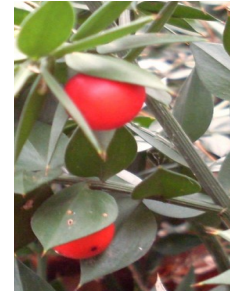




1. Ábra: Csodabogyós-barlang, Óriás-terem fotó: Sinka Gábor

Styx Barlangkutató Csoport
8312 Balatonederics Bakosdomb u. 2.
E-mail: szisziba65@asat.hu
tel: 06-30-3066050



Tárgy: kutatási jelentés

Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság

8229 Csopak, Kossuth u. 16.

Puskás Zoltán
Igazgató úr részére

Kutatási Engedély ügy. száma: VE-09Z/07758-04/2017

Tisztelt Nemzeti Park Igazgatóság!

A Styx Barlangkutató Csoport tagjai a saját munkáinkon kívül más csoportok munkáiban, feladataiban is részt vettek. Így pl:

- Eredményes munkakapcsolat van a Vulkánszpeleológiai Kollektíva tagjaival, részt veszünk programjaikon, melynek keretében 2017. november 19.-én elsőként juthattunk be a Badacsony-hegyen a Panka-akna-barlangba
- tagjaink önkéntes szervezőként, John Szilárd Balatonedericsi Szakasz felelőseként vett részt a BfNP által is támogatott, elsőként megrendezésre került Vadlán Ultra Trail 108 Km-es futóverseny lebonyolításában. Frissítő pontunk a Csodabogyós-barlang Bázisépületénél volt. Az eredményes lebonyolításnak, és a pozitív visszajelzésnek is köszönhetően a verseny bekerült a 2018-as országos versenynaptárba.
- Tovább folytattuk Sinka Gáborral, a BfNPI Keszthelyi-hegység Tájégségvezetővel a Csodabogyós-barlang fotódokumentációját. Kezdetben a kaland túra útvonalak (Alap, E 1., E. 2.), a későbbiekben tervezzük a teljes barlang fotódokumentációját.

Csoporttársaim és a csoport Elnökségi tagjainak nevében köszönöm 2017. évi támogatásukat, segítségüket.

További munkájukhoz eredményekben gazdag 2018. évet kívánunk!

Tisztelettel:

John Szilárd
elnök
Styx Barlangkutató Csoport

Balatonederics, 2018. február 13.

Csodabogyós-barlang (Kat. szám: 4440-4) és a Széllik-barlang (Kat. szám: 4440-83) kutatása

2017.

Feltáró kutatás:

Ebben az évben a Styx Barlangkutató Csoport nem végzett önálló feltáró kutatást a Csodabogyós-barlang, és a Széllik-barlang területén.

Tudományos, és terepi munkák elvégzéséhez nyújtottunk segítséget:

- Folytattuk a 2007.-ben elkezdett csepegő víz, és azok stabil izotóp geokémiai vizsgálatát, illetve a barlangi hőmérséklet, széndioxid méréseket. A mérések havi rendszerességgel, a barlang több pontján folynak. A mintákat a MTA Geokémiai Kutatóintézetben vizsgálják.
(Dr. Czuppon György,)
Terepi mintavételezés: John Szilárd, Kovács Zsófia Adrienn végezte

1. kép



2. kép



1. kép: John Szilárd a Panka akna-barlang bejárati aknajában, ami nem túl tág, de szűk, és mély (Fotó: Dr. Tarsoly Péter)

2. kép: Csoport, és szervező társakkal a VUT 2017. frissítő, és váltó pontján (Fotó: Sinka Gábor)

Czuppon György

Jelentés a Csodabogyós-barlangban 2017-ben végzett monitoring jellegű kutatásról

Az elmúlt években elkezdett monitoring jellegű kutatást számos új paraméter vizsgálatával egészítettük ki a 2017-es évben. A csepegővizek stabilizotóp-összetétele mellett több, mint egy éven keresztül mértük a csepegővizek:

pH-ját

nyomelem-összetételét

fajlagos vezetőképességét

a lúgosságát

valamint

a csepegés intenzitását

az oldott szervetlen karbonát stabilizotóp-összetételét

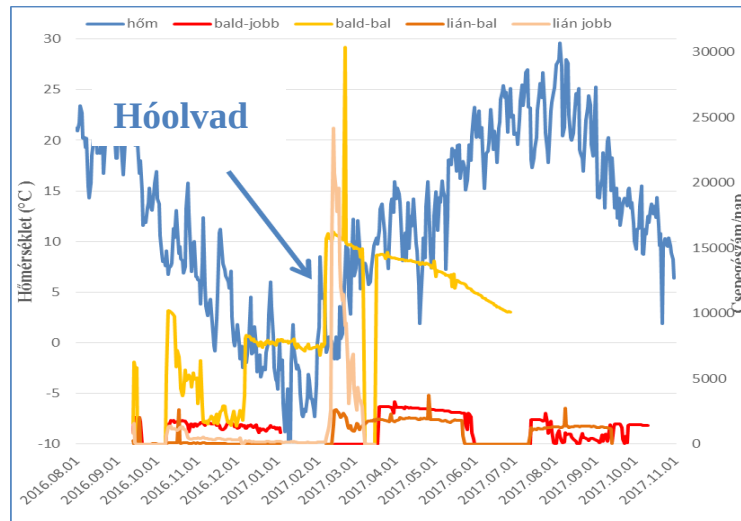
az üvege lemezen kivált karbonátok stabilizotóp-összetételét

