



J E L E N T É S

A BEKEY IMRE GÁBOR BARLANGKUTATÓ CSOPORT
1992. ÉVI MUNKÁJÁRÓL

Kiss Attila
csoportvezető

Takácsné Bolner Katalin
kutatásvezető

Budapest, 1993. február

Tartalomjegyzék

1992. évi munkaterv	4
ÖSSZEFOGLALÁS	6
FELTÁRÓ TEVÉKENYSÉG	12
A Pál-völgyi-barlang feltáró kutatása /Kiss Attila - Takácsné Bolner K./	12
A. A Ny-i végpont feltáró munkái	12
A feltárt szakasz ismertetése	14
B. Egyéb feltáró kutatások	16
C. Állagvédelmi munkák	18
TUDOMÁNYOS MUNKÁK	22
A Pál-völgyi-barlang denevérállományára vonatkozó megfigyelések	
/Takácsné Bolner Katalin - Füredi Valéria/.....	22
A. Az átfogó denevérszámlálás eredményeinek értékelése	22
B. A Bejárat - Y-folyosó közötti szakasz rendszeres regisztrálásának	
eredményei	34
C. Alkalmi denevérészlelések a Pál-völgyi-barlangban és egyéb	
barlangokban.....	42
Telér- és üregkitöltő kalcit- és baritelőfordulások morfogenetikai vizsgálata a	
Pál-völgyi-barlangban /Füredi Valéria - Takácsné Bolner Katalin/ ...	45
Barlangföldtani megfigyelések a Szelek Barlangjában /Takácsné Bolner	
Katalin/.....	59
Huzatmérések a Pál-völgyi-barlangban /Hemrich Ferenc/	65
Hőmérsékletmérések a Pál-völgyi-barlangban /Hegede Tibor/	69
Radonmérések a Pál-völgyi-barlangban	74

Hidrológiai megfigyelések a Pál-völgyi-barlangban /Zentay Péter/	85
Hidromagnezit és cinnabarit (?) előfordulása a Pál-völgyi-barlangban /Füredi Valéria/	88
DOKUMENTÁCIÓS MUNKÁK	92
A Pál-völgyi-barlang térképezési munkái	92
Mérési jegyzőkönyvek	93
Fotodokumentáció	95
Hidrotermális és egyéb freatikus karsztosodással foglalkozó szakcikkek fordítása /Takácsné Bolner Katalin/	96
Derek C. Ford: A Jewel és a Wind Cave (Black Hills, Dél-Dakota) kialakulásának jellemvonásai	97
Carol A. Hill: A Carlsbad Caverns kénsavas barlangképződése és kapcsolata a Delaware-medence (Új-Mexikó és Texas) szénhidrogénjeivel	121
CSOPORTÉLET /Kiss Attila/	140

Térképmelléletek:

PÁL-VÖLGYI-BARLANG	- Kiskarácsony-ág	M = 1 : 250
	- Elfelejtett-folyosó	M = 1 : 250

Magyar Karszt és Barlangkutató Társulat
BEKEY IMRE GÁBOR Barlangkutató Csoport

1992. É V I M U N K A T E R V

A csoport kutatási területe:

Pál-völgyi-barlang és a -kőfejtő barlangjai

Csoportvezető: Kiss Attila

Tudományos munkák

A kovazónák és hidrotermális ásványtelérek elterjedésének, valamint a különféle hévizes kiválási típusok elterjedésének vizsgálata és térképi feldolgoása a Pál-völgyi-barlangban.

A Pál-völgyi-barlangban telelő denevérállomány megfigyelésének folytatása: átfogó számlálás februárban, kéthetenkénti regisztrálás a Bejárat - Y-folyosó közötti szakaszon.

A hőmérséklet- és légáramlás-mérések folytatása a Pál-völgyi-barlangban.

Közreműködés az ATOMKI által a Pál-völgyi-barlangban végzett radonmérésekben.

A Mozaik-terem időszakos tavának megjelenése esetén a vízszint alakulásának rendszeres regisztrálása.

Dokumentációs munkák

A feltárássra kerülő újabb barlangszakaszok térkép- és fotodokumentációjának elkészítése

Feltáró kutatások

A bontási munkák folytatása a Pál-völgyi-barlang Negyedik Negyedében - kiemelten a Vetkőztető-hasadék végpontján - a Ny felé feltételezett további járatok feltárása érdekében.

A bontási munkák folytatása a Pál-völgyi-barlang 1987-ben feltárt szakaszain a D és K felé feltételezett további járatok feltárása érdekében.

Bontási munkák a posta-réti /Pilis-hegység/ csemetekert melletti beszakadásban, a beszakadás okának tisztázása ill. a feltételezett barlang feltárása érdekében.

Egyéb tevékenységek

Részvétel a Társulat vándorgyűlésén és egyéb rendezvényein.

Egyhetes nyári kutatótábor a Pál-völgyben.

Gyakorló és ismeretbővítő túrák hazai és külföldi barlangokban.

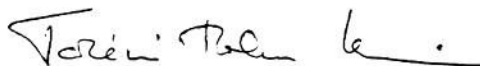
Nyári külföldi túra

Látogatótúrák vezetése más kutatócsoportok számára a Pál-völgyi-barlang nem kiépített szakaszain; a túraútvonal barlang- és balesetvédelmi műtárgyainak karbantartása.

Budapest, 1991. december 15.



Kiss Attila
csoportvezető



Takácsné Bolner Katalin
kutatásvezető

ÖSSZEFOGLALÁS

FELTÁRÓ TEVÉKENYSÉG

A Pál-völgyi-barlang feltáró kutatása

Csoportunk 1992. folyamán a Pál-völgyi-barlang öt pontján végzett feltáró munkákat.

Jelentős előrejutás történt a Vetkőztető-hasadék elmúlt évben feltárt új végpontján, ahol az omladék melletti "kizáródott" szelvényben végzett bontással egy 174 m összhosszúságú, ÉNy felé tartó tágas járatszakaszt sikerült feltárnunk. A Harcsaszájú-barlanggal párhuzamosan, attól mintegy 50 m távolságra húzódó új szakasz már mintegy 35 méterrel nyúlik túl annak ismert kiterjedésén, új távlatokat nyitva meg a barlang Ny-i zónájának kutatásában.

Meglepő módon egy, eddig egyetlen térképen sem szereplő hasadékjárat "újráfelfedezését" eredményezte a kőfejtő falából nyíló, s a Pál-völgyi-barlang Omladék-termével összeköttetésben lévő ún. P-III. üreg megtisztítása is. A DNy felé tartó, 53 m összhosszúságú járat a Tyúklétra hasadékának vonaláig terjed.

A bontási munkák igazolták a Rockenbauer-terem D-i végpontja és a Kis-Kanyon között a felmérések alapján feltételezett, de az erős elcseppkövesedés miatt átjárhatóvá nem tehető összefüggést. Az egyéb kutatási helyek közül a Mese-átjáró feletti omladékban eredményről még nem számolhatunk be, a VB-folyosótól DK-re eső első hasadék ÉK-i végpontján pedig a munkát a szelvény elszűkülése miatt feladtuk.

Állagvédelmi munkáink keretében a Százkettes-folyosó ÉK-i végpontján omladékbiztosítást, a Vetkőztető-hasadék bejáratánál pedig járattágítást végeztünk.

TUDOMÁNYOS MUNKÁK

A Pál-völgyi-barlang denevérállományára vonatkozó megfigyelések

Az 1992. február 23-án végzett átfogó denevérszámlálás során csupán 51 kis patkósrú, 3 kistermetű- és 8 nagytermetű simaorrú denevért, azaz mindösszesen 62 példányt regisztráltunk. Ez az itt telelő denevérek három éve észlelhető csökkenő tendenciájának folytatódását jelzi (a mostani egyedszám alig a fele az 1988. februári 132 példánynak), bár a kiemelkedően alacsony értékekhez hozzájárulhatott a felszíni hőmérséklet alakulása szempontjából késői számlálás is.

A barlang Bejárat - Y-folyosó közötti szakaszán, december elejétől április közepéig átlag kéthetente végzett regisztrálás az egész idényben az előző évhez hasonlóan alacsony létszámokat mutatott, a csúcslétszám - december végén - 29 példány volt. Az állatok területi megoszlása ugyancsak lényegében változatlan, többségük a Nagy Fal, a Pentacon-terem és a Bekey-terem térségében tanyázik; s figyelemre méltó, hogy a legalább 8 héten keresztül azonos ponton megfigyelhető 7 kis patkósrú denevér közül háromnak a helye már az előző idény(ek)ben is "stabil" hely volt.

A barlang egyes, februárban jellemzően denevérmentes szakaszain az "elő- és utószezonban" végzett alkalmi megfigyelések, valamint a Meteor-barlangban, a Szelek-barlangjában és egy annak közelében nyíló barlangban történt észlelések közül figyelemre méltó ez utóbbiban a Magyarországon ritka fajnak számító kereknyergű (?) patkósrú denevérek két kb. tizenöt fős csoportja.

Telér- és üregkitöltő kalcit- és baritelőfordulások morfogenetikai vizsgálata a Pál-völgyi-barlangban

20 kalcit- és 13 baritelőforduláson végzett megfigyelések, mérések szerint az üregkitöltő jellegű előfordulások zöme a bázisukon található, kőzetté vált ősi kitöltések alapján eocén őskarsztos üregekhez kötődik. Az ezek egy részéhez kapcsolódó, illetve a többi előfordulást meghatározó tektonikus repedések irányítottága következetesen ÉK-DNy, KÉK-NyDNy, K-Ny, NyÉNy-KDK vagy ÉNY-DK-i; az együttes előfordulásokban a kalcitkiválást követő baritok helyenkénti önálló megjelenése újabb, a térség kiemelkedését kísérő repedések megnyílását valószínűsíti.

Barlangföldtani megfigyelések a Szelek Barlangjában

A jelenleg 42 km-t meghaladó hosszban ismert rendszer pár km-es bejárt szakaszán végzett megfigyeléseket összevetve a jellegében hasonló amerikai Mammoth-barlangnál szerzett ismeretekkel valószínűsíthető, hogy a Szelek Barlangjának hazai patakos barlangjainktól eltérő morfológiája a tektonikus preformáció alárendeltségére; cseppkőszegénysége ill. gipszképződményei pedig a homokkővel való fedettségre vezethető vissza.

Huzatmérések a Pál-völgyi-barlangban

Az elmúlt évi, februártól április elejéig végzett mérésekhez kapcsolódva ez évben április és november folyamán történt összesen négy alkalommal huzatmérés a barlang 6 pontján, 4 külszíni kapcsolatánál illetve a felszínen. Ezek szerint a felszíni átlaghőmérséklet alakulása (szélsőértékek: -5,7 és +20,4°C) a vizsgált időszakban a légáramlás irányát csak a külszíni kapcsolódási pontokon befolyásolja, a belső pontokon csak intenzitásváltozás figyelhető meg.

Hőmérsékletmérések a Pál-völgyi-barlangban

A barlang 8 pontján harmadik éve folyó mérések alapján az egyes pontok hőmérsékletének szélsőértékeiben legfeljebb 0,1°C-os eltérések mutatkoznak. A Nagy Fal, a Térképész-ág, a Bekey- és a Tollas-terem hőmérséklete nagy vonalakban követi a felszíni átlaghőmérséklet alakulását, míg a Delfin-folyosó, a Csurgatórium, a Titanic- és a Mozaik-terem hőmérséklete gyakorlatilag kiegyenlített.

Radonmérések a Pál-völgyi-barlangban

Az ATOMKI által 1990 áprilisa óta a barlang 13 pontján végzett radonmérések 1992. évi eredményei nem mutatnak számottevő változásokat a korábbiakhoz képest. A Vetkőztető-hasadékban észlelhető intenzív huzat eredetének megállapítása érdekében tavaly kihelyezett PM-0 detektor görbéjén a viszonylag magas téli értékek a behúzó levegő időben is hosszabb útjára engednek következtetni.

Hidrológiai megfigyelések a Pál-völgyi-barlangban

A mélypontot alkotó Mozaik-terem időszakos tavát - ismét figyelemre méltó összhangban a Rockenbauer-teremben jelentkező mesterséges eredetű vízbeszivárgással - ez évben júniustól októberig észleltük; a maximális vízmélység elérte a 160-170 cm-t is.

Hidromagnezit és cinnabarit(?) előfordulása a Pál-völgyi-barlangban

A Kiskarácsony-ágban talált, hófehér, szemcsés-földes jellegű ásványkiválás a MTA Geokémiai kutatólaboratórium által végzett röntgenvizsgálat alapján hidromagnezitnek bizonyult; a barlang egyes baritelőfordulásaihoz kapcsolódó élénkvörös bevonat cinnabarit voltát még - remélhetőleg csak a mintaanyag kis mennyisége miatt - nem sikerült igazolni.

DOKUMENTÁCIÓS MUNKÁK

A Pál-völgyi-barlang térképezési munkái

Térképezési munkáink keretében megtörtént az újonnan feltárt Kiskarácsony-ág, valamint a barlang P-III. bejáratából nyíló "Elfelejtett-hasadék" részletes felmérése; amelyekkel együtt a Pál-völgyi-barlang ismert hossza 1992. december 31-én 7.606 m.

Fotodokumentáció

A Pál-völgyi-barlang új szakaszának fotodokumentálásán túlmenően csoportunk tagjai a hazai és külföldi túrák során számos barlangi felvételt is készítettek. Tárgyi jelentésünket 26 színes fénykép illusztrálja.

Hidrotermális és egyéb freatikus karsztosodással foglalkozó szakcikkek fordítása

A szélesebbkörű nemzetközi tájékozódást célul tűző, 1990-ben megkezdett programunk folytatásaként ez évben két angol nyelvű szakcikk fordítása készült el.

Derek C. Ford cikke a világ legnagyobb hévizes eredetű barlangrendszereit képviselő, - s jellegükben a Budai-hegység "nagy" barlangrendszeihez hasonló - dél-dakotai Jewel és Wind Cave kialakulásával és fejlődéstörténetével foglalkozik.

Carol A. Hill cikkében az új-mexikói Guadalupe-hegység - formakincsében és ásványkiválásaiban sok szempontból egyes hazai hévizes barlangjainkra emlékeztető - barlangjainak sajátos, kénhidrogén-feláramláshoz kötődő kialakulását bizonyítja.

CSOPORTÉLET

1983. óta változatlan szervezeti felépítésű kutatócsoportunk tagjainak létszáma 1992-ben 25 főre emelkedett. Csoportgyűléseket - a rendszeres hétfői kutatómunka mellett - havonta egyszer tartottunk. A Társulat 1992. évi vándorgyűlésén csoportunk 9 fővel, a belgiumi regionális konferencián 2 fővel vett részt.

Külföldi túráink - a tavaszi Szlovák Paradicsom-túra, a nyári görögországi körút és az őszi erdélyi túra - mellett két hétvégén az Aggteleki Karszt öt barlangját kerestük fel, a közösen eltöltött szilveszterhez kapcsolódva pedig a Mecsekben tettünk túrákat.

Az év során kétszer tartottunk kötéltechnikai gyakorlatot, s összesen 9 alkalommal vezettünk túrákat a Pál-völgyi-barlang kiépítetlen szakaszaira magyar és külföldi barlangkutatók illetve geológus szakemberek számára.

FELTÁRÓ TEVÉKENYSÉG

A PÁL-VÖLGYI-BARLANG FELTÁRÓ KUTATÁSA

A barlang kataszteri száma: **4762/2**

Az 1992-ben feltárt szakaszok hossza:	174 m.
A barlang hossza 1992. december 31-én:	7.606 m.
ebből térképezve:	6.966 m.
vázlatosan felmérve:	560 m.
becsülve:	80 m.

Barlangkutató csoportunk 1992. folyamán összesen mintegy 435 munkaórát fordított a Pál-völgyi-barlang feltáró kutatására és állagvédelmi munkáira. Feltáró tevékenységet összesen 5 ponton végeztünk, ezek közül a Vetkőztető-hasadék új végpontján történt jelentős továbbjutás.

A. A Ny-i végpont feltáró munkái

A barlang addigi Ny-i végpontját alkotó Vetkőztető-hasadékban 1991-ben indítottuk meg újra a feltáró kutatást, amelynek eredményeként, egy kb. 20 m hosszúságú omladék átbontásával 70 m hosszban jutottunk tovább a hasadék folytatásában. Az új végpontot ismét omladék zárta le, a szelvény felső része a lazán álló tömbök felett tágulni látszott, míg alul az omladék mellett csupán egy keskeny védett szelvényrész mutatkozott.

Elsőként a járat felső részében lévő instabil tömbök elmozdításával próbálkoztunk feljutni az omladék fölé, ez a munka azonban egyre

veszélyesebbé vált, ugyanakkor egyre kiterjedtebb omladékba engedett bepillantást. Így február elején az alsó kis kizáródott szelvény megbontása mellett határoztunk.

Noha a biztonságosan bontható szélesség csupán mintegy 40 cm volt, a munka kezdetben gyorsan haladt, az eredetileg kb 15 cm-es légrés a lazán álló kövek és agyagkitöltés eltávolításával könnyen mélyíthető volt. Mintegy 6 m előrehaladás után azonban a védelmet nyújtó párkány elfogyott és a hosszú szűkületben az anyagtovábbítás is egyre nehezkesebbé vált.

Az anyagszállítás megkönnyítésére ismét a tavaly már bevált 10 l-es, oldalt félig kivágott műanyagkannákat használtuk, amelyeket a szűk, de szerencsére egyenes járatban kötél segítségével mozgattunk. A falhoz támaszkodó omladékban különösen nagy elővigyázatosságot igénylő bontásra szerencsére csupán 2 m hosszban volt szükség, mögötte ismét párkány védelmében, de már csak alig 30 cm szélességű szelvényben haladhattunk előre.

Itt a munkát már csak csoportunk legvékonyabb termetű, nőnemű tagjai tudták végezni; a munkavégzés körülményeire jellemző, hogy műszakonként a "termelés" mindössze 10-12 kanna volt... A 15 cm-es légrés azonban változatlanul biztató volt, s szerencsére a talpsüllyesztést egyetlen mozdíthatatlanul nagy kőtömb sem gátolta.

December elejére a bontás hossza már mintegy 20 m volt, s a védőpárkány végre szélesedni, az aljzati kitöltés pedig lazulni kezdett. Itt ismét gyorsabban haladhattunk előre, s december 20-án végre átjutottunk az omladékon: a párkány végén nyíló kis "kapu" mögött ismét tágas barlangfolyosó sötétlett!

A Vetkőztető-hasadék eddigi szintes elhelyezkedésével ellentétben erőteljesen lejtő folyosóban vagy 80 m-t hatolhattunk akadálytalanul előre, ott

leszűkülő szelvényben a főte elérte a kitöltés szintjét. Ezután a balról betorkolló oldalág átvizsgálása következett, amely egy mély hasadékakna után kettéágazva hamarosan szintén kitöltéssel zárult, s csak pár m hosszban bizonyult bejárhatónak a két jobboldali oldaljárat is.

A feltárás időpontja alapján Kiskarácsony-ágnak elnevezett új járatszakasz első bejárói Füredi Valéria, Hegyessy Tamás, Kiss Attila, Palkovics Gábor, Takácsné Bolner Katalin, Tóth Attila és Zámbó Zoltán voltak. Végpontjainak, felsőbb szelvényrészeinek, valamint a középső szakaszon található omladéknak a részletesebb átvizsgálása, megkutatása már a jövő év feladata lesz.

A feltárt szakasz ismertetése

A Kiskarácsony-ág - noha szerkezetileg nagy része a Vetkőztető-hasadék egyenes folytatásának feleltethető meg - jellegében, szintviszonyainak alakulásában sokkal inkább a tőle csupán 50 m távolságban húzódó Harcsaszájú-barlanghoz hasonlít. Az átbontott omladékszónát követően ugyanis a Vetkőztető-hasadék teljes hosszára jellemző omladékos jelleg és szintes elhelyezkedés megszűnik, a hirtelen kitáguló és felmagasodó, szépen oldott folyosó erőteljesen lejténi kezd, s e lejtős tendencia a végpontig folytatódik.

E "rendellenes" ÉNy-i lejtés minden bizonnyal a rétegtani adottságok változására vezethető vissza: a befoglaló felső eocén mészkő látható dőlése a szakaszon ugyanis - a barlang egészére jellemző DDK vagy DDNy helyett, a Harcsaszájú-barlangban tapasztalhatóhoz hasonlóan - közel ÉNy-i, azaz a járat térbeli helyzete itt is a rétegződésnek megfelelő. Befoglaló kőzete abban is kissé eltér a barlang egyéb részeitől, hogy itt benne a Nummulitesek dominálnak, helyenként tömegesen kipreparálódva a szokatlanul tisztára mosott falakon.

A szakasz főfolyosójának tektonikus preformációja - az utolsó 20 m kivételével, amely NyÉNY-KDK irányba fordul - a Vetkőztető-hasadékkal megegyezően ÉNy-DK-i; oldaljáratai K-Ny illetve ÉÉNy-DDK irányú töréseket követnek. A főjártat jelentős része a preformáló törés mindkét oldalán oldott, jellegzetes, kétoldalt kihasasodó "körte-szelvényel"; kovásodás nem észlelhető - ugyanezek a tulajdonságok jellemzik a Harcsaszájú-barlang Pannónia-folyosójának kezdeti részét is. Oldalágai közül csak a DDK felé tartó jelentősebb, ennek a főjártat szintjében kialakult tágasabb szelvényéhez alulról egy közel 10 m mélységű, alul elszűkülő hasadékjellegű szelvényrész csatlakozik.

Jelentősebb omlás csak a főfolyosó hátsó részén, feltehetően az utolsó 20 m-es szakasz irányát meghatározó törésvonal becsatlakozásánál alakult ki. A járatok aljzatát zömmel tisztára mosott, kisebb darabokból álló, laza törmelék tölti ki, agyagfelhalmozódás csak a végpont térségében található - hasonló aljzattal eddig csak a Rockenbauer-terem mesterséges beszivárgásokkal "átmosott" részén találkoztunk. A szakaszon aktív vízcsepegés jelenleg csak a végpont térségében észlelhető, ahol az É-i falat kiterjedt cseppkőfolyás, az aljzatot pedig teljes szélességében cseppkőbekérgezés borítja, de kisebb kicsepegések számos pontján előfordulnak.

Az idős hidrotermális fázis ásványlerakódásai közül a kalcit egy kb. 5 cm vastagságú telér formájában jelenik meg a K felé kiágazó kis oldaljártat tengelyében; baritot eddig csak törmelékben találtunk a DDK-i oldalág aljzatában, a sárgásfehér táblácskák átlag 3 mm hosszúságúak. Az egyik ilyen törmelékdarabon a barithoz kapcsolódva finom vörös erettségként megjelenő cinnabaritot feltételezünk.

Hévízes ásványlerakódások: kalcitlemezek és apadási színlők csak a folyosó kezdeti szakaszán fordulnak elő egy kisebb foltban, kb. a 200 m-es tszf. magasságban; a mélyebb helyzetű járatokban már nem találhatók meg. Az elszórtan megfigyelhető, apró gömböcskékből álló borsókövesedés mellett a Pál-völgyi-barlangban újdonságként jelenik meg viszont a hidromagnezit, amely a főfolyosót tagoló omladéktól kezdve egészen a végpontig kisebb-nagyobb hófehér, porló-szemcsés halmazokban található az oldalfalakon és az omladék tömbjein, jellemzően élekre, csúcsokra települve.

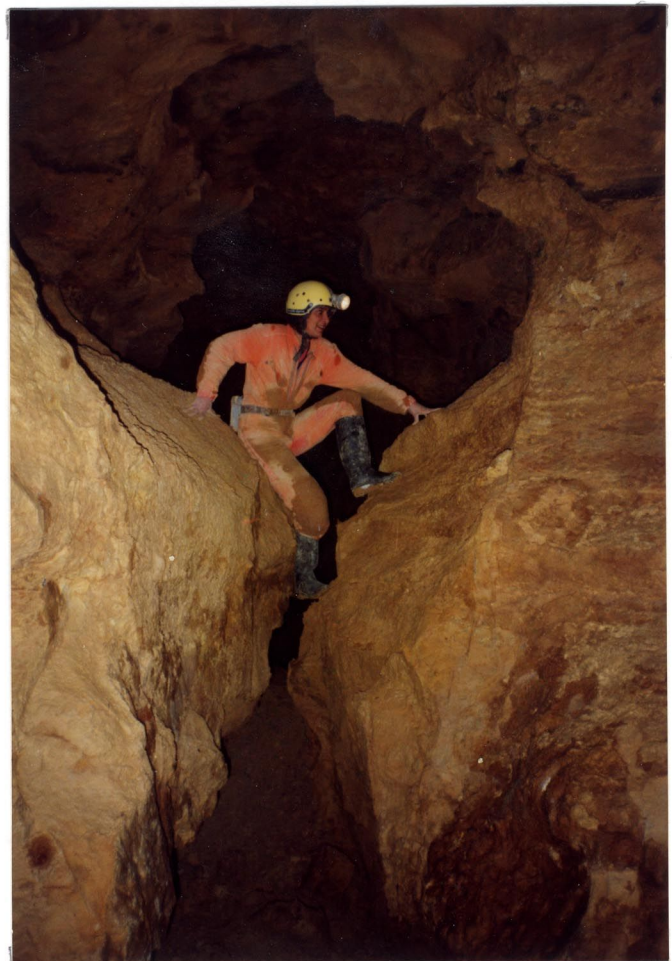
A feltárt új járatszakasza hossza a felmérés alapján 174 m-nek bizonyult (ebből a főfolyosóból az oldalra rácsatlakozó hasadékjárat hossza - 10 m - a térképről leolvasott érték); 174,6 m Bf. szinten elhelyezkedő végpontja 35 m-rel van mélyebben az ág bejáratához képest. Maga a szakasz könnyen - bár a tagoló omladékban óvatosan - járható, de megközelítése a Vetkőztető szűkülete és a hozzávezető két hosszú kuszodaszakasz miatt nehézkes.

A Kiskarácsony-ág feltárásának igazi jelentőségét - földtani és ásványtani különlegességei mellett - elhelyezkedése adja: végpontja immár több mint 200 m-rel nyúlik ki a Pál-völgyi-barlang járathálózatából (ezzel a barlang K-Ny irányú kiterjedése meghaladja a 610 m-t), sőt jó 35 m-rel túlnyúlik a Harcsaszájú-barlang ismert végpontján is. Minthogy a rendszer hálózatos szerkezetére vonatkozó ismereteink alapján nem valószínű, hogy ezen északnyugati zóna üregesedését csak ez a járatpár képviselné, a tágas üregméreteket mutató Kiskarácsony ág feltárása jelentős ismeretlen szakaszok létezésére enged következtetni, komoly távlatokat nyitva ezzel meg nemcsak az ág végpontjainak, hanem a barlang egyéb Ny-i és ÉNy-i végpontjainak a továbbkutatáshoz is.



A bontás kezdete
a Vetkőztető-hasadék
1991. évi végpontján

A DDK felé kiágazó
oldaljárat torkolati
szakasza





A végpont térsége



B. Egyéb feltáró kutatások

Az év folyamán a Pál-völgyi-barlang Negyedik Negyedében, valamint az 1987-ben feltárt szakasz két pontján végeztünk további bontási munkákat; ez utóbbiak egyike ismert járatok közötti átjáró létesítésére irányult.

1.) A Rockenbauer-terem D-i végéből nyíló kuszoda valamint a Kis-Kanyon É-i végében, az Óriáskifli járata felett induló hasadék valószínű összefüggése már ezek részletes feltérképezését követően felvetődött. Az összeköttetés megteremtésének igénye azonban csak idén, a PHARE program keretében a Pál-völgyi-barlangba tervezett monitoring-rendszer kábelhálózatának minél célszerűbb vezetése kapcsán merült fel.

A két járat azonos törésre való illeszkedését már a tavasszal sikerült igazolni: a két végpont között összekopogásra nem is volt szükség, halkan ugyan, de érthetően hallottuk egymás hangját. Az átjáró bontását ősszel kezdtük meg, mindkét oldalról talpsüllyesztéssel dolgozva a fent tényérnyire szűkülő szelvény alatt. Egyműszakos munkával kb. 1-1 m-t előre haladva az áthallás tökéletessé, ugyanakkor a Kis-kanyon felől a bontás az összecséppkövesedett kitöltés miatt - amely mögött már tágasabb tér sejlett - lehetetlenné vált.

A bontást a Rockenbauer-terem felől folytatva, a következő műszakkal sikerült is ebbe bejutni: a "tágasabb térség" egy lapos, kb. 1,5 m átmérőjű, cseppköves aljzatú üregecskének bizonyult, karnyújtásnyi távolságra a túloldaltól még elérhető ponttól. Minthogy az átjárható kapcsolat itt nem nélkülözhetetlen, a kábel átjuttatásához pedig a megnyitott szelvény is elegendő, a jelentős munkabefektetést követelő és indokolatlan pusztítást igénylő átbontásról lemondtunk.

2.) A barlang DK-i zónájában, a VB-folyosóval párhuzamos második hasadék Ék-i végpontjának 1991-ben megkezdett bontását a Szürke-delta új szakaszának vázlatos felmérését követően - minthogy az a hasadéknak nem a Szürke-delta rendszerére illeszkedő voltát jelezte - az év tavaszán folytattuk.

Négy műszakkal mintegy 2 m-es előrejutást értünk el a kovás főtéből kipergett laza kovaanyag eltávolításával, ott azonban az addig legalább 50 cm szélességű kovazóna váratlanul kétfelé vált. A némileg szélesebb DK-i ágban még kb. 1 m hosszban folytattuk a bontást, ahol az áthalmozódott kova felett egy kis légteres szelvényrész is feltárult, előre azonban szálban állónak tűnő, viszonylag kemény kova váltotta fel a korábbi laza kitöltést. Minthogy ez a helyzet jó félméteres talpsüllyesztéssel sem változott, a munkavégzés szempontjából és földtanilag is reménytelennek tűnő bontást felhagytuk.

3.) A Negyedik Negyed Pentasix-folyosójának ÉNy-i folytatásában feltételezett járat feltárása érdekében, az alábukó kovazónával záródó végponton 1989. óta végzünk alkalmi bontásokat. Idén két bontóműszakkal mintegy 1 m-rel süllyesztettük itt a talpszintet, de a végpont jellege érdemben nem változott.

*

Itt kell végül megemlítenünk a Pál-völgyi-barlang Omladék-terméhez éppenhogy átjárhatóan kapcsolódó, ún. P-III. üreg DK-i járatának "újráfelfedezését", amely a végponton kialakított törmelékfogó gát alapján már korábban is ismert volt, de egyetlen barlangtérképen vagy leírásban sem szerepel.

A kezdeti, szűk kuszodaszakasz után hasadékszerűen felmagasodó "Elfelejtett-folyosóra" a P-III. üreg bejáratának a kitisztítása alkalmával, egy befűjt nylonzacskóra "vadászva" bukkantunk rá. Az erősen omladékos jellegű, képződménymentes, a kőfejtő falával párhuzamosan DK felé tartó járat átlagos szélessége 0,5-1 m, magassága helyenként a 4-6 m-t is eléri. A folyosó a Tyúklétra hasadékának vonalában húzódó keresztöréssig követhető, amelyet mindkét irányban törmelékes kitöltés zár. Első harmadában, a Pál-völgyi-sziklahasadék (vagy P-II. üreg) vonalának megfelelően kisebb teremmé tágul, s a két hasadék térképének összevetése alapján valószínű ezek összeköthetősége is.

Az Elfelejtett-folyosó felmérése a Pál-völgyi-barlang ismert kiterjedéséhez 53 m-rel járult hozzá.

C. Állagvédelmi munkák

A Pál-völgyi-barlang járóútvonalainak eseti karbantartási, igazítási munkái mellett a barlang három pontján végeztünk biztosítási, járattágítási illetve tisztogatási munkákat.

1.) A Százkettes folyosó Titanic-terem felőli bejáratát alkotó omladék egyik alsó tömbje július közepén, egy túra alkalmával megmozdult. A Nagykörhöz tartozó, viszonylag sűrűn látogatott szakaszon elengedhetetlen biztosítási munkálatok elvégzésére augusztus elején került sor.

Az omladék felsőbb tömbjeinek alapos átvizsgálásával kiderült, hogy az elmozdult tömb nem volt teherviselő, további tömbök helyzetében változás nem következett be. Ezt követően a megmozdult tömböt a járóútvonalból eltávolítottuk. Az év további részében a szakaszon állagváltozás nem történt.

2.) Minthogy ebben az évben kutatásaink súlypontja a Vetkőztető-hasadékra tevődött át, a szakasz bejáratát alkotó szűkületen - a Vetkőztetőn - való le- és feljutás idő- és energiaigénye a szűkület további tágítását tette szükségessé. A vésőgéppel végzett munkára két műszakot fordítottunk.

3.) A kőfejtő falából nyíló, s egy rendkívül szűk hasadékon keresztül a barlang Omladék-termébe torkolló P-III. üreg bejárat szakaszának a kitisztítását a PHARE program keretében telepítésre kerülő monitoring-rendszer kábelkivezetési lehetőségének tisztázása érdekében végeztük el. Egy műszaknyi munkával az üregből mintegy negyed m³ kőzettörmelékkel és különféle hulladékokat: üvegcserepeket, fadarabokat, konzervdobozokat stb. távolítottunk el.

Az év során a barlang állapotában spontán változás nem következett be. Illegális behatolásra utaló, falbakarcolt nyilat egyetlen esetben, októberben észleltünk a Hajós-teremben, ennek friss volta azonban nem volt egyértelmű. A karcot agyagbedörzsöléssel láthatatlanná tettük.

/Kiss Attila - Takácsné Bolner Katalin/

TUDOMÁNYOS MUNKÁK

A PÁL-VÖLGYI-BARLANG DENEVÉRÁLLOMÁNYÁRA VONATKOZÓ MEGFIGYELÉSEK

A. Az átfogó denevérszámlálás eredményeinek értékelése

A Pál-völgyi-barlangban 1986 óta folyó téli átfogó denevérszámlálás 1992-ben ismét az előző évekkel azonos időszakban, február 23-án történt. A barlang egyidejű átvizsgálását 8 brigádban összesen 21 fő végezte, a közel 7,4 km-es járathálózatból csak három nehezen megközelíthető, s mindaddig denevérmentesnek bizonyult szakasz: a Vetkőztető-hasadék, a Heliktites-terem és a Szépvölgyi-ág térsége nem került átvizsgálásra. A regisztrálás az eddigi gyakorlat szerint, család- illetve méret szerinti meghatározással, a tartózkodási helyek térképi ábrázolásával történt.

A számlálás számszerű eredményei barlangszakaszonként a következők:

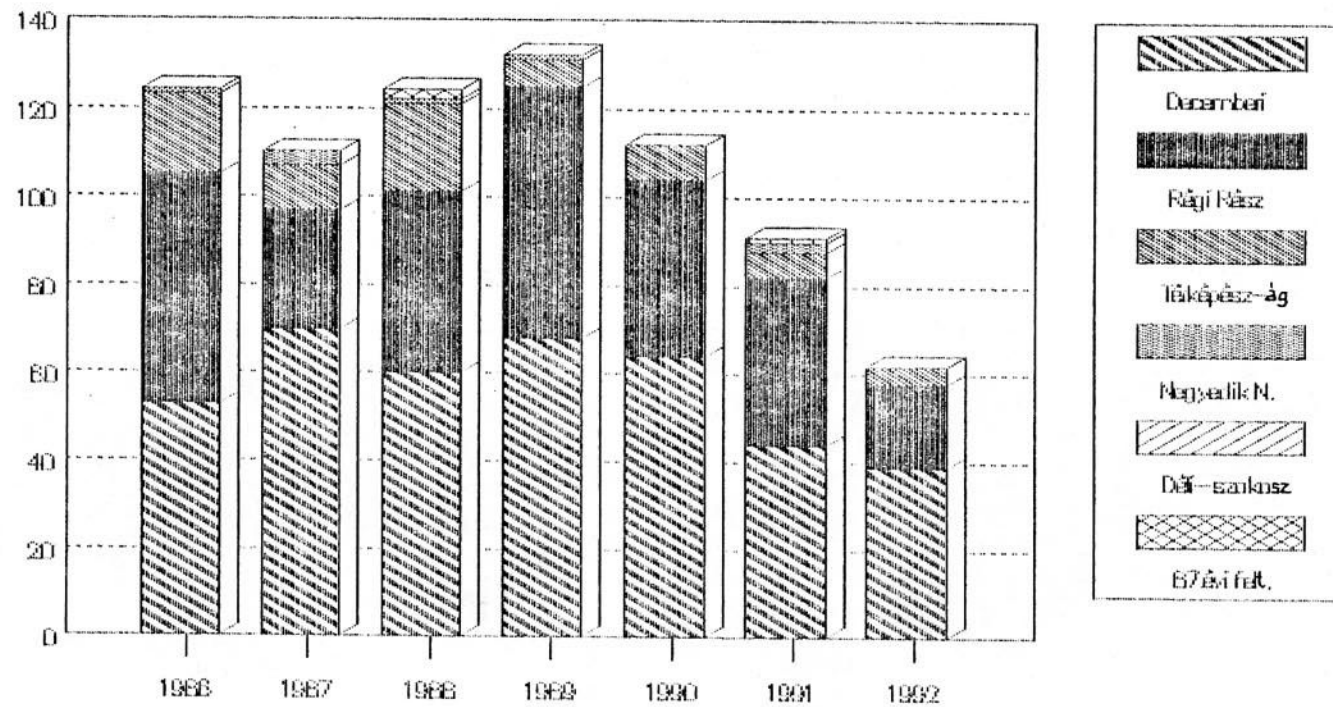
	Kis patkósorrú denevér	Nagy	Kis simaorrú denevér	Nagy	Összesen
Régi Rész	14	-	2	3	19
Decemberi szakasz	35	-	1	3	39
Térképész-ág	2	-	-	2	4
Negyedik Negyed	-	-	-	-	-
Déli Szakasz	-	-	-	-	-
<u>1987.évi feltárások</u>	-	-	-	-	-
Összesen	51	-	3	8	62

Amint az a fenti adatokból is kitűnik, a számlálás - sajnos - a Pál-völgyi-barlangban telelő denevérek számának további csökkenését mutatja, minden eddigi "negatív rekordot" alulmúlva. Számlálásaink kezdete, azaz 1986 óta minden faj(csoport) és minden barlangrész vonatkozásában az ideiglenes a legalacsonyabb létszám. (Egyetlen kivételként a kistermetű simaorrú denevéreket említhetnénk, hiszen volt már olyan év, amikor ezekből egyet sem regisztráltunk, azonban ezek észlelése - minthogy többnyire szűk repedésekbe mélyen bebújva tanyáznak - gyakran csak szerencse kérdése.) A jelenlegi létszám a barlang legnépesebb faját képviselő kis patkósorrú denevérek esetében az 1988. évi csúcslétszámnak már csak 48 %-a, a második legnépesebb csoportot jelentő nagytermetű simaorrú (hegyesorrú ?) denevérek esetében pedig az 1990. évi 23 példányos csúcshoz csupán 30 %-a; s a számlálások kezdete óta ez az első év, amikor egyetlen nagy patkósorrú denevért sem regisztráltunk.

Az összlétszám fokozatos csökkenése az 1989. évi csúcshoz követően, 1990-ben kezdődött meg a barlang mindkét, jelentősebb denevérállománnyal rendelkező szakaszán (1.sz. ábra). Az egyes faj(csoport)oknál azonban a csökkenés kezdete nem azonos: a kis patkósorrú denevérek számának csökkenése már 1989 óta tart; a csupán néhány példánnyal képviselt nagy patkósorrúaké 1990 óta; míg a nagytermetű simaorrúaké csak 1991 óta mutat csökkenő tendenciát (2.sz. ábra).

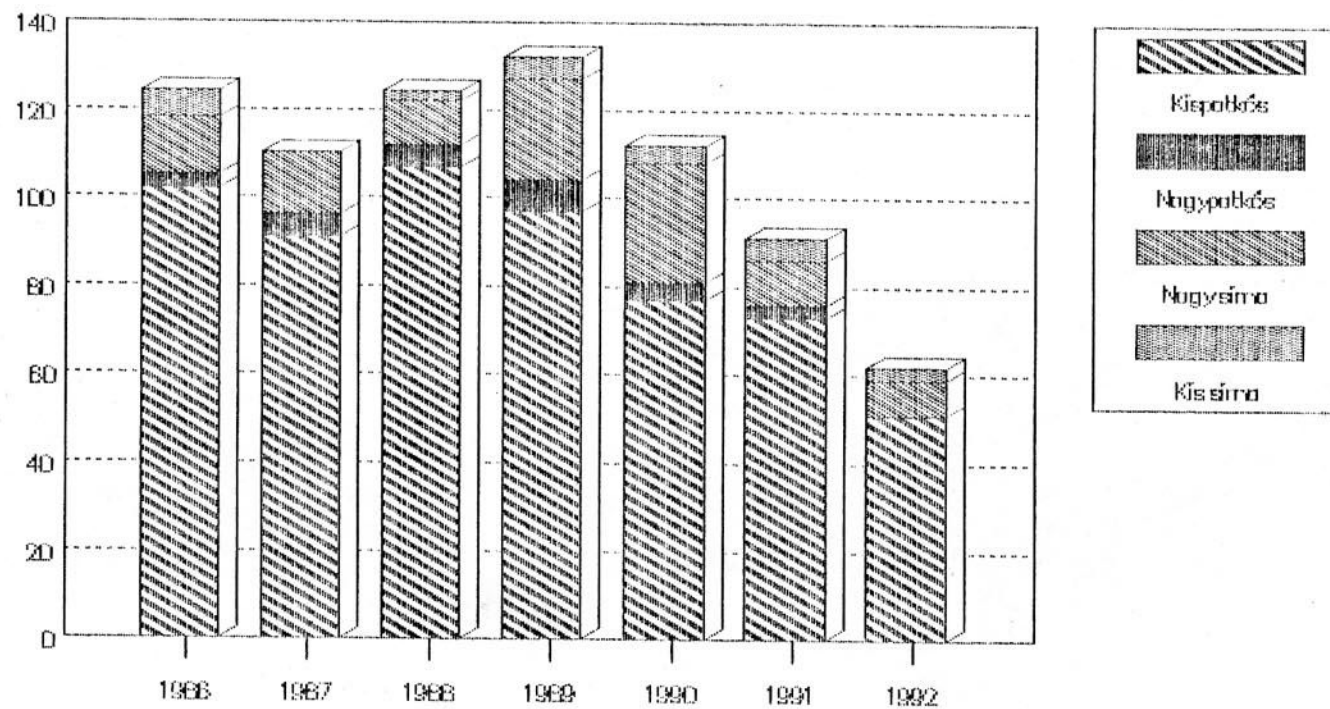
Az állatok területi megoszlását faj(csoport) szerinti bontásban a mellékelt térkép mutatja be (3.sz. ábra). Ezt összevetve a korábbi jelentéseinkben közöltekkel megállapítható, hogy továbbra is helytálló az a tavalyi megfigyelésünk, miszerint a létszámcsökkenés a barlang minden jellemző "denevéres" járatszakszágát egyaránt érintette. A korábbi népes

A Pálvölgyi-barlang denevérállományának területi megoszlása februárban

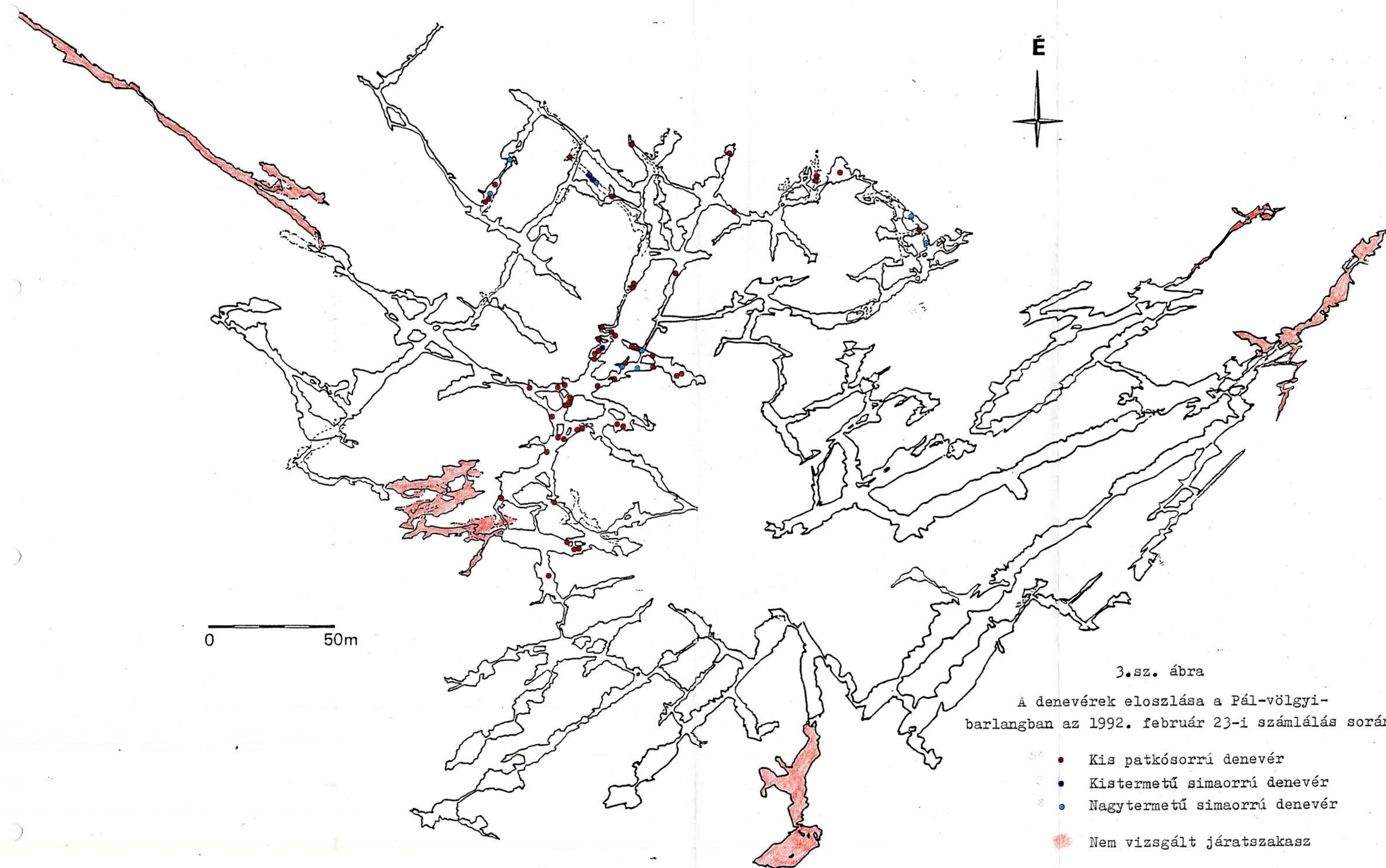


1.sz. ábra

A Pálvölgyi-barlang denevérállományának fajok szerinti megoszlása februárban



2.sz. ábra



3.sz. ábra

A denevérek eloszlása a Pál-völgyi-barlangban az 1992. február 23-i számlálás során

- Kis patkóorrú denevér
- Kistermetű simaorrú denevér
- Nagytermetű simaorrú denevér
- Nem vizsgált járatszakasz

tanyahelyek (mint például a Rádium-terem, a Hosszú-folyosó, a Pentacon-terem és "előszobája", a Nagy Fal vagy a Technikás-ág) mindegyikén az idén is tartózkodtak állatok, de a korábbi évekhez képest ismét csekélyebb létszámban.

