

# ***Tábor-hegyi-barlang***

NY.sz.: 4763-4

## ***Összefoglaló jelentés***

2014-2018 között végzett kutatási  
tevékenységről

összeállította:

SZIKKTI-SE

*Kósa Brigitta*



**SZIKKTI-SE Barlangkutató csoport**

e-mail: [szikktise@gmail.com](mailto:szikktise@gmail.com)

**Kutatásvezető:** Bognár Csaba (kut.vez.ig.sz.: 236.)

e-mail: [bognar.csaba110@gmail.hu](mailto:bognar.csaba110@gmail.hu)

Duna-Ipoly Nemzeti Park

Igazgatóság

1525. Bp. Pf.: 86.

## **Jelentés a Tábor-hegyi-barlangban (NY.sz.: 4763-4) 2014 és 2018 között végzett kutatási tevékenységről**

### Feltáró kutatás

- Az elmúlt években is folytattuk a barlangba behordott szemét kiszállítását, mely során több kiló hulladékot vittünk ki. A barlang előtti terepszakaszt, és a barlanghoz vezető turista utat is igyekeztünk tisztán tartani Balló György kutatótársunk felügyelete mellett.
- A Líra irányában – a bontást elősegítendő – a tervezett járatbővítést elvégeztük.
- A barlang feltáró kutatása a törmelék nehéz deponálási lehetősége miatt még nem megoldott. A barlangból az eddig felhalmozott szemetet, törmeléket (beton kerítés-és pad darabok, kommunális szemét, stb.) kihordtuk, de kisebb mennyiségben – sajnos – mindig újra termelődik, így minden leszállás alkalmával minden nemű munkát takarítással kezdünk. A jelenlegi végpont (Líra) kibővítéséhez nélkülözhetetlen kiszállítási útvonal (kötélpálya) kiépítését elvégeztük.
- Klimatológia
- Beszereztük a fixen elhelyezni kívánt digitális hőmérőket. Behelyezésük a mikrobiológiai mintavételi pontok közelében 2015 tavaszán történt meg.

A feltáró kutatásokat lehetőségeink szerint a jövőben is szeretnénk folytatni.

Budapest, 2019. február 12.

Kósa Brigitta  
SZIKKTI-SE  
megbízott elnök

## Összefoglaló jelentés Tábor- hegyi-barlangban 2014 és 2018 december 31. között végzett mikrobiológiai vizsgálatokról

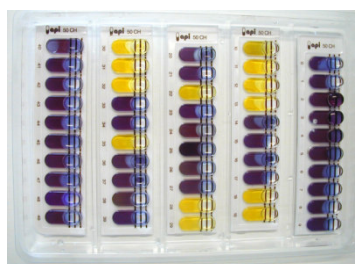
2014 és 2018 dec. 31. között 16 leszállás során végeztünk mikrobiológiai vizsgálatokat a Tábor-hegyi-barlang 4 mintavételi pontonján.

### A vizsgálatok leírása:

**Levegő vizsgálatok:** A barlangi levegő baktérium- és tartalmának vizsgálata.

Levegő mikrobiológiai mintavétel Merck Mass 100-as levegőmintavevő berendezéssel, véres –agarra és *Legionella* kimutatása céljából CYE-GVPN -agarra történt. A minták laboratóriumba szállítás utáni feldolgozása a Klinikai és Járványügyi Bakteriológia Kézikönyv (1) V.3.3.1. fejezete alapján történt. A fonalas gomba-elemszám meghatározást sabouraud-agar lemezekon 5 nap szobahőmérsékleten való tenyésztéssel végeztük.

Az egyes izolátumok vizsgálatát és meghatározásukat a Klinikai és Járványügyi Bakteriológia Kézikönyv és a Topley & Wilson's Microbiology and Microbial Infections Prokaryotes alapján végeztük. Az egyes izolátumok pontos identifikálásához a hagyományos biokémiai vizsgálati módszereken kívül *api GN*, *api 20E*, *api 50 CHS*, *api 50 CHB* identifikáló kitteket és az *ATB* - automata bakteriológiai identifikáló berendezést is alkalmaztuk.



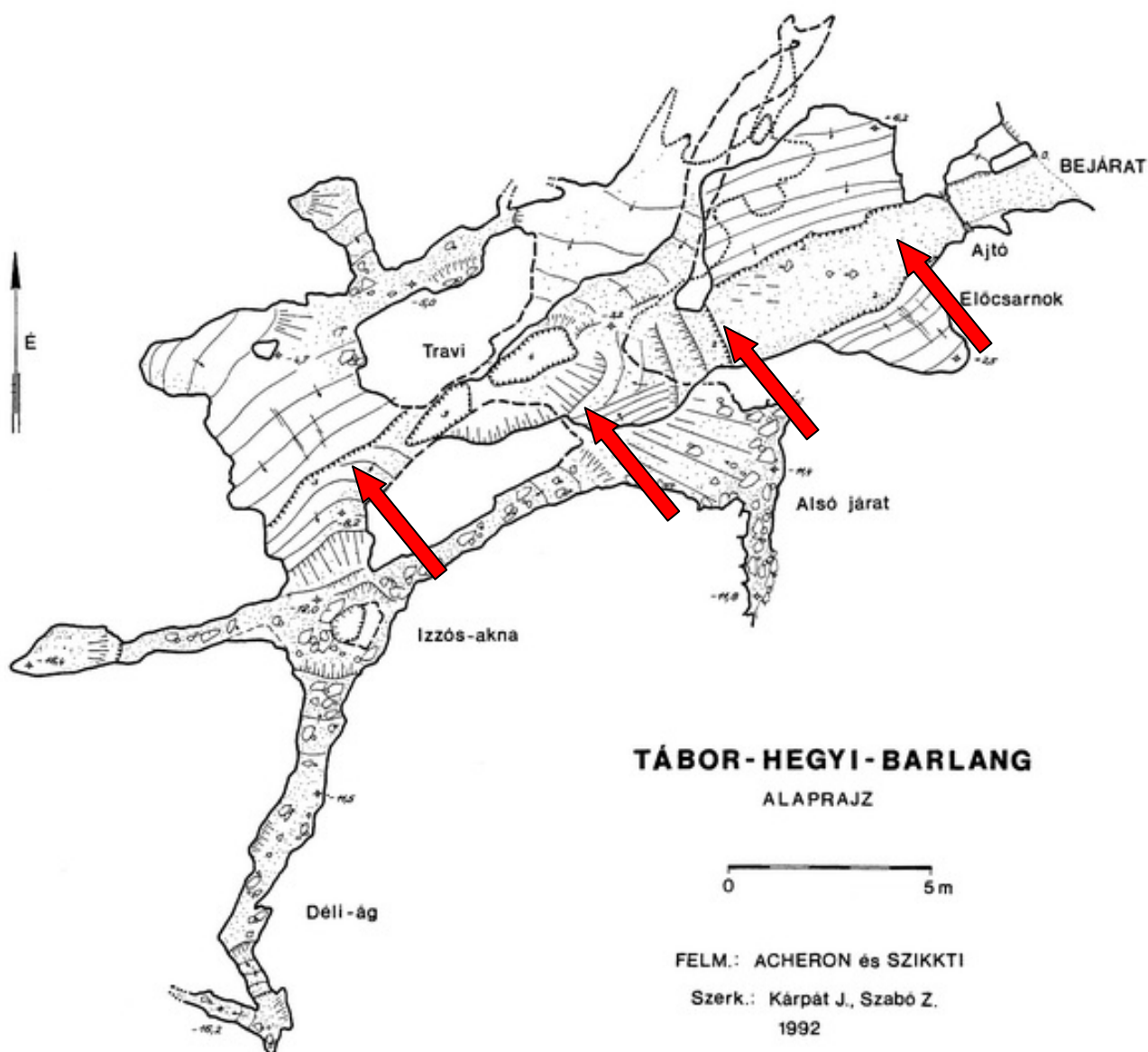
1.kép: MERCK MASS-100-as és ECO levegőmintavevő

2. kép: api 50 CH teszt

3. kép: Véres-agar tenyészet

**Levegő-mintavételi pontjaink az alábbi helyeken voltak:**

**1. ábra:** Levegő-mikrobiológiai mintavételi pontok a kiépített szakaszon



**Eredmények:**

A mintavételi pontokon gyűjtött mintákból kitenyésztett baktériumok számát, és a mintákban domináns baktériumfajok felsorolását az éves jelentések részletesen tartalmazzák, itt csak az egyes mintavételi pontokon az éves kapott legkisebb és legnagyobb számokat tüntetjük fel.

Az 1. táblázat a kapott minimális és maximális baktérium-számokat mutatja évenkénti bontásban.

Mintavételi pontok	2014		2015		2016		2017		2018	
	min.*	max.*	min.*	max.*	min.*	max.*	min.*	max.*	min.*	max.*
1. mintavételi pont	45	66	19	48	35	78	22	45	21	39
2. mintavételi pont	32	77	42	56	39	63	18	45	20	37
3. mintavételi pont	28	58	23	75	40	79	16	39	25	42
4. mintavételi pont	38	70	39	63	38	63	23	37	23	40

\* = CFU (Coloni Forming Unit = telepkepző egység)

**1. táblázat:** A Tábor- hegyi-barlang 4 mintavételi pontján kapott minimális és maximális baktérium-telepkepzőegységek száma 2014 és 2018 között.

Ahogy az az 1. táblázatból is látható, a barlang vizsgált szakaszának higiénés-mikrobiológiai állapota a vizsgált időszakban megfelelt az általános külszíni területek átlag értékeinek (> 500 CFU/100 liter levegő) Egyetlen mintavételi ponton és esetben sem haladta meg (el sem érte) a 100 CFU/100 liter levegő értéket.

A minták több mint 90%-ában a domináns baktériumok az alábbiak voltak:

*Bacillus cereus*

*Bacillus subtilis*

*Bacillus circulans*

*Bacillus sp.*

*Micrococcus sp.*

*Pseudomonas sp.*

*Aeratia marcescens*

*Aerococcus sp.*

*Proteus vulgaris*

*Nocardia sp.*

**A barlangi levegőmintákból kórokozó baktérium egyetlen esetben sem tenyésztett ki!**

## Mikológiai vizsgálatok eredményei:

A 2. táblázat a kapott minimális és maximális fonalas gomba-elem számokat mutatja évenkénti bontásban.

Mintavételi pontok	2014		2015		2016		2017		2018	
	min.*	max.*	min.*	max.*	min.*	max.*	min.*	max.*	min.*	max.*
1. mintavételi pont	12	90	5	18	10	153	9	55	21	39
2. mintavételi pont	10	25	4	25	13	45	9	45	28	41
3. mintavételi pont	9	17	12	18	6	56	4	38	18	41
4. mintavételi pont	3	13	4	13	2	26	8	39	28	37

\* = CFU (Coloni Forming Unit = telepképző egység)

**2. táblázat:** A Tábor-hegyi- barlang 4 mintavételi pontján kapott minimális és maximális fonalas-gomba telepképzőegységek száma 2014 és 2018 között.

A gomba-elem szám csak egy évben, az 1. mintavételi ponton haladta meg a 100 CFU/100l értéket.


A leggyakoribb fonalagomba izolátumok a *Penicillius* genusba tartoztak. Ezen kívül még *Aspergillus* specíesek és *Mucor mucedo* volt a leggyakoribb izolátum.

**Kórokozó baktériumot egyetlen esetben sem tudtunk kimutatni!**

## **Összefoglalás:**

**Vizsgálataink eredményeképpen megállapítható, hogy a Tábor- hegyi-barlang általunk vizsgált szakaszai levegőjének az öntisztulási képessége, és így a higiénés-mikrobiológiai állapota a vizsgált időszakban megfelelő volt. A barlangi levegőből számottevő antropogén eredetű szennyező mikrobiotát kimutatni nem tudtunk.**

A mikrobiológiai mintavételezést Bognár Csaba, a minták feldolgozását és vizsgálatát az AQUA BAKT Bt a NAT által NAT-1-1693/2012 illetve NAH-1- 1963/2016 számon akkreditált vizsgálólaboratórium végezte.



Bognár Csaba  
okleveles mikrobiológus

Zárójelentés a Tábor-hegyi-barlang  
2013-2017 évi kutatásáról

Kutatási engedély száma KTVF 2117-4/2013

A Budai-hegység /jelenleg/ ismert két "nagy" dolomitban levő barlangja egymás közelében található. A történelmi idők előtt már nyitott Tábor-hegyi-barlangot csoportunk régóta kutatja -- igazából csak kutatgatja. A kis számú leszállás során egyik állandó program a bedobált szemét összegyűjtése és eltávolítása volt.

A barlang nyitottsága és az állandóan bent levő szemét "remek" kísérleti terület a bakteriális vizsgálatok számára, amit rendszeresen végeztünk is. Nem meglepő, de a mérések igazolták, hogy az üregrendszer belső részein kisebb a biológiai "szennyezettség", amit a természetes úton bejutó szerves anyag mellett az antropogén hatás is okozott.

Más barlangokban végzett mérés-sorozatok alapján ismert, hogy a barlangok felszinközeli részein az évszakos hőmérsékletváltozás leghidegebb szakasza március-április környékére esik. Ez magyarázhatja a "biológiai minimum" többször tapasztalt májusi hejzetét.

A barlang képződése nagy valószínűséggel a méjből feláramló oldatok hatására történt. A már sokféle módon megmagyarázott -- de szerintem még ma sem megnyugtatóan ismert -- dolomitporlódás jelenségét is mutatja a barlang. Ezt fokozza az EK-i, tágas bejárat miatt nagyon hosszú idő óta ismétlődő, jelentős fagyhatás is.

Az eredeti /oldott/ üregrészében sok, természetes úton képződött, aprózódott kitöltő kőzetanyag van. Ebben lefelé haladni reménytelen vállalkozás, ha a teljes anyagmennyiséget nem szállítják ki a felszínre. /Hasonló a zsombojokban levő hig anyaghoz, ami nem áll meg, nincs hová elhejzeni, kihordani pedig iszonyú munka./



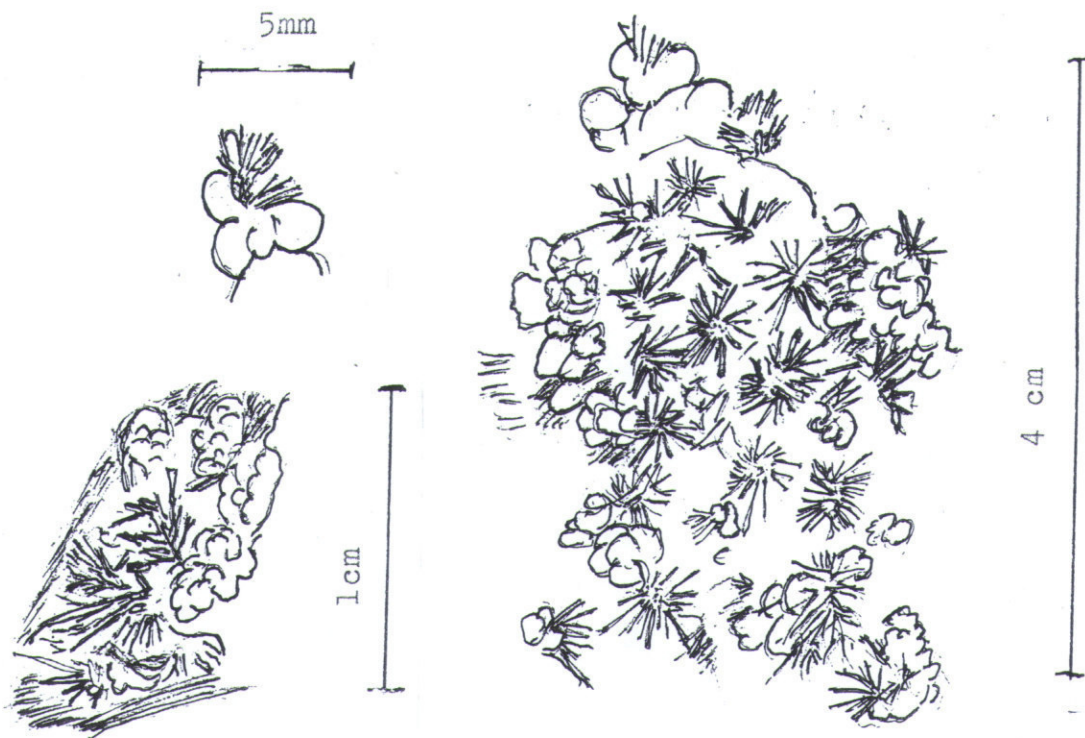
A jelenleg ismert, bejárható szakaszok némejik részén a kőzetből kipreparálódott, alkarnyi hosszúságú és vatag-ságú tüzkőgumók /"szarvasagancsok"/ vannak. Nyilván a kitöltésben is találhatók teljesen körüloldott és ezért lehullott példányok.

Más részen a C.A.Hill által leirt, az oldatban levő magnézium által előidézett aragonitképződésre találunk példát. Az ujjpercnyi csomókból kiálló, néhány milliméter hosszú tükrisztájok laboratóriumi /röntgen/ vizsgálat szerint aragonitnak bizonyultak. /KEP/

Ha netán valamejik szorgos és soktagú barlangászcsoport nekiáll az általunk kis erőbefektetéssel piszkált barlang feltárásának, a jelenleg rengetegnek feltételezett kitöltő murva eltávolítása után /közben?/ érdekes szakaszokat találhat. Ennek a feltételezésnek alapja a néhány száz méterre levő Kirájlaki úti-barlangban látott, szép és dús kiválástömeg. Jó szerencsét hozzá!

2019 január 18.

Kraus Sándor  
kutatásvezető-hejettes



Aragonitkiválások a Tábor-hegyi-barlangból /TÁB.1./  
/Kraus S.1988 III.9./

# ***Szemlő-hegyi-barlang***

NY.sz.: 4762-3

## ***Összefoglaló jelentés***

2014-2018 között végzett kutatási  
tevékenységről

*összeállította:*

SZIKKTI-SE

*Kósa Brigitta*



**SZIKKTI-SE Barlangkutató csoport**

e-mail: [szikktise@gmail.com](mailto:szikktise@gmail.com)

**Kutatásvezető:** Bognár Csaba (kut.vez.ig.sz.: 236.)

e-mail: [bognar.csaba110@gmail.hu](mailto:bognar.csaba110@gmail.hu)

Duna-Ipoly Nemzeti Park

Igazgatóság

1525. Bp. Pf.: 86.

## **Jelentés a Szemlő-hegyi-barlangban (NY.sz.: 4762-3) 2014 és 2018 között végzett kutatási tevékenységről**

Kutatási tevékenységünk főiránya a barlangban működő barlangterápia eredményességének biztosítása, javítása, a barlang tisztaságának, klímájának, levegője higiénés állapotának, kiváló gyógyhatásának megőrzése, tanulmányozása.

A SZIKKTI-SE kutatási tevékenységei az alábbiakra terjednek ki:

- Barlangi klimatológiai vizsgálatokat Stieber József végzett, ezen tevékenységéről részletes beszámolót készített, amelyet az 1. számú melléklet tartalmaz.
- Geológiai és földtani kutatásokat Kraus Sándor végezte, a részletes jelentést a 2. számú melléklet tartalmazza.
- Mikrobiológiai kutatásokat Bognár Csaba végzett, melynek az összefoglaló eredményét a 3. számú melléklet tartalmazza.
- Feltáró kutatás Kiss Jenő szakmai irányításával történt a SZIKKTI-SE tagjai által, amit a 4. számú melléklet tartalmaz.

A vizsgált időszakban a Szemlő-hegyi barlang levegőjének fizikai és mikrobiológiai állapota – barlangterápia szempontjából – kifogástalannak bizonyult.

A SZIKKTI-SE szeretné a mikrobiológiai méréseket folytatni, illetve továbbra is együttműködni a Debreceni Atomki csapatával.

1 . számú melléklet

**Összefoglaló kutatási jelentés a  
Szemplő-hegyi barlangban 2005 és  
2018 között végzett  
barlangklimatológiai mérésekről**

*„Kiss Jenő, a Szemplő-hegyi barlang legendás kutatója  
emlékére”*

**SZIKKTI SE. BARLANGKUTATÓ CSOPORTJA**

*Méréseket vezette és a dokumentációt összeállította: Stieber József  
vizsgálómérnök, barlangi kutatásvezető, barlangklíma-kutató*

*Lezárva: 2018. december 31.-én*

## Tartalomjegyzék

Előszó.....	3. oldal
Hőmérséklet loggerrel végzett hosszú távú megfigyelések.....	4. oldal
Részecskeszám- és átmérő meghatározások.....	19. oldal
Szemplő-hegyi-bg., mint nyomásvezérelt barlangtípus bemutatása.....	23. oldal
Barlangi aeroszol több féle módszerrel történő vizsgálata.....	37. oldal
Összefoglaló jelentés az aeroszol vizsgálati eredményekből.....	47. oldal
A Szemplő-hegyi-bg. aeroszol monitoring programjának eredményei.....	50. oldal
Időszakos klímavizsgálatok eredményeinek feldolgozása.....	74. oldal
Radon mérések eredményeinek bemutatása.....	79. oldal
Aeroszorból történő oldás –vagy kiválás-formák bemutatása.....	84. oldal

## Köszönetnyilvánítás

Ez a tanulmány nem jöhetett volna létre Horváth Á. Katalin áldozatos munkája nélkül, aki rengeteget segített az aeroszol és szén-dioxid adatok összerendezésében és grafikonos megjelenítésében és a fotodokumentálásban.

Köszönet Kraus Sándornak, aki a mérőhelyek kiválasztásában és az adatgyűjtő eszközök kihelyezésében nagy segítségemre volt.

Köszönet Kertai Józsefnek, aki a hőmérséklet loggerek kihelyezésében és az adatok kiolvasásában, grafikonos értékelésében nyújtott nagy segítséget.

Köszönöm a Családomnak, különösen Feleségemnek, hogy több mint két évtizeden át türelmes volt velem, amikor hetente akár többször is adatot gyűjtöttem és méréseket végeztem a Szemplő-hegyi-barlangban.

## Előszó

1987-ben részt vettem az Agyagos-folyosóban elvégzett terheléses klimatológiai vizsgálaton, mely a későbbi Gyógybarlang-engedély megszerzésének első vizsgálatai közé tartozott. Ugyanebben az évben készült el a barlang fogadóépülete és kiépítése és megindult az idegenforgalom. Mint első túravezetők egyik, hétvégeként dolgoztam a barlangban, egészen 1989-ig, amikor megkaptam behívómat a MH kötelékébe... 1991-ben szereltem le és első utam a Szemlő-hegyi-barlangba vezetett, ekkor ismerkedtem meg Kiss Jenővel.

Akkoriban már rendszeresen végeztem klíma-vizsgálatokat különböző barlangokban (csatlakoztam az éppen újjá alakult Barlangterápiás szakbizottsághoz) és a Szemlő-hegyi-barlang is kihasználatlan lehetőségeket kínált. Mind gyakrabban jártam fel a barlangba, ahol születendő gyermekeim is előbb kezdtek barlangászni, mint jární. 1993-tól Kiss Jenővel konkrét kutatási programokat terveztünk, a barlangot egyre inkább, mint egy nagy Budai rendszer részét és nem, mint önálló egységet tekintettük. Kijelöltük a potenciális bontási helyeket és támogattuk a barlang bejáratainak légszilippel történő lezárását. A denevérek ugyan kiköltöztek a barlangból, de megérkezett a ma mélykarsztból feláramló 14°C-os levegő. A barlang felmelegedett, klímája átalakult, stabilizálódott. A Gyógybarlang betegek gyorsabban gyógyultak, a falakon idővel megjelentek huzat-borsókövek és más ásványkiválások.

Lehetőségem nyílt folyamatos üzemű klímamonitoring kiépítésére és üzemeltetésére, valamint hosszú-távú aeroszol-összetételi vizsgálatokra, új eszközök kipróbálására, új módszerek kifejlesztésére. A Szemlő-hegyi barlang előlépett a második legjobban kutatott barlanggá és remélem, hogy jelen tanulmányomban ezt megfelelően be is mutathatom.

Hálával tartozom az elmúlt 25 évért, melyben Kiss Jenőt és a Szemlő-hegyi-barlangot alaposan megismerhettem, a barlangi klímajelenségeket kutathattam, megérthettem. Kiss Jenő halálával egy korszak ért véget, mely visszahozhatatlan. Egy „új korszak hajnalán” emlékezek most vissza a múltra és mutatom be mind azon méréseinket, vizsgálatainkat, melyekre a SZIKKTI Csoporttól erkölcsi támogatást kaptam, bizalmat, hogy képességeimnek és lehetőségeimnek birtokában a Szemlő-hegyi-barlang érdekes klímáját a leg-jobban megismerhessem és a jövő kutatói számára bemutathassam.

Stieber József

# Összefoglaló kutatási jelentés a Szemlő-hegyi-barlangban 2005 és 2018 között végzett barlangklimatológiai mérésekről

Méréseket vezette és a dokumentációt összeállította: *Stieber József* vizsgálómérnök,  
barlangi kutatásvezető, barlangklíma-kutató

Lezárva: 2018. december 31.-én

Alkalmazott mérőeszközök: TESTO 610 relatív páratartalom és hőmérő, TESTO 905-T1 beszűrő hőmérő, TESTO 810 infrahőmérő, TESTO hőmérséklet regisztráló, TESTO 405-V1 hődrótos anemométer, TESTO 535 (NDIR) CO<sub>2</sub> mérő, GTD1100 altiméter-barométer, AIR CO<sub>2</sub>ntrol-3000 tip. CO<sub>2</sub> adatgyűjtő (a műszerek akkreditált laboratóriumban kalibráltak).

Alkalmazott módszer: MSZ ISO 8756:1995 szabvány szerint.

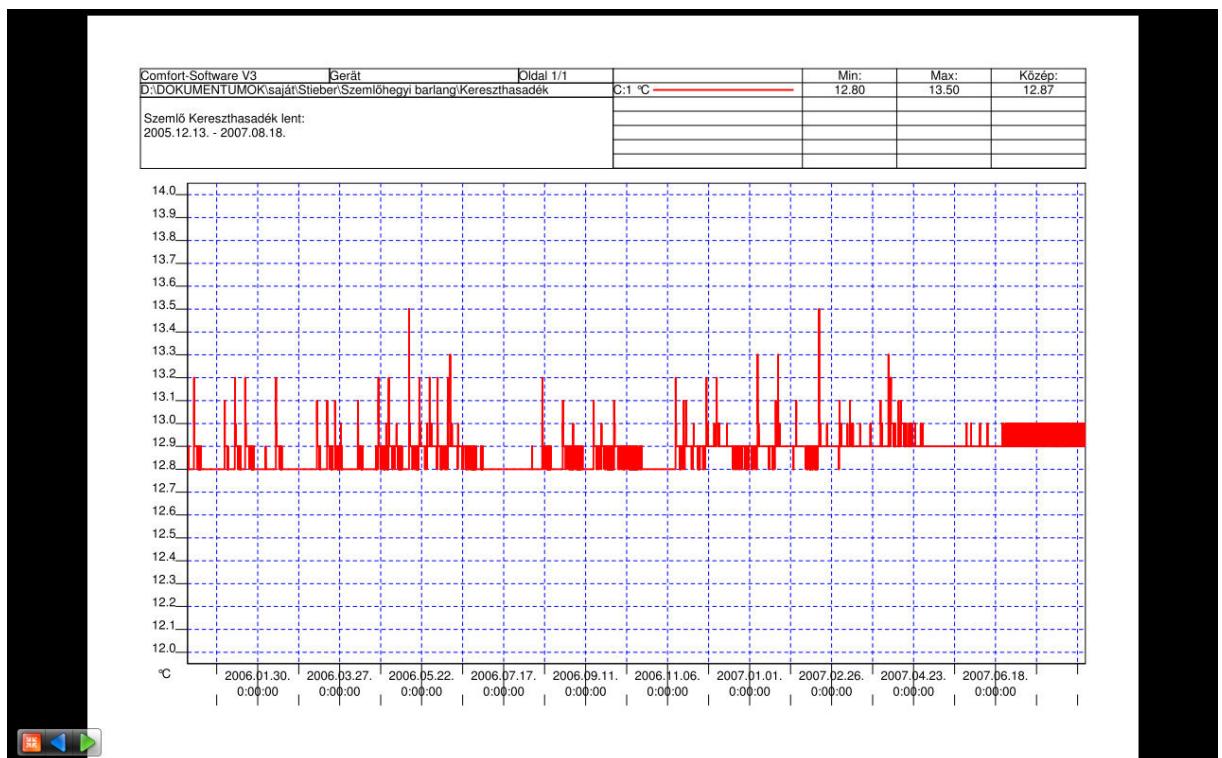
## 1. Hőmérséklet loggerrel végzett hosszú-távú megfigyelések

A mérésekben (loggerek kihelyezésében) részt vettek: Kiss Jenő, Kraus Sándor

Az adatok kiolvasásában és feldolgozásában részt vett: Kertai József

Az adatokat értékelte: Stieber József

1.1 A Halál-keresztfolyosóban 2005. 12. 13. és 2007. 08. 18. között elhelyezett hőmérséklet logger által gyűjtött adatsor bemutatása (1. ábra)



1. ábra: Halál-keresztfolyosó hőmérséklete 2005-2007 között



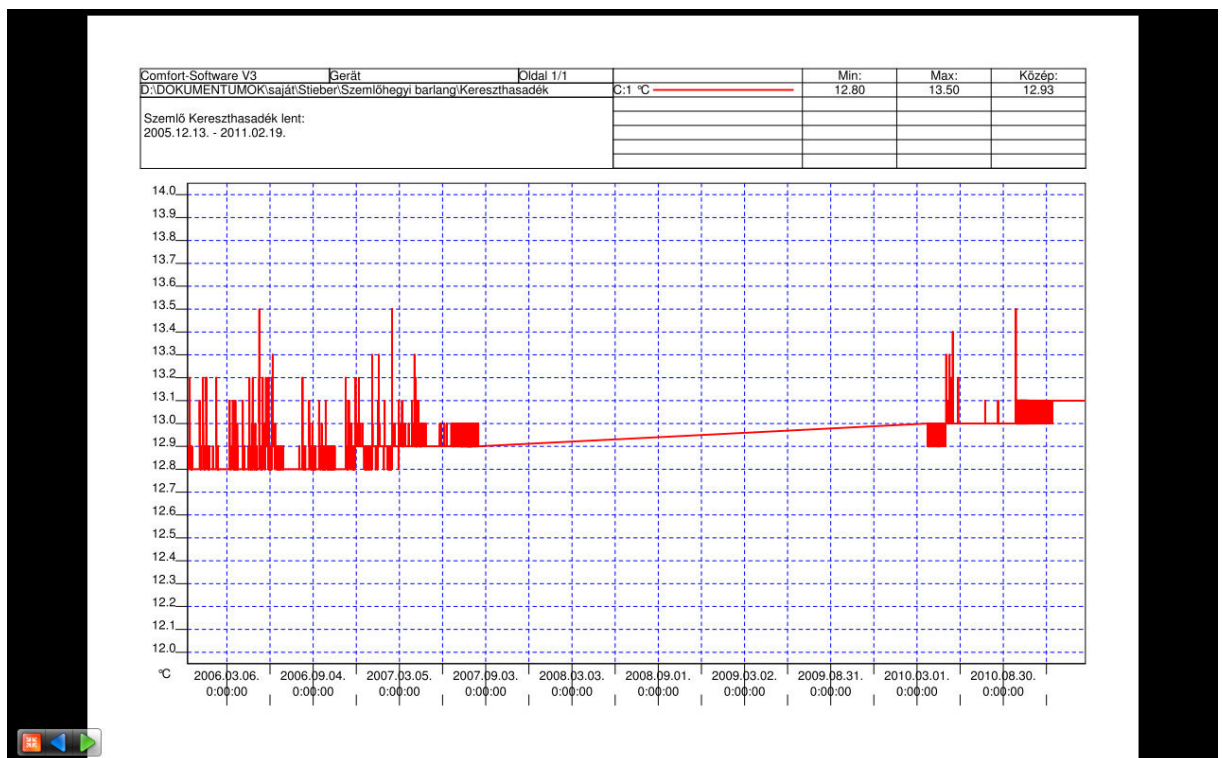
Átlag-hőmérséklet: 12,87°C

Hőmérsékleti minimum: 12,80°C

Hőmérsékleti maximum: 13,50°C

Megállapítás: az Óriás-folyosó végébe épített 10 m-es létra tetejéről nyíló járatszaksaszt keresztező folyosó alsó szintje kb. 20 m mélységig járható, majd elszűkül, de láthatóan levegős kapcsolatot tart fenn az alsó járatokkal. Ezekből folyamatos és évszaktól független meleg-levegő feláramlás tapasztalható, mely a 2006. év végi járatszélesítő bontások után még intenzívebbé vált és átlaghőmérséklete 0,1°C-al megemelkedett.

- 1.1.1 A hőmérsékletméréseket ezen a ponton 3 évig szüneteltettük, majd 1 évig folytattuk. A köztes időtartamot a 2. ábrán egyenessel összekötöttük, hogy láthatóvá váljon a különbség a két időszak között. Jól látható, hogy 3 év alatt a Keresztfolyosó átlaghőmérséklete újabb 0,1°C-al emelkedett, így már elérte a 13°C-ot.



2. ábra: Halál-keresztfolyosó hőmérséklete 2006 és 2010 között

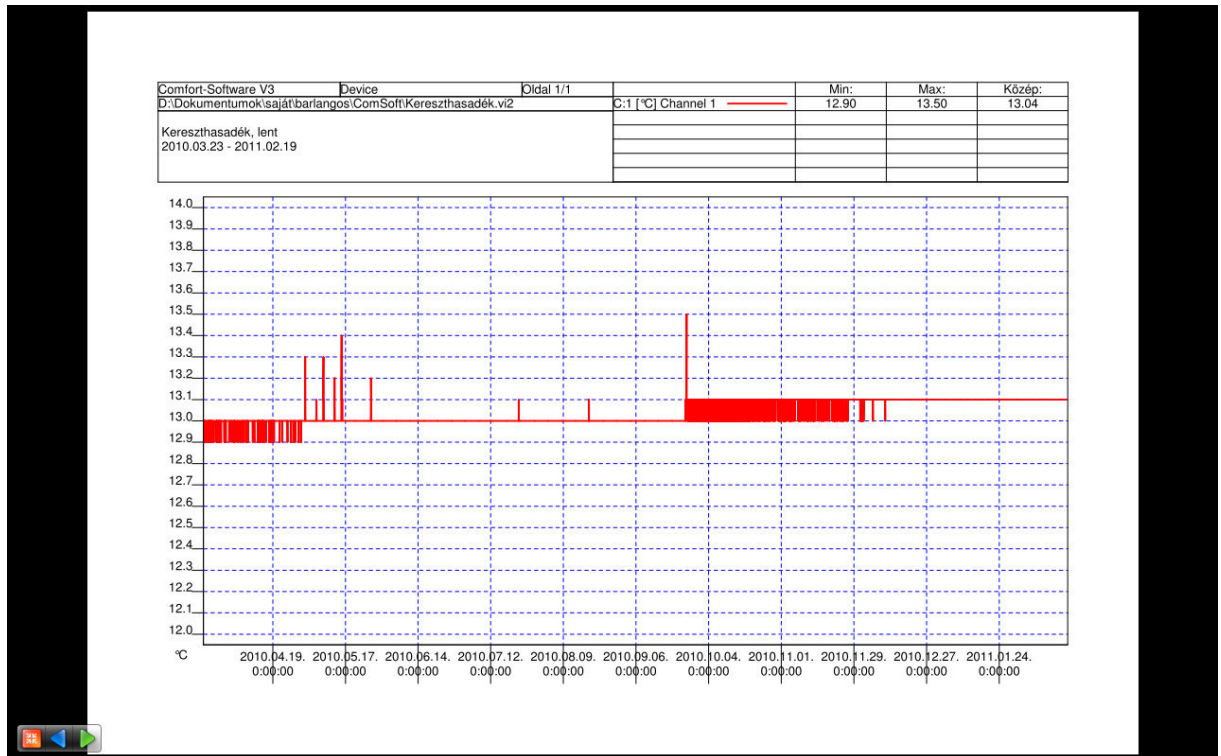
Az időszak szemléltetésére a 2010. 03. 23. és 2011. 02. 12. közötti szakaszt külön bemutatjuk a 3. ábrán. Jól látható ezen a lépcsőzetes emelkedés, mely nincs évszakhoz kötve, vagyis egész évben folyamatos a feláramlás, mely a járatrészt lassú, de határozott felmelegedését eredményezi.

Átlag-hőmérséklet: 12,93°C

Hőmérsékleti minimum: 12,80°C

Hőmérsékleti maximum: 13,50°C

Megjegyezzük, hogy a Halál-keresztfolyosóban 2011. után már nem tapasztaltunk újabb hőmérsékletemelkedést, vagyis a szakasz átlaghőmérséklete stabilizálódott. 2018. 12. 22.-én 10:40-kor itt 13,0°C-ot mértünk. A tapasztalt hőmérséklet-stabilitásnak köszönhetően ezen a szakaszon beszüntettük a loggeres hőmérséklet regisztrációt.



3. ábra: Halál-keresztfolyosó hőmérséklete 2010-2011 között

1.2 A Ferencvárosi-teremben 2011. 04. 18.-tól 2011. 09. 10.-éig végeztünk loggeres hőmérséklet-regisztrációt, az „Anyósnyelv” fölött (kb. 3 m magasságban a járda szintje felett). Az eredményeket a 4. ábrán mutatjuk be.

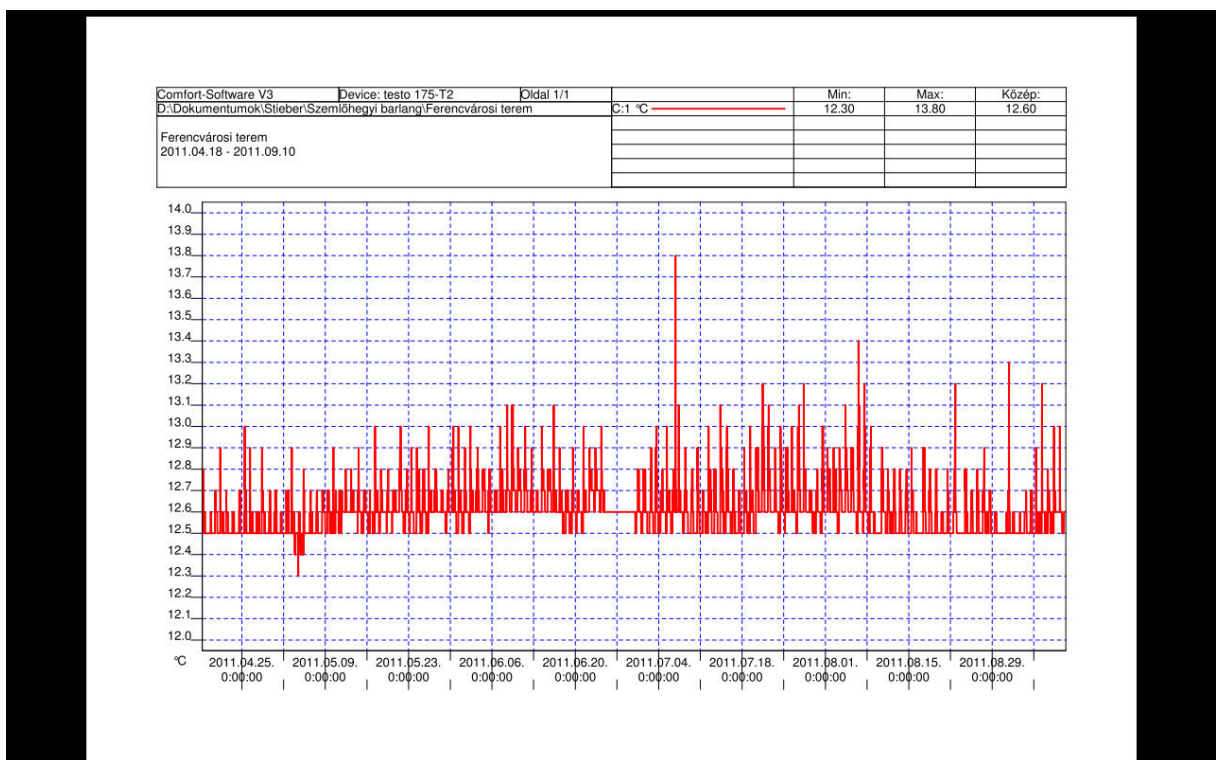
Átlag-hőmérséklet: 12,60°C

Hőmérsékleti minimum: 12,30°C

Hőmérsékleti maximum: 13,80°C

Megállapítás: mivel a vizsgált időszak tavasztól-őszig terjedt, így évszakos változásokat nem sikerült kimutatnunk. A hőmérsékleti ingadozásokat elsősorban az

idegenforgalom befolyásolta, nagyobb létszámú csoport bent tartózkodása, ill. a barlangterápiások légző-tornája egybe esett a hőmérsékleti kiugrásokkal. A bevitt hőtermelés (idegenforgalom, torna) hatását a barlang igen hamar kiegyenlítette, mely köszönhető a nagy légtérnek és a folyamatos légután-pótlásnak, valamint annak a jelenségnek, hogy a barlang falainak emisszivitási tényezője  $E = 0,94...0,97$  közötti értéket mutatnak. A hőmérsékleti maximumok értékeinek időtartama egyetlen esetben sem tartottak 1 óránál tovább. Kismértékben tapasztalható a nyári időszakban az alsó bejáraton kifelé áramló huzat melegítő hatása, mely augusztusban a jelentős hőmérséklet-különbség hatására nagyobb mennyiségű meleg levegőt kever a kifelé áramló barlangi levegőbe. Ezt a nyomásvezérlést később más módszerekkel összekapcsolva, részletesen is elemeztük.



4. ábra: Ferencvárosi-terem hőmérséklete 2011. 04.-11.-hó között

1.2.1 A Ferencvárosi-teremben megfigyelhettük az átmeneti időszak változó irányú légáramlásának hatását, amikor 2011. 09. 10. és 10. 26. közé eső időszakot alaposabban megvizsgáltuk (5. ábra). Ebben a valamivel hosszabb, mint 1 hónapos időszakban a felszíni hőmérséklet éjszaka (és egyes alkalmakkor napközben is) már a barlang átlaghőmérséklete ( $13^{\circ}\text{C}$ ) alá csökkent, így a légmozgás téli irányt vett fel, míg napközben általában a felszíni hőmérséklet a barlangi átlaghőmérséklet felett maradt, ami nyári légkörzést eredményezett. Amikor mind két hőmérséklet megegyezett, a barlangi huzat leállt, vagy a felszíni légnyomás-változások okoztak másodlagos huzatképző hatást (nyomásvezérlés jelensége).

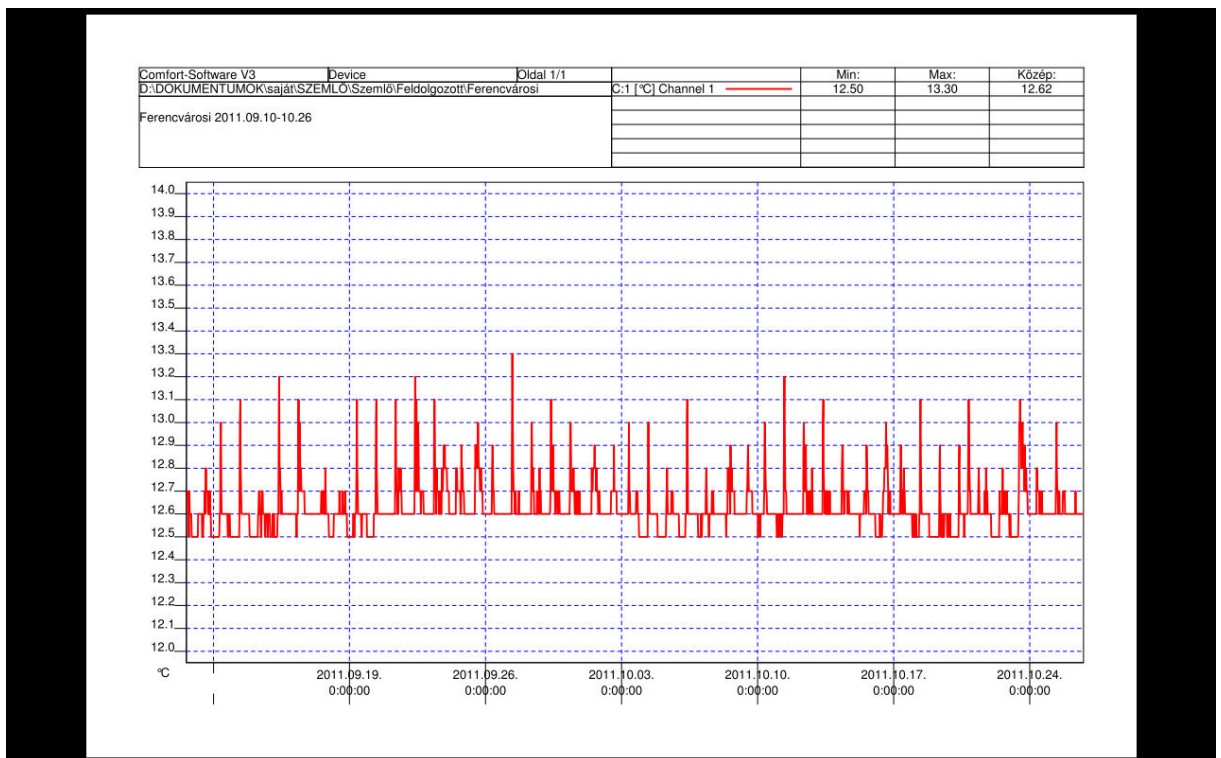
Felszíni  $T > 13^{\circ}\text{C}$  Nyári léghőmérséklet (májustól szeptemberig)

Felszíni levegő az Örvény-folyosó bejáratán át belép a barlangba, ott leadja hőjét és az alsó-bejáraton (Lejtakna-Főépület), mint hideg barlangi levegő távozik a szabadba.