Eredmények

Csepegés intenzitás

A csepegést számláló műszerek 13 hónap alatt több mint 80 ezer adatot tároltak egyenként. A kapott eredmények alapján a (1. ábra) kirajzolódik az egyes pontok csepegés intenzitása, azonban műszer érzékenysége miatt sok mindent szem előtt kellett tartani a helyes adatrögzítés érdekében. Előfordult, hogy nem rögzített megfelelően a műszer, ennek több oka is lehetett: a mintavételt követően a műszer visszahelyezése után a folyamatosan egy pontra érkező cseppek a műszert kibillentették, s ezért pár órás rögzítés és elbillenés után már nem érkezett megfelelő felületre a rögzíthető csepp. Előfordult olyan eset is, hogy a barlangban élő denevérek fellökték a műszert vagy az ürülékük ráesett és attól borult fel vagy vált pontatlanná a mérés (2016.09.-2016.10 közötti időszakban).

Mindenestre megállapítható szinte minden egyes vizsgálati pont esetében, hogy jelentős csepegés intenzitás növekedés következett be a téli hóolvadást követően (1. ábra).



1. ábra: A napi hőmérséklet és a csepegés intenzitás adatai 2016 augusztus és 2017 november közötti időszakban

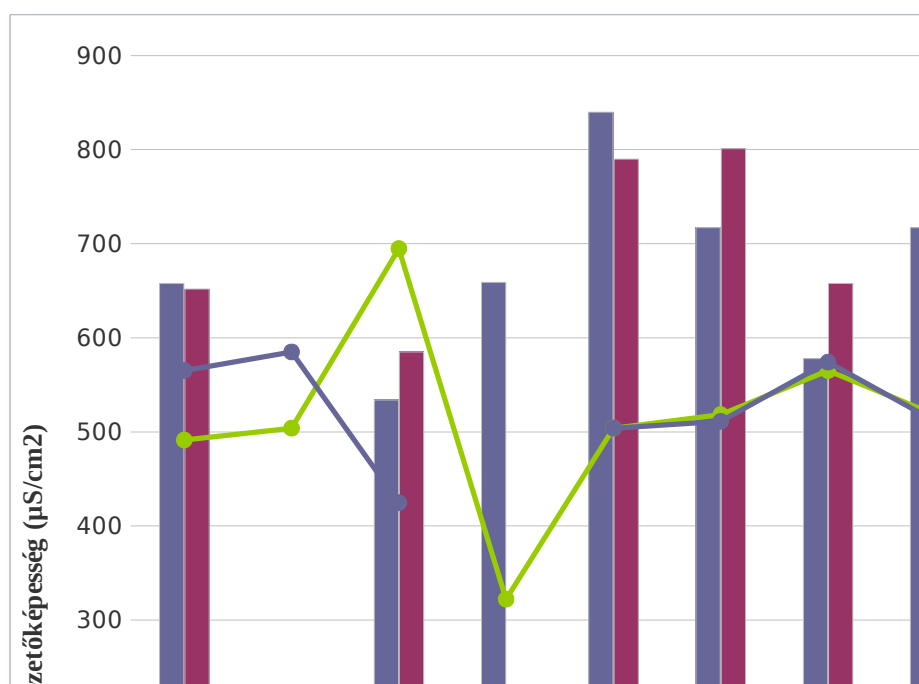
Csepegővizek stabilizotóp-összetétele

A csapadék stabilizotóp változásával ellentétben a csepegő vizek egyik mintagyűjtési ponton sem mutatnak évszakos változékonyságot, azaz δD és $\delta^{18}O$ értékek nyáron és télen hasonló értékkel jellemezhetők. Továbbá, fontos kiemelni, hogy az egyes mintagyűjtési pontok között sincsen szisztematikus eltérés. A Lián-teremben a δD -68.0‰ és -71.2‰ között, a $\delta^{18}O$ pedig -9.8‰ és -10.3‰ között változott, míg a Baldachin teremben a δD -67.2‰ és -71.7‰ között, a $\delta^{18}O$ pedig -9,9‰ és -10.3‰ között változott. Az átlag értékek mindkét terem esetében (Lián: $\delta D = -69.6 \pm 0.9$, $\delta^{18}O = -10.0 \pm 0.1$; Baldachin: $\delta D = -70.1 \pm 1.1$, $\delta^{18}O = -10.1 \pm 0.1$) jó egyezést mutatnak a korábban végzett monitoring adatokkal (Miklós, 2013).