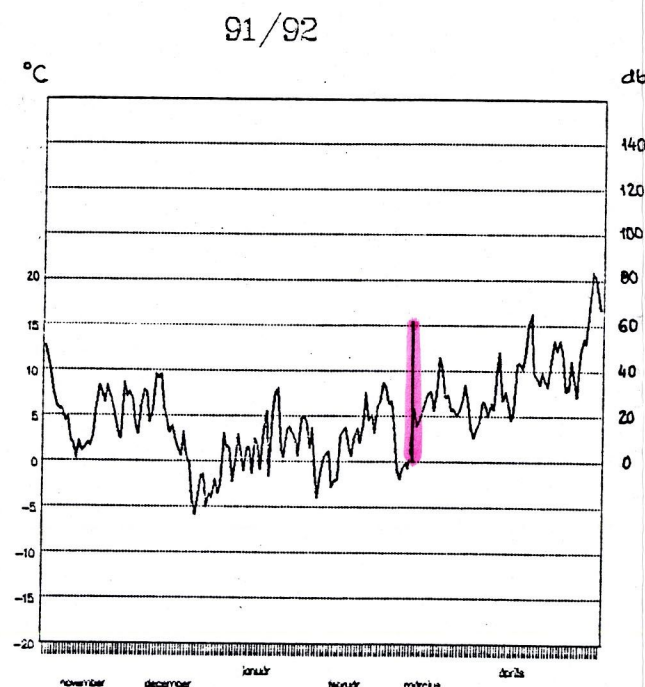
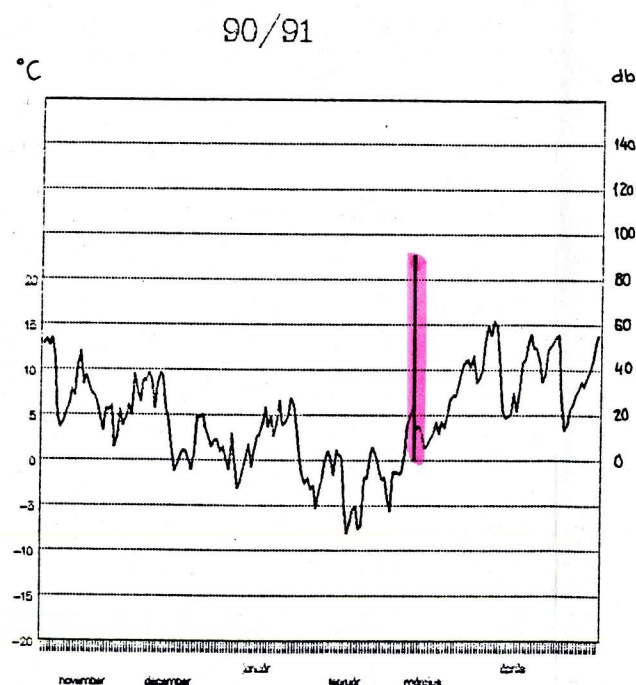
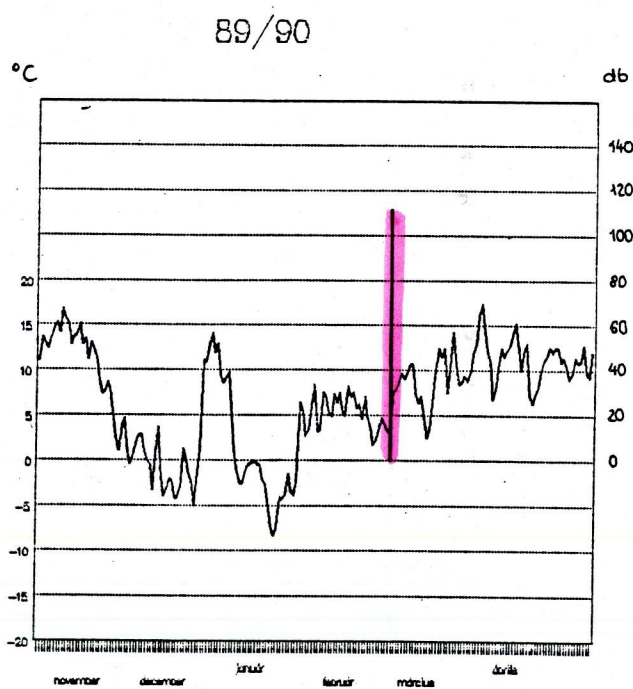
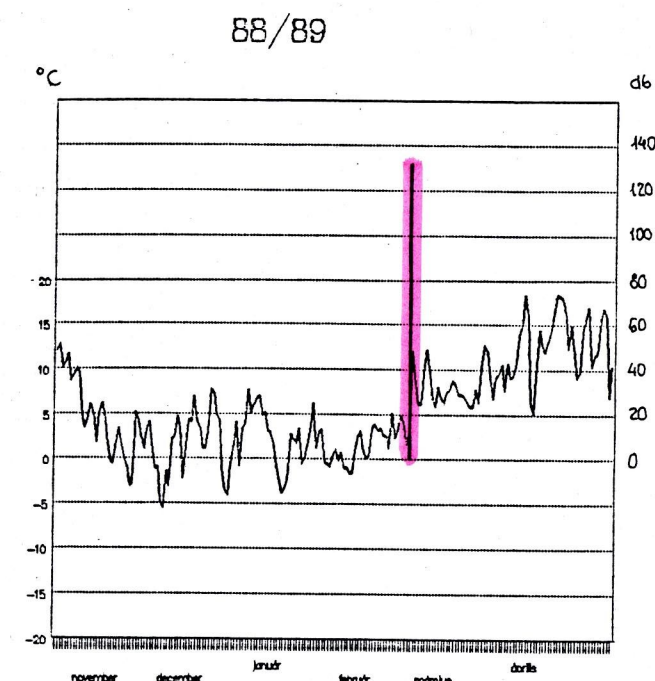
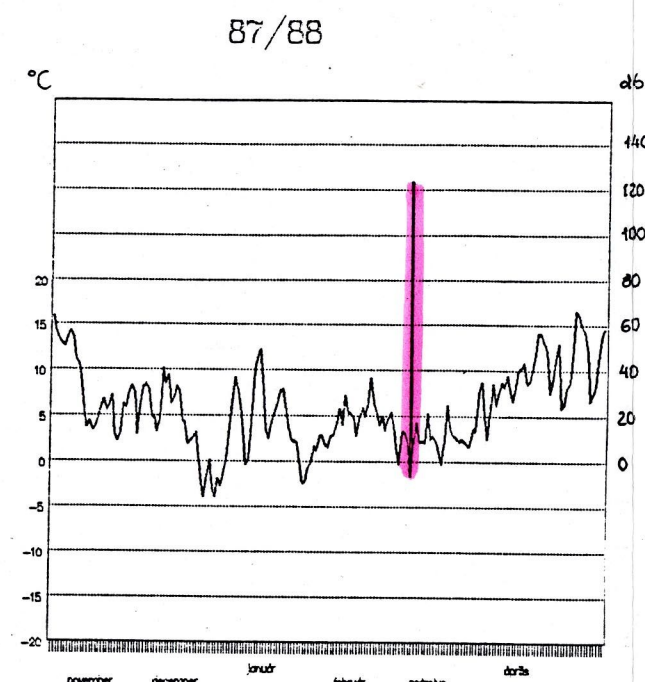
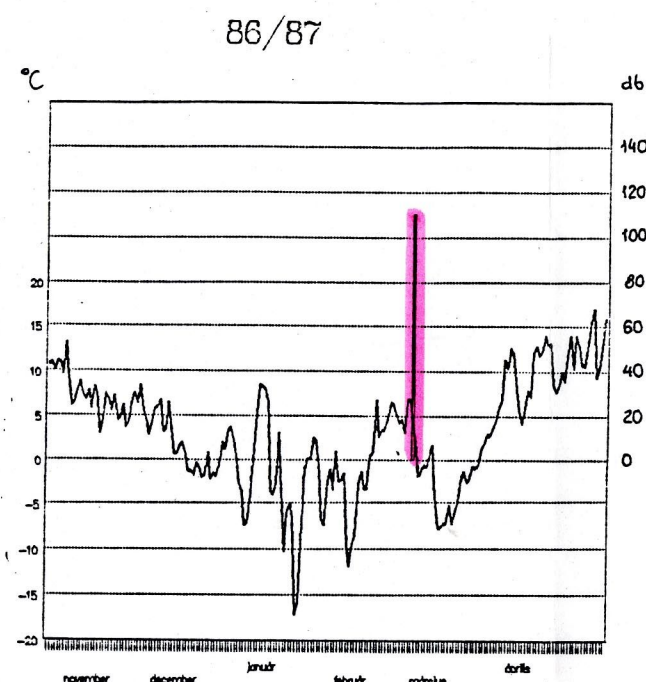
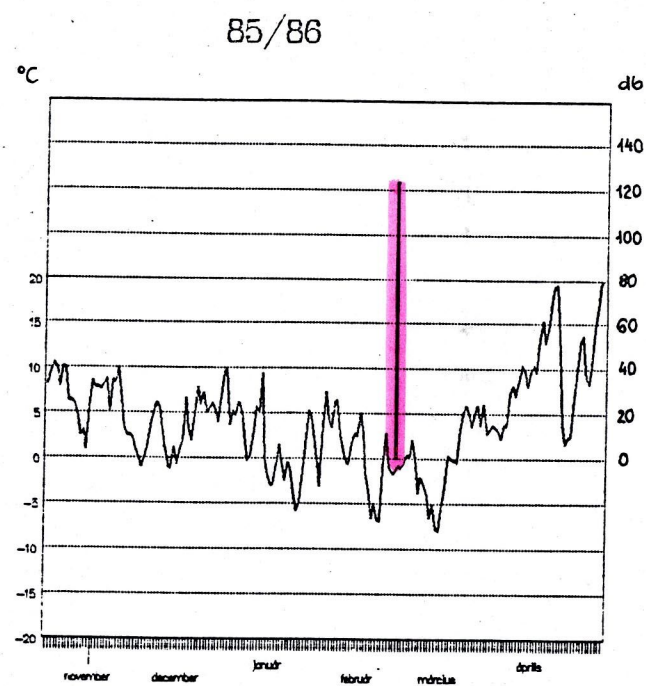
A csökkenés lehetséges okait vizsgálva, annak mértéke és tendenciózássá váló jellege sajnos egyre kevésbé teszi valószínűvé, hogy a csökkenést természetes okokra visszavezethető létszámingadozás okozza. Minthogy azonban a rendszeresen regisztrált szakaszon az átfogó számlálást követő héten már - a felszíni hőmérséklet jelentős emelkedésével szinkronban - a denevérek számának drasztikus csökkenése volt tapasztalható (az ottani megfigyeléseket a következő fejezet részletezi), nem zárható ki teljes mértékben az sem, hogy ez évben "elkéstünk" a számlálással, azaz a denevérek egy része ekkor már elhagyta a barlangot. Ezt a lehetőséget támasztja alá az a tény is, hogy a rendszeresen regisztrált szakasz "létszámgörbéjén" (6.sz. ábra) az átfogó számlálás időpontjában a denevérek barlangon belüli "átrendeződésére" utaló, (évente következetesen a tavaszi kiürülés kezdete előtt jelentkező) erőteljes helyi maximum található - ellene szól viszont, hogy ugyanez volt a helyzet 1989 februárjában, amikor is az eddigi maximális létszám volt regisztrálható...

A lehetséges okokkal kapcsolatos tavalyi feltételezések közül a "hidegcsúcsok" szerinti klimatológiai összefüggés (huzamosabb 0 °C alatti napi átlaghőmérséklet előfordulása = kevés itt telelő denevér) a Meteorológiai Intézetől beszerzett napi átlaghőmérséklet-adatoknak (4.sz. ábra) az átfogó számlálások kezdetéig visszamenően elvégzett kiértékelése alapján minden bizonnyal elvethető: tartós mínuszok bizony a februári denevérlétszám szempontjából jó éveknek számító 1985-86 és 1986-87 telén is előfordultak; s az

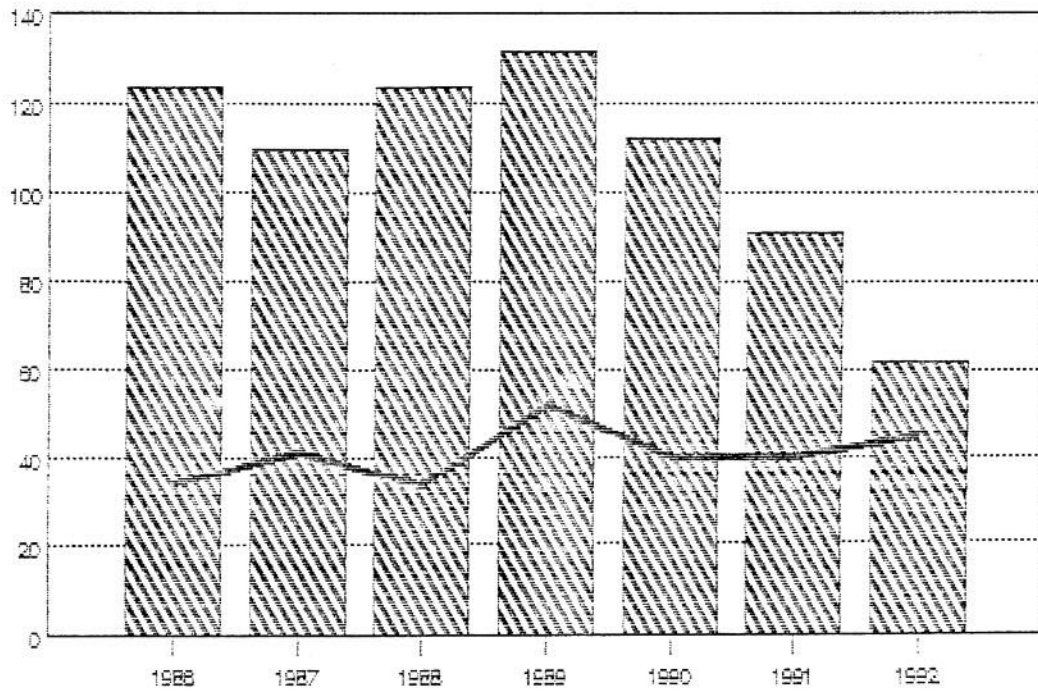
idei tél folyamán az átlaghőmérséklet alakulása igen hasonló volt 1987-88 teléhez, amikor is a jelenlegi létszámnak gyakorlatilag a dupláját regisztráltuk...

A feltételezhető hőmérsékleti összefüggések közül a februári hőmérséklet befolyásoló szerepe már az elmúlt évi elemzés alapján is kizárható volt. Az esetleges egyéb hőmérsékleti összefüggések kimutatása vagy kizárhatósága érdekében elemeztük a napi átlaghőmérséklet-adatokat a december végéig számított begyűlési időszak hőmérsékleti viszonyai (4/a és 4/b. ábrák) alapján, majd a tél keménysége (5°C , 0°C és -5°C átlaghőmérséklet alatti napok száma; 4/c, 4/d és 4/e. ábrák) és hossza (a lehűlés, azaz az átlaghőmérséklet tartósan 5°C alá süllyedésének kezdete és a tartós felmelegedés kezdete között eltelt napok száma, 4/f. ábra; illetve a 3 napot meghaladó 0°C alatti átlaghőmérséklet első és utolsó jelentkezése közötti időtartam, 4/g. ábra) valamint a leghidegebb időszak időpontja szempontjából is.

A nyert grafikonok alapján elmondható, hogy a fenti paraméterek egyike sem mutat mind a hét tél vonatkozásában következetes korrelációt a denevérek magasabb vagy alacsonyabb létszámával. Természetesen nem zárhatók ki bonyolultabb klimatikus összefüggések, azonban az eddigiek alapján - sajnos - inkább a nem természetes okokra visszavezethető létszámcsökkenés a valószínűbb.

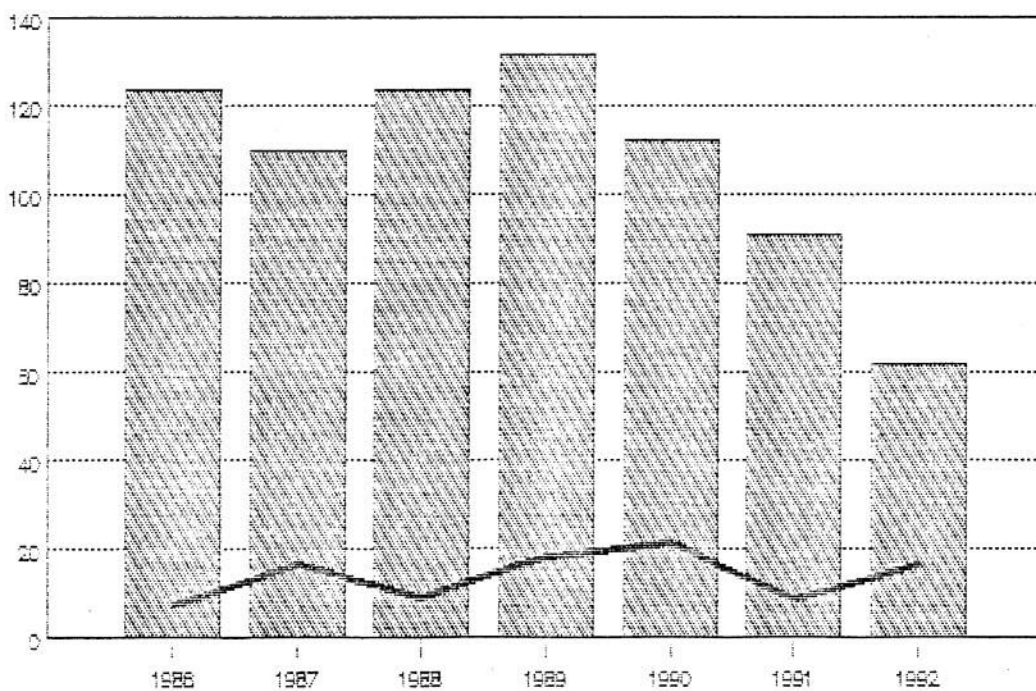


4.sz. ábra
Az egyes idények hőmérséklet-
alakulása és a februári átfogó
számlálások eredményei



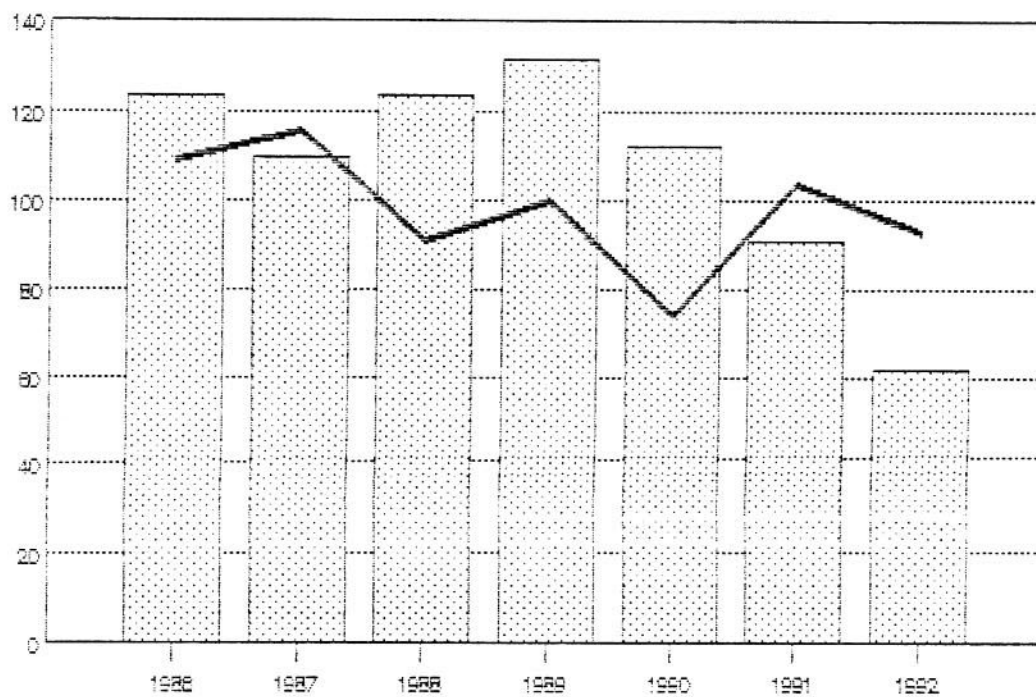
4/a. ábra

Az átfogó számlálások során észlelt denevérek száma és az 5°C alatti átlaghőmérsékletű napok száma a begyűlési időszakban.



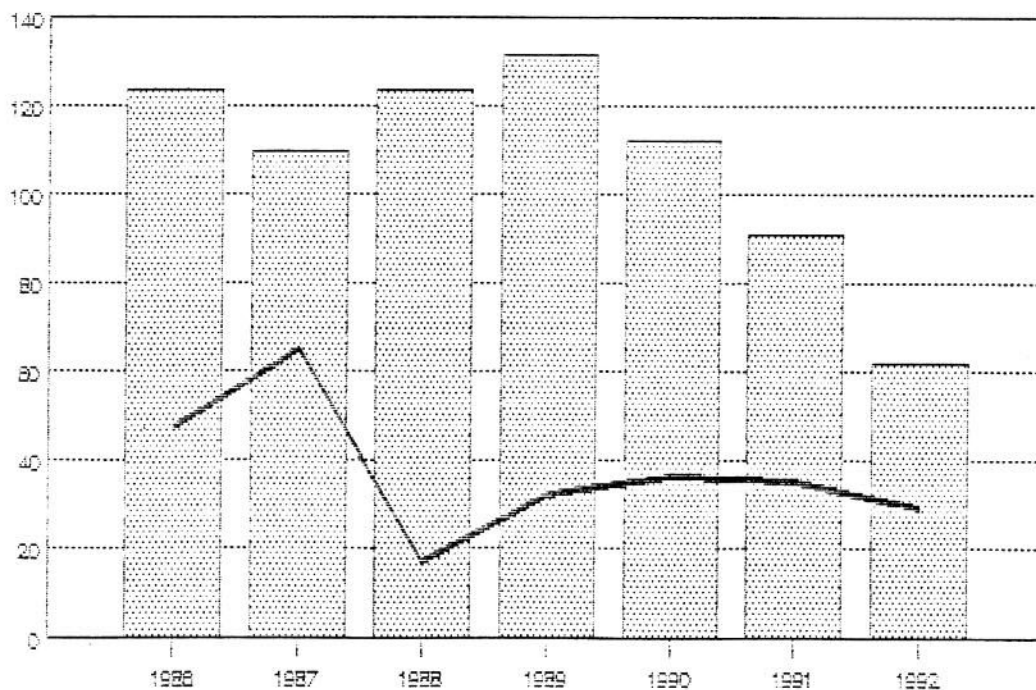
4/b. ábra

Az átfogó számlálások során észlelt denevérek száma és a 0°C alatti átlaghőmérsékletű napok száma a begyűlési időszakban.



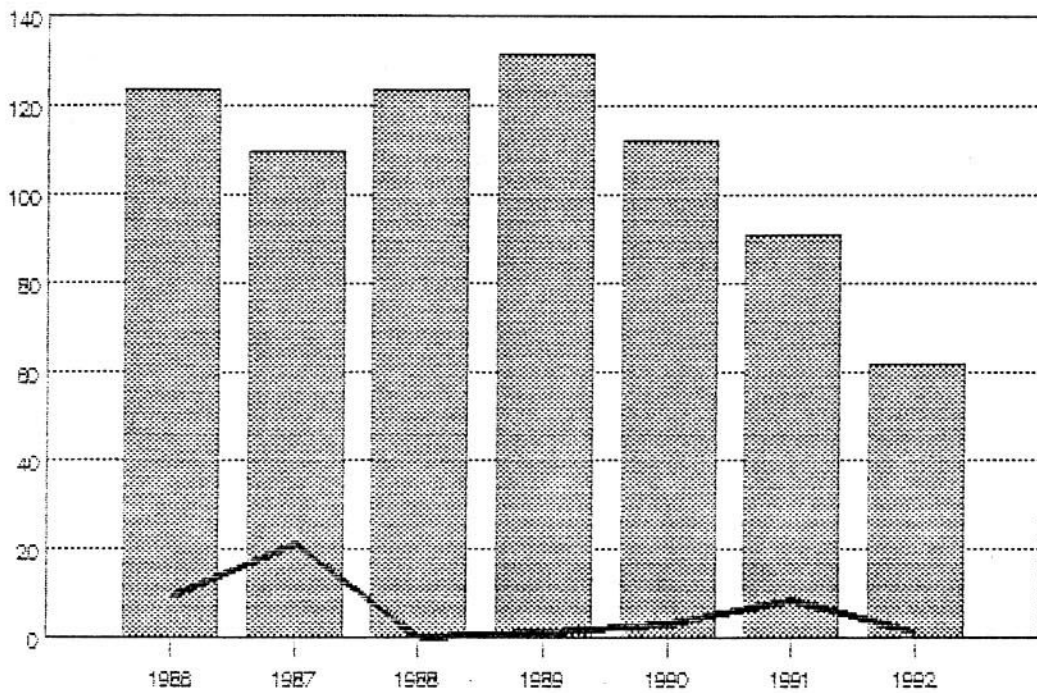
4/c. ábra

Az átfogó számlálások során észlelt denevérek száma és az 5°C alatti átlaghőmérsékletű napok száma az egyes idényekben



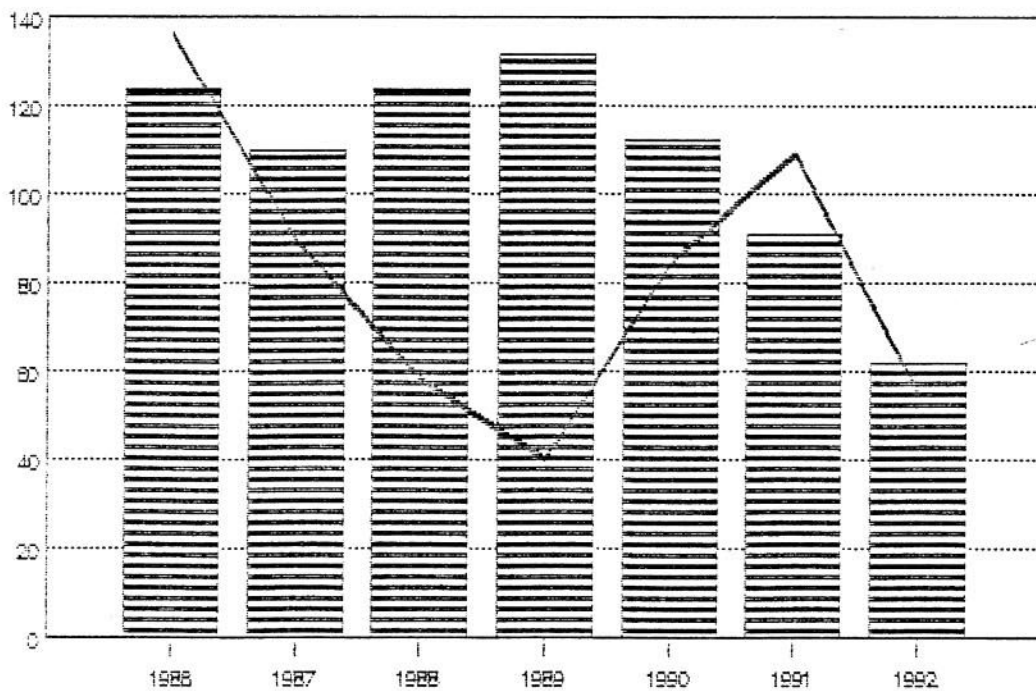
4/d. ábra

Az átfogó számlálások során észlelt denevérek száma és a 0°C alatti átlaghőmérsékletű napok száma az egyes idényekben



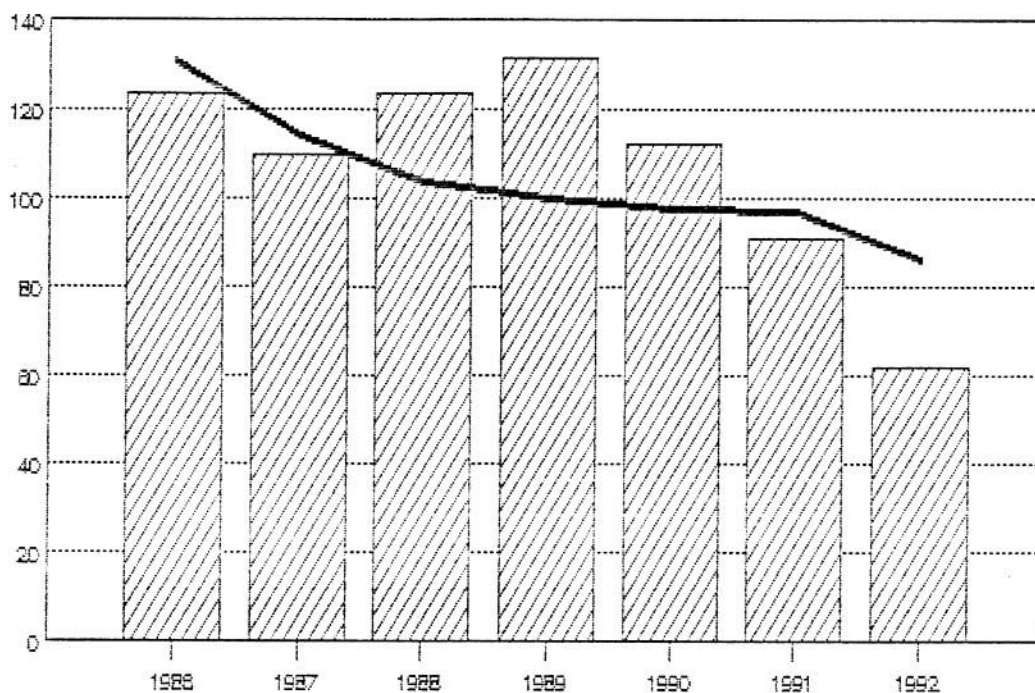
4/e. ábra

Az átfogó számlálások során észlelt denevérek száma és a -5°C alatti átlaghőmérsékletű napok száma az egyes idényekben



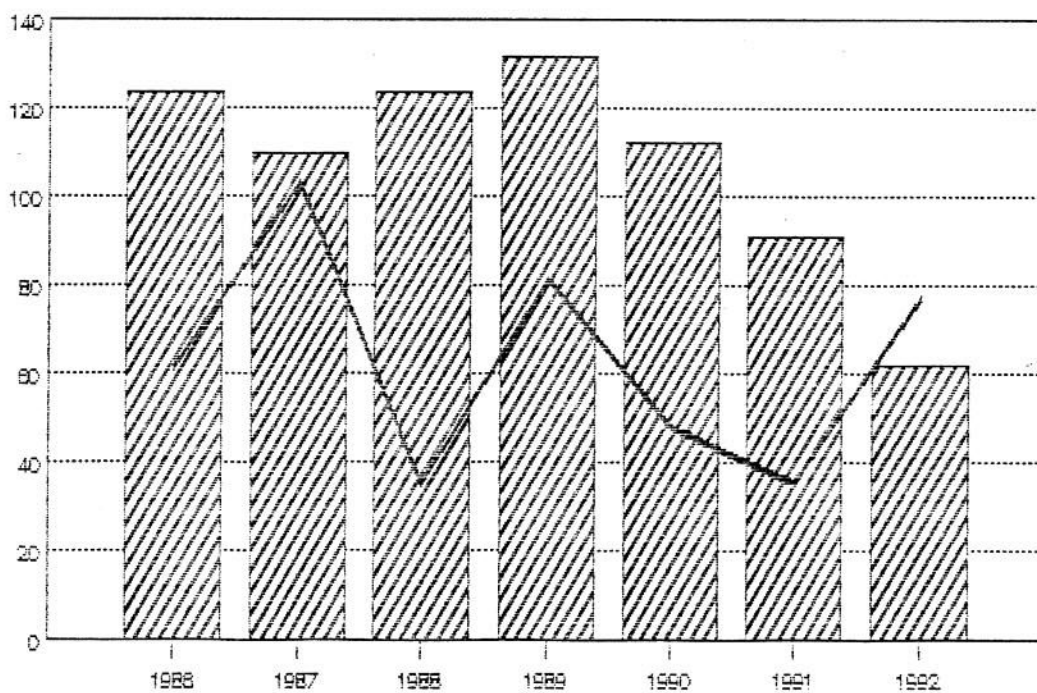
4/f. ábra

Az átfogó számlálások során észlelt denevérek száma és a minimumhőmérséklet időpontja az egyes idényekben



4/g. ábra

Az átfogó számlálások során észlelt denevérek száma és a 7 napot elérő időtartammal 5°C alá süllyedő átlaghőmérséklet első és utolsó jelentkezése között eltelt napok száma



4/h. ábra

A denevérek száma és a 3 napot meghaladó időtartammal 0°C alá süllyedő átlaghőmérséklet első és utolsó jelentkezése között eltelt napok száma

B. A Bejárat - Y-folyosó közötti szakasz rendszeres regisztrálásának eredményei

A Régi Rész és a Decembéri-szakasz egy részét magába foglaló, s a Pál-völgyi-barlang denevérállományának átlagosan mintegy egyharmada számára tanyahelyül szolgáló, csupán kb. 300 m hosszúságú járatszakaszon immár ötödik éve végzünk a nyugalmi időszakban rendszeres, egy-két hetenkénti denevérszámlálást. Ezzel az állatok begyűlését és távozását, helyválasztását, illetve a nyugalmi időszakon belüli helyváltoztatását befolyásoló tényezőkre próbálunk információkat gyűjteni; ezért itt a regisztrálás a változások nyomkövetését lehetővé tevő (s az 1987.évi jelentésünkben részletesen ismertetett) módon, előkészített, pontos szöveges helymeghatározásokat tartalmazó térképlapok segítségével történik.

Az 1991-92-es idényben a számlálásokat 1991. december 1. és 1992. április 12. között, átlag kéthetente - ezen belül a tapasztalatok szerint "főidénynek" számító, január közepe és március eleje közötti időszakban hetente - végeztük. A számlálások eredményeit összefoglalóan az 5. és 6.sz. ábrák mutatják be.

Az idényt általánosságban értékelve elmondható, hogy az a tavalyihoz hasonló, bizonyos vonatkozásokban még annál is "gyengébb" volt: noha a csúcslétszám az előző idénnyel azonosan 29 példány volt, az összlétszámok december végének kivételével kissé alatta maradtak az előző, már akkor is negatív rekordoknak számító értékeknek. Kistermetű simaorrú denevérek azt idén sem jelentek meg a szakaszon, sőt nagy patkósorrú denevért is csupán három alkalommal regisztráltunk. A létszámra vonatkozó megfigyelések - összevetve a barlang egészén illetve az ezen a szakaszon tartózkodó denevérek

	1 9 9 1				1 9 9 2											
	d e c e m b e r				j a n u á r		f e b r u á r				m á r c i u s				á p r i l i s	
	1	(8)	(23)	29	12	26	2	9	16	23	3	7	(22)	5	12	
Keresztezés - Orgona																
Állatkert - Sarok-terem																
Huzatos - folyosó																
Nagy Fal																
Pentacón-terem - Kábel-folyosó																
Oroszlán-sarok - Lejtős-folyosó																
Bekey-terem																
Bekey - Hajós össze- kötő folyosó																
Tollas-terem - Y-folyosó																
ÖSSZESEN	15			29	24	22	21	18	19	26	9	9	≥10	5	6	

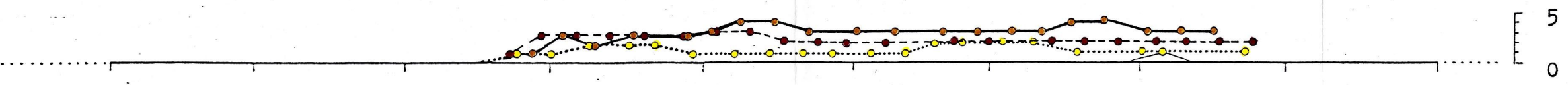
5.sz. ábra

Az 1991/92-es idény denevérészlelései a Pál-völgyi-barlang rendszeresen regisztrált szakaszán

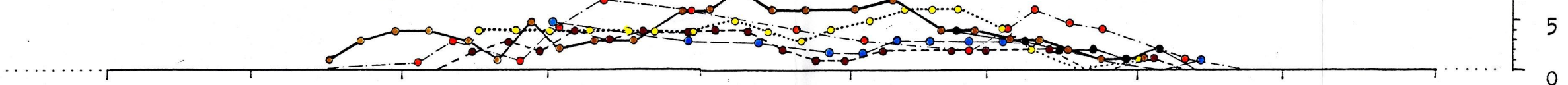
/A zárójelben feltüntetett időpontokban csak részleges megfigyelések történtek; a jelölés szaggatottsága a két észlelés közötti kismértékű elmozdulásokat tükrözi/

- Kis patkósorrú denevér
- Nagy patkósorrú denevér
- Nagytermetű simaorrú denevér

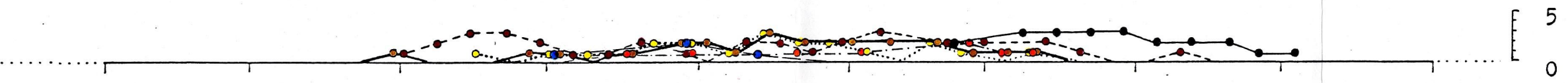
KISTERMETŰ SIMAORRÚ DENEVÉREK



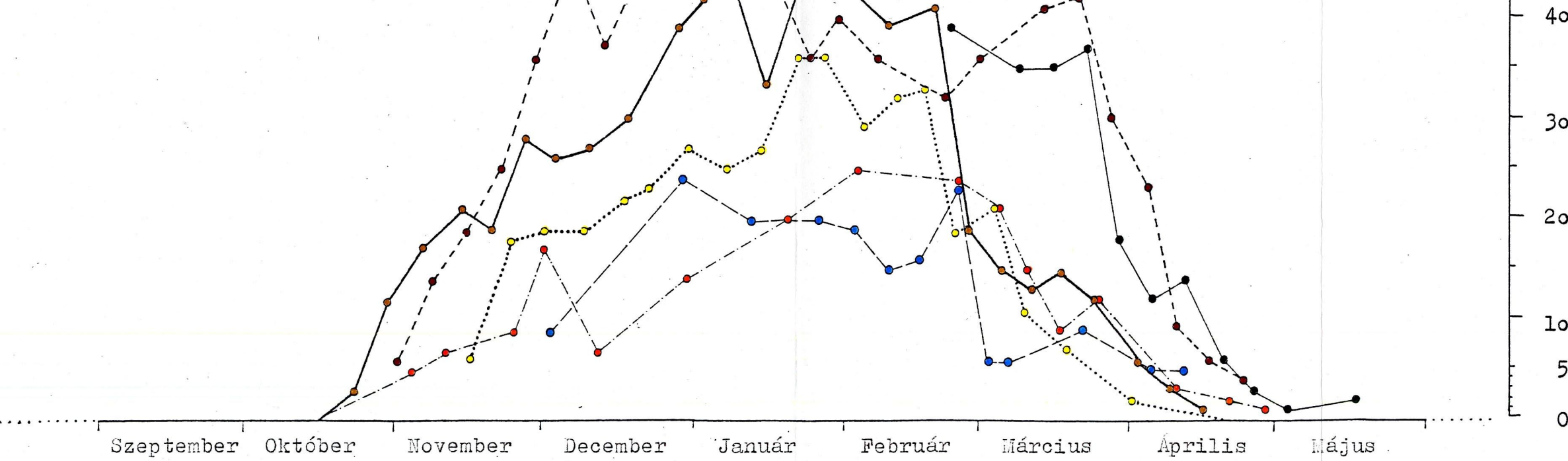
NAGYTERMETŰ SIMAORRÚ DENEVÉREK



NAGY PATKÓSORRÚ DENEVÉREK



KIS PATKÓSORRÚ DENEVÉREK



6.sz. ábra

A denevérek egyedszámának időbeli alakulása a Pál-völgyi-barlang rendszeresen regisztrált szakaszán

- 1986/87.
- 1987/88.
- 1988/89.
- 1989/90.
- 1990/91.
- 1991/92.

számának kb. egyharmados arányára vonatkozó korábbi tapasztalatainkkal - arra utalnak, hogy az átfogó számlálás egy korábbi időpontban végezve is legfeljebb a tavalyihoz hasonló, s az azt megelőző évekhez képest alacsonynak számító létszámot eredményezett volna.

A rendszeres regisztrálás idei, meglehetősen késői megkezdése miatt a denevérek begyűlésének kezdetére vonatkozóan most nincsenek információink, de az alacsony, 14 példányos (9 kis patkósorrú, 1 nagy patkósorrú, 5 nagytermetű simaorrú denevér - ez utóbbi egyben a fajcsoport maximális idei észlelt létszáma a szakaszon) december 1-i kezdőlétszám viszonylag késői idénykezdetre utal.

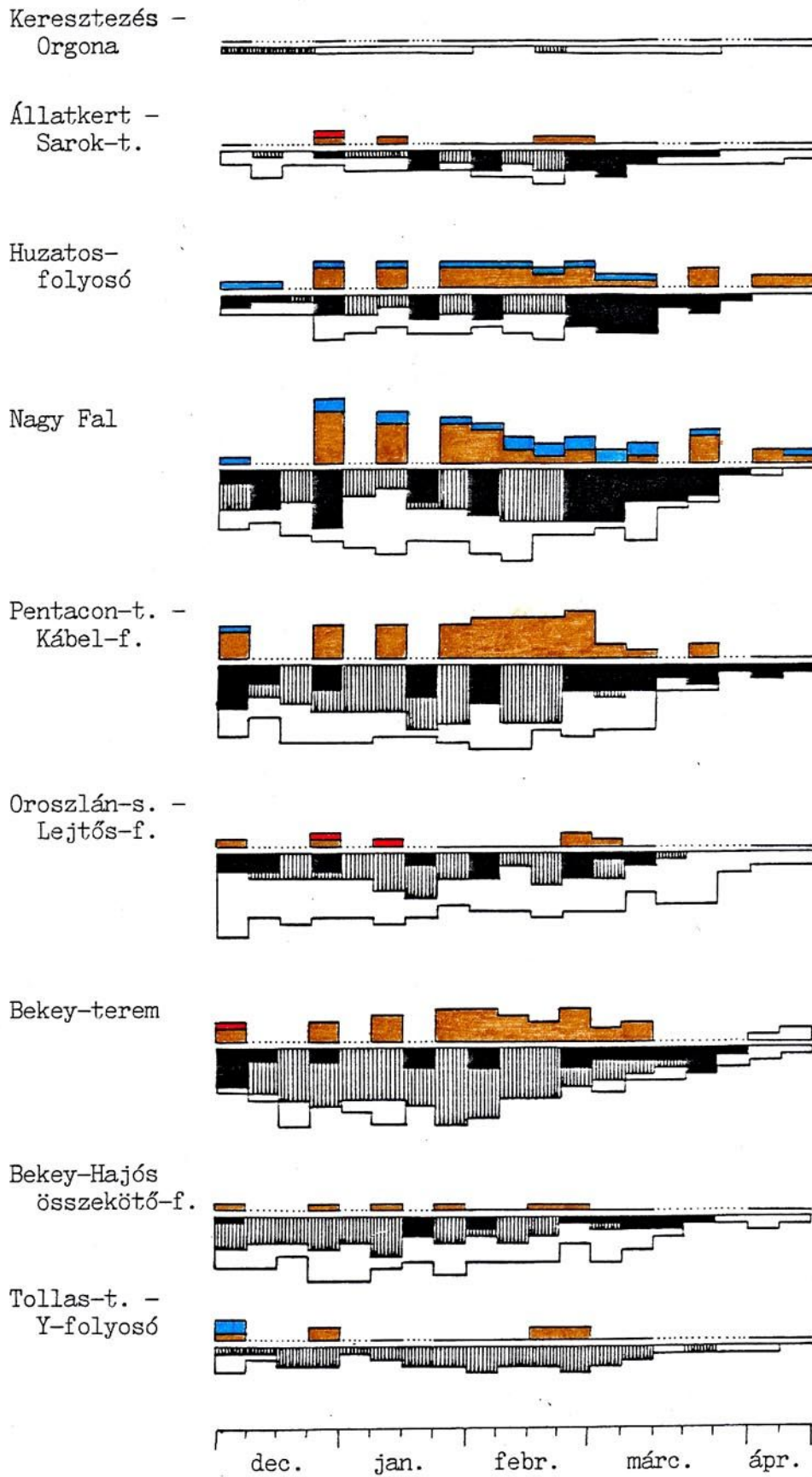
A csúcslétszámot - 29 példányt - az előző évekhez képest korán, december 29-én regisztráltuk, amikor is 24 db kis patkósorrú, 2 db nagy patkósorrú és 3 db nagytermetű simaorrú denevér tartózkodott a szakaszon - ez mindkét patkósorrú faj esetében egyúttal a maximális létszám is.

A létszám intenzív csökkenése 1989. és 1990 tavaszához hasonlóan igen korán, február 23-át követően kezdődött meg, arányait tekintve minden eddiginél rohamosabb jelleggel: egy hét leforgása alatt a szakaszon tartózkodó denevérek száma a harmadára apadt! Ez a létszámcsökkenés feltűnően jó korrelációt mutat a felszíni hőmérséklet erőteljes megemelkedésével: a kérdéses időszakban, február 22. és március 4. között a napi átlaghőmérséklet értéke 12,2°C-al emelkedett. Nagy patkósorrú denevér észlelése utoljára január 12-én történt - e faj képviselői a február 23-i átfogó számlálásig a barlang egészéről eltűntek; nagytermetű simaorrú denevért viszont még az utolsó, április 12-i számlálás alkalmával is regisztráltunk - ezen kívül ekkor a szakaszon még 5 db kis patkósorrú denevér tartózkodott.

Az állatok területi megoszlása (5. és 7.sz. ábrák) számszerűen az előző idényhez hasonló volt, de arányaiban megfelel a korábbi évek tapasztalatainak is. A vizsgált szakasz kiemelkedően legnépesebb körzetének ismét a Nagy Fal térsége bizonyult, ahol a csúcslétszám 10 példány volt. Viszonylag magas (átlag 30 méterenként 4-6 példányos) létszámok voltak észlelhetők a Huzatos-folyosó, a Pentacon-terem, valamint a Bekey-terem térségében, ezek azonban már kissé alatta maradtak az előző évi értékeknek. A szakasz egyéb részein - köztük a rendszeres számlálások kezdetén még szintén népes tanyahelynek számító Lejtős-folyosóban és a Bekey- és Hajós-termekek összekötő folyosóban - az előző évekhez hasonlóan ismét igen kevés denevért (legfeljebb egy-két példányt) regisztráltunk. Ezen utóbbi körzetekben az alkalmi, egy-két hetes tartózkodások voltak a jellemzők, az öt hetet meghaladó időtartamú tartózkodások kizárólag a viszonylag népesebb körzetekben fordultak elő.







Az állatok egy helyben tartózkodásának maximális időtartamára vonatkozó megfigyeléseink a számlálás késői megkezdéséből, illetve a decemberi és a szakasz egy részét érintő márciusi háromhetes kihagyásból adódóan sajnos egyetlen faj(csoport) esetében sem teljesek. Ennek figyelembe vételével a maximális időtartam a kis patkósorrú denevérek esetében meghaladhatta a 4 hónapot is (de a 15 hetet bizonyosan elérte); a nagytermetű simaorrú denevérek esetében legalább 11 hét volt, ami rekordnak számít az eddig észlelt maximum 10 héthez képest; míg a nagy patkósorrú denevérek esetében legalább 3 hét, de legfeljebb 6 hét volt.

A 8 hetet elérő vagy azt meghaladó időtartammal bizonyosan hét, de a kihagyásból származó hibalehetőségeket beszámítva is legfeljebb 12 kis patkósorrú denevér tartózkodott azonos függeszkedési helyen. Ezek közül 3 (+1 ?) db az első számláláskor már a helyén volt; a többieket - egyetlen, a



7.sz. ábra

Az 1991/92-es idény denevérészlelései járatszakaszonkénti bontásban

- | | | | |
|---|------------------------------|---|-------------------------|
|  | Kis patkósorrú denevér |  | 1990/91-es idény adatai |
|  | Nagy patkósorrú denevér |  | 1989/90-es idény adatai |
|  | Nagytermetű simaorrú denevér |  | korábbi idények adatai |

helyét csak február elején elfoglaló példánytól eltekintve - a háromhetes kihagyást követő december végi számlálás alkalmával regisztráltuk először. E kitartó példányok helyükről történő elmozdulása csak két egyednél kapcsolódott a "nagy távozási hullám"-hoz, egyesek előbb, mások azonban csak később hagyták el helyüket.

Az 1991-92-es idényben a 8 hetet bizonyosan elérő időtartamú tartózkodási helyek az alábbiak voltak (az észlelési időtartamoknál a kérdőjelek a megelőző vagy további regisztráció hiányából fakadó bizonytalanságot jelzik):

- Huzatos-folyosó ÉK-i falán, a felboltozódó főtekova alatt ill.mellett 0,7 m-rel (? XII.29. - II. 9. és II. 23. - IV. 12. ?)
- A Nagy Fal és a Kadic-terem torkolatának D-i falán, aljzattól 0,3 m-re (? XII. 29. - II. 23.)
- Pentacon-terem K-i torkolatának D-i falán, a nagy aljzati tömbök előtt 0,5 m-rel, aljzattól 1,2 m-re (II. 2. - III. 22. ?)
- Pentacon-terem Ny-i végének cseppköleflyásán, három sztalaktit alkotta "baldachin"-ban (? XII. 1. - II. 9.)
- Kábel-folyosó ÉNy-i falának hasadékjellegű részén, főte alatt 1 m-rel (? XII. 1. - II. 23.)
- Bekey-terem torkolatában lévő cseppköves kiugró végén, kis zászló mögött (? XII. 22. - III. 7. ?)
- Bekey-terem Ny-i falán, az oldaljárat melletti lefolyás 3 kis sztalaktitja mögött (? XII. 1. - III. 7. ?)

A fenti helyek közül a hatodik az előző két idényben, a hetedik az 1989-90-es idényben, a negyedik pedig - az 1989-90-es idény kihagyásával - már az 1987-88-as idény óta "stabil" hely volt, míg a többiek új helyeknek számítanak. Az ismétlődő helyek esetében nemcsak a pontosan azonos helyválasztás, hanem az igen hasonló előfordulási időpontok is arra utalnak, hogy ezekre ugyanazok a példányok térnek vissza (Pentacon-terem baldachinja: korai, december előtti érkezés és korai, február közepe előtti távozás; Bekey-terem cseppköves

kiugrója: december közepét követő érkezés és március közepi távozás; Bekey-terem 3 sztalaktit mögött: december előtti érkezés és március eleji távozás). Az előző idény további 5 stabil helye közül egyetlen pontot sem foglaltak el - még alkalmi jelleggel sem - idén az állatok.

