

VÍZSZINTVÁLTOZÁSOK ÉS HATÁSAIK A BÉKE- ÉS A BARADLA-BARLANGOKBAN

WATER LEVEL CHANGES AND THEIR EFFECTS ON THE BÉKE AND BARADLA CAVES

STIEBER JÓZSEF¹ – LEÉL-ŐSSY SZABOLCS²

¹STIEBER Környezetvédelmi Kft., 1181 Budapest, Nyerges u. 6.,
stieber@stieber.hu

²ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C; losz@geology.elte.hu

Abstract: 3 years in a OTKA tender on a monthly basis and visited into the Béke and the Baradla caves. Crystal- and water sampling, in addition to some of the parameters of the water and the air is monitored for measuring water level changes in the cave - and compared the former non-regular, occasional experiences as well. It found that the streams flow occurs much earlier in the surface precipitation than the yield dropping cave in, but the finish is much longer. changes in the physico-chemical parameters monitored by registering has to follow where he is dissolving, and where precipitation. They were observed in the Béke Caves basin sinks not open his mouth sink, after which the water simply disappeared from the main branch. Directly observed the Margitics-siphon clogging, measured cooling of the cave air by a stream of mostly low-volume passages, the indirect impact of the air traffic control of (carbon dioxide content increase, decrease, cave wind direction change) - and pondered the possible effect 50 years ago Baradla Caves tragedy.

1. Bevezetés

2013 januárja óta havi rendszerességgel végzünk vízkémiai és klimatológiai vizsgálatokat 2 napon keresztül a Béke-barlangban, melynek keretében 1520 m-nél („Buzogány”) szén-dioxid loggert helyezünk el 24 órára. Munkánkat az elnyert OTKA- 101 664 sz. „Hazai szárazföldi karbonátképződmények komplex geokémiai, paleoklimatológiai és tektonikai vizsgálata” pályázat (témafelelős: Demény Attila) keretében, az ÉMIKTF 5232-10/2012 sz. kutatási engedélye alapján az ANPI, mint vagyionkezelő hozzájárulásával és útmutatása alapján végezzük (STIEBER-LEÉL-ŐSSY 2014). A 2013. év első felében lezajlott olvadás, majd eső következményében a barlangban árvizek uralkodtak, a Jósvalfői „Margitics-szifon” vízzel elzáródott, és (már korábban) a „Felfedező-ág” felszínre nyíló aknája is beomlott. Az „MKBT-terem” teljes egészében víz alá került, a túlfolyó víz pedig a „Zoltán-terem” vízgyűjtő-csővéen keresztül talált utat a szabadba (STIEBER-LEÉL-ŐSSY 2015). Az árvizekkel együtt kritikus szén-dioxid emelkedés mutatkozott,

mely több órás barlangtúrák alatt akár mérgezést is okozhat (HERCZEG 2008). A kockázat miatt az Aggteleki Nemzeti Park Igazgatósága a barlang látogatását 2013 májusától felfüggesztette. A probléma jelenleg is fenn áll. Vizsgálatainkat ez idő alatt a Baradla-barlangra is kiterjesztettük, ahol elsősorban a „Nehéz-úti” barlangszakaszban végeztünk rendszeres észleléseket. Tapasztaltuk, hogy mind a Béke-, mind a Baradla-barlang esetében jelentős a vízhozambeli változások - elegendő a 2016-os, vagy a 2015-ös árvízre gondolni, amikor az aggteleki szakaszon a betonjárdán állt a víz, lehetlenné téve a túrázást (1. ábra). A „Török-fürdő” ilyenkor egy jelentős patak vízhozamával működik, máskor kiszárad. Meg kell említenünk, hogy 1974-ben olyan árvíz volt, hogy a kivilágítatlan részen több hidat is elmosott az ár (FODOR 1984).



1. ábra: Árvíz a Baradlában („Teknősbéka-terem”, 2015, Fotó: Kovács Richárd)
Fig. 1. Flood in Baradla Cave in Aggtelek („Turtle Room”, 2015)

A Béke-barlangban a „Nagy-tufa” mutat ilyen hektikusságot: általában az év nagy részében száraz, de pl. 2013-ban egészen augusztusig működött. 2015 telére már csak 800 méternél jelent meg a víz, holott gyakran már a „Nagy-tufa” előtt jelentkezik a folyamatos vízfolyás (2. ábra).