Felszíni  $T < 13^{\circ}\text{C}$  Téli léghőmérséklet (novembertől-márciusig)

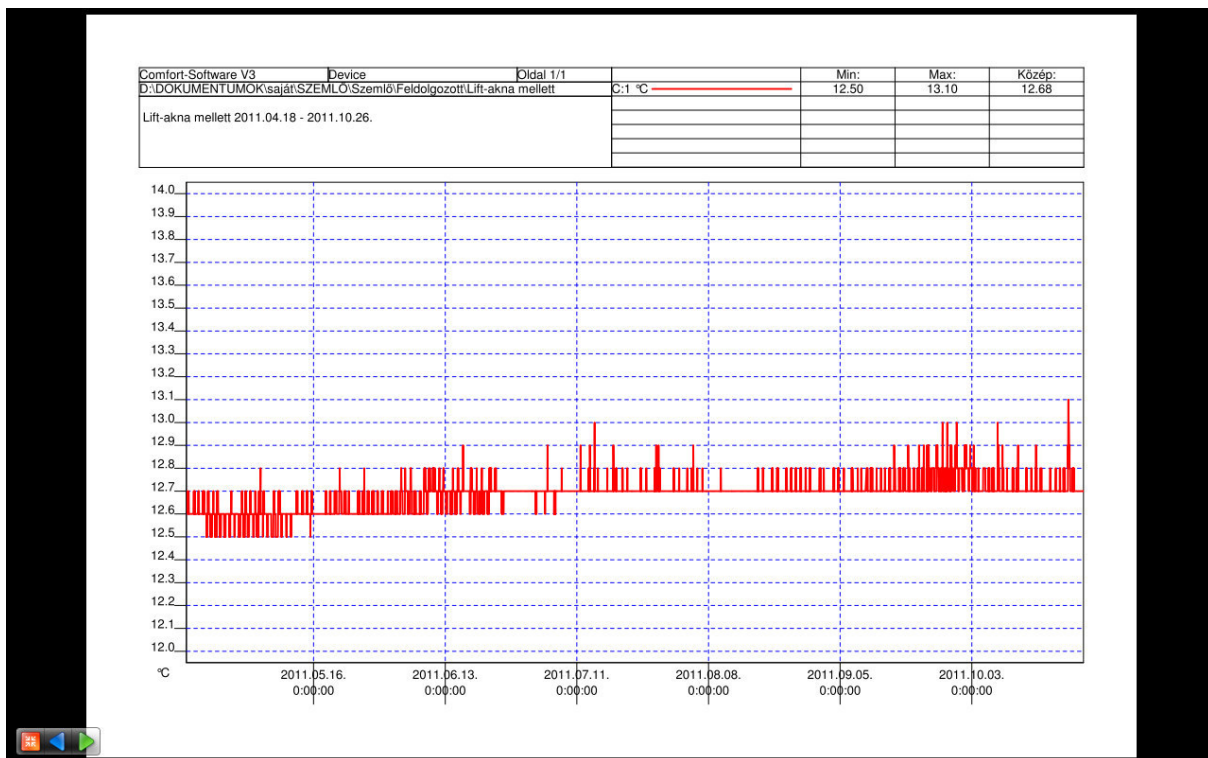
Felszíni levegő az alsó-bejáraton (Lejtakna-Főépület) át belép a barlangba, ott felmelegszik és az Örvény-folyosón keresztül, mint meleg barlangi levegő távozik a szabadba.

Felszíni  $T = 13^{\circ}\text{C}$  Nincs léghőmérséklet (április és október)

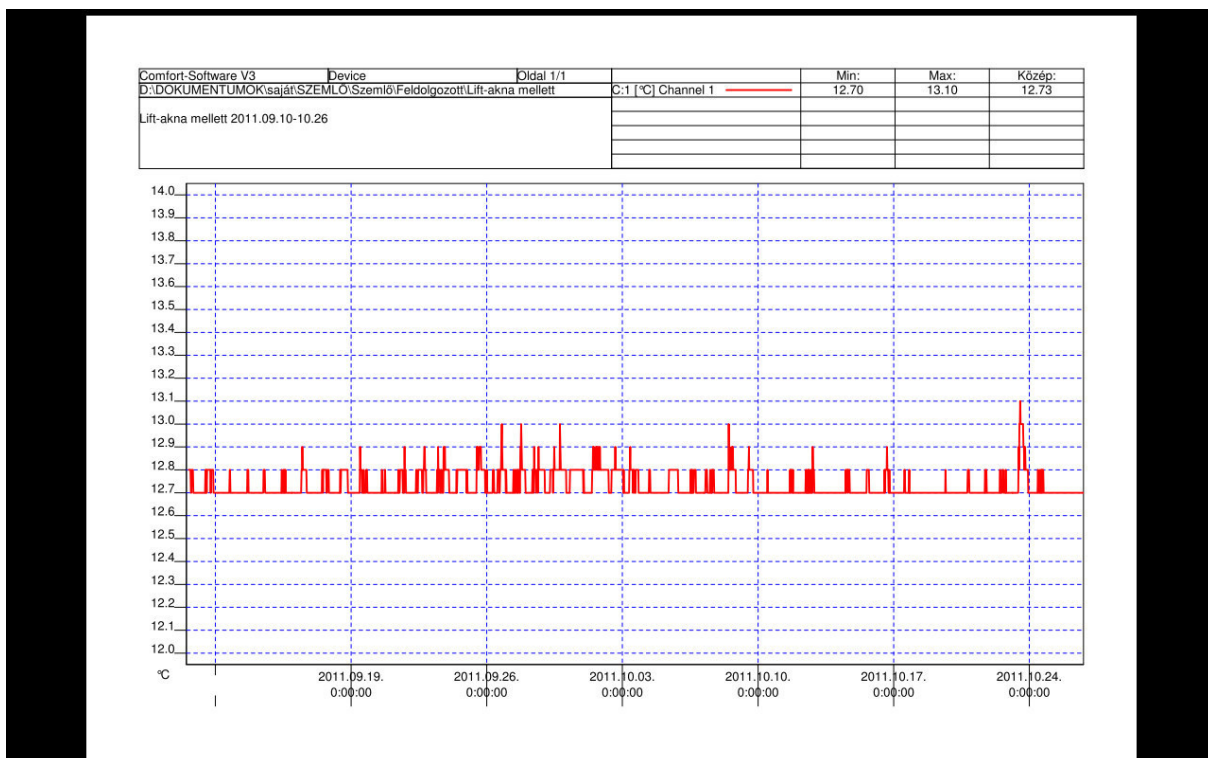


5. ábra: Ferencvárosi-terem hőmérséklete 1 hónapos időszakban

1.3 A barlangterápia központi területének számító Lift-akna összeköti a Fő-járatszintet (Óriás-folyosó) a felső járatszinttel (Agyagos-folyosó), ahova még további emeleti járatok (Egyetemi-szakasz) is becsatlakoznak, valamint jelentős meleg-levegő utánpótlást biztosít olyan aknákból, mint a Bányász-akna vagy a Gyöngyös-folyosó. A Liftaknának ezért kiemelkedő szerepe van a légforgalom és a kiegyenlítés biztosításában. A 2011. 04. 18. és 10. 26. közötti időszak eleje és vége az átmeneti időszakba (április és október, amikor a barlangi levegő átlaghőmérséklete és a felszíni léghőmérséklet megegyezik) esett, míg a köztes időtartamban (májustól-szeptemberig) a nyári léghőmérséklet volt jellemző a barlangban. A teljes időszakot a 6. ábra, míg a 09.10. és 10. 26. közötti valamivel több, mint 1 hónapot a 7. ábra mutatja be.



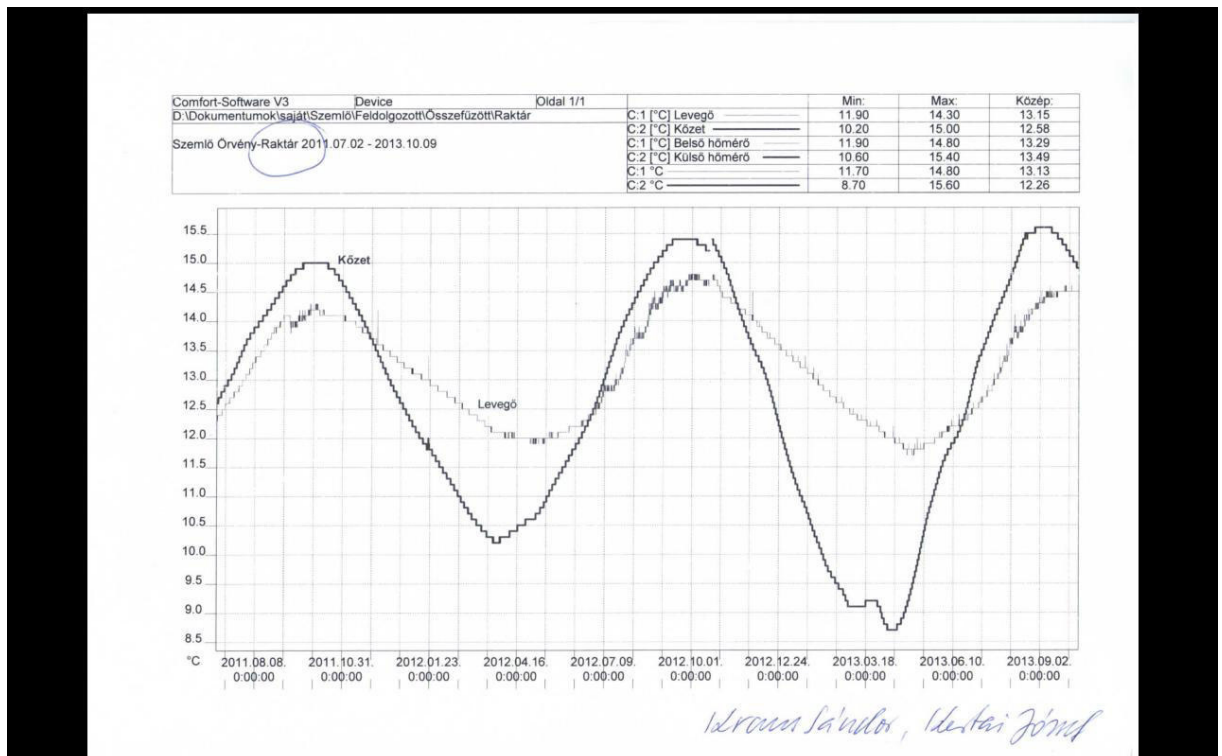
6. ábra: Liftakna-hőmérséklete 2011. 04-11.-hó között



7. ábra: Liftakna hőmérséklete 1 hónapos időszakban

A 7. ábrán látható hőmérsékleti kiugrások összeköthetőek az idegenforgalommal és terápiával, de egyetlen esetben sem haladta meg időtartamuk az 1 órát.

1.4 Hőmérsékleti megfigyelések az Örvény-folyosó felső szakaszából nyíló u.n. „Raktár”-járatban. A megfigyelés és adatgyűjtés célja a felszín közeli járatokra gyakorolt külső meteorológiai hatások nyomon követése volt. Az adatgyűjtéshez egy speciális kétcsatornás TESTO hőmérséklet loggert használtam, melynek egyik csatornája a levegő hőmérsékletét, másik csatornája pedig a kőzet hőmérsékletét mérte, 50 cm mélységben. Az adatgyűjtést 2 éven keresztül végeztem, mely a 8. ábrán látható. A hőmérő loggert Kraus Sándor és Kertai József helyezte ki, az adatok feldolgozásában Kertai József nyújtott segítséget.



8. ábra: a „Raktár” járat levegő és kőzet-hőmérséklete 24 hónapos időszakban

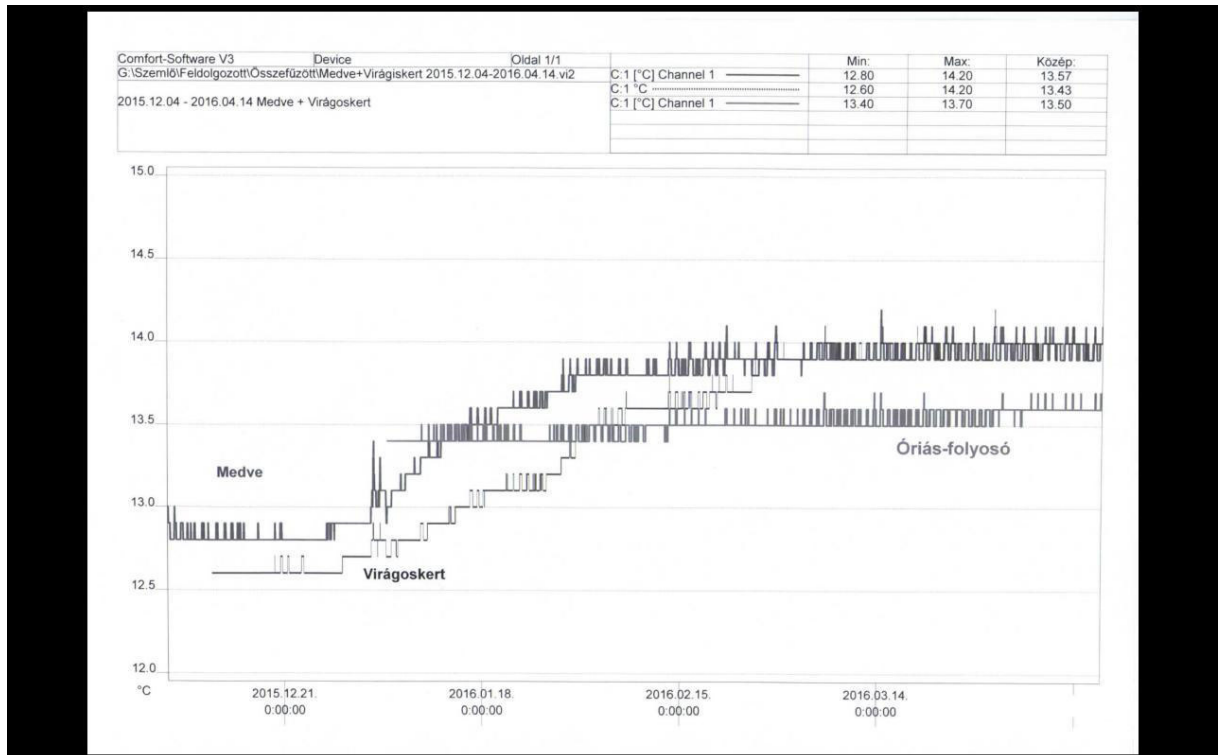
A 8. ábrán látható, hogy a felszín alatt 1-2 méterre húzódó járat fala télen 8,7 °C-ra lehül, de felülete mégsem képes a járat levegőjének jelentősebb aláhűtésére, hiszen az 11,7 °C-ra hűl csak vissza. Nyáron a kőzet akár 15,6 °C-ra is képes felmelegedni, mégsem képes a barlangi légteret 14,3 °C-nál magasabb hőmérsékletre átmelegíteni. Annak ellenére, hogy magának a falnak a felületi hőmérsékletét nem tudtuk regisztrálni, a jelenség hátterében a járatban kialakult konvekciót követhetjük nyomon, melynek nyomát Kraus Sándor kiválásokon keresztül is képes volt kimutatni.

1.5 Téli időszakból a tavaszi átmeneti időszakba történő felmelegedés, vagyis a téli légközés hatásait Kiss Jenő ötlete alapján viteleztük ki. 2015. 12. 04. és 2016. 04. 14. között egyszerre 3 ponton tudtunk regisztrálni:

- Ferencvárosi-teremből az Agyagos-folyosó felé indulva a „Medve” nevű sziklánál

- Az Óriás-folyosó Virágoskert részénél a Liftakna mellett
- Óriás-folyosó terápiára kijelölt szakaszán, a Karzat magasságában

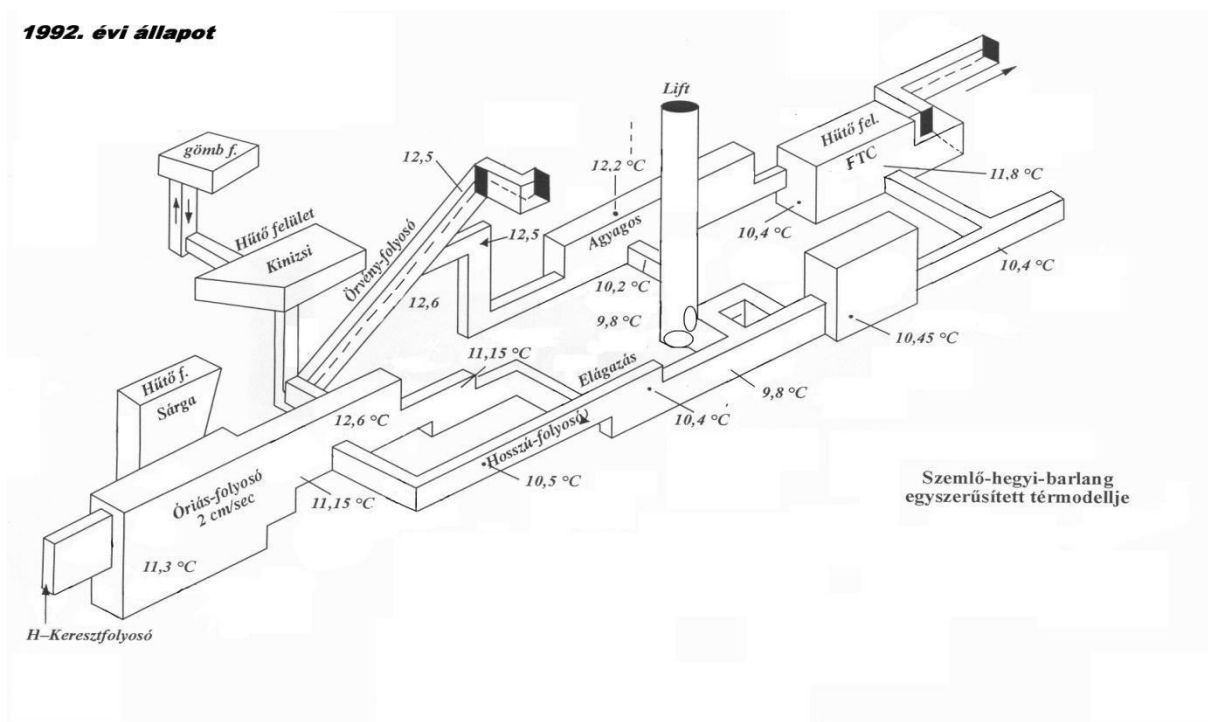
Az adatok kiértékelésében Kertai József segített. Az érdekes adatsort a 9. ábrán láthatjuk.



9. ábra: 3 ponton, egy időben regisztrált téli légkörzéshez tartozó hőmérsékleti adatok.

A 9. ábrán látható, hogy decemberben a Virágoskert 0,2 °C-al alacsonyabb hőmérsékletű, mint a Medve és ezt a hátrányát csak március elejére tudja kiegyenlíteni. Gondolhatnánk, hogy az alsó bejárathoz legközelebb eső járatrész (a Ferencvárosi-teremben található Medve-szikla) lesz a leghűvösebb a téli légkörzés alatt, de az adatok nem ezt mutatják. Az alsó bejárat a fogadóépület felől olyan mértékben van elszigetelve a felszíntől, hogy onnan csak csekély mennyiségű hideg levegő érkezhessen a barlangba. Nem úgy az Agyagos-folyosó emeleti járatai, melyek helyenként repedéseken keresztül kapcsolatba kerülnek a felszínnel és onnan télen hideg levegőt engednek a barlangba. Ez a levegő lefelé kúszva jelenik meg a Liftaknában és hűti le a környezetében lévő járatrészeket – így a Virágoskertet is. Az Óriás-folyosó kívül esik ebből a légkörzési útvonalból, ezért téli időszakban mindössze 13,4 °C-ig hűl vissza hőmérséklete. 2016 tavasza hamar bekövetkezett, március elejére már a felszíni hőmérséklet megközelítette a barlangi levegő hőmérsékletét: a barlangi légmozgás leállt és a hőmérsékletek kiegyenlítődték. A Medve és a Virágoskert hőmérséklete is 14,2 °C-ra állt be, miközben az Óriás-folyosó Karzatán a hőmérséklet alig változott. Megerősíti ez korábbi állításomat, hogy az Óriás-folyosó terápiás része (Karzat körül) csak csekély mértékben vesz részt a légkörzésben.

1.6 Kiss Jenő munkásságára emlékezve, az alábbiakban bemutatok néhány általa elkészített hőmérsékleti modellt, melyeken szemléletesen tudta bemutatni a barlang klímájában végbement változásokat. A 10. ábrán az 1992-ben Kárpát József által felvett állapotot láthatjuk, amikor a barlang az Örvény-folyosón keresztül még jelentősen átszellőzött és a SZIKKTI Csoport még nem bontotta ki az Agyagos-folyosó aknáit, nem ismerte a Gyöngyös-folyosót és nem bontotta ki a Halál-keresztfolyosó nagy aknáját. A barlang átlaghőmérséklete 2,5 °C-al volt alacsonyabb, mint napjainkban.



10. ábra: éves átlaghőmérsékletek értéke 1992-ben

Kiss Jenő 2011-ben, Kárpát József egyszerűsített térmodelljébe beleírta a rendszeres méréseim által rögzített és a SZIKKTI Csoport által hetente leolvasott üveghőmérők adataiból kapott átlagértékeket (11. ábra). Látható, hogy a barlang átlaghőmérséklete a bontásoknak és a lezárásnak köszönhetően átlagosan 2,5 °C-al emelkedett.

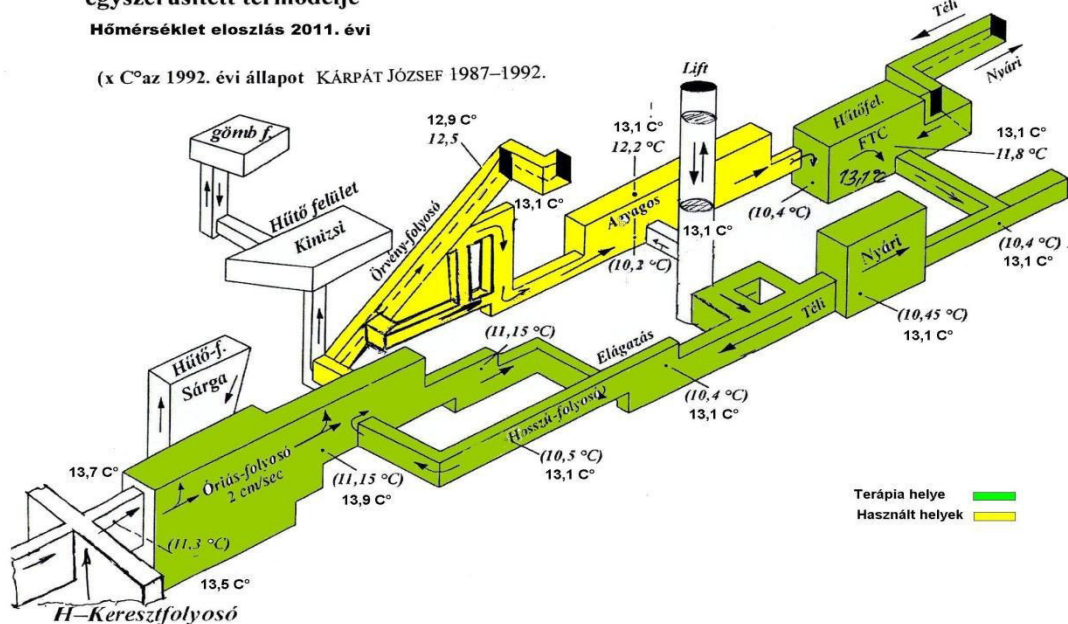
Sajnálatos, hogy 20 év észleléseinek füzetbe lejegyzett adatsora (tehát a beépített üveghőmérők heti rendszerességű leolvasása) Kiss Jenő halála után elkavarodott, így annak feldolgozását és digitális kiértékelését sajnos nem tudjuk elvégezni.

A 12. ábrán szintén Kiss Jenőnek köszönhetően bemutatásra kerül a barlangban rendszeresített klímamérési pontok elhelyezkedése és megnevezése. 20 éven keresztül ezen pontokon történtek a hőmérsékleti-, széndioxid- és radon mérések.



**Szemlő-hegyi-barlang egyszerűsített térmodelje**  
**Hőmérséklet eloszlás 2011. évi**

(x C° az 1992. évi állapot KÁRPÁT JÓZSEF 1987–1992.

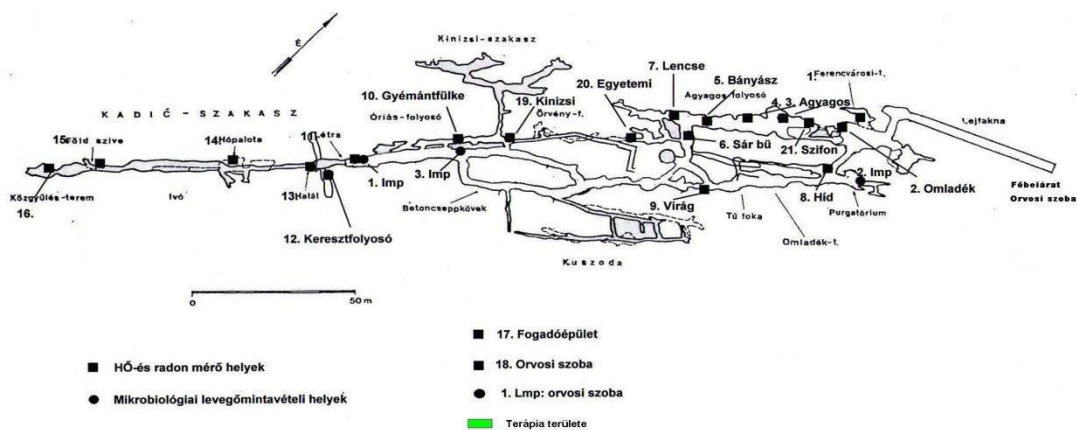


11. ábra: éves átlaghőmérsékletek értéke 2008-2010-között

**Szemlő-hegyi barlang**  
**Klíma mérési pontok elhelyezkedése**

**Alaprajz**

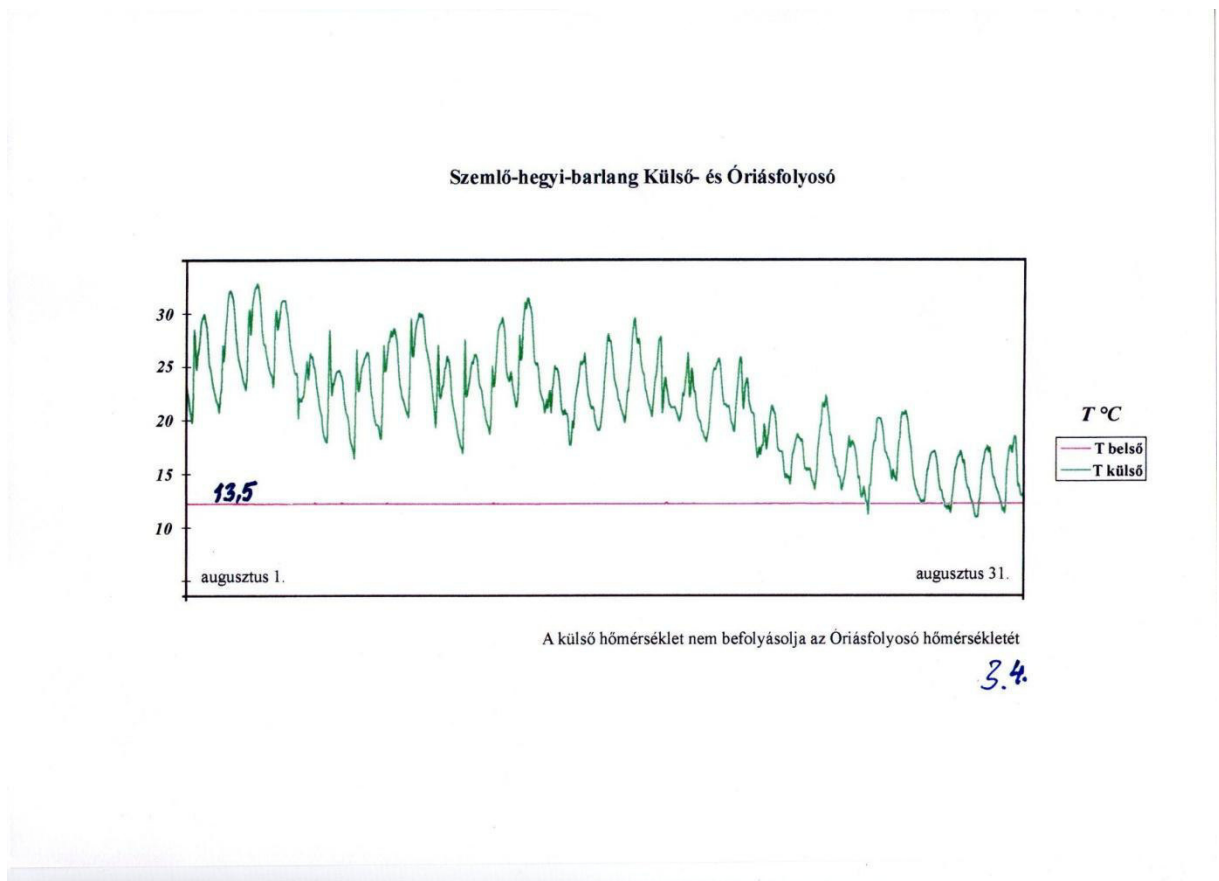
Felmérte: Kinizsi 1962., FTSK 1975-86.  
 Szerk: Horváth János



12. ábra: a barlangklíma mérési pontok elhelyezkedése

1.7 A barlangban 1995 és 2010 között, 15 éven át működött egy Stieber József és Szabó László által tervezett és kivitelezett számítógépes klíma monitoring állomás, amely állandó tápellátás mellett több ponton mérte és regisztrálta a száraz- és nedves-hőmérsékletet (relatív páratartalom meghatározása), a szén-dioxidot, a légáramlás-sebességét, a felszíni hőmérsékletet és a felszíni és barlangi légnyomás különbségét. Az adatok percenként kerültek eltárolásra a fűtött szekrénybe elhelyezett laptop merevlemez-meghajtójára. Érdekességgként mutatok be néhány adatsort, melyet az állomás legyűjtött és amely adatokat Kiss Jenő ellátta saját kézírásával.

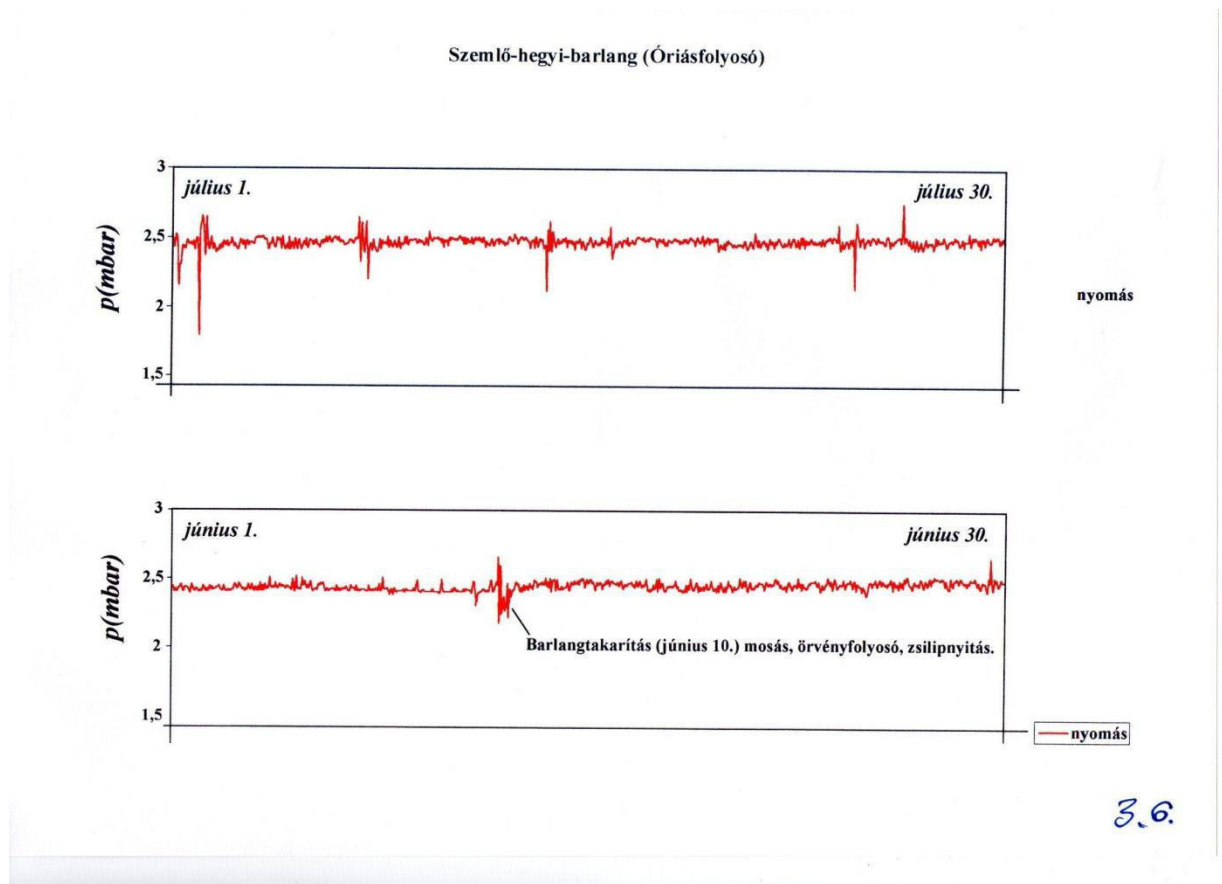
Elsőként a 13. ábrát nézzük, melyen a felszíni és a barlangi levegő hőmérsékletének augusztusi változását hasonlíthatjuk össze. A látványos görbén érzékelhető, hogy a felszín szélsőségei csekély mértékben fejtik csak ki hatásukat a barlang belső szakaszára. Az adatok 2008-ban kerültek legyűjtésre és a Barlang u. 10. sz telek felszíni hőmérséklete lett összehasonlítva az Óriás-folyosó Gyémánt-fülkéjének klímájával.



13. ábra: a felszíni hőmérséklet és a barlangi hőmérséklet változásának összehasonlítása 2008 augusztusában

A felszíni időjárás szélsőségei (légnyomás-változások, szeles idő, hőmérséklet) csekély mértékben ugyan, de hatással vannak a barlangra is, ennek szemléltetésére mutatom be a 14. ábrát, amely egy a felszínre kivezetett merev-falu PVC-csőön keresztül a Gyémántfülkébe elhelyezett klíma monitoring állomás nyomás-szenzorába

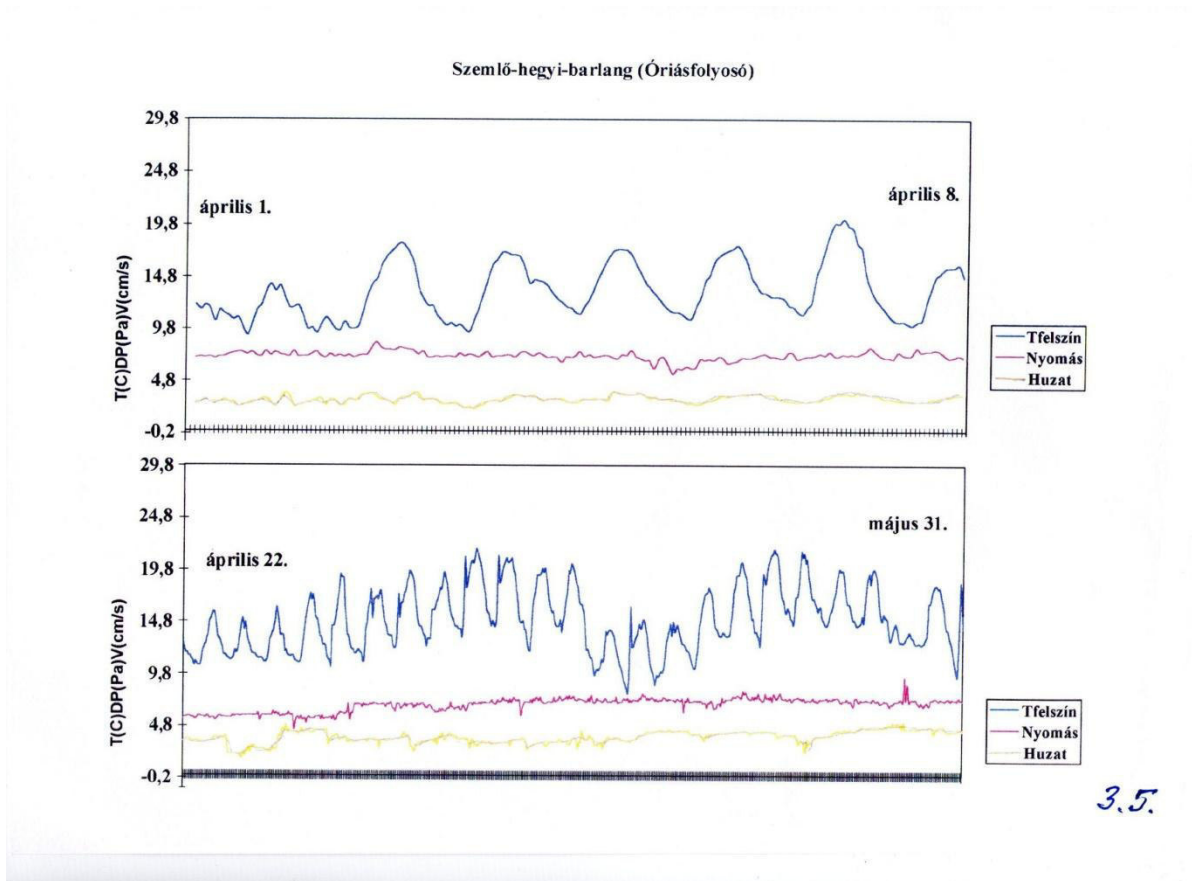
szállította a felszíni légnyomást. Ezzel a módszerrel a különbségi nyomás (felszín / barlang) értéke volt rögzíthető (korábban hasonló a Vass Imre-barlangban Gádoros Miklós és Kérdő Péter végeztek el).



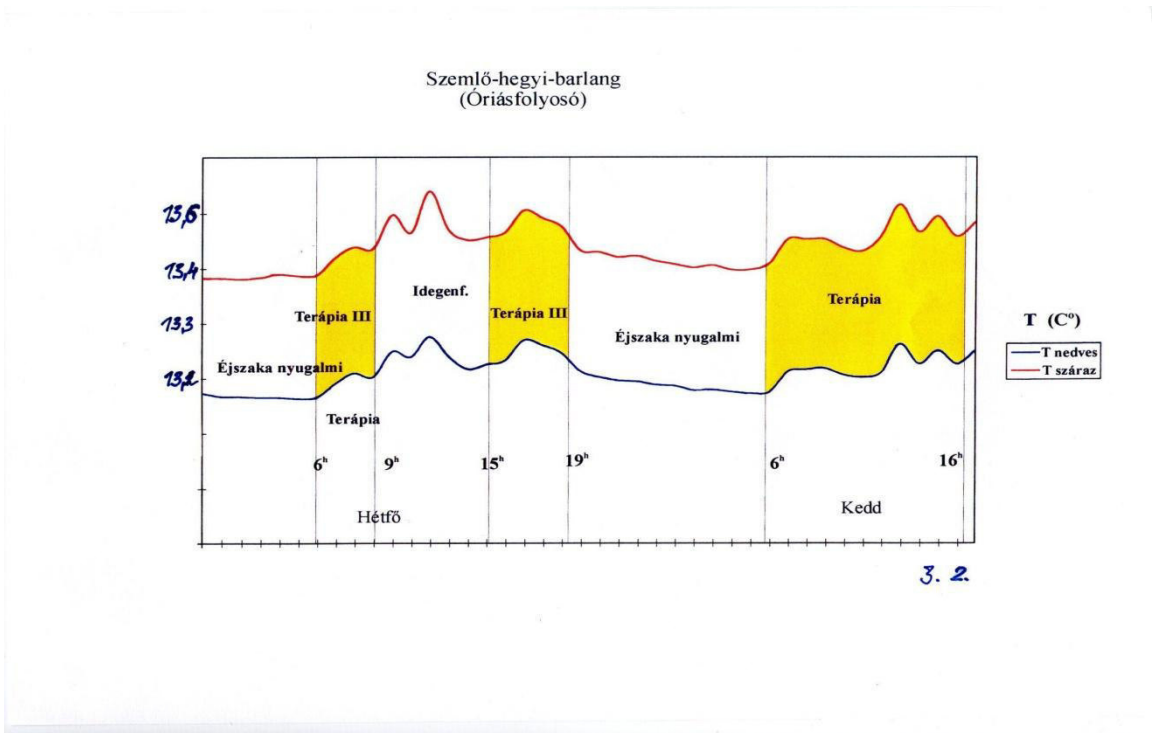
14. ábra: a felszíni és a barlangi légnyomás különbsége 2008. június-július havában

Az ábra felbontásából nehezen kivehető, hogy a legnagyobb szélsőségek értéke sem haladja meg az 50 Pa nyomáskülönbséget. Az átlagos ingások értéke jellemzően 5...10 Pa közé esett és tetten érhető volt egy június 10.-ei barlangtakarítás, amikor az Örvényfolyosó ajtaját kinyitva a légmozgás felerősödött és a légnyomás különbsége +/- 25 Pa között ingadozott.

A légnyomás változását a felszíni hőmérséklet függvényében a 15. ábra mutatja be, melynek további érdekessége, hogy megjelenítettük a légáramlást is, az Örvényfolyosóban elhelyezett hődrótos áramlásmérő szenzor segítségével. A zárt ajtók mellett rögzített légnyomás-változások +/- 10 Pa között maradtak, míg az áramlási sebesség a keresztmetszet felső harmadában (kb. 1 m<sup>2</sup> felületen) 10...20 mm/s között mozgott. Az eredményeket 2007. április 1-8. között 1 hetes időszakban, majd április 22.- május 31. között több mint 1 hónapos időszakban rögzítettük. Mindkét időszak az átmeneti légkörzést jellemzi, amikor napi szinten változik a légáramlás iránya a barlang és a felszín között.



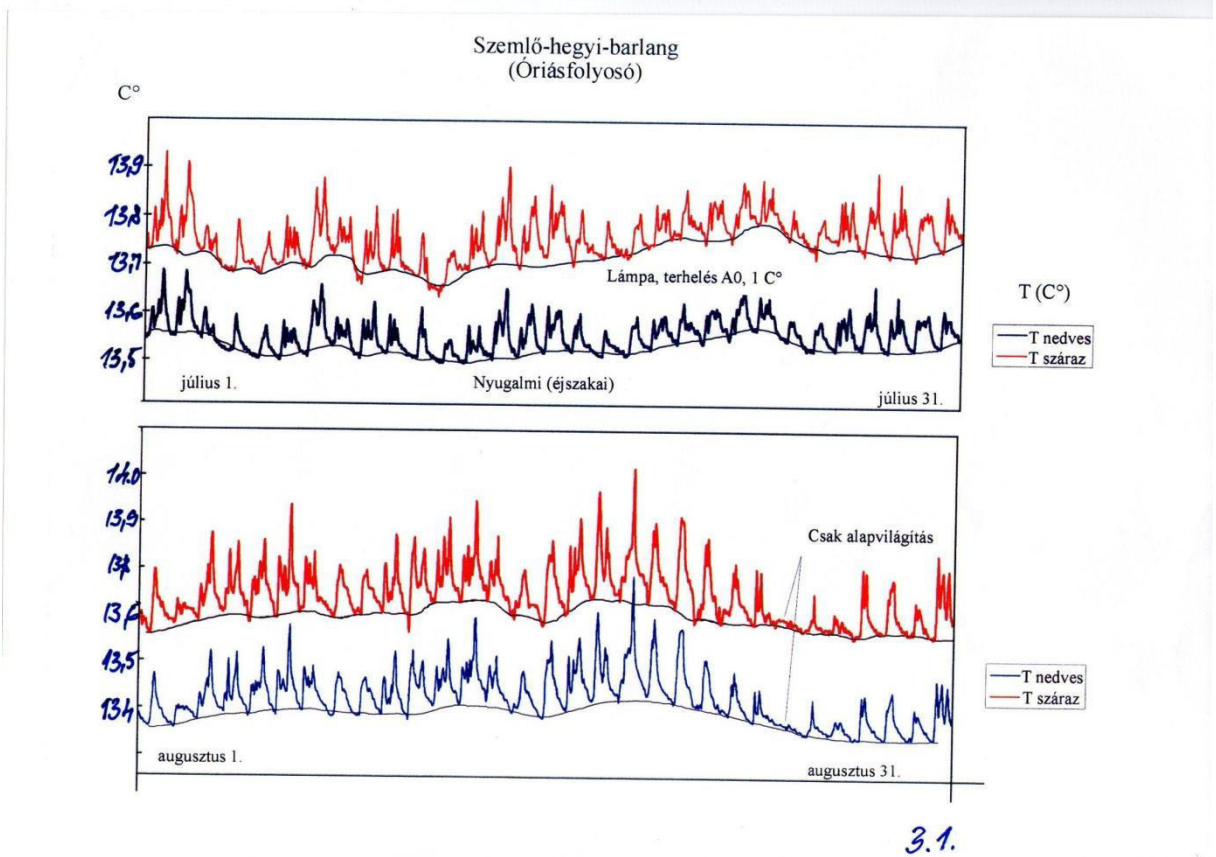
15. ábra: a felszíni léghőmérséklet hatása a barlangi légnyomásra és a huzatra



16. ábra: száraz- és nedves-hőmérsékletek 48 órás regisztrátuma az Óriás-folyosóban

A 16. ábrát Kiss Jenő látta el a Terápia szempontjából meghatározó időpontokkal, így nyomon követhető az Terápia és az idegenforgalom hatása az Óriás-folyosó Karzatának klímájára. Az adatok 2007 júliusában kerültek rögzítésre.