*

Az ősszel újfent megkezdett rendszeres számlálások alapján az 1991-92-es idényben folytatódni látszik a denevérek számának csökkenő tendenciája. A november 8-án végzett első regisztrálás (az ezt megelőző, október 9-i, 18-i és november 1-i bejárások során egyedül október 18-án észleltünk egyetlen nagytermetű simaorrú denevért a Bekey- és Hajós-termekek összekötő járat középső részén) csupán 4 példányt (2 kis patkósorrú és 2 nagytermetű simaorrú denevért eredményezett; s az év utolsó, december 21-én végzett számlálása is mindössze 15 példányt (14 kis és 1 nagy patkósorrú denevért) mutatott ki.

Ilyen alacsony december végi létszám eddig még sohasem jelentkezett, s ugyancsak nem volt még példa arra sem, hogy ekkor ne tartózkodott volna egyetlen nagytermetű simaorrú denevér se a szakaszon. További kedvezőtlen tendenciának tűnik, hogy az 1991-92-es idény 7 stabil helye közül eddig csak egyetlen ponton, a Bekey-terem torkolatának cseppköves kiugróján jelent meg denevér, a többi - közte a négy idényben is "listás" Pentacon-termi cseppkőbaldachin - az év végéig betöltetlen maradt.

C. Alkalmi denevérészlelések a Pál-völgyi-barlang egyéb szakaszain és más barlangokban

A Pál-völgyi-barlang különböző szakaszaira tett munkatúráink során a tavasz és az ősz folyamán néha olyan barlangrészekben is észleltünk függeszkedő denevéreket, amelyek a február utolsó dekádjában végzett átfogó számlálások során mindaddig denevérmentesnek bizonyultak, így érdekes adalékul szolgálnak a barlangban telelő denevérek elhelyezkedésére ill. annak időszakos változásaira vonatkozó ismereteinkhez. A következő, időszakosnak tűnő tanyahelyeken történtek észlelések:

Vetkőztető-hasadék új szakasza: március elején a szakasz első, kitáguló részének főtéjében, egymástól néhány m távolságra 1 kis patkósorrú és 1 nagytermetű simaorrú denevér.

Százkettes-folyosó: a folyosó ÉK-i harmadában, a főtében függeszkedve 1 nagytermetű simaorrú denevér, október 9-én, október 18-án és november 8-án észlelve; december 6-án már hiányzott.

Kalcit-galéria: a kalcitlemez-álmennyezet peremén október 11-én 1 kis patkósorrú denevér, a december 6-i bejárásakor már nem észlelhető.

Dezodor-ág: a járat első, még viszonylag tág részén, egy aljzati kőtömb hegyén, csupán 0,1 m magasságban függeszkedve 1 kis patkósorrú denevér, november 8-án és december 6-án egyaránt észlelve.

Táncsterem: a terem bejáratánál november 29-én 1 kis patkósorrú denevér.

Vetkőztető-hasadék: a hasadék legelejének ÉK-i falán 1 kis patkósorrú, a hasadék középső, kitáguló részének főtéjében 1 nagy patkósorrú denevér.

Ezek a megfigyelések arra figyelmeztetnek, hogy a fenti szakaszokat semmi esetre sem szabad kihagyni az átfogó számlálásból, noha lehetséges, hogy ezeken valóban csak a begyűlési és távozási időszakban tartózkodnak az állatok.

Érdekességként említjük meg továbbá, hogy az április 4-én a Gyöngyös-folyosó terem mé szélesedő részének Ny-i oldalán, egy kőzetperemen függeszkedő, párzó kis patkósorrú denevéreket észleltünk.

*

Az év során meglátogatott egyéb hazai és külföldi barlangokban az alábbi alkalmi - a bejárások túra-jellegéből adódóan feltehetően nem az adott barlangok, barlangszakaszok teljes állományát reprezentáló - észlelések történtek:

Meteor-barlang, 1992. november 21.

A Titánok Csarnokáig tett túránk során a Majmos-terem térségében valamint a két köteles akna közötti lemászásnál 1-1 kis patkósorrú denevért, a Titánok Csarnokának ..-i részén 3 db kis patkósorrú, 1 db kereknyergű (?) patkósorrú, valamint 1 db nagytermetű simaorrú denevért észleltünk.

Szelek barlangja, 1992. október 23-24.

A Torpedó - Rotarides-terem - Hippodrom - Fekete-terem - Patkó - November 7-ág - Óriás Meanderek - Dísz-terem útvonalon tett túránk során összesen két db kereknyergű (?) patkósorrú denevért észleltünk a Dísz-termi feljáró és a Kis-Oázis közötti szakaszon illetve a Nov 7 -ágban.

A Szelek barlangjától mintegy 800 m-re felfelé a Sebes-Körös völgyében nyíló, tágas bejáratú barlang; 1992. október 24.

Bejárt szakasz a túraöltözékben látogatható rész. Itt a széles barlangfolyosó elvégződésénél balról becsatlakozó keskenyebb járat első, még kényelmesen járható szakaszának főtájában, egymástól kb. 20 m-re két, legalább 15-15 példányból álló kereknyergű (?) patkósorrú denevér-csoport volt megfigyelhető, az egyes csoportokban az állatok 1-2 m²-en belül helyezkedtek el. A barlang szádájában ugyancsak jellegzetes "cirregés"-t hallottunk, de - már szürkület lévén - a legalább 15 m magasságú főtét lámpáinkkal nem tudtuk bevilágítani.

A szeptember 27-én bejárt Széki-zsombolyban valamint a november 22-én meglátogatott Rákóczi-barlangban és Esztramosi (Földvári Aladár)-barlangban denevéreket nem észleltünk.

/Takácsné Bolner Katalin - Füredi Valéria/

TELÉR- ÉS ÜREGKITÖLTŐ KALCIT- ÉS BARITELŐFORDULÁSOK MORFOLÓGIAI VIZSGÁLATA A PÁL-VÖLGYI-BARLANGBAN

J. Dubljanskij a Karszt és Barlang 1991. évi számában megjelenő cikkében, többek között a Pál-völgyi-barlangból származó kalcit- és baritminták zárványvizsgálatai alapján arra a következtetésre jutott, hogy ezen hidrotermális ásványkiválások illetve az ezeket magukba foglaló oldott hasadékok, üregek kialakulása valószínűleg a jelenlegi hévízáramlási rendszer kezdeti fázisához kapcsolódik; a kiválasztó oldat hőfokára, töménységére és típusára vonatkozó adatok nem támasztják alá Müller és Kovács (1980) kétfázisú modelljének korai (miocén?), zárt cellás áramlással jellemzett fázisát - pontosabban ezen jelenségeknek e korai fázishoz való tartozását.

Ugyanebben a számban publikálta D. C. Ford a barlang kalcitkiválásainak és befoglaló kőzetének stabil izotópvizsgálati eredményeit, amelyek viszont megerősítik egy korai, zárt, igen lassan áramló rendszer működését a térségben.

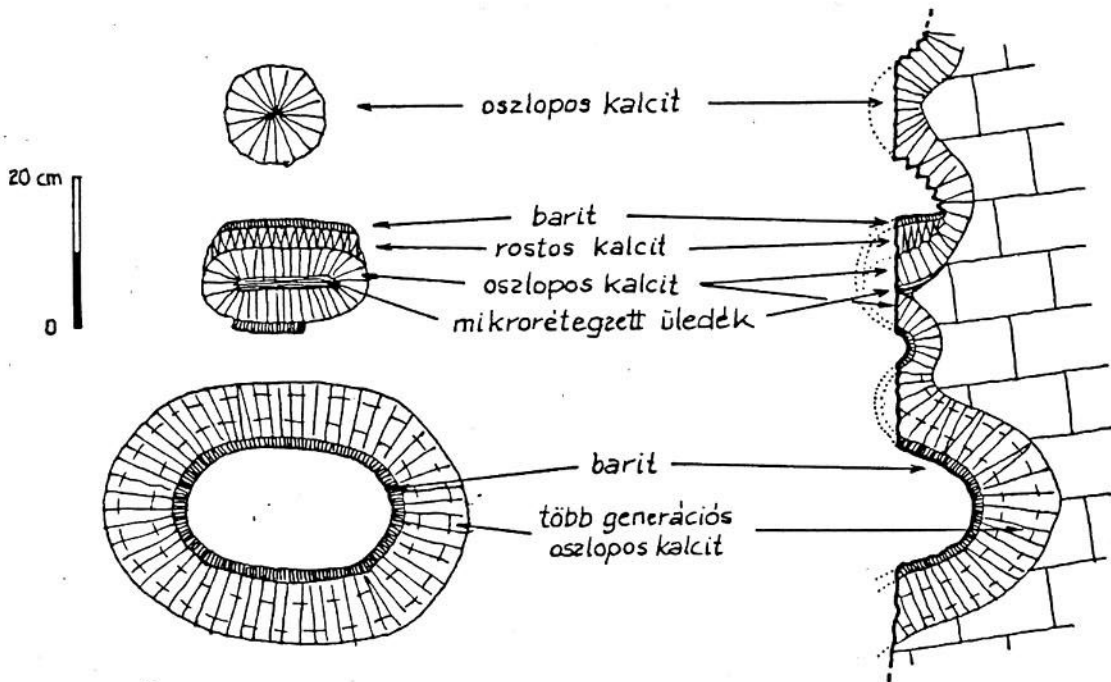
A Pál-völgyi-barlang fennőtt kalcit- és barit-előfordulásaira vonatkozó eddigi ismereteink összefoglalásával a várhatóan kialakuló szakmai vitához szeretnénk adalékokkal szolgálni.

Fennőtt telér- és üregkitöltő-kalcitok

A számtalan helyen látható vékony kalciterektől eltekintve (melyek részletesebb feldolgozása még a jövő feladata), nagyobb - cm-es nagyságrendű - fennőtt kalcitokat jelenleg a Pál-völgyi-barlang 24 pontján tartunk nyilván. Ezek elhelyezkedését a mellékelt áttekintő térkép mutatja be.

1.) Régi Rész, Hosszú-folyosó (kb. 178 m tszf.): a járat ÉNy-DK irányú preformáló törése mentén kisebb foltokban és 0,5-1 m átmérőjű beöblösödésekben átl. 2 cm-es szkaloéderek. Ezek az oldalüregek egy részénél az üreg bázisán szabálytalanul álló kristályokból felépülő, 1-3 cm vastag kiválás felett elhelyezkedő 1-2 cm-nyi sárgásfehér mikrorétegzett márgára települnek. Az ÉK-i fal egyik oldalüregé alatt 20 x 5 cm-es felületen laminált kőzetanyag is észlelhető.

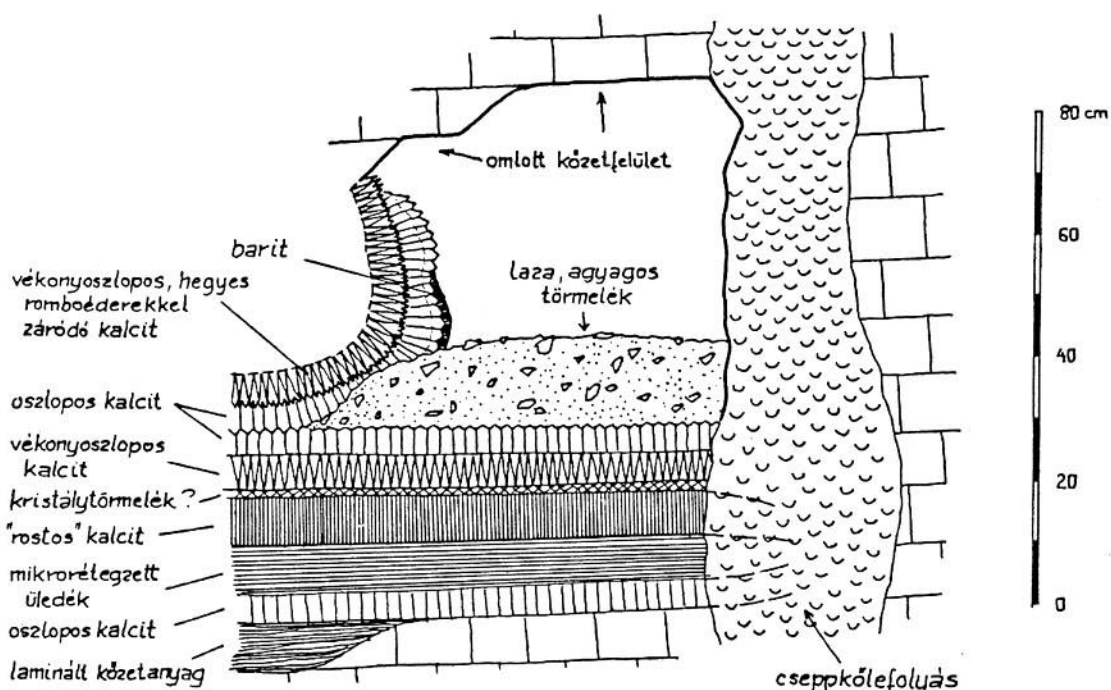
2.) Régi Rész, a Bekey-folyosóból ÉNy felé kiágazó Nyomdászprés szűkületénél (kb. 195 m tszf.): a hasadék mindkét falán, kb. 4-5 m² 3 cm vastagságú, oszlopos megjelenésű, fehér színű kalcitkristályok, felületükre zömmel nagy táblás barit települ, vagy közvetlenül vagy egy 3 cm vastagságú, szivacsos jellegű, szilánkosan széthulló barnás kalcitréteg felett (1.sz. ábra). Egyes helyeken az oszlopos kalcitok felületén fennőtt romboéderecs kristályok láthatók.



1. sz. ábra

A kalcit és a barit megjelenési formái a Nyomdászprés járatában és a formák értelmezései

3.) Negyedik Negyed, Pentasix-folyosó középső része (kb. 186 m tszf.): a járat DNy-i falában rétegződés mentén (mért dőlés 202/10°) 2 m hosszúságú, 35 cm vastagságú kiékelődő kalcitos rétegsor, bázisán kis foltban laminált kőzetanyaggal; felette 1 m² átmérőjű üregben három kalcitgeneráció, felületükön apró barittáblákkal (2.sz. ábra). Az ÉK-i falban a rétegződés menti kalcitos rétegsor mintegy 15 m hosszban táruul fel (itt laminált kőzetanyag nem látható), felette több helyen kisebb kalcitos üregmaradványok.



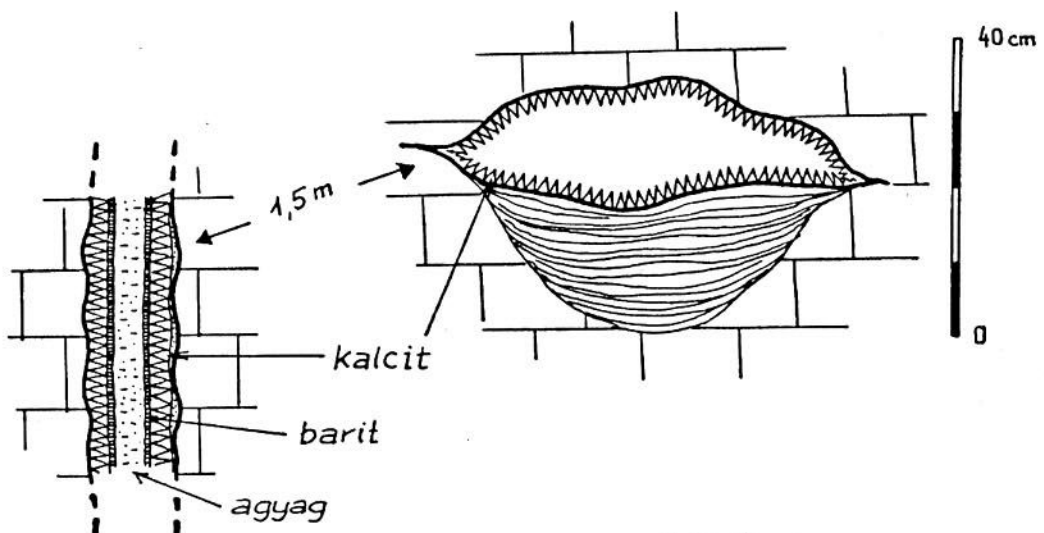
2. sz. ábra

A Pentasix-folyosó "kristályüregének" kitöltésszelvénye

4.) Decemberi szakasz, Lejtős-folyosó középső része (kb. 172 m tszf.): a folyosó DNy-i falában, K-Ny irányú (mért dőlés 10/75°) törés mentén kioldódott, szabálytalan körvonalú, mintegy 2,5 m hosszúságú és 3 m függőleges kiterjedésű üreg; 8 cm vastagságú, oszlopos szerkezetű, nagy fennőtt szkalenoéderekkel záródó kalcitbevonattal. A kalcitok - különösen az üreg alsóbb, agyaggal kitöltött szakaszán - erősen korrodáltak, forgácsolódók.

5.) Decemberi szakasz, a Bekey- és Hajós-termet összekötő járat (kb. 158 m tszf.): az ÉK-i falban kb. 0,8 m átmérőjű üreg, 3-5 cm hosszúságú, ép szkalenoéderekkel. A szemközti falban kisebb, kalcitos üregmaradványok; az átbújó előtt több m^2 felületen feltáruzó laminált kőzetanyag. Rézsút e felett, K-Ny irányú keresztörés mentén mintegy $0,5 \times 2$ m alapterületű üreg; az üreget bélelő, 4 cm vastagságú oszlopos megjelenésű kalcitbevonat felületére foltokban aprókristályos barit települ.

6.) Decemberi szakasz, Y-folyosó (kb. 148 m tszf.): a folyosó elején mindkét oldalon pár dm^2 kiterjedésű, 1-2 cm-es szkalenoéderekkel bélelt üregek. A jobboldali ág torkolatánál, lencseszerűen elhelyezkedő, 0,2 m vastagságú laminált kőzetanyag felett $0,7 \times 1,5$ m kiterjedésű, lapos üreg, 2-3 cm hosszúságú, a tövüknél erősen visszaoldott szkalenoéderekkel. A baloldali ágban ugyancsak laminált kőzetlencséhez (0,2 m) kapcsolódó, 0,3 m átmérőjű, szkalenoéderekkel bélelt lapos üreg (3.sz. ábra).



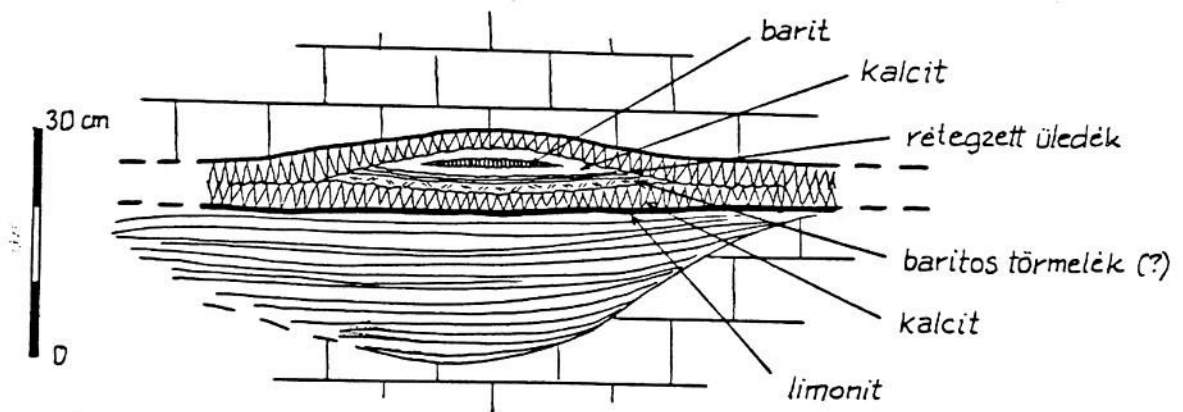
3. sz. ábra

A Bombázó és az Y-folyosó baloldali ágának barit- és kalcitfeltárása

0 20 cm

7.) Decemberi szakasz, Bombázó (kb. 148 m tszf.): 85-265° csapású repedés mentén kétoldalt max. 2 cm vastagságú, oszlopos megjelenésű kalcit, fennőtt kristálylap nem látható, felületüket aprókristályos barit borítja (3. sz. ábra).

8.) Déli szakasz, HOSE-terem É-i fala (kb. 146 m tszf.): a torkolat felett, valószínűleg rétegződés mentén kialakult, több m hosszban követhető lapos, teljesen kitöltött kristályüreg, alatta helyenként jól láthatóan kb 0,2 m vastagságú laminált, oldalt kiékelődő kőzetanyag. Két kalcit- és két (?) baritgenerációból álló, s egy laza, nem diagenetizálódott, rétegzett (75/35°) üledéklerakódással tagolt kitöltését a 4.sz. ábra mutatja be.



4. sz. ábra

Öskarsztos üreg kitöltésszelvénye a HOSE-teremben

9.) Déli szakasz, Patakos-ág első terme (kb. 136 m tszf.): a preformáló, enyhén hajladozó 70-250° csapású törés mentén, mindkét falban max. 0,5 m átmérőjű üregekben és kisebb foltokban fennőtt kalcitkristályok; a legalsó, erősen korrodált előfordulás alatt mintegy 0,5 m vastagságban laminált kőzetkifejlődés.

10.) Déli szakasz, Gipszes-folyosó vége (kb. 135 m tszf.): a terem főtéjét harántoló, 10 cm szélességű repedésben kalcit szkalamoéderek, a legnagyobb példány hossza eléri a 6 cm-t.

11.) Déli szakasz, a HOSE-termet és a Szeptáriás-folyosót összekötő járat (kb 144 m tszf.): NyÉNy-KDK irányú repedés mentén (mért dőlés $44/75^\circ$, $30/70^\circ$) átl. 2 cm-es fennőtt szkalamoéderek.

12.) Déli szakasz, Szeptáriás-folyosó ÉK-i vége (kb. 142 m tszf.): a járat mindkét oldalán egy-egy kisebb felületen (mért dőlés $30/89^\circ$, $209/84^\circ$) fennőtt kristályok.

13.) Déli szakasz, Szeptáriás-folyosó középső része (kb. 136 m tszf.): a szűkületnél $105-285^\circ$ irányú keresztörés mentén 2-3 cm vastagságú, oszlopos megjelenésű kalcit, felületén apró barittáblákkal.

14.) 1987. évi feltárások, Szabó György-terem ÉK-i vége (kb. 148 m tszf.): a teremhez egy szűk repedésen át kapcsolódó, $130-310^\circ$ irányban kiterjedő, max. 2 m szélességű és összesen 6 m hosszúságú "kristálpincében" három kalcit- és egy baritgeneráció; az alapkőzetben 8 cm vastagságú, tejfehér, oszlopos megjelenésű kalcit, ezen 6 cm hosszúságú, hegyes szkalamoéderek, az üreg középső részén apró baritkristályokkal, az üreg felső nyúlványában pedig 6 cm vastag, barnás színezetű, az elsőnél vékonyabb oszlopokból álló, szilánkosan széteső kalcitkéreggel (5.sz. ábra, ill. fényképmelléklet) - ennek elterjedése az aljzatot borító kalcitszilánkok alapján eredetileg jelentősebb lehetett.

15.) 1987. évi feltárások, Transzcsurgatórium bejárat szakasza (kb. 131 m tszf.): részletesebben még nem vizsgált, kb. 50 cm átmérőjű kalcitbéléses üreg.

16.) 1987. évi feltárások, II. vágány oldalhasadéka (kb. 150 m tszf.): 130-310° irányban húzódó, 3 m hosszban bejárható, erősen korrodált kristályokkal bélelt üreg.

17.) 1987. évi feltárások, Betonfal járata (kb. 150 m tszf.): részletesebben még nem vizsgált, nagy felületen feltáruló, nagyméretű kristályok.

18.) 1987. évi feltárások, a VB-folyosó első DK-i oldalhasadéka (kb. 142 m tszf.): a hasadék kimélyülő szakaszán részletesebben még nem vizsgált, mintegy 0,8 m átmérőjű, nagyméretű kristályokkal bélelt üreg.

19.) 1987. évi feltárások, Csillag-terem (kb. 146 m tszf.): a terem Ny-i falában, kb. 1,5 x 0,8 m felületű, szabálytalan körvonalú üreget bélelő, mintegy 8 cm vastagságú, alsó kétharmadában tejfehér, romboéderrel (?) záródó oszlopos megjelenésű kalcitkiválás (ld. a mellékelt fotót).

20.) 1987. évi feltárások, Titanic-terem torkolata (kb. 148 m tszf.): 230/45° dőlésű felület (rétegződés, feltolódási sík ?) mentén kb. 50 cm hosszban feltáruló üregben fennőtt, 2-3 cm-es kristályok, az üreg alatt kis foltban laminált kőzetkifejlődés.

21.) 1987. évi feltárások, Százkettes-folyosó DNy-i vége (kb. 152 m tszf.): a DK-i fal 97-277° csapású, több helyen üreggé táguló harántrepedése mentén nagyméretű, 4-5 cm-es hosszt is elérő szkaloéderek; a repedés alsó részénél 0,15 m vastagságban laminált kőzetanyag. A szemközti falban a járat irányával közel párhuzamosan futó kalciterék, egyikük (mért dőlés 137/88°) mentén tenyérszerű kalcitfészkek, alatta ugyancsak laminált kőzetanyaggal (0,2 m).

22.) 1987. évi feltárások, Kanyon (kb. 151 m tszf.): a folyosó középső szakaszát tagoló omladéktömbökön két, kb 30 cm átmérőjű fészkekben 5 cm vastag, oszlopos megjelenésű, hegyes szkaloéderrel záruló kalcitkitöltés (ld. a mellékelt fotót); a fennőtt kristályok hossza 2-3 cm.

23.) 1987. évi feltárások, Kávéház (kb. 156 m tszf.): a terem DNy-i oldalában legalább 4 m hosszban elhúzódó, rétegmenti (? - mért dőlés 168/13-20°), teljesen kitöltött üreg, alatta 0,8 m laminált kifejlődésű, kőzetté vált üledékkel (ld. a mellékelt fotót). Kalcitkitöltése 8-10 cm vastag, tejfehér, oszlopos megjelenésű. Magasan felette közelebről nem vizsgálható, repedés mentén kialakult kalcitos üreg, kapcsolatuk nem látható.

24.) Kis-Kanyon É-i vége (kb. 159 m tszf.): ÉK-DNy irányú (mért dőlés 145/72°) repedés mentén két kalcit- és egy baritgeneráció; településüket a 6.sz. ábra mutatja be. Az első, kb. 3 cm vastagságú, oszlopos megjelenésű kalcitkiválás "karácsonyfa"-szerű kiöblösödéseket tölt ki, a vékony második kalcitréteg és a reátelepülő barit diszkordánsan, csak a repedés tengelyében mutatkozik.

A kalcitelőfordulásokra vonatkozó megfigyeléseket összegezve, a vizsgált, eredeti helyén található 20 előfordulás közül 15 köthető határozott tektonikus irányhoz, ezek csapása a KÉK-NyDNy, K-Ny, NyÉNy-KDK és ÉNy-DK tartományba esik, 55-235° és 140-320° szélsőértékekkel. Ezek közül 5 esetben az adott felület mentén oldás érdemben nem észlelhető, 3 esetben viszont a kalcitokkal bélelt üregek önmagukban is elérik a barlang-méretet. A tektonikus síkhoz láthatóan nem kötődő 5 előfordulás mindegyike lapos, a rétegződés síkjával legfeljebb enyhe szöget bezáró üreg, amelyeknél a kalcitkiválás alatt 0,2-0,8 m vastagságban a befoglaló eocén mészkő rétegzettségétől élesen elütő, laminált, lencseszerű körvonalat mutató kőzetbetelepülés tárul fel. Ugyanez az anyag megtalálható a repedések menti nagyobb oldott üregeket bélelő kalcitok jelentős részénél is.

A teljes mértékben kőzettévált, s nagy valószínűséggel eocén öskarsztos kitöltésként értelmezhető jelenséget először Kraus S. írta le a Mátyás-hegyi-

barlangból (Karszt és Barlang, 1988. II. p 79-80.). Az eocéneen belüli karsztosodás Kraus által vázolt modellje azonban nem ad igazán magyarázatot az alig pár dm magasságú, de akár több m hosszban is elnyúló lapos, lencseszerű üregek jelenlétére, mint amilyenek pl. a Pentasix-folyosó, a HOSE-terem vagy a Kávéház előfordulásai. Ezek feltételezésünk szerint arra utalnak, hogy a mészkő felszínrekerülése szigetszerűen történt, ahol a tenger szintje fölé emelt mészkőtömeg csapadékvíz eredetű édesvíz-lencséjének és a mélyebb szinten megmaradt sósvíznek a határán keveredési korróziós üregképződés is történt.

A kőzetté vált üledékekkel részben kitöltött ősi üregek, amelyek a barlang kalcitelőfordulásainak a felénél kimutathatók, nyilvánvalóan nem lehetnek a Dubljanszkij által leírt folyamat eredményei. Figyelembe véve, hogy a fennmaradó 10 előfordulásból öt gyakorlatilag sík, alig oldott törésfelületet követ, háromnál a kiválás fekéje nem tárul fel, azaz az őskarsztos kapcsolat hiánya nem bizonyos; a Dubljanszkij által feltételezett, a jelenlegi hévízáramlási rendszer kezdetéhez kapcsolódó üregkioldás számottevő mértékét nem tartjuk valószínűnek. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a kalcitkiválások sem kapcsolódhatnak a jelenlegi áramlási rendszer kezdetéhez, bár a Dubljanszkij által kritikusnak tartott "geokémiai törésponton" való áthaladás véleményünk szerint okozhatott kalcitkiválást magában az ősi üregeket kitöltő vízben is.

Baritelőfordulások

1.) Régi Rész, a Bekey-folyosóból ÉNy-ra kiágazó "Nyomdászprés" szűkülete (kb. 195 m tszf.): 4-5^m felületen, oszlopos, illetve szivacsos-szilánkos kalcitkiválásra települve nagy, 2 cm élhosszúságot is elérő, táblás, sárgás színezetű kristályok.

2.) Negyedik Negyed, a Pentasix-járat DNy-i falán (kb. 186 m tszf.): üregkitöltő, fennőtt kalcitokra települve apró, max. 5 mm élhosszúságú, sárgás színezetű táblás kristályok.

3.) Negyedik Negyed, a Vetkőztető-hasadék 1991-ben feltárt szakaszának kezdete (kb. 211 m tszf.): az ÉNy-i falon 130-310° csapásirányú, függőleges kőzetfelületen apró, max. 5 mm élhosszúságú táblás kristályok.

4.) Decemberi-szakasz, a Bekey- és Hajós-termeket összekötő folyosót tagoló "válaszfal" (kb. 158 m tszf.): K-Ny irányú, gyakorlatilag függőleges felületen (mért dőlések: 179/80°, 5/88°), vékony kalcitkristály-rétegre települve apró, a felületbe benyúló "zsebekben" nagy, 1-1,5 cm élhosszúságot is elérő, sárgás táblák; a felülethez felülről csatlakozó oldalüregben fennőtt kalcitkristályokra települve apróbb kristályok.

5.) Decemberi-szakasz, Gyöngyös-átjáró megtörése (kb. 160 m tszf.): az előző sík folytatásaként, közel függőleges felületen nagyobb, átl. 1 cm élhosszúságú táblák.

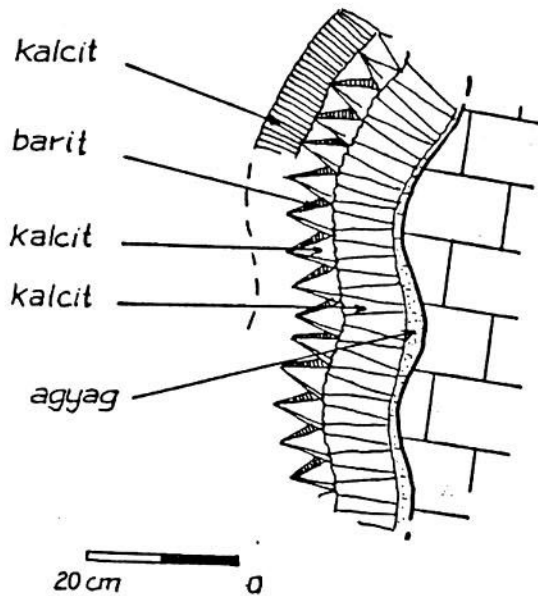
6.) Decemberi-szakasz, az Újévi-átjáró KÉK-i folytatásának torkolata (kb. 155 m tszf.): a kovazóna középvonalában apró, 3-5 mm élhosszúságú, fehéres színezetű táblás kristályok.

7.) Decemberi-szakasz, a Bombázó torkolata (kb. 148 m tszf.): K-Ny irányú, közel függőleges felületen (mért dőlések: 179/86°, 177/87°, 173/85°), részben 3 cm vastagságot is elérő kalcitkiváláson, részben látszólag közvetlenül a kőzeten apró, átl. 0,5 mm élhosszúságú, sárgás táblák (3.sz. ábra).

8.) Déli-szakasz, HOSE-terem É-i fala (kb. 146 m tszf.): lapos, kalcitokkal bélelt üreg második kalcitgenerációján, apró, átl. 0,5 mm élhosszúságú táblák; de barit valószínűsíthető az első kalcitgenerációt borító, törmelékes jellegű anyagban is (4.sz. ábra).

9.) Déli-szakasz, Szeptáriás-folyosó középső szakasza (kb. 136 m tszf.): a főtében végighúzódó, ÉK-DNy irányú kovazóna hajladozó középvezetékében (mért dőlés $155/87^\circ$) foltokban; valamint egy kalcitos, $105-285^\circ$ csapású keresztörés mentén apró, 3-5 mm-es táblák.

10.) 1987. évi feltárások, Szabó György-terem ÉK-i vége (kb. 148 m tszf.): $130-310^\circ$ irányítottágú, nagyméretű fennőtt kalcitokkal bélelt "kristálpince" második kalcitgenerációján, csak a kristályok felső felületén (!) "sapkaként" apró, átl. 5 mm élhosszúságú táblák (5.sz. ábra).



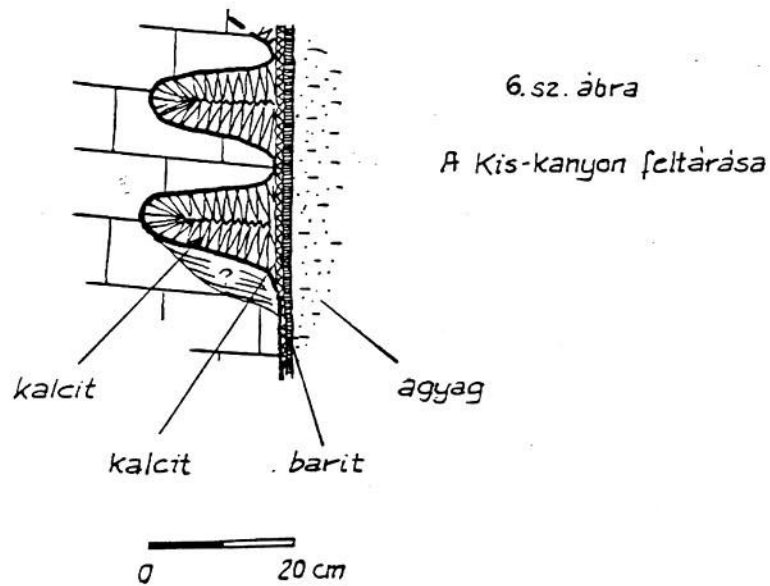
5. sz. ábra

A Szabó György-terem "kristálpincéjének"
kiválás-sora

11.) 1987. évi feltárások, I. vágány ÉK-i vége (kb. 155 m tszf.): NyÉNy-KDK irányú, gyakorlatilag függőleges falfelületen (mért dölések: $23/90^\circ$, $23/85^\circ$, $23/87^\circ$), láthatólag közvetlenül az alapkőzeten nagyméretű, 1-1,5 cm élhosszúságú, sárgás színezetű táblák.

12.) 1987. évi feltárások, a Dezodor-ág előterének ÉK-i vége (kb. 156 m tszf.): KÉK-NyDNy csapású kovazónában apró kristályokból álló baritér (mért dőlés $340/85^\circ$, $340/82^\circ$).

13.) 1987. évi feltárások, Kis-Kanyon É-i vége (159 m tszf.): két generációs kalcittal bélelt, ÉK-DNy csapású hasadék (mért dőlés $145/72^\circ$) utolsó kiválásaként apró táblák (6.sz. ábra).

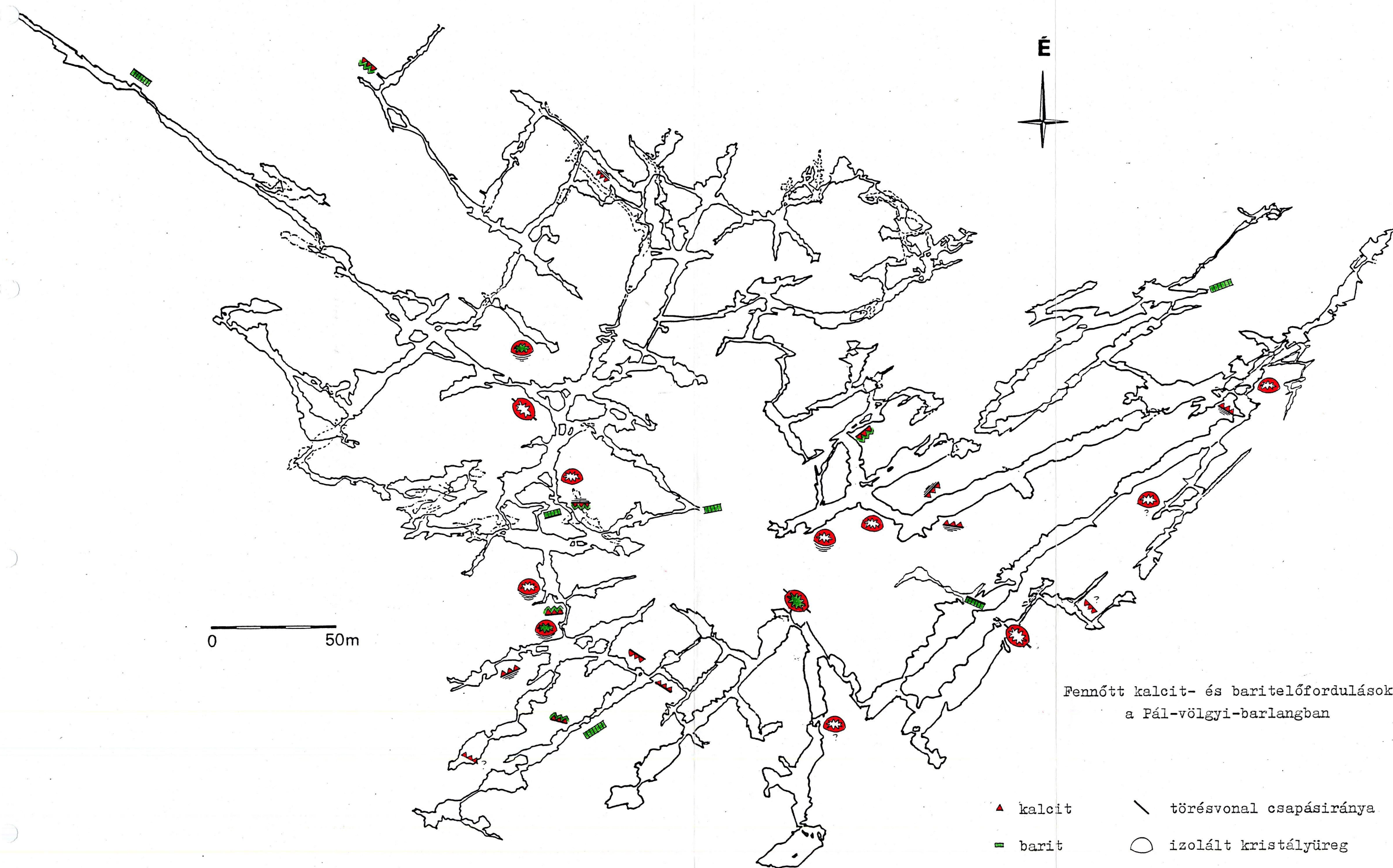


A baritokra vonatkozó megfigyeléseket összegezve elmondható, hogy a barlang 13 ismert előfordulásának zöme (10 db) határozott tektonikus irányokhoz kötődik (ld. a mellékelt áttekintő térképet), amely irányok között dominálnak a K-Ny illetve ahhoz közelálló irányok (mért szélsőértékek: $55-235^\circ$ - $130-310^\circ$); É-D, ÉÉNy-DDK és ÉÉK-DDNy irányú repedések mentén - a fennótt kalcitokhoz hasonlóan - eddig még egyetlen baritelőfordulást sem észleltünk. A kovazónákhoz kapcsolódó mindhárom baritelőfordulás KÉK-NyDNy-i irány mentén jelentkezik, ezeket kivétel nélkül apró táblácskák képviselik; s hasonló kristályok jelennek meg a repedésekhez láthatólag nem

kötődő három előfordulás esetében is. A baritelőfordulások nagy része kalcitokra települ; makroszkóposan kalcit jelenléte a kovazónákban lévő bariterekén kívül csak két további előfordulásnál nem volt kimutatható.

A kalcitoktól független, illetve a korábbi kalcitkiválásra diszkordánsan, repedéskitöltő jelleggel települő baritmegjelenések arra engednek következtetni, hogy a baritkeletkezést megelőzően újabb repedések nyílhattak meg illetve újultak fel. Ez, a térség kiemelkedését szinte bizonyosan kísérő folyamat egyben indokolhatná a fizikokémiai rendszerben bekövetkezett változást, hiszen a kalcitnál jóval kevésbé oldható barit utólagos kiválása feltétlenül valamilyen változást jelez. Ez az értelmezés azt is magyarázná, hogy miért nem jelentkezik baritkiválás egyes, baritos repedésektől alig pár m távolságra lévő kalcitüreg (pl. a Bekey- és Hajós-termeket összekötő járat nagy drúzája, az Y-folyosó baloldali ágában, közvetlenül a Bombázó előtt feltároló kalcitüreg) esetében.

/Füredi Valéria - Takácsné Bolner Katalin/



Fennőtt kalcit- és baritelőfordulások
a Pál-völgyi-barlangban

- ▲ kalcit
- barit
- ≡ laminált kőzetanyag (őskarsztos üledék-
kitöltés)
- izolált kristályüreg
- törésvonal csapásiránya



Kalcitokkal bélelt
szabálytalan üreg
a Csillag-teremben

A Szabó György-terem
"kristálypincéje"





Őskarsztos üreg a Kávéházban



Fennőtt szkalenoéderek a Kanyon egyik omladéktömbjének üregében

BARLANGFÖLDTANI MEGFIGYELÉSEK A SZELEK BARLANGJÁBAN

A Sonkolyos határában, a Sebes-Körös völgyében nyíló Szelek Barlangja (Pestera Vintului) Románia legnagyobb, jelenleg már több mint 42 km hosszúságban ismert barlangrendszere, melyet 1957-ben, a forrászóna egy felső járatán át előtörő huzat alapján fedeztek fel. Október 23-i túránk alkalmával, kolozsvári barlangkutatók vezetésével a többszintes rendszer egy szakaszát járhattuk be, az aktív járat - I.szint (Rotarides-terem - Vasas-terem - Titánok-terme - Dísz-termi-feljáró - Hippodrom - Kis-oázis - Fekete-terem) - II. szint (Háromszög - Patkó - November 7.-ág - Óriás-meanderek) útvonalon.

Összképében a Szelek barlangja egyetlen általunk eddig látott hazai barlanghoz sem hasonlítható, ugyanakkor - bizonyára a hasonló földtani adottságokra visszavezethetően - úgy morfológiája mint képződményeinek jellege szempontjából sokban emlékeztet a világranglista-vezető Mammoth-barlangrendszerre, amelynek jellegzeteségeit alig három hónappal e látogatás előtt volt alkalmam nagy vonalakban tanulmányozni.

Morfológiai megfigyelések

A két rendszer közös sajátosságait meghatározó tényezők egyike lehet a tektonikus preformáció alárendeltsége. Ez, a hazai barlangjainknál rendszerint meghatározó szerepet játszó tényező a Mammoth-rendszer esetében a befoglaló mészkő idős, alsó-karbon kora ellenére is elhanyagolható: a mintegy 300 millió éves kőzettömeg ma is csupán 0,5 - 1° dőlésű és alig tektonizált. A Szelek Barlangja esetében a befoglaló középső-triász (anizuszi-ladini) mészkőre

vonatkozóan hasonló átfogó adatokkal nem rendelkezünk, de a bejárt részeken határozott tektonikus preformációt mutató járatokat csak egyes rövidebb szakaszokon (így pl. a Titánok terme és a Hippodrom közötti járatok egy részénél) észleltünk. Ugyanakkor a Fekete-terem és a November 7. -ág között megfigyelt, s az oldalfal szép meanderszínűit megszakító tektonikus sík arra utal, hogy a területen kisebb elmozdulások a II. szint kialakulása után is történtek. Határozott tektonikus preformáció hiányában valószínűsíthető, hogy a járatok lefutását, szintbeli elhelyezkedését a Szelek Barlangja esetében is - akárcsak a Mammoth-barlangnál - elsősorban a vízáramlási rendszer hidraulikus adottságai határozták meg. Míg azonban a Mammoth-barlang esetében a vízáramlás a jól rétegzett mészkő rétegfelületei mentén történhetett, hasonló rétegtani összefüggést a Szelek Barlangját magába foglaló, tömeges megjelenésű mészkőben nem sikerült felismernünk.

A Mammoth-barlang tipikus járatszelvényeit képviselő lapos, elliptikus freatikus "csőjáratok" illetve bevágódott, meanderező vadózus kanyonok közül az előbbieket önálló járatként a Szelek Barlangjának bejárt szakaszán nem jellemzőek, csak egyes folyosók (pl. a Hippodrom) felül jellegzetesen kiszélesedő "gomba-szelvényében" ismerhetők fel; az utóbbiak viszont meghatározók a barlang felsőbb szintjeinek arculatában. A II.szinten a főág híres, 10 m-es vertikális kiterjedést is elérő, szeszélyesen kanyargó Óriás-meanderein kívül tágas, meanderező folyosó alkotja a November 7. -ág bejárt szakaszát, ahol alul már átvágott, lefejezett meanderek is előfordulnak; s hasonló, de jóval keskenyebb meander-labirintus található a Háromszög térségében is, ahol a kisebb méretek, a feltehetően még lassúbb áramlás következtében a jelenség még érzékletesebb: a "Patkó" pl. egy kb. 6-8 m szélességű ívet leíró, s csupán mintegy 0,5 m széles, jó 5 m magas, alul szintén

már záródó meander. Az I.szinten a meanderező folyosószakaszok rendkívül tagolt, bizarr oldásformákat mutató (feltehetően a vízszint alatt kioldódott) járatokkal, valamint a már említett tektonikusan preformált s a nagyobb termek (így a Rotarides-terem, Vasas-terem, Titánok terme) esetében többnyire omlásokkal erősen módosított szakaszokkal váltakoznak. A kanyonjáratok oldalfalain még a II.szinten is jól látható hullámkagylók jelzik az egykori áramlás irányát. Ugyanakkor az aktív járatban valamint a kanyonok egy részében észlelhető közel vízszintes főte, illetve az I.szint freatikus jellegű oldásformákat mutató szakaszai arra utalnak, hogy ezek kialakulása szintén a karsztvízszinten vagy az annak közelében lévő sekélyfreatikus zónában kezdődött.

A Mammoth-barlang harmadik jellegzetes járattípusát függőleges, hengerszelvényű "rányelő"-aknak alkotják. Hasonló, felül hirtelen teljesen elszűkülő formaelemnek tűnik a Torpedó nevű cseppkőképződményt tartalmazó, mintegy 6-8 m magasságú és 1,5 m szélességű "kürtő", amely a bejárattól kb. 200 m-re torkollik rá az aktív járatra - a Torpedó végéről ottjártunkkor is csorgott a víz.

A morfológiai megfigyelésekhez tartozik, hogy a felsőbb szinteken a befoglaló kőzetanyag felszíne sok helyen mállottnak tűnik, kifakult, fellazult. Ezt a hévizes eredetű barlangokban természetesnek tartott jelenséget már egyéb hazai barlangok (pl. Béke-barlang) felső szelvényrészein is észleltük, s nem kizárt, hogy valamilyen kondenzvíz-korróziós hatás okozza, ezt a feltételezést azonban részletes klimatológiai vizsgálatokkal kellene alátámasztani.

Az utólagos omlások az egymást követő, egyre idősebb szinteken egyre gyakoribbak és kiterjedtebbek. Míg az aktív járat és a 21 m-rel magasabban

húzódó I.szint kapcsolatait függőleges aknák, aknasorok alkotják, az I. és II.szint közötti összeköttetések - legalábbis az általunk látottak - a szintek összeszakadásával alakultak ki. Az aktív és az I.szint között a Fekete-teremig legalább három ilyen összekötőakna található, ezek egyike szerencsére az aktív járat köztes szifonja előtt, a bejáratától mintegy 400 m-re torkollik rá a patakmederre, a másik kettő már a szifon mögötti szakaszra nyílik.