2. ábra: Száraz lábbal a Béke-barlangban 1800 méternél (2015, Fotó: Dr. Ambrus Gergely)
Fig. 2. With dry-foot in the Béke Cave 1800 meters (2015)



3. ábra: Bezárult a szifon a Béke-barlangban („Rózsaszín-tufagátak folyosója”, Fotó: Ambrus Gergely)
Fig. 3. Closed to siphon the Béke Cave („corridor of the Rózsaszín-tufagátak”)

2016 januárban 1600 m után számos helyen ismét kiszáradt a patak, ott, ahol máskor 1 méteres a víz, most teljesen száraz volt! 2012 novemberében pedig a "Kút" (1340 m) is teljesen száraz volt! Ez utóbbi esetekben

1300, ill. 1600 méternél barlangi medernyelőt találtunk, ahol a víz elsziváro-rog, de elvezető járat egyik helyszínen sem látszott. Ettől teljesen függetlenül a „*Margitics-szifon*” eltömődése következtében 3 éve fennálló helyzet: a szifon vízáteresztő képessége egy eltömődés következtében drasztikusan lecsökkent, és emiatt a víz visszatorlódik (*STIEBER-LEÉL-ŐSSY 2015*), a „*Rózsaszín- tufagátak folyosóján*” nem lehet túlmenni, ott is hasig ér a víz, és egy új szifon alakult ki (*3. ábra*).

Korábbiakban Fodor István (*FODOR 1984*) és Stieber József (*GRUBER-GAÁL-STIEBER 2014*) baradlai vizsgálatait alapul véve összefüggést kerestünk a felszíni és barlangi hőmérséklet különbsége és a szén-dioxid szint, ill. a levegő áramlási iránya között (*STIEBER-LEÉL-ŐSSY 2015*). Most ezeket kiegészítjük a vízszint- változásokkal kapcsolatos észleléseinkkel és talaj-hőfok vizsgálatainkkal, összefüggést keresve az 1965 szilveszterén a Baradla-barlang „*Styx-ágában*” bekövetkezett tragikus halálesetekkel.

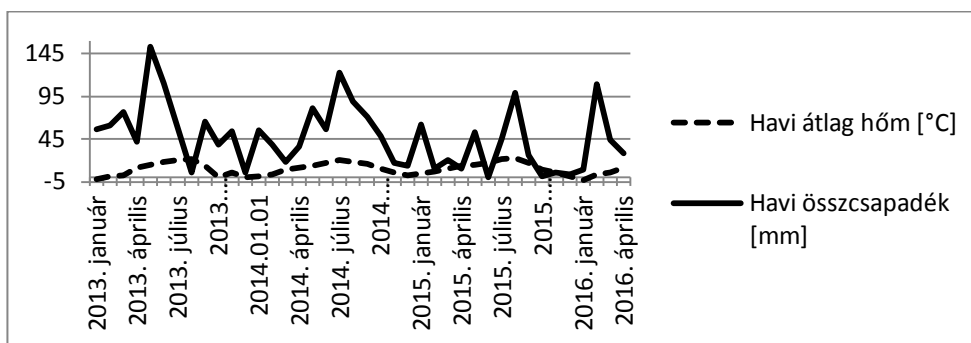
2. Alkalmazott vizsgálati módszer bemutatása

A vizsgálatokat mindkét barlang esetében 36 hónapon keresztül, havi rendszerességgel, 2 egymás utáni napon végeztük, több mintavételi helyszínen és a felszínen. A meteorológiai adatokat az OMSZ által rögzített Jósvalfői mérőállomásról óránként, a Béke-barlang bejárati légforgalmának fizikai jellemzőit naponta egyszer, a klíma-paramétereket 120 m-nél és 560 m-nél naponta egyszer, míg a bejáraton átáramló levegő és az 1520 m-nél megtalálható barlangi levegő szén-dioxid tartalmát 24 órán keresztül percenként regisztráltuk. A szén-dioxid koncentráció mérésére NDIR módszert alkalmaztunk, a bejáratnál diffúz kamrával, míg 1520 m-nél extraktív mintavétellel. Mindkét műszer belső memóriával rendelkezett az adatok tárolására. A Baradla-barlang esetében klimatikus paraméterek vizsgálatát a Nehéz-út „*Havasok*” képződményének közelében végeztük el.