Csepegővizek kémiája

A barlangi vízvizsgálatok során a helyszíni vízhőmérséklet és pH mérések eredményei időben állandónak bizonyultak, és csepegőhelyenként is viszonylag kis különbségek adódtak. A pH összességében 6,79 és 8,86 értékek között változott. A természetes vizek kémhatása 6,5-8,5 között mozog, melyet a víz disszociációs állandója mellett az oldatban levő oldott ionok mennyisége és a vízben lezajló egyensúlyi és nem egyensúlyi folyamatok egyaránt befolyásolnak.

Az általam vizsgált csepegővizek fajlagos vezetőképességének értéke az elmúlt egy évben 491 és 840 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ között változott (2. ábra). A vizek elektromos vezetőképessége függ a bennük oldott sók mennyiségétől, minőségétől és a hőmérséklettől. A felszín alatti rétegeken áthaladó vizekre általánosságban elmondható, hogy minél hosszabb utat tesznek meg a kőzetrétegekben, annál nagyobb lesz vezetőképességük, mivel egyre több oldott ion kerül beléjük.



2. ábra: Vezetőképesség és pH értékeinek változása a 2016 szeptember és 2017 november közötti időszakban



Ahogy a felszín alatti rétegeken áthaladó vizek minél hosszabb utat tesznek meg, úgy növekszik az ionkoncentráció vízben, s ezzel együtt nő a vizek vezetőképessége is. Ezért tulajdonképpen a vezetőképesség mérésekkel következtethetünk az ionkoncentrációra és a karsztrendszerben való relatív tartózkodási időre.

A fajlagos elektromos vezetőképesség értékekben a februári hóolvadást követően a csepegés intenzitással szinkronban hirtelen emelkedés, majd fokozatos csökkenés tapasztalható. Ez a repedésekben pangó víz hirtelen leürülését mutathatja. Az esőzéseket követően a vezetőképesség csökkenése, azaz hígulás tapasztalható.

Frissen kivált karbonátok stabil-összetétele

Az általunk kihelyezett üveglemezeken frissen kivált karbonátok stabilizotóp-összetétele az egyes mintagyűjtési pontok között mutat bizonyos eltérést. A Baldachinban a vizsgált időszakban kivált karbonát $\delta^{13}\text{C}$ értéke $-11,0\text{‰}$ és $-9,6\text{‰}$ között, a $\delta^{18}\text{O}$ értéke $-7,9\text{‰}$ és $-8,3\text{‰}$ között változott, míg a Lián teremben (jobb oldali mintagyűjtési hely) a $\delta^{13}\text{C}$ értéke $-9,7\text{‰}$ és $-8,7\text{‰}$ között, a $\delta^{18}\text{O}$ értéke $-8,5\text{‰}$ és $-8,0\text{‰}$ között változott

Eredményekből levonható következtetések

1) Barlangi folyamatok a vízkémia tükrében

A vízkémiai vizsgálatok segítségével alapvető információkat kaphatunk magáról a karsztrendszerrel, és azokról a folyamatokról, amelyek meghatározzák a csepegővíz kémiai összetételét. Ahhoz hogy megérthessük milyen hidro-geokémiai folyamatok játszódnak le a karsztrendszerben ismernünk kell az őket befolyásoló tényezőket is, különös tekintettel az éghajlati paraméterekre.