A barlang nyitott, átjárható víznyelős kapcsolattal nem rendelkezik; az aktív patakmederben látható, s a hazai patakos barlangokból ismerős fekete bevonattal borított mészkőkavicsok valószínűleg magából a barlang belsőbb részeiből származnak. Az inaktív emeletek aljzatát több-kevesebb kőzettörmelék tartalmazó, vörösesbarna, homokos-agyagos üledékek alkotják, ugyanezek (törmelék nélkül) megtalálhatók a meanderek "vályúinak" alján, az alapkőzettől eltérő színükkel még hangsúlyozottabbá téve a falfelületek tagoltságát; sőt az Óriás-meanderek legfelső, széles "vályúiban" egy egykori nyitottabb kapcsolatra utaló kvarckavicsok is előfordulnak.

A rendelkezésünkre álló - s a legfelső, igen omladékos III.szint vonatkozásában meglehetősen hiányosnak mondott - térkép alapján az ősbibb járatok lényegében a jelenlegi aktív járat lefutását követik, helyenként közvetlenül egymás fölött helyezkedve el, de helyenként akár 100-200 m távolságra egymástól. Az aktív járatot lezáró végponti szifont eddig úgy az I. mint a II. szinten csak mintegy 300 m-re sikerült megközelíteni. A rendszer fejlődéstörténeti elemzéséhez érdekes lehet, hogy amíg az I.szint - egyetlen rövidke oldalágtól eltekintve - nem tartalmaz az aktív járathoz képest új elemeket, a II.szinten már (pontosabban még) több olyan jelentős oldalág is található (pl. a November 7. -ág), amelyeknek mélyebb megfelelői nem

mutathatók ki, s várhatóan még bonyolultabb képet fog eredményezni a még csak részleteiben ismert III.szint továbbkutatása és feltérképezése.

Képződmények

A barlangok arculatát nagyban meghatározó ásványkiválások a Mammoth-rendszerben és a Szelek Barlangjában ugyancsak hasonló jellegűek. Ez valószínűleg a járatok feletti felszín nagy részének homokkővel való fedettségére vezethető vissza: a Mammoth-barlang esetében a befoglaló alsó-karbon (Mississippian) mészkövet felső-karbon (Pennsylvanian) homokkő; a Szelek Barlangjának esetében a befoglaló triász (anizuszi-ladini) mészkövet júra homokkő borítja. E fedettség következtében mindkettő (az aktív járatokban folyó víztől eltekintve) igen száraz barlang: csepegő víz csak elvétve mutatkozik bennük (a Szelek Barlangjában a felső szintek bejárt szakaszán vízvételi lehetőség csak a Nagy- és Kis-oázisnál van); s a leggyakoribb barlangi képződményeket képviselő cseppkőalakzatok e barlangok kiterjedéséhez képest teljességgel alárendeltek, csak egy-két szűk körzetre, járatszakra korlátozódnak. A Szelek Barlangjának bejárt szakaszán említésre méltó képződményeket - függőcseppköveket, lefolyásokat illetve kis, száraz tetarátamedencéket - egyedül az aktív járat első részén illetve az ahhoz kapcsolódó Medencék termében, valamint a Háromszög térségében láttunk; ez utóbbi képződményei erősen korrodáltak tűntek.

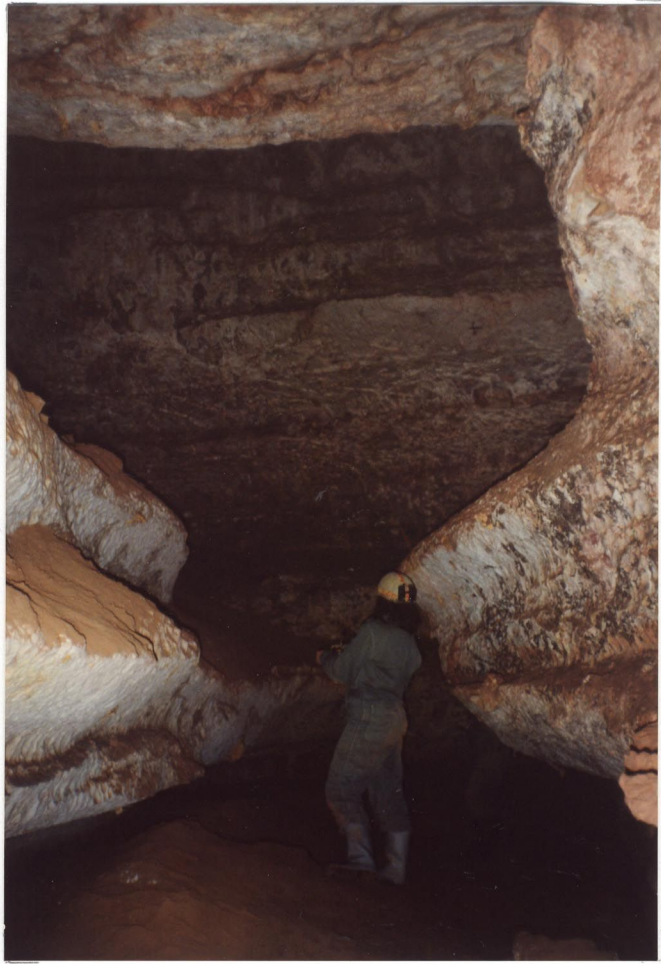
Ugyanakkor a felsőbb, inaktív szinteken viszonylag nagy mennyiségű gipsz és borsókő található. Ezeket a Mammoth-barlang esetében a mészkő pórusain átszivárgó nedvesség mész- illetve szulfáttartalmának bepárlódásával magyarázzák, a szulfátot a fedő homokkő pirittartalmának bomlására vezetve vissza; s hasonló kialakulásmódok feltételezhetők a Szelek Barlangja esetében

is. Itt a gipsz elsősorban a falakat, de helyenként a borsóköveket is borító vékony kérgesként jelenik meg, foltszerű elterjedésben a Rotarides-terem és a Dísz-termi feljáró között, valamint többé-kevésbé folyamatosan a November 7. -ágban; de a Rotarides-terem térségében elvétve kisebb gipsz-rózsák is előfordulnak.

Borsókövekkel az I.szintre felvezető első (pontosabban folyásirányban az utolsó) aknasor harmadik, legfelső tagjától kezdődően, egészen a Dísz-termi feljáróig találoztunk. Egységes falbevonatot sehol sem alkottak, megjelenésük inkább hintettként jellemezhető, magános borsókkal és kisebb-nagyobb, többé-kevésbé megnyúlt példányokból álló csoportokkal. Ez utóbbiak elhelyezkedése szinte kivétel nélkül "irányított" volt, jellemzően valamilyen kiugró felületre (pl. hullámkagylók peremeire!) települve; a megnyúlt példányok egy adott felületen azonos irányban fejlődtek. Legvastagabb kifejlődésben egy szűkületben voltak észlelhetők, ahol az egyik falat 6-8 cm vastagságú borsókőfüzerek borították, míg a tőlük alig pár dm távolságra lévő másik fal teljesen csupasz, oldott szálkőfelület volt.

A fenti megfigyelések több szempontból alátámasztják a borsókövek keletkezésének "amerikai" magyarázatát: itteni előfordulásuk, irányított elhelyezkedésük és fejlődésük ill. lokális feldúsulásaik a beszárításos modellel jól magyarázhatók (az aknasorban látogatásunkkor is határozott, felfelé áramló huzat volt érzékelhető); ugyanakkor jelenlétük az adott helyen nyilvánvalóan nem köthető sem spricc-hatáshoz, sem meleg vizekhez, sem a barlangi levegő páratartalmából történő kiváláshoz, s ezen modellek semelyike sem szolgáltatna magyarázatot a fenti észlelések mindegyikére.

/Takácsné Bolner Katalin/



Kanyonjárat
az I. szinten

Hullámkagylók





Jellemző járatszelvény a II. szinten (November 7. ág)
és az aktív járatban





A November 7. ágban nagy felületeket borítanak a gipszkiválások



Irányított, dús borsókőkiválás az I. szintre vezető aknasor felett

HUZATMÉRÉSEK A PÁL-VÖLGYI-BARLANGBAN

Az 1991-ben, Rosenmüller gyártmányú lapátkerékes szélességmérő segítségével, kísérleti jelleggel végzett huzatmérések kedvező tapasztalatai alapján 1992 folyamán négy alkalommal került sor huzatmérésre a Pál-völgyi-barlangban. A felszín és a barlang bejáratai mellett a Régi Rész, a Decemberi szakasz és a Déli szakasz öt szűkületében, összesen 11 ponton történt mérés; elhagyva az elmúlt évben az alkalmazott műszerrel nem mérhető légáramlással jellemzett barlangi pontokat (Dombos-folyosó, Geológus-folyosó és Felsőlépcsős-folyosó; az egyes pontok részletes helymeghatározását előző jelentésünk tartalmazza). A mérések eredményei az alábbiak.

	92.04.12.	92.04.26	92.11.08.	92.11.29.
1.) Felszín	nem mérhető	nem mérhető	változó	120 320°
2.) Bejárat	22 ↑	pulzál	75 ↑	100 ↑
3.) Kijárat	62 ↑	89 ↑	pulzál	87 ↓
4.) P-III.	változó	140 ↑	nem mérhető	70 ↓
5.) P-IX.	nem mérhető	nem mérhető	12 ↓	nem mérhető
6.) Mese-átjáró	26 ↑	40 ↑	11 ↑	nem mérhető
7.) Tyúklétra	32 ↓	40 ↓	35 ↓	46 ↓
8.) Vészkijárat	nem mérhető	nem mérhető	8 ↓	10 ↓
9.) Huzatos-átjáró	12 ↓	nem mérhető	10 ↓	13 ↓
10.) Púder-kürtő	nem mérhető	nem mérhető	nem mérhető	13 ↑
11.) Z-folyosó	-	-	15 ↓	15 ↓
napi átlaghőmérséklet	11,3°C	20,4°C	10,3°C	5,4°C

Az előző év adatai a február elejétől április elejéig terjedő időszakot ölelték fel, így a jelen, április közepétől április végéig illetve november elejétől november végéig terjedő mérések - figyelembe véve a napi átlaghőmérsékletek alakulását is - jól kiegészítik a múlt évi eredményeket, tág hőmérsékleti intervallumot ($-5,3^{\circ}\text{C}$ - $+20,4^{\circ}\text{C}$) fedve le.

A mérési pontok elhelyezkedését és a nyert adatokat térképen ábrázolva és összevetve a mérési napok középhőmérsékleteivel látható, hogy a vizsgált időszakban a különböző felszíni hőmérsékletek a légáramlás irányát kizárólag a barlang és a külszín kapcsolódási pontjain befolyásolják, a belsőbb mérési pontok esetében irányváltás nem tapasztalható, legfeljebb az intenzitás változása.

E belső pontok közül a Vészkijáratban és a Huzatos-átjáróban a felszíni átlaghőmérséklet növekedésével párhuzamosan a műszer mérési tartománya alá csökken a huzat intenzitása, sőt az előbbinél érdemi légáramlás kizárólag a 0°C alatti felszíni átlaghőmérsékletek mellett jelentkezett. Hasonló jelleget mutat a Púder-kürtő is, sajnos itt éppen a legnagyobb hidegben nem történt mérés.

A fenti pontok befelé húzó légáramlásával szemben a Meseországánál a vizsgált időszakban állandó kifelé húzó légáramlást tapasztaltunk. Ennek intenzitása növekszik a felszíni hőmérséklet növekedésével, a mért maximum a legmagasabb felszíni átlaghőmérséklethez tartozik.

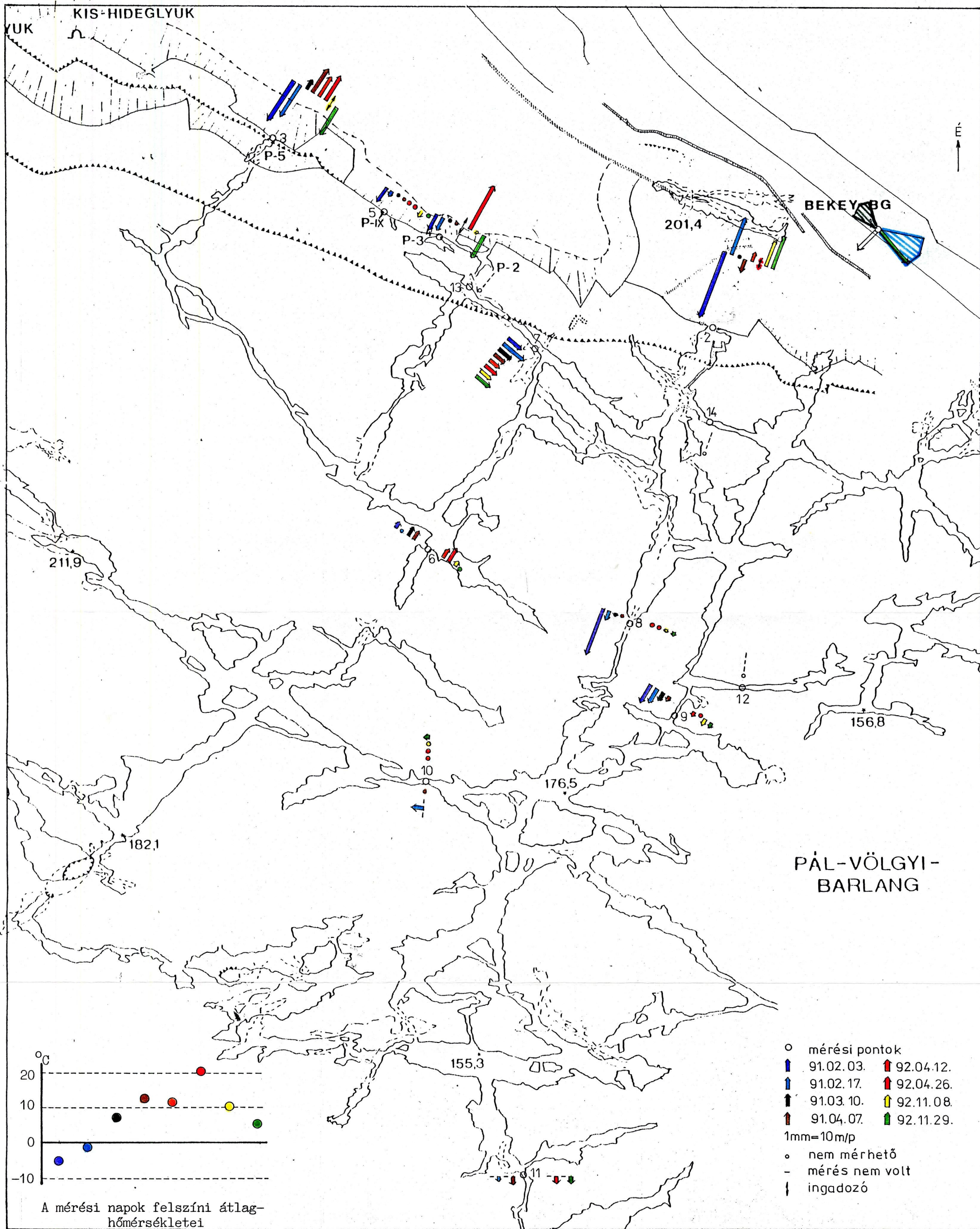
Hasonló tendenciózus változás a Tyúklétránál nem tapasztalható, itt a felszíni hőmérséklet alakulásától függetlenül gyakorlatilag azonos értékek voltak mérhetőek; a Z-folyosó esetében pedig a mérések túl hézagosak az elemzéshez.

A barlang mind a négy vizsgált külszíni kapcsolatának esetében azonos irányú (behúzó) légáramlás csak -5°C alatti átlaghőmérsékletnél (1991. 02. 03.) volt tapasztalható, ez a P-III. üreg kivételével egyben a maximális intenzitásértéknek felel meg.

A 0°C -t megközelítő átlaghőmérséklet mellett (1991. 02. 17.) a legmagasabban fekvő Bejáratnál már intenzív kihúzó, a többinél kisebb-nagyobb mértékben csökkent intenzitású behúzó légáramlás volt tapasztalható.

5°C -t meghaladó átlaghőmérsékletek esetén a négy pont még kevésbé viselkedik egységesen. A Kijáratot egy "változó" adattól eltekintve ebben a tartományban következetesen kihúzó légáramlás jellemzi; a P-IX. hasadékban a légáramlás megszűnik; a P-III. üregben viszont - a köztes tartományban történő stagnálás mellett - 20°C -t meghaladó átlaghőmérsékletnél intenzív kihúzó légáramlás jelentkezik, e ponton a maximális intenzitás is ekkor volt mérhető. A Bejárat légmozgása tűnik a legkevésbé "következetesnek", itt a jellemzően kihúzó tendencián belül gyakorlatilag azonos átlaghőmérsékletek mellett is erősen eltérő intenzitások, sőt irányok voltak mérhetőek - ezek értelmezéséhez a méréseket feltétlenül ki kell egészíteni az adott helyre és időpontra vonatkozó részletes hőmérsékletmérésekkel.

/Hemrich Ferenc/



Huzatmérések eredményei a Pál-völgyi-barlangban

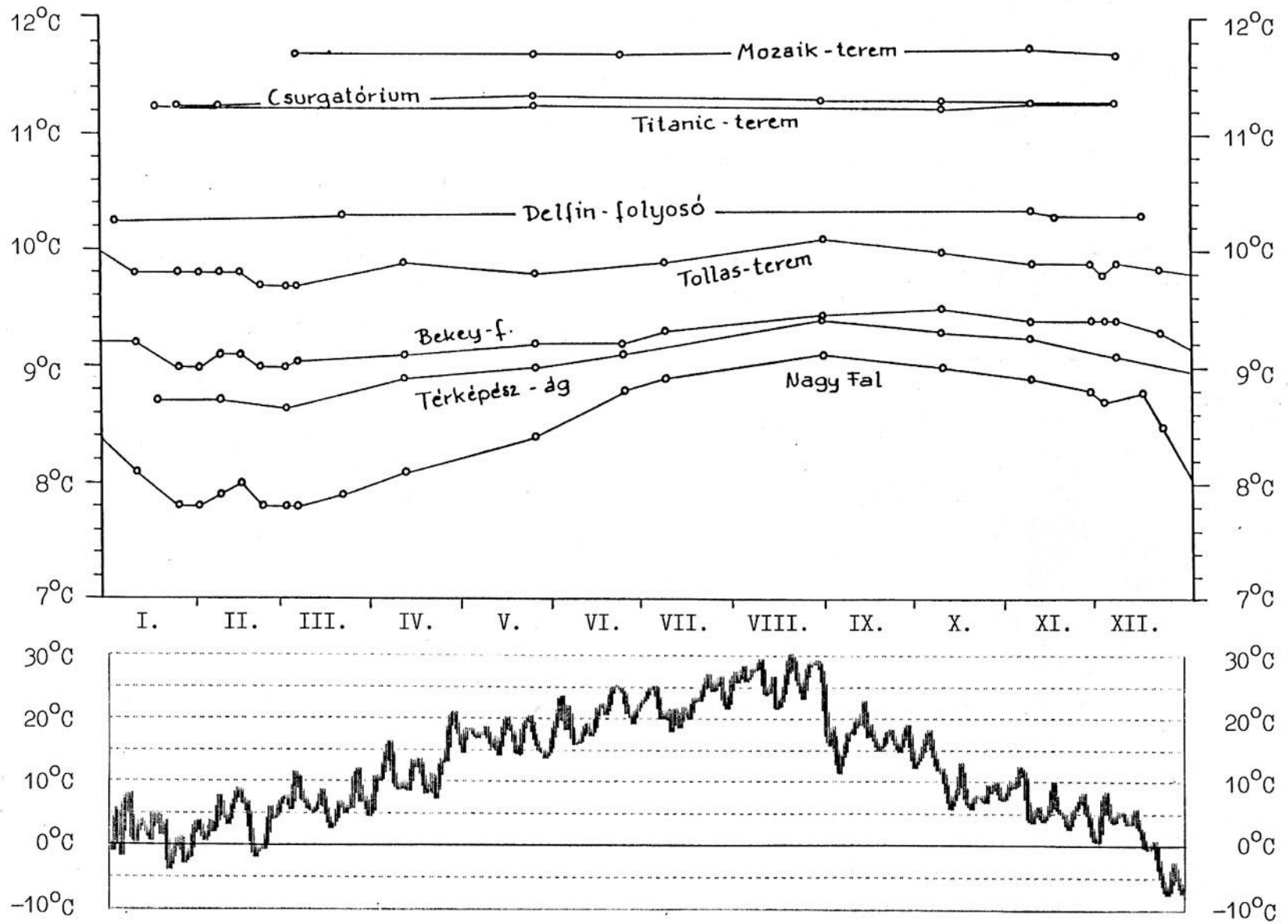
HŐMÉRSÉKLETMÉRÉSEK A PÁL-VÖLGYI-BARLANGBAN

A barlang hőmérsékletének alakulását 8 db kihelyezett, kéttizedes ill. tizedes beosztású hőmérővel regisztráljuk 1988. (Nagy Fal, Bekey-terem, Tollas-terem) ill. 1990. óta (Mozaik-terem, Csurgatórium, Titanic-terem, Térképész-ág, Delfin-folyosó).

1992-ben a legrészletesebb mérések ismét a rendszeres denevérszámlálás útvonalán és időszakában történtek, itt március közepéig ill. november elejétől hetenként-kéthetenként végeztük a leolvasásokat. Az egyéb pontokon, illetve a köztes időszakban elvileg havonta történt leolvasás; azonban éppen a legállandóbb hőmérsékleteket mutató pontok foghíjas adatai arra utalnak, hogy ezeknél a "megszokott" értékek, ill. regisztrálásuk időpontjai nem minden esetben kerültek feljegyzésre.

A barlangi hőmérséklet mért értékeit a mellékelt ábra mutatja be (ennek megszerkesztésekor eltekintettünk a Csurgatórium és a Titanic-terem április 12-i adataitól, a feljegyzett 10,7 ill. 10,2 °C-os érték ugyanis e pontok eddigi hőmérsékletalakulásának ismeretében leolvasási hibára utal). Az egyes mérőpontok elhelyezkedését a mellékelt térképvázlat mutatja be.

A hőmérséklet 1992. évi alakulását összevetve a korábbi adatokkal, az egyetlen érdemi különbség a Térképész-ág és a Bekey-terem egymáshoz viszonyított hőmérsékletalakulásában volt kimutatható: míg 1990/91 telén a Térképész-ágban mért hőmérséklet átlag 0,4 °C-al meghaladta a Bekey-teremét, idén hőmérséklete mindvégig alatta maradt annak.



A felszíni átlaghőmérséklet és a Pál-völgyi-barlang hőmérsékletének alakulása 1992-ben

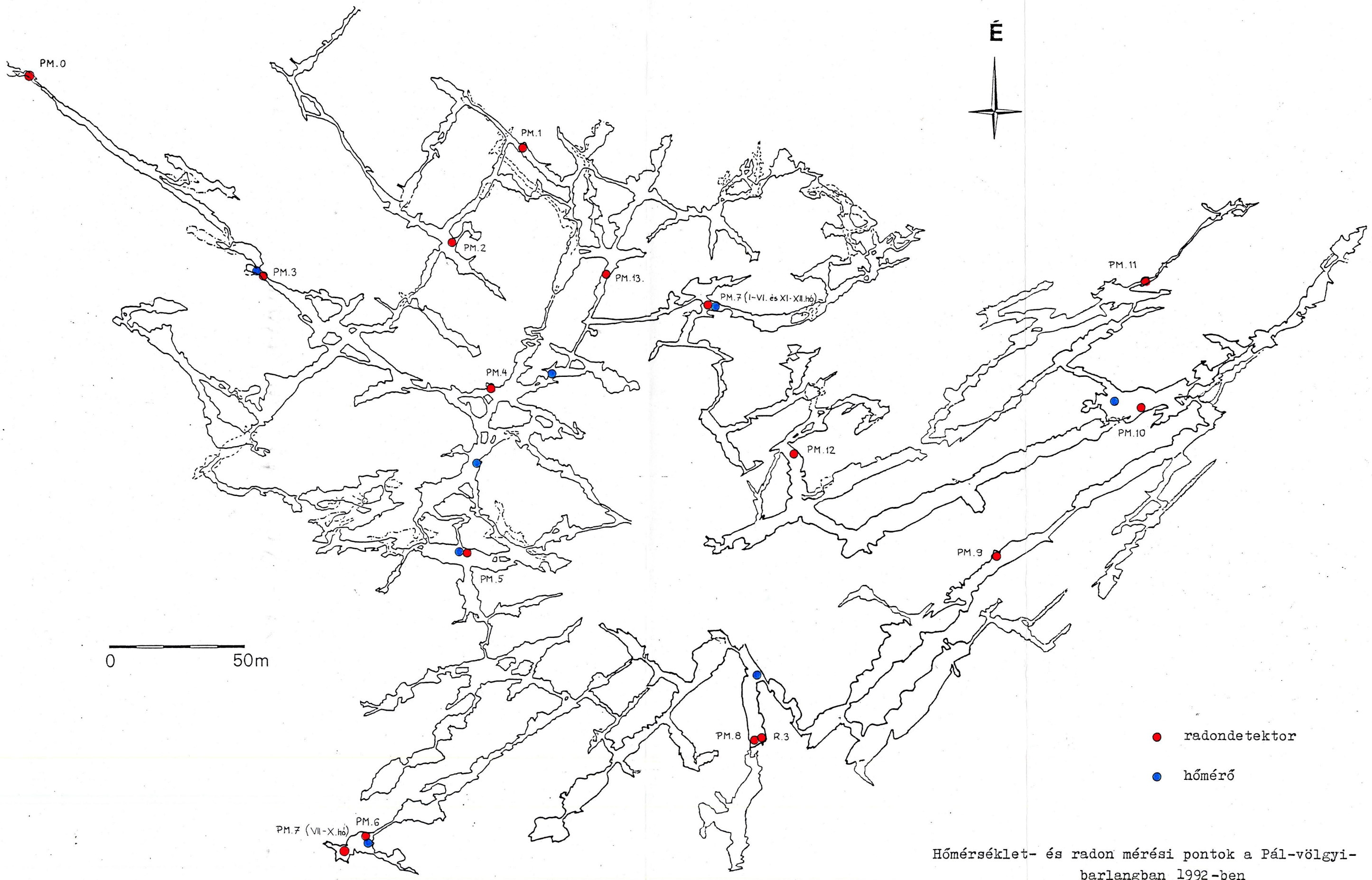
Az egyes pontok hőmérsékleti szélsőértékeinek változása a Térképész-ág kivételével - ahol az ezévi minimum és maximumérték egyaránt $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -al volt alacsonyabb a tavalyinál - sehol sem haladta meg a leolvasási pontosságának megfelelő $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -t; e változások zömmel alacsonyabb értékeket jelentettek. Így változatlanul teljesen kiegyenlített a hőmérséklet a mélyponti Mozaik-teremben ($11,7 - 11,75\text{ }^{\circ}\text{C}$); s minimális a változás a Csurgatóriumban ($11,25 - 11,35\text{ }^{\circ}\text{C}$), a Titanic-teremben ($11,25 - 11,35\text{ }^{\circ}\text{C}$) valamint a legmagasabb helyzetű pontok közé tartozó Delfin-folyosóban ($10,25 - 10,35\text{ }^{\circ}\text{C}$) is.

A négy további mérőpont közül a bejáráshoz legközelebb eső (az egykori Scholtz-bejárat törésvonalára illeszkedő) Nagy Fal esetében a hőmérsékletkülönbség a tavalyi $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -hoz hasonlóan $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt; itt a legalacsonyabb mért érték $7,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (január végén illetve február végén) míg a legmagasabb $9,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt (augusztus végén). A tavalyival azonos $0,7$ ill. $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os változásokat regisztráltuk a Nagy Fallal azonos szinten lévő, de nem főtörésirányra illeszkedő Térképész-ág (március elején $8,65\text{ }^{\circ}\text{C}$, augusztus végén $9,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) illetve az ugyancsak a bejárat törésirányba eső, de már mélyebb helyzetű Bekey-terem (január végén illetve február végén $9,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, október elején $9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) esetében. Végül az utóbbi folytatásában elhelyezkedő (s a Csurgatóriummal és a Titanic-teremmel gyakorlatilag azonos szintben lévő) Tollas-teremben a hőmérsékletkülönbség ezévi értéke a februárvégi $8,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os adatokkal elérte a $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -t, itt a legmagasabb hőmérsékletet, $10,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -t ugyancsak augusztusban regisztráltuk.

Ez utóbbi négy mérőpont hőmérsékletalakulását összevetve a felszíni hőmérséklet alakulásával (KMI adatai, Bp. II. Kitaibel Pál u.) a Nagy Fal és a Bekey-terem kettős minimumának, illetve a Tollas-terem minimumának kezdő időpontjai igen jó egyezést mutatnak a felszíni hőmérséklet tartósan $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá

süllyedésével, sőt, grafikonjaikon a december eleji rövid lehülés helyi minimuma és a december közepét követően kezdődő erőteljes lehülés "drasztikus" hőmérsékletcsökkentő hatása is jól felismerhető. A négy pont közül három tükrözi a szeptember eleji, 15 °C-t meghaladó átlaghőmérséklet-esést is, a változás azonban még a Nagy Falnál is csak tizedfokos, azaz úgy tűnik, ebben a hőfoktartományban a barlang hőmérséklete jóval kevésbé reagál a változásokra. A grafikonok összehasonlítása alapján a "meleg hullámok" hatása már jóval lassabban jut érvényre: így pl. a február végén kezdődött hidegcsúcs a barlangban még március első harmadában is tartott, noha a felszínen ekkorra már mintegy 10 °C-os hőmérsékletemelkedés következett be. A felszíni hőmérséklet alakulását természetesen a bejáráshoz legközelebb eső Nagy Fal hőmérsékleti grafikonja követi a leginkább, a belsőbb szakaszok grafikonjain a változások egyre inkább kilaposodva jelennek meg.

/Hegede Tibor/



Hőmérséklet- és radon mérési pontok a Pál-völgyi-barlangban 1992-ben

RADONMÉRÉSEK A PÁL-VÖLGYI-BARLANGBAN

A MTA Atommagkutató Intézetének Nyomdetektor Csoportja 1990. áprilisában terjesztette ki barlangi radonméréseit a Pál-völgyi-barlangra. E munkához csoportunk a detektorok cseréjével járul hozzá.

1992-ben a detektorok elhelyezésében az előző évhez képest csak a PM-7 sz. detektor esetében volt változás: az eredetileg a Mozaik-terem tavát regisztráló, de 1991-ben a tó megszűnése miatt a Térképész-ág elágazásához áthelyezett detektort júliusban - a tó ismételt megjelenésével - eredeti helyére tettük vissza; majd novemberben, a tó újbóli eltűnésével a detektor visszakerült a Térképész-ágba. A detektorok 1992. évi elhelyezését a barlangba telepített hőmérők helyét szemléltető térképen tüntettük fel; a 8 hőmérő közül 6 már a radonmérési pontoknak megfelelően került kihelyezésre.

A három éve folyó vizsgálat eddigi eredményeiről Hackl József, az ATOMKI munkatársa a mellékelt grafikonokat és szöveges összefoglalót bocsájtotta csoportunk rendelkezésére. Az 1992. évi mérések sajnos - az októberben kihozott, exponált detektorok postai továbbítás során történt elveszése miatt - hiányosak, nem szolgáltatnak folyamatos adatsort; szerencsére az adathiány nem szélsőértéknél jelentkezik. Minthogy a PM-7 detektor grafikonján a fentemlített két mérési hely összevontan került ábrázolásra, ezt a grafikont kiegészítettük az áthelyezések időpontjára vonatkozó információval.

Takácsné Bolner Katalin
Szépvölgyi út 162/b
1025 Budapest

Kedves Kati,

Mellékelten küldöm az Pálvölgyi-barlangban az eddig mért összes radon adatot grafikonos formában. Azért választottam ezt az ábrázolást, mert így könnyebb az egyes évek adatainak az összevetése.

Az eddigi teljes mérési időszakra vonatkozóan a következő átlagos radon aktivitáskoncentrációkat mértük (kBq/m³): pm0-1.80, pm1-0.72, pm2-2.16, pm3-2.05, pm4-1.95, pm5-2.17, pm6-4.32, pm7-2.11, pm8-2.10, pm9-2.40, pm10-2.68, pm11-3.25, pm12-2.87, pm13-1.34.

Ezek az értékek már nem különböznek lényegesen a tavalyi jelentésben feltüntetettekétől (a tavalyi átlag is jó volt). A görbékre vetett első ránézés után lényegileg ugyanazt írnám le mint tavaly. Amit érdemes lenne megtenni (2-6 nap munka) az a következő: levenni egy térképről a mérési helyek koordinátáit (x,y) és egy időben változó izofelületi ábrázolást elkövetni. Rendkívül demonstratív, és sok eddig nem látott részlet kijöhet benne.

Mélyebb elemzésekhez lényegesen több idő és gondolkodás lenne szükséges, remélem Gábor elkövet majd hasonló dolgokat a disszertációjában.

Amennyiben nem kapnál a héten újabb adatokat, akkor tekintsd ezt végleges jelentésnek.

Baráti üdvözlettel:

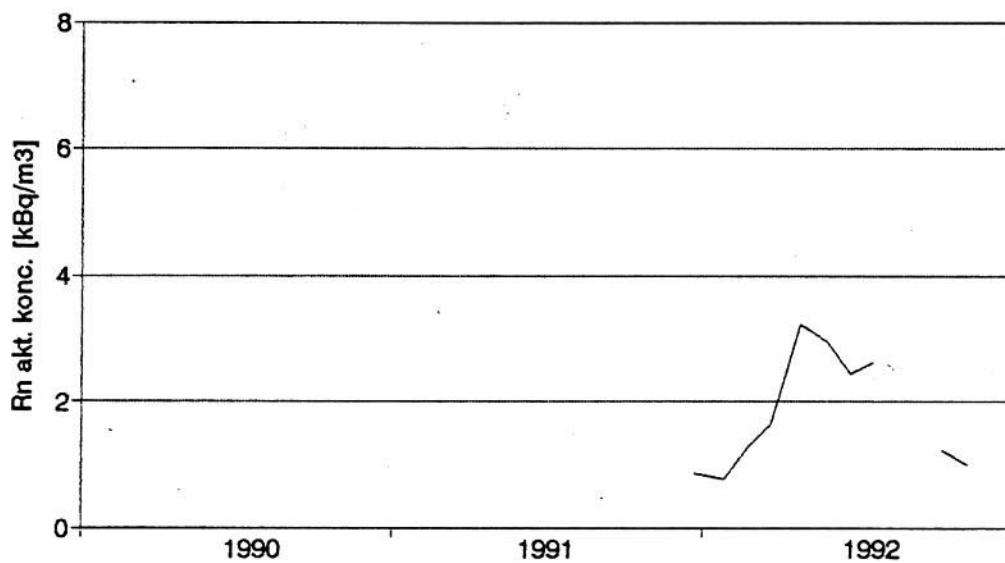


Haki József

Debrecen, 1993. feb. 8.

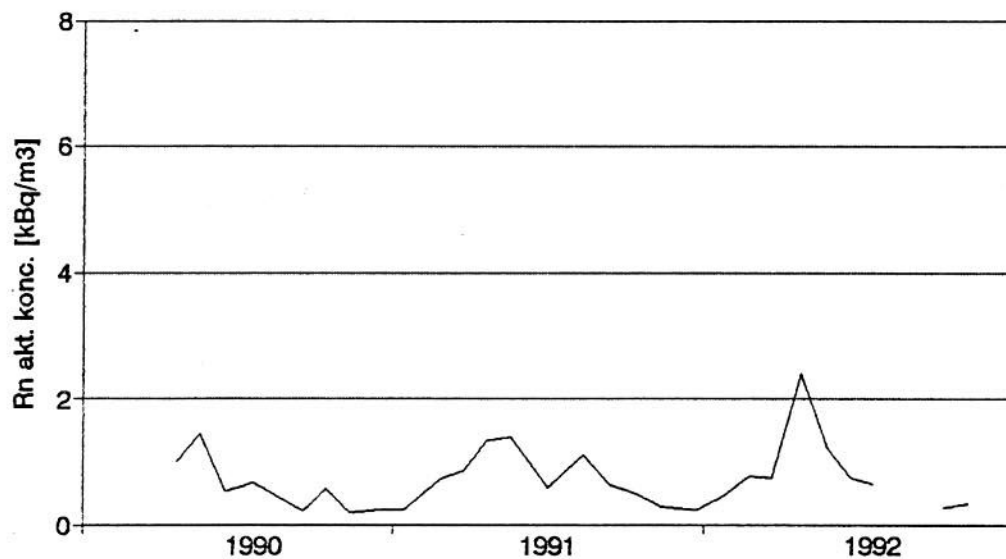
PÁLVÖLGYI-BG.

Radondetektor kodja: PM0



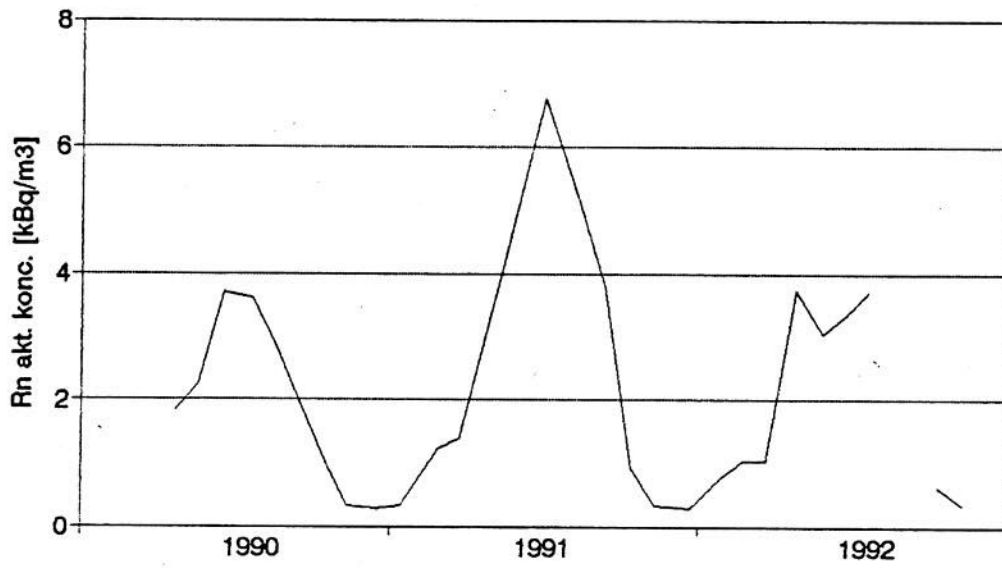
PÁLVÖLGYI BG.

Radondetektor kodja: PM1



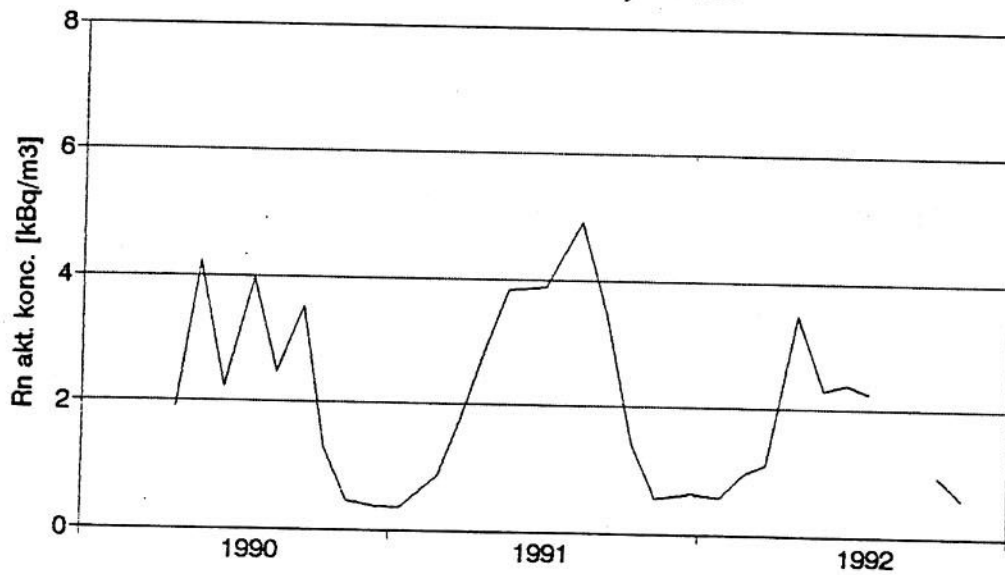
PÁLVÖLGYI-BG.

Radondetektor kodja: PM2



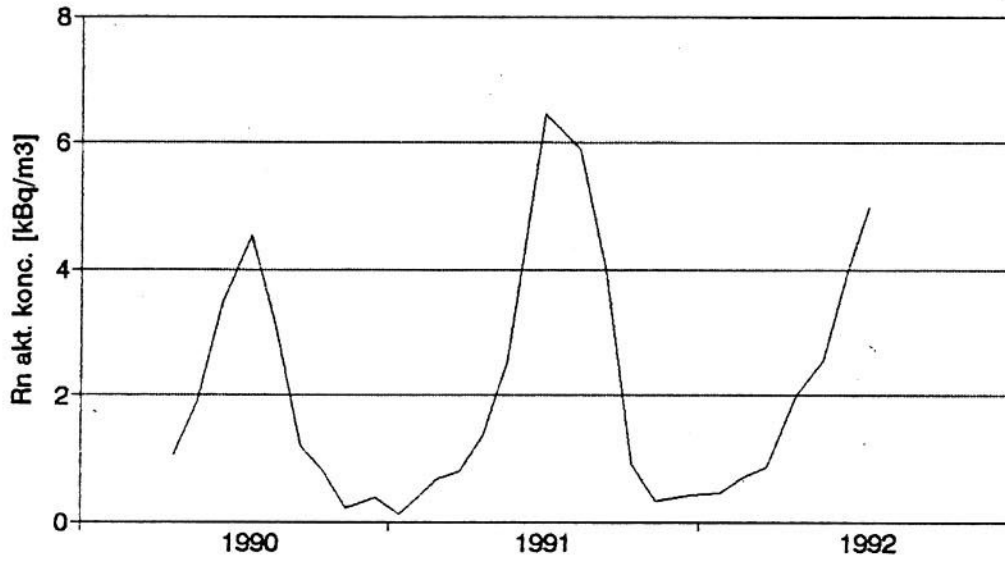
PÁLVÖLGYI-BG.

Radondetektor kodja: PM3



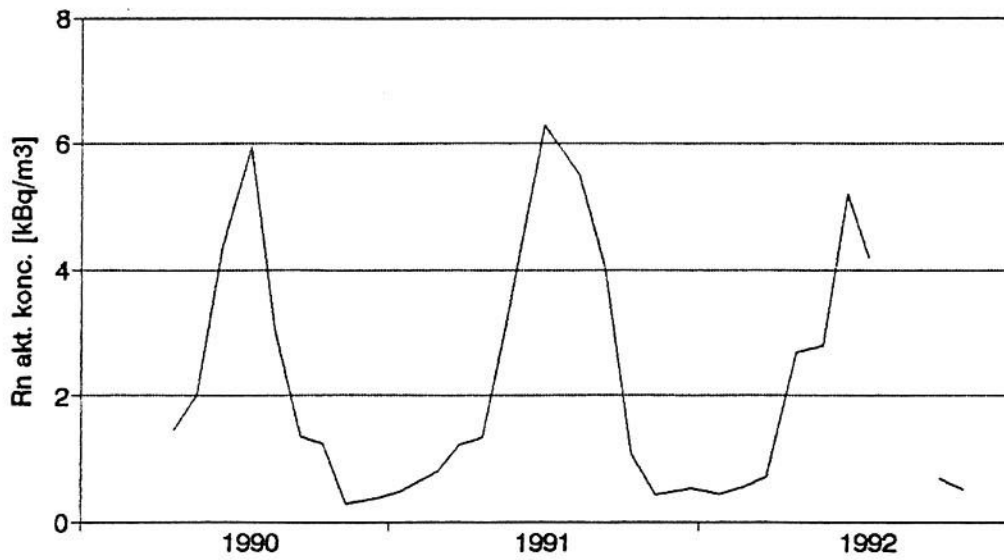
PÁLVÖLGYI-BG.

Radondetektor kodja: PM4



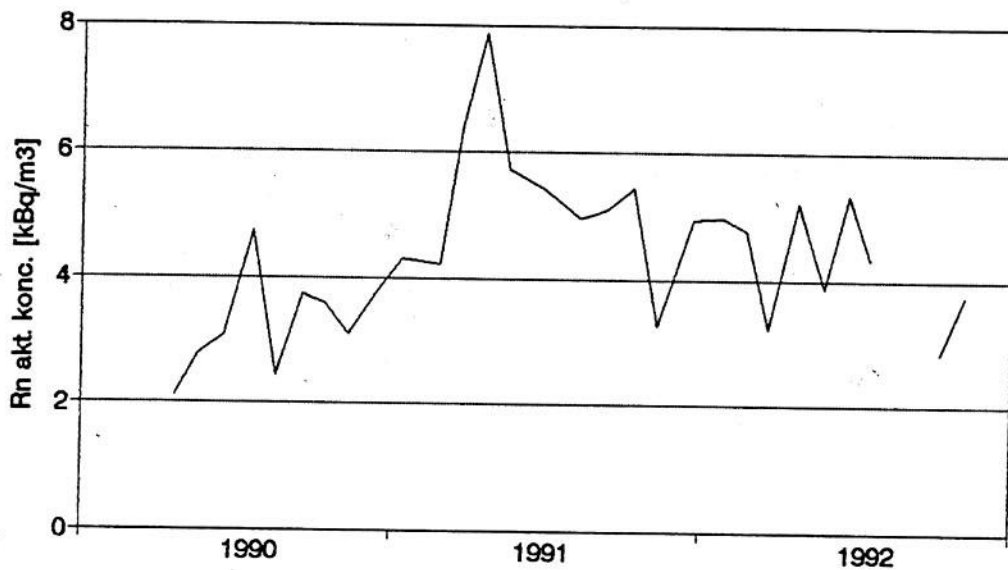
PÁLVÖLGYI-BG.

Radondetektor kodja: PM5



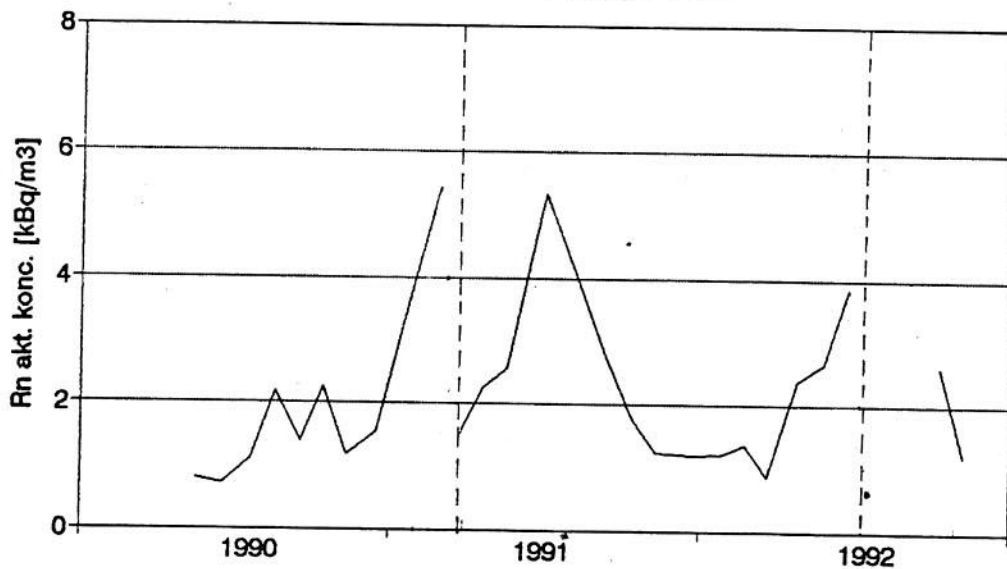
PÁLVÖLGYI-BG.

Radondetektor kodja: PM6



PÁLVÖLGYI-BG.

