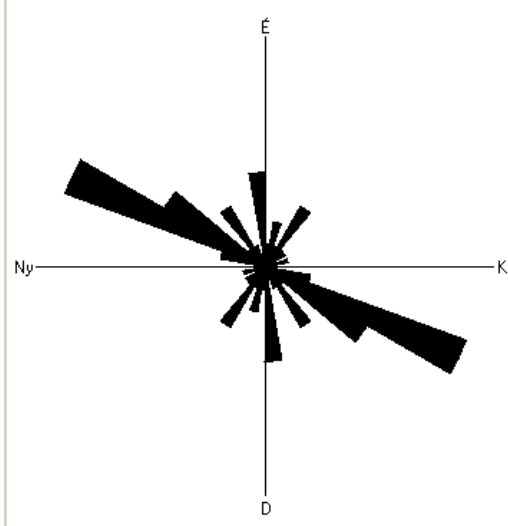
n=74 db

Kis-hárshegy, kilátó alatt, mészkő; 6. feltárás



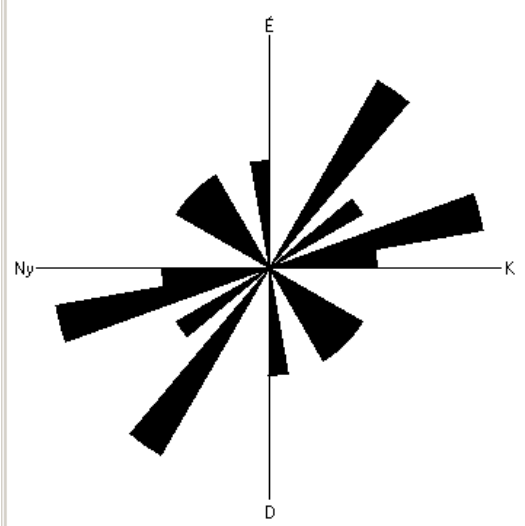
n=26 db

Hárs-hegyi megálló után mészkő; 7. feltárás



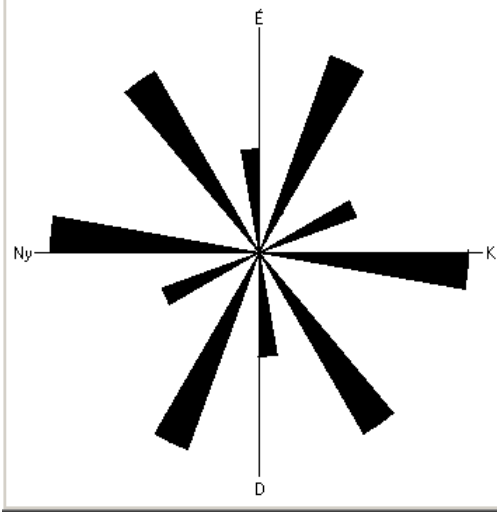
n=35 db

Hárs-hegyi megálló előtti mészkő; 8. feltárás



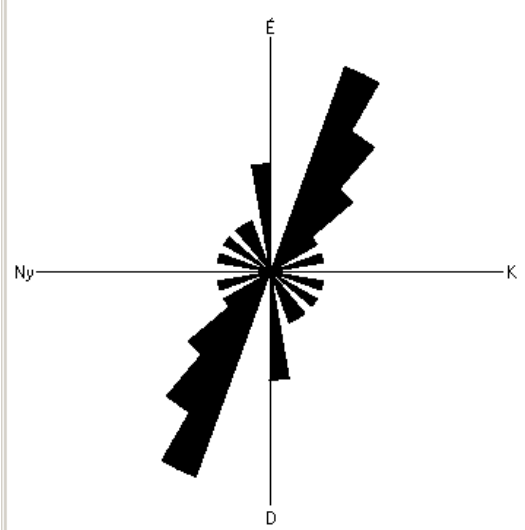
n=10 db

Hárs-hegyi megálló feletti mészkő; 9. feltárás