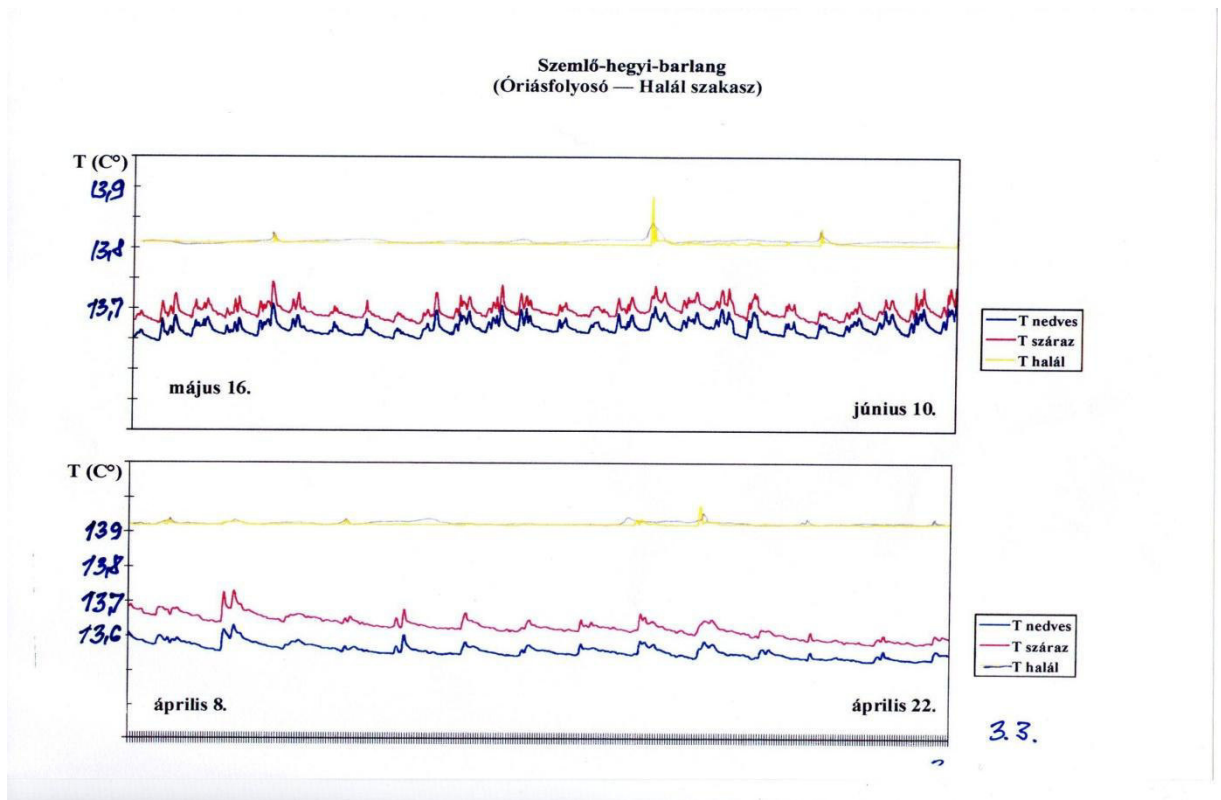
Az Óriás-folyosó Karzatának száraz-és nedves hőmérséklet-értékeit 2007 nyarán, 2 x 1 hónapos időszakot átölelve a 17. ábra mutatja be.



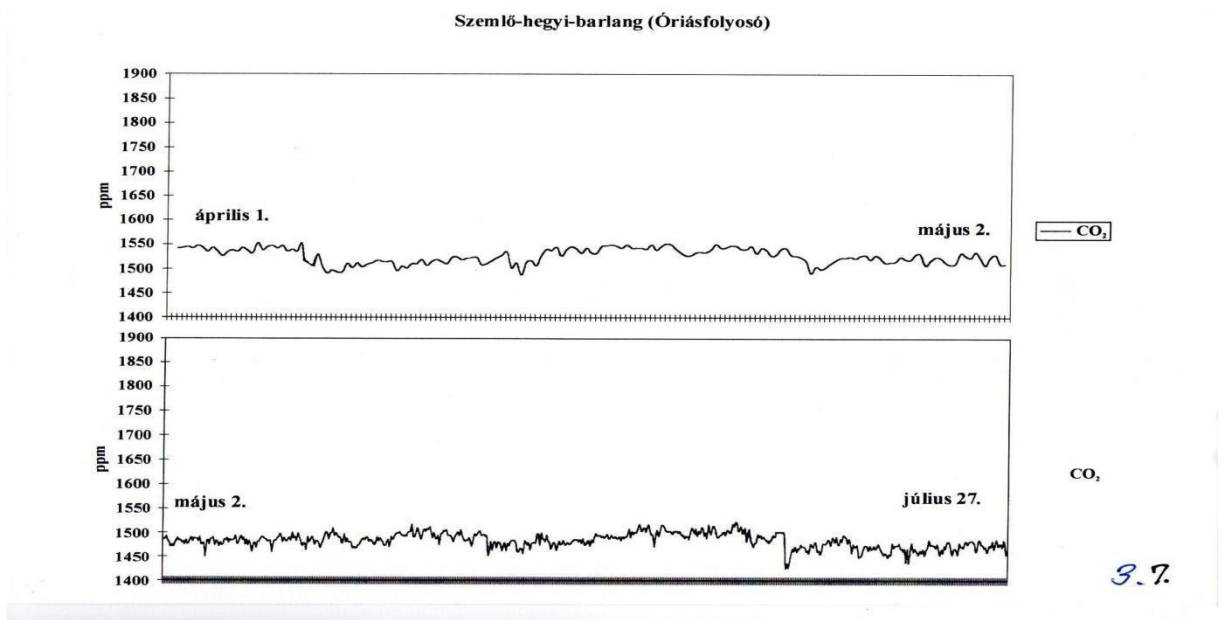
17. ábra: az Óriás-folyosó Karzatának hőmérsékletei 2007 nyarán

2007. augusztus 20.-án sem idegenforgalom, sem terápia nem volt a barlangban, így elmaradt a napi hőingás, melyet láthatóan az antropogén behatás eredményez. Lényeges és leolvasható, hogy a melegfényű reflektorok is 0,1 °C-ot emelnek a barlang léghőmérsékletén, így ha nincs világítás és látogatás, akkor a napi hőingás 0,2 °C-os értéke is elmarad.

A 2000-es évek elejétől a barlangban jelentős kutatási tevékenység indult be, melynek egyik fontos pontja a Halál-keresztfolyosó aknájának és a hozzá tartozó Gipszteremnek a kibontása volt. Megindult az ismeretlen alsó járatokból a feláramlás, ami a barlangszakasz látványos felmelegedéséhez vezetett. A 18. ábra 2007 nyarán bemutatja a halál-keresztfolyosó és az Óriás-folyosó hőmérsékleteinek összehasonlítását, melyről nem csak az olvasható le, hogy a két járatrész között 0,2 °C hő-különbség van, de az is látható, hogy az idegenforgalomtól és Terápiától távolodva a napi hő-ingások is megszűnnek.



18. ábra: a Halál-keresztfolyosó és az Óriás-folyosó hőmérsékleteinek összehasonlítása



19. ábra: a teljesség kedvéért ebben a fejezetben mutatom be az Óriás-folyosóban 2007 április-július közötti időszakban rögzített CO<sub>2</sub> értékeket, mivel ezek is a számítógépes klímamonitoring által lettek megmérve. A hővezetési szenzor által rögzített adatok 1000 ppm-el alatta maradnak a később NDIR-módszerrel megmért pontos értékeknek

## 2. Részecske-szám és átmérő meghatározások

### **2.1 Részecskeszám-mérés a Szemlő-hegyi és a Molnár János barlangban (2013.12.19.-20. és 2014. 01. 23.)**

A Levegő-munkacsoport jóvoltából, Lenkei Péter segítségével Magyarországon korábban nem alkalmazott vizsgálati módszerrel és eszközzel levegőmintában található részecskeszámot vizsgáltunk 0,02...1 mikrométer tartományban. A részecskeszám értéke 1 cm<sup>3</sup> levegőre vonatkoztatott, így tüdők átlagosan 500 cm<sup>3</sup> légzéstérfogatára valamennyi érték 500-szorosa jut. Az alkalmazott berendezés típusa: TSI-P-TRAK ULTRAFINE PARTICLE COUNTER, Model 8525.

A vizsgálatot Stieber József vezette, a berendezést Lenkei Péter kezelte.

Segítőink voltak: Horváth Á. Katalin, Stieber Bence és Stieber Balázs.

<u>Mérési pont neve</u>	<u>Részecskeszám</u>	<u>Megjegyzés</u>
Felszínen	10 500-13 000	Pusztaszeri út 35. sz előtt
Ferencvárosi terem	1 870-2 600	behúzó légáramlat a felszínről
Pettyes folyosó a hídnál	986-1 400	keveredésizóna
Pettyes folyosó végében	430-520	ide csatlakozik be az ismeretlen barlang
Pettyes feláramlási kürtő	1 560-1 580	Gyöngyös-folyosóval összeköttetésben
Karácsonyfák (Hosszú-f)	1 350-1 400	befelé áramló
Mária-terem	1 240-1 260	befelé áramló
Liftakna aljában	1 210-1 230	Agyagos és Hosszú folyosó találkozása
Kuszoda alatt Hosszú-kerülőn	890-900	befelé áramló
Óriás-folyosó Karzat	817-835	kifelé áramló
Örvény-f. Zászlós-folyosónál	1 300-1 320	kifelé áramló
Örvény-f. Egyetemi kürtőnél	810-860	Kifelé áramló huzatban
Óriás-f. Létra alatt	640-650	kifelé áramló
Óriás-f. Létra alatti feláramlás	330-420	ide csatlakozik be a Molnár J. bg. Levegője
Halál-kereszt. Akna felett	240-250	kifelé áramló
Halál-aknában	222-247	ide csatlakozik be a Molnár J. bg. Levegője
Hópalotában	190-193	nincs huzat
Hópalota hasadékában	12-16	teljesen leárnyékolt repedésben
Hópalota jobb hátsó sarkában	4-7	teljesen leárnyékolt repedésben
Föld szívében	35-40	nincs huzat

Első vizsgálatunk alkalmával feltűnt, hogy a kiépített szakasz értékei jóval magasabbak, mint a létrán-túl. Szembetűnő, hogy a felszíni levegőben található szennyezőanyag-tartalom egészen az Óriás-folyosóig érezteti hatását, igaz itt a betegek bent tartózkodása is befolyásolhatta az értékeket. Kiemelném azonban, hogy a sokak által felszín-felé törekvőnek

gondolt (és korábbi aeroszol-összetételi vizsgálatainkkal megcáfolt) Pettyes-folyosó végében a kiépített szakasz legalacsonyabb részecskeszám-értékét mértük, ami kizárja a felszíni levegő ide történő behatolásának lehetőségét. A létrán-túl a barlang végpontja felé haladva az értékek fokozatosan csökkentek, annak ellenére, hogy ezen a szakaszon tucatnyi barlangász túrázott ebben az időben. Jól nyomon követhetjük azokat a helyeket, ahol nincs huzat, mely a szennyezőanyagokat vagy magát az aeroszoltól származó részecskéket hordozná (Hópalota hasadékaiban). Mivel a barlang főágában végzett mérés csak részleges képet adott, ezért 2014. január 23.-án azonos felszíni meteorológiai viszonyok mellett (ugyanabban az órában) folytattuk a vizsgálatot az Agyagos-folyosóban, melynek vizsgálati értékeit az alábbi táblázatban foglaljuk össze:

<u>Mérési pont neve</u>	<u>Részecskeszám</u>	<u>Megjegyzés</u>
Liftakna X Agyagos-f.	664-650	Liftaknába belógatva
Sárkürtő felső peremén	530-571	Liftaknától 8 m-re
Bányász-kürtő tetejében	430-470	2 méterre leengedve a Bányász kürtőbe
Bányász-kürtő keresztfolyosó	420-370	ez a járat a Gyerekjárat felé tart
Ferencvárosi-t. Agyagos-felé	440-450	A levegő innen érkezik a terembe
Ferencvárosi-t. Pettyes-felé	740-750	A levegő a felszínivel keveredve erre megy
Agyagos-gyerekjárat bejárata	470-510	A Ferencvárosi-terem felé eső bejárat
Agyagos folyosó közepén	480-560	A kis "Tó" közelében
Gyerekjárat-1. aknájában	500-570	A Ferencvárosi-terem felé eső akna
Gyerekjárat-6. aknájában	450-500	A Liftakna-felé eső utolsó akna
Agyagos folyosó Sárkürtőnél	490-510	Betegek kedvenc tartózkodási helye
Gyerekjárat vége a rácsnál	440-510	Sárkürtővel szemben
Lencse-t. lejárataiban	425-430	Bányász-kürtő 2. lejárataiban
Lencse-t. -2m belógatva	140-250	A terembe vezető 200 mm-es PVC csőben
Agyagos folyosó végében	410-470	Egyetemi-kürtő alatt
Agyagos-f. Szifon-lejáró	370-410	Ide csatlakozik az Egyetemi-kürtő alja
Sárkürtő aljában	420-450	Gyöngyös-folyosó bejáratában
Gyöngyös-folyosó közepén	340-390	A fellépő alatt, a Mária-terem mögött

Az eredményekből szembetűnő, hogy azok sokkal kisebb szórást mutatnak, mint a Fő-ági mérések. Kiugróan alacsony értéket csak a légáramlástól elzárt lencse-teremben mértünk és meglepő, hogy a mérés pillanatában is 5 ember által járt Gyöngyös-folyosóban szintén alacsony értékek születtek (ugyanaz az Agyagos-folyosó Szifon-lejárójára is érvényes). Mielőtt még azon gondolkodnánk, hogy vajon csak a felszínről beáramló vagy a ruhákon behordott szilárd-szennyeződések láthatjuk, nézzük meg a 2013. 12. 20.-án este, a Molnár János-barlangban mért értékeket (a vizsgálatot Dr. Leél-Őssy Szabolcs vezette):

<u>Mérési pont neve</u>	<u>Részecskeszám</u>	<u>Megjegyzés</u>
Szabadban	9 340-10 200	Tk: 0,9°C, enyhe szél, Pa: 1016,4 hPa
Tárá végében	5 180-5 200	A bejáraton befelé húzó légáramlat
Kessler-t. a Tó-felett	4 300-4 500	CO2: 2040 ppm, Tvíz: 27°C



Annak ellenére, hogy a röptető-nyíláson kis mértékben, de befelé áramlott a felszíni levegő, már a táró elején 21,5°C volt a hőmérséklet. A felszínen mért részecskeszám csaknem felét mértük a táró végében, mely érték 10%-ban csökkent csak a Tó felett. A Tó vízhőmérsékletéből adódóan állandóan páras levegő tölti ki a termet, mely igen kedvez az aeroszol képződésének és helyenként kiválásokat is alkot. A Tó vizének pH értéke a vizsgálat alatt 6,44 volt, míg az elektromos vezetőképessége 1120  $\mu\text{Scm}^{-1}$  értéknek adódott. A Ca és Mg oldott anyag tartalma meghaladta a 300 mg/l értéket. Ez magyarázza a magas részecskeszám-értéket, mely nem más, mint a Tó-felszínéről kipárolgó aeroszol.

## **2.2 Az aeroszol szilárd részeinek fizikai méret- vizsgálata speciálisan erre kifejlesztett lézeres berendezéssel**

2.2.3 Mérési módszer és mintavétel: az LPM-02 gyártmányú lézeres pormérő berendezés saját mintavevő pumpát tartalmaz, mely folyamatosan öblíti a mintagázzal az 1 cm<sup>3</sup>-es méretű mérőkamrát, így maga a mintavétel folyamatos. A mérőkamrát pásztázó lézertény útjába kerülő szilárd részecskéket (por) a berendezés megszámlálja és frakcionálja 0,3 - 0,5 – 1 - 2,5 - 5 és 10 mikronos tartományban, majd ezen értékekből kiszámolja az összes por értéket PM 1, PM 2,5 és PM 10 tartományban.

Főbb egységek: Mintavevő pumpa, lézeres mérőkamra, MPX-egység, Hőmérséklet és páratartalom-korrekciós egység, adatfeldolgozó egység, színes LCD-kijelző egység, tápegység, Li-Ion akkumulátor, ütésálló védőburkolat, dátumozó és óra-egység

A berendezést több alkalommal teszteltük vízesések, intenzív csepegések vagy vegyszeres lámpaflóra-irtás folyamata közben, ahol a nedves aeroszol rövid-idejű megnövekedését is azonnal és pontosan sikerült detektálnunk.

2.2.4 Az eredmények értékeléséhez szükséges az alábbi mért értékek magyarázata:

>0,3 mikron = 0,3 mikrométernél nagyobb részecskék darabszáma 1 cm<sup>3</sup>-ben

>0,5 mikron = 0,5 mikrométernél nagyobb részecskék darabszáma 1 cm<sup>3</sup>-ben

>1 mikron = 1 mikrométernél nagyobb részecskék darabszáma 1 cm<sup>3</sup>-ben

>2,5 mikron = 2,5 mikrométernél nagyobb részecskék darabszáma 1 cm<sup>3</sup>-ben

>5 mikron = 5 mikrométernél nagyobb részecskék darabszáma 1 cm<sup>3</sup>-ben

>10 mikron = 10 mikrométernél nagyobb részecskék darabszáma 1 cm<sup>3</sup>-ben

PM 1,0 = 1 mikrométernél kisebb részecskék koncentrációja mikrogram/m<sup>3</sup>-ben

PM 2,5 = 2,5 mikrométernél kisebb részecskék koncentrációja mikrogram/m<sup>3</sup>-ben

PM 10 = 10 mikrométernél kisebb részecskék koncentrációja mikrogram/m<sup>3</sup>-ben

Tehát a >0,3 mikron tartományba az összes részecske száma (beleértve az 1 mikron alatti ultrafinom részecskéket is) megmutatkozik, míg pl. a >10 mikron tartományba már csak a 10 mikronnál nagyobb (szállópor, permetlé vagy pollenek) részecskék

tartoznak. Ezzel szemben a PM 1 azt a mikrogram/m<sup>3</sup>-ben kifejezett koncentrációt mutatja, amely az 1 mikronnál kisebb átmérőjű (ultrafinom) részecskékre vonatkozik.



20. ábra: az LPM-02 berendezés barlangi mérés közben

Helyszín	>0,3 mikron	>0,5 mikron	>1 mikron	2,5 mikron	>5 mikron	>10 mikron	PM 1,0	PM 2,5	PM 10
Agyagos-folyosó	786	245	55	2	0	0	3	8	8
	1302	393	84	7	2	0	7	12	13
	1302	390	101	14	6	2	7	12	17
Óriás-folyosó karzat	711	218	42	11	4	4	4	6	9
	612	185	43	4	2	2	3	6	7
Halál-kereszt- folyosó	639	186	37	10	8	4	2	4	9
Hópalotában	726	228	118	75	20	4	3	17	29
	648	197	90	31	22	9	2	8	23
	765	228	97	28	17	9	3	9	22
Csengő-teremben	936	276	111	36	16	9	4	12	24
Kadić-teremben	453	134	42	20	9	4	2	5	11
Ferencvárosi- terem	1106	287	54	6	0	0	4	8	9
	1020	305	88	20	8	2	5	9	16
	1251	356	74	16	6	0	6	11	14

21. ábra: 2018. december 22.-én történt mintavétel eredményeinek összefoglaló táblázata



- A kijelölt mintavételi pontom a „Halál-keresztfolyosónál” volt, mivel korábbi vizsgálataim (és más kutatók egybehangzó véleménye alapján) itt jelentős aeroszol-feláramlást mutattak a ma még ismeretlen, mélyen fekvő járatokból.
- Rendszeres hőmérséklet és CO<sub>2</sub> mérésekkel azt is kimutattam, hogy nyáron intenzívebb a feláramlás, mint télen.
- A feláramlás intenzitása az aeroszol mennyiségében és összetételében is megmutatkozott.

### **3.4 A Molnár János- és a Szemlő-hegyi barlang levegős kapcsolata**

Az ELTE Általános és Alkalmazott Földrajz Tanszékének kutatási programja keretében, Dr. Leél-Őssy Szabolcs felkérésére aeroszol-összetétel mérést végeztünk, melynek 24 órás nagy-térfogatú (30 Nm<sup>3</sup>/h) mintavételét automata eszköz (OH-611) telepítésével hajtottuk végre, amit a Kessler-terem tavanak bűvár depóján helyeztünk el.

A mintavételben Hartl János, Hartlné Izmini Zsuzsanna (03.29.), Stieber József és Stieberné Katlan Andrea (03.30.) vettek részt. A vizsgálat célja a Molnár János barlang primer légterének összehasonlítása a vele repedéshálózaton keresztül összeköttetésben lévő Szemlő-hegyi barlang „Halál-keresztfolyosójában” mért szekunder légtér értékeivel.

A vizsgálati eredményeket a 23. ábrán mutatjuk be.

A Molnár János-barlang mintavétele a Szemlő-hegyi-barlang két mintavételi időszaka közé esett. Február végén még a napi átlaghőmérséklet a barlangi alatt, míg április elején már fölötte volt, így a légáramlás iránya is megváltozott.

Láthatóan a Molnár János barlang aeroszol adatai az áprilisi Szemlő-hegyi-barlang eredményekhez hasonlítanak, amikor a keresztvasadékból megindult a feláramlás és az addig a Szemlő-hegyi-barlang légterének komponenseit a mélyből érkező levegő komponensei váltották fel.

A feláramlással a földkéreg alkotóelemeiből származó kalcium és magnézium koncentrációja lecsökkent a Molnár János- barlang szintjére, míg a vas koncentrációja a kétszeresére emelkedett. Az antropogén szennyezőkből ezzel szemben az ólom, a cink és a króm koncentrációja is a Molnár János barlang értékei alá csökkent, egyedül a réz emelkedett közel duplájára.

Vizsgált komponens	Molnár János bg. 03.29-30. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Szemplő-hegyi bg. 02.28-29. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Szemplő-hegyi bg. 04.04-05. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
kadmium	<0,002	<0,002	<0,002
kobalt	<0,002	<0,002	<0,002
króm	<0,003	<b>0,014</b>	<0,003
réz	<b>1,007</b>	<b>0,896</b>	<b>1,847</b>
vas	<b>1,050</b>	<b>0,519</b>	<b>0,994</b>
magnézium	<b>0,677</b>	<b>4,74</b>	<b>0,335</b>
mangán	<0,0003	<b>0,004</b>	<0,0003
molibdén	<0,003	<0,003	<0,001
nikkel	0,003	0,003	<0,003
ólom	<b>0,009</b>	<b>0,008</b>	<b>0,004</b>
ón	0,001	<b>0,016</b>	<0,001
cink	<b>4,321</b>	<b>4,937</b>	<b>3,377</b>
kalcium	<b>6,987</b>	<b>12,272</b>	<b>6,682</b>

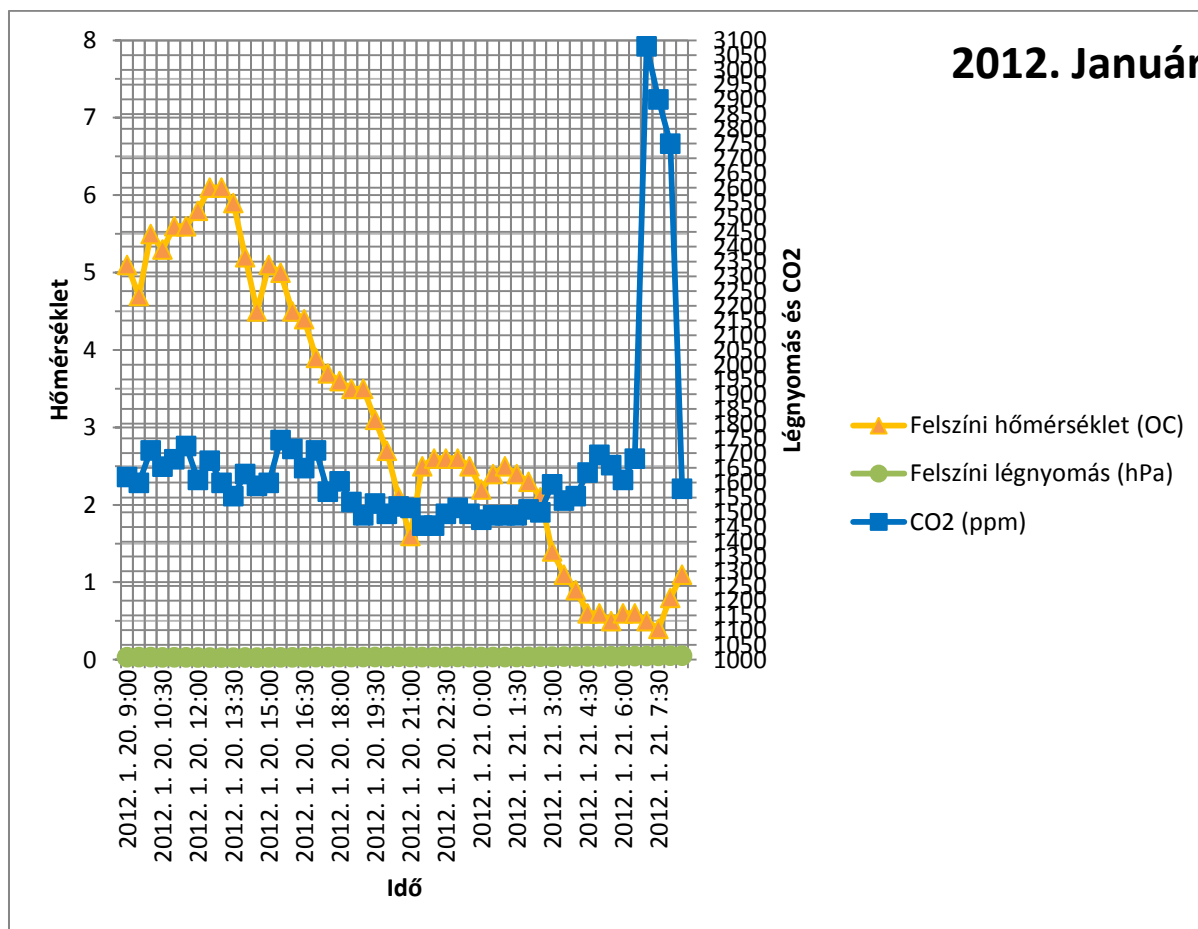
23. ábra: A Molnár János barlang és a Szemplő-hegyi-barlang közel egy időben történt aeroszol mintavételeink fém-tömegei a mintákban

### 3.5 A Szemplő-hegyi-barlang szén-dioxid feláramlásai a felszíni légnyomás és a felszíni hőmérséklet függvényében (havonta elvégzett 24 órás regisztrálás eredményeiből)

#### 3.5.1 CO<sub>2</sub> csúcsok reggelente, január-február hónapban

- A 24-25-26-27. ábrán látható CO<sub>2</sub> csúcsok reggel 7 és 8 óra között keletkeztek, amikor a légúti terápiára érkező betegek egymás után nyitogatták a „Lejtős-akna” felső és alsó ajtaját.
- Téli légkörzést tapasztalunk: a hígító-levegő a felszínről a lezárt barlang repedésein keresztül próbál bejutni, így a barlangi CO<sub>2</sub> az éves minimum értékére csökken.

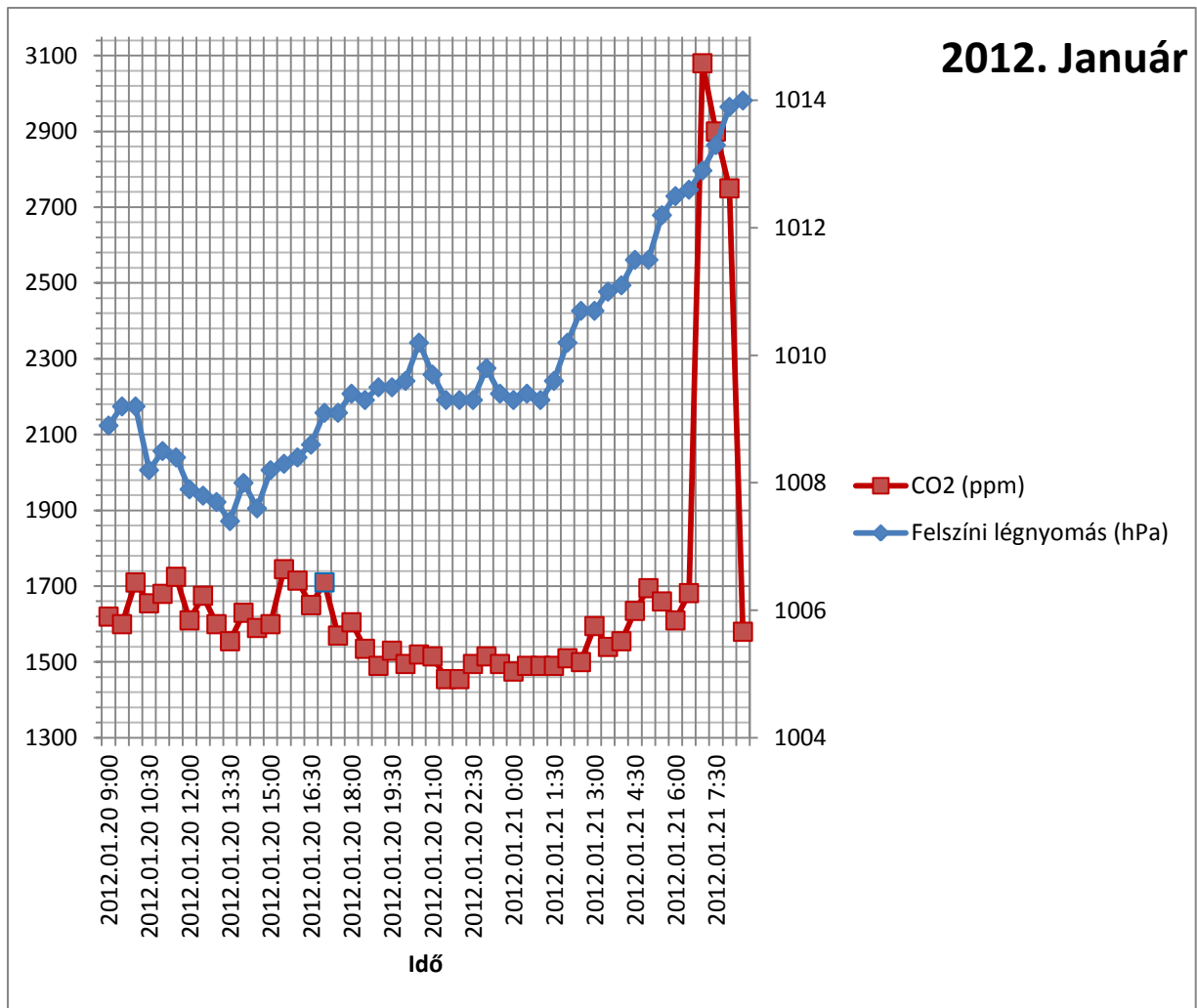
- A januári felszíni, sűrű-hideg levegő nyomásnövekedést okoz a barlangban, mely az „Agyagos-folyosó” aknáiba betődülve a mélyebben fekvő járatrészekből szén-dioxidot pumpál a magasabban fekvő kürtökbe.



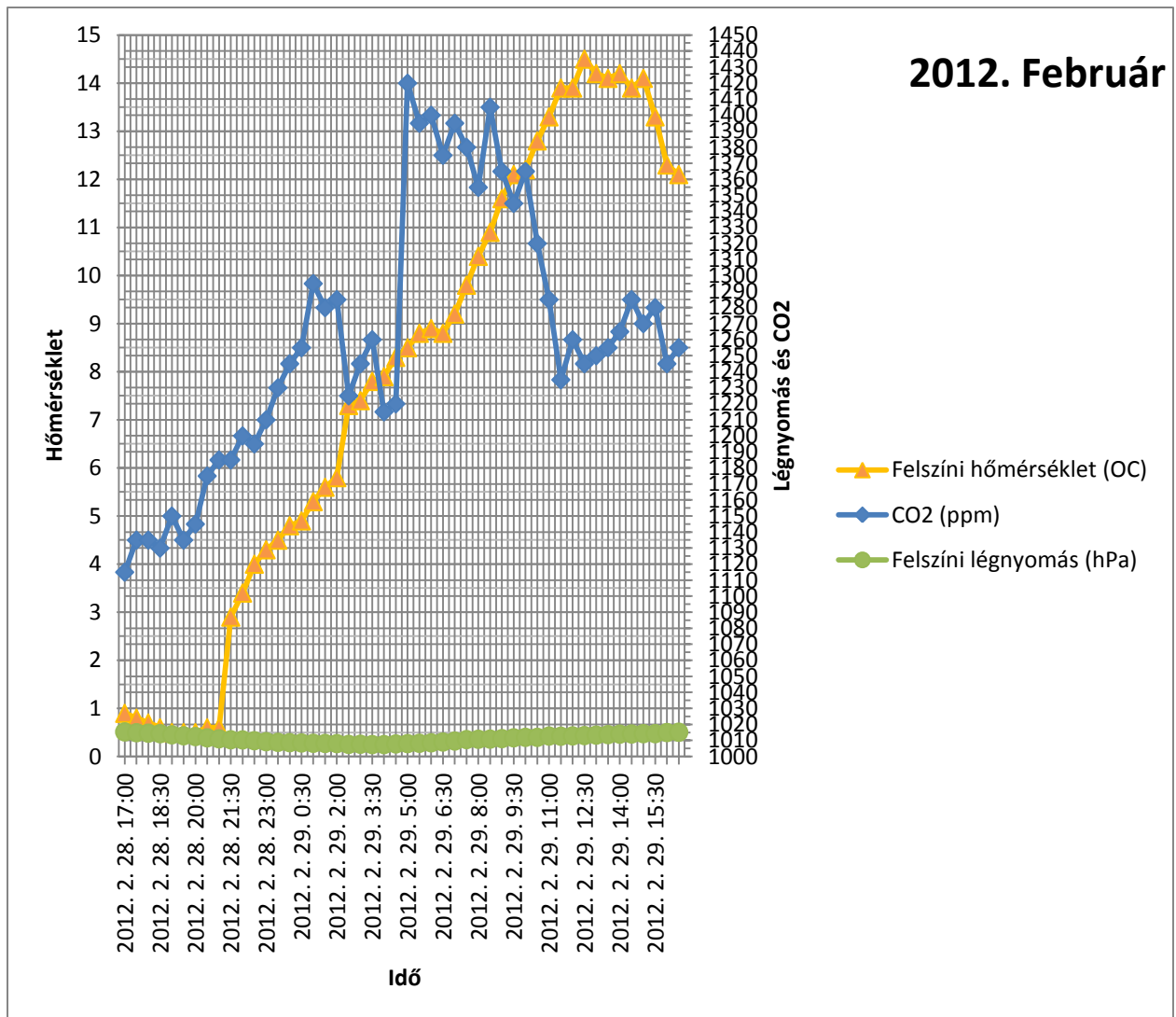
24. ábra: januári CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni hőmérséklet függvényében

Felmerül a kérdés, hogy miért nem követte a légnyomást a CO<sub>2</sub> a délelőtti folyamán?

- A 24. és 25. ábrán látható, hogy az éjszaka folyamán még erős korreláció mutatkozott a légnyomás és a CO<sub>2</sub> között, de ez a délelőtti folyamán teljesen felborult. Nem volt szeles, esős idő, ami a kőzetpedéseken keresztül a felszíni levegő beáramlását befolyásolta volna.
- A légnyomás csökkenésével kevesebb felszíni levegő jut a barlangba, tehát a CO<sub>2</sub> megemelkedik.
- Ha megnézzük a 24. ábrát azt látjuk, hogy a második nap délelőttjén a felszíni hőmérséklet a barlangi hőmérséklet átlagértékére emelkedett, mely még nem elegendő a légközés irányváltásához, mert a légnyomás erőteljes növekedése enyhe felszíni levegő beáramlást okoz.



25. ábra: januári CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni légnyomás függvényében

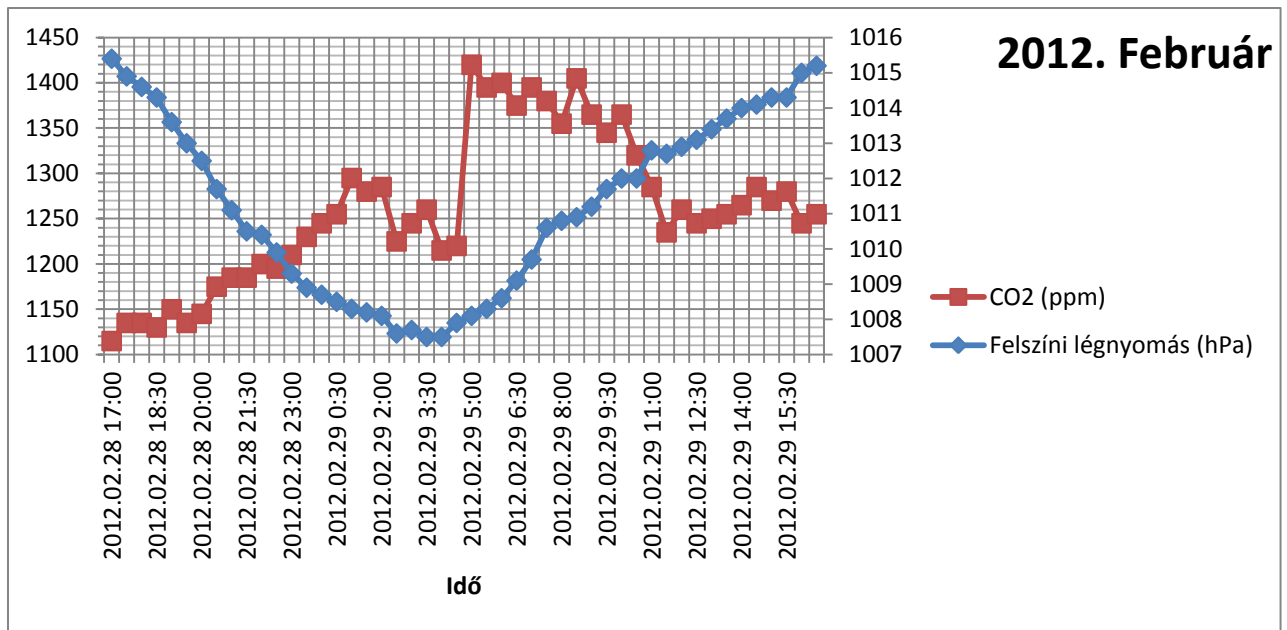


26. ábra: februári CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni hőmérséklet függvényében

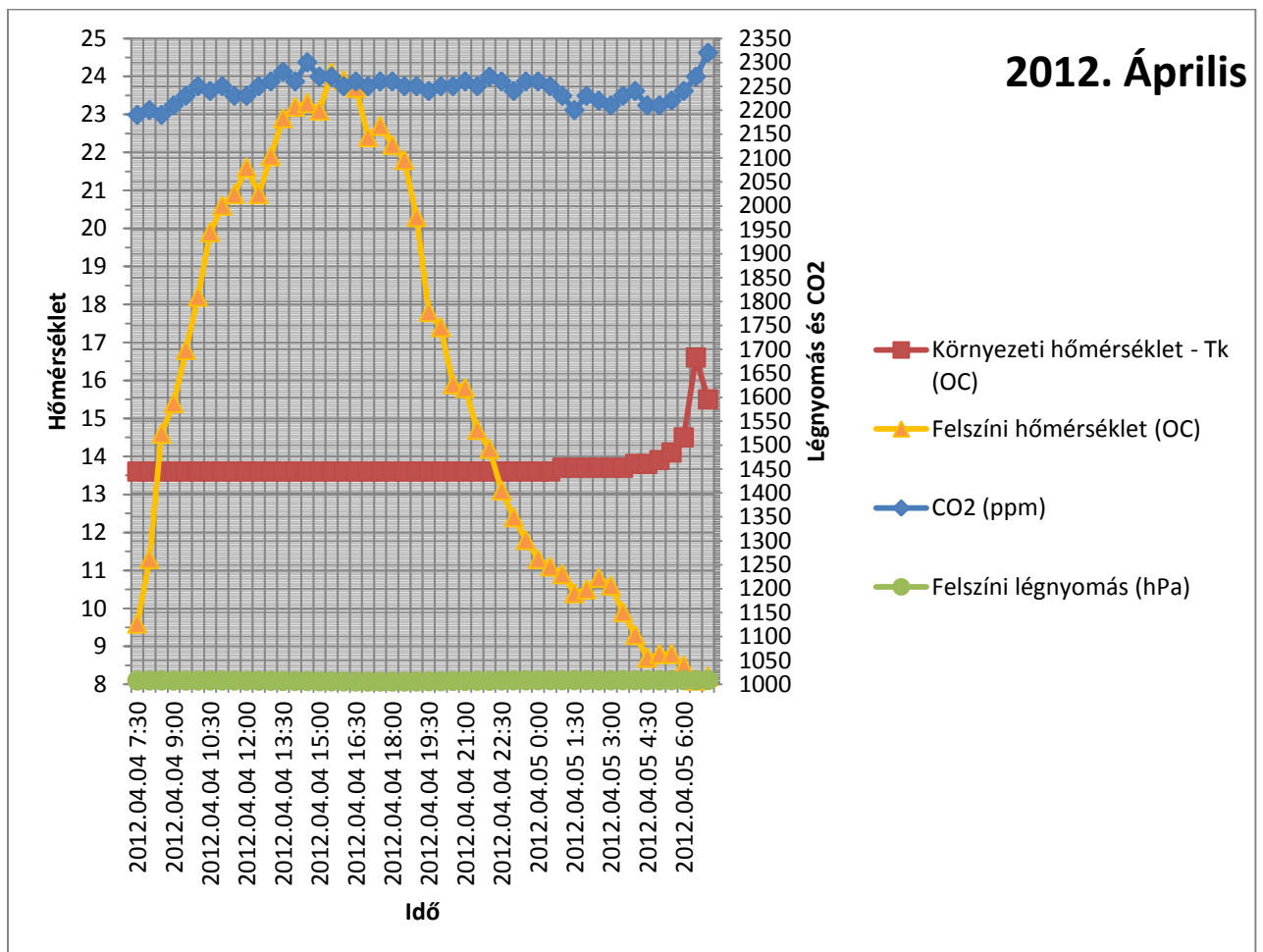
### 3.5.2 Látszólag összefüggéstelen állapotok áprilisban

- A 26. ábrán láthatóan a barlangi CO<sub>2</sub> a felszíni légnyomással fordított változást mutat: a légnyomás csökkenése a CO<sub>2</sub> emelkedéséhez vezet. A második nap reggelén azonban a CO<sub>2</sub> szintjében váratlan emelkedés következik be, melyet a barlangi hőmérséklet is követ.
- Napközben a felszíni levegő átlaghőmérséklete a barlangi levegő átlaghőmérsékletét meghaladja, a mélyből CO<sub>2</sub> áramlik a barlangjáratokba.
- Amikor azonban a felszíni hőmérséklet átlagértéke a barlangi hőmérséklet átlagértéke alá csökkent és a tavaszi szünetnek köszönhetően a kora reggeli barlangajtó-nyitogatások száma megnövekedett, a barlangban a légnyomás megnőtt és az a mélyebben fekvő járatokból felpumpálta a CO<sub>2</sub>.

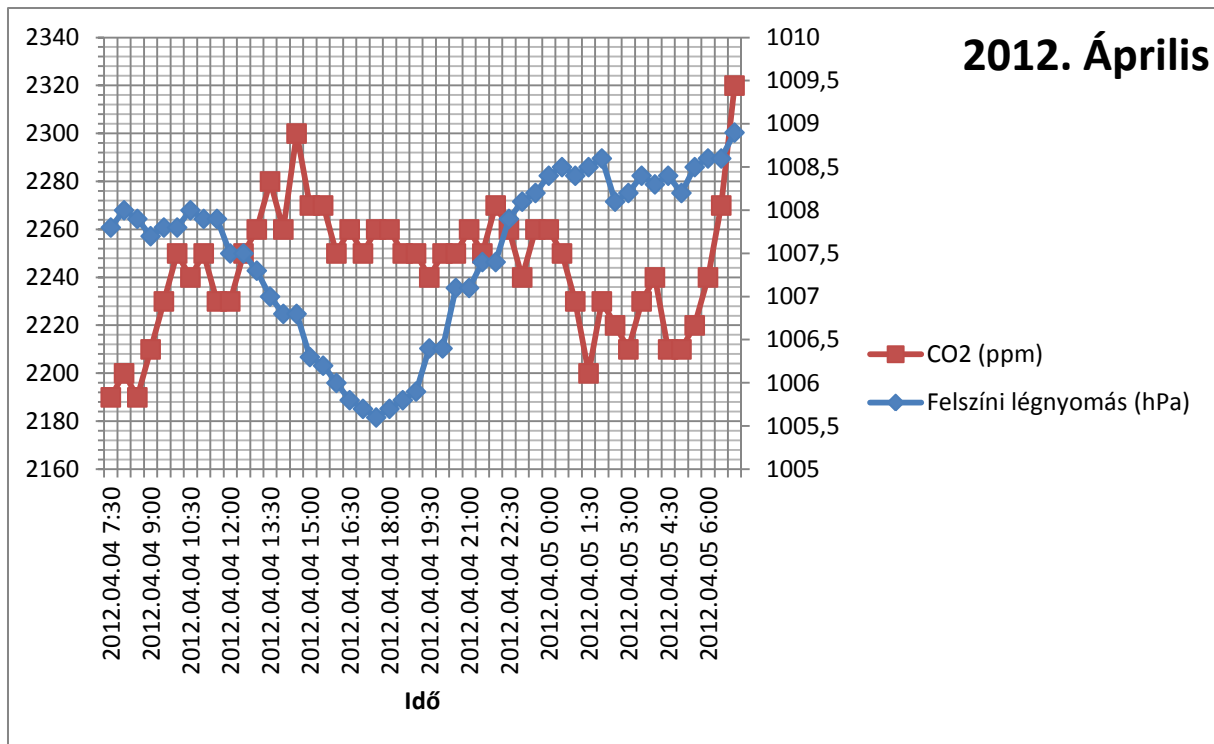




27. ábra: februári CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni légnyomás függvényében



28. ábra: áprilisi CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni hőmérséklet függvényében



29. ábra: áprilisi CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni légnyomás függvényében

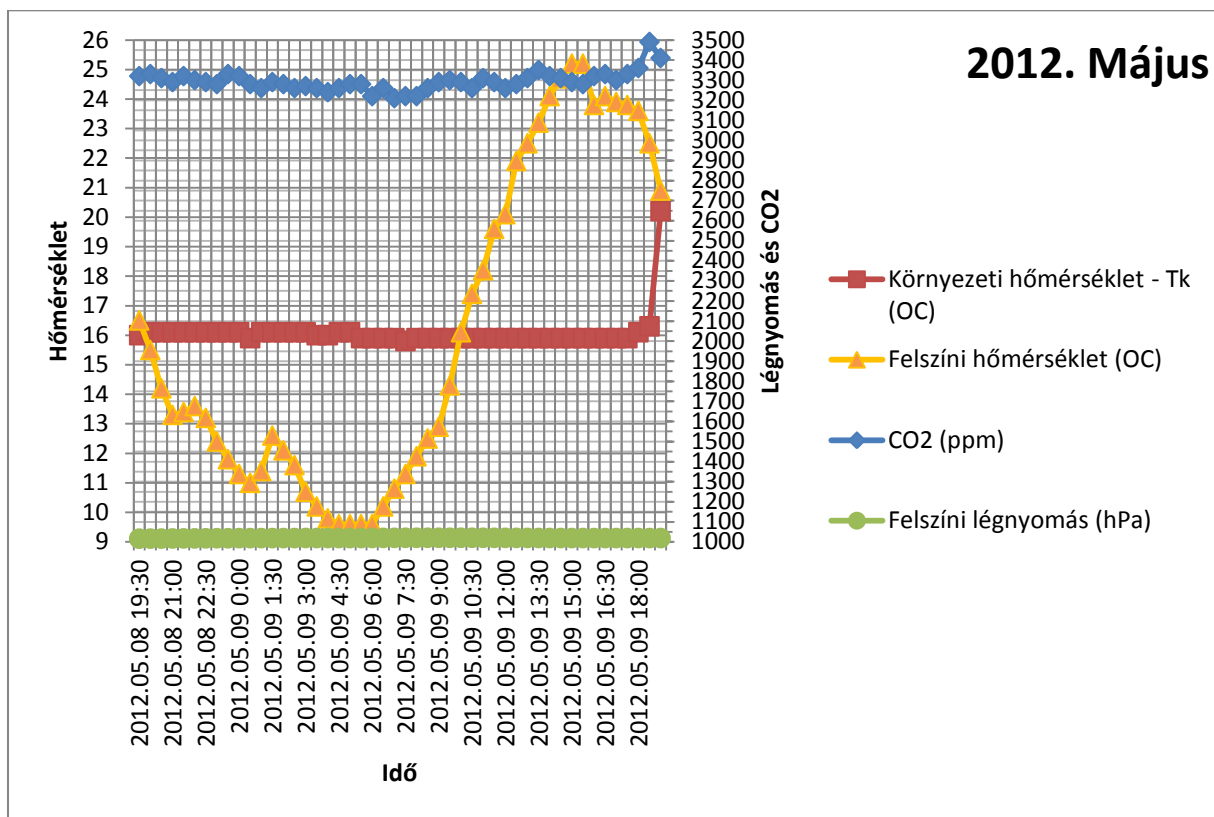
### 3.5.3 Megmutatkoznak az ajtó-nyitogatás jelei a májusi CO<sub>2</sub> napi menetben

- Májusra szépen beáll a rend (éjszakai lehülésben a barlang átfordul és a felszíni levegő a repedéseken befelé áramlik, majd nappali felmelegedésben a légkörzés megfordul és elindul a mélyből a CO<sub>2</sub> felfelé), a felszíni légnyomás visszatartja a mélyből feltörekvő CO<sub>2</sub>-t (29. ábra). Estére azonban a CO<sub>2</sub>-ben és a hőmérsékletben is komoly emelkedés mutatkozik. Joggal tesszük fel a kérdést: mi történhetett?
- Május 9.-e szerda este az a nap volt, amikor a betegek a barlangból kifelé távoztak, helyükbe pedig barlangászok érkeztek a szokásos szerdai „kutatónapra”.
- Az ajtó tárva-nyitva, a légnyomás folyamatos esésben, de a felszíni hőmérséklet még nyári légáramlási irányt generál: minden akadály elhárult a mélyben lappangó CO<sub>2</sub> előtt és a nyitott ajtónak köszönhetően gőzerővel áramlott kifelé, jelentős mennyiségű meleg levegőt ragadva magával.