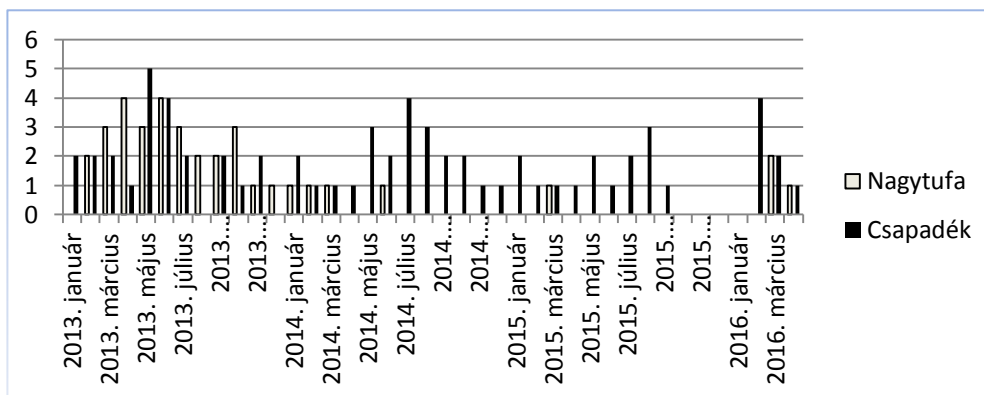
3. Eredmények

A jósvalfői meteorológiai állomás által gyűjtött havi átlaghőmérséklet és havi összes-csapadék mennyiségéből látható, hogy a hőmérsékletek nyári maximuma júliusra, míg téli minimuma januárra tehető (*4. ábra*). Ez egyenes arányosságban áll a talaj mikrobiológiai aktivitásával, mely az abban keletkező CO₂ mennyiségével arányos (*JAKUCS 1971*). A karsztra hulló csapadék mennyisége igen változó, a tavaszi-nyári hónapokban éri el a leg-

magasabb értéket, míg januárban a legalacsonyabb. 2013-tól 20%-os átlag-csapadék csökkenés volt tapasztalható, vagyis a barlangokba bejutó vizek mennyisége is csökkenő tendenciát mutat. Mindeközben az elfolyás mértékében (Kis- és Nagy- Komlós források vízhozamában) nem tapasztaltunk jelentős csökkenést, vagyis a karszt több rétegben ürül le és hatalmas tároló kapacitással rendelkezik.



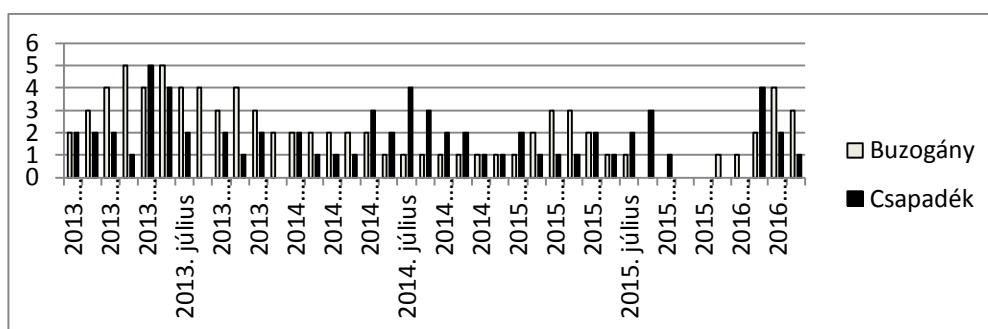
4. ábra: A jósvafői meteorológiai állomás által gyűjtött havi átlaghőmérséklet és havi összes csapadék diagramja
 Fig. 4. Diagram shows the month-average temperature and the quantity of the precipitation during a month – data collected by Jósvafő Meteorological Station.