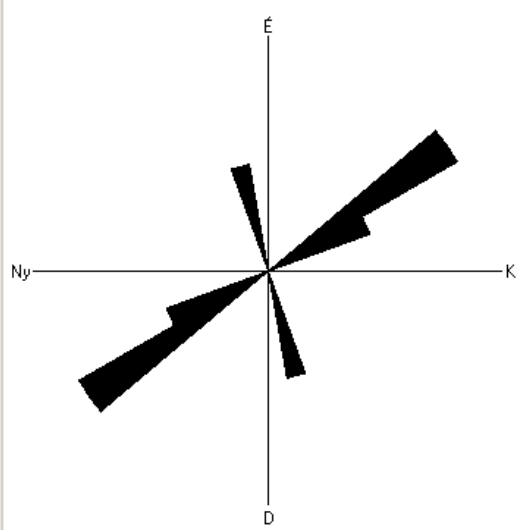
n=8 db

Hárs-hegyi megálló feletti homokkő; 10. feltárás



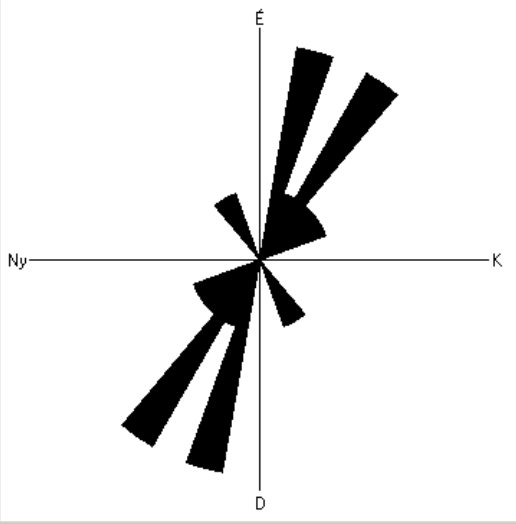
n=17 db

Hárs-hegyi megálló után homokkő; 11. feltárás



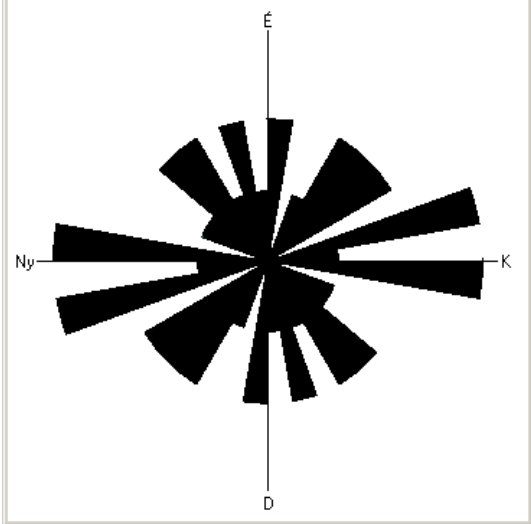
n=4 db

Hárs-hegy, kis csúcs alatti homokkő; 12. feltárás



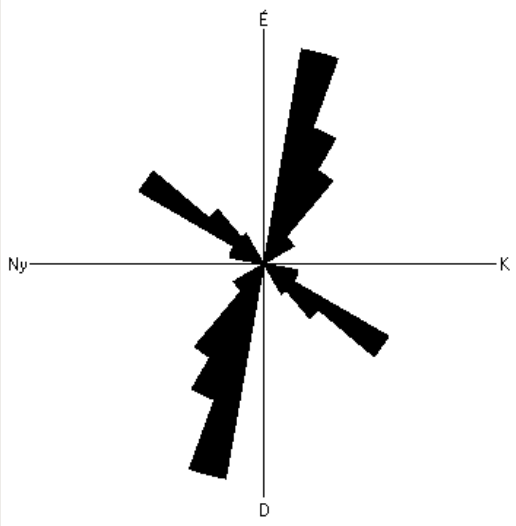
n=12 db

Hárs-hegy nyugati oldal, mészkő; 13. feltárás



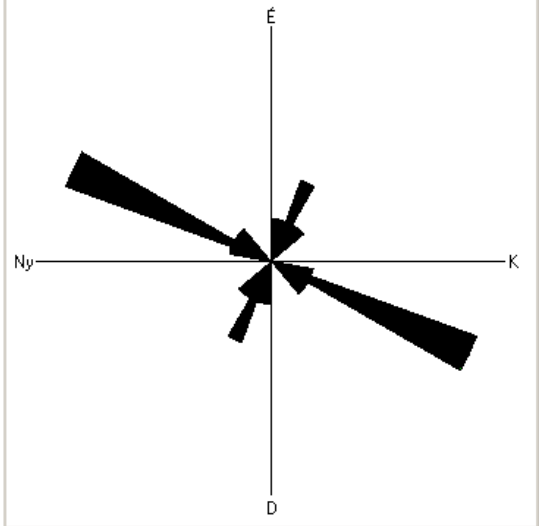