### 3.5.4 Nyári légkörzés fordított nyomásvezérléssel júniusban

- A nyári légkörzés (amikor a felszíni hőmérséklet a barlangi fölött marad) júniusban fordított nyomásvezérlést hozott: a nyomás csökkenés CO<sub>2</sub> csökkenést, míg a nyomás növekedés CO<sub>2</sub> növekedést okozott. Ezt a jelenséget láthatjuk a 30. és a 31. ábrán.

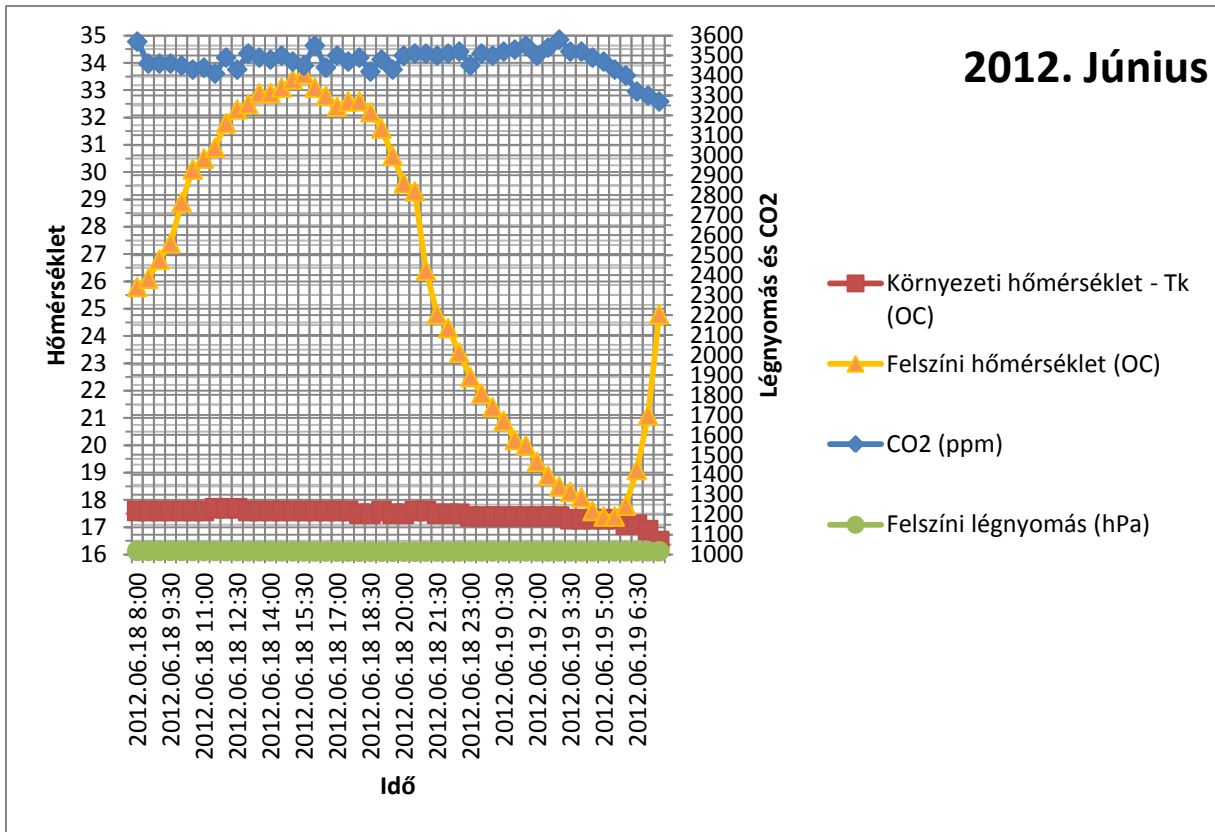
- Amikor a felszíni hőmérséklet értéke lecsökkent a barlang átlaghőmérsékletére, a feláramlás megszűnt és a CO<sub>2</sub> értéke drasztikusan lecsökkent.
- Láthatóan a CO<sub>2</sub> értékét a felszíni nyomás úgy szabályozza, hogy nem közvetlenül a Szemlő-hegyi-barlang járataira hat, hanem a CO<sub>2</sub> forrására (egy sokkal nagyobb rendszerre), ahonnan felpumpálja a CO<sub>2</sub>-t a Szemlő-hegyi-barlangba.



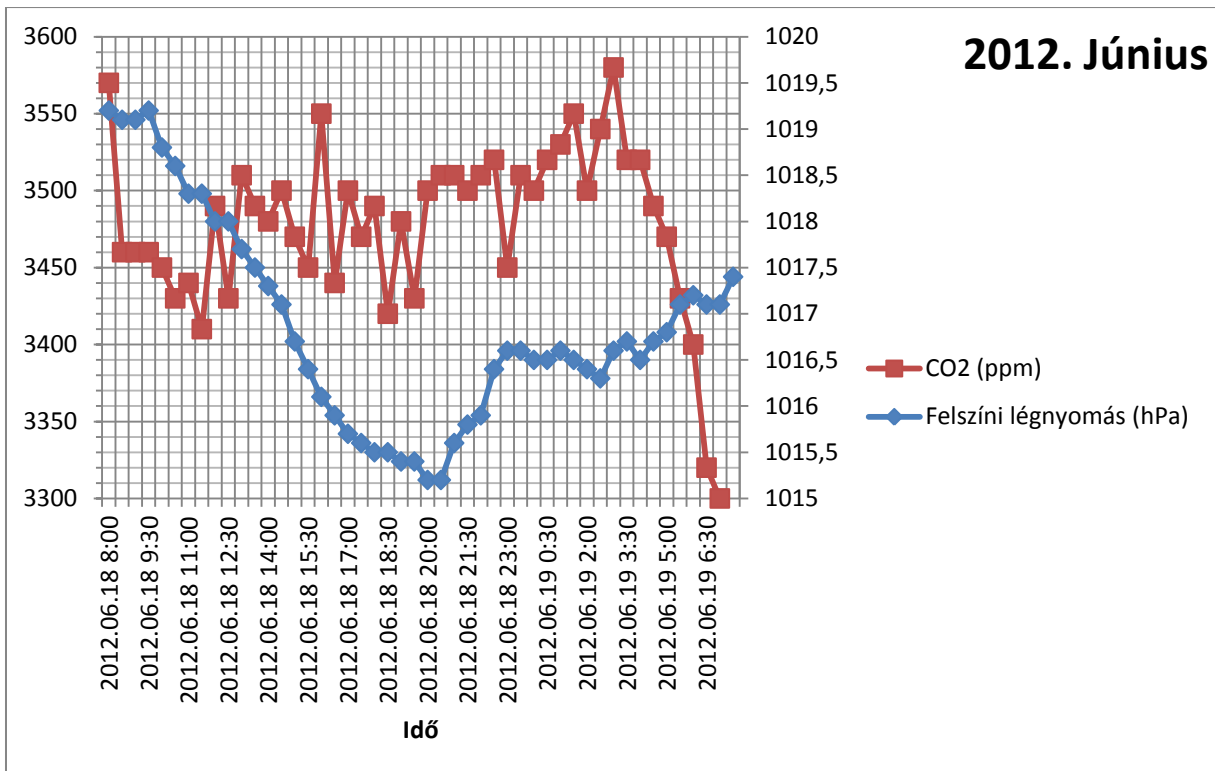
29. ábra: májusi CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni hőmérséklet függvényében

### 3.5.5 Júliusban átveszi a hőmérséklet a vezérlő szerepet

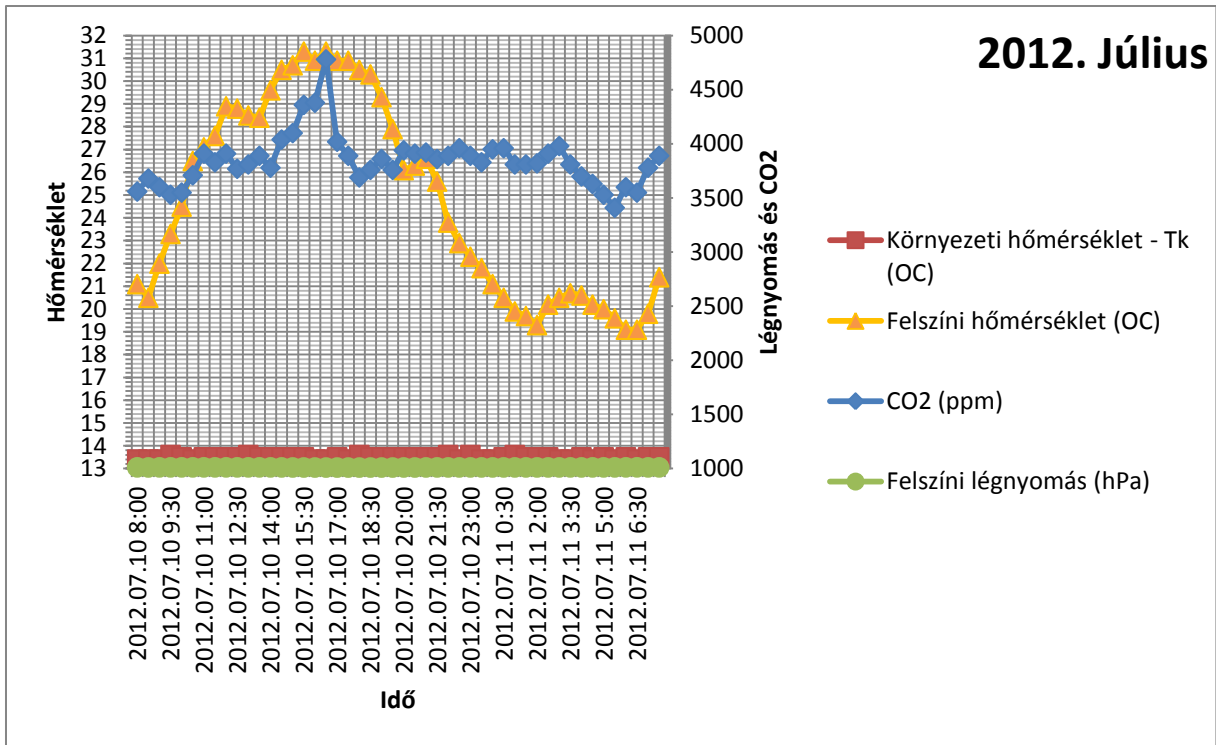
- Júliusban a napi átlaghőmérséklet már jóval meghaladja a barlangiét az egész nap folyamán, ami folyamatos és intenzív feláramlást eredményez (32. és 33. ábra). A CO<sub>2</sub> értéke eléri a napi maximumát és intenzitását a felszíni hőmérséklet vezérli (sűrűség különbségből adódó másodlagos nyomáskülönbség).
- Amikor a felszíni nyomás jelentősen visszaesett, a feláramlás mértéke csúcsra emelkedett, mely a hőmérséklet különbségben is jelentkezett.



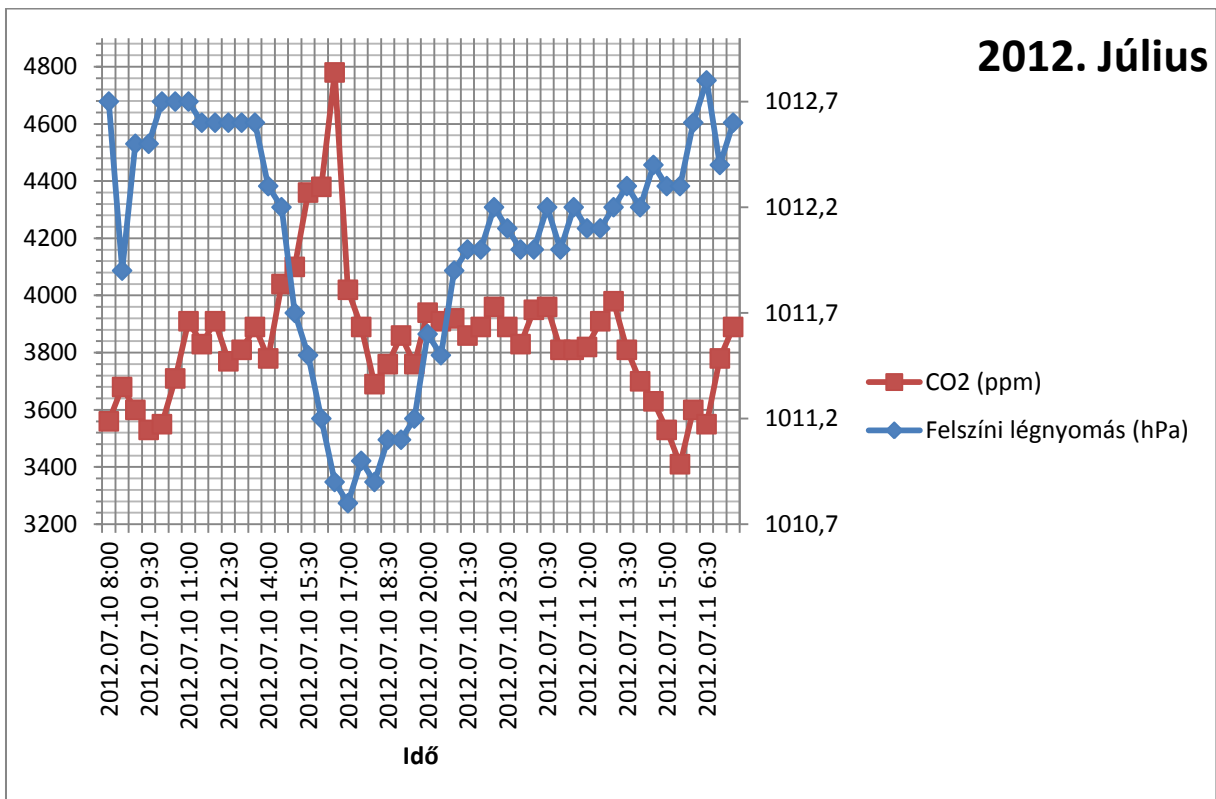
30. ábra: júniusi CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni hőmérséklet függvényében



31. ábra: júniusi CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni légnyomás függvényében



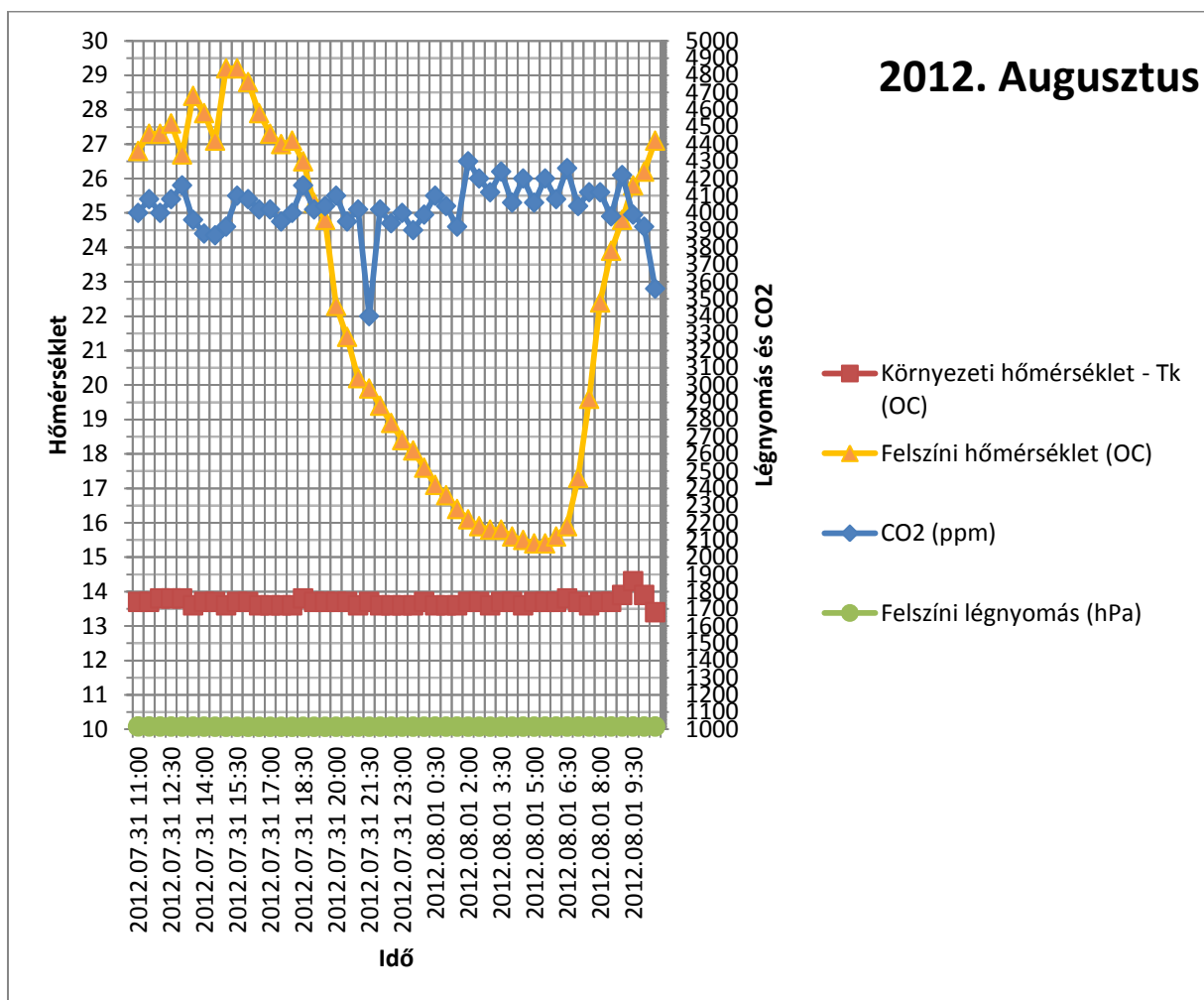
32. ábra: júliusi CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni hőmérséklet függvényében



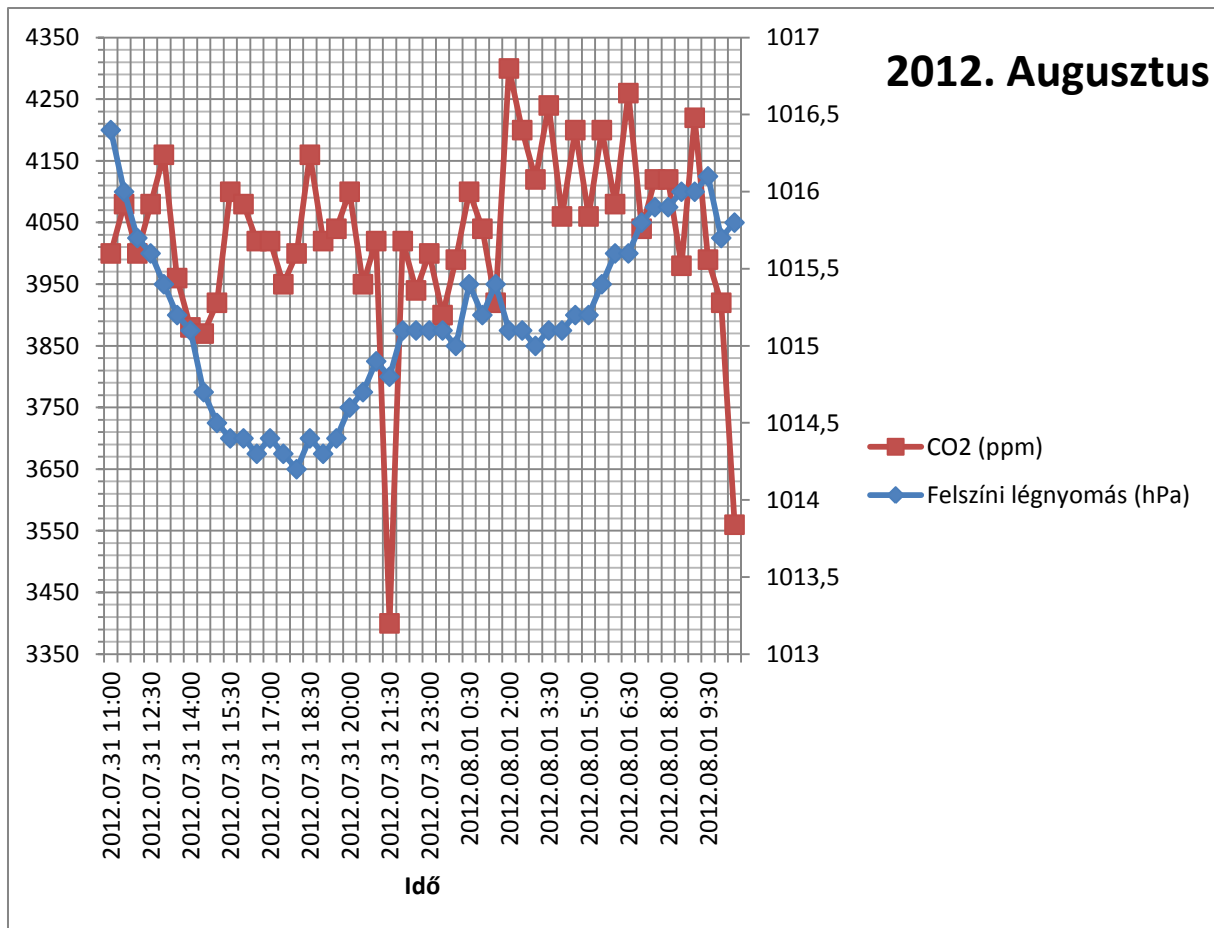
33. ábra: júliusi CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni légnyomás függvényében

### 3.5.6 Augusztusban felborulnak az eddig felállított modellek

- Augusztusban az intenzív nyári légközés ellenére felborulnak az eddig felállított modellek: a Szemlő-hegyi-barlang CO<sub>2</sub> értéke az összes eddig elfogadott törvényszerűséggel szembe fordul. Pedig azt gondoltuk, hogy barlangunkat jól ismerjük, annak fizikai határaival teljesen tisztában vagyunk, vagyis ismernie kell a fizikát és ráhúzhatónak kell lennie valamelyik alapmodellnek (34. és 35. ábra).
- A felszíni nyomás csökkenése növeli a feláramlást, de annak mértéke éppen akkor növekszik meg, mikor a felszíni hőmérséklet jelentősen lecsökken. Ha csak az eddig megismert barlangot nézzük, akkor ennek máshogy kellene működnie.
- A délelőtt 10 órakor bekövetkező CO<sub>2</sub> csökkenés és hőfok emelkedés még magyarázható a betegek csoportos ajtónyitogatásával (lásd korábbi tapasztalatok), de az éjszakai CO<sub>2</sub> lecsökkenésére az eddig megismert barlangmodellünk nem ad kielégítő magyarázatot. Muszáj tehát egy más-féle barlang modellt felállítanunk.



34. ábra: augusztusi CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni hőmérséklet függvényében



35. ábra: augusztusi CO<sub>2</sub> napi görbe a felszíni légnyomás függvényében

### 3.6. Megállapítások, következtetések:

- A Szemlő-hegyi-barlang (szemben más barlangokkal) CO<sub>2</sub> értéke nem követi egész évben a felszíni hőmérséklet változásait a már megismert légköri modellek alapján.
- A barlangi levegő CO<sub>2</sub> értéke az ismert járatokban felhalmozódó CO<sub>2</sub> és az ismeretlen mélyebben fekvő járatokból feláramló CO<sub>2</sub> együttes értékéből adódik, melyre a légköri nyomás is hatással van.
- A CO<sub>2</sub> értékét és a feláramlás mértékét jelentősen befolyásolja a zárt rendszer időszakos megbontása az ajtónyitogatások kapcsán. Ezek a műveletek annak ellenére is hatással vannak a barlangi CO<sub>2</sub> feláramlására, hogy az ajtó és a vizsgálati pont között több száz méternyi kiépített és kiépítetlen barlangjárat található.
- A Szemlő-hegyi-barlang klimatikus változásait csak akkor érthetjük meg, ha figyelembe vesszük a vele levegős kapcsolatban álló lényegesen nagyobb (ma még ismeretlen) barlangrendszerre ható tényezőket (szélnyomás, légnyomás, vízszint és hőmérséklet ingadozás...stb.)

- A Szemlő-hegyi-barlang korábbi tudományos értekezésekben mint „*hegylábi barlangtípus*” lett besorolva, a „*hegylábi barlangtípusra*” jellemző hőmérséklet-különbség által vezérelt törvényszerűségekkel.
- A SZIKKTI barlangkutató csoport intenzív feltáró kutatásainak köszönhetően a barlang összeköttetésbe került azzal az ismeretlen földalatti rendszerrel, melybe a hegylábi Molnár János barlang is beletartozik. Ismeretlen hosszúságú, több bejáratos, jelentős szintkülönbségű rendszerre alakult, mely már nem teljesíti a „*hegylábi barlangtípusra*” jellemző törvényszerűségeket.
- A légköri nyomás változása és a felszíni- barlangi levegő hőmérséklet-különbségéből adódó sűrűség- és nyomáskülönbségek nem csak a Szemlő-hegyi-barlang ma ismert járataira, de a Molnár János barlangra és a két barlang közötti ismeretlen járatokra is hatással vannak, így a Szemlő-hegyi-barlang levegőjét a vele kapcsolatban lévő barlangjáratok levegője szabályozza, befolyásolja. Az így kapott törvényszerűségeket csak a teljes rendszer tényének elfogadásával és a rájuk ható erők együttes értékelésével írhatjuk le.
- Kimondhatjuk, hogy a Tapolcai-barlangrendszerhez hasonlóan itt is nyomásvezérelt barlangtípussal állunk szemben, és ezeket a bemutatott grafikonok összefüggései is alátámasztják.



## **4 A barlangi aeroszol összetételének többféle módszerrel történő nagy pontosságú elemzése a Szemlő-hegyi-barlangban és a referencia-helyszínnek kijelölt Baradla-barlang Róka-ági laboratórium-termében**

### **4.2 Előzmények:**

Magyarországon számos különféle módszerrel és eltérő pontossági osztályba sorolható aeroszol összetétel vizsgálat történt az elmúlt 50 évben. Többségük nem követte a környezeti vizsgálatokra vonatkozó szabványokat, vagy mérési elvükből adódóan pontatlan eredményeket hozott. Ritkán állt a levett minták háttérében akkreditált vizsgáló laboratórium, amely a mérési eredmények pontosságát garantálná. Mindezen körülmények kiküszöbölésére, a múlt tanulságait elemezve végeztük el vizsgálatainkat két egymástól távol eső barlangban, de ugyanazon módszerekkel, melyeket egy időben alkalmaztunk.

### **4.3 A vizsgálatok célkitűzései:**

- a. 3 féle mintavételi eljárás egyidejűleg történő alkalmazása
- b. Az egyes mintavételi eljárások közti különbségek feltárása
- c. A felszíni és a barlangi minták szilárdanyag-tartalmának összehasonlítása
- d. A Szemlő-hegyi-, és a Baradla-barlang vizsgálati eredményeinek összevetése
- e. Teljes nehézfém elemzés mindkét helyszínen
- f. A barlangi aeroszol kémhatásának megállapítása

### **4.4 A vizsgálatokban résztvevő személyek:**

A vizsgálatban a STIEBER Környezetvédelmi Kft. levegőtisztaság-védelmi vizsgálólaboratóriumának munkatársai vettek részt.

Mérést vezette: Stieber József vizsgálómérnök, barlangi-kutatásvezető

Mérésben részt vettek: Izmindí Zsuzsanna, környezetmérnök  
Meizner Zsolt, környezetmérnök

### **4.4 Mérések időpontjai és helyszínei:**

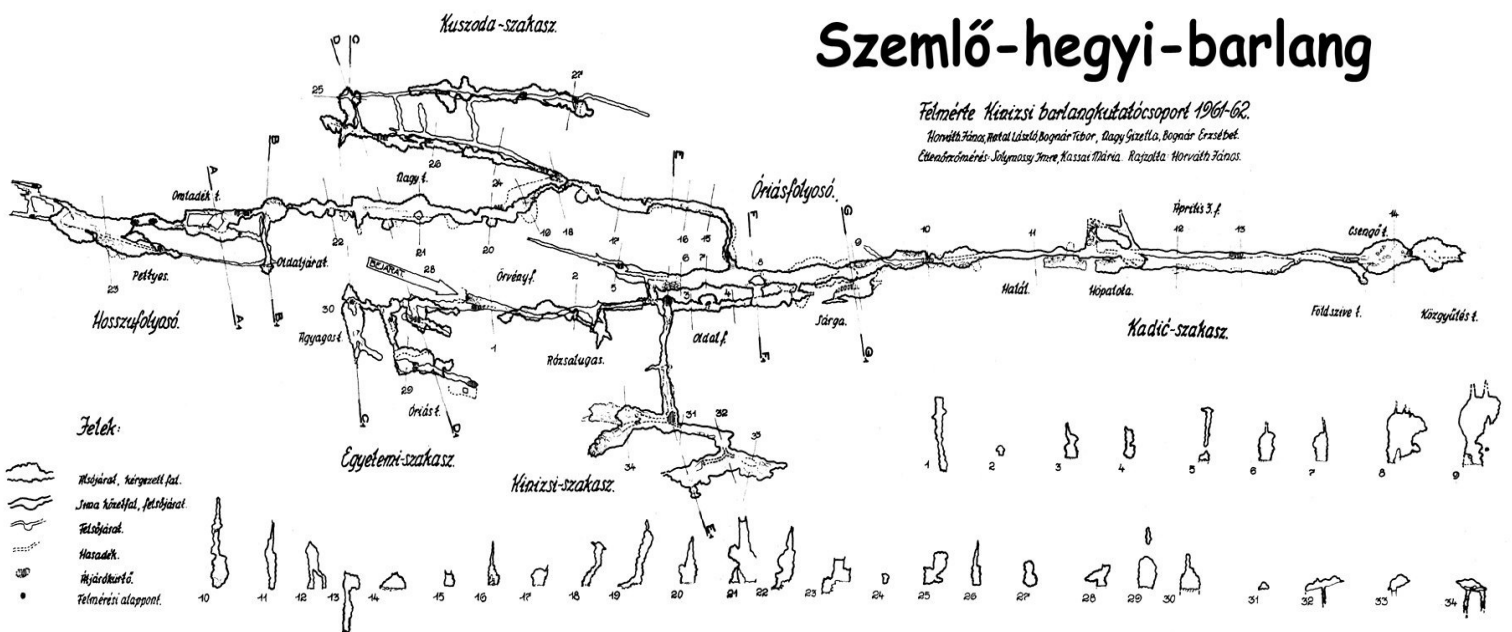
Az első mérést a Szemlő-hegyi-barlangban 2009. 05. 19. 11:00- tól 2009.05.20. 09:00-ig végeztük.

A mérések időtartama alatt a felszínen meleg, napos, száraz idő volt, 29 °C-os átlaghőmérséklettel, mely az esti órákban 15- 16 °C-ig süllyedt. A felszíni páratartalom 35-80% között változott, míg a barometrikus nyomás értéke 1015-1020 hPa volt.

A második mérést a Baradla-barlang „Róka-ági Labor-termében” 2009. 09. 02. -én 14:05- 22:00 h között végeztük.

A mérések időtartama alatt a felszínen meleg, napos, száraz idő volt. A barometrikus nyomás értéke 979,3 hPa volt. A barlang bejáratától 50 méter távolságban a felszíni CO2 tartalom 466 ppm volt.

Ahogy az egyes számú barlangtérképen is látszik, a Szemlő-hegyi-barlangban négy ponton végeztünk méréseket. Az egyes mérési pontot a felszínen jelöltük ki, 20 méterre az „Örvény-folyosó” felszíni bejáratától, a Barlang u. 10. sz. telken. A másodikat az „Örvény folyosó” alsó szakaszában, az „Órás-folyosóba” csatlakozás előtt, a harmadikat az „Óriás-folyosó karzatán” a negyediket pedig a „Halálkereszthasadékban”, a járat keresztmetszetében.



36. ábra: mintavételi és mérési pontok a Szemlő-hegyi-barlangban

A Baradla-barlangi mérések egy helyszínén, a „Róka-ági Labor-teremben” lettek elvégezve, valamennyi műszer és eszköz itt lett elhelyezve. A felszíni referencia mérést a „Vitla” lejárójától 20 méterre, a „Tourinform-iroda” mögötti parkolóban végeztük el.

#### 4.5 Alkalmazott műszerek és mérési módszerek

Mindkét mérési helyszínen hordozható, telepes kivitelű, akkreditált kalibráló laboratóriumban előzetesen lekalibrált, szabványos mérési módszert alkalmazó mérőműszereket használtunk, vizsgálólaboratóriumunk elfogadott vizsgálati eljárásait követve.

Az aeroszol összetételének meghatározására 3 féle mintavételi eljárást alkalmaztunk:

- Nagy-térfogatú mintavétel 270 mm átmérőjű kvarcüvegszálaspapírra
- 3 C-ra lehűtött barlangi-levegőből történő aeroszol kicsapás mintaelőkészítővel
- elnyelető-palackokon keresztül történő mintavétel

Mindhárom mintavételi eljárásban nagy pontossággal történt az átszívott minta mennyiségének meghatározása, melyet száraz-normál állapotra számítottunk át a koncentráció-értékekkel történő pontos átszámításhoz.

Az alkalmazott műszerek jegyzéke:

- 1 db WS-2700 tip. mobil meteorológiai állomás
- 1 db Testo 605-H1 digitális léghőmérő és páratartalom mérő
- 2 db OH-611- CIC típusú PM10 pormintavevő berendezés
- 1 db Testo 535 tip. infravörös-abszorpciós CO<sub>2</sub> mérő, diffúziós mérőcellával
- 1 db CHINO HANDY LOGGER hőmérséklet mérő-adatgyűjtő
- 2 db Testo 405 V1 precíziós, digitális hődrótos-anemométer
- 1 db GTD 1100 Altimeter/Barometer, az abszolút-nyomás mérésére
- 1 db Enviro 20 tip. gázelőkészítő és mintavevő, beépített hűtőkamrával
- 2 db üveg elnyelető-palack 2 x 100 cm<sup>3</sup> savanyított desztillált vízzel
- 2 db hitelesített gázmérő óra normalizáló csonkokkal
- 2 db DM 120 PL differenciál-nyomásmérő a normalizáláshoz
- 2 db Testo beszűrő hőmérő a normalizáláshoz

A levett mintákat a helyszínen savanyítottuk és a laborba érkezésig 10 C-on hűtöttük.

A minták elemzését a FUROL-ANALITIKA akkreditált vizsgálólaboratórium végezte.

A mérésben alkalmazott mérőműszerek kalibrálását a STIEBER Levegőtisztaság-védelem akkreditált kalibrólaboratóriuma kalibrálta.

#### 4.5 Mérési eredmények a Szemlő-hegyi-barlangban

Felszíni mérés				
	Pa (Pa)	RH %	Tk (°C)	CO <sub>2</sub> (ppm)
9:00	1000,1	52,1	24,0	499
13:00	995,6	49,0	27,5	450
17:00	993,9	48,5	27,0	545
21:00	995,7	57,3	23,3	572
1:00	995,6	69,0	18,9	576
5:00	996,3	79,1	15,5	515
9:00	998,1	66,2	20,7	512

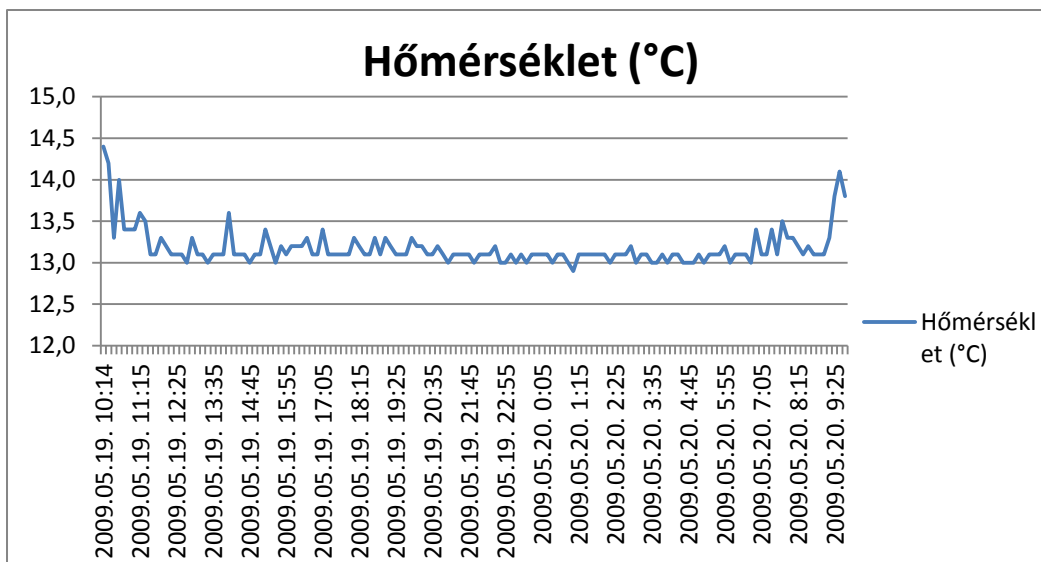
37. ábra: a felszínen rögzített meteorológiai alapadatok bemutatása

Vizsgált komponens	Minta jele	Minta-vétel ideje (óra)	Átszívási sebesség (m <sup>3</sup> /h)	Átszívott levegő mennyisége (m <sup>3</sup> )	Por tömege a mintában (gramm)			Szálló por koncentrációja (µg/ m <sup>3</sup> )		
					PM10	Durva por	Összes por	PM10	Durva por	Összes por
Szálló por	1	12	70	747,64	0,0328	0,0187	0,0515	43,978	25,1302	69,1082

38. ábra: a felszíni PM 10 pormérés eredményeinek összefoglalása

Vizsgált komponens	Minta jele	Minta-vétel ideje (óra)	Átszívási sebesség (m <sup>3</sup> /h)	Átszívott levegő mennyisége (m <sup>3</sup> )	Por tömege (gramm)			Szilárdanyag koncentrációja (µg/ m <sup>3</sup> )
					PM10	Durva por	Összes por	Összes-szilárdanyag tartalom
Szálló por	2	8	70	525,14	0,23463	0,1340	0,3686	446,795

39. ábra: az „Örvényfolyosó” alsó szakaszában (a Kinizsi-folyosó alatt) végzett összes-szilárdanyag mérés eredménye



40. ábra: a barlangi levegő hőmérsékletének változása az „Óriás-folyosó karzatán”

alkotó	Kicsapatásos minta	Elyeletéses minta
hirdogén-karbonát (mg/l)	< 3	< 3
	(µg/minta)	(µg/minta)
nátrium	0,08	0,52
kálium	0,04	0,08
kalcium	0,07	0,30
magnézium	0,04	0,02
bárium	0,32	0,96
vas	19,65	26,90
mangán	1,65	0,65
ezüst	0,01	<0,02
arzén	0,11	<0,10
kadmium	0,05	<0,10
kobalt	0,39	0,47
összes króm	0,40	1,94
réz	12,85	3,24
molibdén	0,26	<0,20

nikkel	9,15	0,82
ólom	50,50	3,30
antimon	1,89	<1,10
szelén	<0,10	<0,20
ón	2,60	<1,10
cink	41,05	22,90

41. ábra: az „Óriás-folyosó karzatán” levett elnyeletéses és a kicsapatásos minták nehézfém-tartalmának koncentráció-értékei

Idő	Nagy gázóra			Kis gázóra		
	T (°C)	Pa (Pa)	óra állás	T (°C)	Pa (Pa)	óra állás
11:00	14,9	+50	62	14,3	-470	613
12:00	13,5	+50	312	13,5	-471	807
13:00	13,3	+50	520	13,4	-466	1012
14:00	13,3	+50	776	13,5	-461	1244
15:00	13,3	+50	1048	13,4	-465	1507
16:00	13,3	+50	1215	13,4	-464	1663
17:00	13,3	+50	1423	13,4	-463	1861
18:00	13,3	+50	1706	13,5	-463	2130
19:00	13,3	+50	1925	13,5	-464	2339
20:00	13,3	+30	2160	13,4	-465	2565
21:00	13,0	+50	2411	13,5	-464	2809
22:00	13,0	+40	2618	13,4	-463	3011
23:00	13,1	+50	2837	13,4	-466	3219
0:00	13,1	+50	3084	13,4	-469	3458
1:00	13,1	+50	3328	13,4	-464	3691
2:00	13,0	+50	3588	13,5	-463	3920
3:00	13,0	+60	3778	13,5	-463	4127
4:00	13,0	+50	4025	13,4	-460	4369
5:00	13,0	+50	4269	13,4	-459	4605
6:00	13,0	+50	4488	13,4	-460	4818
7:00	13,1	+50	4706	13,5	-460	5030
8:00	13,3	+60	4947	13,5	-457	5264
9:00	13,1	+60	5198	13,5	-460	5506

42. ábra: az „Óriás-folyosó karzatán” levett elnyeletéses és a kicsapatásos minták átszívott mennyiségeinek korrekciós táblázata



Mérés kezdete: 2009. 09. 02. 11:10

Mérés vége: 2009. 09. 02. 15:58

Idő	1-es mérőkör			2-es mérőkör		
	Gázóra (m3)	Tg (°C)	P (Pa)	Gázóra (m3)	Tg (°C)	P (Pa)
10:53	12,818			5,583		
11:05	12,823	13	-8,3	5,593	12,1	-55,7
11:43	12,877	10,5	-8,4	5,663	10,7	-59,2
14:40	12,941	10,7	-8,3	5,751	10,7	-59,2
15:25				5,785	10,7	-59
15:40	12,971	10,7	-8,0			

45. ábra: a barlangban levett mintákhoz tartozó térfogatáramok. Az 1. sz. mérőkör 0,45 mikronos szűrővel lett ellátva a nagyméretű szilárd részek leválasztására, míg a 2. sz. mérőkör a teljes aeroszol-frakciót átvezette az elnyelő-palackokon.

Idő	Tk (°C)	Pa (hPa)	CO <sub>2</sub> (ppm)
11:05	11,5	980,7	4413
11:43	11,2	980,4	4467
14:40	11,5	979,5	4464
15:40		978,8	

46. ábra: a barlangban mért léghőmérsékleti, barometrikus-nyomás és CO<sub>2</sub> adatok

Beépített CO <sub>2</sub> mérő kalibrálása:	
etalon: 1000 ppm	mért: 1210 ppm

47. ábra: a beépített klímamonitoring állomás CO<sub>2</sub> csatornájának kalibrálógázzal történt ellenőrzése

Beépített mérőállomás adatai						
Idő	CO <sub>2</sub> (ppm)	Tsz (°C)	Tn (°C)	ΔT (°C)	RH (%)	T belső (°C)
11:20	4610	10,56	10,35	0,20	97,3	19,6
12:40	4610	10,62	10,40	0,21	97,3	19,41

48. ábra: a beépített klímamonitoring állomás két jellemző, kézzel rögzített adatsora, amely az etalonokkal történő összehasonlítás folyamatos háttérváltozását mutatja



## **A levett minták helyszíni pH elemzésének eredményei:**

### **Vakpróba desztillált vízre**

PH: 9,04

ζ: 5 μscm-1

1, PH etalon: 35653-01 típusú, 10° C-on 4,00

Leolvasott: PH 5,2

2, PH etalon: radiométer típusú, 10 °C-on 4,00

Leolvasott: PH 5,03

3, PH etalon: 35653-02 típusú, 10 °C-on 7,06

Leolvasott: PH 7,99

4, PH etalon: radiométer típusú, 10 °C-on 7,02

Leolvasott: PH 7,91

## **4.6 Az aeroszol kémhatásának vizsgálata a Szemlő-hegyi-barlangban és a Baradla-barlang „Róka-ági Labor-termében”:**

### **A vizsgálat célkitűzése:**

Megállapítani az aeroszol valódi kémhatását, mely rávilágítana a visszaoldódási jelenségek esetleges okára. Figyelembe véve az aeroszol instabil állapotát és a benne lévő komponensek kicsapódásának veszélyét, a vizsgálatot fokozott gondossággal, a helyszínen végeztük el.

### **Alkalmazott vizsgálati módszer:**

A vizsgálati módszer alapja a műszeres pH mérés a diffúziósan elnyeletett és az elnyeletőpalackokban keletkezett mintákból. A hőmérsékletkompenzáció elkerülése érdekében valamennyi pufferoldatot és a vizsgált mintákat is barlangi hőmérsékleten és légmentesen lezárt állapotban tároltuk. Az oldat alapjául szolgáló ioncserélt vizet a helyszínen, az elnyeletés előtt elemeztük meg. A pH mérő műszert 2 féle pufferrel 2-2 ponton, összesen 4 ponton kalibráltuk a mérés megkezdése előtt és után. Minden mérési eredményt a kirajzolt korrekciós görbe alapján korrigáltunk.