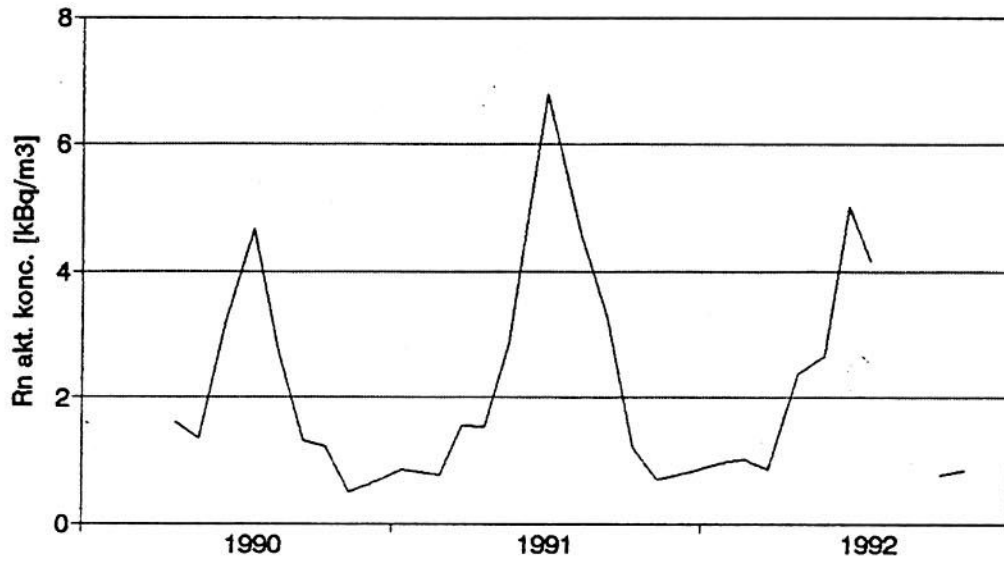
Radondetektor kodja: PM7



Mozaik tó → ← Térképész-ág → ← tó →

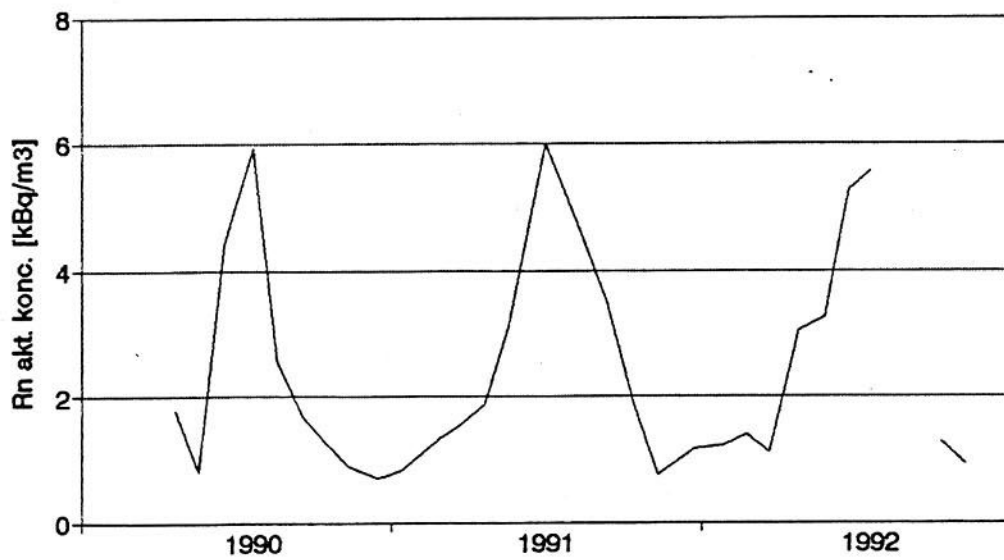
PÁLVÖLGYI-BG.

Radondetektor kodja: PM8



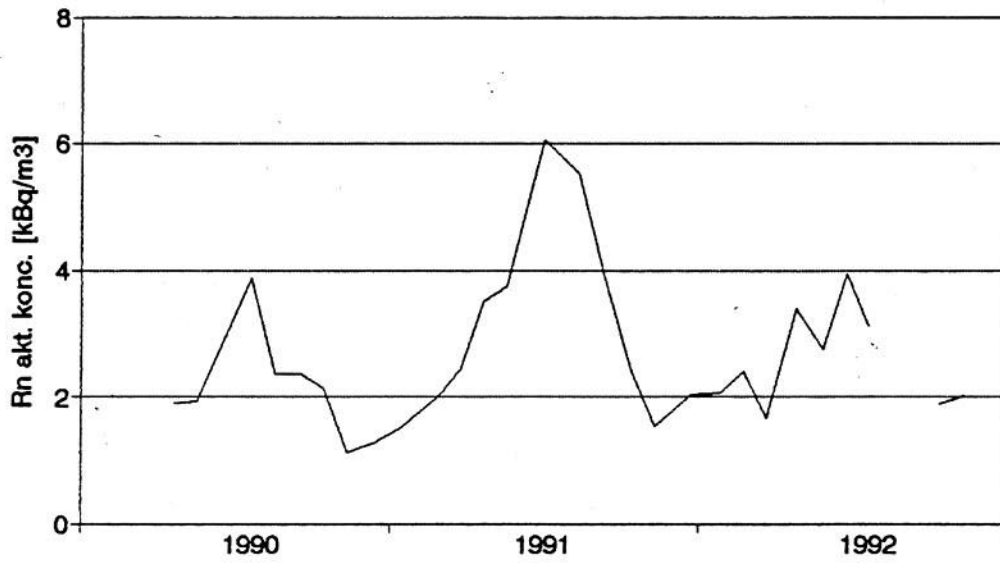
PÁLVÖLGYI-BG.

Radondetektor kodja: PM9



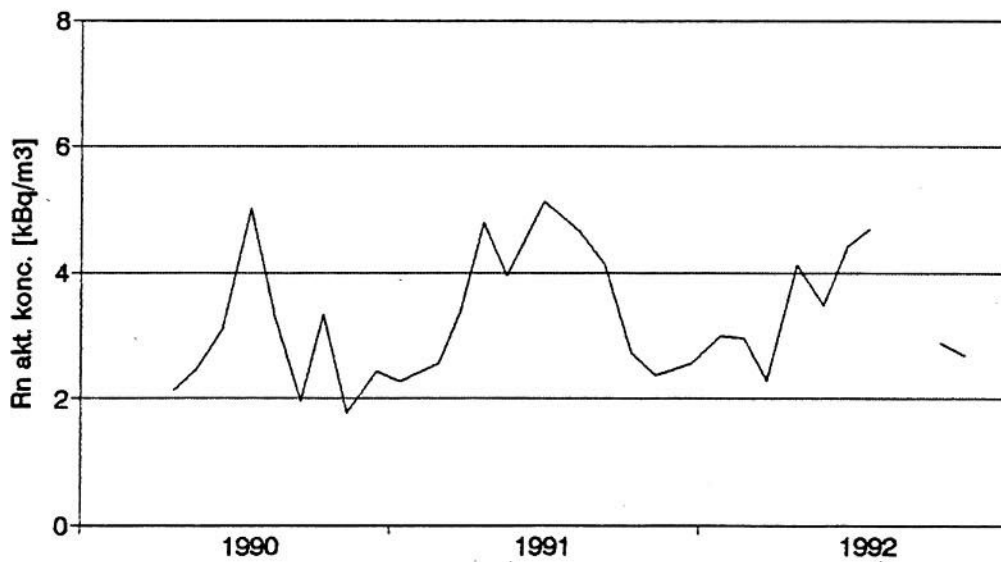
PÁLVÖLGYI-BG.

Radondetektor kodja: PM10



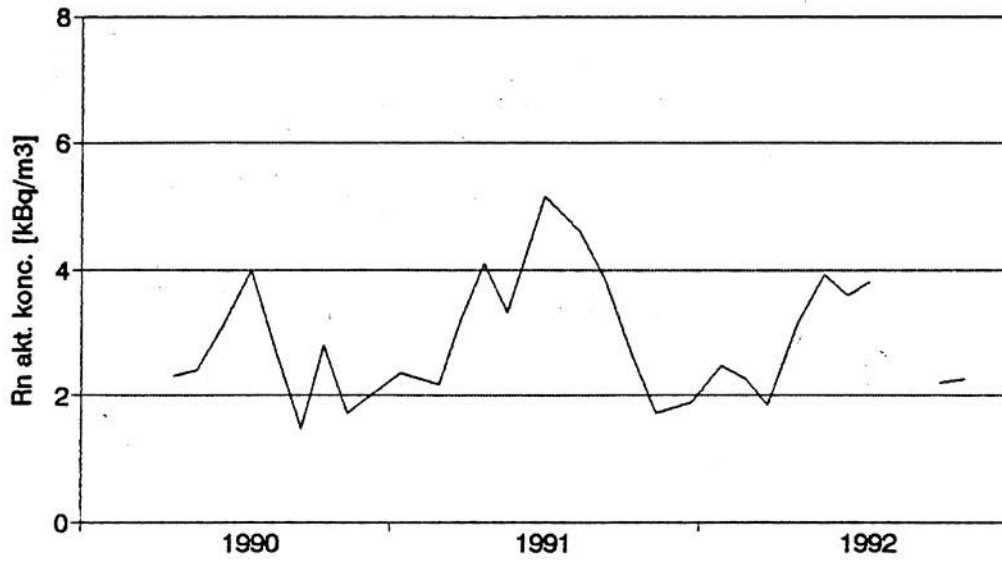
PÁLVÖLGYI-BG.

Radondetektor kodja: PM11



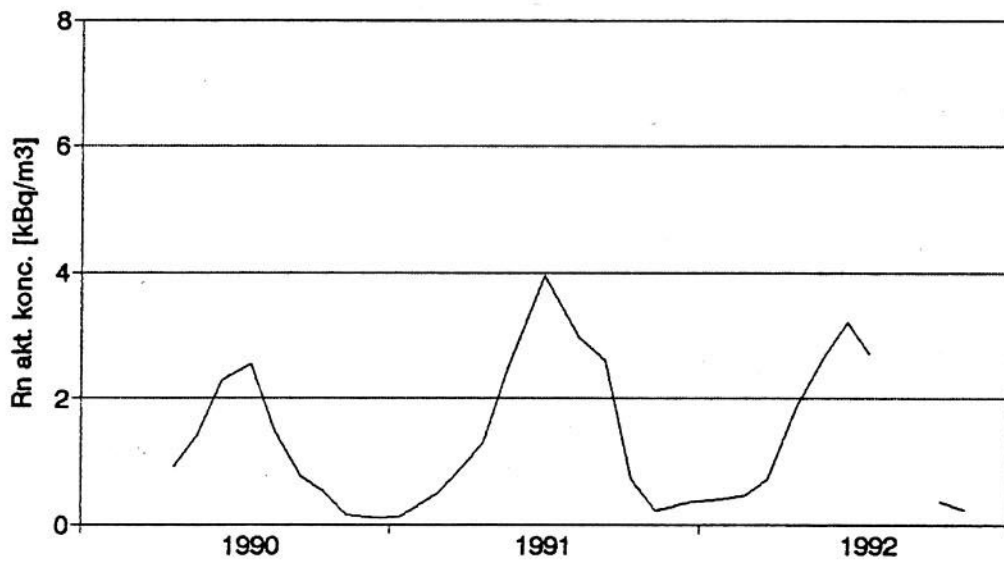
PÁLVÖLGYI-BG.

Radondetektor kodja: PM12



PÁLVÖLGYI-BG.

Radondetektor kodja: PM13



Az értékelés alapján tehát a radonaktivitás-görbék lefutásában az előző évekhez képest lényeges változások nem jelentkeztek. Így:

A Peti-folyosóban elhelyezett PM-1 sz. detektor görbáját (a jól felismerhető évszakos változás mellett) nyáron is viszonylag alacsony értékek jellemzik, a felszíni hatások erős érvényesülését jelezve.

A Meseországban, a Delfin-folyosóban, a Pentacon-teremben, a Tollas-teremben illetve az Állatkertben lévő PM-2, PM-3, PM-4, PM-5 és PM-13 detektorok görbéit a nyári maximum és a téli minimum arányának magas értéke jellemzi, erős téli felszíni hatást és (a viszonylag alacsony nyári maximumot mutató PM-13 kivételével) zavarmentesebb nyári körülményeket jelezve. Az első két pont korábban felfutó görbéi arra utalnak, hogy ezeken a téli felszíni hatás rövidebb ideig érvényesül.

A Mozaik-teremben elhelyezett PM-6 detektor átlagértéke közel a kétszerese bármely egyéb mérőponténak (1992-ben $4,32 \text{ kBq/m}^3$), itt az eddig is kis mértékű változások (amelyek erős elzárttságot tükröznek) ebben az évben még jelentéktelenebbek voltak.

A Csurgatóriumban, a VB-folyosóban, a Titanic-teremben, a Kis-Kanyonban valamint a Dezodor-ágban lévő PM-8, PM-9, PM-10, PM-12 és PM-11 sz. detektorok görbéin a nyári maximum és téli minimum ugyancsak kimutatható, de a minimumérték a felsorolás sorrendjében fokozatosan nő, a maximumérték pedig fokozatosan csökken, így arányuk egyre alacsonyabb. A téli minimumok magas értéke arra utal, hogy a felszíni behúzó levegő időben is hosszabb utakat tesz meg ezen pontokig.

A PM-7 sz. detektornak Térképész-ág elágazásától származó adatai a Kis-Kanyonhoz hasonló értékű nyári maximumot, annál azonban lényegesen alacsonyabb téli minimumot mutat, amely véleményünk szerint annak a

következménye, hogy ez a pont már a Térképész-ág felől kapja, ugyancsak viszonylag nagy utat megtéve a téli behúzó légáramlás hígító hatását.

Végül a Vetkőztető-hasadékban észlelhető, gyakorlatilag állandó intenzív légáramlás származásának eldöntése érdekében 1991. végén kihelyezett PM-0 detektor görbéjét elemezve, azon a hozzá legközelebb eső Delfin-folyosóhoz hasonlóan viszonylag alacsony nyári maximum, ugyanakkor annál magasabb, értékében a Csurgatóriuméhoz hasonló téli minimum mutatható ki, amely a behúzó légáramlás hosszabb barlangi útjára enged következtetni; azaz a feltáró kutatás folytatása szempontjából nem közömbös közvetlen felszíni beszellőzéstől nem kell tartanunk.

HIDROLÓGIAI MEGFIGYELÉSEK A PÁL-VÖLGYI-BARLANGBAN

1992. folyamán a barlangban két helyen tapasztaltunk rendellenes intenzitású, mesterséges eredetre utaló vízbeszivárgásokat. Ezek egyike, a Szeptáriás-folyosót a Bronz-folyosóval összekötő kis átjáró szűkületénél, mintegy 2 m² felületen jelentkező befolyás a múlt év augusztusában kezdődött, és még idén szeptember elején is fokozódó intenzitással volt észlelhető; majd a Budapesti Természetvédelmi Igazgatóságnak - többszöri szóbeli bejelentésünket követően - a Vízművek felé tett intézkedése eredményeként végre október elejére teljesen megszűnt.

A másik rendellenes intenzitású beszivárgás a Rockenbauer-teremben jelentkezett, ahol egyszer már - 1988. elejétől egészen 1990. nyaráig - észleltük a jelenséget. Az idén a beszivárgás rövidebb időtartamú volt (májusban a csepegés még- és október elején már ismét normális volt) és intenzitása is némileg kisebb volt mint előzőleg.

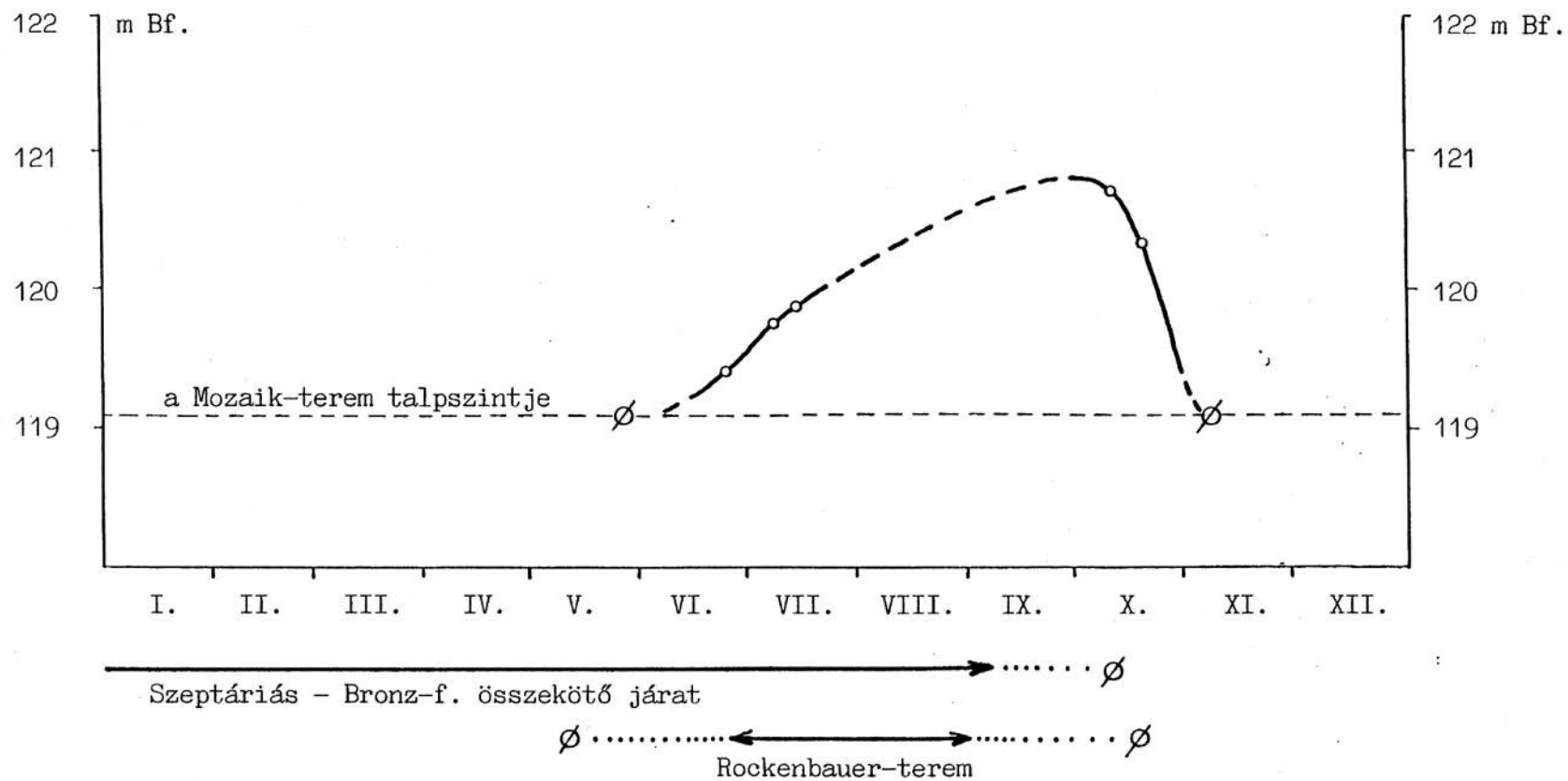
A fentiek ismeretében különösen érdekes a barlang mélypontján lévő Mozaik-terem időszakos tavának alakulása (ld. a mellékelt ábra), amelynek a mesterséges vízbefolyásokkal való kapcsolata éppen a Rockenbauer-terem előző, hosszantartó vízbefolyásával mutatott igen jó korreláció alapján merült fel.

A mélypont az év első felében (még pontosabban 1991. februárjától kezdődően) száraz volt, június 24-én azonban már 31 cm vízmélységű tó töltötte ki a terem alját, s a maximális észlelt vízszint (október 11-én) 10-15 cm-rel borította el az 1,5 m-es mérőpalcánkat. Ezt követően rohamos apadás indult meg, s november 8-án a mélypontot már ismét szárazon találtuk.

A tó ezévi megjelenése ismét következetes korrelációt látszik mutatni a tőle több mint 200 m-re ÉÉK-re elhelyezkedő Rockenbauer teremben jelentkezett mesterséges befolyás kezdetével és végével; ugyanakkor a tőle mindössze 100 m-re KÉK-re eső, sokkal huzamosabb időn át tartó vízbefolyás a Szeptáriás-folyosót a Bronz-folyosóval összekötő kis átjáróban láthatólag nem volt hatással a vízszint helyzetére.

Amennyiben a mesterséges vízbefolyásokkal való kapcsolatra vonatkozó elképzelésünk helyes, a gyors "reagálás" alapján a Mozaik-terem tavaként visszaduzzadó víz meglehetősen izolált, a helyi függőkarsztvízzel csak közvetett, átszivárgásos kapcsolatban lévő vízlencse lehet, amelyhez a víz számára viszonylag közvetlenül átjárható (szerkezetileg és/vagy rétegtanilag és/vagy nem vízrekesztően kitöltött alsó járatszelvények által meghatározott) pálya vezet a Rockenbauer-terem és a Mozaik-terem viszonylatában; míg a Szeptáriás- és Bronz-folyosókat összekötő átjáró felől ilyen pálya nincsen, az onnan elfolyó víz valamely más, hasonlóan izolált vízlencsét táplál vagy esetleg közvetlenül lejut a függőkarsztvíz szintjére.

/Zentay Péter/



A Mozaik-terem időszakos tavának 1992. évi alakulása és a rendellenes intenzitású beszivárgások jelentkezése a Pál-völgyi-barlangban

HIDROMAGNEZIT ÉS CINNABARIT (?) ELŐFORDULÁSA A PÁL- VÖLGYI-BARLANGBAN

A Kiskarácsony-ág feltárása alkalmával egy, a barlangban eddig még nem látott kiválástípusra bukkantunk. A pár mm átmérőjű szemcsékből, hólyagokból álló, tejfehér, porló halmazok az ág hátsó harmadát tagoló omladéktól kezdve fordulnak elő egészen a végpontig; az oldalfalon és leomlott kőzetblokkokon egyaránt megfigyelhetők. A legnagyobb kiterjedésű - kb. tenyérynyi alapterületű és 1-2 cm vastagságú - megjelenései kiugró kőzetélekhez kapcsolódnak, de kisebb csoportjai sík felületeken is előfordulnak. Összképében a kiválás erősen emlékeztet a Beremendi-kristálybarlang huntitjára.

Minthogy ez az ásvány csak röntgenvizsgálattal azonosítható, az omladék felső részének egy, a járóútvonalba eső pontjáról már az első bejárásakor mintát vettünk, amelynek elemzéséhez az MTA Geokémiai Kutatóintézetének munkatársától, Dr. Tóth Máriától kértünk segítséget. A röntgenvizsgálat PHILIPS PW-1730 típusú diffraktométerrel történt, amelynek technikai paraméterei a következők voltak: CuK_α sugárzás, grafit monokromátor, proporcionális számláló, $2^\circ/\text{perc}$ goniométer sebesség, 2×10^3 imp/sec alapérzékenység, 2 cm/min regisztrálási sebesség, 2 sec időállandó, 1° divergencia- és detektorrés.

Az elvégzett vizsgálat alapján a minta 98 %-ban hidromagnezitből $[\text{Mg}_4(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_3 \times 3\text{H}_2\text{O}]$ áll, 2 % egyéb, azonosítatlan szennyeződéssel (1.sz. ábra). Leél-Össy Szabolcs szóbeli közlése alapján ez a magnéziumásvány alkotja a József-hegyi-barlangban található montmilchet.

Hill és Forti "A világ barlangi ásványai" c. könyvében ritka barlangi ásványként, de a montmilch gyakori alkotóelemeként jellemzi, amely - más magnéziumásványokkal együtt - dolomitos kőzetek oldásából származik; lerakódása a magnézium-ion relatív feldúsulásának eredményeként, a bepárlódás és széndioxidvesztés fokozódása miatt a kalcitól az aragoniton át a huntit és hidromagnezit felé tolódó kiválási sor utolsó tagjaként történik.

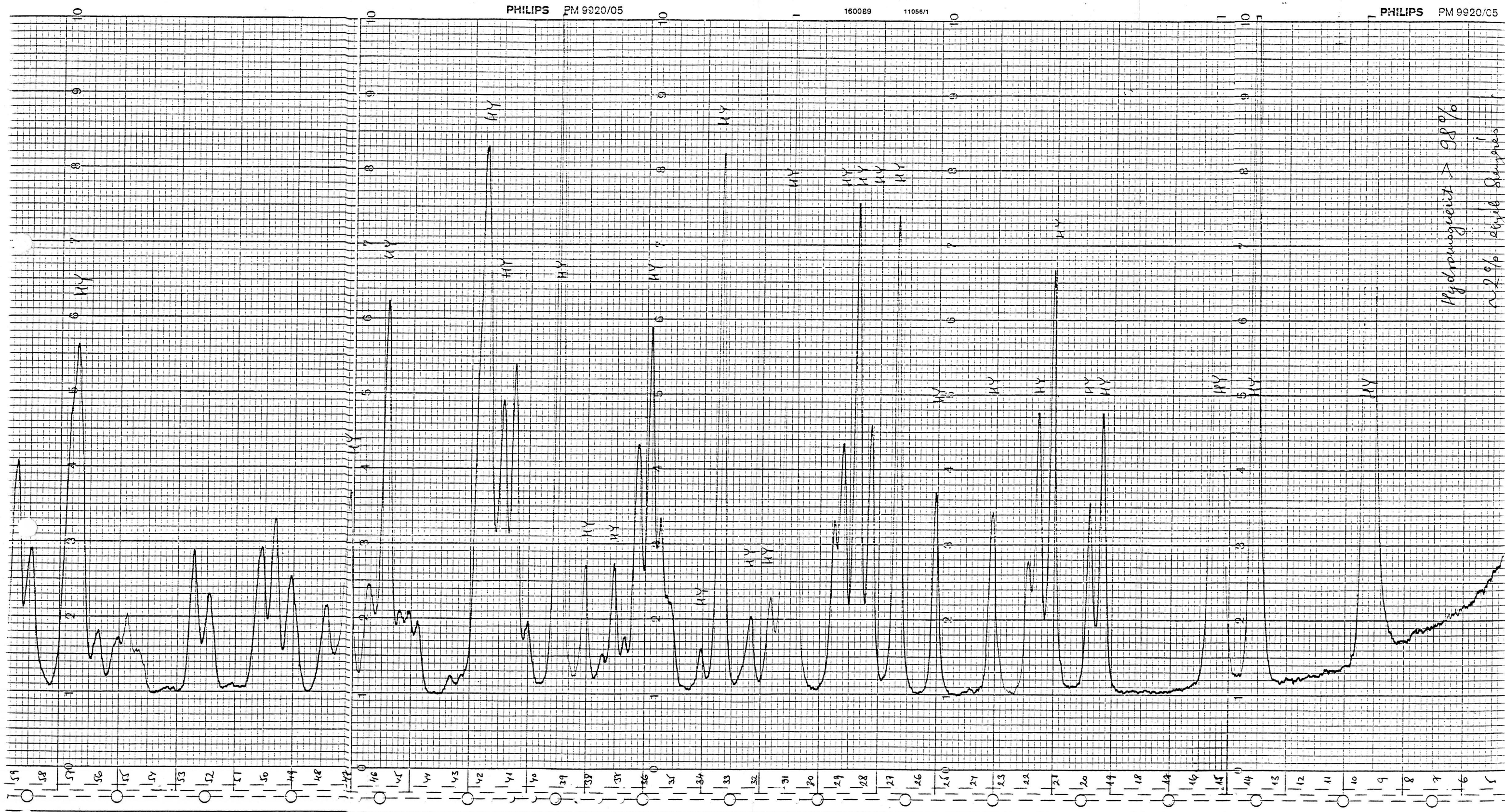
*

Noha hasonlót már a Technikás ág végpontjának bontásakor is észleltünk, csak a Kiskarácsony-ágban figyeltünk fel komolyabban arra az élénkvörös, finom erezettségre, amely egy, az aljzaton talált baritcsoport felületét vonta be. Minthogy a jellegzetes szín alapján felmerült ennek cinnabarit volta, mindkét ismert előfordulásból mintát vettünk röntgenvizsgálat céljára.

A mintaelőkészítés során azonban kiderült, hogy az élénkvörös bevonat csupán vékony hárttyát alkot a barit felületén. A röntgenfelvétel ennek ellenére megtörtént, azonban a diffraktogram csupán a 99 %-ban jelen lévő baritot mutatta ki (2.sz. ábra), a vélt cinnabarit jelenlétét - remélhetőleg csak az elenyésző mennyiség és a legjellemzőbb csúcsok teljes átfedése miatt - nem sikerült igazolni. Igéretet kaptunk viszont az elemzés más, érzékenyebb módszerrel (pl. mikroszonda) történő megisméltésére, ez azonban a jelentés lezárásáig még nem történt meg.

Meg kell említenünk, hogy azóta a jellegzetes élénkvörös bevonatot a barlang egy másik, 1980 óta ismert baritelőfordulásánál, a Bekey- és Hajós-termekek összekötő folyosó átbújójánál is megtaláltuk, így felismerése esetleg a barlang más pontjain is várható.

/Füredi Valéria/

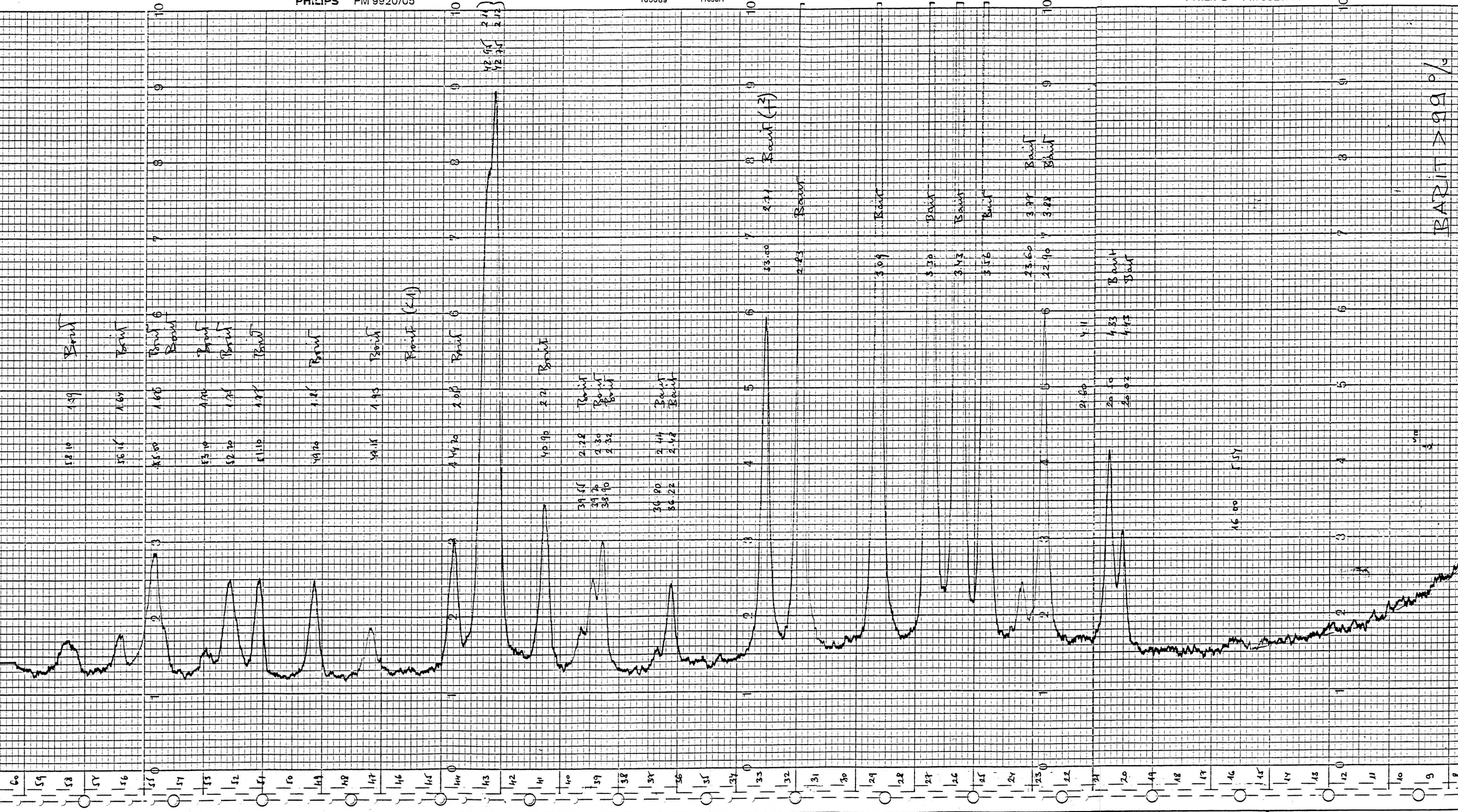


1.sz. ábra: A Kiskarácsony-ágban talált fehér, szemcsés kiválás röntgendiffraktogramja

PHILIPS PM 9920/05

160089 11056/1

PHILIPS PM 9920/05



2.sz. ábra: Baritos felületen észlelt élekvörös bevonat "kísérleti" röntgendiffraktogramja

Barit > 99%

DOKUMENTÁCIÓS MUNKÁK

A PÁL-VÖLGYI-BARLANG TÉRKÉPEZÉSI MUNKÁI

1992. évi térképezési munkáink keretében az újonnan feltárt Kiskarácsony-ág, valamint a barlanghoz átjárhatóan kapcsolódó P-III. üreg általunk csak most megismert, semmilyen térképen nem szereplő hasadékjáratának, az Elfelejtett-folyosónak a részletes felmérését végeztük el.

A felmérés a Kiskarácsony-ágban függőkompasszal és fokívvel, részben HILTI-szegekkel fixált pontokkal; az ismert járatokkal illetve a kőfejtő falával körülhatárolt Elfelejtett-folyosó esetében pedig geológuskompasszal, vesztett pontokkal történt. A függőkompassz leolvasása két kompassz állásban, 15' pontossággal; a fokívé a poligonoldal két végén, 5' pontossággal történt, a számításokhoz a két érték átlagát vettük figyelembe. A geológuskompassz leolvasási pontossága 0,5° volt; a hosszmerést mindkét esetben műanyag mérőszalaggal, cm pontossággal végeztük.

A térképezési munkák során összesen 217 m járatszakaszon történt új felmérés. Mindkét mérést fixált pontokról indítottuk, s az Elfelejtett-folyosó térképezésekor elvégeztük a P-III. üreg - Omladék-terem összemérést is. A részletes mérési adatokat a mellékelt jegyzőkönyvek tartalmazzák.

Kiskarácsony ág

Kezdeti pont:662

H:210.13

Pontszám	Mért hossz	Irányszög x°xx'	Lejtőszög x°xx'	Vetületi hossz	h	Bf. magassá
662 -663	7.12	308.00	-8.2	7.04	-1.03	209.1
663 -664	4.20	304.00	-5.25	4.18	-0.4	208.7
664 -665	0.35	36.00	-1	0.35	-0.01	208.69
665 -666	8.05	304.15	2.5	8.04	0.3	208.99
666 -667	2.65	290.30	8	2.62	0.37	209.36
667 -668	4.70	280.15	0.4	4.7	0.05	209.41
668 -669	5.12	302.00	-10.35	5.03	-0.94	208.47
669 -670	8.90	0.00	-90	0	-8.9	199.57
670 -671	3.05	319.30	-2.15	3.05	-0.12	199.45
671 -672	9.12	282.00	-16.15	8.76	-2.55	196.9
672 -673	12.75	323.45	-17.3	12.16	-3.83	193.07
673 -674	10.75	305.15	-28.3	9.45	-5.13	187.94
674 -675	2.05	320.30	-4.15	2.04	-0.15	187.79
675 -676	2.06	0.00	-90	0	-2.06	185.73
676 -677	2.50	304.00	-5.5	2.49	-0.23	185.5
677 -678	2.05	0.00	-90	0	-2.05	183.45
678 -679	4.37	268.30	-46	3.04	-3.14	180.31
679 -680	3.08	0.00	-90	0	-3.08	177.23
680 -681	1.69	254.00	21.2	1.57	0.61	177.84
681 -682	17.07	284.30	-18.2	16.2	-5.37	172.47
667 -667/1	3.39	327.45	-13.2	3.3	-0.78	208.58
667/1-667/2	5.65	314.45	-6.4	5.61	-0.66	207.92
672/4-672/4a	3.40	78.00	24	3.11	1.38	200.25
672/4a-672/4b	2.80	121.00	20	2.63	0.96	201.21
672 -672/1	8.05	156.30	11.2	7.89	1.58	198.48
672/1-672/2	9.81	137.45	-9	9.69	-1.53	196.95
672/2-672/3	3.40	93.30	9.45	3.35	0.58	197.53
672/3-672/4	2.75	159.30	29.1	2.4	1.34	198.87
672/4-672/5	7.55	143.50	15.3	7.28	2.02	200.89
674-674/1	3.21	71.00	-2	3.21	-0.11	187.83
674/1-674/2	2.33	90.00	32.3	1.97	1.25	189.08

Új feltárás:163.97 m

Elfelejtett folyosó Kiinduló fixpont:A köfjtő felmé- H:198.8
résekor bemért szög a P-III.bejáratánál.

Pontszám	Mért hossz	Irányszög x°xx'	Lejtőszög x°xx'	Vetületi hossz	h	Bf. magassá
-0	1.28	3.00	-73	0.37	-1.22	197.58
0-1	2.19	154.00	-7.5	2.17	-0.27	197.31
1-2	4.44	114.00	-18	4.22	-1.37	195.94
2-3	2.78	98.00	-1	2.78	-0.05	195.89
3-4	4.21	127.00	5	4.19	0.37	196.26
4-5	4.17	120.00	-22	3.87	-1.56	194.7
5-6	2.70	0.00	90	0	2.7	197.4
6-7	3.65	117.30	25.5	3.3	1.55	198.95
7-8	3.07	127.00	21	2.87	1.1	200.05
8-9	5.00	124.00	16	4.81	1.38	201.43
9-10	3.55	115.00	48.3	2.35	2.66	204.09
10-11	5.27	126.00	-55	3.02	-4.32	199.77
1-1/a	2.98	293.00	9	2.94	0.47	197.78
1-1/1	3.23	156.00	-18	3.07	-1	196.31
1/1-1/2	2.66	123.00	-22	2.47	-1	195.31
1/2-1/3	4.43	153.00	-48	2.96	-3.29	192.02
1/3-1/4	2.33	247.00	49	1.53	1.76	193.78
1/4-1/5	2.78	158.00	5	2.77	0.24	194.02

Uj felmérés:53.33 m

FOTODOKUMENTÁCIÓ

A Pál-völgyi-barlang fotodokumentációs munkái keretében megkezdtük az év végén feltárt Kiskarácsony-ág dokumentálását, s barlangföldtani megfigyeléseink fényképi rögzítését folytatva, idén többek között a barlang hidrotermális ásványkiválásokkal bélelt őskarsztos üregeiről készítettünk felvételeket.

Túránk során a Szelek-barlangjában, a Rákóczi-barlangban és a Földvári Aladár-barlangban fotóztunk; s külföldi barlangi fotó- és diaanyagunk - Takácsné Bolner Katalin észak-amerikai útja révén - többek között a Mammoth-barlangrendszerre, a világ legnagyobb hévizes eredetű barlangjait képviselő Jewel és Wind Cave-re, valamint a Carlsbad Caverns-re vonatkozó anyagokkal gyarapodott.

A felvételeket kis automatagépekkel, Fujicolor színes negatívra készítettük, a jóminőségű diamásolatok a Filmlaboratóriumban készültek.

HIDROTERMÁLIS ÉS EGYÉB FREATIKUS KARSZTOSODÁSSAL
FOGLALKOZÓ SZAKCIKKEK FORDÍTÁSA

Annak érdekében, hogy a hidrotermális karsztosodással foglalkozó nemzetközi szakirodalom a hazai kutatók körében is minél szélesebb körben ismertté válhasson, 1990 óta közlünk jelentéseinkben angol nyelven megjelent szakcikkekről készült fordításokat. E program keretében ez évben - a témakört a freatikus karsztosodásra bővítve - újabb két szakcikk fordítása készült el.

- Derek C. FORD: Features of the Genesis of Jewel Cave and Wind Cave, Black Hills, South Dakota. NSS Bulletin 51; pp100-110.

- Carol A. HILL: Sulfuric Acid Speleogenesis of Carlsbad Cavern and Its Relationship to Hydrocarbons, Delaware Basin, New Mexico and Texas. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin V. 74. No. 11. (November 1990), pp168-1694.

/Takácsné Bolner Katalin/

A JEWEL ÉS A WIND CAVE (BLACK HILLS, DÉL-DAKOTA)

KIALAKULÁSÁNAK JELLEMVONÁSAI

Derek C. Ford

Összefoglalás

A dél-dakotai Jewel és Wind Cave többszintes oldásos labirintusként értelmezhető, melyeket a rajtuk keresztül felszálló mély freatikus vizek hoztak létre a jelen eróziós ciklusban. A barlangok ott alakultak ki, ahol ezen karsztvizek a fedő homokkő-formáció gyengített pontjainál lévő forráskilépésekhez fókuszálódtak. A többszintes szerkezetet a csatlakozó rétegekben illetve rétegcsoportokban eltérő törésrendszerek jelenléte idézi elő, emelet-közi blokkoló-rétegek, mint pl vékony agyagbetelepülések gyakori közrejátszásával. Az ilyen szerkezetekben általában az alsóbb szintek a jelentősebb kiterjedésűek; a felső szintek kifolyási és járulékos elemeket egyaránt tartalmazhatnak. A felső szinteket a keveredési korróziós hatások és a források áthelyeződése bonyolíthatja. Amint ezek a barlangok szárazzá válnak, kondenz-korróziós fazetták és zsebek jöhetnek létre.

A normál barlangi kiválások és a vízalatt képződött kalcit-bekérgezések U-sorozat szerinti korhatározása és mágneses vizsgálatai alapján a Jewel Cave több mint 350.000 évvel ezelőtt vált szárazzá. Jellegzetes, vízalatt képződött kalcitkristály-bevonatai bizonyosan idősebbek 1.250.000 évnél és feltehetően idősebbek 2.500.000 évnél. A Wind Cave az elmúlt 500.000 év során vált fokozatosan szárazzá. Benne a vízszintsüllyedés átlagos sebessége kb. 0,375 m/ezer év, de a süllyedés mindenkori sebessége feltehetően a negyedkori klímaingadozások következtében változó volt. A stabil izotóp vizsgálatok azt mutatják, hogy a vízalatt képződött kiválások felmelegedett, valószínűleg 15-50 °C közötti hőfoktartományba eső vizekből rakódtak le. A barlangok főtömegének kioldását minden bizonnyal ugyancsak ezek a vizek végezték, noha helyenként idősebb öskarsztos maradványok is léteznek; így a barlangok keletkezése olyan jellegű és nagyságrendű termásvíz-áramlási rendszerekhez köthető, mint amilyenek a Black Hills mai melegforrásait táplálják. A vízalatt képződött kalcitok különböző formája, vastagsága és kiválási mélysége számos

különböző tényező kombinálódásának következménye, beleértve a kigázosodás sebességének a fedőkőzet jelenléte általi szabályozását is.

Bevezetés

A Jewel és a Wind Cave a speleológia fizikájával foglalkozók számára kiemelkedően érdekes, komplex barlangrendszerek. A cikk komplexitásuknak négy különböző, de egymással összefüggő szempontját tárgyalja. Ahol az a tárgyhoz tartozik, összehasonlításra kerülnek más vidékek barlanglabirintusaival. Azon olvasók számára, akik nem ismerik a Black Hills barlangjait és geológiájukat, javasolt az A. N. és M. V. Palmer által összeállított általános áttekintő előzetes elolvasása.

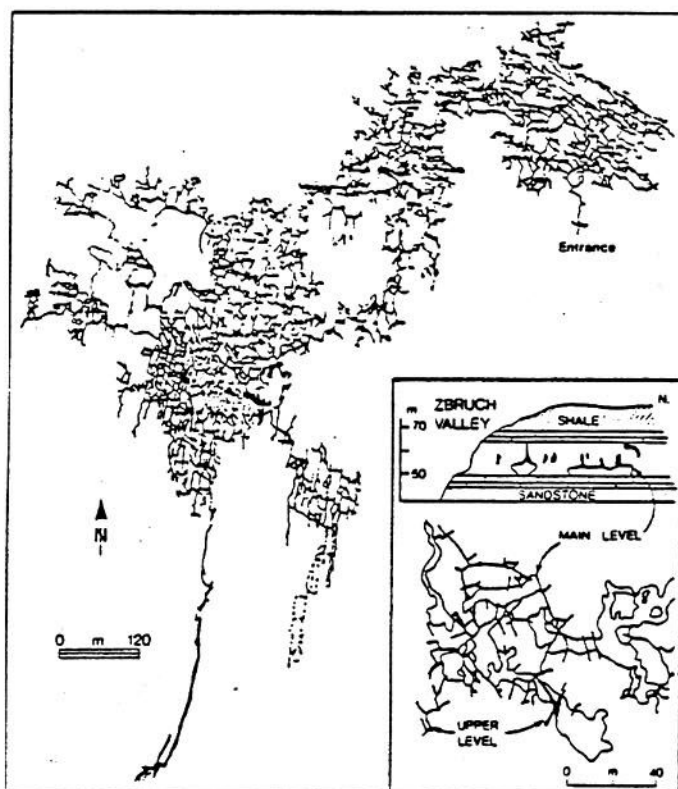
A Jewel Cave-re vonatkozó ismereteim a kiépített részre és az ahhoz kapcsolódó néhány rövid túraútvonalra korlátozódnak. A Wind Cave esetében azonban le a tavakig is számos utat tettem. Minthogy 1982 óta kutatócsoportom a McMaster egyetemen elsősorban a jellegzetes barlangi kalcitkiválások és a befoglaló kőzetek izotópvizsgálata terén végez kutatásokat, az ezen vizsgálatokból származó következtetések és feltételezések hangsúlyozottan kerülnek tárgyalásra. A vizsgált minták többségét kicsiny, letörött-lehullott képződményekből gyűjtöttük, amelyek pontos származási helye meghatározható volt. A Jewel Cave esetében két minta olyan kalcitkristályokat képvisel, amelyeket a túraútvonalak építése során törmelékként félretettek. Ezek keletkezési helye bizonytalan, de igen valószínűen pár méteren belül heverték attól a ponttól, ahová eredetileg lehullottak.

A barlangok morfogenetikája

Az első nézőpont e két barlangrendszer nagy-morfológiája. E barlangok a "felszálló labirintusok"-ként definiálható csoportba tartoznak, melyben a kialakító vizek felfelé áramlanak egy alsóbb törésrendszerből a közvetlenül felette lévő, eltérő felsőbb rendszerbe. Számos ilyen egymásrakövetkező rendszer lehet; ezek mindegyike egy-egy emeletet alkot a többszintes barlangban. Az egymásrakövetkező emeletek törésrendszerei jellemzően eltérő sűrűséget vagy irányítottságot mutatnak, melynek eredményeként ezek rendszerint térképen elkülöníthetők. Másik általános jellemvonás, hogy az egy adott emeleten belül egy bizonyos töréscsoportot (irányt) követő járatok durván

azonos keresztmetszetűek. Ez a kialakító vizek freatikus voltát és a karsztosodó kőzetekben szokatlanul egységes nyomásmezőben való áramlását követeli meg, ahogy azt W. M. Davis már régen felismerte (Davis, 1930).

Ezen felszálló labirintus-barlangok legkiterjedtebb képviselői a Jewel és a Wind Cave, valamint Podólia és Bukovina (Ukrajna) labirintusai. Ez utóbbiak az Optimiszticseskaja-barlangot (1988 decemberében 165 km), az Ozernaja-barlangot (105 km) és a Zoluska-barlangot 82 km) foglalják magukba, valamint számos kisebbet mint pl. az Atlantida-barlang (1.sz. ábra). Ezek csupán egy 12-18 m vastagságú gipszösszletben fejlődtek ki, amely víztározó mészkő és homok felett helyezkedik el, s amelynek fedőjében (főleg) egy vízzáró tengeri agyag található. E barlangokat a homokrétegből, az agyagot átvágó folyóvölgyekben kialakult forrászónákhoz feláramló sekély meteorikus vizek hozták létre (Klimchouk és Andreichouk, 1986).



1.sz. ábra: A felszálló vizű labirintusok két példája Ukrajna gipszkarsztjáról. Az Optimiszticseskaja-barlang (fő ábra) felmért járatainak hossza jelenleg 167 km kevesebb mint 1 km² kiterjedésű terület alatt. Az Atlantida-barlang (betétábra) egyszerűbb, kiterjedt alsó (vagy fő) szinttel és részleteiben meglévő felső szinttel. (Forrás: Klimchouk és Andreichuk, 1986).

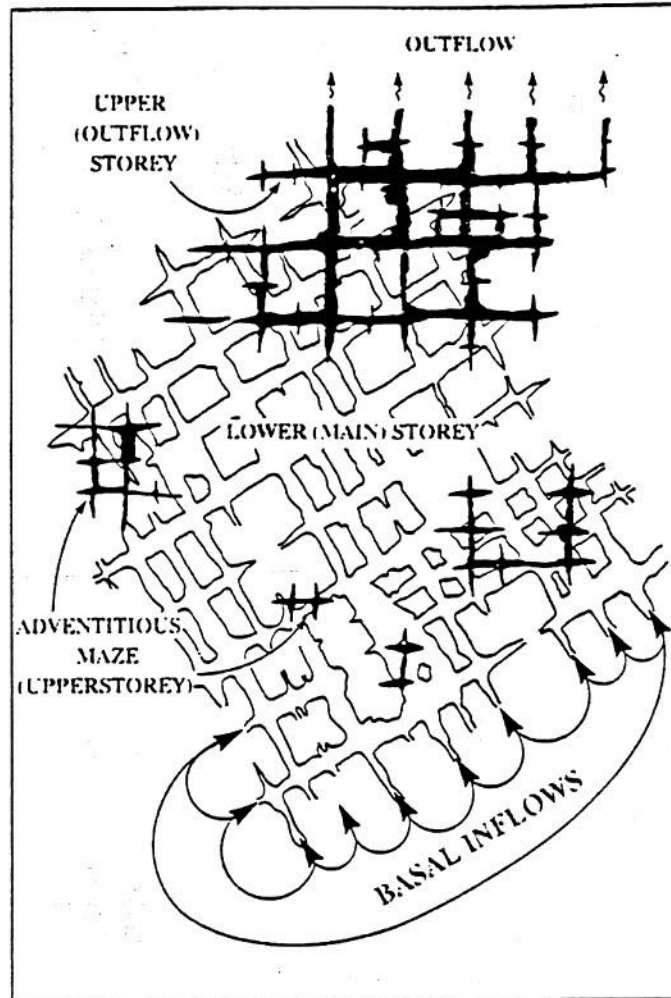
A felszálló labirintusok számos kisebb képviselője fordul elő Magyarországon, Budapesten. Ezek nagyrészt vízzáró márgákkal fedett márgás mészkövekben jöttek létre a rajtuk keresztül a Duna mentén lévő forrásokhoz feláramló mélységi termálvizek hatására. Itt keveredési korróziós hatások is lehettek. E barlangokat a magyar kollégák mélyrehatóan tanulmányozták (v.ö. Müller és Sárváry, 1977). Az általam látott példák utolsó csoportját a McKittrick Hill (Új Mexikó) barlangjai képviselik (Kunath, 1978). Ezek meszes homokkővel fedett, jól rétegzett zátonymögötti mészkövekben találhatóak, s felszálló meteorikus vizek, vagy a Pecos üledékes medencéből származó H_2S komponenssel keveredő vizek alakították ki őket (Hill, 1987).