5. ábra: A karsztra hulló felszíni csapadék mennyiségét és a „Nagyutfánál” mért vízszinteket dimenzió nélküli számmal (0-5-ig) jelölő grafikon
 Fig. 5. Diagram shows the volume of the precipitation falling down on the surface of the karst, and the measured water levels with numbers (0-5) without dimension

A karsztra hulló felszíni csapadék mennyiségét és a „Nagyutfánál” mérhető vízszinteket dimenzió nélküli számmal (0-5-ig) jelöltük és közös grafikonon ábrázoltuk (5. ábra). Látható, hogy 2013-ban a megnövekedett csapadékokra néhány napon belül reagált a patak vízszint változása, majd

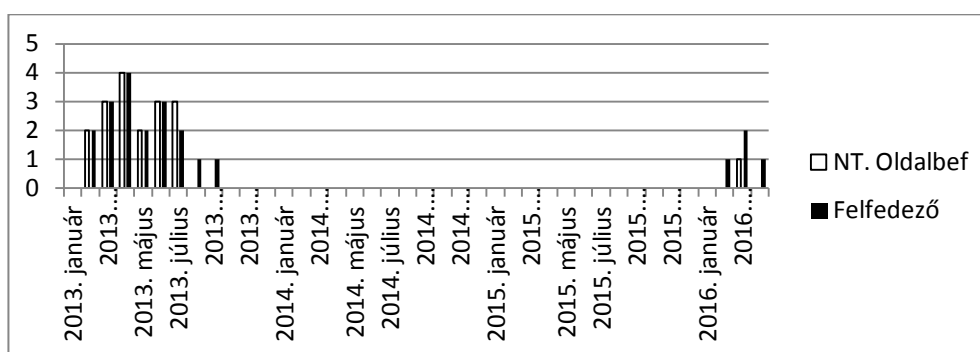
2014-ben egy-egy nagyobb esőt követően megjelent a patak vize, de a medret többnyire kiszáradva találtuk. Annak ellenére, hogy volt beszivárgás, az már nem jelent meg a barlang felső szakaszán folyóvíz formájában. Változást csak 2016 februárjában tapasztaltunk, amikor a beszivárgó víz már nem tudott elegendő ütemben lejjebb szállni a mélyszintekre, így csökkent intenzitással megjelent patak formájában. Láthatóan alacsony vízhozamot produkált, hiszen a leürült mélyszintekre történő leszivárgás folyamatos. Legszárazabb őszi 2015-ben volt, amikor 3 hónapon keresztül száraz patakmederben járhattunk 900 m-ig.



6. ábra: A karsztra hulló felszíni csapadék mennyiségét és a „Buzogánynál” mérhető vízszinteket dimenzió nélküli számmal (0-5-ig) jelölő grafikon
Diagram shows the volume of the precipitation falling down on the surface of the karst, and the water levels with numbers (0-5) without dimension.

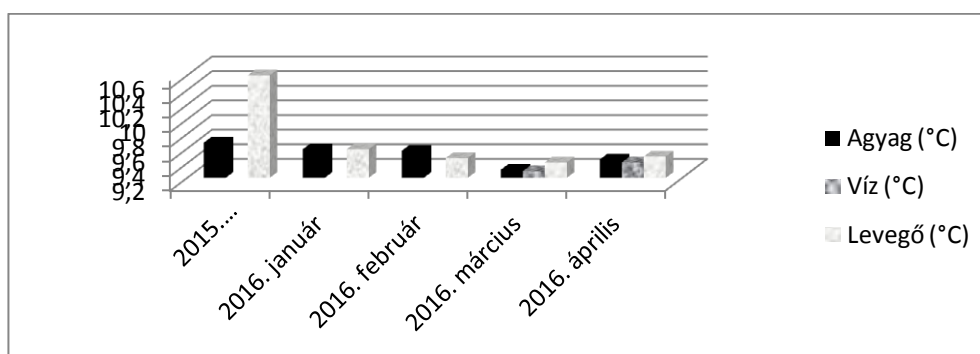
A „Fő-ág” középső szakaszának tekinthető „Buzogánynál” (1520 m) minden alkalommal észleltünk vízfolyást, azonban ennek mértéke is a „Nagyutfánál” tapasztaltak szerinti korrelációt mutatta. 2013 májusáig a vízszint folyamatosan emelkedett, onnan egyenletes csökkenést mutatott a 2014 májusában beállt alapszintig. 2016 januárig a beszivárgó csapadék mennyiségét nem követte a patak vízszint változása, ehelyett stagnált egy alapértéken (6. ábra). Hasonló megfigyelést tettünk a csepegővizek esetében is, amelyek gyűjtése (a mennyiség drasztikus lecsökkenése miatt) egyre nehezebbé vált. Vízhozamváltozást csak a 2016 februári nagy esőzések hoztak. Mivel ez a szakasz már jóval közelebb van a mélysínt víztároló rétegekhez és a különböző pontokról érkező összefolyások is itt egyesülnek, ezért a „Buzogánynál” tapasztalt vízszint csökkenés 2016 március-áprilisban kisebb mértékű volt mint a felső szakaszhoz tartozó „Nagyutfánál”. Megfigyeltük, hogy a felszíni csapadék egy része a felső járatokba, másik része pedig már közvetlenül az alsó járatokba szivárog. A felső járatokból nyelőkön keresztül ürül a víz az alsó járatokba. Kisebb felszíni csapadék esetén a