n=26 db

Hárs-hegy északi oldal, mészkő; 14. feltárás



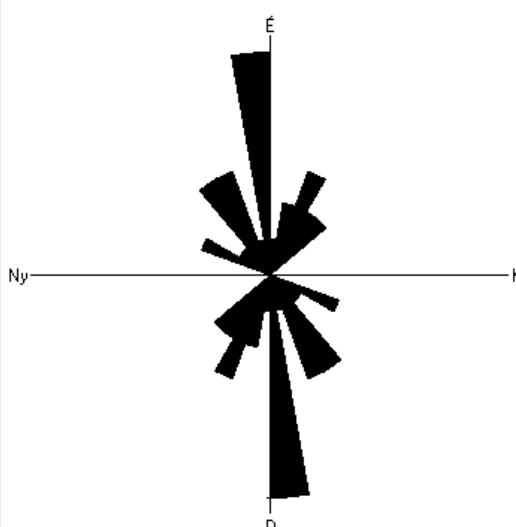
n=24 db

Hármas gömbfülke fölötti homokkő; 15. feltárás



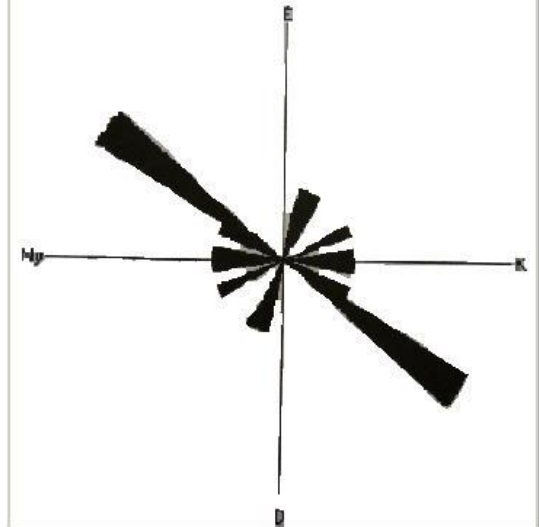
n=13 db

Hárs-hegy, hármás gömbfülke, mészkő; 16. feltárás

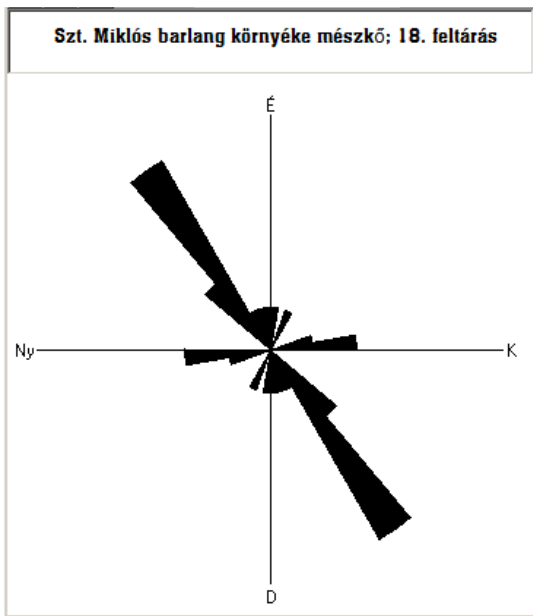


n=27 db

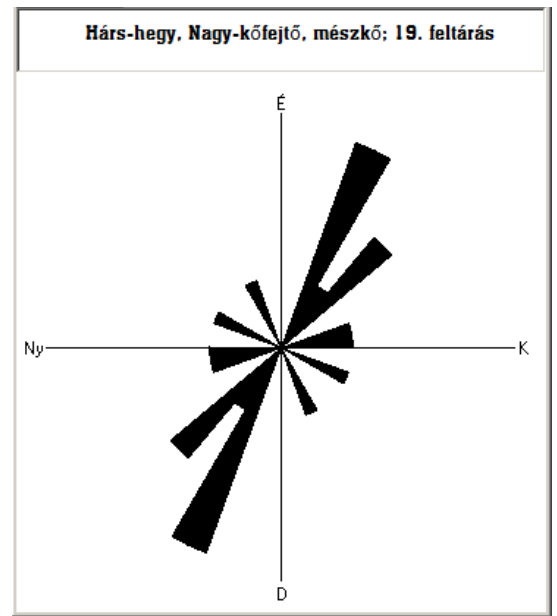
Hárs-hegy, keleti oldal, mészkő; 17. feltárás