A fenti példák alapján levonható első következtetés az, hogy a felszálló labirintusok alapvető morfológiáját változatos közettípusokban, a rajtuk keresztüláramló változatos víztípusok, számos különböző tektonikai, geomorfológiai és klimatikus helyzetben létrehozhatják. Melyek tehát azok a fontos jellemvonások, amelyek közösek ezeknél? Számomra három tűnik legfontosabbnak:

1. *Egy mélyebbenfekvő vízbázis jelenléte.* Az esetek többségében ez valószínűleg mélyen áramló regionális vízutánpótlódás töredezett víztárolókban (pl. Budapesten, Müller, 1989). A Jewel és Wind Cave számára a tápterület a Black Hills gránit- és metamorfit-magja, valamint a felszínen lévő mészkő egy része. Ezen esetekben a km^2 -ként gerjesztett áramlás tömege rendszerint kicsi, amelynek következtében a labirintus-barlangokon keresztül folyó hozam kicsi lesz, s bennük az áramlási sebesség alacsony. Ukrajnában az utánpótlódás lokálisabb, völgyközi áramlás a különböző szinteken lévő folyómedrek között (Klimchouk és Andreichouk, 1986).

2. *Egy vagy több emeletközi záróréteg jelenléte.* Ezek rendszerint vékony akadályozó rétegek, amelyek elegendőek annak meggátolására, hogy az alatta ill. felette lévő repedésrendszerek törései áthatoljanak rajtuk, így többemeletes szerkezetet eredményeznek. A zárórétegek leggyakrabban agyag- vagy pala-betelepülések. Ezek uralkodóak az ukrainai gipszlabirintusoknál és a McKittrick Hill esetében, ahol a kulcs-réteg csupán pár cm vastag, sőt helyenként hiányzik. Kiemelkedő tűzkő-rétegek alkotják az akadályt a Jewel és a Wind Cave legfelső szintjén vagy szintjein, ahol ezek gyakran *jámulékos labirintusokat* izolálnak (2.sz. ábra). A Wind Cave esetében a rétegcsoport

alsóbb részében a mészkő és dolomit sorozatok finomabb szedimentológiai változásai (ld. Palmer cikkét) szolgálták a különböző emeletek egymástól nagyrészt független hasadékjáratainak kifejlődését.



2.sz. ábra: A kifolyási labirintusok és a járulékos labirintusok jellegzetes formája és elhelyezkedése a barlang felső emeletein, melyeket egy vagy több alsó emeletről felszálló víz táplál.

Számos esetben a labirintusrendszer az alsó szinten vagy szinteken a legkifejlettebb. Ennek az az oka, hogy a fekvőben lévő oldhatatlan vagy kevésbé oldható víztározó rétegekből felemelkedő vizek először ezekbe lépnek be. A felső szint vagy szintek felé történő felemelkedés sémája a 2.sz. ábrán bemutatott két alapelemet tükrözi. Az első a *kifolyási labirintus*, az alsó labirintust a forrásokkal összekötő egy vagy több emelet. Ez rendszerint a források vonalának irányában hangsúlyozott kifejlődésű, azaz nem fedi az alsó

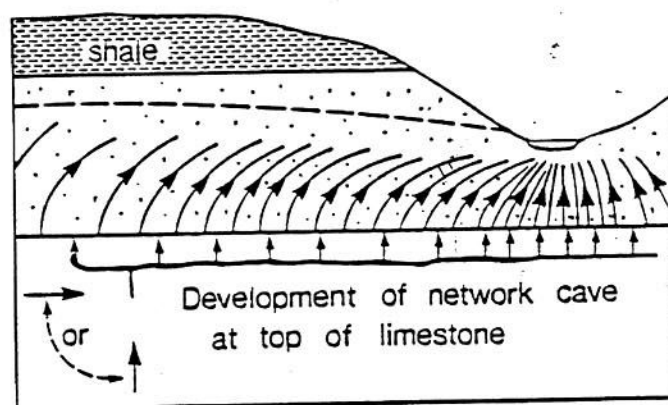
labirintus egészét; "lépcsőház-effektus" áll fenn. A második a *járulékos labirintus*, ahol a felső törésrendszerben egy vagy néhány kapcsolódó repedés nyitott, mert alattuk a záróréteg lokálisan megsérült vagy hiányzik. A járulékos labirintus zárt áramlási rendszer, melyet egy konvekciós mechanizmusnak (mint pl. termális konvekció vagy sűrűségkülönbségből fakadó áramlások) kell mozgatnia. A járulékos labirintusok jól láthatók az Atlantida-barlangban vagy a McKittrick Hill csoportjához tartozó Endless Cavern-ben. A Jewel és a Wind esetében ezek nem ilyen szembetűnőek, feltehetően mert az egymásrakövetkező emeletekben a törések egymáshoz közel sorakoznak és mert ezekben a felső szinteket keveredési korróziós hatások is tágították (ld. lentebb). Mindamelllett, a tűzkőréteg felett a Fairgrounds-nál (Wind Cave) és máshol kifejlődtek egyszerűbb, kupola-formájú kiüregesedésként jelentkező példák.

3. *Fedőkőzet jelenléte* ugyancsak alapvető. A fedőkőzet vagy oldhatatlan vagy lényegesen kevésbé oldható, mint a labirintus befoglaló kőzete, és vízvisszatartóként (kevésbé átteresztő) vagy vízzáróként (vízátneresztő) funkcionál; gátat jelent az artézi víz kifolyása számára. Területi kiterjedése sokkal nagyobb, mint az alatta kifejlődő labirintusbarlangoké. Ahol ez vetődések miatt elmozdul, vagy felszíni eróziós folyamatok támadják meg stb., szükségszerűen megsérül vagy gyengített zónák jönnek benne létre. A mélységi vizek koncentrálnak az ezen zónákon keresztüli kifolyás céljából, s ezek irányában és alattuk labirintusbarlangokat hoznak létre. Ezt erősíti, hogy felszálló vizű labirintusbarlangok nem találhatók mindenütt a Black Hills Pahasapa Mészkövében, csak ott, ahol elegendő felszálló áramlás tudott koncentrálni. Létrejöttükhöz mennyiségileg alapvető az áramlás ezen koncentrálni, feltéve hogy a vízutánpótlódás mértéke a mélységi víztárolók felé igen alacsony. Így véleményem szerint aktív felszálló vizű labirintusbarlangok jelenleg is képződnek Buffalo Gap forrásai, Hotsprings és a Cascade-források alatt, de valószínűleg sehol máshol a Black Hills területén.

Megtörténhet a fedőkőzet teljes áttörése (pl. ahol egy folyómeder átvágja) vagy egyszerű meggyengülése eróziós kivékonyodás vagy törések jelenléte miatt. Úgy tűnik, hogy a Buffalo Gap-nél csak a kivékonyodás játszott szerepet, Hotsprings-nél pedig a kivékonyodás és töredezés együttesen. A Jewel és Wind Cave esetében a koncentrálnó hatás része (vagy "célpontja") lehetett a

feltokban fennmaradt őskarszt, amely inkább a karbonátok felső részén hozott létre nagy effektív porozitású zónákat, mintsem a fedőkőzetben. Egyes podóliai gipszlabirintusoknál ugyancsak feltételezhető az őskarszt szerepe (A. Klimchouk szóbeli közlése).

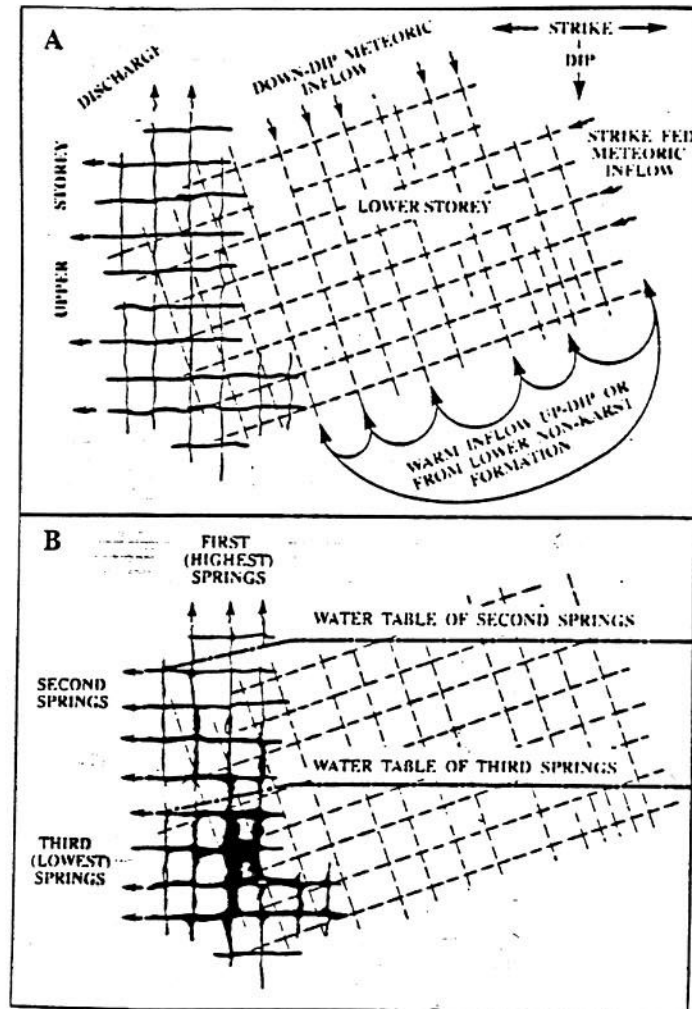
Az egyszerű lépcsőház-labirintus séma bonyolódását számos különféle tényező okozhatja. A Jewel és Wind barlangoknál az elsődleges tényező egyértelműen a Pennsylvanian előtti (és esetleg fiatalabb) kitöltődött barlangok részleges megőrződése. Ezeket nehéz értékelni, de úgy tűnik (legalább is), hogy a járatok kiterjedését és sűrűségét egyaránt növelték a felső szinteken. Ahol a vízkifolyás koncentrációjának helyét egy permeábilis, de oldhatatlan vízvisszatartó réteg egyszerű kivékonyodása határozza meg, második tényező lehet a diffúzió szükségessége, ahogy azt a 3.sz. ábra bemutatja. Ez a felső és legfelsőbb szintekre lesz hatással. A Wind Cave esetében ez is érvényesülhetett.



3.sz. ábra: A mészkövekben lévő oldott járatokban felfelé áramló víz diffúzióra kényszerül a homokkőfedőn keresztüli kifolyáshoz. A mészkő tetején kialakuló felső szintű labirintus jelzi a diffúziós folyamat kezdetét.

Harmadik tényező a keveredési korrózió, amely valószínűleg sokkal szélesebbkörű jelentőséggel bír a karbonátos kőzetekben lévő labirintusoknál. Ez ott különösen erőteljes, ahol felmelegedett, exhalációs CO_2 -al és/vagy redukciós folyamatokból származó H_2S -el dúsított mélységi vizek oldott oxigént tartalmazó, hideg meteorikus vizekkel keverednek. A 4a. ábra azt érzékelteti, hogy a Jewel és Wind Cave esetében a meteorikus vízutánpótlódásnak dőlésirányban és csapás mentén egyaránt lehetősége volt a felszálló vizekkel való keveredésre. A keveredési korrózióknak rendszerint a felső és legfelsőbb

szinteken kell a leghatékonyabbnak lennie, mert a meteorikus vizek nem áramlanak nagy mélységbe a fedőkőzet alá, de ezt a Jewel és Wind esetében az őskarszt jelenléte bonyolítja.



4.sz. ábra. A: A keveredési korrózió fellépésének lehetősége a Jewel és Wind barlangokhoz hasonló geológiai helyzetekben. Egy többszintes labirintusban a keveredési korrózió kiemelten a felső szinteket hozza létre vagy tágítja. B: A források helyi eltolódásának hatása a felső szintek járatainak tágulására

A labirintus alakját tovább komplikálhatja a források helyi migrációja a barlang hidrológiailag aktív élete során, ahogy azt a 4b. ábra jelzi. Ennek hatására a felső szintek (vagy dőlt rétegekben, mint a Jewel és a Wind esetében, a felső szintek dőlésiránnyal ellentétes részei) a fő áramlási útvonalakból kieső "háttérvízzé" válnak vagy szárazra kerülnek. Háttérvízként ezekben kevésbé

gyors lesz az oldóképes vízutánpótlás, vagy átváltak a tiszta kalcitlerakódás állapotába (ahogy ezt a cikk későbbi fejezetei tárgyalják). A járattágulás így lelassul vagy megáll. A kibillent, többszintes labirintusok háttérvízzé vagy szárazzá vált első részein ennek megfelelően a járatok mérete és/vagy sűrűsége szükségszerűen kisebb. Ez a hatás érvényesülhetett a Wind Cave esetében, ahol a felső szinten az északi és északkeleti járatok kisebbedő tendenciát mutatnak; a dőlés délkeleti.

A többszintes felszálló vizű labirintusok lecsapolódása és hidrológiai inaktivizálódása kétféleképpen történhet: 1) ahol a források (vagy a koncentrációzóna) a befoglaló formáción belül egy új, távoli pontra helyeződnek át, teljesen új labirintus jön létre, vagy a már korábban létező labirintus fejlődik új irányban. Ezek az áthelyeződések sokkal nagyobbak, mint a 4b. ábrán jelzett helyi eltolódások.

A Wind Cave esetében jelenleg ez a helyzet áll fenn. Jelentős oldóhatású vizek nem áramlanak bele, de a legalsó szint a regionális vízszint alá bukik és freatikussá válik. Ez dőlésiránnyal ellentétes háttérvíz. A források valószínűleg a 8 km távolságra lévő Buffalo Gap-hez helyeződtek át, de a prof. Calvin Alexander által végzett úttörő jellegű víznyomjelzéses vizsgálatok azt sejtetik, hogy az áthelyeződés történhetett a 12 km távolságra lévő Hotsprings-hez is (C. Alexander személyes közlése, 1988). 2) ahol az erózióbázis szintje a barlangot magába foglaló kőzetformáció alá süllyedt; az esetek többségében ez azt jelenti, hogy a források vonalát meghatározó völgyet kialakító folyó a medrét már a formáció alá vágta be. A podóliai barlangok többségénél ez a helyzet áll fenn. Úgy tűnik, hogy a Jewel Cave is alapvetően ebben a helyzetben van. Bizonyosak nem lehetünk benne, mert itt a feltárások még nem érték el a befoglaló formáció bázisát; azonban bármely, a jövőben feltárássra kerülő aljzati állóvíz inkább meteorikus eredetű, helyi vízezetnek tűnik, sem mint háttérvíznek a regionális vízszinten, ahogy az a Wind Cave-nél van. Mindazonáltal, a Jewel Cave a múltban valószínűleg egy igen hosszú időszakon keresztül háttérvíz volt, ahogy azt a következő fejezetben idézett bizonyítékok sugallják.

Egy megjegyzés a kondenzvíz-korrózióhoz. Ezt a barlangtágító folyamatot az én nemzedékem angol nyelvű speleológusai nem eléggé méltányolják, talán mert többségünk hideg, nyirkos, meteorikus vizű barlangokban szerezte tapasztalatait, ahol ennek nincs nagy jelentősége. Újabban Carol Hill

hangoztatta a meleg, száraz Guadalupe barlangokban végzett munkája alapján (Hill, 1987), de a legtöbb cikk a termálvizes barlangokban vagy a Szovjetunió félszáraz ázsiai vidékeinek barlangjaiban dolgozó magyar és szovjet speleológusoktól származik. Kiemelkedő jelentőségű Szunyogh (1984) elméleti modellező munkája, aki szerint a termálvizes barlangokban az erősen lekerekített (kupola-formájú) mennyezeti oldási üregeket ez a folyamat hozza létre. A kondenzvíz-korrózió ott tűnik a leghatékonyabbnak, ahol a meleg, CO₂-al túltelített vizek zárt üregekbe gázt adnak le. A telített levegő a hidegebb felső falakra gyorsan lecsapódik.

A Wind Cave-ben kupola formájú üregek jelentkeznek a tűzkőréteg felett a Fairgrounds-nél és másutt. Ezek lehetnek járulékos freatikus labirintus-elemek, ahogy az fentebb említésre került, de indokolt kondenzvíz-korróziós jelenséggként való tanulmányozásuk is. Meggyőzőbbek a Loft környékén és a Jewel Cave más legfelső részein található sima, oldott, lesarkított felületek, amelyek az alapkőzetet és az azt borító kalcitkristály-bevonatot egyaránt átmetszik. Ez valószínűleg az ilyen típusú korrózió eredménye.

A barlangok és víztelenedésük kora

Amint az már megjegyzésre került, a térségben Mississippian őskarsztos elemek találhatóak, így a Jewel és Wind labirintusok felső szintjei részben újra-kiüregelődések lehetnek. Valószínűtlen, hogy bármilyen, nagyobb kiterjedésű légteres üreg fennmaradhatott volna ebből az időből.

A légteres barlangok akár eocén-oligocén korúak is lehetnek (35-40 millió év), ahogy azt Tullis és Gries (1938) valamint Howard (1964) sugalmazta. Ez a felvetés meteorikus vizeket a felszínre vezető barlangokként mutatja be őket, melyeket a White River Formáció csoport üledékeit (oligocén) lerakó regionális feltöltődés visszaduzzasztott. Ezzel az a komoly probléma, hogy a barlangokban sehol sem ismerhetők fel a White River lerakódások; ha ezek eltemették a barlangokat, elvárható lenne, hogy legalább egyes szakaszok kitöltődjenek a barlangokat előntő hordalékos meteorikus vizek révén. Ezért az én elképzelésem az, hogy (az áramlás koncentrációját elősegítő őskarsztos "célpontok" jelenléte ellenére) a barlangok elsődlegesen a jelen lepusztulási időszakhoz tartoznak, amely a regionális kiemelkedéssel kezdődött meg a miocénben, körülbelül 10-20 millió évvel ezelőtt.

A lepusztulási felszínekkkel (legyenek azok akár barlangjárat-falak, folyómeder-aljzatok vagy hullámvájta abrúziós térszínek stb.) az a probléma, hogy *per se* nem datálhatók. Csak a rajtuk lévő lerakódások korát határozhatjuk meg, amelyek felhalmozódása a lepusztulás megszűntét követő ismeretlen hosszúságú időintervallumban kezdődött meg. A Jewel és a Wind Cave nagy mennyiségű megfelelő lerakódást tartalmaz vízalatt képződött kalcitkiválások formájában. Sokkal kisebb tömegben vannak jelen bennük a szubaerikus barlangi képződmények - a hagyományos sztalaktitok, sztalagmitok és cseppkőlefolysások. Mindezek a lerakódások datálhatók az U-sorozat szerinti módszerekkel (Harmon és mások, 1975; Ivanovich és Harmon, 1982), ha elegendő mennyiségű nyom-urániumot tartalmaznak és nem szennyezettek erősen törmelékes eredetű agyaggal.

Jewel Cave

A JC11 jelű minta egy nagy cseppkőfüggönyből származik, amely lezuhant és darabokra törött egy termecskében az idegenforgalmi szakasz alsó részén. Ennek és az itt tárgyalt egyéb mintáknak az izotóp-adatai Bakalowicz és társai (1987) munkájában vannak részletezve. A $^{230}\text{Th}:$ ^{234}U kormeghatározás azt mutatja, hogy külső része mintegy 100 000 évvel ezelőtt nőtt. A belső része idősebb 350 ezer évnél (a standard módszer idő-határánál), de nem sokkal. Ez az idegenforgalmi szakaszon látható legnagyobb szubaerikus képződmények egyikéből származik, ami azt az átfogó általánosítást sugallja, hogy a Jewel Cave-ben a hagyományos barlangi képződmények többsége fiatalabb lehet 500 ezer évnél. A JC11 nagyobb bizonyossággal azt jelzi, hogy az idegenforgalmi szakaszt legalább 350 ezer éve elhagyta a víz és relikttummá vált.

Szignifikánsabbak a falak többségét beborító, vízalatt képződött kalcitkristály-bevonatok. Ezek vastagsága általában 6 és 12 cm közötti. Nyolc mintát vizsgáltam a túraútvonal közelében található legmagasabb előfordulásoktól kezdve a legmélyebbekig. Ezek mind hasonlóak, euhedrális formát és igen szabályos rétegzettséget mutatnak. 0,2 és 0,5 ppm. közötti urániumot tartalmaznak, amely jelentősen kisebb, mint a Jewel és a Wind bármely más lerakódásáé. A JC11 cseppkőmintában például 1,7-7,5 ppm. uránium van, amelyet a cseppkővet tápláló felszíni eredetű víz öblített ki a fedőben lévő őskarsztos kitöltésből vagy a Minnelusa homokkőből. A kalcitkristályokat lerakó víz nem követhette ezt a felső útvonalat a lerakódás

helyéig. Ez az első a számos, egymástól független geokémiai és izotópus bizonyíték közül, amelyek a kristályokat lerakó vizek mélyebből való származása felé mutatnak.

A kalcitkristályok mindegyike idősebb 350 ezer évnél, azaz $^{230}\text{Th}:^{234}\text{U} = 1,00$. Sőt, az arány mérési hibáján belül a $^{234}\text{U}:^{238}\text{U}$ ugyancsak $= 1,00$. Itt nem részletezhető gyakorlati okoból (ld. Ivanovich és Harmon, 1982, p.68) a barlangi kalcitokban rendszerint ^{234}U -atom többlet rakódik le (esik csapdába). A Jewel esetében már minden többlet lebomlott. Ez arra utal, hogy a kristályok idősebbek 1 250 000 - 1 500 000 (1,25-1,5 millió) évnél.

Az idegenforgalmi szakasz legalsó részéről származó kalcitkristály-minták különösen érdekesek, mert következetes ^{234}U kimerülést mutatnak. A $^{234}\text{U}:^{238}\text{U}$ arány a bázisuknál (a legidősebb részükön) valamivel kisebb 1,00-nál, és a csúcsuk (a legfiatalabb részük) felé egyre alacsonyabbak lesz. Ez két okból jelentős:

1) arra utal, hogy a vizet szolgáltató elsődleges víztároló nagymértékben oldhatatlan volt, így a ^{234}U (a ^{234}U , ^{238}U pár kimosódásra hajlamosabb izotópja) az áramlási pályákat határoló falakban kimerültté vált, azaz az áramlás igen hosszú ideig fennállott, mielőtt a kalcitkristályok lerakódása megkezdődött volna. Amint azt az U-koncentrációk és a kalcitkristályok később ismertető stabil izotóp-bizonyítékai mutatják, ez az elsődleges víztároló igen valószínűen a mészkő alatt helyezkedett el és meleg vizet szolgáltatott.

2) a kalcitkristályokra alkalmazható a "származékelem-hiányos" kormeghatározási technika (Ivanovich és Harmon, 1982, p.61). Ez abszolút korukat nem adja meg, de utal a kristály bázisának (legkevésbé hiányos) és csúcsának lerakódása között eltelt időre. Egy 6 cm vastagságú minta esetében a számított növekedési periódus mintegy 1 millió év volt, azaz az átlagos kiválási sebesség 0,06 mm ezer évenként. Amint már említésre került, a kristályok szövete arra utal, hogy képződésük módja inkább folyamatos volt, sem mint időszakos, így ez az átlagsebesség szignifikáns. Ez valóban igen alacsony a meteorikus vizek által lerakott barlangi képződmények kiválási sebességeihez képest (Hill és Forti, 1986); melynek segítségével egy ősi víztárolóból felemelkedő vizekből történt igen lassú lerakódás képe vázolható. Ezt a képet a cikk utolsó fejezete egy általános modellé fejleszti.

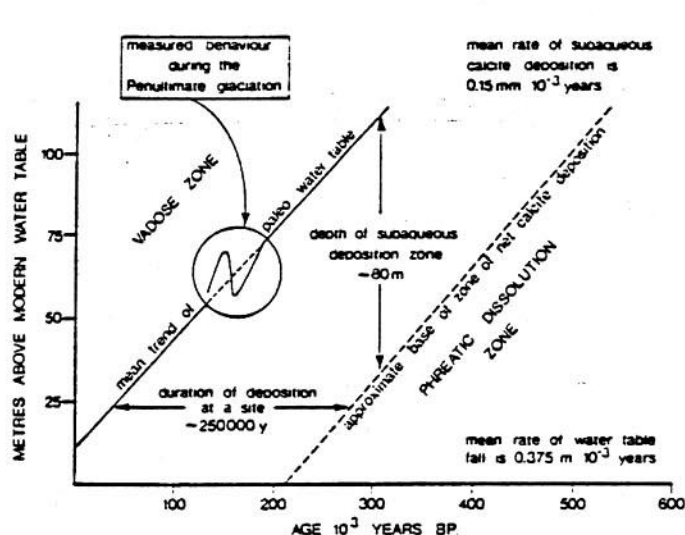
A barlang alsó emeletéről származó, származékelem-hiányos kalcitkristály-minták egyikének mágnesezettségét Dr. A.G. Latham, a barlangi képződmények mágnese vizsgálatának úttörője (Latham, 1981) elemezte. A minta egésze normális (azaz északi) mágnesezettségű. A ^{234}U : ^{238}U -vizsgálatok alapján ismert, hogy a minta idősebb 1,25 millió évnél és növekedése kb. 1,0 millió évig tartott. A rendelkezésre álló legfiatalabb, megfelelő időtartamú "normális" mágnesezettségű mágnese időszak a "Gauss", amely 2,5-től 3,4 millió évvel ezelőttig tartott. Éppen ezért az a következtetés adódik, hogy a Jewel Cave-ben a falakat borító legfontosabb kiválások a legvalószínűbben valamivel régebben, mint 2,5 millió éve rakódtak le.

Wind Cave

A Wind Cave 400 m-rel alacsonyabb tengerszint feletti magasságon helyezkedik el, mint a Jewel Cave, sokkal közelebb a térség nagy forrásaihoz, és legmélyebb ismert szakaszait ma stagnáló "háttérvizek" töltik ki. Várható, hogy jelentősen fiatalabb a Jewel Cave-nél, s kimutatásra kerül, hogy ez az eset áll fenn. Kiválásainak mennyisége sokkal csekélyebb, de ezek a legmesszebbmenően használhatónak bizonyultak a hajdani víztelenedési folyamat rekonstrukciójához.

A barlang legmagasabban fekvő részein nincsenek kalcitlerakódások, eltekintve a meteorikus vizekből származó esetenkénti sztalaktitoktól. Dőlésirányban ereszkedve lefelé a felső emeleti részekre, mint amilyen a Fairgrounds (kb. 1220 m tszf.), apró csomós és lepelszerű bekérgeződések jelennek meg. Többségük vízalatti kialakulású, noha van némi párolgásos újrakiválás is. A Tavakhoz (legalsó szint, 1120 m tszf.) történő leereszkedés során a vízalatt képződött kalcitleplek mennyisége és vastagsága feltűnően növekszik, talán a legvastagabb a Base Camp I. és a L. A. Freeway közötti területen. Helyenként a legnagyobb vastagságú felhalmozódás a járatok közepe felé irányuló, kiálló felületeken mutatkozik, ahol az egykori áramlás sebessége a legnagyobb lehetett; ezek vastagsága 4 cm-ig terjed (megjegyzendő, hogy ugyanez a jelenség látható egyes budapesti termálvizes eredetű barlangokban is). Két szilánk izotópvizsgálata alapján a híres heligmit-bokrok, mint "az Emperor Maximus", ugyancsak vízalatti képződmények. A Boxwork Chimney-től (1180 m) lefelé egykori vízszinteket jelző kalcittutaj-törmelék lerakódások vannak. Ezek felhalmozódása jelenleg a vízszinten (Calcite Lake) folytatódik.

A Fairgrounds és a jelenlegi vízszint között begyűjtött 57 kalcitkéreg-mintán és tutaj-törmeléken több mint 90 ^{230}Th : ^{234}U meghatározást végeztem. Ezek részletes elemzése és a hidrológiai következtetések külön cikkben jelennek meg (Ford, Palmer és Palmer, kiadás alatt). A legfontosabb következtetéseket az 5.sz. ábra összegzi.



5.sz. ábra: A Wind Cave víztelenedése az utóbbi 300 000 - 500 000 év során a vízszintjelző és a vízalatt képződött kalcitlerakódások ^{230}Th : ^{234}U kormeghatározásai alapján

A leglényegesebb pont, hogy a Wind Cave alsó 100 métere (azaz az ismert járatok többsége) körülbelül az elmúlt 300 000 év során víztelenedett el. A legmagasabb helyzetű datált lerakódások alapján a vízszintsüllyedés folyamatát több mint 500 000 évre visszamenően követhetjük nyomon - abban az időben a barlang egésze vagy zöme vízzel kitöltött lehetett. A süllyedés átlagos sebessége kb. 0,375 m volt ezer évenként. Ez nem tulajdonítható a forrásszint fokozatos csökkenésének - ahhoz túl gyors és a csökkenés mértéke túl nagy. A csökkenés zömét inkább a Minnelusa homokkő növekvő permeabilitásának kell tulajdonítani, amelyen keresztül a víznek fel kellett áramlania a jelenlegi forrásponthoz (akár a Buffalo Gap-nél, akár Hotsprings-nél vannak ezek).

A Wind Cave körülbelül 500 000 éven át háttérvíz volt; ezt megelőzően valószínűleg a barlangjáratok oldódásos tágulásával kísért aktív vízkibocsátás történt rajta keresztül ősi forrásokhoz. A háttérvízi működés ma is folytatódik. Geomorfológiai kifejezéssel a Wind Cave reliktum jelenség, de kapcsolatban

maradt a térség jelenlegi karsztvízrendszerével, míg a Jewel Cave ma teljes mértékben reliktum, amely elkülönült a regionális áramlási rendszerektől.

Az 5.sz. ábra számos egyéb jelenségre hívja fel a figyelmet. A vízszint süllyedése nem volt állandó. Az utóbbi 10 000 évben (a holocén korszakban) mintegy 10 m-t esett, kb. ezer évenkénti 1,0 m-es sebességgel. E süllyedésnek legalább a fele a víztároló szivattyúzásának tulajdonítható; 2 km távolságra egy jelentős kút található. A Boxwork Chimney alján lévő falbevonatok, tutajok és medenceperemi kiválások korhatározása még kifejezőbben jelzi a vízszint süllyedését, emelkedését majd ismételt süllyedését egy 10 m-es tartományban, legalább egyszer a (nagyjából) 180 és 130 ezer évvel ezelőtti időintervallumban. Ez az észak-amerikai utolsó előtti eljegesedés (melyre az amerikai szakirodalomban gyakran az "Illinoian eljegesedés" megnevezést használják, noha a típuslerakódások Illinois-ban nem hitelesen datáltak) felső részének felel meg. Ez a vízszintingadozás valószínűleg az ezen hideg fázison belüli szárazabb majd nedvesebb periódusok következménye. De lehetett néhány nem-szisztematikus esemény következménye is, mint pl. egy egyszeri katasztrófális áradás, bár ez kevésbé látszik valószínűnek.

Feltételezhető, hogy részletesebb feldolgozás több ilyen fluktuációt mutatna ki a vízszint fokozatos lesüllyedése során. Ezek megmagyaráznák a vadózus eseményeket - mint pl a boxwork zónában dolomitpor és egyéb törmelékek hullását - követő vízalatti bekérgezések lerakódását.

A kormeghatározás eredményeinek szabatos értelmezése alapján egyidejű kalcitlerakódás történt a vízfelszíntől kezdve egészen 80 m mélységig; ez a "vízalatti kalcitkiválási zóna". E mélység alatt kiválás nem volt lehetséges és talán késői fázisu és/vagy inkongruens kőzetoldódás történt. Véleményem szerint a 80 m maximális érték. Valószínűbb, hogy a kiválás valós mélységtartománya 50-60 m, amelyet a vízszint meg nem határozott fluktuációi és a kormeghatározás hibahatárai terjesztettek ki a látszólagos, 80 m-es maximum-mélységig.

Az egyik vízalatt képződött kalcitkéreg-minta elegendő vastagságú (4 cm) volt három egymást követő koradat meghatározásához. Ezek ezer évenként kb. 0,15 mm-es lerakódási sebességet sugallanak, vagyis 2,5-szer gyorsabban, mint a Jewel Cave-nél. Azonban ez a minta egy kinyúló tarajról származik, ahol a lerakódás kivételesen gyors lehetett. Úgy tűnik, hogy a

termálvizes kalcitok lerakódási sebessége a Jewel-ben és a Wind-ben közel hasonló volt. A Wind Cave mintái nem mutatnak U-származékelem-hiányt. A Jewel-hez viszonyított kisebb járatméretekkel együtt ez annak a jeleként értelmezhető, hogy a vizet szolgáltató víztároló nem működött olyan hosszú időtartammal, mint a Jewel Cave esetében.

A hévizek általi kiüregelődés és lerakódás stabilizotóp-bizonyítékai

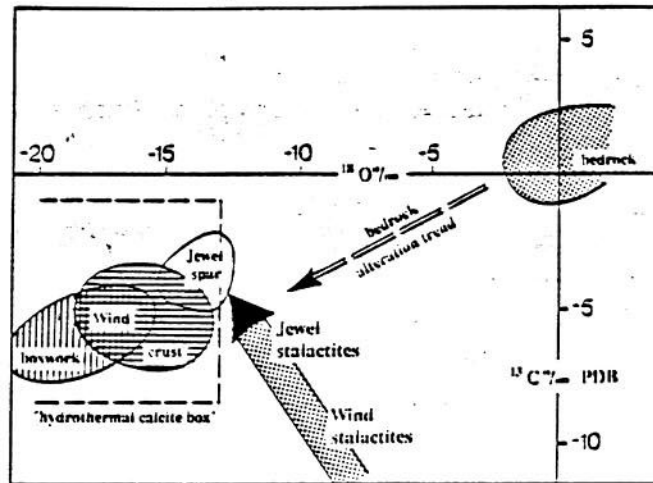
Az elemek többségének izotópjai stabilak, azaz atommagjukból nem bocsájtanak ki spontán nukleonokat. Számunkra itt a C és az O stabil izotópjai az érdekesek, amelyek a barlangi képződmények és a barlangot befoglaló kőzetek CO₃-ját (karbonátját) építik fel. A ritka ¹³C izotóp és a gyakori ¹²C izotóp arányát hasonlítjuk össze, s hasonlóképpen a ¹⁸O (ritka) és a ¹⁶O (gyakori) izotópokét. A különböző mintákban a különböző arányok különböző folyamatok dominanciájára világíthatnak rá, vagy ugyanazon folyamat különböző hőmérsékleten történő működésére.

Bakalowicz és társai (1987) már bizonyos részletességgel beszámoltak a Jewel és a Wind Cave ¹³C/¹²C és ¹⁸O/¹⁶O viszonyairól. A vízalatt képződött kalcitok határozott termálvizes izotópjelleget mutatnak, összehasonlítva a közönséges (meteorikus vizű) sztalaktitokkal és sztalagmitokkal. A barlangfalak kőzeteiben szintén átalakulási trendek jelentkeznek.

Ezeket az eredményeket a 6.sz. ábra összegzi. A közönséges tengeri mészkövek és dolomitok (mint amilyenek a Jewel és a Wind barlangokat magukba foglalják) ± 5 ‰-en belül jelennek meg az ábra origójához képest. A "hidrotermális kalcit mező" jelzi azt a határvonalat, amelyen belül az észak-amerikai, kétségtelenül termálvizekből kivált kalcitok (így pl. a Yellowstone Nemzeti Park mésztufagátjaiból származók; Truesdell és Hulston, 1980) minden eddig publikált értéke elhelyezkedik. A tengeri kőzetekhez képest ezek a kalcitok némileg kevesebb ¹³C és sokkal kevesebb ¹⁸O izotópot tartalmaznak.

A Jewel és a Wind vízalatt képződött kalcitjainak pontjai mind e "mezőn" belül jelentkeznek. A Wind Cave boxwork-kalcitjai vannak a "legmélyebben": az O'Neill és társai (1969) által előterjesztett hőmérsékleti összefüggés szerint ezek 30° és 60° C közötti vizekből rakódtak le. Ezek a Wind Cave legidősebb kiválásait foglalják magukba, és (alább bizonyítottan) dolomitot még oldani képes vizekből rakódtak le. A Wind Cave alsóbb

szakaszának kalcitkérgői és -lemezei hasonlóak a boxwork fiatalabb részéhez, vagyis kissé kevésbé "kimerültek" ^{18}O -izotópban, ez az összefüggés megegyezik a fokozatosan hűlő és fokozatosan csökkenő szintű háttárvizekből történt lerakódásukra vonatkozó feltételezéssel.



6.sz. ábra: Alapkőzetekből, vízalatti kalcitkiválásokból és közönséges (vadózus) barlangi képződményekből származó minták szén- és oxigén-izotóp adatai a Jewel és Wind barlangokból. Összevont ábra a Bakalowicz és társai cikkében közzétett adatok alapján. Magyarázat a szövegben.

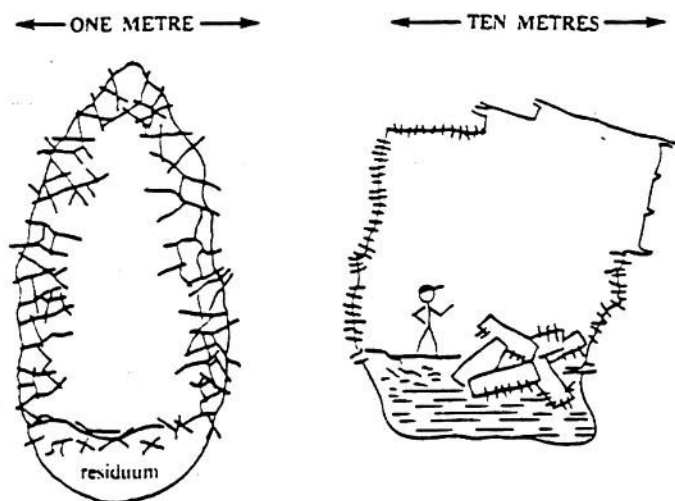
A Jewel Cave kalcitkristály-bevonatainak izotóparányai szoros csoportosulást alkotnak, amely az átalakulatlan alapkőzet és a Wind Cave lerakódásai közötti trenden helyezkedik el. Éppenszak belül vannak a "mezőn" és hőmérsékletük O'Neill alapján 15° és 35° C közöttinek adódik. Ez hosszabb vízáramlási pályáról származó, hidegebb vizekre utal, amely igen jól illeszkedik az ezen kristályok $^{234}\text{U}:$ ^{238}U adatai alapján kialakított, egy hosszú életű, oldhatatlan elsődleges víztározóra vonatkozó képbe.

A barlangok falaiból származó kőzetminták vizsgálatával megállapítottuk, hogy azok legkülső pár cm-e a forró vizekkel történt izotópcseré révén átalakult. A trend igen világosan látható (ld. Bakalowicz et al., 1987, 6.sz. ábra). A Jewel Cave kőzete mélyebben és alaposabban átalakult, összhangban a vizeknek való kitettsége hosszabb időtartamával.

A Wind Cave hagyományos sztalaktitjai és sztalagmitjai -10‰ ^{13}C és ^{18}O körül jelentkeznek a grafikonon. Ez jócskán kívül van a "mezőn" és egyensúlyban van a barlang jelenlegi léghőmérsékletével. Ezek meteorikus

vizekből származó szokványos lerakódások. A Jewel Cave sztalaktitjai azonban figyelemre méltó ^{13}C -többletet tartalmaznak (- 8-tól - 5 ‰-ig) és némileg kimerültek ^{18}O izotópban. Ez arra utal, hogy az ezeket tápláló meteorikus vizek izotópokat cseréltek ki a mikrorepedések mentén - melyeken e vizeknek keresztül kellett folyniuk - meglehetősen jelentős mélységig átalakult kőzettel. Ez a megfigyelés ismét beleillik a Jewel Cave hosszabb termásvizes kiterjedésének képébe.

Az, hogy a stabil izotóp eredmények a vízalatti lerakódások termásvízből történt kiválását mutatják, még nem bizonyítja, hogy a barlangokat nagyrészt vagy teljes egészében ilyen vizek oldották ki, de erősen ezt az álláspontot sugallja. A 7.sz. ábra hangsúlyozza ezt. A boxwork az erősen töredezett dolomitrétegek kalciterekre rakódott kalcitbevonat (továbbnövekedés). Ez olyan termásvizekből képződött, amelyek a dolomitot (Mg-iont) képesek voltak oldani, de csak Ca-ion kiválasztás kíséretében (= "inkongruens dolomit-oldódás"). A Wind Cave boxwork-zónájában gyakran található 30 cm mélységű boxwork egy méter szélességű járatokban (7a. ábra); az ilyen járatok szélességének 60 %-át termásvizeknek kellett kioldaniuk, és bizonyosra vehető, hogy ez az érték 100 %. A szélesebb járatokban ilyen közvetlen összefüggés nem figyelhető meg, mert a fennmaradt boxwork ritkán mélyebb 30-50 cm-nél (7b. ábra).



7.sz. ábra: Összefüggések a boxwork lerakódása és az oldásos járattágulás között. A - a közvetlen összefüggés megfigyelhető; B - a közvetlen összefüggés következtetésen alapszik.

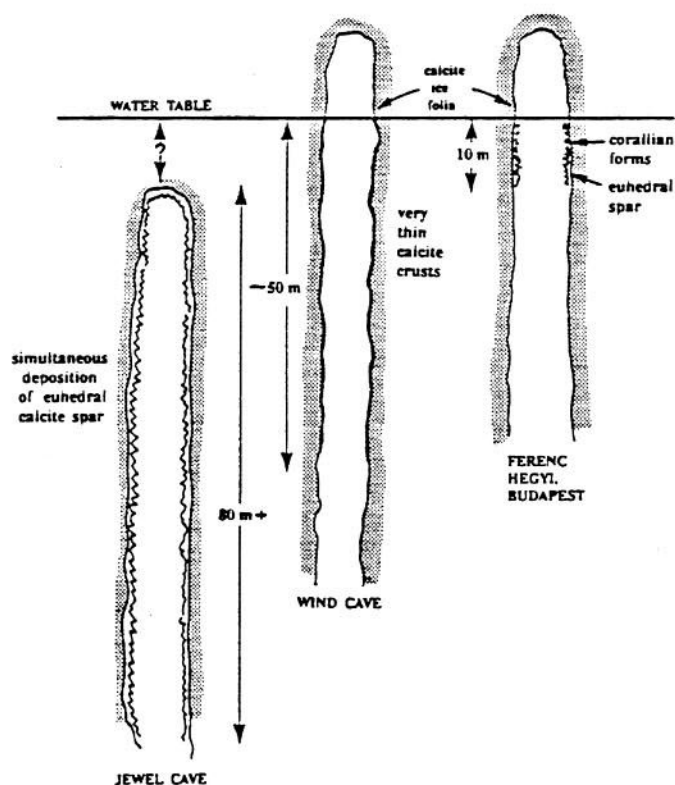
Összefoglalva, a hőmérséklet- és izotópviszonyok, amelyek lényegében azonosak a Black Hills mai melegforrásaiban mérhetőkkel, megfelelően magyarázzák a vízalatt képződött kiválásokat. Ezek némelyike valószínűleg idősebb 2,5 millió évnél, mások jelenleg is képződnek. A lerakódások kora a barlangok lassú elvítelenedését, és valószínűleg ugyancsak lassú kialakulását jelzi. A barlangok kiüregelődése így a jelenlegi melegforrások hozamával is összhangban van. Úgy tűnik, hogy nem szükséges egy előzetes, alapvetően eltérő hidrológiai rendszer keletkezésük magyarázatához.

A vízalatt képződött kalcitok lerakódási mélységének magyarázata hévizes barlangokban

Ezen utolsó téma lényegét a 8.sz. ábra illusztrálja. Ez a vízalatti kiválások formáit és azt a mélységet tünteti fel, ameddig a kiválás egy adott időpontban terjedt a hévizes labirintusbarlangok azon három csoportja esetében, melyeket eddig módomban állt tanulmányozni.

A Jewel Cave esetében a lerakódásokat szinte kizárólag vastag, szabályosan rétegzett, euhedrális kalcitkristályokból álló bevonatok képviselik, melyek minden felületen képződtek. Úgy látszik, hogy a rendszer teljes vertikális kiterjedésén egyidejű kiválás történt. Így ez akkor kezdődött, amikor a barlang teljes egészében víz alatt helyezkedett el; a lerakódási zóna mélysége ekkor legalább 80 m volt. Egy későbbi szakaszban a víz szintje a barlang felső részére süllyedt le, s felette némi kondenzvíz-korrózió történt, sokat eltávolítva itt a kristályokból.

A Wind Cave esetében a vízalatt képződött kalcitok hiányoznak a legmagasabb részokról. Ez arra utal, hogy ameddig ez a barlang teljes egészében freatikus maradt, benne csak kevés lerakódás történhetett vagy egyáltalán nem volt lerakódás. A Fairgrounds-nál kis, lokális kalcitfoltok kezdenek megjelenni, alatta pedig vastagságuk és kiterjedésük növekszik. A kalcitok minden esetben vékonyak és némi vörösayag-közberétegződéseket tartalmaznak, amelyek vélhetően az őskarsztos kitöltésekből halmozódtak át. A barlang alsó felében a süllyedő vízszint nyugalmi helyzetét jelző kalcittutaj-törmelékek és színlő-kiválások is találhatóak. A kiválási zóna mélysége bármely adott vízszint alatt 50-60 m vagy esetleg kevesebb volt.



8.sz. ábra: A vízalatti lerakódások típusai és lerakódásuk mélysége a Jewel Cave, a Wind Cave és egy budapesti barlang esetében. Az ábra egyszerűsített és vázlatos.

Budapesten a feltáró kutatások mindeddig csak az erősen feldarabolódott hegység különböző szintjein elszórtan elhelyezkedő labirintusbarlangok viszonylag kis részleteinek felfedezését eredményezték. Néhány kivételtől eltekintve, a vízalatti lerakódások ritkák, jelentősen kisebb tömegűek, mint a Wind Cave középső és alsó részén. Erős vertikális zonációt mutatnak. A lerakódások az egykori vízszinten a legvastagabbak, s "polcokat", apadási színlőbordákat és tutaj-törmelékét foglalnak magukba. Pár m-rel mélyebben borsókő-bevonatok nőnek, ezeket 0,5-2,0 cm vastagságú euhedrális kalcitkristály-foltok követik. Kb. 10 m alatt nincsenek kiválások.

Érdekes probléma annak megállapítása, hogy vajon miért jelentkeznek ezek az eltérő formák és lerakódási mélységek. Frappáns választ nem tudok adni. Az alábbi néhány javaslat és elmélet segítheti a további munkát ezekben a lenyűgöző barlangokban.