### **Megállapítások:**

Mindkét diffúziós mintát azonos ideig hagytuk a barlangi légtérrel érintkezni, mégis meglepő, hogy az üveglappal lefedett, de természetesen nem légmentesen lezárt mintaedényünkben némileg magasabb lett az oldat pH értéke, mint a levegővel mindvégig érintkező oldatnak. Ha figyelembe vesszük az aeroszol részecskék gravitációs mozgását, akkor leszögezhetjük, hogy a nehezebb szilárd részecskék, amelyek súlyuknál fogva lesüllyednek a talajszintre, illetve belesüllyednek a nyitott edény oldatába, nem vagy csak részben jutnak be az üveglappal lefedett oldatba.

A fenti állítást megerősíti az átszívós minták elemzési eredménye, ahol jól látható az átszívott mennyiség és a pH változás aránya. Kevesebb mennyiség ellenére is alacsonyabb pH értéket mértünk

a 0,45 mikronra leszűrt mintából, ami azonos átszívott mennyiség esetén még nagyobb különbséget mutatna. Kijelenthetjük tehát, hogy a barlangi aeroszolban megtalálható 0,45 mikronnál nagyobb részecskék lúgosítják az egyébként savas kémhatású aeroszolt.

Jelen vizsgálat nem ad arra támpontot, hogy a barlangi-aeroszol kémiai vagy biológiai összetevőktől válik savassá és arra sem, hogy a jelenség a Baradla-barlang más részeiben is hasonló tendenciát mutatna. Arra sincs mérési eredményünk, hogy más barlangok levegőjében is ugyanezen eredményeket tudnánk kimutatni. Mindezek bizonyítására a Mikrobiológia és a Mikológia területeinek bevonására, valamint további vizsgálatokra lenne szükség.

Ssz.	Minta megnevezése	Átszívott mennyiség	Kiindulási pH	Mintavétel végén mért pH	Kiindulási vezetőképesség ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )	Mintavétel végén mért vezetőképesség ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )
1	Diffúziós minta főzőpohárban 100 cm <sup>3</sup> ioncserélt víz, letakarás nélkül	diffúziós minta, expozíciós idő: 4,25 h	8,14	5,82	5	6
2	Diffúziós minta főzőpohárban 100 cm <sup>3</sup> ioncserélt víz, üveglappal letakarva	diffúziós minta, expozíciós idő: 4,25 h	8,14	5,61	5	4
3	0,45 mikronos szűrőn keresztül átszívott, 2 db elnyeletőedényben, 200 cm <sup>3</sup> ioncserélt vízben elnyeletve	148 Nliter (77 %)	8,14	5,06	5	5
4	szűrő nélkül, közvetlenül átszívott, 2 db elnyeletőedényben, 200 cm <sup>3</sup> ioncserélt vízben elnyeletve	192 Nliter (100 %)	8,14	5,21	5	6

49. ábra: a barlangi aeroszol kémhatásának vizsgálata

## 5 Összefoglaló vizsgálati jelentés a Szemlő-hegyi-barlang két terápiai helyszínén végzett aeroszol-mintavétel és kémiai analízis labor eredményeiből

**Készítette a STIEBER Környezetvédelmi Kft. vizsgálólaboratóriuma**

xxx *A határértéket felszíni szállóporra a 4/2011. (I. 14.) VM rendelet írja elő.*

*Megjegyzés: a barlangi levegő szilárdanyag tartalma oldott-aeroszol formában van jelen, így az szállóporoknak nem tekinthető!*

*A barlangi aeroszolban található kémiai komponensek koncentrációja egyetlen esetben sem haladta meg a határértéket, míg számos gyógyhatású komponens kedvező mennyiségben került kimutatásra.*

Kiadva: Budapest, 2011-10-18

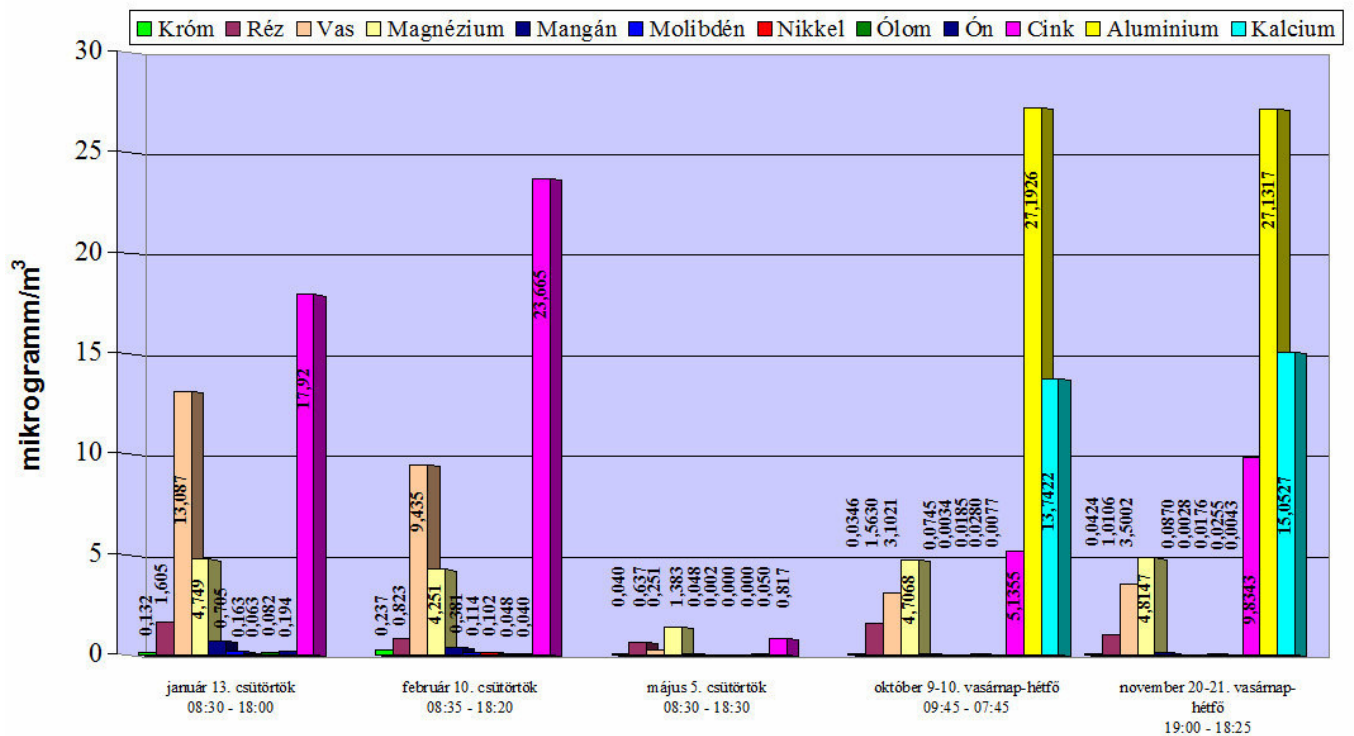
Vizsgált komponensek ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	„Agyagos-folyosó” terápiai szakasz			„Óriás-folyosó” (létra előtti szűkület) terápiai szakasz				Határérték ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) xxx
	2011. január 13.	2011. február 10.	2011. május 05.	2011. június 06.	2011. június 21-22.	2011. július 13-14.	2011. szeptember 06.	
Por koncentrációja PM10	88,638	123,09	65,06	24,26	77,14	82,76	38,51	50
kadmium	0,0000	0,0000	0,0000	0,0015	<0,002	<0,002	<0,000	0,05
kobalt	0,0040	0,0020	0,0000	<0,002	<0,002	<0,002	<0,000	
króm	0,1320	0,2370	0,0,40	0,101	0,0390	0,0250	0,0140	
réz	1,6050	0,8230	0,6370	0,361	0,4450	0,3010	0,6130	2,5
vas	13,0870	9,4350	0,2510	3,844	3,1700	1,8060	5,2160	
magnézium	4,7490	4,2510	1,3830	9,194	2,9090	3,8600	5,6160	
mangán	0,7050	0,3810	0,0480	0,242	0,0460	0,0440	0,0240	175
molibdén	0,1630	0,1140	0,0020	0,017	0,0090	0,0010	<0,001	
nikkel	0,0630	0,1020	0,0000	0,037	0,0260	0,0090	0,0090	
ólom	0,0820	0,0480	0,0000	0,013	0,0117	0,0090	0,0430	2,5
ón	0,1940	0,0400	0,0500	0,038	0,0140	0,0020	0,0020	
cink	17,9200	23,6650	0,8170	18,92	2,2050	5,3000	1,2680	10

Mintavételt végezte: Stieber József vizsgálómérnök, barlangi kutatásvezető

*50. ábra: a 2011-ben elvégzett aeroszol fém tartalom vizsgálat eredményeinek összefoglaló táblázata*

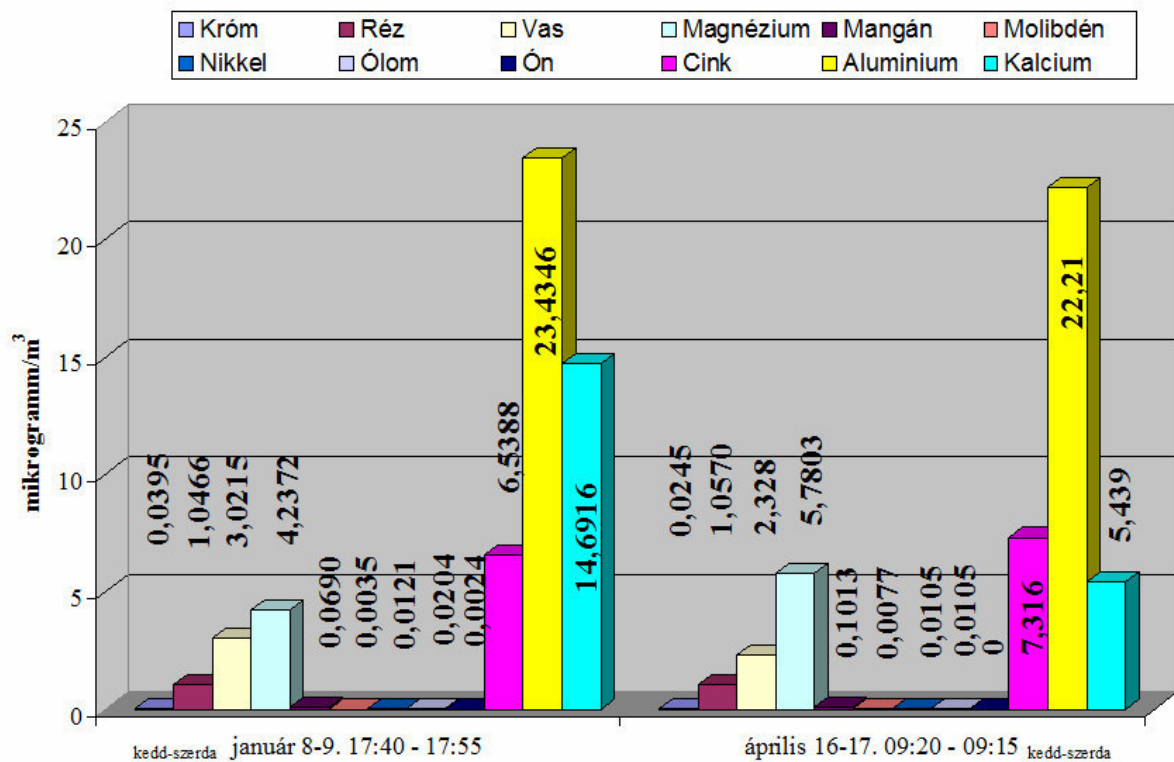
**A következő ábrák adatsorának feldolgozását és megjelenítését, a grafikonok szerkesztését Horváth Á. Katalin végezte el.**

## Agyagos 2011. évi ásványanyag komponensek

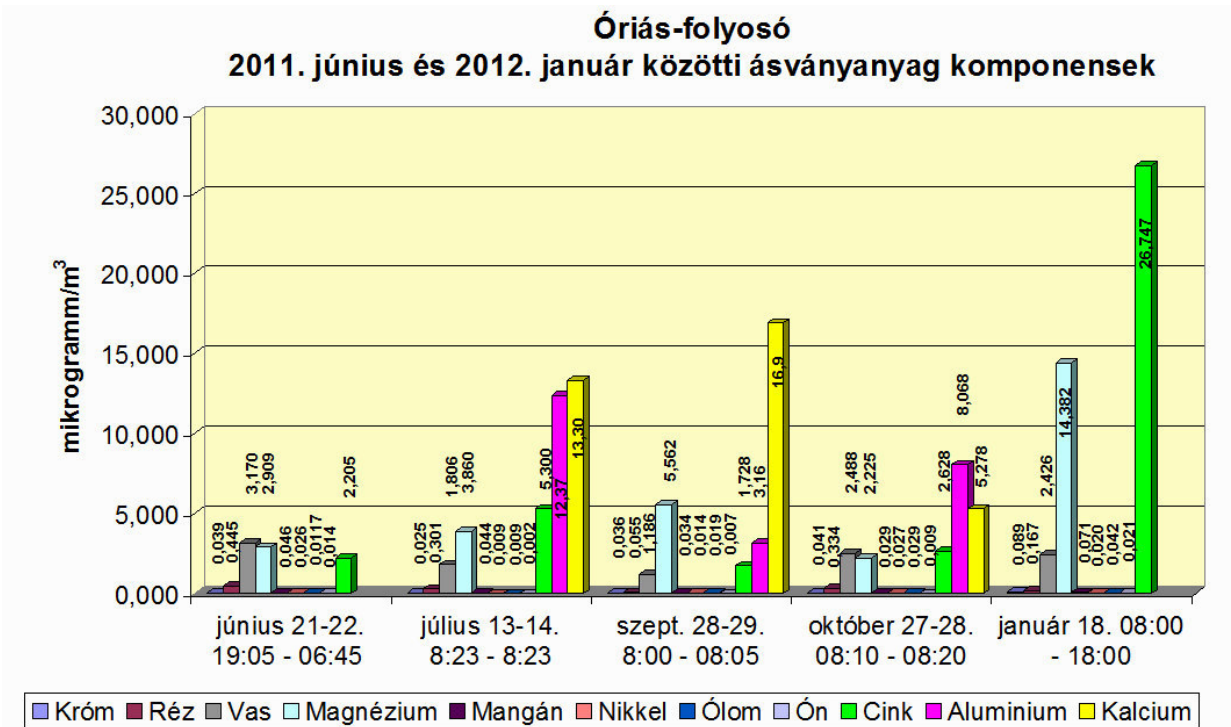


51. ábra: az Agyagos-folyosóban 2011-ben levett aeroszol-minták szilárdanyagából visszamért fém-komponensek aránya

## Agyagos 2013. évi ásványanyag komponensek

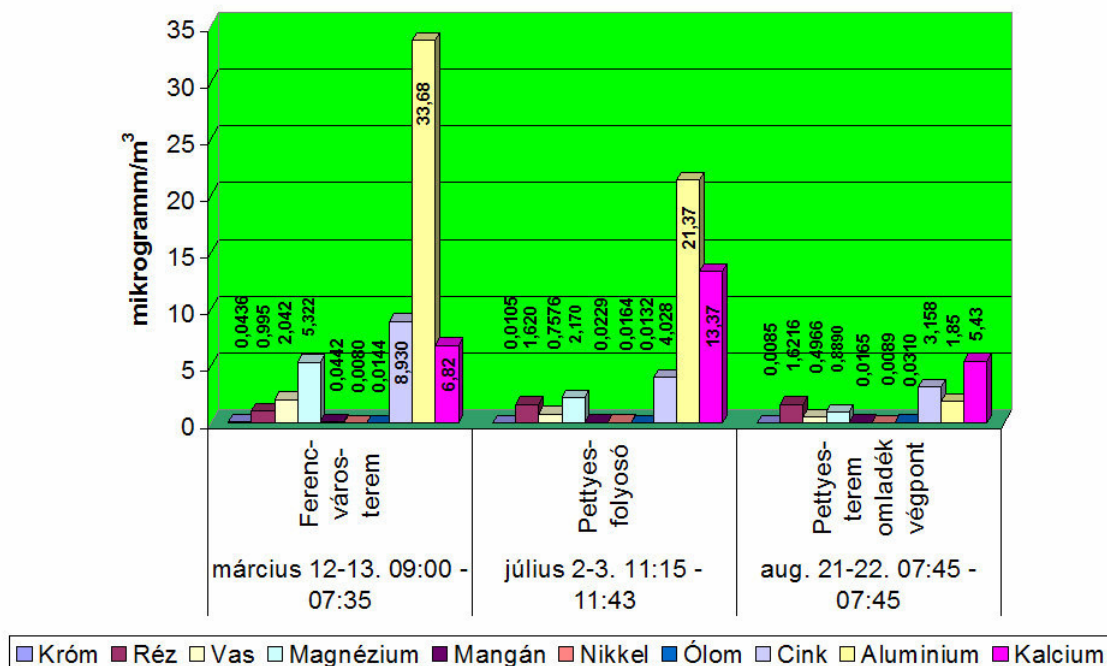


52. ábra: az Agyagos-folyosóban 2013-ban levett aerosol-minták szilárdanyagából visszamért fém-komponensek aránya



53. ábra: az Óriás-folyosóban 2011-2012-ben levett aerosol-minták szilárdanyagából visszamért fém-komponensek aránya

**2013. évi ásványanyag komponensek egyéb vizsgálati helyeken**



54. ábra: a Ferencvárosi-teremben és a közelében található Pettyes-teremben 2013-ban levett aerosol-minták szilárdanyagából visszamért fém-komponensek aránya

## **6 A Szemlő-hegyi-barlang aeroszol-monitoring programjának eredményei**

### **6.1 Összefoglalás**

*A Szemlő-hegyi-barlang levegő-összetétel stabilitásának megállapítására 30 napos folyamatos aeroszol mintavételt és aztán havonta 1 x 24 órás szakaszos mintavételt végeztünk, mely minták szilárdanyag-tartalmát és fém-komponenseit vizsgáltuk meg. Kiderült, hogy a kéreg-eredetű alkotók heti-szintű stabilitást mutattak, míg az antropogén-szennyezők aránya naponta változott. A szilárdanyag-terhelésért elsősorban a mosatlan overall használata a felelős, melyek szállóporból alakulnak át aeroszollá, majd a mintavételt követően ismét szilárdanyaggá. A télen végrehajtott fogadóépület-felújítás jelentős terhelést adott a barlang egyes járatainak, de a terápiás szakaszon már nem érzetette hatását. A kéreg-eredetű komponensek maximuma egybeesett a július-augusztusi feláramlások maximumával. A cikk rámutat a barlangi légtér sebezhetőségére, az üzemeltető egyedüli felelőségére.*

### **6.2 A vizsgálatok célkitűzése**

Megállapítani a Szemlő-hegyi Gyógybarlang levegőjének valódi stabilitását, melyet leginkább az aeroszol összetételének nagy pontosságú elemzésével és 24 órás mintavételével értük el.

### **6.3 A vizsgálatokban résztvevő személyek**

A vizsgálatban a STIEBER Környezetvédelmi Kft. levegőtisztaság-védelmi vizsgálólaboratóriumának munkatársai vettek részt.

Mérést vezette: Stieber József vizsgálómérnök, barlangi-kutatásvezető

Mérésben részt vettek: Fiszter Balázs, környezetmérnök

Izmini Zsuzsanna, környezetmérnök

Meizner Zsolt, környezetmérnök

### **6.4 Alkalmazott vizsgálati módszer**

A vizsgálati módszer alapja a nagy-térfogatú mintavétel, melyet szilárdanyag-mintavevő berendezés telepítésével értünk el. Kísérlet képen a berendezéseket elláttuk egy PM10

leválasztó fejjel, így gyakorlatilag a 10 mikron feletti részeket leválasztottuk és nem mértük. Ezzel a módszerrel úgy gondoltuk, hogy kizárjuk a ruházaton keresztül behozott, nagy szemcseméretű port.

Az első vizsgálati ciklusban 30 napra telepítettünk le műszert a barlangba, mely 24 órán keresztül szívott ismert térfogatáramú levegőt a mintapapírra, majd átállt a következőre. A mintákat 7 napos átlagértékekre bontottuk és tömegspektrometriásan elemeztettük. 2 napot külön kivettünk és megelemezettük, mert ezek jelentősen eltértek a többitől.

A második mérési ciklusban havonta egy alkalommal 24 órán keresztül működtettük a szilárdanyag-mintavevő berendezést, mely egy szűrőpapírra vette le a mintát. A mintákat szintén laboratóriumban elemeztettük.

## 6.5 Alkalmazott eszközök

- RAAS 10-300 típusú szilárdanyag mintavevő készülék: első mérési ciklus, 2010.02.16.-2010.03.15. között 30 napos mintavétel (37. ábra)
- OH 611–CIC Totál és PM<sub>10</sub> szállópor mintavevő készülék: 2011.-ben havonta egy alkalommal 24 órás mintavétel (38. ábra)



55. ábra: Thermo RAAS szekvenciális pormintavevő szekrény a barlangban

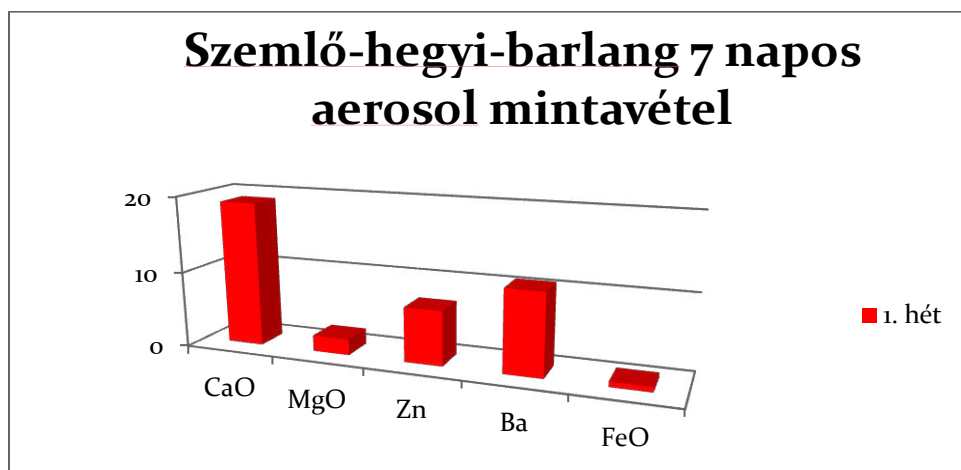


52. ábra: OH-611 nagy-térfogatú szállópor-mintavevő a barlangban

## 6.6 A 30 napos mintavételi időszak eredményeinek bemutatása

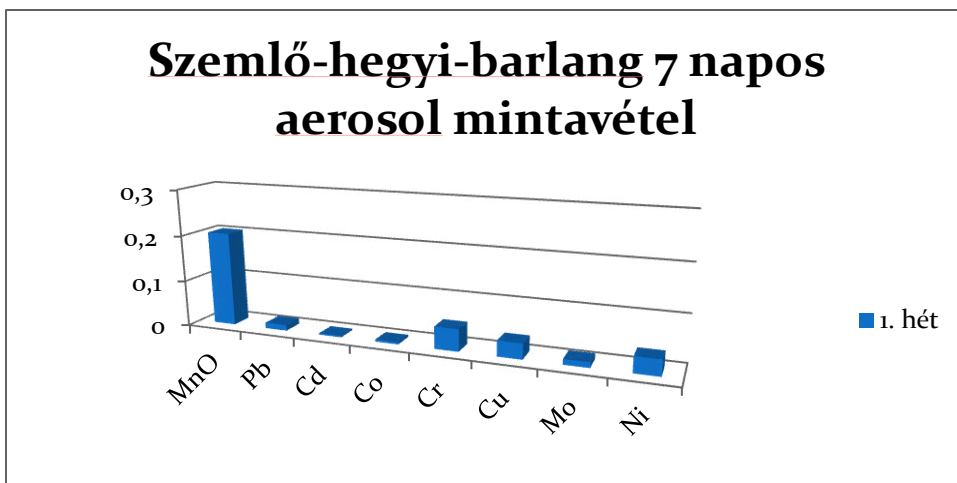
6.6.1. Mintavételi időszak: 2010.02.16.-2010.03.15.

6.6.2. A vizsgálati eredmények bemutatása diagramokon:

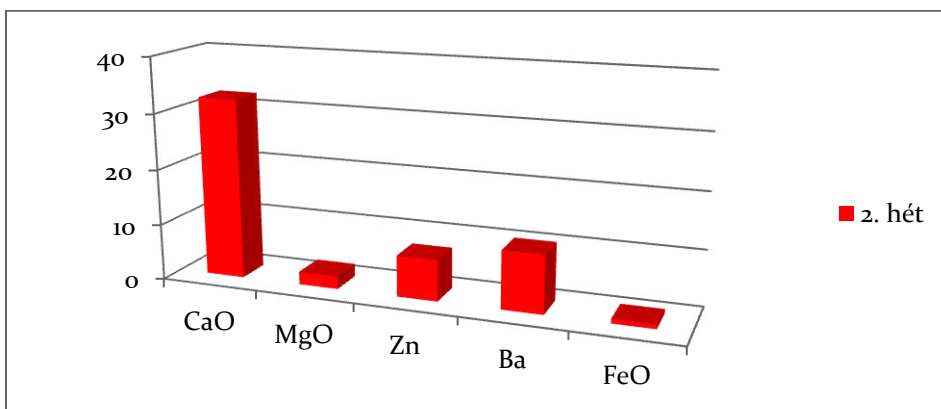


53. ábra: Szemlő-hegyi-barlang 7 napos aeroszol mintavétel (1. hét), egyes fémek tömege a mintában  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben

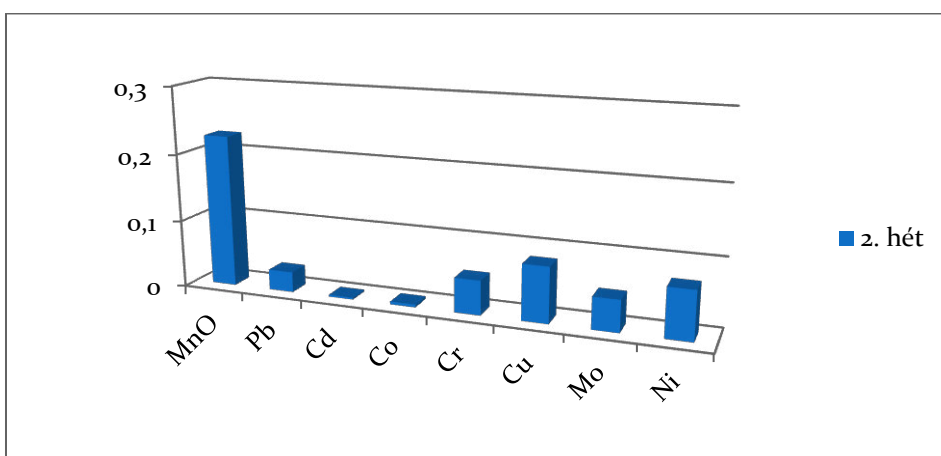




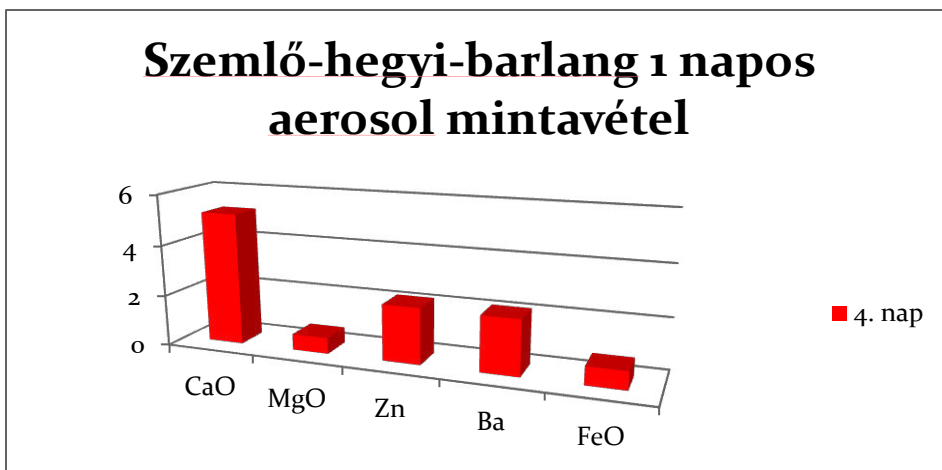
54. ábra: Szemplő-hegyi-barlang 7 napos aerosol mintavétel (1. hét), egyes fémek tömege a mintában µg/Nm<sup>3</sup>-ben



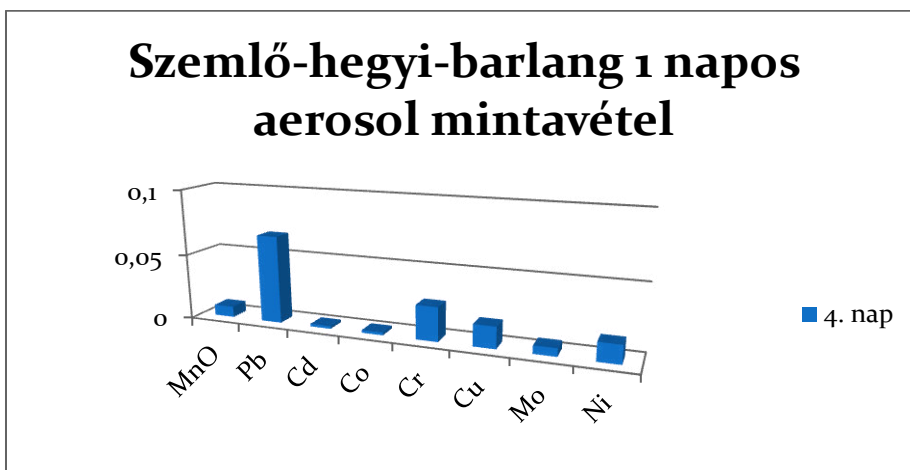
55. ábra: Szemplő-hegyi-barlang 7 napos aerosol mintavétel (2. hét), egyes fémek tömege a mintában µg/Nm<sup>3</sup>-ben



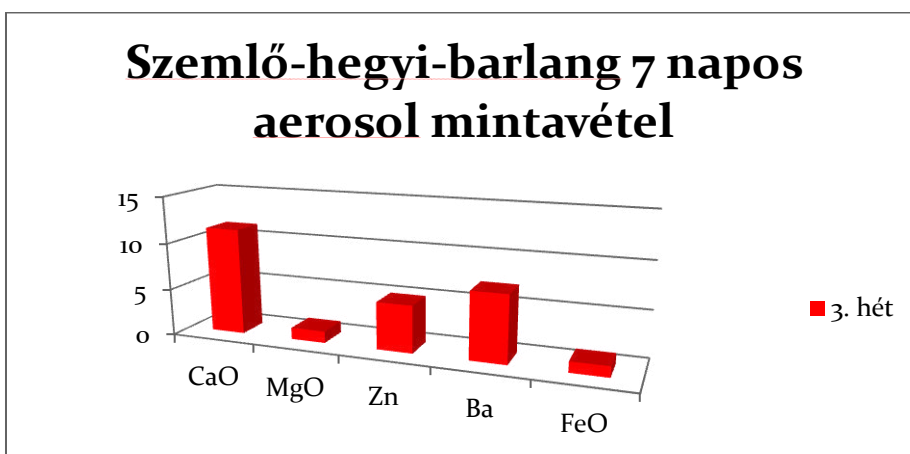
56. ábra: Szemplő-hegyi-barlang 7 napos aerosol mintavétel (2. hét), egyes fémek tömege a mintában µg/Nm<sup>3</sup>-ben



57. ábra: Szemplő-hegyi-barlang 1 napos aeroszol mintavétel (1. hét, 4. napja), egyes fémek tömege a mintában  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben

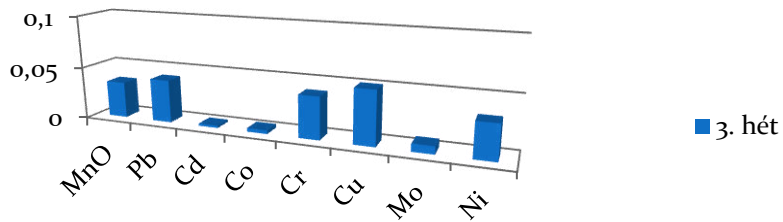


58. ábra: Szemplő-hegyi-barlang 1 napos aeroszol mintavétel (1. hét, 4. napja), egyes fémek tömege a mintában  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben

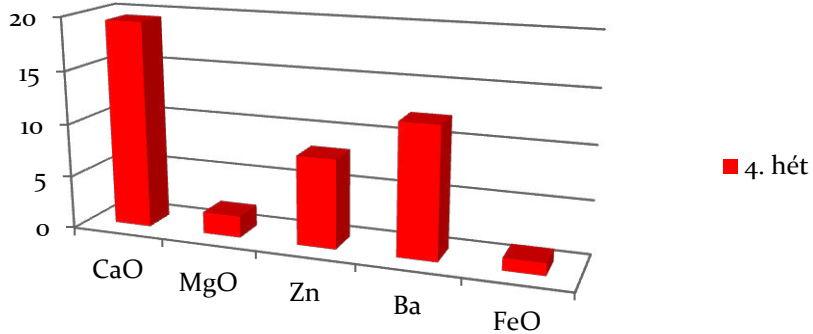


59. ábra: Szemplő-hegyi-barlang 7 napos aeroszol mintavétel (3. hét), egyes fémek tömege a mintában  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben

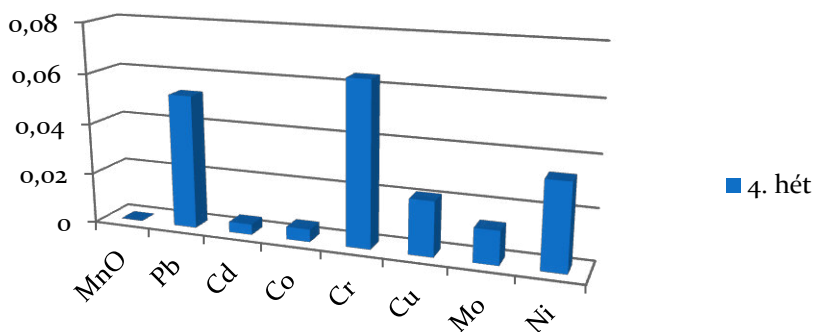
## Szemplő-hegyi-barlang 7 napos aeroszol mintavétel



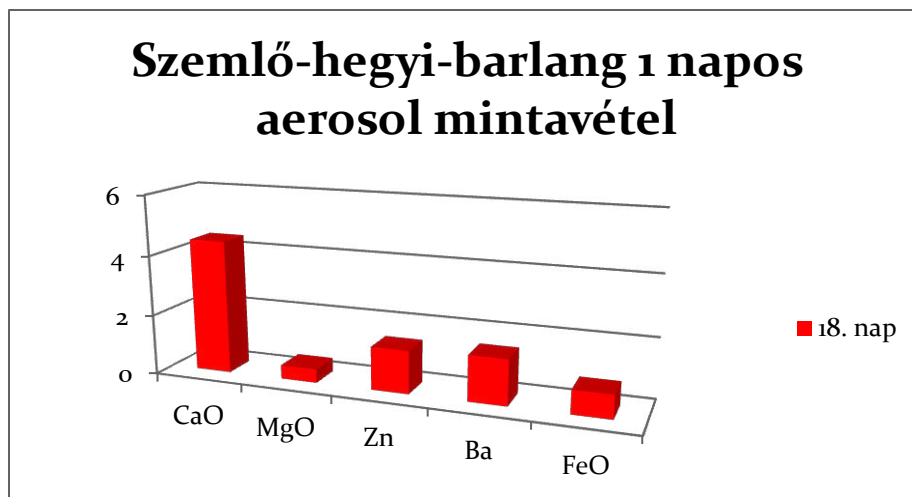
60. ábra: Szemplő-hegyi-barlang 7 napos aeroszol mintavétel (3. hét), egyes fémek tömege a mintában µg/Nm<sup>3</sup>-ben



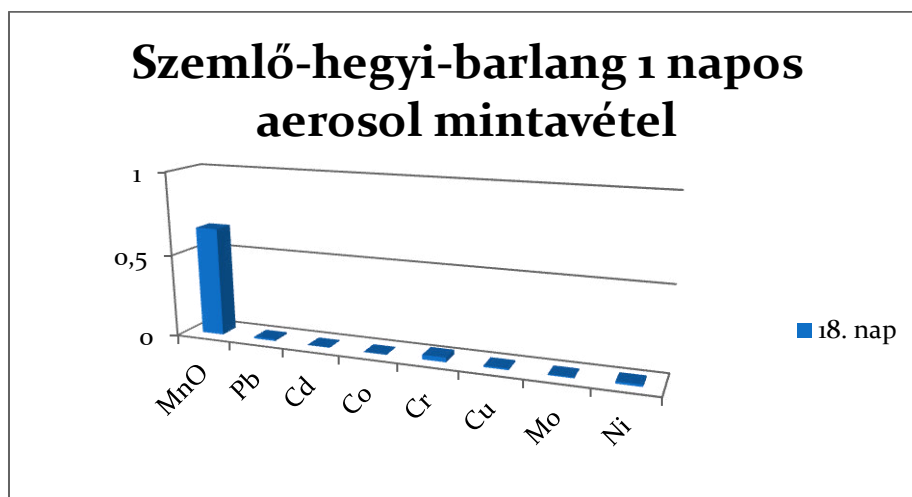
61. ábra: Szemplő-hegyi-barlang 7 napos aeroszol mintavétel (4. hét), egyes fémek tömege a mintában µg/Nm<sup>3</sup>-ben



62. ábra: Szemplő-hegyi-barlang 7 napos aeroszol mintavétel (4. hét), egyes fémek tömege a mintában µg/Nm<sup>3</sup>-ben



63. ábra: Szemplő-hegyi-barlang 1 napos aeroszol mintavétel (3. hét, 18. napja), egyes fémek tömege a mintában  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben



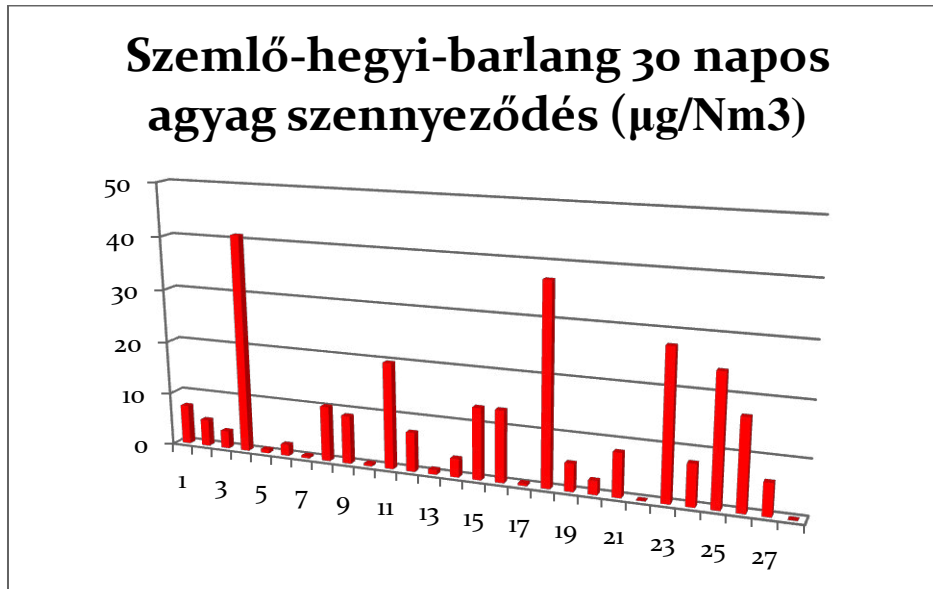
64. ábra: Szemplő-hegyi-barlang 1 napos aeroszol mintavétel (3. hét, 18. napja), egyes fémek tömege a mintában  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben

## 6.7 A 30 napos mérés értékelése

- A földkéreg alkotó elemei (kéreg eredetű elemek) közül a Ca, Mg, Ba, és Fe közel azonos heti eloszlást mutattak, annak ellenére, hogy téli időszakban történt a mintavétel, amikor a felszínről a kőzetrepedéseken keresztül a barlangba befelé áramlott a felszíni levegő.
- A mennyiségi eltérést más jelenséggel magyarázhatjuk: a mintavétel a Halálkeresztfolyosóban történt, ahol a mélyből meleg,  $\text{CO}_2$ -ben dús, aeroszol borsóköveket is produkáló mélykarsztos levegő áramlott fel, melyet a felszíni levegő hőmérsékletváltozása által indukált légáramlás különböző mértékben hígított.

### 6.7.1 Az antropogén szennyezők változása

- Az antropogén szennyezők közül a Pb, Cr, Cu és a Ni heti mennyiségi változásában már sokkal nagyobb eltérés mutatkozott, amiből arra következtettünk, hogy ezek nem ugyanazon a csatornán jutottak e, mint a kéreg-eredetűek. Ezeket a szennyezőket kisebb mértékben a felszínről a kőzetrepedéseken beáramló levegő, nagyobb részben maguk a barlangászok hozták be a barlangba.

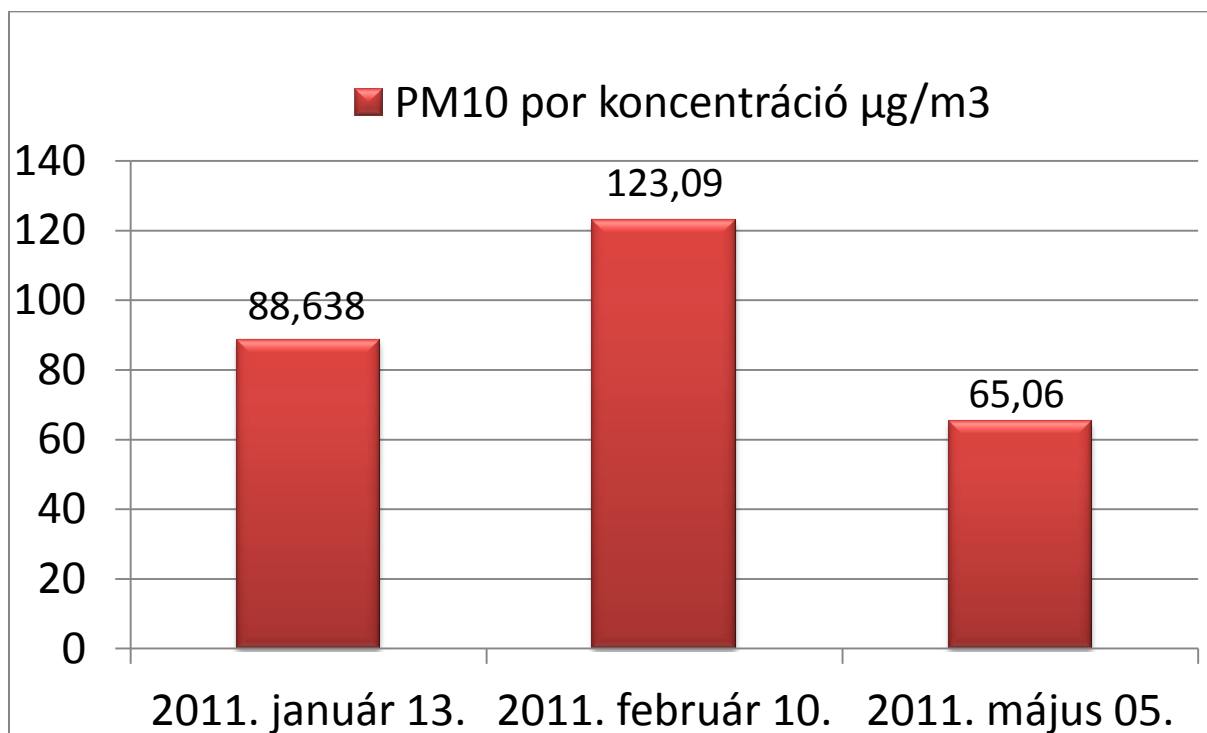


65. ábra: Szemlő-hegyi-barlang 30 napos aeroszol mintavétel, agyag szennyeződés tömege a mintákban µg/Nm<sup>3</sup>-ben

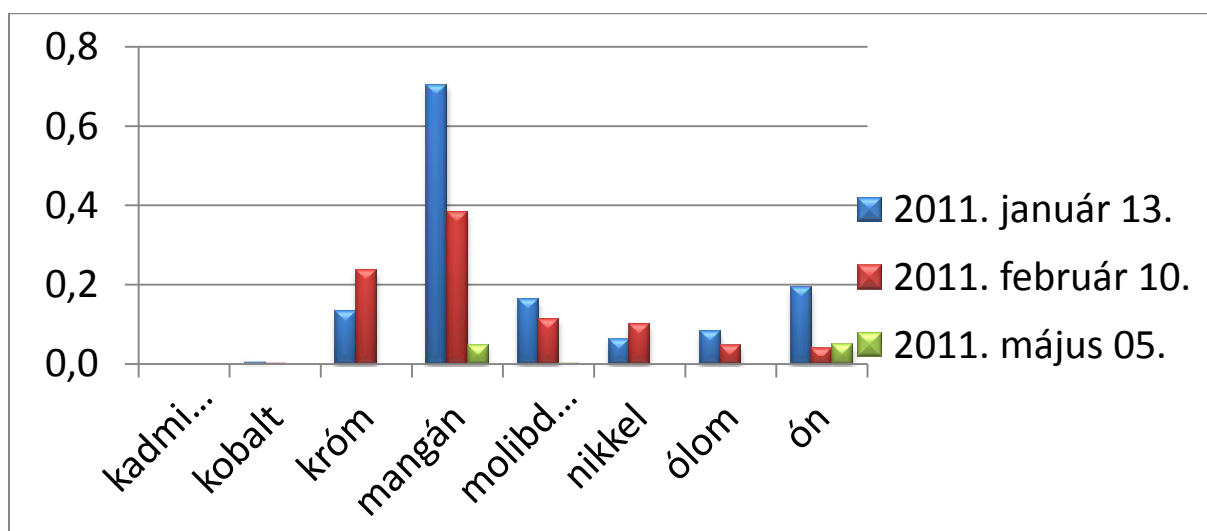
### 6.7.2 A szilárdanyag tartalom értékelése

- Korábbi feltételezésekkel ellentétben megállapítottuk, hogy a barlangi aeroszol összetétele térben és időben sem állandó! Mintavételünk helyszínét szándékosan választottuk meg úgy, hogy ott természetes és antropogén tényezők is befolyással bírjanak.
- Megkülönböztethetjük azokat a kimagasló értékeket, amikor nagy létszámú barlangász-csoport vonult el a berendezés előtt. Az overálokön behozott szennyeződés agyagtartalma egyértelműen kimutatható volt. Ezen szennyezés 24 órás átlagértéke nem haladta meg egyetlen esetben sem a felszíni levegőre rendelettel előírt határértéket, de feltételezhető, hogy az elvonulás időszaka alatt csúcserőtelje jóval az elviselhető mérték felett volt.
- Mindez arra hívja fel a figyelmet, hogy tisztítatlan barlangi öltözékben történő barlangjárással jelentősen terheljük a barlangi levegőt és az élő szervezeteket. Azokon a napokon, melyeken barlangászok nem jártak a mintavételi helyszínen, kimutatható volt időbeni változás, mely feltételezhetően természetes tényezőkre vezethető vissza. A barlang ezen szakaszon a mélykarsztról lélegzik, és a feláramló aeroszol összetétele sem állandó.