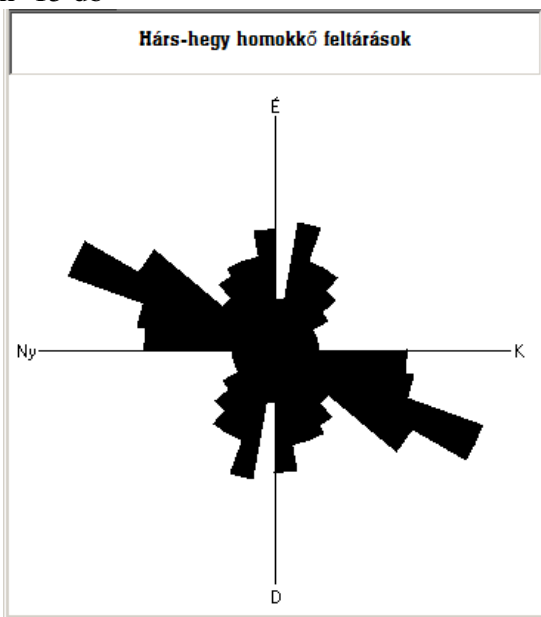
n=9 db



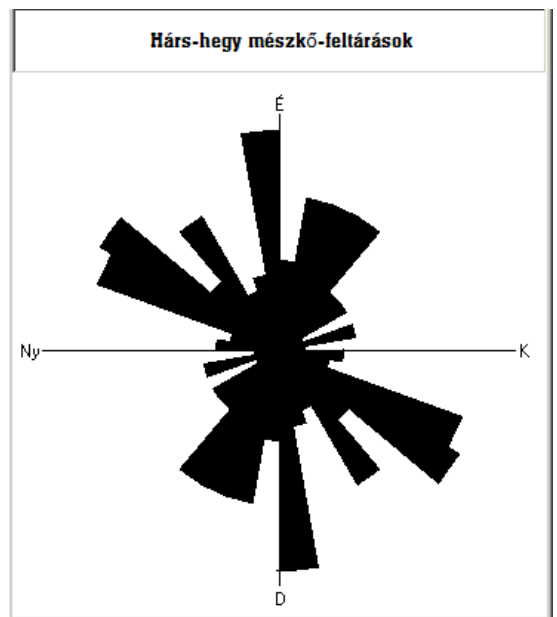
n=15 db



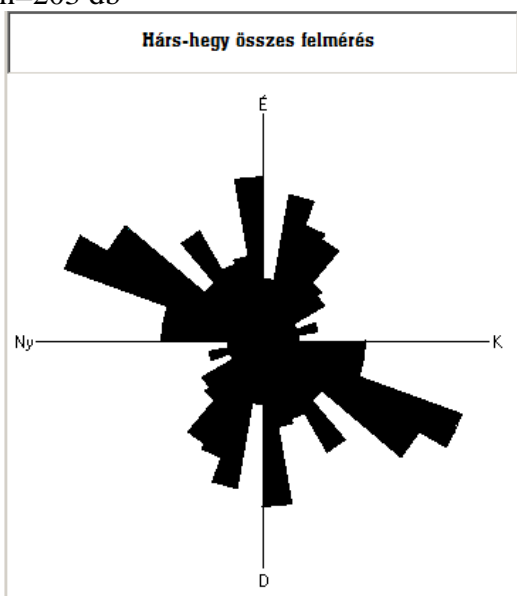
n=10 db



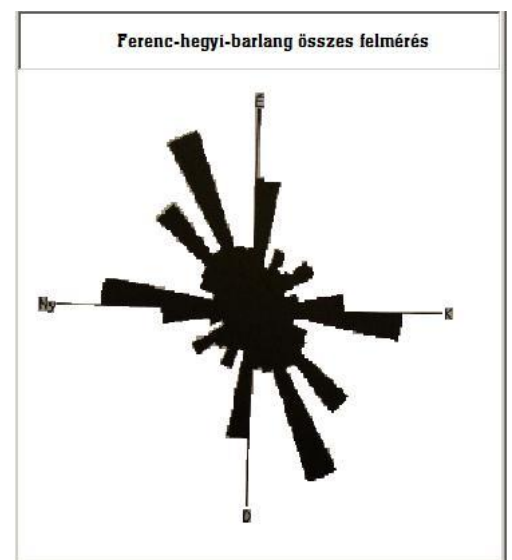
n=203 db



n=156 db



n=359 db



n=294 db

VIII. mellékelt. RTG-pordiffrakciós vizsgálatok eredményei

Minta rtg-azonosítója	Gyűjtés helye, Minta száma	leírás	Kimutatott ásványok
NSPVB01	Pál-völgyi-barlang, Sünös terem	Kovatélér belső rész	kvarc, kaolinit
NSPVB02	Pál-völgyi-barlang, Sünös terem	Kovatélér középső rész	kvarc, kaolinit
NSPVB03	Pál-völgyi-barlang, Sünös terem	Kovatélér külső rész	kvarc, kaolinit, kalcit
NSPVB04	Pál-völgyi-barlang, Sünös terem	Üregkitöltés	barit, kvarc
NSMHB01	Mátyás-hegyi barlang, Nagy Terem	Kovatélér belső rész	kvarc, kaolinit
NSMHB02	Mátyás-hegyi barlang, Nagy Terem	Kovatélér középső rész	kvarc, kaolinit
NSMHB03	Mátyás-hegyi barlang, Nagy Terem	Kovatélér külső rész	kvarc, kaolinit, kalcit
NSFHB106	FHB16, Csepegő-vizek-terme	Mészköbe betelepült homokkő mátrix	kvarc, kaolinit, kalcit
NSFHB107	FHB15, Mélyszint, Csontváz-terem	Alapkonglomerátumban lévő fehér kavics	dolomit
NSFHB108	FHB17, Csepegő-vizek-terme	Barit+kovás telér darab	kvarc, kaolinit