leürülő felső járatok szárazak maradnak, mivel a csapadék nagy része az alsó járatokba szivárog. Az alsójáratokból folyamatos az elfolyás a Kis- és Nagy-Komlós forrásokba.



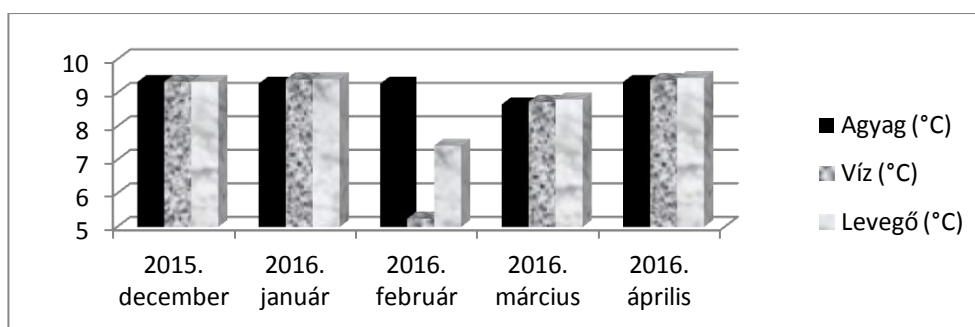
7. ábra: A „Nagyutafa” kis patakja és a „Felfedező-ágnak” vízhozam változását dimenzió nélküli számmal (0-5-ig) jelölő grafikon
 Fig. 7. Diagram shows the change of the runoff of the Felfedező-ág (Discovery branch) and the small stream of Nagytufa with numbers (0-5) without dimension

A „Nagyutafa” kis patakja és a „Felfedező-ágnak” vízhozam változása közös diagramban ábrázolva igazolja korábbi állításainkat (7. ábra). Mindkét időszakos vízfolyásból azonos vízhozamot észleltünk, de valószínűleg a „Nagyutafa-oldalsó” vízbefolyása kisebb vízgyűjtő területtel rendelkezik, így abban hamarabb tűnt el a víz, mint a „Felfedező-ágban”.



8. ábra: A Béke-barlang „Nagyutafa” utáni barlangszakaszán rögzített agyag-, víz- és levegő-hőmérséklet (-15 cm mélységben) adatait bemutató grafikon
 Fig. 8. Diagram shows the data of the bottom temperature (-15 cm), stream temperature and air temperature in the Béke Cave (Peace Cave) behind the Nagytufa.

A Béke-barlang „Nagytufa” utáni barlangszakaszán rögzített folyóvíz, léghőmérséklet valamint aljzat-hőmérséklet (-15 cm mélységben) adatait a 8. ábrán láthatjuk. Közepes vízhozam a patakban márciusban jelent meg és ez 0,2°C-al lehűtötte mind az agyag mind a levegő hőmérsékletét. Az áprilisi alacsony vízhozam magasabb hőmérsékletű volt, azonban környezetét hasonló mértékben hűtötte le. Látható a diagramból, hogy az agyag hőmérséklete lassabban és kisebb mértékben reagál a léghőmérséklet ingadozásaira, ezért is használható az átlaghőmérséklet meghatározására.



9. ábra: A Baradla-barlang „Nehéz-úti” barlangszakaszán rögzített agyag-, víz- és levegő-hőmérséklet (-15 cm mélységben) adatait bemutató grafikon
 Fig. 9. Diagram shows the data of the bottom temperature (-15 cm), stream temperature and air temperature in the Baradla Cave at the Nehéz-út.