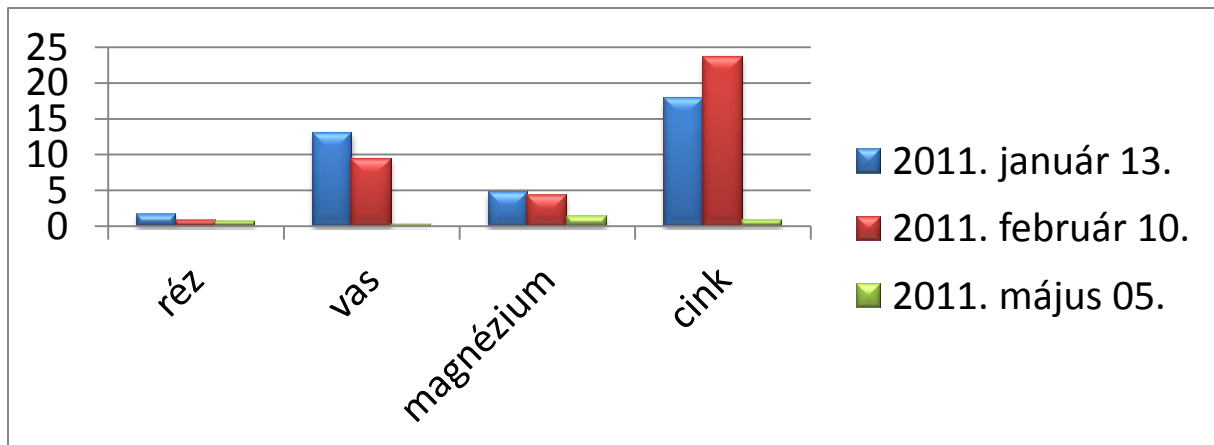
6.8 2011.-ben az „Agyagos-folyosó” terápiás szakaszán végzett 24 órás mérések eredményeinek bemutatása



66. ábra: Agyagos-folyosó levegőjének PM10 szilárdanyag-koncentrációja a mintákban  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben



67. ábra: Agyagos-folyosó 1 napos aeroszol mintavételek, egyes fémek tömege a mintában  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben



68. ábra: Agyagos-folyosó 1 napos aeroszol mintavételek, egyes fémek tömege a mintában  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben

### 6.8.1 Az Agyagos-folyosó elszennyeződése

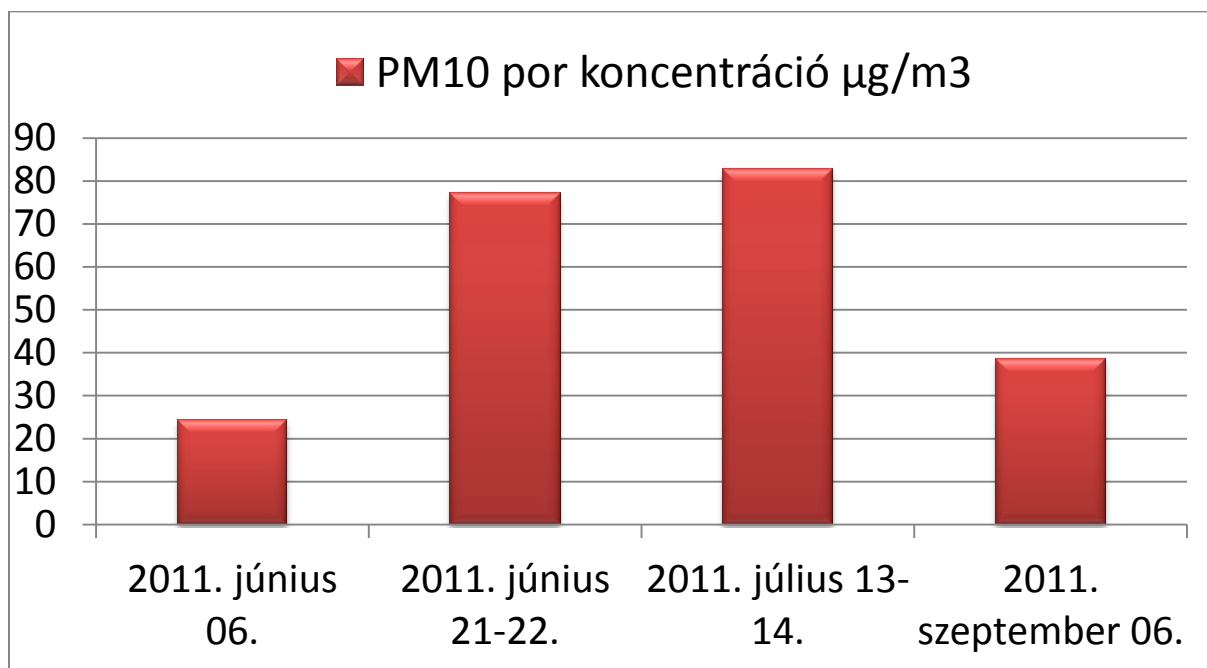
- A vizsgálatot szándékosan arra az időszakra tettük, amikor a barlang fogadó-épületének felújítása zajlott. Arra voltunk kíváncsiak, hogy a levett felső üvegajtón keresztül (a téli időszakra jellemzően) leáramló cigarettafüst, festékes oldószergőz és nagymennyiségű építési por milyen mértékben talál magának utat az ideiglenes műanyag függönyön és az alsó vasajtón keresztül a barlang terápiás célra történő bővítése felé.

### 6.8.2 Meghökkenítő eredmények

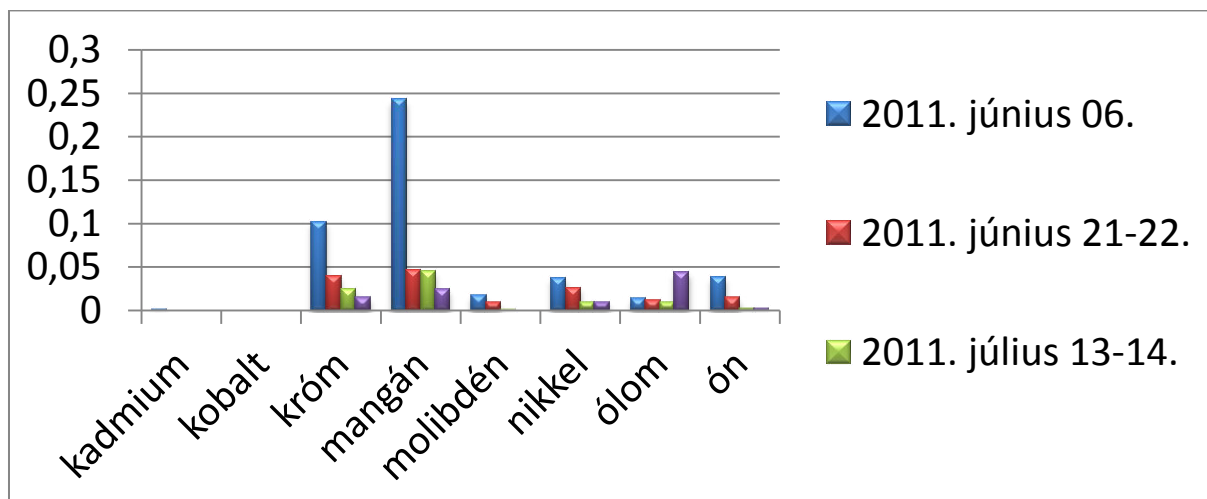
Az eredmények feldolgozásánál két fontos megállapítást tettünk:

- A felújítási munkák időszaka alatt (január-február) az összes szilárdanyag-tartalom a korábban mért értékek 2-3 szorosára növekedett. A legnagyobb változást a mintákon belül az antropogén-szennyezők hozták, tehát a felújításból származó szennyezők lejutottak az Agyagos-folyosóba.
- A kontroll-mérés időszakában (2 hónappal a munkák befejezés után) azonban visszaálltak az értékek a normális szint közelébe, vagyis a barlang öntisztulása 2 hónap alatt megtörtént.

**6.9 2011.-ben az „Óriás-folyosó” terápiás szakaszán végzett 24 órás mérések eredményeinek bemutatása**

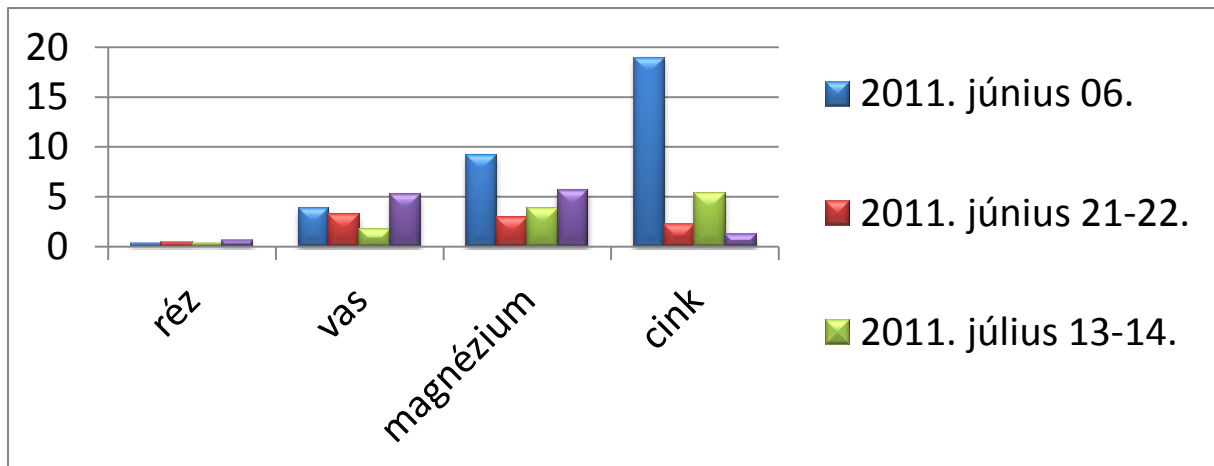


69. ábra: Óriás-folyosó levegőjének PM10 szilárdanyag-koncentrációja a mintákban  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben



70. ábra: Óriás-folyosó 1 napos aeroszol mintavételek, egyes fémek tömege a mintában  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben



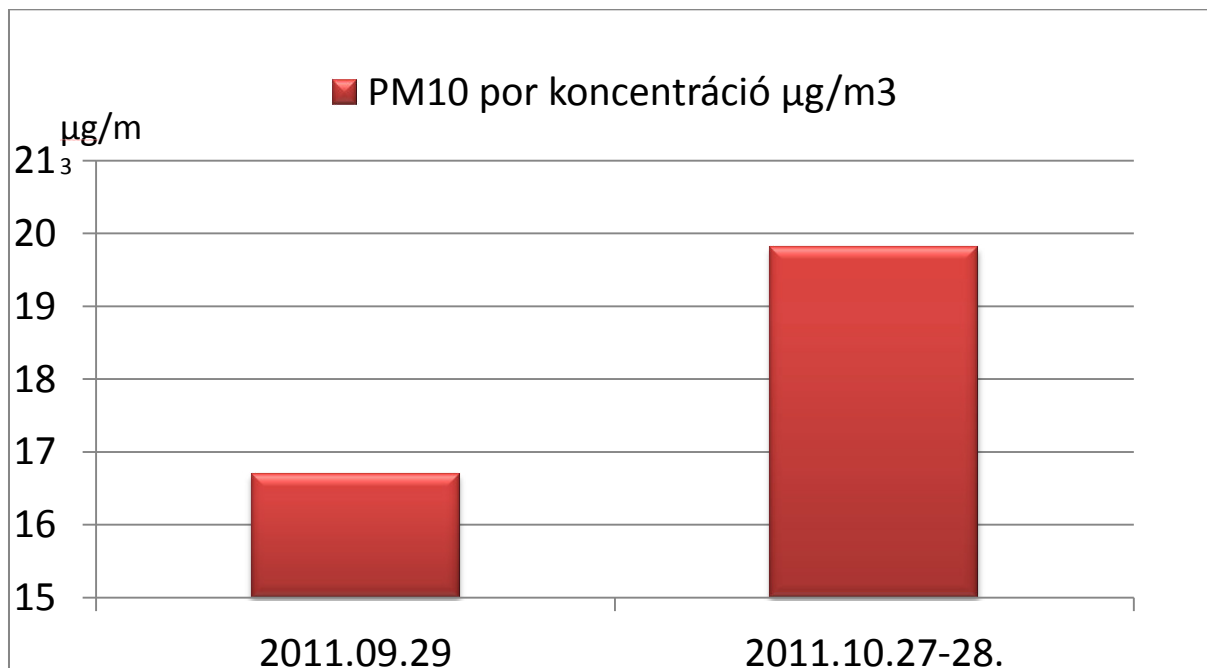


71. ábra: Óriás-folyosó 1 napos aeroszol mintavételek, egyes fémek tömege a mintában  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben

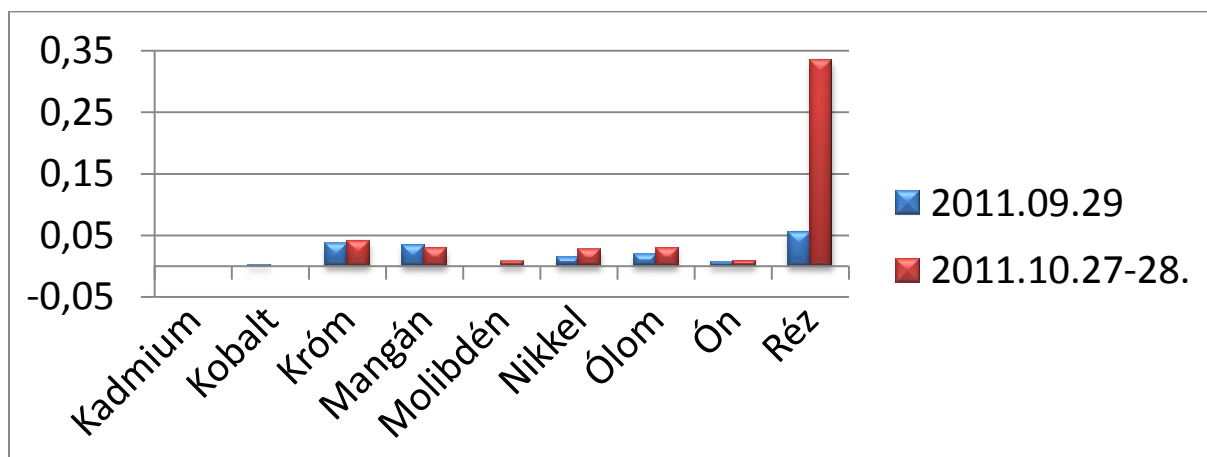
### 6.9.1 Az Óriás-folyosó mintáinak elemzése

- Ennek a mintavételi pontnak a különlegessége, hogy az Óriás-folyosó terápiás szakaszának legmélyebb pontján pontosan arra a helyre raktuk a mintavevőt, ahol egy hasadékon keresztül a nyári időszakban mélykarsztból származó,  $\text{CO}_2$ -ben dús levegő áramlik a folyosóba.
- Jól láthatóan, a szilárdanyag-koncentráció a legmelegebb hónapokban érte el a legmagasabb pontot, ami duplája volt a korábban mért adatoknak. Az összetevőkből azonban láthatjuk, hogy ez a kéreg-eredetű alkotók koncentráció-változásából és nem pedig az antropogén szennyezőkből származik.
- Az is látható, hogy a kéreg-eredetű alkotók legmagasabb értékei éppen június elejére estek, amikor egyébként az összes-szilárd mennyiség csak a fele értéke volt a júliusinak. Ez nyilván a nem mért egyéb komponensek későbbi túlsúlyával magyarázható (Ca, Mg), amit a megnövekedett áramlás nagyobb mértékben szállított fel a hasadék-rendszerben, mint korábban.

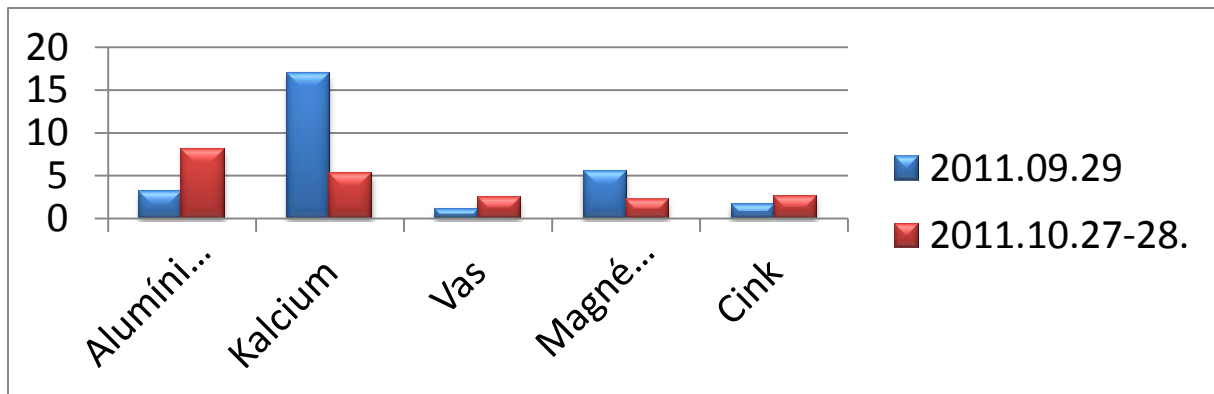
**6.10 2011.-ben az „Óriás-folyosó karzat” terápiai szakaszán végzett 24 órás mérések eredményeinek bemutatása**



72. ábra: „Óriás-folyosó Karzata” levegőjének PM10 szilárdanyag-koncentrációja a mintákban µg/Nm<sup>3</sup>-ben



73. ábra: „Óriás-folyosó Karzata” 1 napos aeroszol mintavételek, egyes fémek tömege a mintában µg/Nm<sup>3</sup>-ben



74. ábra: „Óriás-folyosó Karzata” 1 napos aeroszol mintavételek, egyes fémek tömege a mintában  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ -ben

### 6.10.1 A „Karzat” mintáinak elemzése

- A Karzat első mintavételénél még a nyári légkörzés (barlangból a felszínre), míg a másodiknál már a téli légkörzés (felszínről a barlangba) volt tapasztalható. Mindkét mintavétel terápiás és idegenforgalmi időszakban történt amikor a betegek és a turisták által behozott szennyezőanyag is jelen volt a barlangban.
- Jól láthatóan az antropogén szennyezők (Pb, Ni, Cr, Cu, Sn) is megnövekedtek az októberi mintában, miközben a kéreg-eredetű anyagok alacsonyabb értékeket produkáltak.
- Mivel ez a terület a barlang mélyen fekvő része, ahova a felszíni szennyezők már csak kisebb mértékben jutnak be, ezért feltételezhetjük, hogy az antropogén-szennyezőket a turisták és a terápián résztvevők juttatták be ruházatukon keresztül a barlangba.

### 6.11 Összefoglalás

- A Szemlő-hegyi-barlang aeroszol-monitoring programja különböző helyszínekre és időtartamokra, különböző évszakokra terjedt ki. Megállapítást nyert, hogy a tiszta-levegőjűnek tartott Gyógy-barlangjaink levegőszennyezéséért egyedül Mi vagyunk a felelősek. A lezárt rendszerek elszennyezése vagy a szennyezettség közvetlen bevitelével, vagy a lezárás megszüntetésével valósul meg.
- Lezárt Gyógy-barlangjaink igen jó szűrő képességgel és öntisztuló képességgel rendelkeznek, azonban az a kijelentés, hogy bennük a levegő tisztasága (vagy az aeroszol összetétele) térben és/vagy időben állandó lenne, nem állja meg a helyét.
- Megállapítom, hogy Gyógy-barlangjaink levegőtisztasága veszélyeztetett tényező, melynek fenntartása csak rendszeres monitoring programmal igazolható. A programok végrehajtása a Gyógy-barlangot üzemeltetők kizárólagos felelősége!

## **7 Időszakos klímavizsgálatok eredményeinek feldolgozása**

**7.1 A barlang több pontján történt rövid időtartamon belüli mérések, mint pontszerű mérések eredményei alapján statisztikai elemzést végeztem és a barlang 2008 és 2018. évek közötti 10 éves időszakára vonatkozóan az alábbi átlagokat állapítottam meg:**

n = 276

Óriás-folyosó terápiás szakasz téli minimum hőmérséklet	13,1	°C
Óriás-folyosó terápiás szakasz nyári maximum hőmérséklet	14,2	°C
Óriás-folyosó terápiás szakasz éves átlag hőmérséklet	13,7	°C
Agyagos-folyosó tervezett terápiás szakasz téli minimum hőmérséklet	12,6	°C
Agyagos-folyosó tervezett terápiás szakasz nyári maximum hőmérséklet	13,9	°C
Agyagos-folyosó tervezett terápiás szakasz éves átlag hőmérséklet	13,3	°C
Liftakna terápiás szakasz téli minimum hőmérséklet	12,8	°C
Liftakna terápiás szakasz nyári maximum hőmérséklet	13,4	°C
Liftakna terápiás szakasz éves átlag hőmérséklet	13,2	°C
Óriás-folyosó terápiás szakasz téli minimum szén-dioxid	2240	ppm
Óriás-folyosó terápiás szakasz nyári maximum szén-dioxid	4150	ppm
Óriás-folyosó terápiás szakasz éves átlag szén-dioxid	3100	ppm
Agyagos-folyosó tervezett terápiás szakasz téli minimum szén-dioxid	1650	ppm
Agyagos-folyosó tervezett terápiás szakasz nyári maximum szén-dioxid	3450	ppm
Agyagos-folyosó tervezett terápiás szakasz éves átlag szén-dioxid	2870	ppm
Liftakna terápiás szakasz téli minimum szén-dioxid	1850	ppm
Liftakna terápiás szakasz nyári maximum szén-dioxid	3300	ppm
Liftakna terápiás szakasz éves átlag szén-dioxid	2560	ppm

Megjegyzés: A SZIKKTI csoport 20 éven át napi rendszerességgel olvasta le és naplózta be a barlangban elhelyezett üveghőmérőket, Kiss Jenő vezetésével. Ezen beépített eszközök összekalibrálását a saját kalibrált mérőeszközökkel több alkalommal is elvégeztem, így a beépített üveghőmérők kalibrációs egyenesét felvettem. A barlang hőmérsékletének ilyen irányú megfigyelése páratlan lehetőségeket nyújtana pl. a légközés pontosabb kirajzolásában vagy a terápiára kevésbé alkalmas időszakok kiszűrésében. Számításaim szerint kb. 5000 leolvasási alkalommal, kb. 35 000 eredmény került rögzítésre, mely azonban soha nem került elektronikus feldolgozásra.

7.1.1 A terápiás időszak alatt különböző évszakokban, több alkalommal is rögzítettem a léghőmérséklet, a talajhőmérséklet, a levegő szén-dioxid tartalmának és a légköri nyomásnak az értékét. Egy esős nyári napon, amikor a felszíni hőmérséklet alig volt magasabb a barlangénál, szélcsendben, két légköri front között az alábbi értékeket sikerült rögzítenem:

2014.06.24 Barlangterápia alatt 7-8 óra között				
Időpont	T (°C)			
Paraméter	levegő	T (°C) talaj	CO2 (ppm)	Pa (hPa)
Gyöngyös-folyosó	13	12,7	3263	989,6
Agyagos-folyosó	13,9	13,5	3400	988,7
Bányász-akna	13,6	13,5	3560	989,4
Óriás-Létra alatt	14,1	13,2	4008	990,2
Halál-k-folyosóban	13,8	13,6	3934	989,4
Hópalotában	14	13,4	3924	990,6
Lejtakna-alján	13,4	12,4	2842	990,7
FTC-teremben	13	12,6	2993	990,6
Pettyes-folyosó	12,3	12,1	2968	990,4
Karácsonyfák előtt	12,8	12,3	3074	990,2
Liftakna-aljában	13,3	12,6	3048	990,3
Óriás-f. kerülő-ág	13,2	12,8	2985	989,8
Óriás-f. karzat	13,6	13,1	3290	989,5
Óriás-f. feláramlás	13,5	13,2	4002	990,2
Örvény-f. Kinizsi-sz	13,5	13	3187	988,6
Örvény-f. Egyetemi	13,4	12,7	3296	986,3
Örvény-f. Bejárat	14,2	13,8	3834	985,7
Liftakna terápia után	13	12,6	3056	990,3
Átlagértékek	13,4	13,0	3370,2	989,5
Barlang u. 10. Felszín	15,6	15,3	365	985,5
Időjárás a felszínen	Eső után, szélcsendes időben			
Barlangban	Intenzív csepegés az érintett járatokban			

75. ábra: egy hűvösebb, esős nyári napon felvett alapklima-adatok bemutatása

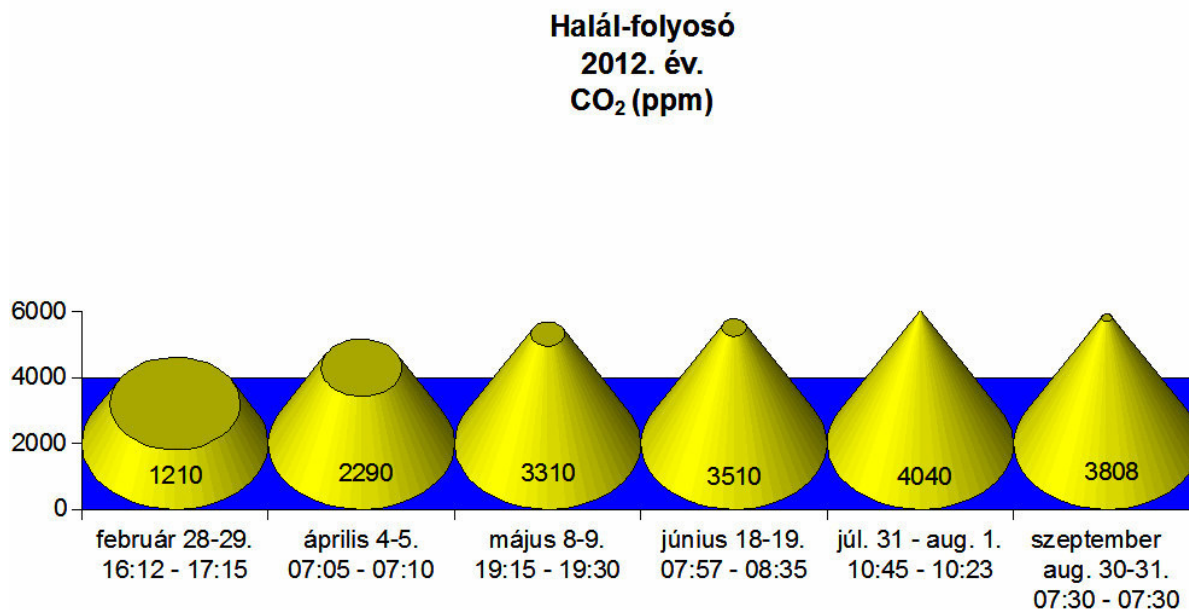
Amennyiben a havi átlaghőmérsékletekre vagyunk kíváncsiak, legcélszerűbb a barlang kitöltésének (jellemzően az agyagnak) 10 cm mélységben történő átlaghőmérsékletét mérni, hiszen az lassabban reagál a környezeti változásokra. Éves menetét vizsgálva jól követhetőek a téli minimumok és a nyári maximumok, azonban a hirtelen változásokat kiegyenlíti. Annak ellenére, hogy az alacsony légáramlás és a terápián bent tartózkodó betegek rövid időre megemelték a léghőmérsékletet (13,4°C-ra), a talajhőmérséklet átlaga (13°C) jellemzi a legjobban a havi átlagértéket.

A szén-dioxid értékek az alacsony felszíni hőmérséklet ellenére igen magasak, jellemzően egy forró júliusi napnak felelnek meg, amikor a külső-belső hőmérséklet különbsége eléri a maximumot és a mélyből történő szén-dioxid feláramlás a legintenzívebb. Most azonban ez a hatás elenyésző, helyette az intenzív esőzés hatására megnövekedett csepegés által bevitt szén-dioxid jelenik meg, mely 3370 ppm-es átlagértéket ért el.

7.2 Széndioxid-mérések eredményeinek feldolgozását a következő ábrákon mutatom be.

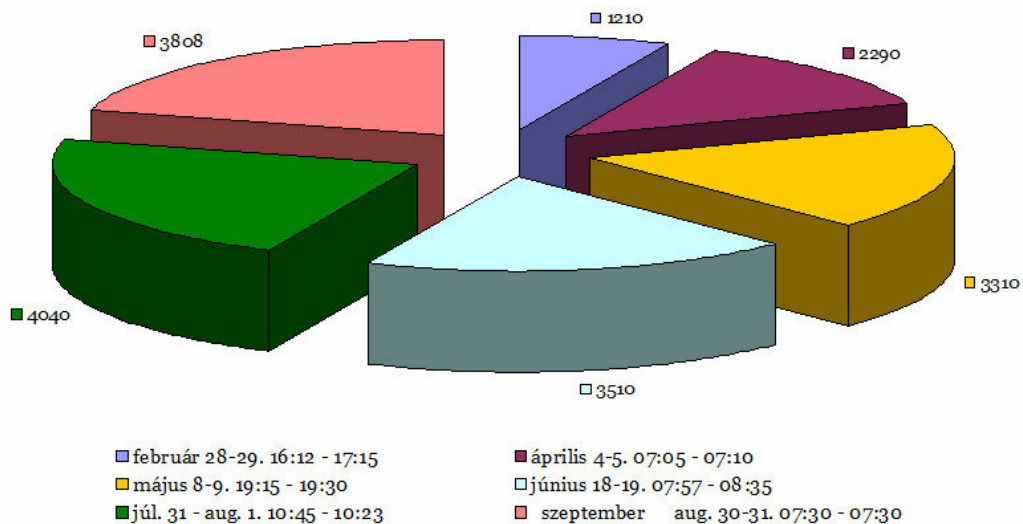
**Az adatok feldolgozását és megjelenítését Horváth Á. Katalin végezte el.**

A szén-dioxid értékeket NDIR-módszerrel, akkumulátoros, diffúz-érzékelővel ellátott készülékkel rögzítettem. A készülék 30 perces átlagokat tárolt el, a maximális adatszám értéke 48 db, vagyis a készülék 24 órás adatsor tárolására alkalmas.



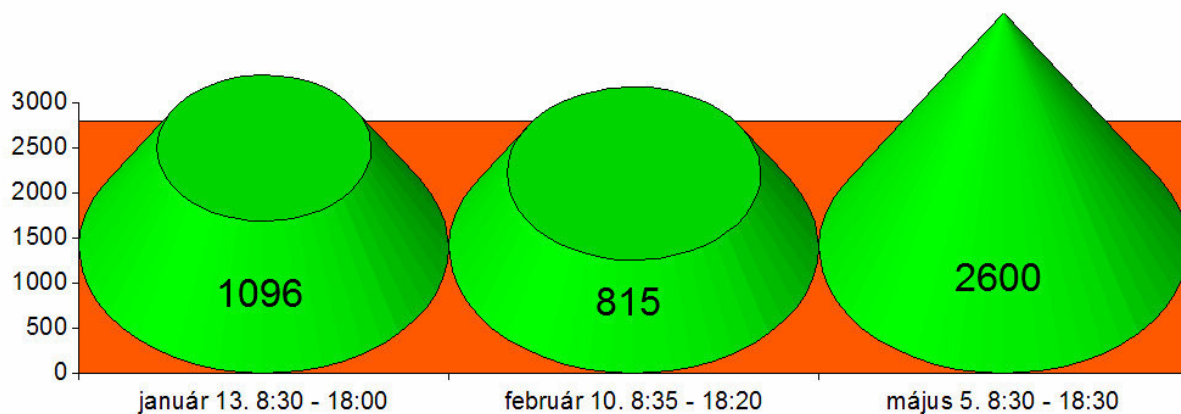
76. ábra: a Halál-keresztfolyosóban 30 percenként rögzített CO<sub>2</sub> adatok 24 órás átlagértékeinek bemutatása (2012)

## Halál-folyosó 2012. évi CO<sub>2</sub> értékek



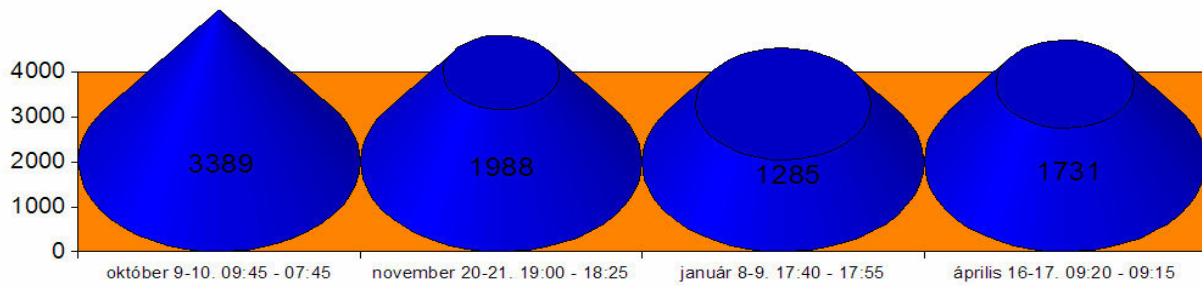
77. ábra: a Halál-keresztfolyosóban 30 percenként rögzített CO<sub>2</sub> adatok 24 órás átlagértékeinek bemutatása (2012) kördiagram segítségével

## Agyagos 2011. év CO<sub>2</sub> (ppm)



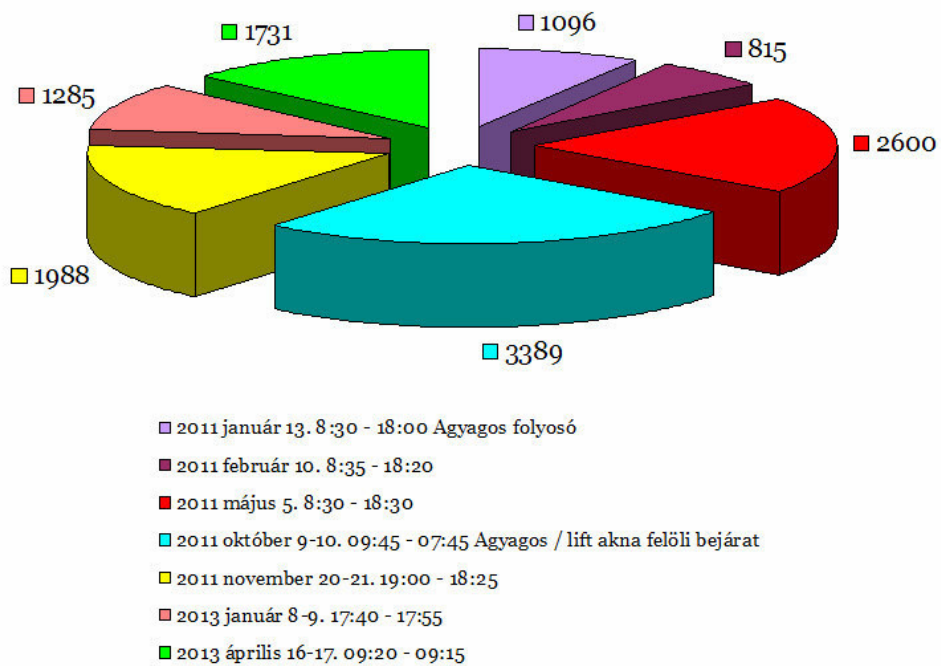
78. ábra: az Agyagos-folyosóban 30 percenként rögzített CO<sub>2</sub> adatok 24 órás átlagértékeinek bemutatása (2011)

## Agyagos 2013. év CO<sub>2</sub> (ppm)



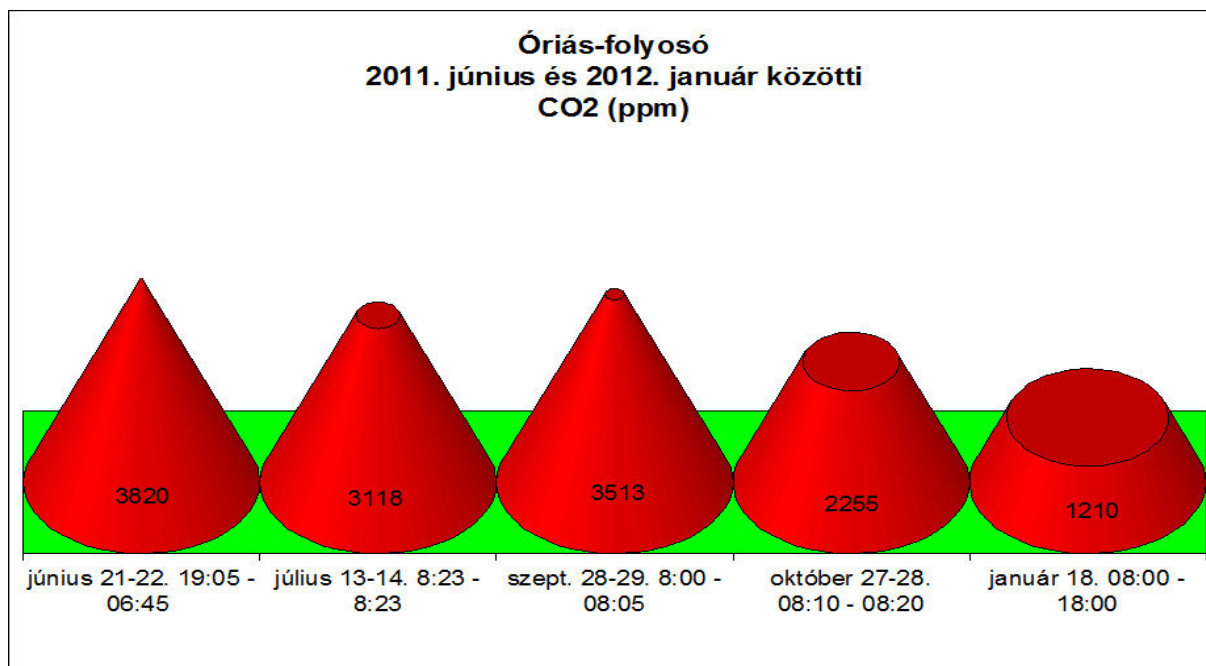
79. ábra: az Agyagos-folyosóban 30 percenként rögzített CO<sub>2</sub> adatok 24 órás átlagértékeinek bemutatása (2013)

## 2011. január - 2013. augusztus CO<sub>2</sub> (ppm)

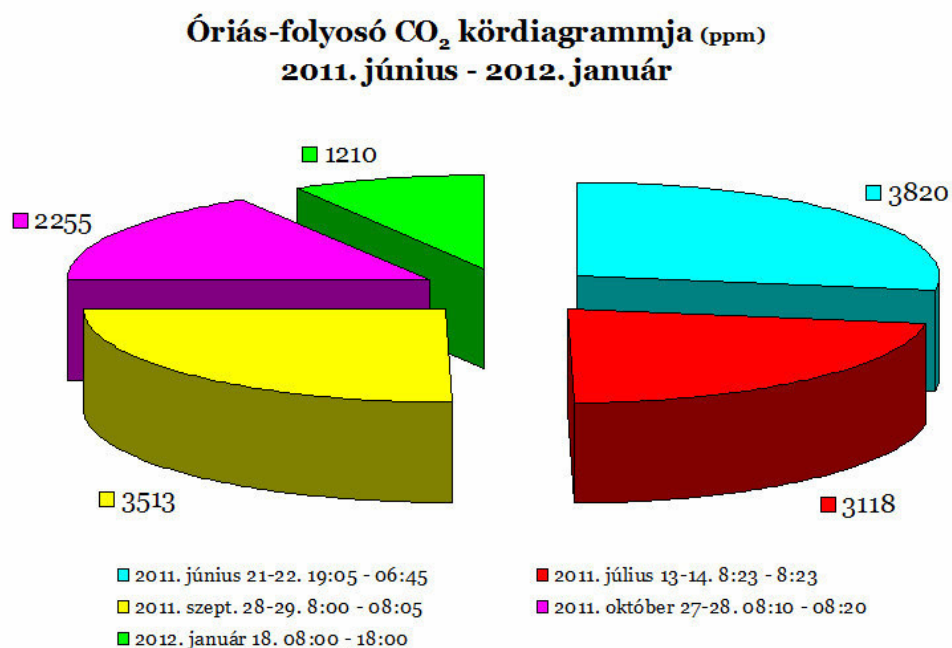


80. ábra: az Agyagos-folyosóban 30 percenként rögzített CO<sub>2</sub> adatok 24 órás átlagértékeinek bemutatása (2011-2013)



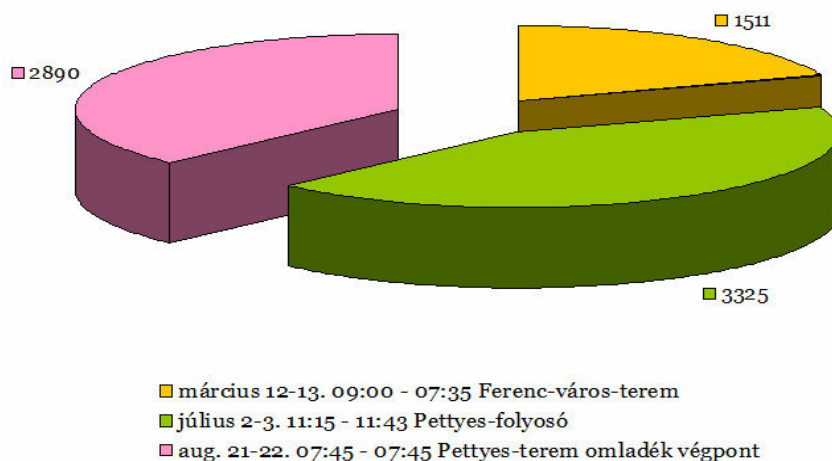


81. ábra: az Óriás-folyosóban 30 percenként rögzített CO<sub>2</sub> adatok 24 órás átlagértékeinek bemutatása (2011-2012)

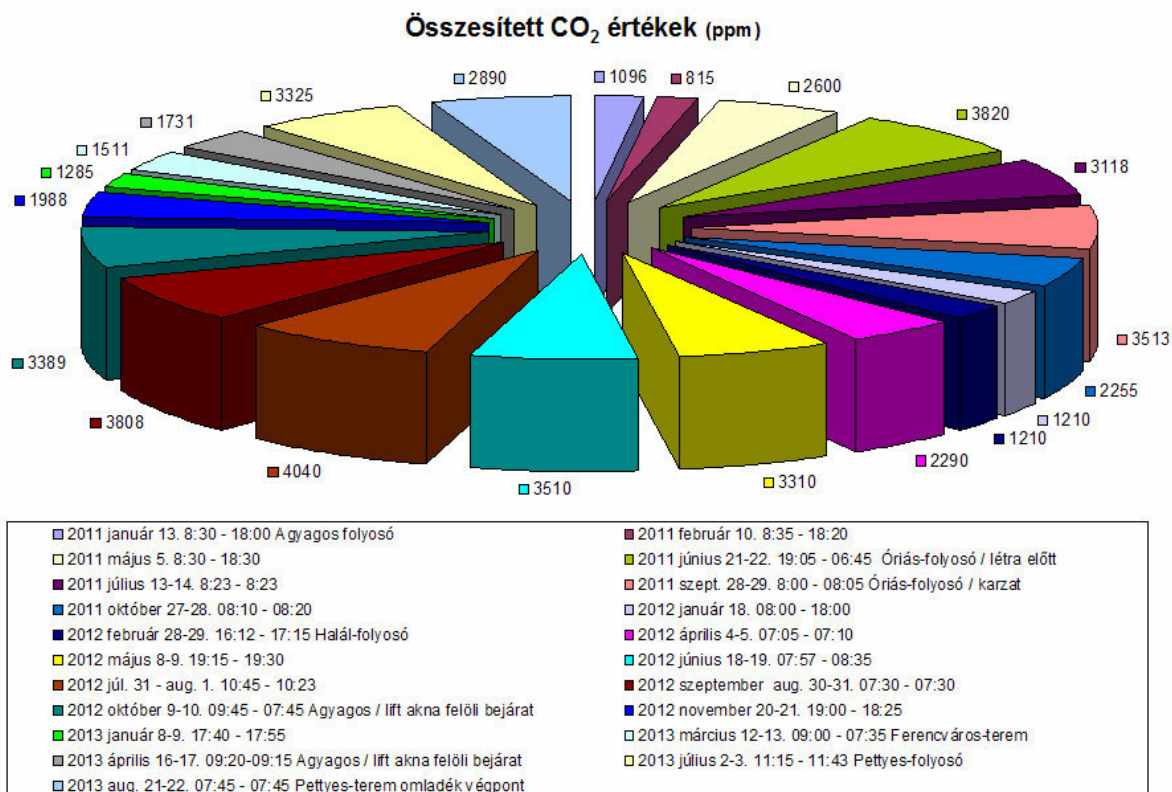


82. ábra: az Óriás-folyosóban 30 percenként rögzített CO<sub>2</sub> adatok 24 órás átlagértékeinek bemutatása (2011-2012) kördiagramban ábrázolva