(1) *A vizek oldatkonzentrációja és telítettségi állapota* alapvetően különböző lehetett a három helyen. Ez a változékonyság potenciálisan magyarázhatja a lerakódások között megfigyelhető összes különbséget. Azonban ha ezt tekintjük az egyetlen változónak, ez a legnagyobb

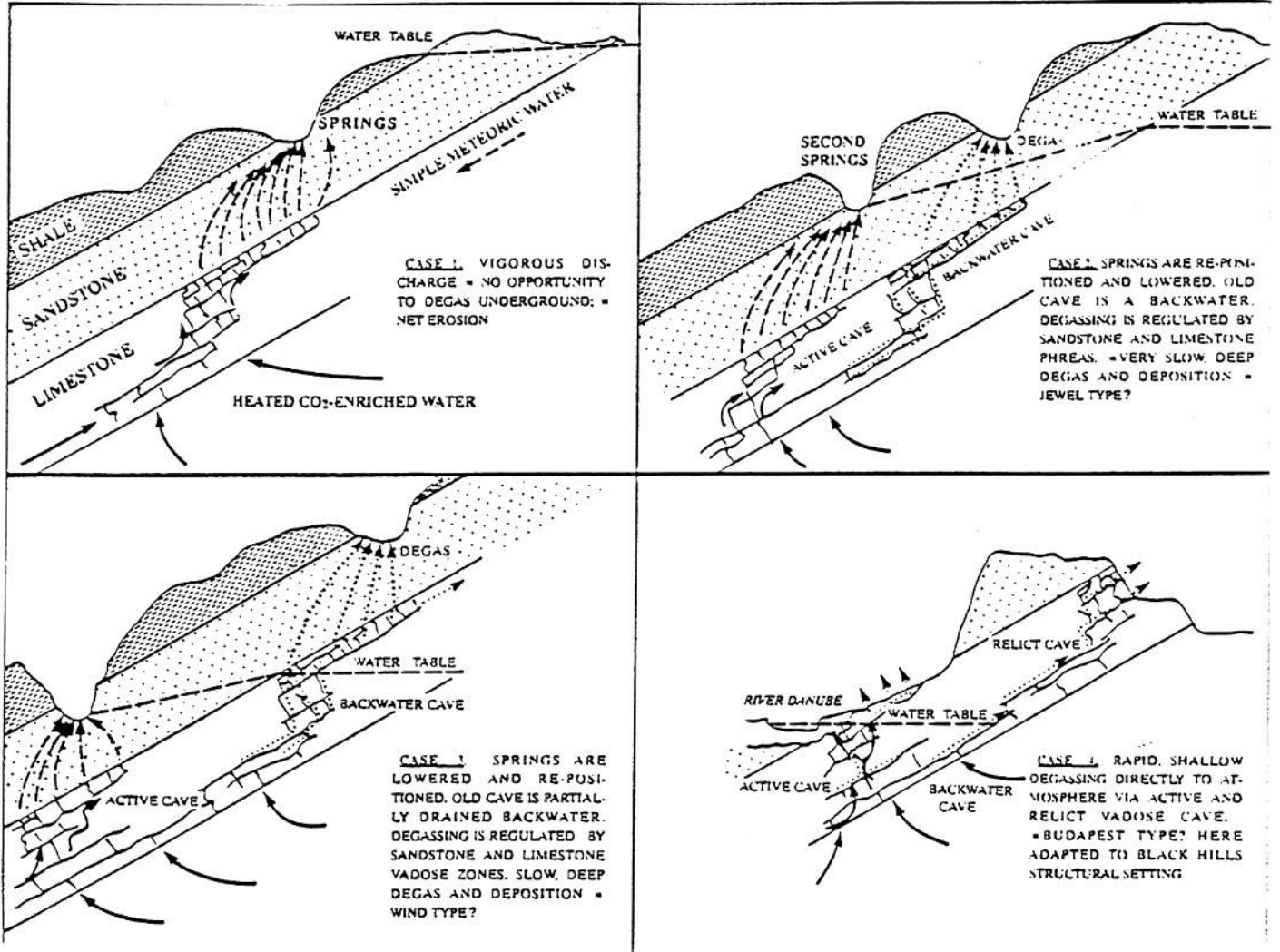
tútelítettséget a Jewel Cave esetében követelné meg (mert a lerakódás itt terjedt a legnagyobb mélységig); a kalcitlerakódás sebességére vonatkozó izotóp-bizonyíték azonban, amely abba az irányba mutat, hogy a tútelítettség valószínűleg e barlang esetében volt a legkisebb, ellentmond ennek.

(2) *Egy adott helyen a lerakódáshoz rendelkezésre álló idő* a második lehetséges befolyásoló tényező. Két különböző hatás létezik: az egyik a lerakódást lehetővé tévő hidrokémiai feltételekkel rendelkező, állandó vízkitöltés (vízszint) tartóssága. A Jewel Cave esetében a $^{234}\text{U}:$ ^{238}U kormeghatározás szolgáltatta bizonyíték azt jelzi, hogy a rendszer egésze nem kevesebb mint egy millió éven át víz alatt helyezkedett el, és passzív befogadója volt a kalcitkristály-felhalmozódásnak. A barlang ekkor egy bizonyos - ismeretlen - mélységben volt a vízszint alatt. A Wind Cave esetében a $^{230}\text{Th}:$ ^{234}U korhatározás szolgáltatta bizonyíték extrapolációja azt mutatja, hogy az utóbbi félmillió éven keresztül a vízszint meglehetősen állandó jelleggel süllyedt a barlangban. Amikor ez az időszak megkezdődött, valószínűleg a barlang egésze a hálózatos üregesedés állapotában volt; azaz még tágult és így kalcitkérgék nem halmozódhattak fel. Budapesten az egy adott helyen a vízalatti kiváláshoz rendelkezésre álló időtartam valószínűleg még rövidebb volt, mert ez aktív tektonikus kiemelkedéssel jellemzett térség, amelyet a negyedkori eljegesedési hatások is sokkal nagyobb mértékben zavartak, mint a Black Hills-t.

A második idő-tényező a freatikus vizek átfolyási sebessége, amelyekből a kiválás történhet. Ha egy adott vízmennyiség eltávozik a forrásokon keresztül, mielőtt alkalma lett volna a kigázosodásra, belőle nem válhatnak ki vízalatti lerakódások. Szabályként tételezhetjük fel, hogy ha egy barlang (legyen az akár labirintus) fő kifolyási pályaként működik akár termálvizek számára, benne nincs lerakódás vagy az főleg a vízszintre korlátozódik. A bűvárok beszámolója szerint a mai budapesti aktív forrásbarlangokban a vízszint alatt egy-két m-rel már nincsenek kiválások. Mélyebben a lerakódás csak ott kezdődhet meg, ahol a rendszer egy része vagy egésze háttérvízzé vált, mint a jelenlegi Wind Cave-ben.

Egy adott helyzetű vízszint tartóssága és a vízkicserélődés alacsony sebessége egymást erősítő hatások lehetnek. A Jewel Cave-ben azért lehetnek a

legnagyobb szabású és legnagyobb mélységű lerakódások, mert kiemelkedően hosszú időn keresztül különösen lassan áramló háttérvíz volt.



9.sz. ábra: A karsztvízáramlás fedőközet általi szabályozása, a mélyfreatikus vizek kigázosodása és a freatikus zónában a kalcitoknak a fentiékből eredő oldódása vagy kiválása között feltételezett kapcsolatot ábrázoló modellek. (1. eset: Erőteljes kifolyás = felszínalatti kigázosodásra nincs lehetőség = hálózatos üregtágulás; 2. eset: A források áthelyeződtek és alacsonyabbra kerültek. A korábbi barlangot háttérvíz tölti ki. A kigázosodást a homokkő és a mészkő freatikus vizei szabályozzák = igen lassú, mélyreható kigázosodás és kiválás = Jewel-típus?; 3. eset: A források áthelyeződtek és mélyebbre kerültek. A korábbi barlang részben elvítettelenedett, részben háttérvíz tölti ki. A kigázosodást a homokkő és a mészkő vadózus zónái szabályozzák = lassú, mélyreható kigázosodás és kiválás = Wind-típus? 4. eset: gyors, sekély kigázosodás közvetlenül az atmoszférába aktív és reliktum vadózus barlangokon keresztül = Budapest-típus? - a Black Hills szerkezeti viszonyaira alkalmazva)

(3) *A kigázosodás sebességének a fedőkőzet általi szabályozása* további lehetséges befolyásoló tényező, amelyet a három barlangban a lerakódás során uralkodott fizikai feltételek összehasonlítása sugalmaz. Ezt a 9.sz. ábra illusztrálja. Ha a barlang a regionális karsztvizek fő pályája, és minden vízkibocsájtási sebességet a fedőkőzetben uralkodó freatikus feltételek szabályoznak, a barlang zónájában jelentős kigázosodásra nincs lehetőség (9.sz. ábra, 1. eset): ez teljes mértékben üregtágulási helyzet. Ha a barlang víz alatt elhelyezkedő háttérvízzé válik, a kigázosodás lehetséges, de nagyon lassú lesz, mert azt a vízzel kitöltött fedőkőzet szabályozza (2. eset); ez történt a Jewel Cave-nél. Ennek egy másik változata az, hogy amikor a barlang háttérvízzé válik, felső részei egyúttal vadózussá válnak (3. eset - egy lehetséges modell a Wind Cave-hez). A kigázosodás gyorsabb, mint a 2. esetben, de még mindig viszonylag lassú, melyet a kevésbé permeábilis fedőkőzet szabályoz. A 4. esetben (Budapest) a barlangokból korlátozás nélküli kigázosodás történik közvetlenül az atmoszférába.

A 9.sz. ábra modelljei ellenérzést keltőek annyiban, hogy a vízalatti kiválások mélységi elterjedését ott mutatják a legnagyobbaknak, ahol a kigázosodás sebessége (és a termális és nyomás-gradiens is) a legkisebbek. Ennek ellenére, ezek összhangban vannak a barlangokat a kiválás idején jellemző, eltérő hidrofizikai környezetekre vonatkozó ismeretekkel. Ha az egyéb tényezők azonosak, a vízkicserélődés sebessége ugyancsak a 2. esetben lenne a legkisebb, így a vízalatti lerakódások nagy mélységének eléréséhez a vízkicserélődés sebességének hatása kombinálódhat a fedőkőzet általi szabályozással; úgy látszik, hogy a Jewel Cave esetében ez történt.

Következtetések

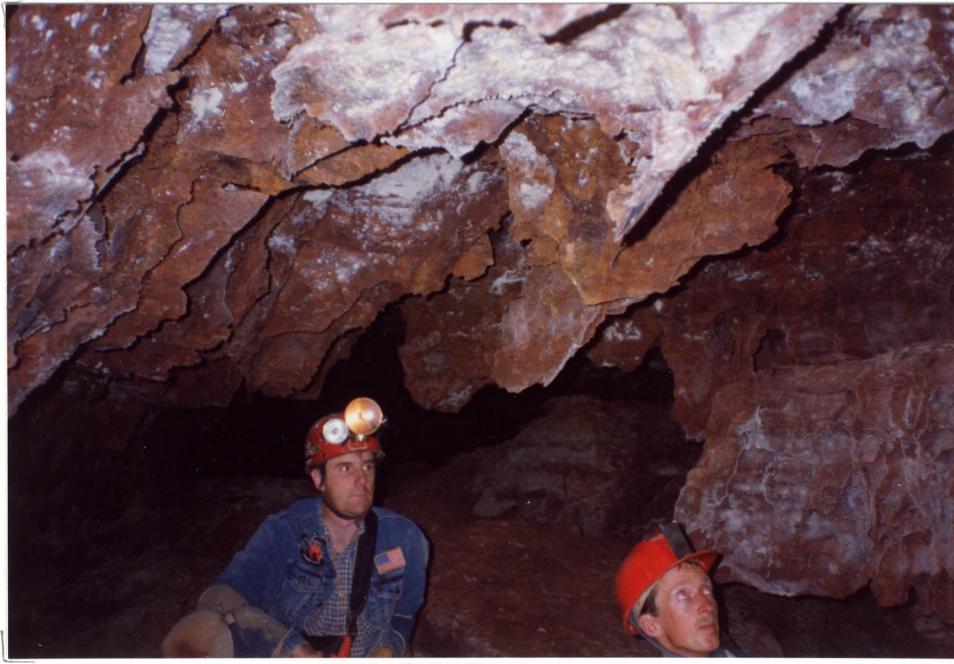
A Jewel Cave és a Wind Cave többszintes, felszálló vizű labirintusokként értelmezhetők, amelyek a rajtuk keresztül feláramló vizek hoztak létre a jelen eróziós ciklusban. Szerepet játszhatott az oldalirányú (dőlés és csapás mentén betáplálódó) felszínalatti vizeket magába foglaló keveredési korrózió is. A feláramló vizek valószínűleg a Black Hills mai hévforrásaiban felszínre lépő vizekhez hasonló jelleggel és mértékben felfűtöttek voltak. A vízalatti kiválások ezen felfűtött vizekből rakódtak le, amikor a barlangok a források áthelyeződése következtében háttérvízzé váltak. A kalcitkiválások eltérő

kristályformái, vastagsága és vízszint alatti mélysége számos különböző tényező kombinálódására vezethető vissza.

A Jewel Cave-ben a vízalatti kiválások valószínűleg idősebbek 2,500 000 évnél. A Wind Cave sokkal fiatalabb. Kiválásai zömének kialakulása, valamint a barlang e képződményeket hozzáférhetővé tévő elvzártulása az utóbbi 500.000 éven belül történt.

IRODALOM

- Bakalowicz, M., Ford, D. C., Miller, T. E., Palmer, A. N. and Palmer, M. V. 1987. Thermal genesis of dissolution caves in the Black Hills, South Dakota. *Bulletin, Geological Society of America*, v. 99, p. 729-738.
- Davis, W. M. 1930. Origin of limestone caves. *Bulletin, Geological Society of America*, v. 41; p. 475-628.
- Ford, D. C., Palmer, A. N. and Palmer, M. V. in litt. Uranium series dating of the draining of an aquifer: the example of Wind Cave, South Dakota.
- Harmon, R. S., Thompson, P., Ford, D. C. and Schwarcz, H. P. 1975. Uranium Series Dating of Speleothems. *National Speleological Society Bulletin*, v. 37(2), p. 21-33.
- Hill, C. A. 1987. Geology of Carlsbad Caverns and other caves of the Guadalupe Mountains. *New Mex. Bureau Mines and Mineral Resources. Bulletin* 117, 149 p.
- Hill, C. A. and Forti, P. 1986. "Cave Minerals of the World." *National Speleological Society of America*, 238 p.
- Howard, A. D. 1964. Model for Cavern Development under Artesian Groundwater Flow, with special reference to the Black Hills. *National Speleological Society, Bulletin* 26, p. 7-16.
- Ivanovich, M. and Harmon, R. S. 1982. *Uranium series disequilibrium: applications to environmental problems*, Oxford University Press. 571 p.
- Klimchouk, B. A. and Andrejchouk, V. N. 1986. Geological and hydrogeological conditions of gypsum karst development in the western Ukraine. *Le Grotte d'Italia*, 4(xii), p. 349-358.
- Kunath, C. E. 1978. The Caves of McKittrick Hill, Eddy Co., N.M. *Texas Speleo. Survey*. 87 p.
- Latham, A. G. 1981. Paleomagnetism, rock magnetism and U-Th, dating of speleothem deposits. Ph.D. thesis, McMaster University, 507 p.
- Muller, P. 1989. Hydrothermal paleokarst in Hungary in P. Bosak, D. C. Ford, J. Glazek and M. Horacek (editors). *Paleokarst; a world review*. Academia Praha/Elsevier, The Hague.
- Muller, P. and Sarvary, I. 1977. Some aspects of developments in Hungarian speleology theories during the last ten years. *Karszt-es Barlang*, p. 53-59.
- O'Neil, J. R., Clayton, R. N., and Mayeda, T. 1969. Oxygen isotope fractionation in divalent metal carbonates. *Journal of Chemical Physics*, v. 51, p. 5547-5558.
- Szunyogh, G. 1984. Theoretical investigation of the origin of spherical caverns of thermal origin (Second Approach). *Karszt-es Barlang*, p. 19-24.
- Truesdell, A. H. and Huiston, J. R. 1980. Isotopic evidence on environments of geothermal systems. in P. Fritz and J.-C. Fontes (Editors) *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*. Elsevier, The Hague. p. 179-226.
- Tullis, E. L., and Gries, J. P. 1938. *Black Hills caves*. Black Hills Engineer, v. 24, p. 233-271.

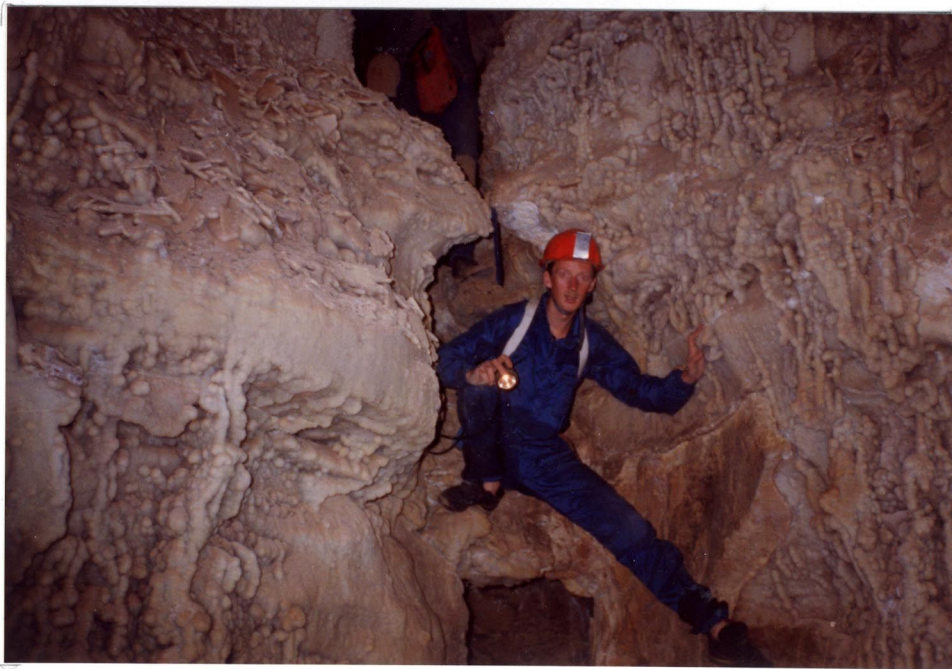


A Wind Cave híres boxwork-szerkezetei
a keskenyebb járatokban a szelvény jelentős részét elfoglalják

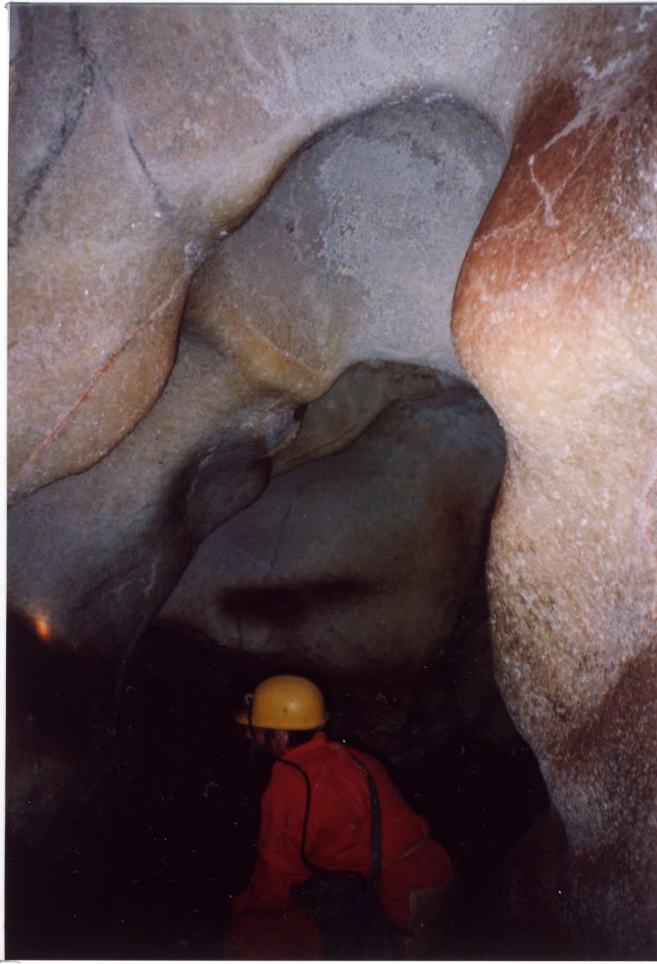




A Jewel Cave jellemző kiválástípusát nagyméretű romboéderkristályokból álló, vastag kalcitkéreg képviseli



A Wind Cave jellemző kiválásai a karfiolszerű kalcitbevonatok és a kalcitlemezek



A Jewel Cave 8–10 cm vastagságot is elérő kristálybevonata egyes járatok mennyezetén teljesen visszaoldódott





A Wind Cave híres heligmit-bokrai az aljzaton nőnek



Heligmit-bokrokra rakódott tutajok a Calcite Lake partján
/a kalcit-tutajok a jelenlegi vízszinten is képződnek/

A CARLSBAD CAVERNS KÉNSAVAS BARLANGKÉPZŐDÉSE ÉS
KAPCSOLATA A DELAWARE-MEDENCE (ÚJ MEXIKÓ ÉS TEXAS)
SZÉNHIDROGÉNJEIVEL

Carol A. Hill

Összefoglalás

A kén-izotóp vizsgálatok és az endellit ásvány pH-függősége alátámasztja azt az elméletet, miszerint a Carlsbad Caverns és a Guadalupe-hegység más barlangjai elsődlegesen inkább kénsavas mint szénsavas közegben oldódtak ki. A barlangokban a 10 m vastagságot elérő aljzati gipszlerakódások és a terméskén jelentősen dúsult ^{32}S -izotópban; az alacsony, -25,8 ‰ (CDT) -ig terjedő $\delta^{34}\text{S}$ értékek azt jelzik, hogy a barlangi kén és gipsz szénhidrogénekhez kapcsolódó bakteriális reakciók végtermékei.

A cikk egy modellt terjeszt elő a medencebeli szénhidrogének és a Guadalupe-hegység barlangjainak genetikai kapcsolatára. Amint a késő-pliocén - pleisztocén folyamán a Guadalupe-hegység kiemelkedett, a medencében az olaj és a gáz a dőléssel ellentétes irányban mozgott. A gáz reakcióba lépett a Castile anhidrit oldódásából származó szulfát-anionokkal, és H_2S , CO_2 , valamint "castile" mészkő keletkezett. A kénhidrogén a repedéseken, a zátonyelőtti karbonátos rétegeken vagy a Bell Canyon kovatörmeléken rétegeken keresztül felemelkedett a Capitan zátonymészkőbe, és ott reakcióba lépve az oxigénnel telített karsztvízzel kénsavat alkotott, létrehozva a Carlsbad Caverns-t.

A kénsavas oldódás okozhatja egyes rezervoárok nagymérvű porozitását a Delaware-medencében és az olajmező-karszt rezervoárokat a világ más kőolaj medencéiben.

Bevezetés

A Carlsbad Caverns és a Guadalupe-hegység más barlangjainak eredete régóta vita tárgyát képezi. Ezek a barlangok kevés hasonlóságot mutatnak a világ egyéb nagy barlangrendszereivel. Termei hatalmasak, de járatai nem hosszúak és hirtelen végződnek. Úgy tűnik, hogy a barlangok nincsenek kapcsolatban a felszíni topográfiával és a karsztvízáramlási pályákkal.

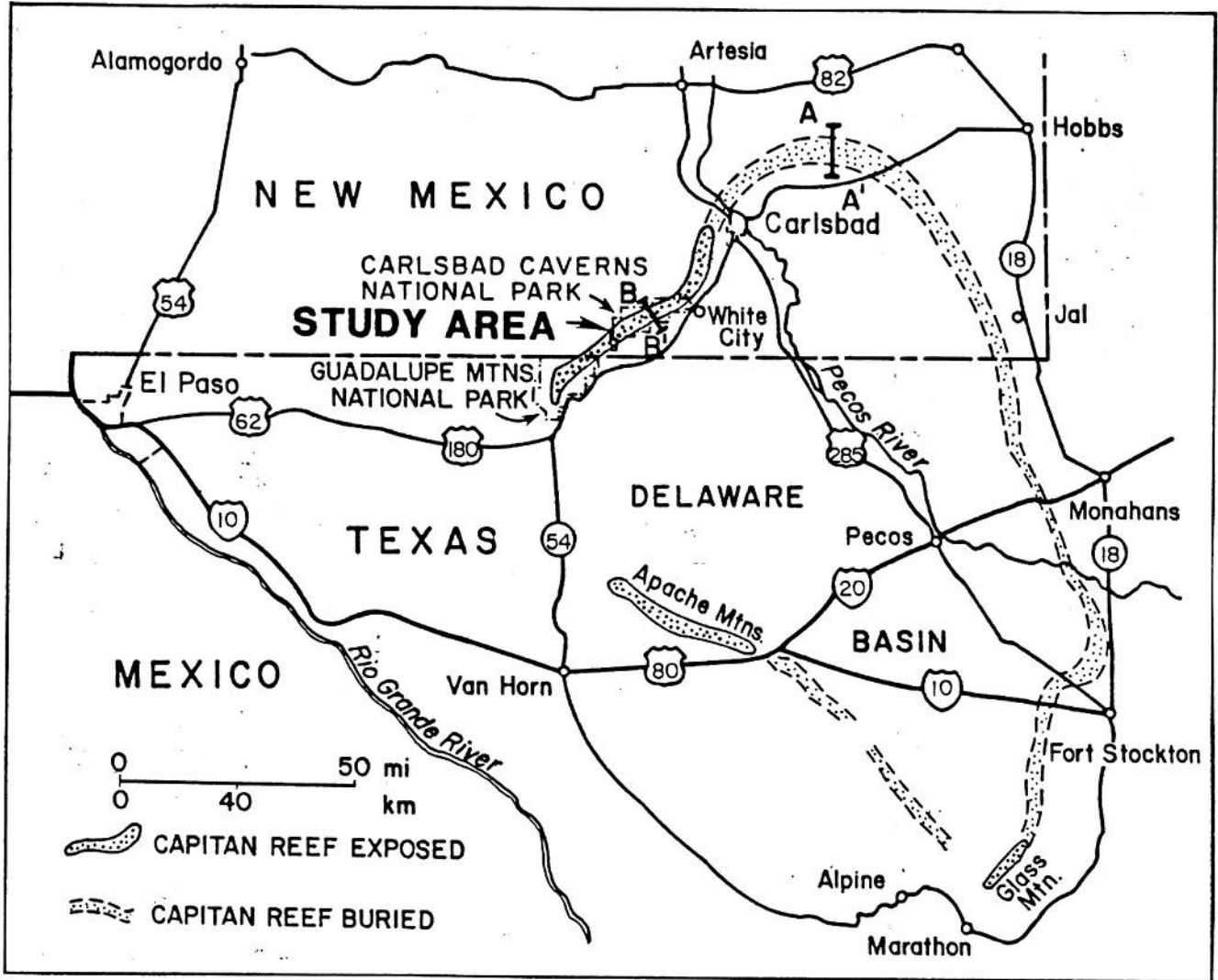
Különösen megkülönböztető bélyegek a barlangok tömeges gipsz-, terméskén- és színes, viaszos endellit agyag-lerakódásai.

Több mint negyven évig az uralkodó elképzelés az volt, hogy a Guadalupe barlangok más barlangokhoz hasonlóan, azaz szénsavas oldódással jöttek létre a vízszintnél (Bretz, 1949). Az utóbbi tíz évben Bretz modelljét a speleológusok új generációja kétségbe vonta. Queen és társai (1977) egy keveredési modellt javasoltak, amely szerint a mészkövet gipsz váltotta fel ahol a gipsszel telített medencebeli sósvizek keveredtek a zátony édesvizével. Jagnow (1977) a barlang kioldódásának részleges okaként piritből származó kénsavat tételezett fel. Davis (1980) egy helyettesítéses-oldásos mechanizmust támogatott (melyet elsőként Egemeier javasolt 1973-ban a Big Horn-medence, Wyoming barlangjainál), ahol a kénhidrogén a barlangi levegő oxigénjével lép reakcióba kénsavat alkotva; a sav oldja a mészkövet, s helyén vékony gipszkéreg képződik. Davis (1980) vetette fel elsőként a kénhidrogénnek az "olaj- és gáz-telepekkel" közös származását, de nem adott magyarázatot arra, hogy hol keletkezett a kénhidrogén vagy hogyan jutott a gáz a zátonymészkőbe. Hill (1987) kén-izotóp és egyéb adatokkal támasztotta alá a kénsavas oldódással történt barlangkeletkezést; bemutatót egy elképzelést a kénhidrogén specifikus forrására (a medence "castile" testjei és hátai) és tárgyalta a lehetséges pályákat, melyeken keresztül a gáz a medencéből felemelkedhetett a zátonyba.

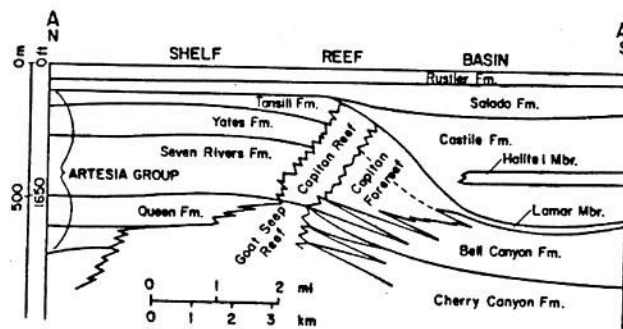
A jelen cikk célja a medencebeli szénhidrogének és a zátonymészkő kénsavas barlangkeletkezése között feltételezett kapcsolat leírása, valamint e modell viszonyítása olyan problémákhoz, mint az olaj- és gáz-migráció korbesorolása, és a nagymérvű porozitás kialakulása a Delaware medence rezervoárjaiban.

Földtani viszonyok

Az Új Mexikó DK-i részén illetve Texas Ny-i részén található Guadalupe-hegység a Delaware medence északnyugati oldala mentén húzódik, e medencét a perm koru (Guadalupean) Capitan zátony szegélyezi (1.sz. ábra). A Guadalupe-hegység vidékének geológiáját King (1948) és számos más kutató írta le. A felső-perm kőzetek délkeletről északnyugat felé három fő lerakódási környezetre tagolhatók: medence, zátony és a zátonymögötti self (2.sz. ábra). A Seven Rivers, Yates és Tansill formációkat világos, vékonyrétegzett dolomit és



1.sz. ábra: A vizsgált területet és a Capitan-zátony által szegélyezett Delaware-medencét bemutató áttekintő térkép (a zátony eltemetett szakaszai szaggatott vonallal jelölve). Hill (1987).



2.sz. ábra: A zátonymögötti self, a zátony és a medence felső-perm rétegtani egységei. Az A - A' keresztmetszvény helye az 1.sz. ábrán jelölve. Bachman (1980) nyomán.

homokkő, a Capitan zátony zátonymögötti megfelelői alkotják. Ezen rétegek a self evaporitok és a Capitan zátonymészkö felé pár fokos dőléssel lejtnek.

A Capitan zátony a Capitan Mészkö masszív központi zátonyfáciesét és a zátonyelőtér breccsa (törmeléklejtő) fáciesét egyaránt magába foglalja. A Guadalupe-hegységben a Capitan masszív fáciése az elsődleges barlang-befoglaló kőzet, benne olyan barlangokkal, mint maga a Carlsbad Caverns. A Goat Seep zátony közvetlenül a Capitan zátony fekvőjében helyezkedik el (2.sz. ábra). A Lechuguilla Cave főként a Goat Seep-ben, illetve a Goat Seep és a Capitan Mészkövek határfelülete mentén fejlődött ki (8.sz. ábra). A víz lefelé mozog a dőlő zátonymögötti fáciések mentén és bejut a Capitan víztárolóba, majd északkelet felé áramlik a zátony letörésével párhuzamosan s a Carlsbad-forrásoknál bukkan ismét a felszínre, az új-mexikói Carlsbad városka mellett.

A Capitan és a Goat Seep zátonyok medencebeli megfelelői a Bell Canyon Formáció palás, bitumenes mészkövet és tiszta, finomszemű, olajat tározó homokkövet, valamint a Cherry Canyon Formáció vékonyréteges, finomszemű homokköveit és folytonos kifejlődésű mészkőrétegeit foglalják magukba; mindkét formáció a Delaware Mountain Formációcsoportba tartozik. A Castile, Salado és Rustler formációk vastag anhidrit és kősó evaporit-sorozatai a medencében a Bell Canyon Formáció fedőjében helyezkednek el, és későbbiek a Capitan zátonynál és selfi megfelelőinél. A Bell Canyon és Castile formációk határán vagy annak közelében található a medencében a "castile" mészkő-hátak (ezek felszínrebukkanak) és -testek (ezek a felszín alatt húzódnak), melyek az anhidrit és a gipsz helyettesítődésével jöttek létre, a folyamat az evaporitok legfinomabb laminált és mikrogyűrődéses szerkezeteit is megőrizte (Anderson és Kirkland, 1966).

A perm vége felé a térség egésze a tengerszint fölé emelkedett, s ez a helyzet az alsó-kréta kivételével a teljes mezozoikumon és kainozoikumon keresztül változatlan maradt. A területet a középső-tercier folyamán (30-40 millió év) rövid tektonikus és felfűtő hatás érte. A kiemelkedés és kibillenés fő időszaka a pliocénre és a pleisztocénre esik (1-3 millió év). A kibillenés eredményeként a Guadalupe-hegység nyugati oldalai meredek északnyugati dőlésű normál vetők mentén kiemelkedtek; a medencében az evaporit felszín oldásos roskadással erodálódott, és a Delaware Mountain Formációcsoportban

lévő szénhidrogének a dőléssel ellentétes irányban mozogva sztratigráfiai csapdákkba kerültek.

Szpeleológiai viszonyok

A Guadalupe-hegységben barlangok százai találhatóak. Ezek a zátony letörésétől 12 km-en belül (többségük 5 km-en belül) helyezkednek el, antiklinálisok vagy más pozitív szerkezetek gerincei vagy szárnyai mentén, valamint a fő fáciesváltások kontaktusánál (zátony-zátonyelőtér, zátony-zátonyháttér, Yates-Seven Rivers; Jagnow, 1977). A barlangok a mélyfreatikus (bathyfreatikus) zónában és a vízszint zónájában fejlődtek ki. A vízszinten uralkodó feltételek határozták meg a barlangok horizontális kifejlődését bizonyos szintekben, míg ezen barlangok erőteljes vertikális kifejlődése a bathyfreatikus viszonyok következménye. A barlangi üledékek és kiválások korhatározása alapján a barlangok kora késő-pliocén - pleisztocénnek határozható meg (Hill, 1987).

A Carlsbad Caverns barlangi karbonátkiválásainak gazdagsága és szépsége révén világhírű. Azonban ezek a Hill (1987) által részletesen leírt kiválások nincsenek kapcsolatban a kénsavas barlangképződéssel, s ezen cikkben nem kerülnek tárgyalásra. A kénsavas barlangkeletkezéssel összefüggő barlangi kiválások a gipsztömbök és -héjak, a terméskén és az endellitites agyag.

A Guadalupei barlangokban a gipsz (1) tömbökben és héjak formájában valamint (2) kiválásokként jelenik meg. A tömbök és a héjak alabástrom-szerű, tömeges-szemcsés gipszlerakódások és nem utólagos képződmények, mint pl. a gipszvirágok, a szelenit-tűk és a gipsz-sztalaktitok. A tömeges gipsz-tömbök a barlangok aljzatán elérhetik a 10 m vastagságot is. A héjak a befoglaló kőzetet bevonó, kérgezés-szerű lerakódásokként jelennek meg. Számos tömb és héj laminált és mikrogyűrődéses szövetet mutat.

A terméskén a Guadalupei barlangokban a gipsztömbök tömeges gipszéhez vegyülten vagy az alapkőzetet és a kiválásokat borító kristályos bevonatként jelenik meg. A Carlsbad Caverns-ben kanárisárga kénkristályok vonják be a dőlt zátonyelőtér-rétegek és a Hill által (1987) a Bell Canyon Formációhoz tartozónak értelmezett kovatörmelékes rétegek alsó oldalát. Előfordulnak kénbevonatok kalcit-tutajokon és borsókövön, gipsz-virágokon és egyéb utólagos kiválástípusokon is.

Az endellit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a Carlsbad Caverns-ben és a Guadalupe-hegység más barlangjaiban montmorillonittal társulva, viaszos, változatos színű (kék, kékeszöld, fehér és lila) agyag formájában jelenik meg a mészkő szivacszerű üregeinek kitöltéseként. Hill (1987) az endellit a Guadalupei barlangok kénsavas kialakulásának egyik indikátorául használta. Nem-barlangi előfordulási helyeken az endellit alacsony pH-nál, kénsavas környezetben keletkezik. Callaghan (1948) az indianai Gardner Mine Ridge-en az endellit kénsavas víz timsós anyagra gyakorolt hatása eredményének tulajdonította; Brindley és Comer (1956) ugyanezt tette a Franciaországi Les Eyzies-i endellit esetében. Keller és társai (1966) Stanfordinból, Kentuckyból írt le egy endellit-előfordulást, ahol az endellit keletkezési zónájában a pH mért értéke 3,5-3,7 volt. Keller és társai (1971) jelenleg keletkező endellitot találtak egy kénhidrogén illatú forrásban, Michoacan-ban, Mexikóban, ahol 3,5-3,7-es pH volt mérhető; a szerzők azt a következtetést vonták le, hogy az endellit savas oldatokban keletkezik, forró és hideg vizekben egyaránt.

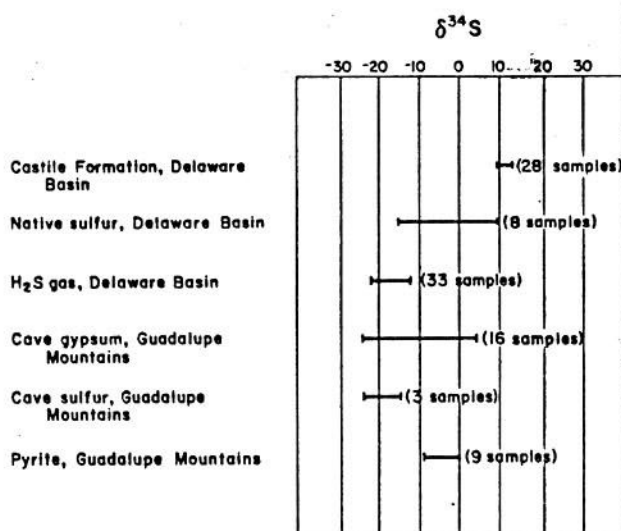
Kén-izotóp adatok

A Guadalupei barlangok gipsz és terméskén lerakódásai jelentősen dúsultak ^{32}S izotópban (3.sz. ábra). Hill (1981) a barlangi gipszre vonatkozóan -21,1‰-et (CDT), a barlangi kénre vonatkozóan -20,0‰-et is elérő alacsony $\delta^{34}\text{S}$ értékeket ismertetett. Kirkland (1982) hasonló izotóp-értékeket nyert a Carlsbad Caverns Big Room-jának gipsztömbjeire ($\delta^{34}\text{S} = -22,0$ ‰-tól -15,0 ‰-ig). Hill (1989) összegyűjtötte a Guadalupei barlangok gipsz- és kénelőfordulásaira vonatkozó összes $\delta^{34}\text{S}$ -adatot: az eddig mért legnagyobb hiány a gipsz esetében -25,6 ‰, a kén esetében -25,8 ‰ volt.

Ezek a kénizotóp-adatok döntőek a barlangképző folyamat megértéséhez, amely létrehozta a tágas barlangjásokat a Guadalupe-hegységben. Az izotópadatok által szolgáltatott bizonyítékok azt mutatják, hogy a barlangi gipsz nem származhatott a Castile anhidrit rétegekből Bretz (1949) lokális vízmedence-modellje vagy Queen és társai (1977) keveredési modellje szerint. A Castile Formációhoz tartozó gipsz és anhidrit átlagos izotóppozíciója +10,3 ‰ (3.sz. ábra); ha a barlangi gipsz ezen szerzők modelljeinek megfelelően nem bakteriálisan vált volna ki a Castile sósvizekből,

a barlangi gipsz és a Castile Formációhoz tartozó gipsz és anhidrit izotópösszetételének lényegében azonosnak kellene lennie.

A kénizotóp-adatok ellene szólnak a kénsavnak Jagnow (1977) felvetése szerinti, piritből való származásának is. A pirit a Guadalupe-hegységben $\delta^{34}\text{S} = -9,3 \text{ ‰}$ -tól $-0,3 \text{ ‰}$ -ig terjed (kilenc minta középértéke = $-2,5 \text{ ‰}$; 3.sz. ábra). Minthogy a szulfidok kilúgozódása során jelentős izotóp-frakcionálódás nem lép fel (kisebb mint 1 ‰ ; Goodwin és társai, 1976), logikus következtetés, hogy az izotopikusan könnyebb gipsz és kén (19 minta középértéke = $-16,8 \text{ ‰}$) nem származhatott ebből a forrásból. A kénsavnak piritből való származtatása ellen Hill (1987) számos egyéb érvet sorolt fel; talán a legfontosabb ellenérv, hogy a fedő rétegekben nincs elegendő pirit a barlangok óriási méreteinek megmagyarázásához. A nagy barlangok, mint a Carlsbad Caverns, nem piritestek közelében helyezkednek el.



3.sz. ábra: A különböző lerakódások $\delta^{34}\text{S}$ -értékei a Delaware-medencében és a Guadalupe-hegységben. Adatforrások: a Castile Formáció gipsz- és anhidrit-értékei a Delaware-medencéből - Thode és Monster (1965), Holser és Kaplan (1966) és Popiek et al. (1983); kén-értékek a Delaware-medencéből - Davis és Kirkland (1970), Kirkland és Evans (1976) és Hill (1989); kénhidrogén-értékek a Delaware-medencéből - Popiek et al. (1983); Guadalupei barlangi gipsz- és kén-értékek - Hill (1981), Kirkland (1982), Hill (1987) és Hill (1989); és pirit-értékek a Guadalupe-hegységből - Hill (1987) és Hill (1989).

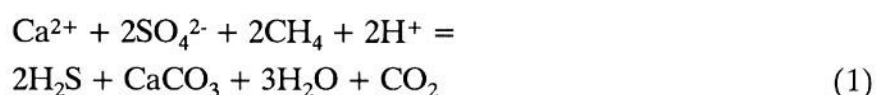
Érdekes a barlangi lerakódásokra nyert $\delta^{34}\text{S}$ -értékek összevetése a Delaware-medence "castile" hátainak terméskénjével (3.sz. ábra). A "castile" kén $\delta^{34}\text{S}$ -értékei $-15,1 \text{ ‰}$ és $+9,2 \text{ ‰}$ közöttiek (nyolc minta középértéke = $0,0$

‰), míg a barlangi gipsz és kén értékei -25,8 ‰ és +5,0 ‰ közöttiek (19 mintára a középérték = -16,8 ‰). Kirkland és Evans (1976) a "castile" háta és bennük a terméskén keletkezését az olaj, a földgáz (elsősorban metán) és a Castile Formációból származó szulfát közötti reakcióknak tulajdonította; s a hátaknak a Castile anhidrithez képest izotóposan könnyebb kénjét kénbaktériumok általi izotóp-frakcionálódás eredményeként magyarázta. A Guadalupei barlangi kén és gipsz még inkább dúsult ³²S izotópban, mint a kén a "castile" hátaiban. Ez a hangsúlyozott feldúsulás arra utal, hogy a barlangi lerakódások kialakulásában szénhidrogének és kénbaktériumok is részt vettek. Csak biológiailag is támogatott reakciók lehettek képesek olyan nagy izotóp-frakcionálódás létrehozására, mint amilyenek a "castile"-k kénjét és a Guadalupe-hegység barlangjainak gipsz- és kénlerakódásait egyaránt jellemzik.

Kénhidrogén-képződés a Bell Canyon - Castile formációkban

A Delaware-medence Új-Mexikó délkeleti részén jelentős szénhidrogén-provincia. Perm rezervoárok főleg a zátonyháttér-self evaporit kontaktusnál és rétegtani csapdáknak, a Delaware Mountain Formációcsoport medencebéli homokköveiben fordulnak elő (Ward és társai, 1986). A térség földgázaira jellemző a magas kénhidrogén- és széndioxid-tartalom.

Amikor a pliocén-pleisztocén folyamán a Guadalupe-hegység kiemelkedett, az olaj-hordozó Bell Canyon Formáció pár fokkal északkelet felé billent ki a medencében. Ezen kibillenés elsődleges következménye a szénhidrogének remobilizációja volt. A Castile Formáció bázisán vagy annak közelében lévő törések és normál vetők lehetővé tették a földgáz felemelkedését a fekvő Bell Canyon Formációból a fedő Castile anhidrit-rétegekbe, ahol az reakcióba lépve a szulfát-anionokkal kénhidrogént és széndioxidot alkotott s létrehozta a "castile" testek és háta mészkövét (Kirkland és Evans, 1976; Smith, 1978). A következő, a Castile Formáció szulfátos vizeit érintő általános reakciót tartják felelősnek a kénhidrogén és a széndioxid keletkezéséért:



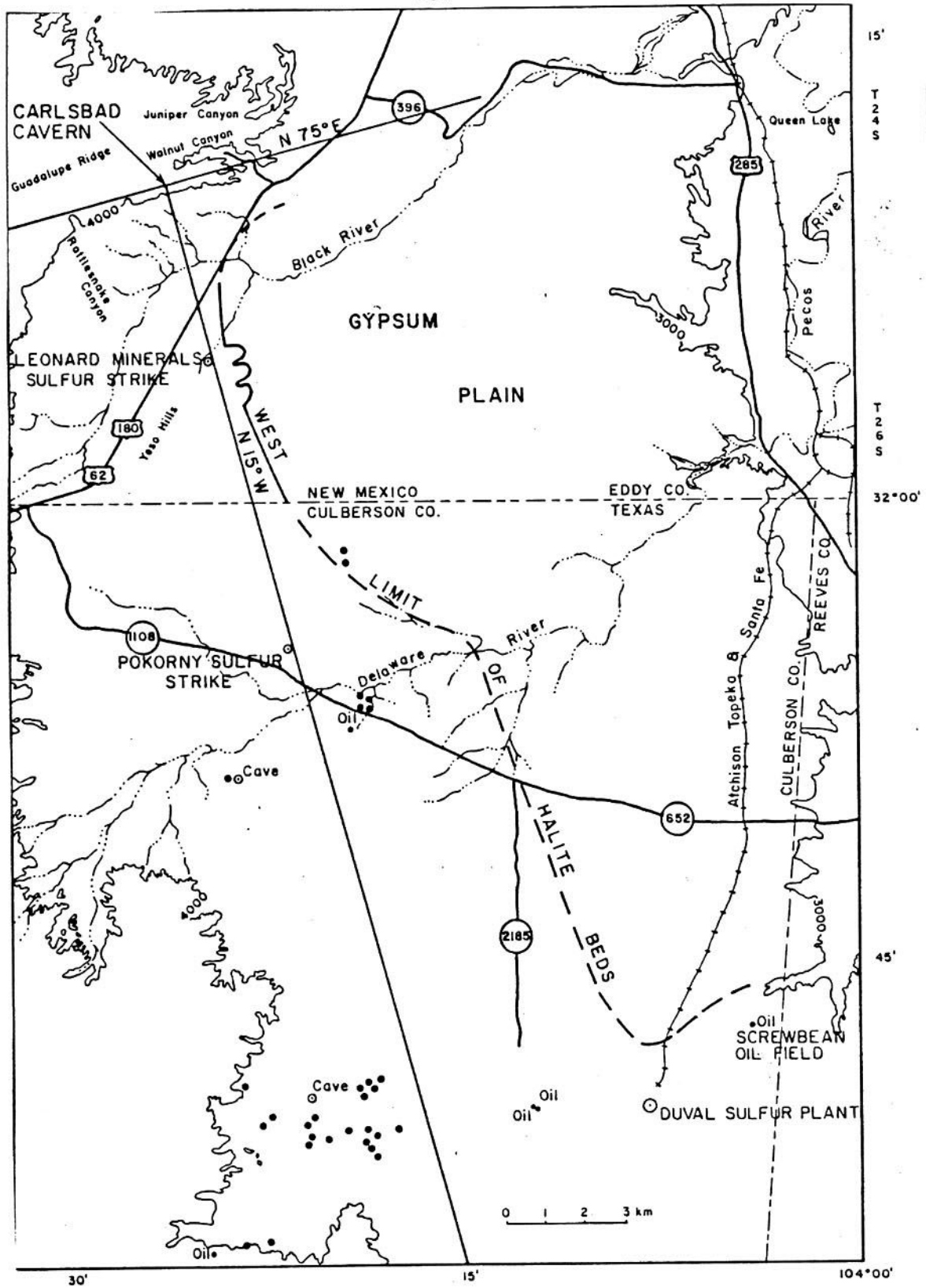
noha más, gáz és folyékony halmazállapotú szénhidrogéneket magába foglaló reakciók is lezajlhattak.