NSFHB109	FHB18, Csepegő-vizek-terme	Barit+kovás telér darab	kvarc, kaolinit, kalcit
NSFHB110	FHB28, Csepegő-vizek-terme	Barit telér mellől fehér anyag	barit, kalcit
NSFHB111	FHB11, Csepegő-vizek-terme	Barit, barnás, lilás kovás lerakódás, lila fázis	kvarc, barit, hematit
NSFHB112	FHB11, Csepegő-vizek-terme	Barit, barnás, lilás kovás lerakódás, barna fázis	kvarc, barit
NSFHB113	FHB41, Mélyszint, Déli-nagyhasadék	Tömör, földes megjelenésű, üregben lerakódott sárgás anyag	kvarc, barit
NSFHB115	FHB43, Csepegő-vizek-terme	Kovás telér belső szürke fázis	kvarc, kaolinit
NSFHB116	FHB44, Csepegő-vizek-terme	Kovás telér középső barna fázis	kvarc, kaolinit
NSFHB117	FHB45, Csepegő-vizek-terme	Kovás telér külső világos barna fázis	kvarc, kaolinit, kalcit
NSFHB118	FHB47Mélyszint, Szűlinapi ág	Tömör sávozott anyag	barit
NSFHB121	FHB103, Pillér-terem	Barna rétegzett kitöltés	Kalcit
NSBB115	BB115, Száraz-terem	Limonitból fehér üregkitöltés	Kaolinit-csoport, Montmorillonit-csoport, kvarc, alunit
NSBB116	BB116, Labirintus	Homokkő törmelék, és fehér anyag	kvarc, kalcit, hematit
NSBB118	BB118, Labirintus	Fehér porszerű anyag	Kaolinit-csoport, alunit, kalcit, gibbsit