A Baradla-barlang „Nehéz-úti” barlangszakaszán rögzített folyóvíz, léghőmérséklet valamint aljzat-hőmérséklet (-15 cm mélységben) adatait a 9. ábrán láthatjuk. December-januárban csak állóvizet találtunk, mely a környezetével azonos hőmérsékletet vett fel. Közepes árvíz a „Styx-patakban” februárban jelent meg és ez 0,2°C-al lehűtötte az agyagréteget, de 4°C-al hűtötte le a levegő hőmérsékletét. A márciusi és áprilisi vízhozam fokozatosan lecsengő, magasabb hőmérsékletű volt, azonban környezetét hasonló mértékben hűtötte le. Látható a diagramból, hogy az agyag hőmérséklete lassabban és kisebb mértékben reagál a léghőmérséklet ingadozásaira, viszont lassabban is áll vissza a februári árvíz hűtő hatása után.

I. táblázat

Table I.

A Baradla-barlang „Nehéz-úti” szakaszán mért klímparaméterek a felszíni csapadék mennyiségével összehasonlítva.

Comparative data of the climate parameters at the Nehéz út (Baradla Cave) and the quantity of surface precipitations.

Év	hónap	Felszíni átl. Hőm.(°C)	Havi csapad. (mm)	Tkörny (°C)	CO2(ppm)	Folyóvíz(°C)
2015	11	5,2	6,2	9,52	3100	9,48
2015	12	1,5	4,0	9,34	3300	9,33
2016	1	-3,2	9,2	9,42	2400	9,41
2016	2	3,9	108,8	7,43	3480	5,29
2016	3	5,7	44,2	8,75	1513	8,59
2016	4	11,3	28,3	9,45	2760	9,39

II. táblázat

Table II.

A Béke-barlang „Nagyufagát” utáni szakaszán mért klímparaméterek a felszíni csapadék mennyiségével összehasonlítva.

Comparative data of the climate parameters in the Béke Cave (Peace Cave) behind the Nagyufafa and the quantity of surface precipitations.

Év	hónap	Felszíni átl. Hőm.(°C)	Havi csapad. (mm)	Tkörny (°C)	CO2(ppm)	Folyóvíz(°C)
2015	11	5,2	6,2	10,45	2980	
2015	12	1,5	4,0	10,6	1583	
2016	1	-3,2	9,2	9,59	700	
2016	2	3,9	108,8	9,47	2621	
2016	3	5,7	44,2	9,41	3025	9,29
2016	4	11,3	28,3	9,49	6350	9,41

Az I. táblázat a Baradla-barlang „Nehéz-úti” szakaszát, míg a II. táblázat a Béke-barlang „Nagyufagát” utáni szakaszát mutatja, néhány napos eltéréssel történt mintavételezésből. Láthatóan a Baradlában februárban levonuló árvíz jelentős mennyiségű szén-dioxidot hozott, majd az árhullám levonulása után a szén-dioxid szint is visszacsökkent. Áprilisban átmeneti időszakba érkeztünk, mely a légáramlás lecsökkenésével és a csepegő-folyóvizeken keresztül bejutó szén-dioxid kisebb mértékű kiszellőztetésével járt. A Béke-bg esetében az árhullám 2 hét késéssel érkezett, azonban lassabban csengett le, mint a Baradlában. A barlang gyenge szellőzése miatt a behozott szén-dioxid szintje jelentősen megemelkedett. Mindkét táblázatból látható, hogy téli időszakban (amikor a felszíni levegő a barlangokat jelentős mértékben átszellőzteti) a barlangban megjelenő aktív vízfolyások által behozott szén-dioxid feldúsulása az alapszint kétszeresét is elérheti.

4. Következtetések

A felszíni csapadék csak akkor jelenik meg csepegő víz formájában a barlangban, ha

a. elég nagy mennyiségű,

b. a barlang és a felszín közötti repedések a kőzetben telítettek. Ha ezek már korábban leürültek, akkor először ezeknek kell feltöltődniük, és csak aztán növekszik meg a barlangban a csepegés intenzitása. Először nem a friss csapadék érkezik le, hanem az kiszorítja repedésekbe már régebben beérkezett, és ott tárolódó csapadékot. Ha ezek a repedések telítettek, a friss csapadék hatása a barlangi csepegő vizekben is gyorsabban jelentkezik. Bódis Ferenc barlangi túravezető hívta fel a figyelmünket 2016. februárjában a Baradla-barlang fekete-termi feljárata mellett a folyamatosan működő "*cseppkő-csapra*", ahol egy kis sztalaktitból gyakorlatilag folyamatosan folyt a víz.