A kénhidrogén migrációja a medencéből a zátonyba

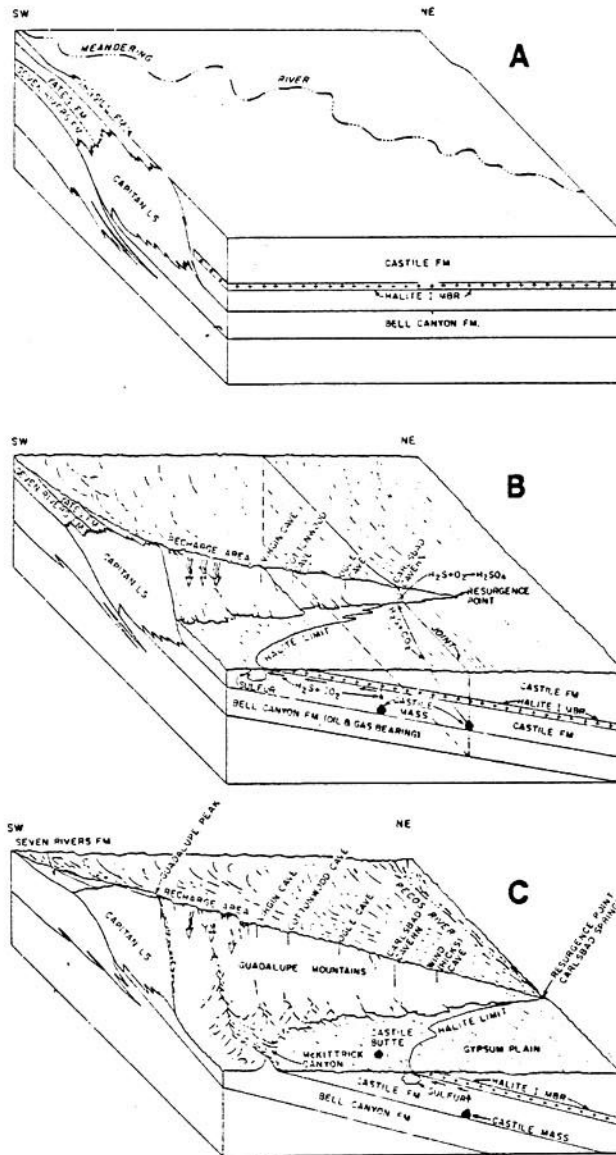
Az (1) reakcióban keletkezett kénhidrogén a medencében a felszínre emelkedett, ahol az anyakőzetet nem fedték impermeábilis kősó-, anhidrit- vagy agyagrétegek. Ahol a kénhidrogén gáz útját a Castile Formáció sórétegei lezárták, az a rétegdőléssel ellentétes irányban vándorolhatott a sóréteg nyugati határáig, aholis a meteorikus vizek terméskénné oxidálták (4. és 5.sz. ábrák), avagy más utakat kereshetett a rendszerből való kiszabadulásra. Ilyen egyéb utak lehettek a medence peremeire merőleges permeábilis zónák. A kénhidrogén gáz felszállásához a medencéből a zátonymészköbe az északnyugati irányú törések szolgálhattak pályául. A medence felé extrapolálva, a Carlsbad Caverns Big Room-jának É15°Ny iránya felszínen lévő "castile" háta egy sűrű csoportja (egyik-másik kénsavas eredetű barlangokkal), olaj, medencebéli kéntelep és az I. kősóréteg nyugati határának közelében halad el (4.sz. ábra). A Capitan zátonyelőtér-faciesek vagy a Bell Canyon Formáció felső részén lévő permeábilis homokrétegek összefogazódásai mentén további migrációs pályák lehettek a kénhidrogén vándorlásához a medencéből a zátonyba (6.sz. ábra).

Epizodikus tektonikus mozgások idézhették elő a kénhidrogén gáz migrációját a medencéből a zátonyba. A gáz felemelkedése a zátonyba a két terület nyomáskülönbségének következményeként történhetett: a medencében a Castile és Salado rétegek együttes vastagsága határozhatta meg a rendszer nyomásmagasságát és okozta a gáz felnyomulását a zátonyba a nyomásmagasságnál valamivel alacsonyabb szintig. Bizonytalan, hogy a kénhidrogén oldatban eloszlatva mozgott-e a medencéből a zátonyba, vagy a DEPRESSURIZED kénhidrogén diffundálhatott a zátonyba. Lehetséges, hogy vízáramlás nem volt szükséges a gáz migrációjához mindaddig, ameddig a kőzet vízzel átitatott volt (McAuliffe, 1979). A kénhidrogén a zátonyba felemelkedve szerkezeti (pl. antiklinális) és rétegtani csapdákban (pl. a Yates siltstone alatt) halmozódott fel, ahol végül is kénsavvá oxidálódott és kialakította a Guadalupe barlangokat.

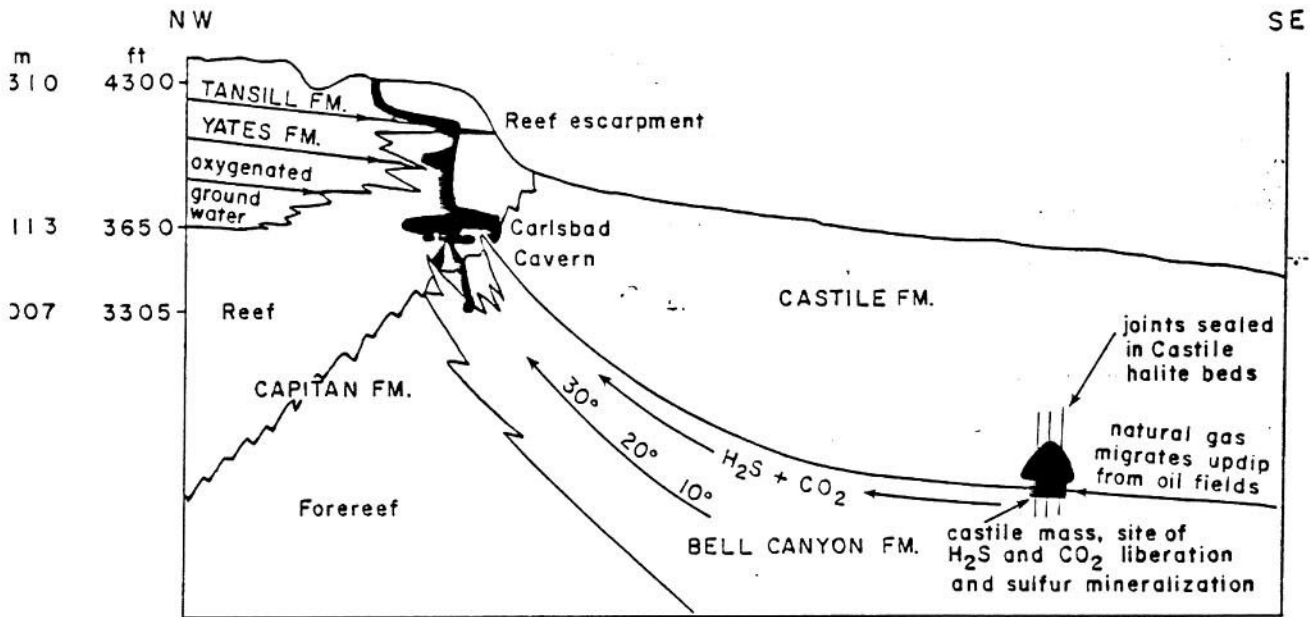
E modell szerint a zátonyban a barlangfejlődés összhangban van a Castile Formáció fokozatos, nyugatról kelet felé történő kibillenésével, felszínrekerülésével és eróziójával a medencében. Ahol a Castile sórétegek még fennmaradtak a zátony előterének szelvényében, a kénhidrogén a permeábilis



4.sz. ábra: A Carlsbad Caverns elhelyezkedése az olaj- (apró fekete pöttyök) és kénelőfordulásokhoz valamint a "castile" hátakhoz (nagyobb fekete pöttyök) viszonyítva a Gipszsíkságon. Az egyenes vonal a Big Room, Carlsbad Caverns É15°Ny irányának meghosszabbítása. A szaggatott vonal a Castile Formáció I. kőszórtegeinek nyugati határát jelöli; közvetlenül e vonaltól nyugatra kutatnak terméskén-telepek után. A "castile" mészkő-hátakban lévő barlangokat terméskén vonja be és belőlük kénhidrogén-gáz szabadul fel. Hill (1987) nyomán.



5.sz. ábra: Az I. Kősóréteg vázlatos helyzete a Gipsz-síkság Castile Formációjában a Guadalupe-hegység barlangfejlődésével összefüggésben. (A) A miocén-pliocénben az alacsonyanfekvő eróziós felszínen folyók meandereztek keresztül. (B) A késő-pliocén - pleisztocénben a Guadalupe-hegység kiemelkedett és kibillent. Az olaj és a földgáz a medencében a dőlésiránnyal ellentétesen mozgott és reakcióba lépve a Castile anhidrit oldataival H_2S -t, CO_2 -t és "castile" testeket hozott létre. Az impermeábilis Castile sórétegek csapdába ejtették a kénhidrogént a felszín alatt, így az vagy elszökött a kősórétegek nyugati határánál vagy felemelkedett a zátonymészköbe a repedések, zátonyelőtér-rétegek vagy a Bell Canyon Formáció összefogódásai mentén. Ahogy a medencében a Castile rétegek nyugatról kelet felé erodálódtak, és ahogy a források helyzete a Capitan-zátonyban folyamatosan tolódott délnyugatról északkelet felé, a Guadalupe-hegységben a barlangok szintén nyugatról kelet felé fejlődtek. Amint a Castile pereme kelet felé mozdult, túlhaladva egy bizonyos barlang körzetét, annak a barlangnak a fejlődése megszakadt mert azon a ponton többé már nem tudott feláramlani a gáz a zátonyba. (C) Napjainkban a természetén a Kősó I rétegek eróziós szélétől közvetlenül nyugatra található. A felszín alatt ott található kénhidrogén gáz, ahol a kősórétegek még érintetlenek. Hill (1987).



6.sz. ábra: A gázfeláramlás vázlatja a medencéből a zátonyba a Bell Canyon Formáció felső rétegei mentén. A földgáz a rétegdőléssel ellentétes irányban migrált az olajmezőkből kelet felé, és érintette a Castile Formáció bázisán lévő anhidritet. A földgáz és a szulfát-anionok közötti reakciók termékeként kénhidrogén, széndioxid és "castile" mészkőtestek jöttek létre. A kénhidrogén és a széndioxid továbbvándorolt a dőléssel ellentétes irányban a Bell Canyon Formáció permeábilis rétegei mentén a Capitan-zátonyba, ahol keveredett a zátonymögötti rétegekben dőlésirányban mozgó, oxigénnel telített vizekkel. A kénhidrogén és az oxigén kénsavvá egyesült, amely tágas barlangjáratokat oldott ki a Guadalupe-hegységben. A Capitan-zátonyban tárolódó víz áramlási iránya északkeleti, azaz a keresztshelvényre merőleges. Hill (1987).

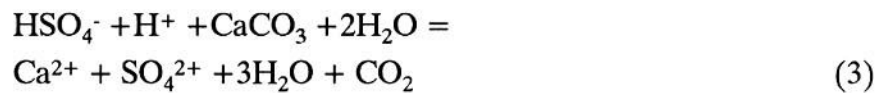
zónák mentén képes volt behatolni a zátony peremén és barlangokat kioldani (5.sz. ábra). Ahol azonban a barlangképződést követően a medencében a Castile sósórétegek lepusztultak, az adott barlang fejlődése megszakadt, mivel azon a ponton a gáz többé már nem tudott a zátonyba hatolni. Ez megmagyarázhatja azt, hogy a Guadalupe-hegység barlangjai miért "halnak el a mélyben" - azaz a járatok nem érik el a jelenlegi vízszintet. A Carlsbad Caverns jó példa erre: a medencében a Castile sósórétegek nyugati peremének (4.sz. ábra: "west limit of halite beds") kelet felé előrehaladó eróziója már túljutott a Carlsbad Caverns zátonybeli helyzetén. A Lake of Clouds, a barlang legmélyebb járata mintegy 30 m-rel van a Capitan zátonyban tárolódó víz jelenlegi szintje felett, és alapos feltáró kutatások ellére is úgy tűnik, hogy nem vezet mélyebbre (Hill, 1987). A Carlsbad Caverns kialakulása befejeződött, mert a Castile sósóréteg pereme a medencében a barlang zátonybeli helyzetén túlra helyeződött át, és itt a kénhidrogén már nem képes a zátonyba jutni.

Kénsavas barlangkioldódás

A kénhidrogén gáz a medencéből a zátonyba történő felemelkedése során redukált állapotban maradt, s nem oxidálódott mindaddig, amíg el nem érte a Capitan zátonyban tárolódó víz tükkrét. Az oxigénnel telített víz a dőlt zátonymögötti rétegek vagy a felette lévő felszín repedései mentén jutott le a vízszintre, s oxidáció révén a kénhidrogént kénsavvá változtatta:



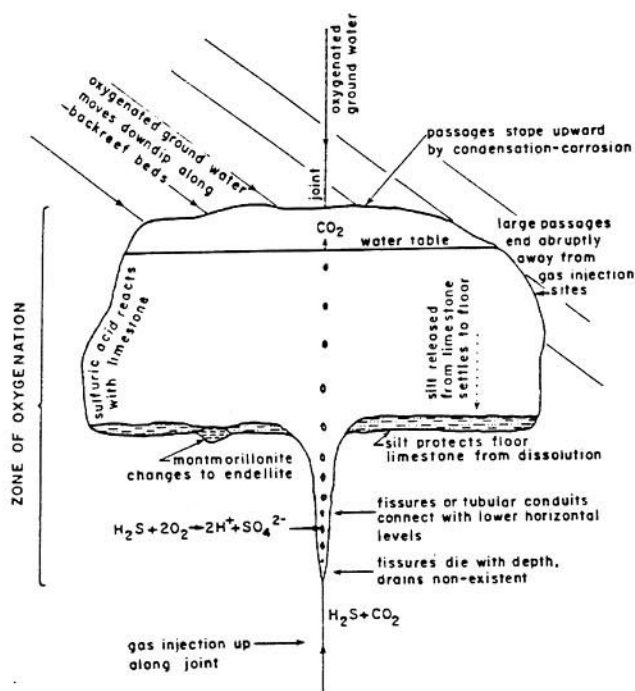
A (2) reakcióban képződött kénsav azonnal megtámadta a mészkő-alapkőzetet és kioldotta a barlang üregeit:



A legnagyobb mérvű kénsavas oldódás a vízszintnél történt, amely az oxigén és kénhidrogén gáz keveredési zónája volt. A savas víz kioldotta a horizontális barlangszinteket, a montmorillonitos agyagot endelitté alakította át és a savas reakció melléktermékeként a mészkőből felszabadított, helyben keletkezett kőzetliszt leülepedett az aljzatra (7.sz. ábra). Később a kőzetliszt tetejére a (3) reakció során keletkezett kalcium- és szulfát-ionokból képződött tömeges gipsz vált ki. Miután a vízszint lesüllyedt és elhagyta a barlangjáratokat, ez a nedves gipsztömeg tömbökké és héjakká szilárdult - ez az a gipsz amely szignifikánsan dúsult ^{32}S -ben.

E modell szerint a Guadalupei barlangokban a függőleges csövek, hasadékok és aknák úgy értelmezhetők, hogy azok a kénhidrogén gáz bejutási pontjai mentén alakultak ki, míg a horizontális szintek a vízszinten jöttek létre, ahol az oldott oxigén leginkább koncentrált. A nagy barlangtermek falai a horizontális síkban hirtelen végződnek el, mert a gázbevezetési pontoktól távolodva a savat az alapkőzet közömbösítette (7.sz. ábra). Minthogy az oldott oxigén mennyisége a vízszint alatti mélységgel csökkent, a hasadékjáratok és aknák vertikálisan elvégződnek és nincs aljzati vízvezetésük. A szénsav elősegíthette a barlangok kioldódását, de oldóképessége a kénsavhoz képest alárendelt volt. A barlangi levegő magas széndioxid-szintje [a (3) reakció

terméke] hangsúlyozott kondenz-korróziót (gázos kőzetelbontást) okozott a barlangok vadózus zónájában; e folyamat jelentősen módosította a morfológiai és kiválási formákat (Hill, 1987; 7.sz. ábra).



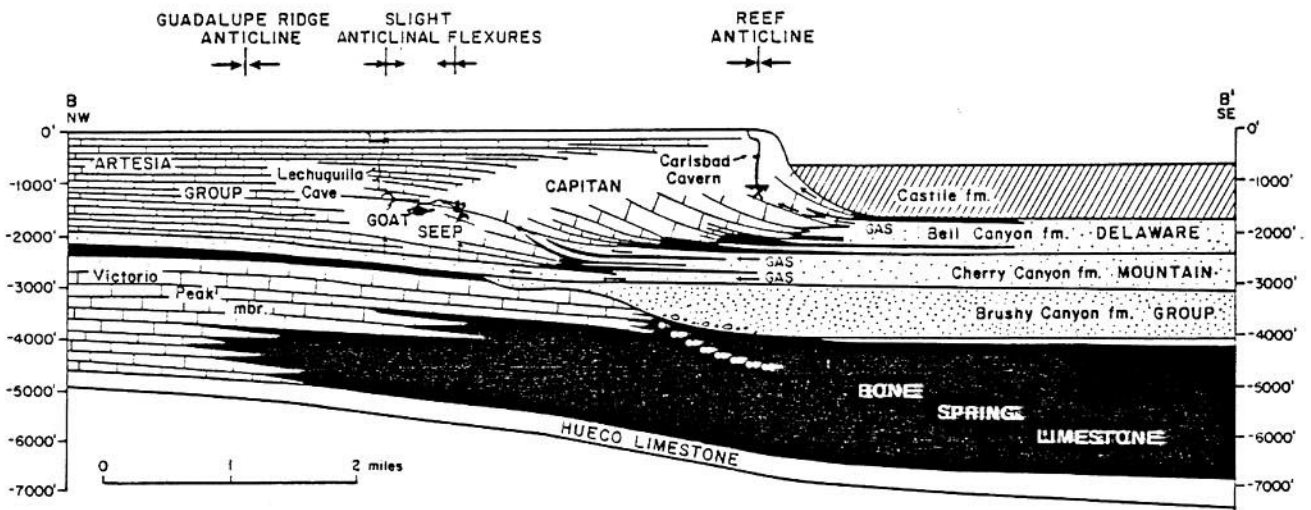
7.sz. ábra: A kénhidrogén és az oldott oxigén reakciójának vázlata a vízszint közelében. A medencéből felemelkedő kénhidrogén injekciós pontok mentén jutott a zátonyba és az oxigéntelítődési zónában reakcióba lépve az oxigénnel kénsavat alkotott. Az injekciós pontoktól távolodva a mészkő közömbösítette a kénsavat, ezért a szintes termek hirtelen végződnek el. Az oxigéntelítődési zóna alatt kénsav-reakció nem történt, így a tágas, horizontális termek alatti függőleges járatok a mélyben elhalnak. Az erózióbázis fokozatos süllyedésével az újabb barlangszintek forráskürtőkön és hasadék-kéményeken keresztül kapcsolódtak az idősebb horizontális szintekhez. Hill (1987).

A kénhidrogén egyéb forrásai

Az imént részletezett modell felveti, hogy a Carlsbad Caverns kénsavas kioldódásáért felelős kénhidrogén a Bell Canyon és Castile formációk kontaktusánál vagy annak közelében keletkezett, amely elképzelés elsősorban a Carlsbad Cavernsben végzett terepi megfigyeléseken alapul, ahol a kén a medence felé dőlő zátonyelőtér- és kovatörmelékes (Bell Canyon ?) rétegek alsó oldalán jelenik meg (8.sz. ábra). A Big Room a Carlsbad Cavernsben ráadásul azonos irányt követ, mint a medence ismert kentelepei (pl. Leonard

Minerals kéntelep; 4.sz. ábra), amelyek a Bell Canyon és a Castile kontaktusának közelében helyezkednek el. Minthogy a Castile és a Bell Canyon formációk nagy részében a jelenlegi vizek a kénhidrogén vonatkozásában telítettek, és minthogy a Castile-ben számos terméskén-telep található a Bell Canyon-nal való kontaktus közelében, nem alaptalan az a feltevés, hogy ezek az egységek lehettek a Carlsbad Caverns kioldódását okozó kénhidrogén forrásai.

Azonban a Delaware-medencében és környékén a kénhidrogén elterjedt, így más kénhidrogén-forrásokat és a gáz mozgásának egyéb pályáit is figyelembe kell venni. A Delaware Mountain Formációcsoport alsóbb egységeiben (alsó Bell Canyon, Cherry Canyon, Brushy Canyon) még nagyobb mennyiségű kénhidrogénnel telített víz van, és a medence peremétől távolabb elhelyezkedő barlangokat kioldhatta az ezen mélyebb egységekből a zátony kőzeteibe vándorló kénhidrogén gáz is. Például a Lechuguilla Cave a zátony peremétől 4 km-re a self felé helyezkedik el és a zátonymögötti Yates és Seven River formációkban, valamint a Goat Seep Mészköben és a Goat Seep - Capitan Mészkövek kontaktusa mentén fejlődött ki (Jagnow, 1989; 8.sz. ábra).



8.sz. ábra: A kénhidrogén-gáz lehetséges feláramlási pályái a zátony peremén, Capitan Mészköben elhelyezkedő Carlsbad Caverns; valamint a zátony peremétől 4 km-re a self felé, Goat Seep Mészköben elhelyezkedő Lechuguilla Cave esetében. A Carlsbad Caverns kialakításához a kénhidrogén a Bell Canyon Formáció felső részének összefogazódásai mentén, míg a Lechuguilla Cave kialakításához a Cherry Canyon Formáció összefogazódásai (vagy a bázisán lévő mészkőnyelv) mentén mozoghatott a dőlésiránnyal ellentétesen felfelé. A B-B' keresztmetszvény helyét az 1.sz. ábra tünteti fel. Newell et al. (1953) és Jagnow (1989) nyomán.

Lehetséges, hogy a kénhidrogén gáz a Cherry Canyon Formációnak a Goat Seep-pel összefogazódó felső kétharmada mentén mozgott felfelé, vagy másik lehetőségként mozoghatott a Cherry Canyon bázisát alkotó folytonos kifejlődésű mészkőnyelv mentén majd függőlegesen felfelé a porózus Goat Seep zátonyba (8.sz. ábra). A Cherry Canyonból származó nagytömegű kénhidrogén magyarázhatja a Lechuguilla Cave elhelyezkedését és jelentős kiterjedését: hossza ma már meghaladja a 80 km-t (50 mérföld, ezzel az Egyesült Államok negyedik leghosszabb barlangja), mélysége pedig 477 m (1565 láb, az Egyesült Államok legmélyebb barlangja).

Más "forgatókönyvek" szintén lehetségesek. A zátonymögötti anhidritben (gipszben) keletkezett kénhidrogén vándorolhatott oldatban, dőlésirányban a zátonyba. Vagy, ahogy azt DuChene (1986) javasolta, lehetséges, hogy a kénhidrogén a dőléssel ellentétes irányban migrálhatott a Capitan zátony mentén a medence északi részének olajmezőiről a Guadalupe-hegységbe. További lehetőségek, hogy a kénhidrogén mélyen a medence belsejében lévő anyakőzetekből származik vagy a fentiek egy részének vagy akár mindegyikének kombinációja előfordul.

A Delaware-medence kénhidrogén-migrációjának korbesorolása

A barlangi üledékek paleomágneses kormeghatározása valamint a kiválások uránium-sorozat szerinti és elektron-spin rezonancia (ESR) korhatározása alapján Hill (1987) a Guadalupei barlangok korát késő-pliocén - pleisztocénre becsülte, e vélekedés összhangban van King (1948) terepi megfigyelésének. Így a a medencéből a zátonyba történő kénhidrogén-migráció valószínűleg az utóbbi 3 millió év során történt, a regionális kiemelkedés közvetlen következményeként. A kanárisárga kénkristályokkal borított utólagos barlangi kiválások azt a további lehetőséget bizonyítják, hogy a migráció a legutóbbi időkhöz folytatódott, és hogy az oldódás kénsavas módja napjainkban is folyhat a vízszinten jelenleg fejlődő barlangokban.

Hill (1989) úgy vélekedett, hogy a kénhidrogén gáz hasonló, a medencéből a zátonyba történő migrációja biztosította a szükséges redukált ként a Mississippi Valley típusú (MVT) ólom-zink ércesedéshez a Guadalupe-hegységben valamint az Apache-hegység, a Glass-hegység és Fort Stockton térségében is. A MVT telepek a Guadalupe-hegységben ugyanazon szerkezeti

és rétegtani helyzetben találhatóak, mint a barlangok többsége; azaz pozitív szerkezetek szárnyai és gerincei mentén valamint a közvetlenül a Yates Formáció viszonylag impermeábilis siltstone-ja alatt fekvő kőzetekben. Ezek az érctelepek nem nagy kiterjedésűek, de következetesen anomális arzént, báriumot, rezet, vasat ólmot, molibdént és cinket tartalmaznak. A MVT telepek epigenetikusak: a szulfidok kén izotóp értékei (pl. pirit, Guadalupe-hegység, 3.sz. ábra) nehezebbek, mint a szingenetikus szulfidoké, és a telepek gyakran helyettesítési szövetet mutatnak. Hill (1989) az ércesedés időpontját a középső-tercierre (30-40 millió év), a Delaware-medencét ért magmás intrúziók és hidrotermális aktivitás idejére vagy a közvetlenül azt követő időszakra helyezte. Amennyiben ez igaz, a kiemelkedés, kibillenés, kőolaj-remobilizáció és a kénhidrogén migrációja a medencéből a zátonyba az utóbbi 35 millió éven keresztül (legalábbis szakaszosan) jelentkezhetett.

Kénsavas karszt más medencék körül

A szénhidrogénekhez kötődő, kénsavas karsztosodás folyamata nem egyedül a Guadalupei barlangok és a Delaware-medence sajátossága. Egy másik példa erre az Adriai-tenger medencéjének nyugati oldalát övező Apennineken a Fiume Vento barlang: a barlang legalsó szintjén kénhidrogén-szag érezhető, és a magasabb szinteken gipsztömbök és endellit fordulnak elő (Hill, 1986). A La Cueva de Villa Luz (Tobasco, Mexikó) a Campeche-öbölben található szénhidrogénekhez kötődő kénsavas barlang: a barlangból egy tejfehér, oldott gipszet és ként tartalmazó patak folyik ki, és benne kénkristályok növekednek olyan szakaszokon, ahol a csepegő vizek mért pH-ja = 1 (Pisarowicz, 1988). A La Cueva de Villa Luz gipsze és kénje a ³²S izotóp dúsulása tekintetében összevethető a Guadalupei barlangi gipsszel és kénnel.

Olajmező-karszt

Az "olajmező-karszt" szakkifejezés használatos a paleokarszt-tározókban csapdába került olaj és földgáz leírásánál. A világ legproduktívabb medencéjében, a Perzsa-öbölben a karbonát-tározók kb 80 %-a mészkő (Ford és Williams, 1989), és a tározó-porozitás nagy része karsztos eredetű. Jelentős olajmező-karszt fordul elő Kínában, a Bohai-öböl medencéjének újonnan felfedezett, hatalmas olajmezőinél (Han, 1990), és sok más, karbonátos

kőzetben lévő olajmező esetében. Eddig az ilyen karsztokat rendszerint a sósvíz-édesvíz keveredési zónáknak tulajdonították (Ford és Williams, 1989), de az is lehetséges, hogy az ilyen, szénhidrogénekhez kötődő paleokarsztokat eredetileg kénsav oldotta ki a cikkben tárgyalt módhoz hasonlóan. Han (1990) a Bohai-öböl olajmező-karsztját részben a szulfátok bakteriális redukciója révén keletkezett savas komponensekhez kapcsolta.

A Delaware-medencében az olajmező-karszt korai paleozóos és perm rezervoárookban van jelen. A korai paleozóos kőzetekben található számos karsztjelenség egyik jó példája a devon Dollarhide mező, ahol az olajcsapdák a Carlsbad Cavernshez hasonló méretű, hatalmas üregek (Stormont, 1949). Craig (1988) 285 barlangról számol be, melyeket 142 kút harántolt a nyugat-texasi Yates mezőn, a San Andreas Formációba fúrt 898 kút közül. Craig modellje szerint a karsztosodás hatótényezői édesvíz-lencsék voltak, melynek egyik alternatívája a kénsavas karsztosodás lehetősége a meteorikus vizek behatásának időszakában valamikor a perm és a jelenkor között.

Összegzés

(1) A Guadalupei barlangokat elsődlegesen inkább kénsav mint szénsav oldotta ki. A kénsav hatalmas termék kioldódását idézte elő a mészkőben, mint amilyen a Big Room a Carlsbad Cavernsben.

(2) A barlangok kioldódását okozó kénsav kénhidrogén és oxigénnel telített meteorikus vizek reakciójából keletkezett. A kénhidrogén legvalószínűbben a medencéből származik, az oxigén-hordozó meteorikus vizek pedig a repedések és a dőlt zátonymögötti rétegek mentén lefelé mozgó vízutánpótlásból.

(3) A kénhidrogénnek a medencéből a zátonyba való felemelkedéséhez a pályák északnyugati irányítottágú repedések vagy a Capitan zátonyelőtér-fációsek, felső Bell Canyon homokkövek avagy a Delaware Mountain Formációcsoport más tagjainak az összefogazódásai lehettek.

(4) A Carlsbad Caverns kioldódásáért felelős kénhidrogén a Castile Formáció bázisán keletkezhetett, ahol a szénhidrogének (elsősorban metán) reakcióba léptek a szulfát-anionokkal és kénhidrogént, széndioxidot és "castile" mészkövet hoztak létre.

(5) A Carlsbad Caverns és a Guadalupe-hegység más barlangjai a kialakulásukat a kénhidrogén oxidációja során keletkezett kénsavnak köszönhetik, a kénhidrogén ugyanakkor a metán és más szénhidrogének szulfát ionok általi oxidációjának eredménye. A kénizotóp-adatok alátámasztják a szénhidrogének és a barlangok ezen kapcsolatát.

(6) A kénsavas oldódás a karbonátos kőzetekben lévő olajmező-karsztok kialakulásának egyik lehetséges mechanizmusaként veendő figyelembe a kőolaj-evaporit medencékben és azok körül.

IRODALOM

- Anderson, R. Y., and D. W. Kirkland, 1966, Intrabasin varve correlation: GSA Bulletin, v. 77, p. 241-256.
- Bachman, G. O., 1980, Regional geology and Cenozoic history of Pecos Region, southeastern New Mexico: USGS Open-File Report 80-1099, 116 p.
- Bretz, J. H., 1949, Carlsbad Caverns and other caves of the Guadalupe block, New Mexico: Journal of Geology, v. 57, no. 5, p. 447-463.
- Brindley, G. W., and J. J. Comer, 1956, The structure and morphology of a kaolin clay from Les Eyzies (France), in A. Swineford, ed., Proceedings of National [U.S.] Conference of Clays and Clay Mineralogy: National [U.S.] Academy of Science-National Research Council Publication, v. 456, p. 61-66.
- Callaghan, E., 1948, Endellite deposits in Gardner Mine Ridge, Lawrence County, Indiana: Indiana Department of Conservation, Bulletin 1, p. 1-47.
- Craig, D. H., 1988, Caves and other features of Permian karst in San Andres dolomite, Yates Field reservoir, West Texas, in N. P. James and P. W. Choquette, eds., Paleokarst: New York, Springer-Verlag, p. 342-363.
- Davis, D. G., 1980, Cavern development in the Guadalupe Mountains: a critical review of recent hypotheses: National Speleological Society Bulletin, v. 42, p. 42-48.
- Davis, J. B., and D. W. Kirkland, 1970, Native sulfur deposition in the Castile Formation, Culberson County, Texas: Economic Geology, v. 65, p. 107-121.
- DuChene, H. R., 1986, Observations on previous hypotheses and some new ideas on cavern formation in the Guadalupe Mountains, in D. H. Jagnow, ed., Geology Field Trip: 1986 National Speleological Society Convention Guidebook, Tularosa, New Mexico, p. 96-100.
- Egemeier, S. J., 1973, Cavern development by thermal waters with a possible bearing on ore deposition: PhD thesis, Stanford University, Palo Alto, California, 88 p.
- Ford, D. C., and P. W. Williams, 1989, Karst geomorphology and hydrology: London, Unwin Hyman, 601 p.
- Goodwin, A. M., J. Monster, and H. G. Thode, 1976, Carbon and sulfur isotope abundance in Archean iron-formations and early Precambrian life: Economic Geology, v. 71, p. 870-891.
- Han, B., 1990, The study of oilfield karst: Eleventh Friends of Karst, Decorah, Iowa, April 5-7, 1990 (abs.), Geo², (Geology and Geography section of the National Speleological Society), v. 17, nos. 2, 3, p. 60.
- Hill, C. A., 1981, Speleogenesis of Carlsbad Cavern and other caves in the Guadalupe Mountains: Eighth International Congress of Speleology Proceedings, Bowling Green, Kentucky, p. 143-144.
- Hill, C. A., 1986, Fiume Vento Cave, Italy—a "baby" Carlsbad Cavern: Cave Research Foundation Annual Report, no. 28, p. 18-20.
- Hill, C. A., 1987, Geology of Carlsbad Cavern and other caves in the Guadalupe Mountains, New Mexico and Texas: New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources Bulletin 117, 150 p.
- Hill, C. A., 1989, The evolution of the Delaware Basin—preliminary results, in P. M. Harris and G. A. Grover, eds., Subsurface and outcrop examination of the Capitan shelf margin, northern Delaware Basin: SEPM Core Workshop no. 13, p. 467-473.
- Holser, W. T., and J. R. Kaplan, 1966, Isotope geochemistry of sedimentary sulfates: Chemical Geology, v. 1, p. 93-135.
- Jagnow, D. H., 1977, Geologic factors influencing speleogenesis in the Capitan Reef complex, New Mexico and Texas: MS thesis, University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, 197 p.
- Jagnow, D. H., 1989, Geology of Lechuguilla Cave, New Mexico, in P. M. Harris and G. A. Grover, eds., Subsurface and outcrop examination of the Capitan shelf margin, northern Delaware Basin: SEPM Core Workshop no. 13, p. 459-466.
- Keller, W. D., P. McGrain, A. L. Reesman, and N. M. Saum, 1966, Observations on the origin of endellite in Kentucky and their extension to "indianaite": Clay and Clay Minerals, v. 13, p. 107-120.
- Keller, W. D., R. F. Hanson, W. H. Huang, and A. Cervantes, 1971, Sequential active alteration of rhyolitic volcanic rock to endellite and a precursor phase of it at a spring in Michoacan, Mexico: Clays and Clay Minerals, v. 19, p. 121-127.
- King, P. B., 1948, Geology of the southern Guadalupe Mountains, Texas: USGS Professional Paper 215, 183 p.
- Kirkland, D. W., 1982, Origin of gypsum deposits in Carlsbad Caverns, New Mexico: New Mexico Geology, v. 4, p. 20-21.
- Kirkland, D. W., and R. Evans, 1976, Origin of limestone buttes, Gypsum Plain, Culberson County, Texas: AAPG Bulletin, v. 60, no. 11, p. 2005-2018.
- McAuliffe, C. D., 1979, Oil and gas migration—chemical and physical constraints: AAPG Bulletin, v. 63, no. 5, p. 761-781.
- Newell, N. D., J. K. Rigby, A. G. Fischer, A. J. Whiteman, J. E. Hickox, and J. S. Bradley, 1953, The Permian reef complex of the Guadalupe Mountains region, Texas and New Mexico: San Francisco, W. H. Freeman, 236 p.
- Pisarowicz, J., 1988, Southern Mexican caving—Tabasco 1988: Rocky Mountain Caving, v. 5, no. 3, p. 25-28.
- Popielak, R. S., R. L. Beuheim, S. R. Black, W. E. Coons, C. T. Ellingson, and R. L. Olsen, 1983, Brine reservoirs in the Castile Formation: Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) project, southeastern New Mexico, Department of Energy Report TME 3153, 263 p.
- Queen, J. M., A. N. Palmer, and M. V. Palmer, 1977, Speleogenesis in the Guadalupe Mountains, New Mexico: gypsum replacement of carbonate by brine mixing: Seventh International Congress of Speleology Proceedings, Sheffield, United Kingdom, p. 333-336.
- Smith, A. R., 1978, Sulfur deposits in Ochoan rocks of southeast New Mexico and West Texas, in G. S. Austin, compiler, Geology and mineral deposits of Ochoan rocks in Delaware Basin and adjacent areas: New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, Circular 159, p. 71-77.
- Stormont, D. H., 1949, Huge caverns encountered in Dollarhide Field make for unusual drilling conditions: Oil & Gas Journal, April 7, 1949, p. 66-68, 94.
- Thode, H. G., and J. Monster, 1965, Sulfur-isotope geochemistry of petroleum, evaporites, and ancient seas, in A. Young, and J. Galley, eds., Fluids in subsurface environments: AAPG Memoir 4, p. 367-377.
- Ward, R. E., C. G. Kendall, and P. M. Harris, 1986, Upper Permian (Guadalupean) facies and their association with hydrocarbons—Permian Basin, West Texas and New Mexico: AAPG Bulletin, v. 70, no. 3, p. 239-262.



A Guadalupe-hegységet tagoló kanyonok feltárják az egykori zátony felépítését – a kemény zátonymészke függőleges falaként emelkedik ki a háttérben lévő, rétegzett zátonymögötti üledékek és a kép jobb szélén látható zátonyelőtér törmelék-összlete közül.

A medencét kitöltő Castile Formáció gipszrétegeiben kialakult víznyelőbarlang /Parks Ranch Cave/





A Carlsbad Caverns Big Room-ját gazdagon díszítik a cseppkő-
és borsókőképződmények



Az aljzat vastag gipszlerakódásába a lecsepegő vizek
mély lyukakat vájnak

CSOPORTÉLET

Csoportunk szervezeti felépítése 1983. óta változatlan: közvetlenül a Társulathoz tartozó kutatócsoportként működünk, csoportvezetőnk Kiss Attila.

Csoportunk létszáma az év folyamán két új taggal gyarapodott, így létszámunk 1992. végén 25 fő. Ebből a Társulat tagja xx fő, két fő felvétele folyamatban van, xx-en "hátralékosok".

Tagjaink:	Bertha Zoltán
	Fritz Zsolt
	Füredi Valéria
	Gack László
	Hegede Tibor
	Hemrich Ferenc
	Karika Éva
	Kiss Attila
	Kiss Attiláné Ignácz Zsuzsanna
	Laufer Csaba
	Madár Mariann
	Müller Ernő
	Müller Judit
	Müller Tibor
	Palkovics Gábor
	Petróczy Tamás
	Takácsné Bolner Katalin
	Tóth Attila
	Tóth Gábor
	Török Tibor
	Zámbó Zoltán
	Zentai Zoltán
	Zentay Péter
	Zentay Tamás
	Zentay Zoltán
Próbaidős:	Hegyessy Tamás

Csoportgyűléseinket havonta egyszer, minden hónap első péntekjén tartottuk a Pál-völgyi-barlangnál; a gyűlések közti időben felmerülő kérdések megbeszélésére a barlangban folyó rendszeres hétvégi kutatómunka nyújtott lehetőséget.

A Társulat ezévi, Aggteleken rendezett Vándorgyűlésén csoportunk összesen 9 fővel képviseltette magát; a Vándorgyűlés programja keretében tagjaink a Baradla-barlang Retek-ágában, a Vass Imre-barlangban, az esztramosi barlangokban valamint a Béke-barlangban tettek túrákat. A Belgiumban rendezett regionális konferencián, illetve az ehhez kapcsolódóan a Társulat által szervezett autóbuzsos tanulmányúton csoportunk két tagja vett részt.

Belföldi túráink keretében további két alkalommal jártunk az Aggteleki-karszton. Szeptemberi utunkon 21 fővel Baradla hosszútúrát és Retek-ág -túrát tettünk valamint a Széki-zsombolyban jártunk; novemberben pedig (9 fővel) a Meteor-barlangot, a Földvári Aladár-barlangot és a Rákóczi-barlangot kerestük fel.

A kötéltechnikát is igénylő barlangokba tett gyakorlótúrák mellett az év folyamán két alkalommal tartottunk felszíni kötéltechnikai edzést a Kecse-hegyi és a Pál-völgyi kőfejtőben.

Csoportunk 1992-ben három külföldi túrát szervezett. A május eleji négynapos Szlovák Paradicsom -programban csoportunk 18 tagja vett részt, ahol többek között a Hernád-áttörésben és a -szurdokban túráztunk.

Nyári külföldi utunk célja Görögország volt. A négyhetes program keretében a Thesszaloniki - Olymposz - Athén - Korinthoszi-csatorna - Taigetosz-hegység - Olympia - Patra - Meteora útvonalat jártuk be.

Október végén kolozsvári barlangkutatók kíséretében a Szelek Barlangjába látogattunk el 10 fővel. A tízórás túra során a Háromszög térségéig jutottunk el, az aktív járat után befelé az I.szinten (Rotarides-terem - Dísz-termi feljáró - Fekete-terem), kifelé részben a II. szinten (November 7. -ág - Óriás-meanderek - Dísz-termi feljáró) haladva.

Egyéni külföldi tanulmányúton vett részt kutatásvezetőnk, Takácsné Bolner Katalin, aki Derek C. Ford professzor, az UIS előző elnökének meghívására Észak-Amerika három híres karsztvidékével: a Mammoth-barlangrendszer magába foglaló Kentucky-Indiana-i karszttal, a világ legnagyobb hévizes eredetű barlangjait rejtő Dél-Dakota-i Fekete Hegyekkel és az Új-Mexikó-i Carlsbad Caverns térségével ismerkedhetett.

Az év során összesen 8 alkalommal vezettünk túrákat hazai és külföldi (szlovén, osztrák) barlangkutatók, a Budapesti Műszaki Egyetem szakemberei valamint egy természetjáró szakkör számára a Pál-völgyi-barlang kiépítetlen szakaszaira; s áprilisi magyarországi látogatása során kíséretünkben ismét felkereste a barlangot Derek C. Ford professzor is.

Ford professzor a korábbi látogatásai során begyűjtött ásványminták abszolút kor- és stabil izotóp vizsgálatának eredményeit a Karszt és Barlang ezévi számában publikálta; a cikk társszerzője Takácsné Bolner Katalin volt.

Csoportunk az idén közösen, az Orfű közelében található Spartacus-kulcsosházban búcsúztatta az óévet is - itt az év utolsó túráját szilveszter napján, a Melegmányi-völgybe és a Mánfai-kőlyukhoz tettük.

/Kiss Attila/

Bekey '92

szerkesztette: Járdul

1 — 1'

2 — 2'

PÁL - VÖLGYI - BARLANG

Elfelejtett-folyosó

É

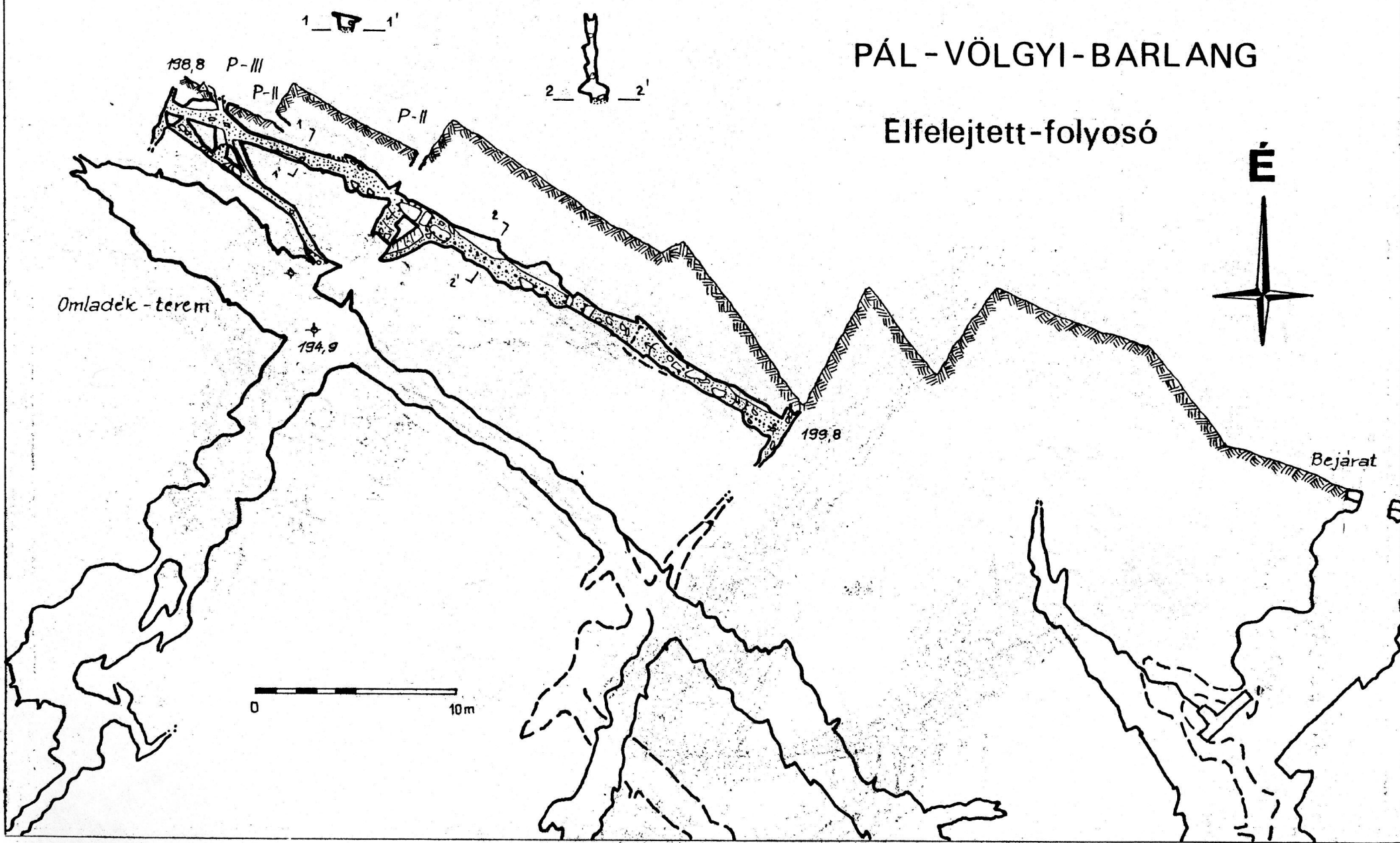
Omladék - terem

194,9

199,8

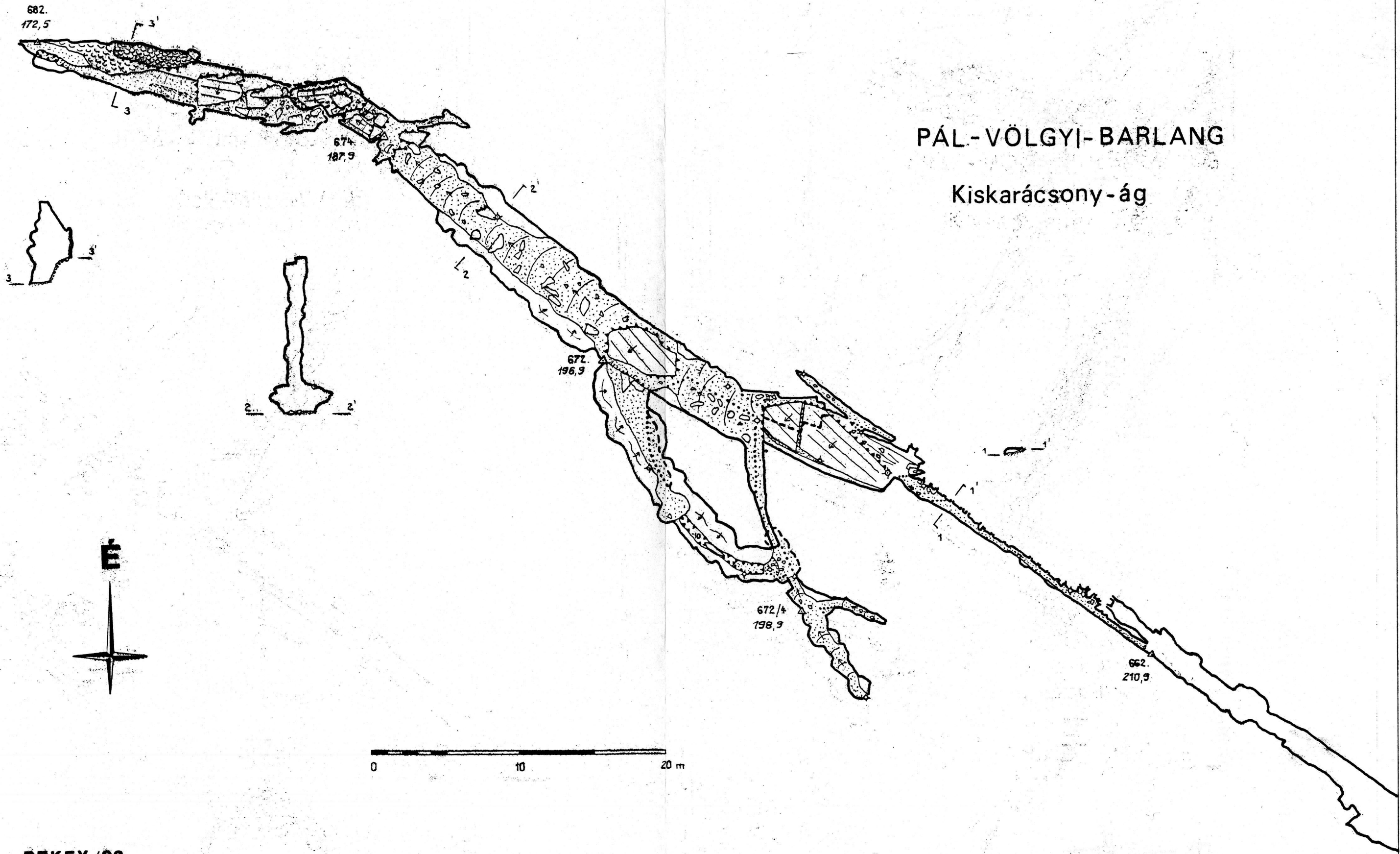
Bejárat

0 10m



PÁL-VÖLGYI-BARLANG

Kiskarácsony-ág



BEKEY '92

szerkesztette: *Varech*