NSKHH014	KHH014, Kis-Hárs-hegy déli rész	Laminált vajszínű kőzet	kvarc
NSKHH016	KHH016, Kis-Hárs-hegy, északi rész	Földes barna üregkitöltés	Kalcit

IX. melléklet: Fluidzárvány mérések eredményei

1-es minta	kalcit					
szemcse száma	Zárvány száma	T_h (C°)	Megjegyzés	eutektikus pont (°C)	T_m (C°)	NaCl ekv. súly %
	12	78				
	20	74				
	21	72				
	22	71				
	23	79				
2	24	71				
2	25		Dekrepitált			
2	26					
2	27	78				
2	28	73				
2	29			-24,9	-0,2	0,35
2	30			-21,2	-0,3	0,53
2	31			-18,5	-0,2	0,35
3	32	75			0	
3	33				0	
5	34	96			0	
11	35	67			-0,1	0,17
11	36	73			-0,1	0,17
11	37	74		-21,9	-0,1	0,17
12	38	122			0	
12	39				0	
13	40	122			0	
13	41		Dekrepitált		0	
14	42	107			0	
14	43	108		-21,6	-0,1	0,17
14	44	109			-0,1	0,17
14	45	110		-20,5	-0,1	0,17
14	46		Dekrepitált		0	
15	47	97				
15	48	132				
15	49	132				
15	50					
15	51					
16	52	72				
18	53	74				
	54	66				
	55	87				
	57	76				
	58	74				
	59	73				

16-os minta	kalcit					
szemcse száma	Zárvány száma	T _h (C°)	Megjegyzés	eutektikus pont (°C)	T _m (C°)	NaCl ekv. súly %
1	1	72				
1	2	70				
1	3	71				
2	1	75				
2	2	76				
3	1	78				
4	1	68				
4	2	73				
4	3	68				
4	4	111				
5	1	71				
5	2	72				

19-es minta	kalcit					
szemcse száma	Zárvány száma	T _h (C°)	Megjegyzés	eutektikus pont (°C)	T _m (C°)	NaCl ekv. súly %
1	1	70				
2	1	72				
3	1	73				
3	2	76				
4	1	73				
4	2	76				
5	1	73				
5	2	68				
6	1	69				
6	2	72				
6	3	75				
7	1	80				
8	1	73				
9	1	68				

88/1-es minta	kalcit						
Chip száma	Zárvány száma	T _h (C°)	T _h (C°) 2	Megjegyzés	eutektikus pont (°C)	T _m (C°)	NaCl ekv. súly %
1	1	75					
2	1	160			-20,1	-0,7	1,22
3	1	62					
5	1	65					
6	1	46					
7	1	179	183		-21,5	-0,9	1,56
	2	180	179				
	3	187	187				
8	1	116					
	2	144					
9	1	169	169				
10	1	169	169				
11	1	154					
12	1	161	162				
	2	177			-21,5	-0,9	1,56
	3	116					
	4	117					
	5	122					
13	1	171					
	2	181	181				
	3	189	189				
	4	148					
14	1	169					
	2	182					
15	1	180					
	2	172					
16	1	194					
17	1	194					
	2	150					
	3	165					
1	1	176					
	2	158					
	3	228	230				
	4	198					
	5	198					
	6	206	208				
2	1	190					
3	1	171	170				
	2	180	181				
1	1	156	159				