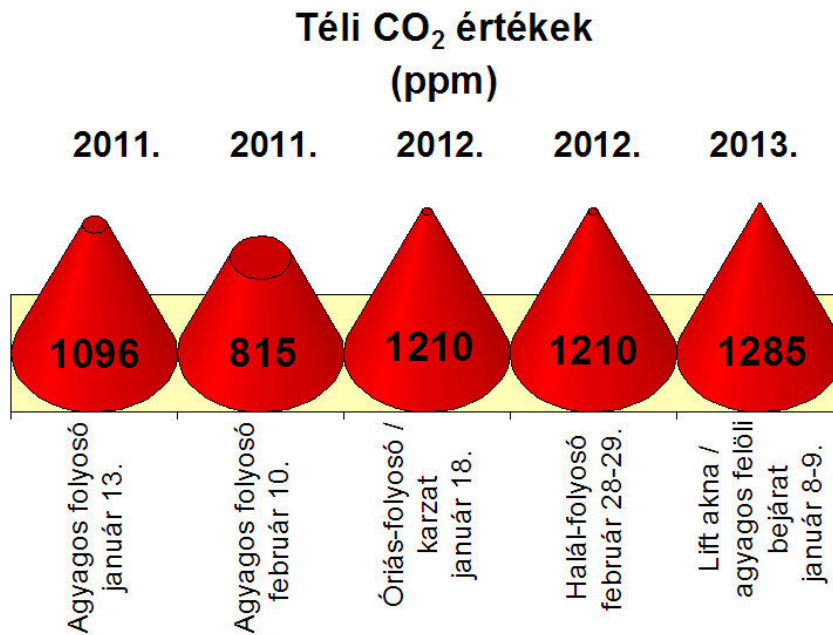
## 2013. évi Egyéb mérési helyszínek CO<sub>2</sub> (ppm) értéke



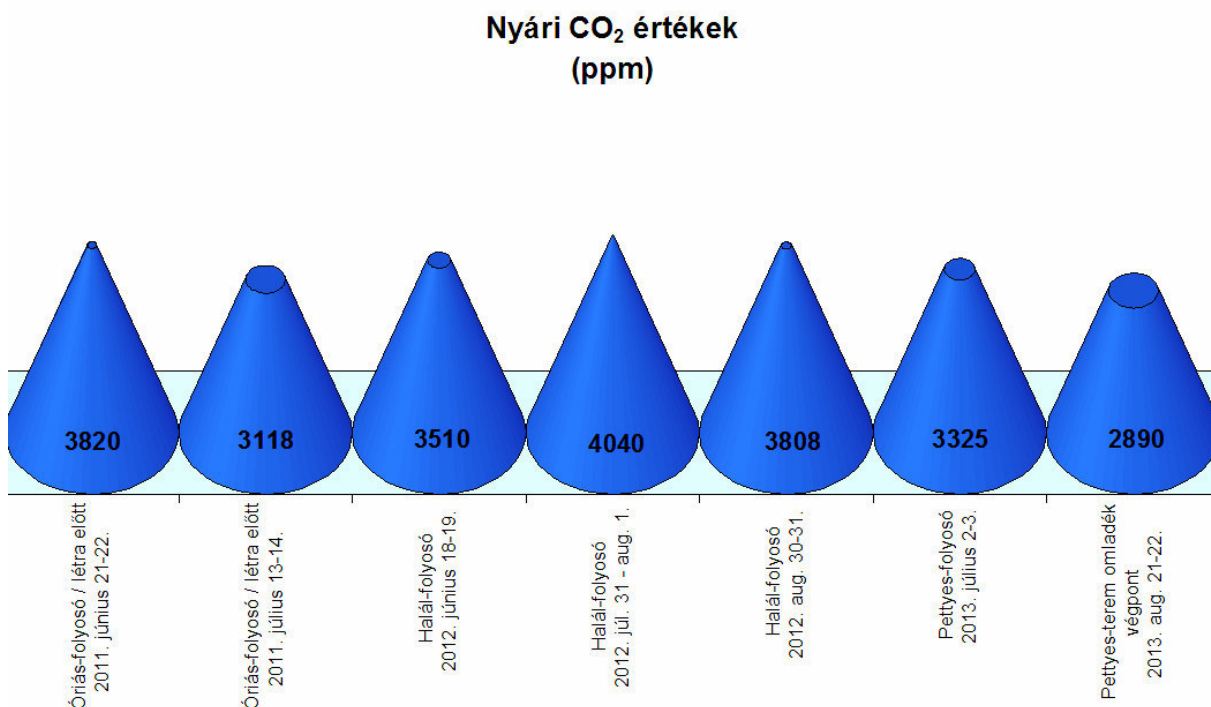
83. ábra: a Ferencvárosi-teremben és a Pettyes-teremben 30 percenként rögzített CO<sub>2</sub> adatok 24 órás átlagértékeinek bemutatása (2013)



84. ábra: az összes helyszín 30 percenként rögzített CO<sub>2</sub> adataiból nyert 24 órás átlagértékeinek bemutatása (2011-2013)

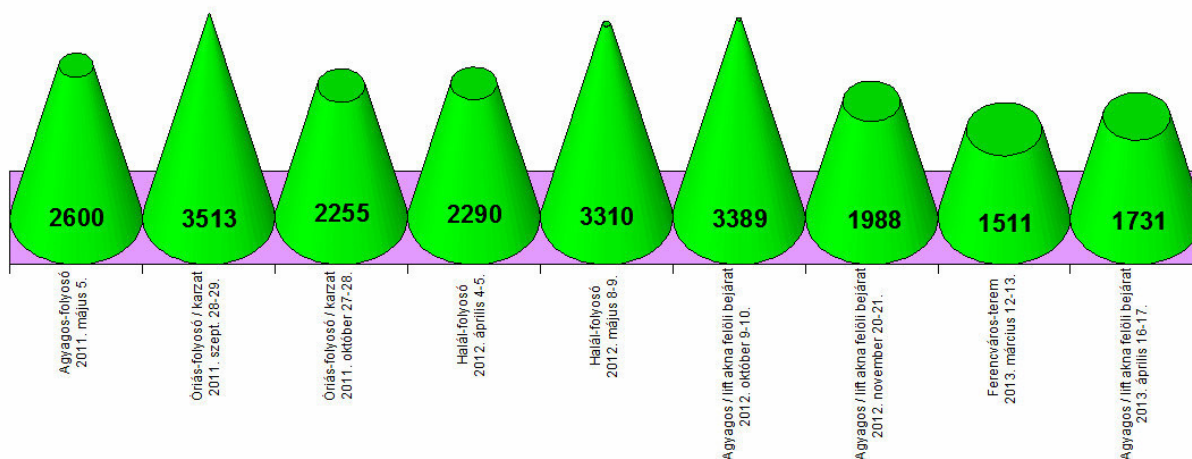


85. ábra: téli légkörzés mellett legyűjtött CO<sub>2</sub> értékek összehasonlítása  
(2011-2013)

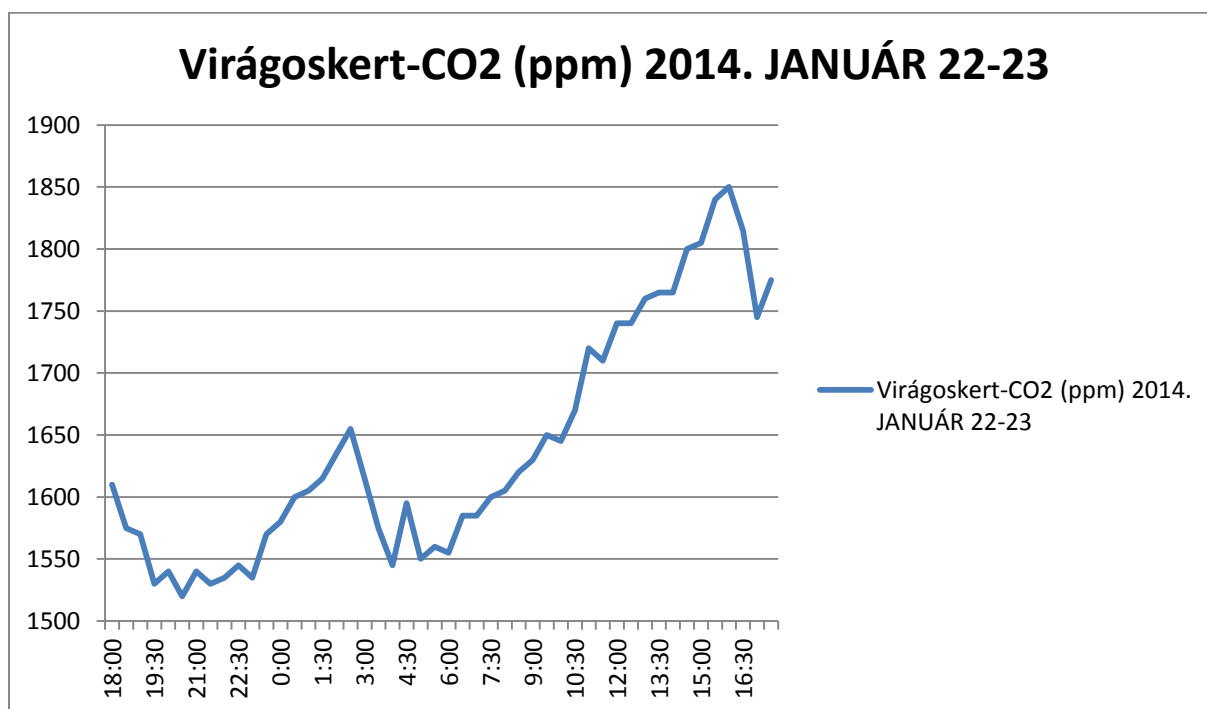


86. ábra: nyári légkörzés mellett legyűjtött CO<sub>2</sub> értékek összehasonlítása  
(2011-2013)

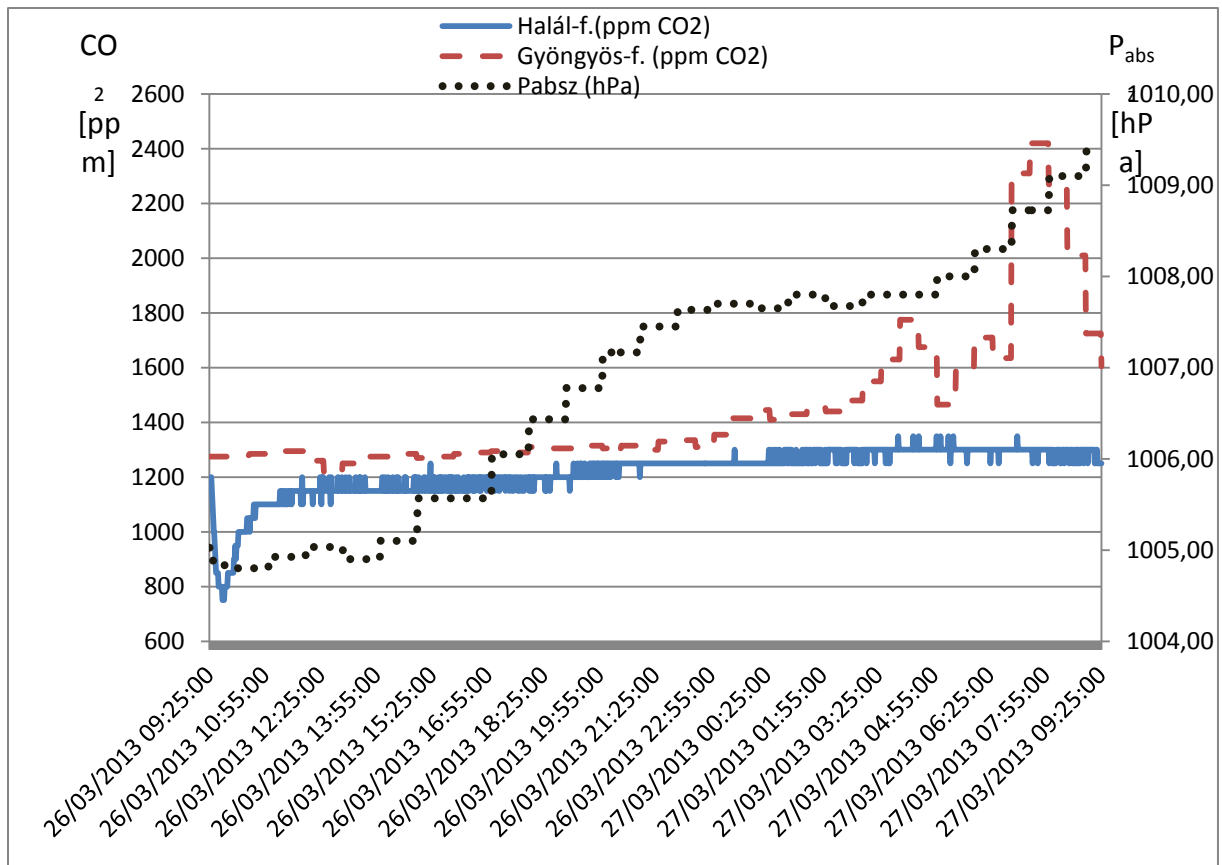
### Tavaszi és őszi CO<sub>2</sub> értékek (ppm)



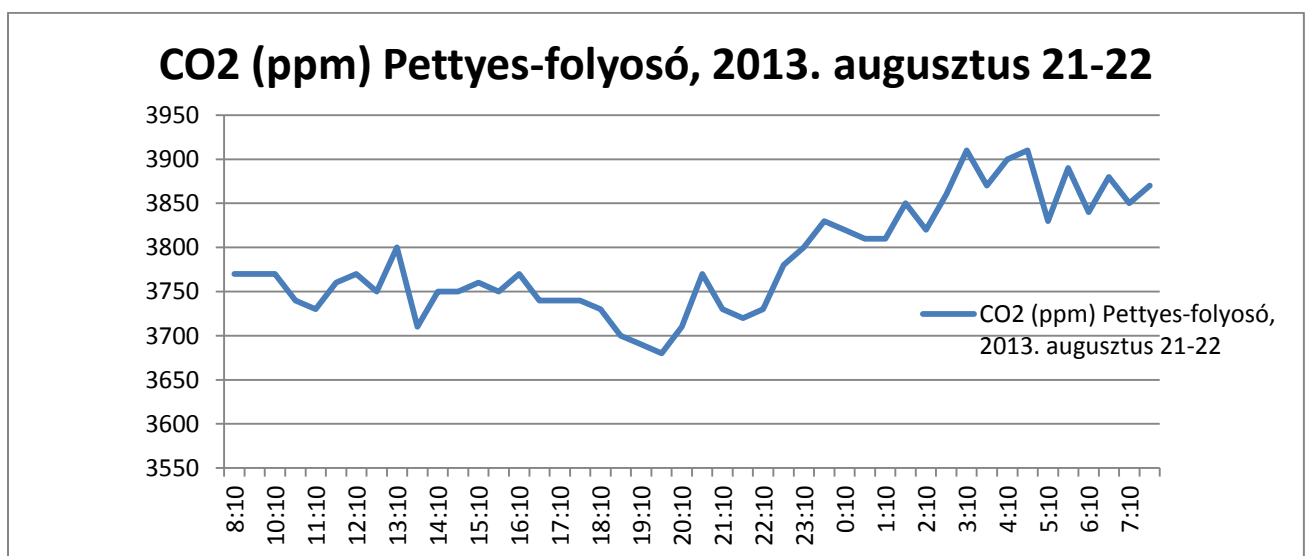
87. ábra: tavaszi és őszi légkörzés mellett legyűjtött CO<sub>2</sub> értékek összehasonlítása (2011-2013)



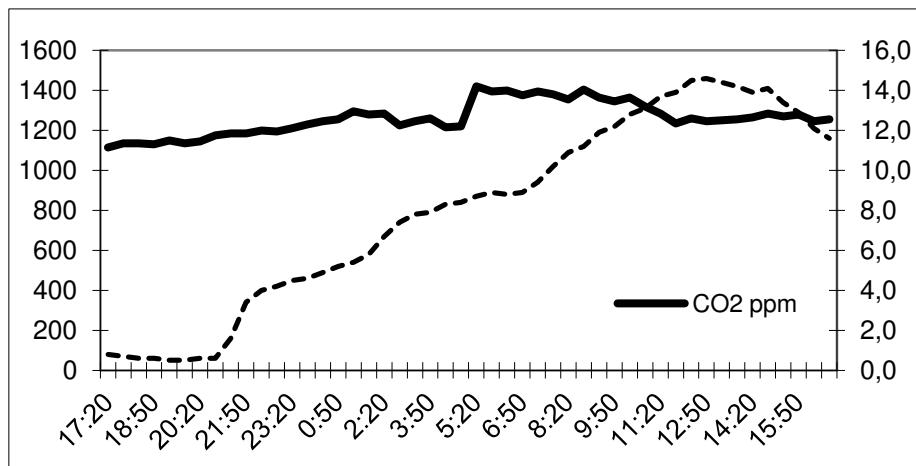
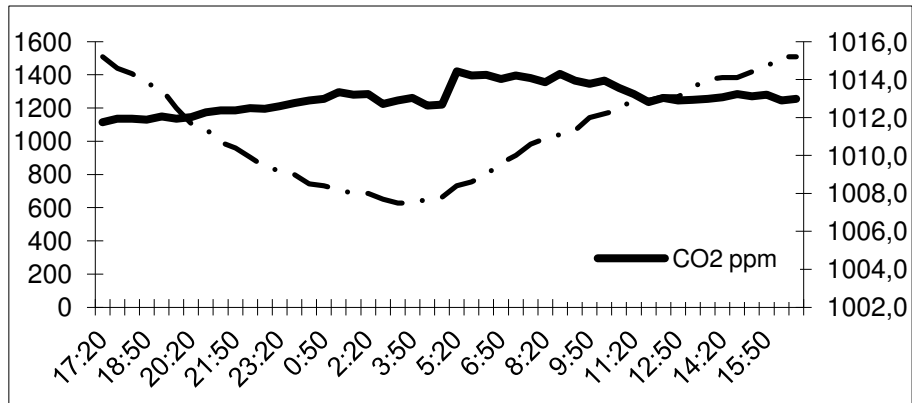
88. ábra: 24 órás CO<sub>2</sub> regisztrátum januárban, az Óriás-folyosó „Virágoskert” járatrészén. A grafikonon jól látható az éjszakai lehülés alatt beáramló felszíni levegő öblítő-hatása és az idegenforgalom, valamint a terápia szén-dioxid növelő hatása is.



89. ábra: a grafikon 2013 tavaszán történt 24 órás  $\text{CO}_2$  loggerelést mutatja be két helyszínen, a felszíni légnyomás változásának függvényében. Ebben az ábrázolás módban látható a legjobban, hogy a felszíni légnyomás emelkedése a Gyöngyös-folyosóban (amely átjárót képez az Agyagos-folyosó és a Pettyes-terem között) megemeli a feláramló  $\text{CO}_2$  szintet, miközben a Halál-keresztfolyosó mélykarsztba lenyúló aknájában ugyanez a hatás nem érződik. Ez mutatja, hogy a két járatrészt tápláló ismeretlen alsó szintek nem ugyanazon rendszer részeit képezik.



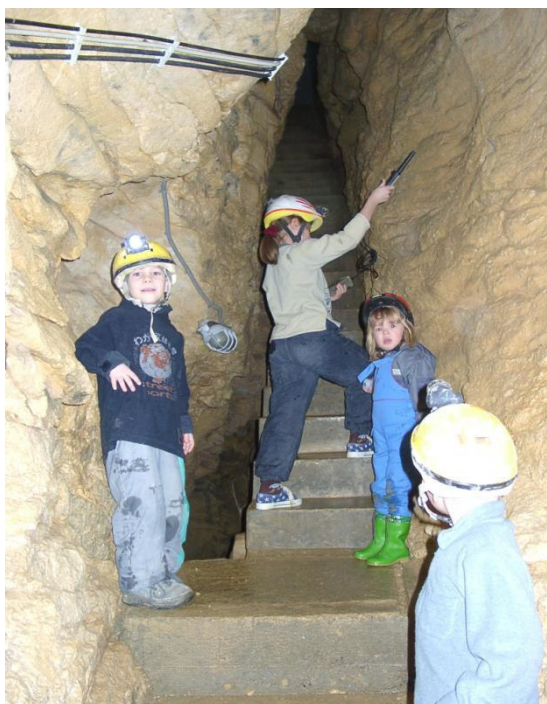
90. ábra: nyári, 24 órás  $\text{CO}_2$  loggerelés diagramja a Pettyes-folyosóban. A felszínen a légnyomás 1020,2-1021,9 hPa, a hőmérséklet 13,6-26,1°C között változott



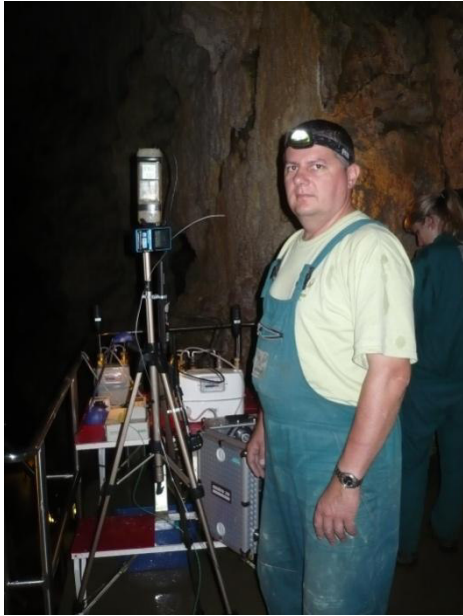
91-92. ábra: 24 órás CO<sub>2</sub> loggerelés az Agyagos-folyosó Liftakna-felöli bejáratában, a felszíni légnyomás és hőmérséklet függvényében, 2012. február 28-29.-e között. A barlang ezen szakasza kiegyenlítő-zónaként viselkedik az Agyagos-folyosó (Egyetemi-szakasz - Örvény-folyosó) és a Hosszú-folyosó járatai között, ezért itt nem mutatható ki szignifikáns összefüggés a felszíni légnyomás és hőmérséklet változása és a barlangi CO<sub>2</sub> változása között. A barlang többi szakaszán a korábbiakban bemutatott diagramokon ettől eltérő szignifikancia volt kimutatható.



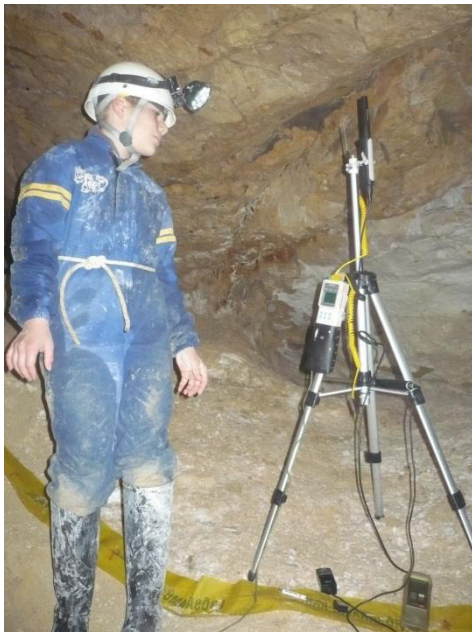
93. ábra: Stieber József klímamérés közben a Gyöngyös-folyosó végpontján (fotó: Horváth Á. Katalin)



94-95-96. ábra: klímamérések 2006-ban a gyermekeim bevonásával. Stieber Lilla és Stieber Bence számára már kis gyermekként is természetes volt, hogy időnként megállunk, elővesszünk valamilyen mérőműszert és a mérés eredményét feljegyezzük a naplóba... (fotó: Lenkei Péter)



97-98. ábra: barlangi aeroszol többféle módszerrel történő mintavételezése az „Óriás-folyosó Karzatán” (fotó: Izmini Zsuzsanna)



99-100. ábra: klímamérés a Csengő-teremben, Kálmán László bevonásával, 2012.-ben. A képen látható állványon hőmérséklet- és páratartalom regisztráló és szén-dioxid mérő volt rögzítve és a kis terem terhelhetőségét vizsgáltuk. A mérés időszaka alatt 3 órán keresztül több mint 10 barlangász egy pontba csoportosult, mely jelentős hőt és szén-dioxidot termelt. A teremben egy idő után konvekció alakult ki, mely a meleg levegőt folyamatosan forgatva a széndioxidot a magasabban fekvő terem-bejáraton keresztül kitolta. 2 óra elteltével gyakorlatilag egyensúlyi állapot állt be, azaz a kilélegzett szén-dioxid koncentrációja már nem növekedett tovább (fotó: Stieber Balázs)





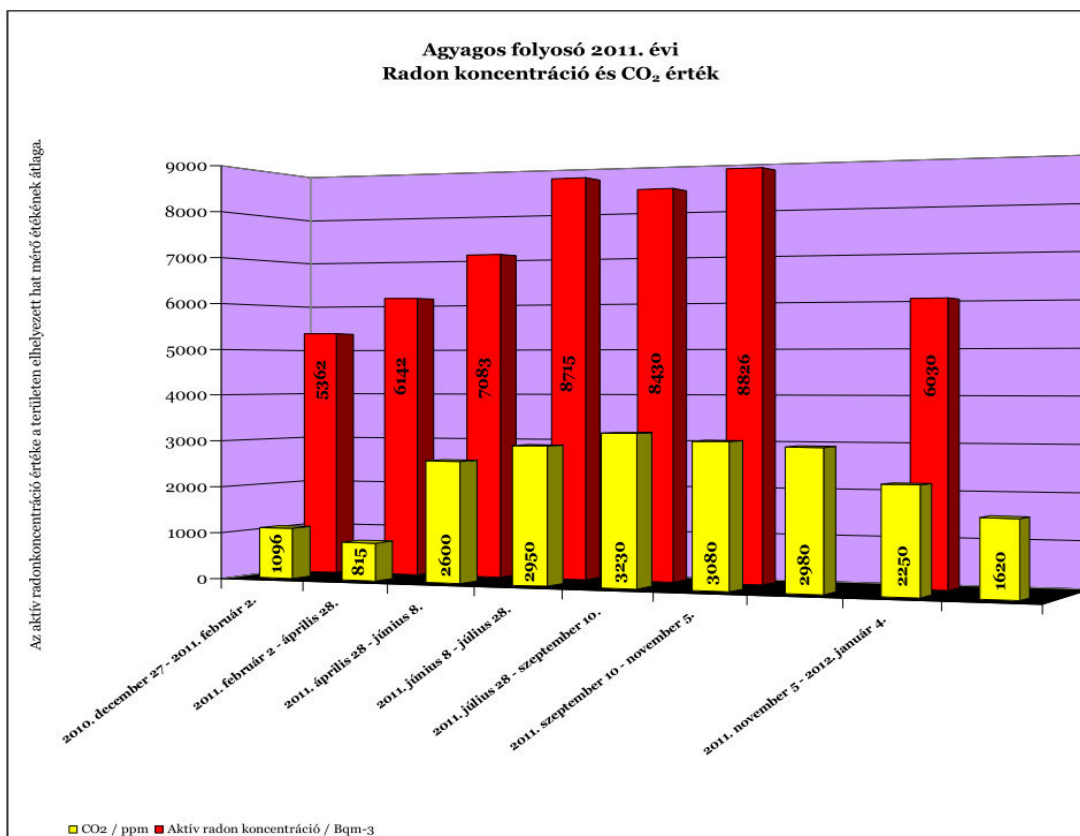
101. ábra: abszolút-nedvesség meghatározása az Agyagos-folyosóban, elektronikus-pszichrométerrel, 2014.-ben (fotó: Horváth Á. Katalin)



102-103. ábra: klímamérések a fiatalok bevonásával 2012-ben a barlangban. Kálmán László beépített higanyos hőmérőt olvas le az Agyagos-folyosóban, míg Stieber Balázs szén-dioxidot mér a Kadic-folyosóban (fotó: Stieber József)



104-105-106-107. ábra: Barlangi kutatásvezetői tanfolyam hallgatóival „Barlangklimatológiai terepgyakorlaton”, 2013. május 7.-én. Éppen az antropogén-tényezők kizárását gyakoroljuk a mérésekben. Ennek érdekében héliumos léggömbökkel emeljük 25 m magasba a hőmérőt és a szén-dioxid mérőt, hogy 5 méterenként rögzítsük a Liftaknában a hőmérsékletet és a szén-dioxid adatokat. Megállapítottuk, hogy a Lift-aknában felfelé haladva 5 méterenként átlagosan  $0,1^{\circ}\text{C}$ -al emelkedik a hőmérséklet, mely 25 m magasságban eléri a  $13,5^{\circ}\text{C}$ -ot, majd egyensúlyi állapotba kerül és nem emelkedik tovább. (Fotó: Horváth Á. Katalin)

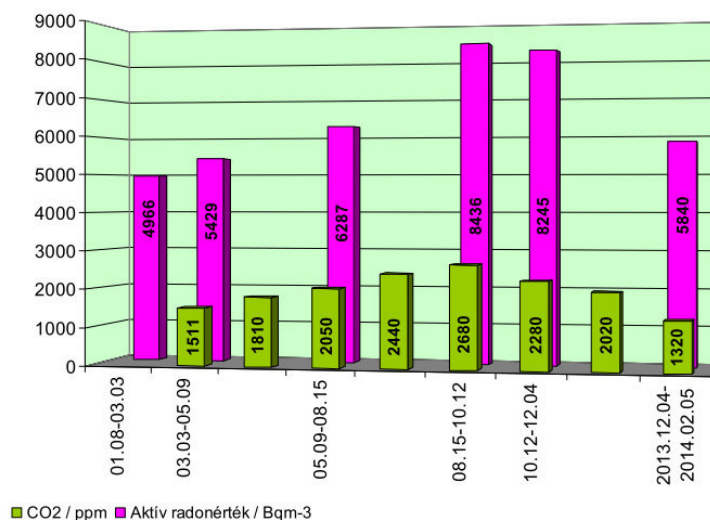


## **8 Radonmérések eredményeinek bemutatása**

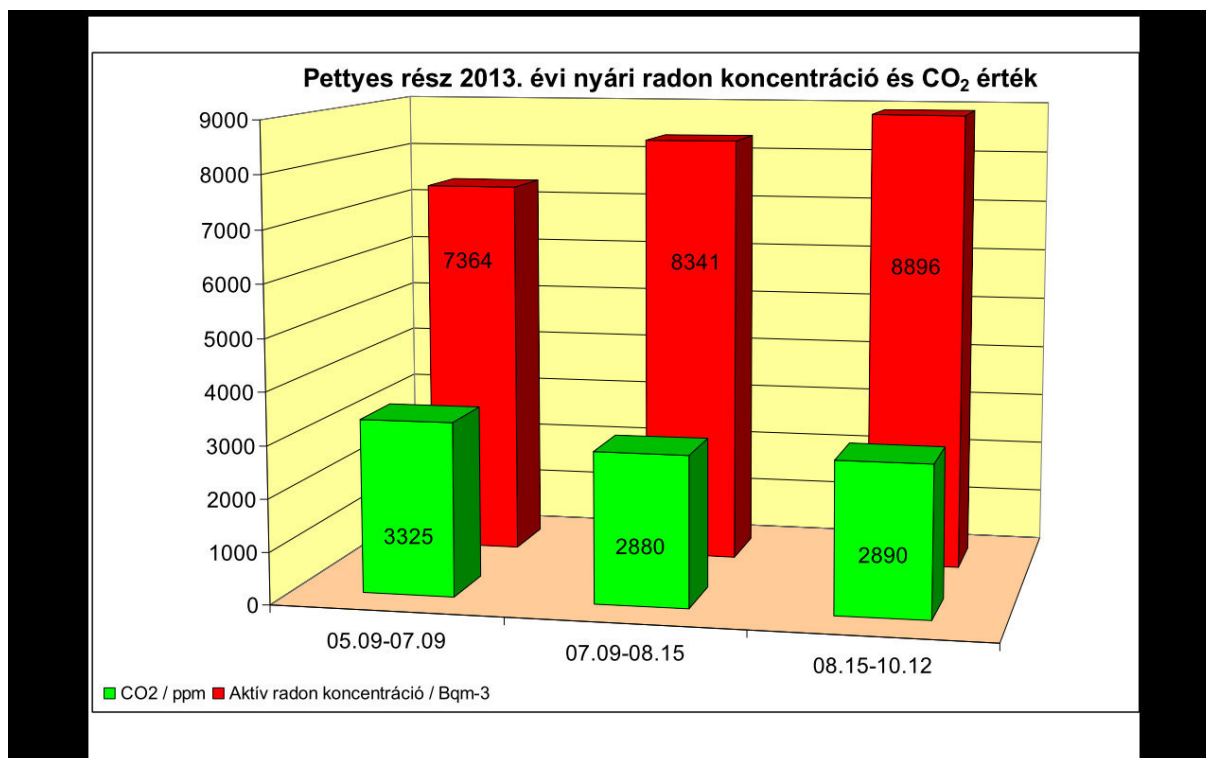
8.1 Előzmények: az MTA-ATOMKI (Debrecen) és a SZIKKTI SE között létrejött kutatási megállapodás alapján 2008 és 2018 között 22 pontra került kihelyezésre Alfa-nyomdetektor, melyek átlagosan 2 hónapos besugárzási idővel gyűjtötték az adatokat. Kiss Jenő halálával a kutatási program további sorsa megkérdőjeleződött és az eredeti megállapodás szerinti eredményközlés sem tisztázódott. Így jelen fejezetben nem részletezem a leggyűjtött adatokat, csak a radon-mérésekkel egy időben végzett szén-dioxid mérések összefüggéseit tárgyalom. Az alább bemutatott ábrák célja, hogy rávilágítson a feláramló radon és az ugyanazon pontokról feláramló szén-dioxid koncentrációja közötti szoros korrelációra, mely természetesen barlang-specifikus összefüggés, így más barlangtípus esetén, vagy erős antropogén hatás esetén ez az összefüggés csak óvatosan, minden körülményt megvizsgálva alkalmazható.

*108. ábra: az Agyagos-folyosóban 2011-ben, hat ponton mért aktív radon koncentrációk átlagértékeinek 2 havonta történő megjelenítése az átlagos szén-dioxid koncentráció értékével együtt ábrázolva. Az eredmények értékelésénél fontos megjegyezni, hogy a radon-besugárzási időszakok (átlagosan 60 nap) alatt szén-dioxidot csak néhány alkalommal, 24 órás időszakban sikerült regisztrálnunk, így a szén-dioxid értékek átlaga nem mindenhol tekinthető reprezentatívnak. Ennek ellenére is szoros korreláció mutatható ki az aktív radon koncentráció évszakos változása és a szén-dioxid átlagos koncentrációja között. A kora-tavaszi értékek a szén-dioxid méréseknél még téli légkörzésbe estek, míg az aktív-radon koncentráció értékek már a téli-légkörzés és az átmeneti időszakot is átfogó átlagértéket szolgáltattak számunkra.*

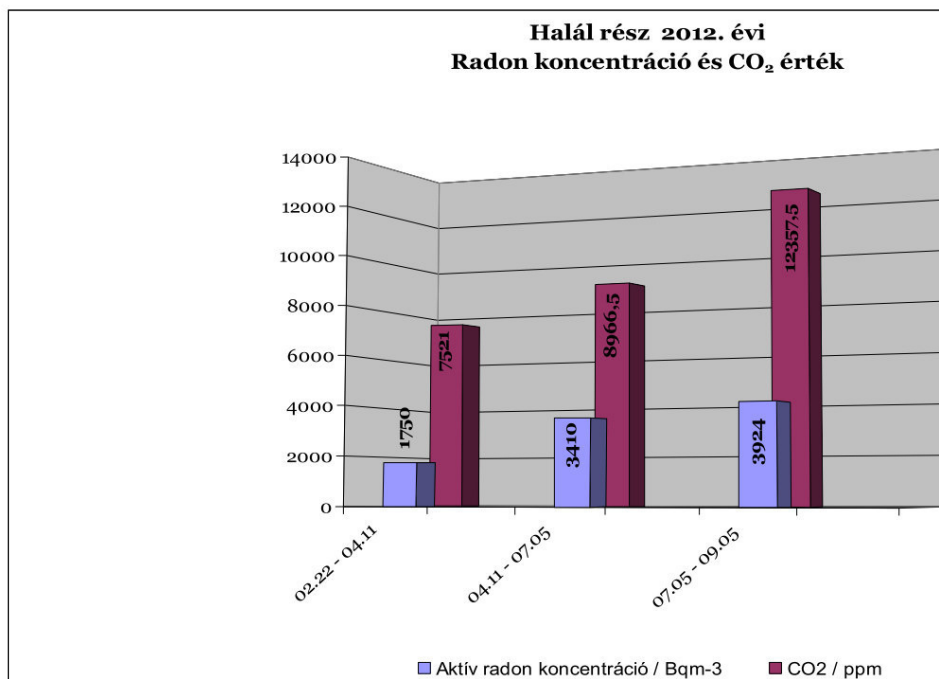
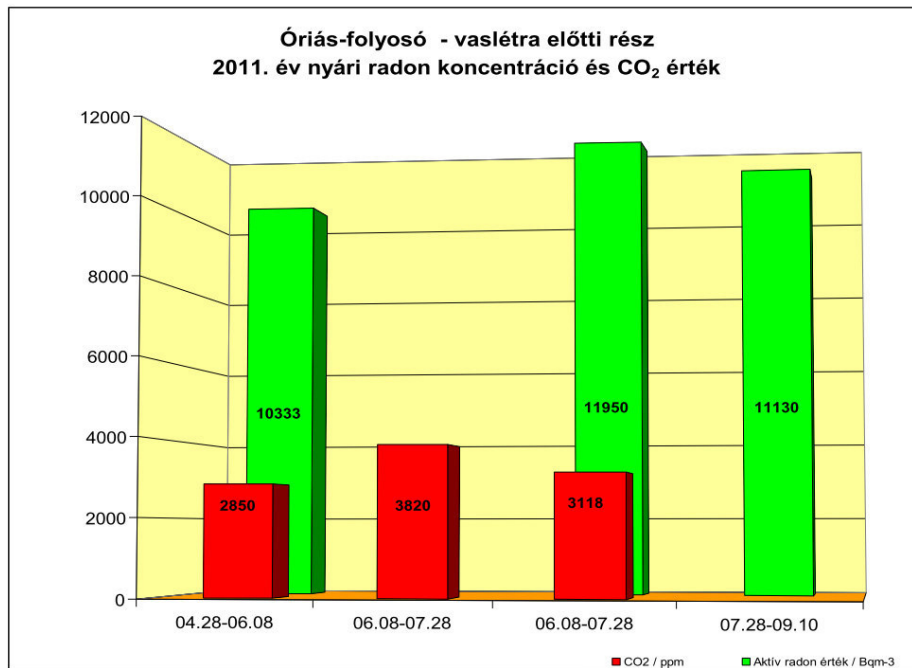
Ferencvárosi-terem 2013. évi radonkoncentráció és CO<sub>2</sub> érték



109. ábra: a Ferencvárosi-teremben 2013.-ban, egy ponton mért aktív radon koncentrációk átlagértékeinek 2 havonta történő megjelenítése az átlagos szén-dioxid koncentráció értékével együtt ábrázolva. Az eredmények értékelésénél fontos megjegyezni, hogy a radon-besugárzási időszakok (átlagosan 60 nap) alatt szén-dioxidot csak néhány alkalommal, 24 órás időszakban sikerült regisztrálnunk, így a szén-dioxid értékek átlaga nem mindenhol tekinthető reprezentatívnak. Ennek ellenére is szoros korreláció mutatható ki az aktív radon koncentráció évszakos változása és a szén-dioxid átlagos koncentrációja között. Az Agyagos-folyosóban regisztrált értékektől eltérően, itt mind a radon, mind a szén-dioxid értéke a légkörzés és szellőztetés mértékében változik. Látható, hogy ez a szakasz már a barlang belső részeiből származó radont és széndioxidot is összegyűjti, mely télen a kőzetrepedéseken keresztül beáramló sűrű-hideg levegő hatására felhígul (a kettős zsilipelés hatására a Lejtaknán lejutó felszíni levegő hatása elenyésző), míg nyáron a kifelé áramló barlangi levegő hatására a mélyből történő feláramlást felerősíti, így maximuma mindkét paraméter esetén a legmelegebb hónapokra tehető. Az adatok értékeléséből azt is láthatjuk, hogy a téli minimum és nyári maximum értékek aránya közel azonos, a radon ( $8436/4966=1,69$ ) esetében kicsit alacsonyabb, míg a szén-dioxid esetében ( $2680/1320=2,03$ ) kicsit nagyobb arány mutatható ki. Valószínűleg a szén-dioxid folyamatos adatgyűjtése mellett annak átlagértéke az időszakra vonatkozóan csökkenne, így a radon és a szén-dioxid nyári/téli aránypárja még jobban megközelítené egymást.



110. ábra: a Pettyes-teremben 2013.-ban, nyári légkörszűrés mellett, egy ponton mért aktív radon koncentrációk átlagértékeinek 2 havonta történő megjelenítése az átlagos szén-dioxid koncentráció értékével együtt ábrázolva. Az eredmények értékelésénél fontos megjegyezni, hogy a radon-besugárzási időszakok (átlagosan 60 nap) alatt szén-dioxidot csak néhány alkalommal, 24 órás időszakban sikerült regisztrálnunk, így a szén-dioxid értékek átlaga nem mindenhol tekinthető reprezentatívnak. Itt nem mutatható ki szoros korreláció az aktív radon koncentráció évszakos változása és a szén-dioxid átlagos koncentrációja között. Ez a barlangrész egy rendkívül összetett, 3 szintes járatrendszert takar, melynek alsó járatai a Ferencvárosi-terem alá nyúlnak be, középső részei az omladékban egy ismeretlen rendszerrel tartanak levegős kapcsolatot (több korábbi klímamérés eredményére hivatkozva), míg felső járatai már a felszínre nyílnak. Ezen bonyolult szerkezeten keresztül vezet a Ferencvárosi-teremből nyitott mesterséges átjáró, mely szintén itt csatlakozik be a Hosszú-folyosóba és ide csatlakozik be levegős kapcsolattal a Gyöngyös-folyosó is. Egyértelmű, hogy a Pettyes-terem egy elosztó, mely több irányból érkező légáramlatokat egyenlít ki. A különböző örvénylő légáramlatokból kiváló ásványok több helyen is borítják a falakat, így összehasonlítható méréseket csak ezen feláramlási zónákban, egy időben történő folyamatos adatgyűjtéssel kaphatnánk. A fenti diagram adatai tehát csak azt bizonyítják, hogy a Pettyes-teremben nyári légkörszűrés mellett a radon és a szén-dioxid forrása eltérő helyekről származik.



111-112. ábra: az Óriás-folyosó vaslétra előtti részén egy aktív feláramlási pont van, melyet régóta figyelemmel kísérek. Az innen származó szén-dioxid koncentrációja szoros korrelációt mutat az aktív radon koncentrációval. Hasonló jelenség mutatható ki a Halál-keresztfolyosóban, melyből mind a szén-dioxid, mind pedig a radon esetében a maximális nyári koncentrációértékek mutathatóak ki. A Halál-keresztfolyosóban levett aeroszol minták fémösszetétele megegyezett a Molnár János barlangban levett fémösszetétellel, így a levegős kapcsolat bizonyított.

## 9. Aeroszolból történő oldás vagy kiválás-formák bemutatása



113-114. ábra: a Kadic-folyosó alsó részében található a barlang legnagyobb állóvize, az un. „Tó”, melynek felülete a csepegővíz intenzitása függvényében  $2 \dots 5 \text{ m}^2$  között változik. Ez a barlang leg-nedvesebb része, ahol a járat magasság miatt állandó feláramlás tapasztalható. Az alsó képen a „Tó” feletti járatfal egy része látható, melyen az intenzív lefolyások látványos cseppkővesedést, míg a feláramlások pedig huzatborsókövek kiválását hozták létre.



115-116. ábra: szintén a „Tó” feletti falszakaszon tanulmányozhatjuk a feláramlásokból történő huzat-borsókő kiválásokat, de láthatunk farkasfogas visszaoldódás nyomokat is a leszálló vizek által lerakott cseppkőformákon, mely azt mutatja, hogy a feláramlásokban időnként savas kémhatású aeroszol is előfordult, mely a lerakott cseppkőkérgéket visszaoldotta.



## 2 . számú melléklet

Engedély száma: KTVF 2122-4/2013.

Engedélyünk 3 héfzínre szól:

-- a Zászlós alsó járatának bontása

-- halál-kerezstfojós bontása

-- Agyagos-szakasz Bányász-termének bontása.

Mivel az Engedélyben /III/2./ külön felhívják figyelmünket,  
hogy túravetése nem vagyunk jogosultak, ezért a barlang  
többi részén nem is jártunk.

1/ A Zászlós alsó járatának bontása csak befejező fázisa  
volt a sok éven át tartó járatüzemeltetésnek. Az orvány-fő-  
főcsőnél nyíló pgyetemléjáróban egy részben feltöltött

aknát kívánva sikerült lejutni a képződmányes alsó szintre,  
ami jelenleg az Agyagos-termem -- gumimaci-járat -- Zászlós-  
termem -- közsalugas útvonalon végig lehet kúsz-mászni. Az

Agyagos-főcső szélén vezető gyerekjáratnál egyúttal ideális  
/izgalmas és biztonságos/ útvonala volna a térpálya részét  
vevő gyerekek számára. Termere azonban a /kiszemehetetlen/  
magyarországi jogi viszonyokat, erre kis esélyt látnak.

2/ A halál-kerezstfojós bontásának szeméjéi és tárgyi problémák  
mialt nem végeztünk bontást.

3/ Az Agyagos-szakasz Bányász-terméből /eredeti nevén ez

az Agyagos-termem/ indult alsó járat /"gyöngyös-főcső"/

a regóta ismert radlós alsó járat. 2010 június 12.-  
én nyílt meg. Később az irányban két szükület járhatóvá

tételt után eljutottunk a Pettyes-termem felől ismert,

nagyon ezük nasadák közlelébe, azaz a további feltárást indo-  
kolatlanná vált. /Lz is már 2012-ben történt; a részletes

képes beszámolót láadtuk./

Azóta csak romlik a további járat állapota, bizonyítva

azt a jól ismert tény, hogy a barlangok legnagyobb eillen-

eségei a barlangszűk.



A több éven át végzett hőméréklet-vizsgálatokról Stieber úr özet kutatásvézető-hejetees társam készít/ett/ részletes tájékoztatást.

A parlángokat járva néhány tura jelenseg is feltűnt, amit nem tudtam megmagyarázni, azek egy része a hazánkban /még/ nem közismert fajjelenségek közé tartozik, és a szemlőben~~x~~ is előfordul több hejen. Hészletes megfigyelésük és végiggondolásuk alapján eszűletett a már említett lundra-túra... dolgot. Ez azonban nem minőül beszámolás-kötetes "kutatósnak", mint arról az /egykorl/ környezeti védelmi és vizügyi miniszterium közlőszatásai és jogl főosztájának kkkf-456/3/2010 számú levele alapján kiderült. Tehát ezt a tanulmányt nem esatoljuk a zárójelentéshez. Az ultraviole /UV/-tényel végzett parlángl megfigyelések ezintén a fenti menteeség körébe tartoznak.