A barlangi patak vízhozamában azonban sokkal gyorsabban, akár néhány óra alatt is jelentkezhet a felszíni jelentősebb csapadék, azonban ennek a levonulása is sokkal gyorsabb: 2016. februárjában csak egy napig, sőt, csak néhány óráig borította pl. a Baradlában, a Kerülőben az Acheron-patak kiáradt vize a betonjárdát. Ha az aktív Főág alatti vízvezetők is leürültek már, akkor a barlangba a patak által beszállított víz is hamar leérkezik a barlangi nyelőkön keresztül a mélyebb szintre, és akkor a vízfolyás nem fog végig futni a barlangon. Ezért van az, hogy pl. a Baradlában az óriások-termi nyelőig csak nagyon ritkán (nem is minden évben!) jut el a Styx vize, csak akkor, ha már az Alsó-barlang járatai is telítettek! Ezeket a tényeket a több évig tartó havi rendszerességű látogatásaink alatt tett megfigyeléseink igazolják.

Patakos barlangjainkban a vízszintváltozás drasztikus is lehet! Ha derékon felül ér a 9 °C-os víz, fennáll a kihülés veszélye! Megfelelő ruházat, jó fizikai állapot, megfelelő táplálkozás szükséges. A vizsgált barlangokban a hőmérséklet közel állandó, csak a ki- be menetelnél okozhat problémát a külső-belső hőmérséklet különbözősége. A felszíni hőmérséklet változása megváltoztatja a barlangi huzat irányát, kis különbség esetén akár naponta többször is! A huzat irányváltása nem pillanatszerű. Kis kubaturájú szakaszban, több túrázó esetén vésszesen lecsökkenhet az oxigén mennyisége, ill. megnőhet a szén-dioxid koncentrációja! 4-5 %-os széndioxid tartalom először meleg érzetet, fáradtságot, izzadást okoz, ájulást, majd (1 óra elteltével) akár halált is eredményezhet!

Mivel 1965 szilveszterén (Magyari Gábor akkori barlangigazgató szóbeli közlése alapján) erős felmelegedés volt (vagyis a felszíni és a bar-

langi levegő hőmérséklete közel azonos volt), valószínűsítjük, hogy a légáramlás irányának megváltozásakor a szűk, több ember által (kézi karbidlámpákkal) felkeresett „*Styx-ágban*” elfogyott a levegő, ill. veszedelmesen felgyülemlett a szén-dioxid. Ennek tünetei jelentkeztek a nyilván kissé ki-merült, az akkori szinten álló ruházattal felszerelt, a kihülés miatt gyengébb ellenálló képességű fiatalokon, és ez vezetett hármuk tragikus halálához. A szén-dioxid időleges felszaporodásának észlelésére a legjobb példa az a mérésorozat, amelyet három éven át folytattunk a Baradla- és Békebarlangokban. Korábban ezeket a jelenségeket nem volt módunk tanulmányozni, mert azok rövid ideig tartottak és nem estek egybe az időszakos észlelésekkel.

Köszönetnyilvánítás

Észleléseink és vizsgálataink nem jöhettek volna létre Kiss Klaudia, Sztratiev Balázs, Leél-Őssy Zsolt és Stieber Bence aktív részvétele nélkül. Mérési eredményeinket Gallasz Alexandra és Bukri Gergely segítette feldolgozni.

IRODALOM

- FODOR I.* (1984): A barlangok éghajlati és bioklimatológiai sajátosságai. – Akadémiai kiadó, Budapest, 190 p.
- HERCZEG L.* (2008): A szén-dioxid koncentráció hatása az ember közérzetére és az irodai munka teljesítményére. – Doktori értekezés, BME Gépészmérnöki kar
- JAKUCS L.* (1971): A karsztok morfogenetikája. - A karsztfejlődés variációi. – Akadémiai kiadó, Budapest, 310 p.
- LEÉL-ŐSSY SZ. – STIEBER J.* (2014): Különös szén-dioxid szintek a Békebarlangban. – Karsztfejlődés XIX. pp. 225 – 230.
- STIEBER J. – LEÉL-ŐSSY SZ.* (2015): Megváltozott vagy csak visszaváltozott a Béke-barlang klímája?. – Karsztfejlődés XX. pp. 263 – 283.