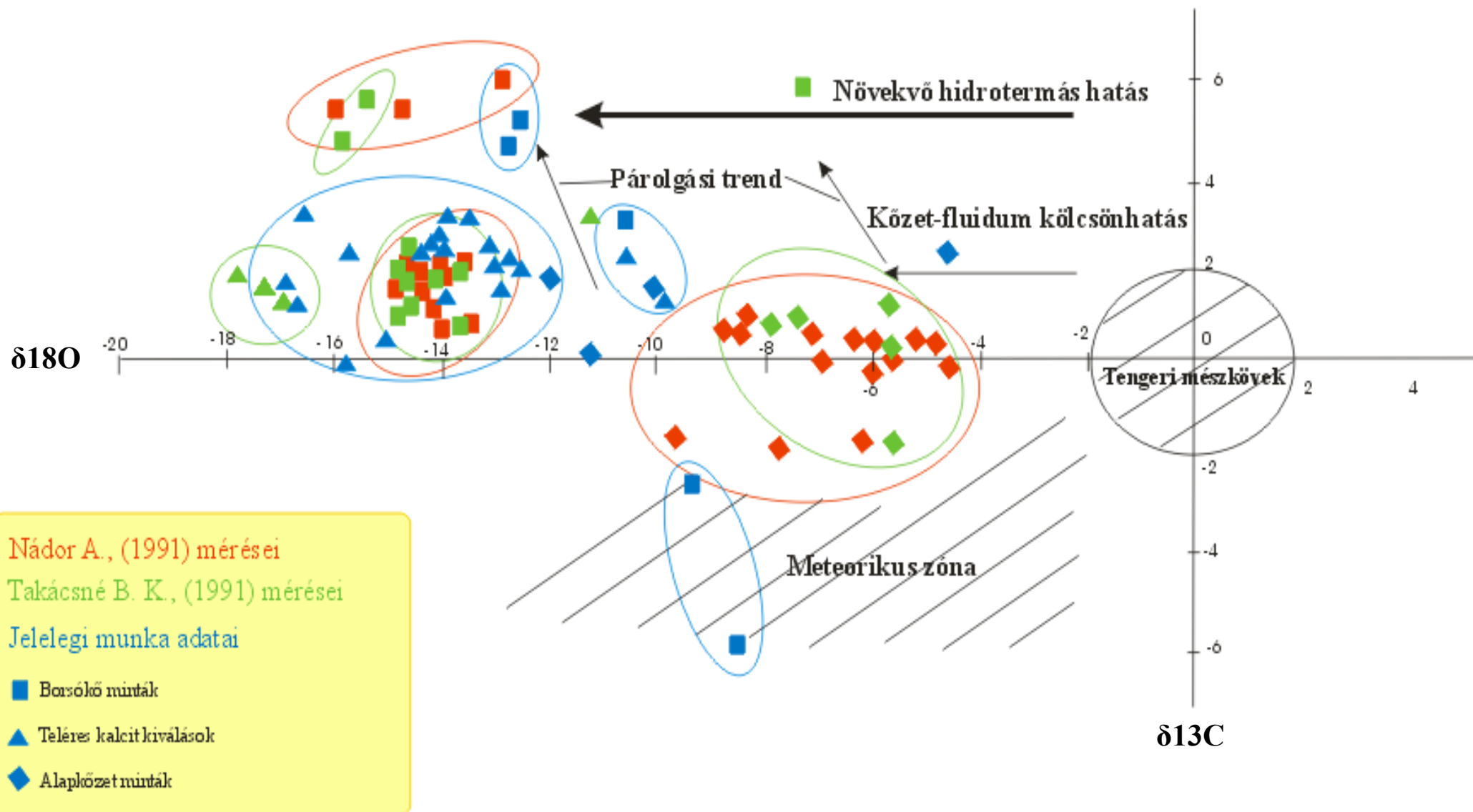
88/2-es minta	kalcit						
Chip száma	Zárvány száma	T _h (C°)	T _h (C°) 2	Megjegyzés	eutektikus pont (°C)	T _m (C°)	NaCl ekv. súly %
1	1	61					
2	1						
3	1						
5	1	157					
6	1	158					
6	4	153					
6	5	133					
6	7	171					
6	8	159					
6	9	170					
10	1	173					
15	1	138					
16	1	56					
16	2	145					
16	3	134			-20,1	-1	1,73
16	4	82			-21,5	-1	1,73
16	5	168					
16	6	141					
17	1	90					
17	2	146					
17	3	136	136				
17	4	132					
17	5	136					
17	6	135					
21	1	160					
21	2	161	161		-20,8	-0,7	1,22
21	3	150					