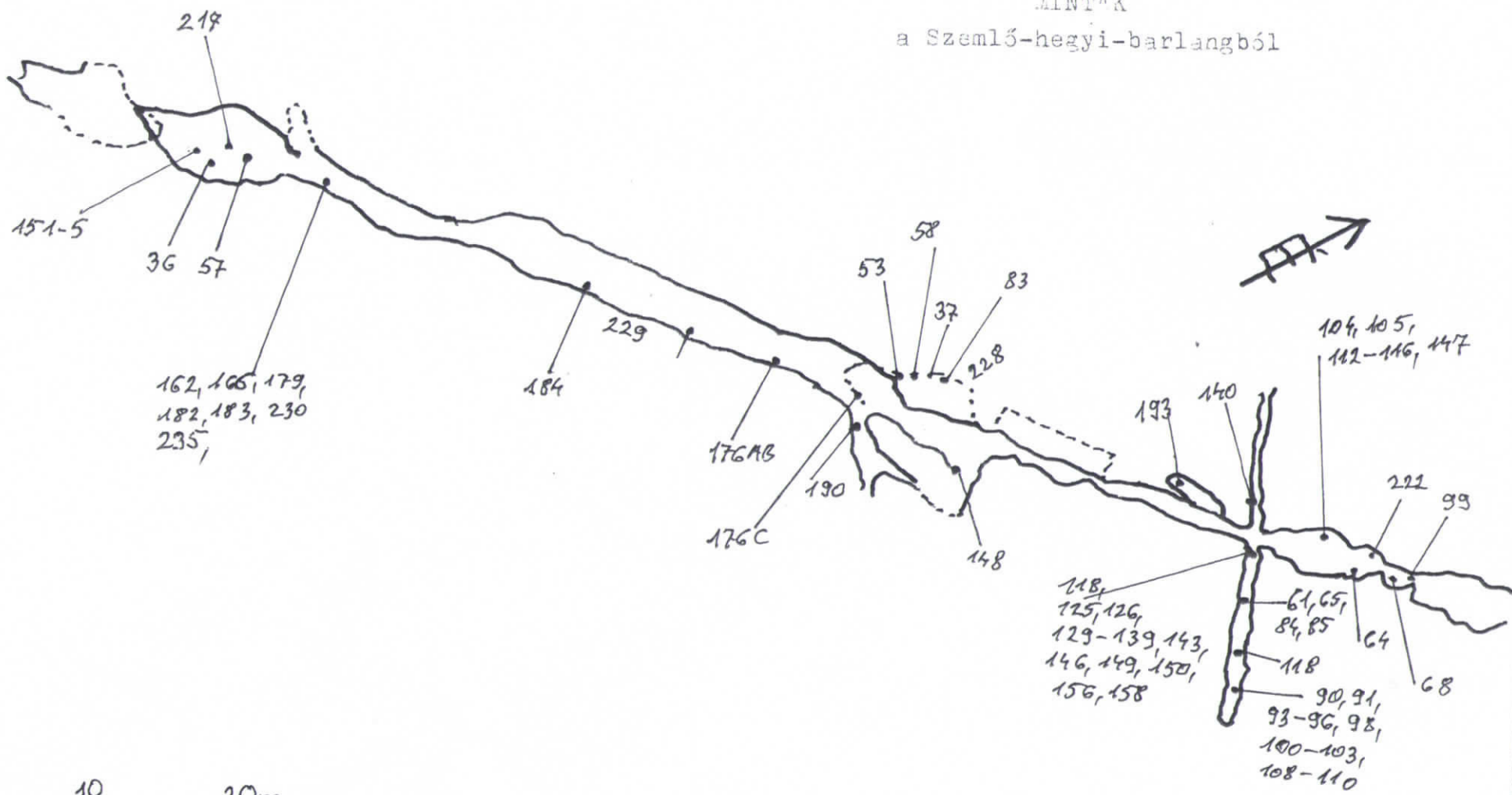
A parlángban a mi kutatási tevékenységünkkel párhuzamosan, de attól függetlenül főz vizsgálatok nem tartoznak ránk, noha az eredmények összedolgozása fontos lenne. Ije-nek voltak a kültőnbözö vizizsgálatok /Fagony és C.Virág Magdolna/, a fojmatos radonméréssek /ATOMKI/, a nagyüzés-res izotópvizsgálatok /C.Virág Magdolna/ és a kültőnbözö szakemberek alkalmi látogatásai, esetleges mérései, amik-nez néha kutatócsoporunk tagjai is eszűtséget nyújtottak.

2019. január 8.

Kraus Sándor

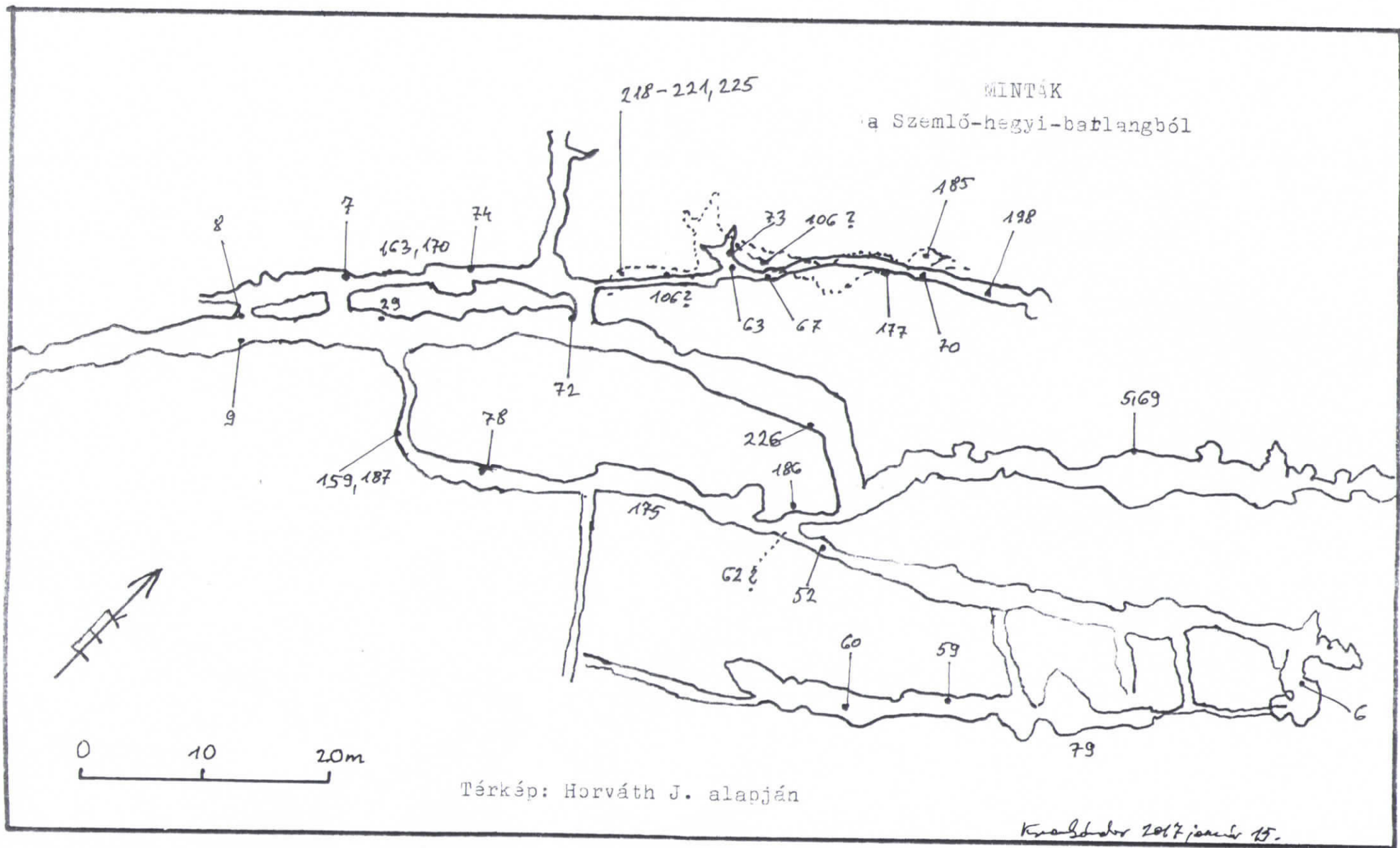
kutatásvézető-hejetees

MINTÁK  
a Szemlő-hegyi-barlangból

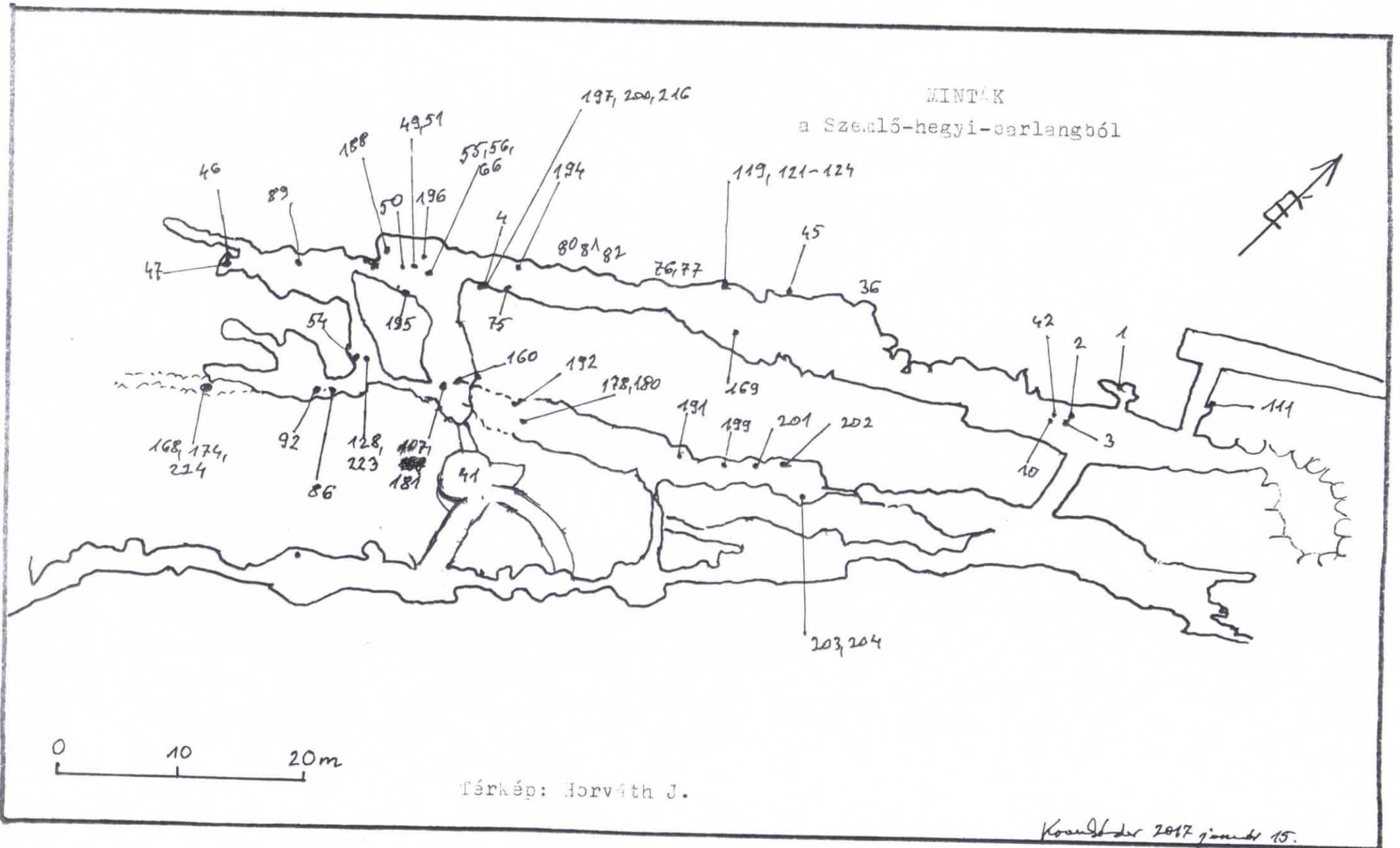


Térkép: Horváth J. alapján

Krausz László 2017. január 15.



MINTÁK  
a Szealó-hegyi-barlangból



Térkép: Horváth J.

Készítve 2017 június 15.

Kraus Sándor  
Zárójelentés/em/ a Szemlé-hegyi-barlangban  
2013-2018 között végzett  
tevékenységeimről

Első és legfontosabb: remélem, hogy nem a Szemlével való

bíbelődésem zárását jelenti ez az összefoglalás!

1./ Hejzini tevékenységek

1.1./ Tűrék száma

Év	Tűrék száma	Beteges grafomániam
2013 előtt	406	
2013 évben	57	miatt pontosan meg tudom mondani, mikor jártam itt és hogy mi volt a fő célja ottlétemnek. Köszönettel
2014	63	
2015	11	
2016	10	
2017	22	ven ennek eszközét
2018	.....	tűranaplónak hívják.
2013--2018 között összesen	.....	

1.2./ Fizikai tevékenységek

1.2.1./ Hőmérőket mérés a Raktár nevi szakaszban.

Készletesen a 2.1. részben ismertetem.

1.2.1./ A Rőzealugas elejének tisztítása.

Az Orvény-folyó legalsó részén induló vízszintes járat.

Ide az évtizedek során sok törmelék hullott, betemetve az

itt levő kiviásokat. Viszont ezzel meg is védte azokat.

A Jaza törmelék kihordása során a barlang többi részéről

mar "eltűnt" borsókó-csúcsok /logomitok/ és eredeti,

boeszköves aljzati felületek váltak láthatóvá. Még tovább

kellene menni, hogy a tisztítás eljárja a kinizeti-kereszt-

hasadékok kitöltését, aminek vizsgálata a barlang /egyik/

felnyitlásának időpontját adná meg.

1.3./ "Szellőmi" tevékenységek

A barlang ingeresegény környezete mediterrán jellegű

is kiválóan alkalmas. Egyik ilyen társaság két alkalommal

üldögélt a "erencvárosi-teremben". De hogy a barlangtanak

is hasznára váljon a dolog, Stieber Józsi csapata mérte

a légter hő- és CO<sub>2</sub>-változását, majd a kiszellőzés idejét.



Ezoterikus és boszorkány ismerőseimmel többször voltunk a Hópalotában és a Csengő-teremben. De mivel a Tudományt ez nem érdekli, nem részletezem a közben tapasztaltakat. /Írásos beszámolók és rajzok nálam vannak./

## 2/ "Laboratóriumi" tevékenységek, mérési eredmények

### 2.1./ Hőmérséklet mérések

A barlangok hőmérséklete közel állandó. /Már ez alatt a nagyobb üregrendszereket értve./ Kisebb heji ingadozások viszont vannak, amik sokezereszer ismétlődve nagy dolgokra képesek. Különösen akkor, ha nem a mai állapotokat vesszük figyelembe. Amikor a meleg víz /25-30 C<sup>0</sup>/ még ott volt a járatok alján, viszont a felszínen a rénszarvasok korzóztak, bizonyos, hogy a hasadékok felső, felszinközeli részén nagyon erős páralecsapódás volt.

A mai, sokkal kisebb hőmérsékleti különbségek mellett azonban még mindig az év felében a főte közete hidegebb, mint a közvetlenül alatta levő barlangi levegő. Ezt a Raktár nevű, felszinközeli járatocskában több évig tartó mérés-sorozattal bizonyítottuk, aminek eredményeit már részletesen közöltem Beszámolóimban.

Hőmérési eredmények III	2013	p.34-39
Raktár IV	2013	p.40
Hőmérés a Raktárban IV	2014	p.58
Hőmérséklet vizsgálata V	2014	p.59-60
Hőmérsékleti ábrák	2016	p.32-34

A barlang több pontján voltak-vannak higanyos hőmérők, amiknek leolvasását, adatainak feldolgozását a kutatócsoport más tagjai végzik.

### 2.2./ Egyéb laboratóriumi vizsgálatokat

alig végeztem, pontos ásványtani vizsgálat csak a SZEM. 198. mintán történt, ami tiszta kalcitnak minősült. /Beszámoló 2014 p.46./ Az izgalmas anyagok, tükristájok vizsgálatát régebben csináltattam. Persze a "konkurens" kutatók, akik más műszerekhez férnek hozzá, sok érdekes

és fontos eredményt hoztak már nyilvánosságra. Az én lehetőségeim most már csak a meglevő anyagok feldolgozásában tetőztek. Ezek voltak a

### 2.3./ Mintaleírások

Minta-zt az érdeklődők olvashatják a 2017-ben /újra/ kiadott Barlangföldtan könyvben, a barlangok /"tudományos"/ megismerésének elengedhetetlen része néhány laboratóriumi anyagvizsgálat is. /4.fejezet, p.102-170/ A kellő szakértelemmel begyűjtött minták első állomása a "laboratóriumba" érkezésük /és tisztításuk/ után a minél részletesebb leírás.

Az alapos megnézegetés után következik ojan vizsgálat, amire a "kutatónak" /"szakembernek"/ van pénze vagy lehetősége. Nekem szerencsém volt, mert az ELTE Alkalmazott Földtani Székének vezetője, Mindszenty Andrea lehetővé tette /azaz megengedte/, hogy a Tanszéken vékonycsiszolatokat készíthessek a begyűjtött anyagokból. /A berendezések a laborhoz tartoztak, de a segédanyagokat és vásároltam meg; mügyanta 10.000 Ft, tárgylemez, fedőlemez, fotópapír, stb./ Nem volt ingyen semmi.

A lényeg, azaz a végeredmény az, hogy az évtizedek alatt összegyűlt 235 minta ~~kézzel~~ /pontos lelőhejük térképen jelölve, Beszámoló 2016 p.29-31/ közül 194 darabból készíttettem csiszolatokat. Többségéből katódluminoszkópos vizsgálatot is csináltam, majd A/4 méretű papirképet készíttettem /eleinte készíttettem/ róluk. Ez is pénzbe került.

Az évek előrehaladtával a hosszú téli munkaszünetek és a nyári forróságok miatt a laboratóriumomba húzódtam, ahol nekikezdtam a dobozokban várakozó minták alapos leírásának. Ez a Szemlő mintáinak esetében 2014-2016 évek során készült el. A kövek egy részét már visszavittem a barlangba, más darabok még várják, hogy az üregrendszer fejlődéstörténetének megírásában szerepeljenek. /Remélem, ez is meglesz előbb-utóbb./

## 2.3.1./ Mihez tartás végett

azért csak elmesélem, hogy egy kőzetminta /vagy csiszolat/  
leírása az ELTE Kőzettani Székén néhány éve 8.000 Ft /azaz  
nyolcezer forint/ volt. A Szemlőből leirt 194 darab értéke  
tehát 1.552.000 Ft

A szöveges rész 117 oldal, aminek gépelése, fénymásolása  
30 forinttal számolva 3.510 Ft

Szines fotókat készítettem a mintákról, általában két  
darabot, és az UV-fényes megvilágításról is. Ha a szines  
papírkép árát 50 Ft-nak veszem, akkor mintánként a 3 kép  
17.550 Ft volt, felragasztottam őket rajzlapra, dosziékben  
rendeztem, így ez belekerült kb. 20.000 Ft-ba  
/Ez az összeg tényleges kiadásom volt./

A minták többségéről mikroszkópi vizsgálatra alkalmas  
vékonycsiszolatot készítettem, aminek forgalmi /elkészítési/  
értéke /ára/ 4-10.000 Ft közötti, mérettől függően. Vegyük  
5.000 Ft-nak. Sok mintából több csiszolat is készült, így  
legyen 250 darab. /Lusta vagyok megszámolni./ Ezeknek "piaci"  
értéke tehát 1.250.000 Ft

Jelenleg már a Természettudományi Múzeum Ásványtárában  
pihennek a csiszolatok. /Ajándékozási szerződés, ~~2017~~  
2017 p.79-82./

A csiszolatok többségéről volt szerencsém egy különle-  
ges vizsgálatot is végezni, katódluminoszkóp nevű masiná-  
val /-ban/ megnéztem őket és a tapasztalt /látott/ eredményt  
a mintaleírásokban rögzítettem. Ennek a vizsgálatnak szám-  
lázható ára 2.000 Ft. A 170 csiszolatnál ez 340.000 Ft.

A csiszolatokról fekete-fehér, nagyméretű fotót ké-  
szítettem, hogy mikroszkóp nélkül is lehessen valamennyire  
látni őket. A nagy fotó elég drága, 500 forintot lehet  
számolni rá /ezt is ki kellett fizetnem/. A kb. 250 kép  
esetében az összeg 125.000 Ft

Ha összeadom az "elvi" és a gyakorlati összegeket, ki-  
derül, hogy ezzel 3.290.510 forintot

ajándékoztam -- csak a Szemlő-hegyi-barlanggal kapcsolatban

a hazai Természetvédelemnek. /Bár az anyag fizikailag még nálam porosodik, de bármikor felvihetem a Kataszteri anyagokhoz, ahol nincs hová tenni, és nincs, aki egyáltalán foglalkozzon vele. A többi barlang anyaga is ott tornyosul Ricsi asztalán./

### 3./ Tanulmányok

Az egyre gyarapodó ismeretek, megfigyelések, felismerések során időnként megpróbálom rendszerezve leírni a gondolataimat. Ezek rövid, általában csak néhány gépelt oldalnyi anyagok, amik azután dosziéba kerülnek, ahol fényképek, ritkán újságcikkek, félmondatos feljegyzések társaságában "érnek". Előbb-utóbb azután előveszem valamelyik csoportot, szétteregetem a laborasztalon és "megindul az agyam". Azután vagy lesz belőle valami értelmes, füle-farka cikk, vagy nem. Nos, az elmúlt 5 év Szemlővel kapcsolatos írásai a következők: /a Beszámolók oldalszámaival/

Sárga	2013 p.37-31
Gipsz a Szemlőben	2013 p.32-33
Tundra-túra	2015 p.5-30
/Rövid/ Beszámoló a Szemlőben...	2015 p.76
Kutatási eredmények a Szemlőben	2016 p.26-28
Szemlő nevek a térképeken	2016 p.35-53
/Hévízes barlangjaink formái/	2016 p.66-69
Csikos üledékek a Szemlőben	2017 p.71-72
Feltárási lehetőségek a Szemlőben	2018
Kifehéredés	2018
Karfiol	2018
Zárójelentés/em/ a Szemlő-....	2018

Végezetül köszönöm az eddigi lehetőségeket, és bizom abban, hogy nemcsak lelkesedésem, hanem erőm és engedéjem is lesz további játékokra ebben a barlangban /is/.

2018 október végén

  
Kraus Sándor

# 3 . számú melléklet

## **Összefoglaló jelentés Szemlő-hegyi-barlangban 2014 és 2018 december 31. között végzett mikrobiológiai vizsgálatokról. vizsgálatokról**

2014 és 2018 dec. 31. között 34 leszállás során végeztünk mikrobiológiai vizsgálatokat a Szemlő-hegyi-barlang kiépített szakaszán 3 mintavételi ponton, és az orvosi rendelőben, valamint 30 leszállás során az Agyagos terem 3 mintavételi pontján.

### **Bevezetés:**

A barlangok a maguk különleges mikroklímájával a mikroorganizmusok számára speciális élőhelynek tekinthetők. A barlangi légtérrel egyértelműen sem az outdoor, sem az indoor típusba besorolni nem lehet, mert mindkét légtértípus számos tulajdonságával rendelkezik.

A barlangokra jellemző sajátos klímaviszonyok a felszínen sehol sem találhatók meg, ezért a barlangi klíma mikroorganizmusokra gyakorolt hatása még kevésbé tisztázott. Gyakran a megfelelő mintavétel is problémát jelenthet.

A barlangokba a mikroorganizmusok, elsősorban baktériumok és gombák a felszínről jutnak be a következő módokon:

1. Levegővel a talaj és a kőzet repedésein, ill. a bejáratokon keresztül
2. Felszíni, befolyó vizekkel (pl.: patakok, víznyelők)
3. Csepegő vízzel a talaj ill. kőzetrétegen keresztül
4. Ember által közvetítve (pl.: ruházat)

Ez utóbbi esetben az idegenforgalom keretén belül - elsősorban az „utcai ruházat” közvetítésével - nagy mennyiségű mikroba juthat a barlangi levegőbe. Az ember közvetítésével inkább a felületi, ill. az emberi normál flórához tartozó baktériumok kerülnek a barlangba. A beáramló levegő útján különféle felületek, a talajfelszín mikrobái, befolyó vizekkel vízi mikroorganizmusok, csepegő vízzel pedig főleg a talaj rétegeiben előforduló mikroorganizmusok juthatnak le zömmel. Egészségügyi kockázatot csak a patogén baktériumok bejutása jelent, míg a gombák esetében a problémát a barlangban felhalmozódó szerves anyag (ételmaradék, építési faanyag, szemet) jelent, mert a barlangi környezet alkalmas számos gombafaj gyors elszaporodására, ha megfelelő tápanyag áll rendelkezésre. Egészségkárosító hatása a gombáknak - hazai viszonylatban - elsősorban allergizáló képességük miatt jelentős.

Ellentétben a vízzel és a talajjal a levegőben a baktériumok, gombák, protozoonok semmilyen körülmények között sem tudnak szaporodni. A levegőben a mikrobák véletlenszerűen találhatók, oda

valamely élethelyről jutnak időlegesen, ahol több – kevesebb ideig életben maradnak. A levegő segítségével azonban messzire elkerülhetnek eredeti tenyészhelyüktől.

A baktériumok életben maradásának és a levegőben való tartózkodásának idejét a levegő fizikai és kémiai paraméterei döntően befolyásolják.

Mint mikrobiológus és barlangász már régóta izgatott a barlangok mikrobiológiája. Ezért kezdetem – szerény lehetőségeim szerint – mikrobiológiai (bakteriológus lévén elsősorban bakteriológiai) vizsgálatokat hazai barlangokban.

A barlangokba a felszínről a beáramló levegővel, a lejutó állatokkal, a felszínről beszivárgó vizekkel, valamint a barlangot látogató emberrel jutnak le mikroorganizmusok. A lezárt (még fel nem tárt, bejáratlan nem rendelkező) barlangokban különleges, a felszíntől eltérő mikroorganizmus-közösség alakulhat ki. Ezen közösség faj- és egyed gazdagsága természetesen nagymértékben függ a barlangban található tápanyagforrások mennyiségétől. A bejáratlan rendelkező barlangokba a felszínről már jelentősebb mennyiségű mikroorganizmus juthat le, de ezen mikroorganizmusok a felszíni – a barlangi környezethez képest lényegesen tápdúsabb környezethez vannak hozzászokva, így a barlangban tartósan nem, vagy csak időszakosan képesek megtelepedni.

A mikrobiológia jelenleg is elsősorban az emberi szervezet számára jelentőséggel bíró (kórokozó, normál bióta, differenciáldiagnosztikai szempontból érdekes mikroorganizmusok), illetve a mezőgazdaság és az ipar számára jelentős mikroorganizmusokkal foglalkozik. Ezen mikroorganizmusok kimutatására, meghatározására már jól kidolgozott metodikákkal rendelkezünk. A különleges élőhelyeken előforduló mikroorganizmusok vizsgálata azonban jelenleg is bonyolult és igen költséges. Rutin jellegű vizsgálati módszerek sem igazán állnak rendelkezésünkre.

#### **A vizsgálatok célja:**

A Szemlő-hegyi barlangban már több évtizede folyik klímaterápia. A terápia sikeressége nagymértékben függ a barlang öntisztulási képességétől is. Már a terápia kezdetén többekben felmerült a kérdés, hogy a beteg, gyakran légúti kórokozó baktériumokkal fertőzött betegek vajon a barlangban, a terápia során nem adják-e át egymásnak kórokozóikat? Többek között ezért, és a bevezetésben írtak miatt gondoltuk úgy, hogy a Szemlő-hegyi barlang levegőjének heterotróf mezofil aerob/fakultatív anaerob baktérium-tartalmát, és a domináns baktérium genusokat fogjuk vizsgálni. Technikai okokból a levegő teljes baktérium-vizsgálatára nem vállalkozhattunk. Azért a levegő vizsgálatát végeztük, mert Elsődleges célunk a következő volt:

- A terápián résztvevő betegek jelentenek-e egymásra bármiféle járványügyi kockázatot, azaz átadják-e egymásnak kórokozóikat?
- Milyen a barlang öntisztulási képessége?

- Milyen heterotrof mezofil aerob/fakultatív anaerob baktérium genusok a dominánsak a terápiás szakaszon?
- Ki tudunk-e mutatni kórokozó baktériumot a barlang terápiások által látogatott részén?

Ezen kérdésekre a korábbi kutatásaink során már válaszoltunk, de röviden összefoglalva: A barlang öntisztulása kiváló, ha az előre meghatározott terápiás létszámot és a terápia szabályait betartják. A terápián résztvevő betegek kórokozó baktériumai a barlangi levegőbe kijutva rövid időn belül elpusztulnak. Hosszabb ideig csak azon – főleg felszínről származó - baktériumok maradnak életben, melyek a felszíni környezetünkben, mint ubiquiter baktériumok vannak jelen ( Coaguláz-negatív staphylococcusok, bacillusok, micrococcusok) és elsősorban a ruházatunkkal, tárgyainkkal jutnak le a barlangba.

Ezek után, a következőket tűztük ki kutatásaink céljául:

- A barlangi levegő heterotrof mezofil aerob/fakultatív anaerob baktériumszámának vizsgálata

Ha a mérési pontokon az általunk kimutatható baktériumok száma jelentősen emelkedik, akkor a barlangi levegőbe valahonnan szennyezés, elsősorban antropogén szennyezés jut le

- A domináns genusok meghatározása

Ha itt is jelentős eltérés tapasztalható a korábbi eredményekhez képest az is elsősorban szennyezésre utal, de jelezhet az öntisztulási képesség csökkenését, azaz a barlang túlterhelését.

- Emberi kórokozó baktériumok jelenléte.

A kórokozók megjelenése is az antropogén szennyezésre, illetve a barlangi levegő „túlterhelésére” figyelmeztet, de már konkrét egészségügyi kockázatot is jelentene.

A továbbiakban néhány tisztán tudományok vélt is kitértünk, mint:

- Molekuláris biológiai levegővizsgálatokat (levegőminta elnyeletése pufferben, és vizsgálata RT-PCR-el).
- Mivel az áramlási viszonyok változtak a Ferencvárosi-teremben, tervezünk az áramlási irányokra merőlegesen elhelyezett szedimentációs mintavételeket.
- Csepegővizek RT-PCR vizsgálatát.
- Az Agyagos-teremből származó agyagminták molekuláris biológiai vizsgálatát
- Kiemelten szeretnénk foglalkozni a barlangi levegőben található gombaelemek, spórák faj-szerinti meghatározásával.

Sajnos ezeket laboratóriumi kapacitás hiányában csak kis részben tudtuk teljesíteni.

Ezért kezdtünk már több mint egy évtizede a mikrobiológiai vizsgálatainkat a bejárattal rendelkező barlangok levegőjén.



## A vizsgálatok leírása:

**Levegő vizsgálatok:** A barlangi levegő heterotrof mezofil aerob/fakultatív anaerob baktérium- és tartalmának vizsgálata.

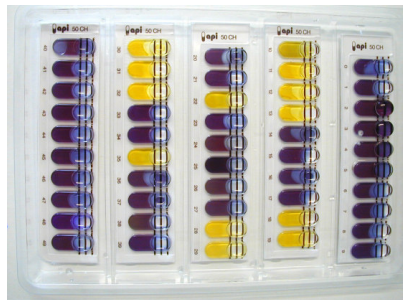
(heterotrof = szén és energiaforrásként szerves anyagot használ fel)

(mezofil = optimális szaporodási hőmérséklet tartománya +15-+45 °C)

(aerob/fakultatív anaerob = levegőn, oxigén jelenlétében szaporodni képes)

Levegőmikrobiológiai mintavétel Merck Mass 100-as levegőmintavevő berendezéssel, véres –agarra és *Legionella* kimutatása céljából CYE-GVPN -agarra történt. A minták laboratóriumba szállítás utáni feldolgozása a Klinikai és Járványügyi Bakteriológia Kézikönyv (1) V.3.3.1. fejezete alapján történt.

Az egyes izolátumok vizsgálatát és meghatározásukat a Klinikai és Járványügyi Bakteriológia Kézikönyv és a Topley & Wilson's Microbiology and Microbial Infections Prokaryotes alapján végeztük. Az egyes izolátumok pontos identifikálásához a hagyományos biokémiai vizsgálati módszereken kívül *api GN*, *api 20E*, *api 50 CHS*, *api 50 CHB* identifikáló kitteket és az *ATB* - automata bakteriológiai identifikáló berendezést is alkalmaztuk.



1.kép: MERCK MASS-100-as és ECO levegőmintavevő

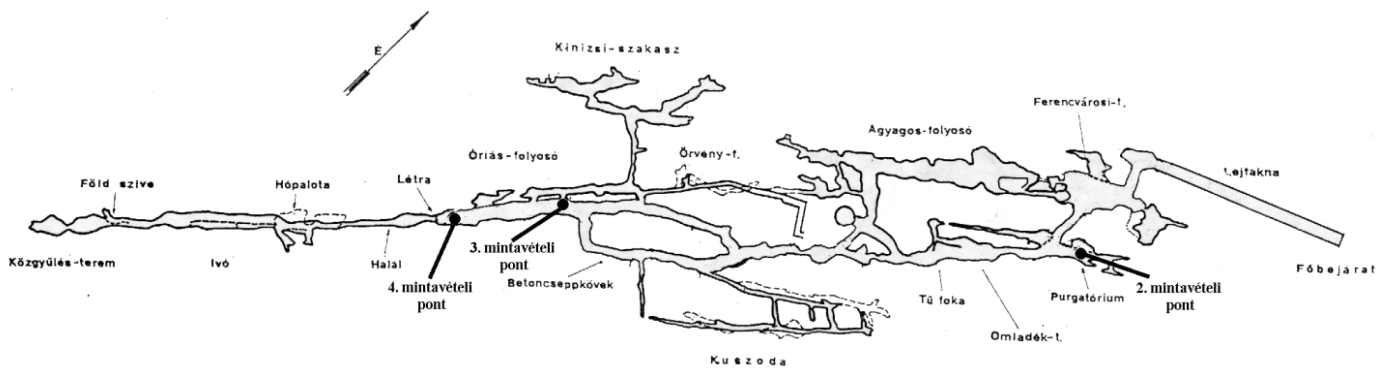
2. kép: api 50 CH teszt

3. kép: Véres-agar tenyészet

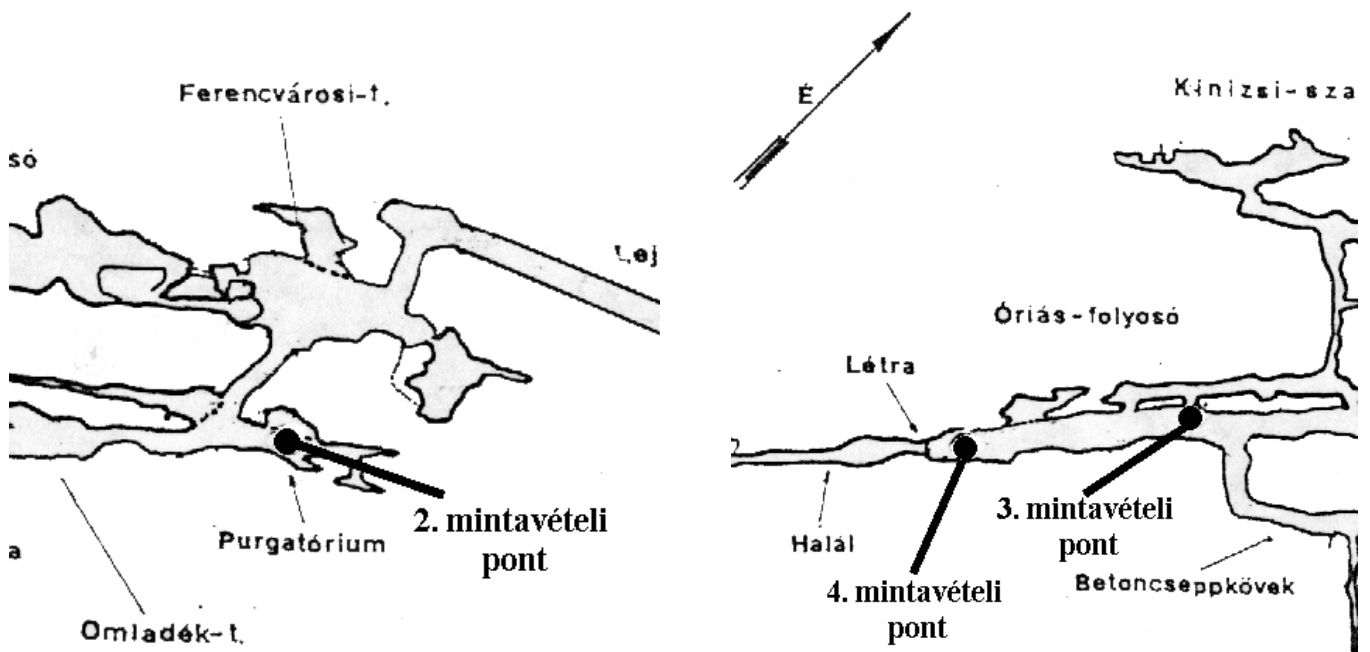
## Lecseppenő víz mikrobiológiai vizsgálata:

Az éppen lecseppenő vizet véres-agar lemezre fogjuk fel. A lemezek további feldolgozása a levegő-mikrobiológiai vizsgálatoknál leírtak szerint történt.

**Levegő-mintavételi pontjaink a kiépített szakaszon az alábbi helyeken voltak:**

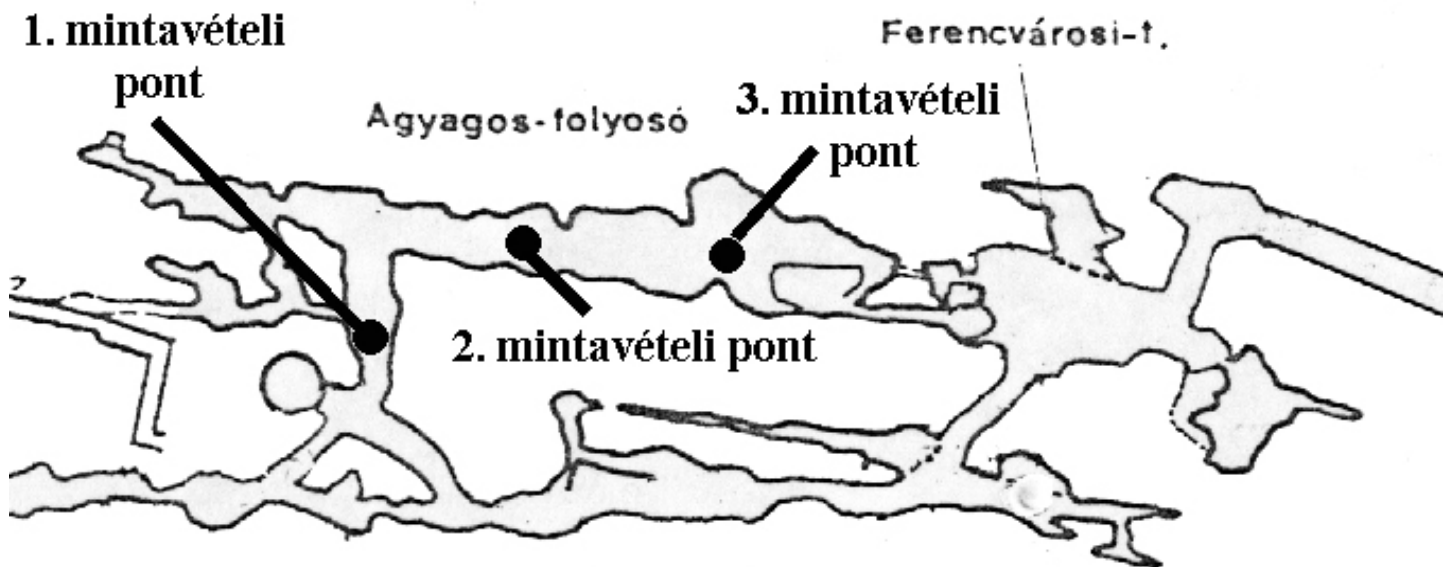


**1. ábra:** Levegő-mikrobiológiai mintavételi pontok a kiépített szakaszon



**2. ábra:** Levegő-mikrobiológiai mintavételi pontok a kiépített szakaszon

Levegő-mintavételi pontjaink az Agyagos szakaszon az alábbi helyeken voltak:



3. ábra: Levegő-mikrobiológiai mintavételi pontok az Agyagos-szakaszon

#### Eredmények:

A mintavételi pontokon gyűjtött mintákból kitenyésztett baktériumok számát, és a mintákban domináns baktériumfajok felsorolását az éves jelentések részletesen tartalmazzák, itt csak az egyes mintavételi pontokon az éves kapott legkisebb és legnagyobb számokat tüntetjük fel. Az 1. táblázat a kiépített szakaszon és az orvosi rendelőben kapott minimális és maximális baktérium-számokat mutatja évenkénti bontásban.

Mintavételi pontok	2014		2015		2016		2017		2018	
	min.*	max.*	min.*	max.*	min.*	max.*	min.*	max.*	min.*	max.*
1. mintavételi pont	12	20	11	27	5	18	8	19	---	---
2. mintavételi pont	0	0	0	2	0	2	0	5	0	9
3. mintavételi pont	10	17	8	19	0	17	11	0	18	29
4. mintavételi pont	5	17	7	19	4	17	4	14	11	20

\* = CFU (Coloni Forming Unit = telepképző egység)

**1. táblázat:** A kiépített szakaszon és az orvosi rendelőben kapott minimális és maximális baktérium-számok 2014 és 2018 között.

Ahogy az az 1. táblázatból is látható, a barlang vizsgált szakaszának higiénés-mikrobiológiai állapota a vizsgált időszakban kiváló volt. Egyetlen mintavételi ponton és esetben sem haladta meg (el sem érte) a beltéri levegőre javasolt max. 50 CFU/100 liter levegő értéket.

A minták több mint 90%-ában a domináns baktériumok az alábbiak voltak:

*Bacillus cereus*

*Bacillus subtilis*

*Bacillus circulans*

*Bacillus sp.*

*Micrococcus sp.*

A barlangi levegőből ritkábban, a rendelő levegőjéből gyakran tenyésztett ki *Co<sup>-</sup> Staphylococcus*.

Egyéb kitenyésztett baktériumok:

*Proteus mirabilis*

*Proteus vulgaris*

*Chromobacterium violaceum*

*Nocardia sp.*

*Corynebacterium sp.*

**A barlangi levegőmintákból kórokozó baktérium egyetlen esetben sem tenyésztett ki!**

**Legionella pneumophila irányában történő mintavétel minden évben 2 alkalommal a 3. mintavételi ponton történt, melyek során Legionella baktériumot egyetlen mintából sem tudtunk kimutatni.**

Az **2. táblázat** az Agyagos-termében kapott minimális és maximális baktérium-számokat mutatja évenkénti bontásban.

Mintavételi pontok	2014		2015		2016		2017		2018	
	min.*	max.*	min.*	max.*	min.*	max.*	min.*	max.*	min.*	max.*
1. mintavételi pont	2	13	2	14	3	15	6	12	---	----
2. mintavételi pont	8	12	6	15	7	14	9	13	---	---
3. mintavételi pont	7	13	8	12	8	13	9	13	---	---

\* = CFU (Coloni Forming Unit = telepkepző egység)

**2. táblázat.** Az Agyagos-teremben kapott minimális és maximális baktérium-számok 2014 és 2018 között.

Ahogy az a 2. táblázatból is látható, az Agyagos-terem levegőjének higiénés-mikrobiológiai állapota is kiváló volt. Itt sem haladta meg, illetve érte el a beltéri levegőre javasolt max. 50 CFU/100 liter levegő értéket.

Éppen lecseppenő vízből 2 esetben végeztünk *Escherichia coli* és *Salmonella enterica* irányában RT-PCR vizsgálatot, hogy az intenzív csepegés során a felszínről bejutott-e fekálindikátor *E. coli*, ill. enteropathogés *Senterica*. A minták mindkét esetben negatívak voltak.

Sajnos az agyagminták PCR- vizsgálatára ezen időszakban nem volt módunk.

**Kórokozó baktériumot az Agyagos-terem levegőjében sem tudtunk kimutatni!**

**Az általunk vizsgált lecseppenő vizekből baktériumot kimutatni nem tudtunk.**

**Összefoglalás:**

**Vizsgálataink eredményeképpen megállapítható, hogy a Szemlő-hegyi barlang általunk vizsgált szakaszai levegőjének az öntisztulási képessége, és így a higiénés-mikrobiológiai állapota a vizsgált időszakban kiváló volt. A barlangi levegőből számottevő antropogén eredetű szennyező mikrobiotát kimutatni nem tudtunk.**

A mikrobiológiai mintavételezést Bognár Csaba, a minták feldolgozását és vizsgálatát az AQUA BAKT Bt a NAT által NAT-1-1693/2012 illetve NAH-1- 1963/2016 számon akkreditált vizsgálólaboratórium végezte.



Bognár Csaba  
okleveles mikrobiológus

4 . számú melléklet

## Összefoglaló jelentés Szemlő-hegyi-barlangban 2014 és 2018 között végzett feltáró kutatásról

A gyógybarlangi működéshez előírt hőmérséklet, bakteriológia, radon, CO<sub>2</sub> méréseket folyamatosan végezzük. A barlang minőségét a feláramló meleg 100% relatív nedvességű termál levegője biztosítja. Éveken keresztül ezt CO<sub>2</sub>, radon és hőmérsékletmérések segítségével, járattisztítással értük el.

Elődeink közül Horváth János ránk hagyta a Sárkürtőből nyíló „Padlás alja” járatot. A kiépítés során ezt az ALPIN csoport agyagdeponak használta. A közel 40-50 m<sup>3</sup> szennyezett agyag kiszállításával a járat kinyílt, és a levegő feláramlását elősegíti, hogy a rothadó faanyag kikerült a barlangból.

2014 és 2018 között folyamatosan végeztük a geológiai feltárást és a tereprendezést:

- A Hópalota előtti járat és utáni szűk omladék rendezését végeztük.
- Az Agyagos-egyetemi szakasz alsó barlangrészeinek tereprendezése is folytatódott.
- Bányász-kürtő törmelék kiszállítása, és a környékének további rendezése történt.
- Hegyi Gábor folyosó vízelvezetésének megoldása.
- Sárkürtő-Gyöngyös takarítása és továbbmélyítése.
- A Gyerekjárat környékének és lejárók rendezése, biztosítása.

A klíma- és mikrobiológiai vizsgálatok folytatása, valamint az idegenforgalmi – terápiás szakaszon állagmegóvás, takarítás és lámpaflóra-mentesítés a barlangterápia akkreditációs működésének biztosításához szükségesek.

2018-tól a Szemlő-hegyi barlangban működő terápia gyógykezelését nem zavaró „barlangtúrászati” lehetőség letiltásra került.

Budapest, 2019. február 12.

Kósa Brigitta  
SZIKKTI-SE  
megbízott elnök