Hárs-hegy_113-as minta							
Minta száma	Chip száma	Zárvány száma	T _h (C°)	T _h (C°) 2	eutektikus pont (°C)	T _m (C°)	NaCl ekv. súly %
113/3/1	kalcit						
	1	1	120			0	
113/2/1						0	
	1	1	175		-21,6	-0,7	1,22
113/3/2						0	
	1	1	206			0	
		2	181			0	
	2	1	161		-20,4	-0,6	1,05
		2	150			0	
		3	145			-0,7	1,22
		4	122		-20,7	-0,7	1,22
		5	130			0	
		6	152			0	
		7	172			-0,6	1,05
	3	1	156			0	
		2	201			0	
		3	195			0	
		4	204			0	
		5	169			0	
		6	210			0	
		7	169			0	
		8	203			0	
		9	180			0	
		10	203			0	
		11	180		-20,9	-0,8	1,39
		12	199			-0,8	1,39
		13	135			0	
		14	170			-0,8	1,39
		15	171				
	4	1	55				
		2	55				
113/3/1							
	1	1	204				
113/1/1	1	1	153		-21,1	-0,6	1,05
		2	221		-20,5	-0,6	1,05
	2	1	214		-21	-0,7	1,22
		2	52				
113/3	1	1	55				
	2	1	123				
		2	159		-20,3	-0,6	1,05
		3	220				
		4	115				
		5	174				
		6	257				
		7	184				
		8	154				

X. Melléklet: Stabilizotópos vizsgálatok eredményei

Gyűjtés hely; minta száma	Minta leírása	D13C (‰)	D18O (‰)
Bátori-barlang			
BB105	ércből preparált kalcit	3,32	-13,98
BB110	alapkőzet sárgás	1,78	-12,04
	fehér kalcit ér	2,26	-12,99
	szürkés szivacsos kalcit	0,20	-11,24
	Borsókő	3,21	-10,62
BB111	tűs kalcit	1,50	-9,88
BB119	ércben kalcit	3,38	-13,54
BB120	fehér kalcit az érc üregeiből	2,41	-10,57
BB122	fehér kalcit az ércdarabok breccsájának kötőanyaga	2,72	-13,15
Ferenc-hegyi- barlang			
FHB24	kalcit telér alsó rész	1,56	-12,84
	kalcit telér középső rész	2,44	-10,56
	kalcit telér felső rész	-0,01	-15,85
FHB64	5-ös kalcit csiszolatban alsó rész	1,34	-16,77
	5-ös kalcit csiszolatban középső rész	1,48	-16,79
	5-ös kalcit csiszolatban felső rész	1,42	-16,76
FHB88	kalcit csiszolat alsó zárványos rész	1,62	-13,96
	kalcit csiszolat középső zárványtalan rész	0,46	-15,00
	kalcit csiszolat középső zárványos rész	2,03	-12,45
	kalcit csiszolat felső zárványos rész	2,52	-13,96
	barit fölötti kalcit	1,81	-16,92
FHB92	tűs kalcitból középső rész	3,31	-16,51
FHB132	Breccsa cementanyag kalcit	2,74	-14,12
	Alapkőzet, Szépvölgyi Mészkö	1,71	-9,98
	Vékony 1. borsókő réteg	-2,81	-9,43
	utolsó borsókő réteg	-6,46	-8,56
FHB133	Borsókő alsó rész	4,92	-12,80
	borsókő felső rész	5,57	-12,54
Hárs-hegy			
HH113	vetőbreccsa cement nagy kalcit alsó rész	2,69	-14,11
	vetőbreccsa cement nagy kalcit középső rész	2,60	-14,36
	vetőbreccsa cement nagy kalcit felső rész	2,54	-15,71
HH108	Alapkőzet Dachsteini Mészkö	2,56	-4,69
	breccsa kitöltés kalcit	2,23	-12,85

Gyűjtés hely; minta száma	Minta leírása	D13C (‰)	D18O (‰)
Bátori-barlang			
BB105	ércből preparált kalcit	3,32	-13,98
BB110	alapkőzet sárgás Dachsteini Mészkö	1,78	-12,04
	fehér kalcit ér	2,26	-12,99
	szürkés szivacsos kalcit	0,20	-11,24
	Borsókő	3,21	-10,62
BB111	tűs kalcit	1,50	-9,88
BB119	ércben kalcit	3,38	-13,54
BB120	fehér kalcit az érc üregeiből	2,41	-10,57
BB122	fehér kalcit az ércelemek breccsájának kötőanyaga	2,72	-13,15



Nádor A., (1991) mérései
 Takácsné B. K., (1991) mérései
 Jelelegi munka adatai

- Borsókő minták
- ▲ Teléres kalcit kiválások
- ◆ Alaplőzet minták