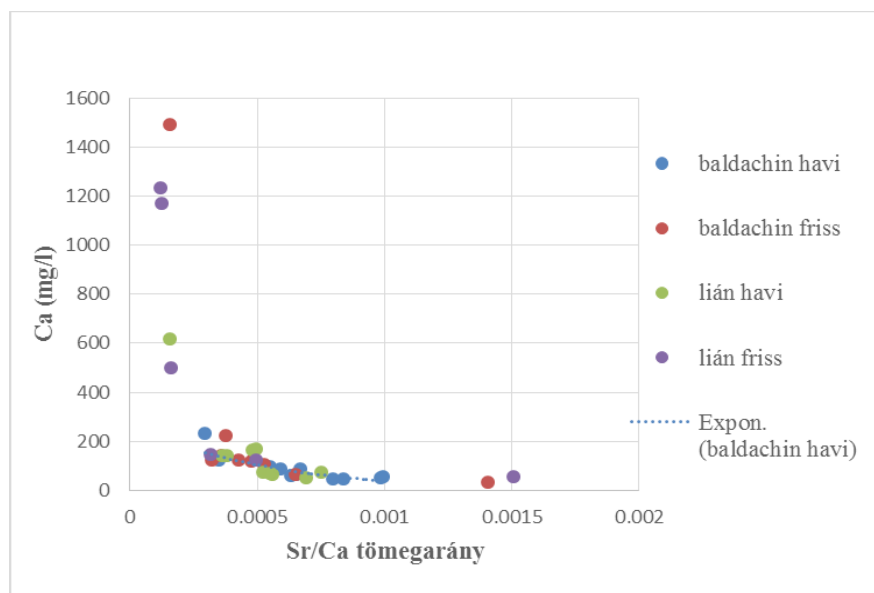
A csepegővizek nyomelem-arányainak segítségével valóban fel lehet tární olyan folyamatokat a karsztrendszerben, amelyet közvetlenül függnek az éghajlattól. Az egyik ilyen folyamat a PCP (prior calcite precipitation), azaz cseppkőképződés előtti karbonát kiválás. Ez a folyamat akkor játszódik le, amikor a karsztrendszer nincsen telítődve teljesen vízzel, azaz az üregek nem vízzel, hanem levegővel vannak kitöltve. Ez különösen száraz, csapadékmentes időszakokra jellemző. Ebben az esetben a leszivárgó vízben oldott CO_2 ki tud gázosodni, amely elősegíti a karbonát kiválását még mielőtt a víz elérné a barlang üreget.

A „PCP” folyamat során ionok vonódnak ki a leszivárgó vízből, a kationok közül elsősorban a Ca^{2+} (mivel CaCO_3 , azaz kalcit képződik) és így a többi elemnek az aránya relatíve feldúsul a visszamaradt és a tovább szivárgó vízben. Ezért, ha ez a folyamat lejátszódik, akkor a Ca^{2+} a

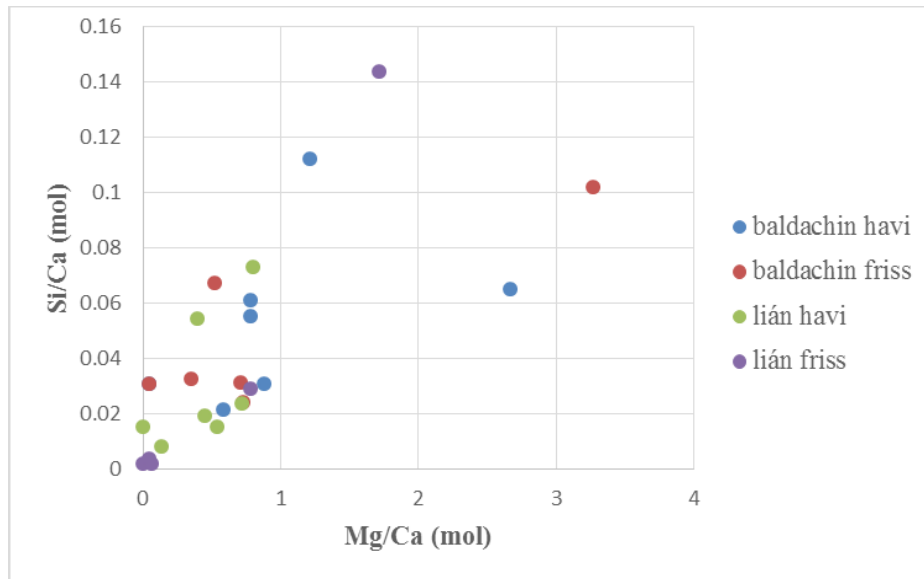
Mg/Ca (vagy a Sr/Ca) negatív korrelációt fog mutatni, míg a Mg/Ca és Sr/Ca arány pozitívan fog korrelálni (Tremaine et al., 2013; Riechelmann et al., 2011; Borsato et al., 2016).

A Csodabogyós-barlang csepegővizeiben mért nyomelemarányok (3. ábra) elsősre, erre a folyamatra engednek következtetni. Azonban hasonló tendencia figyelhető meg, akkor is, ha a heterogén (kalcitot és dolomitot tartalmazó) karsztos kőzet nem egyenletes (ásvány szelektív, incongruent calcite dissolution=ICD) oldódása megy végbe (Borsato et al., 2016). Mivel a Csodabogyós - barlangban mészkő és dolomit egyaránt megtalálható (a Sédvölgyi Dolomit formáció és az Edericsi Mészkő formáció összefogazódik) ezért ez a folyamat nem zárható ki. Az ICD és PCP folyamatok elkülönítésére Borsato et al., (2016) javasolta, hogy olyan elemarány használatát, ahol az egyik elem biztosan nem a karbonátos kőzetből származik (pl., Si). Ha ebben az esetben is fenn áll a korreláció az egyes elemarányok között (pl. Si/Ca és Mg/Ca; 4. ábra) között, akkor nem az ICD folyamat a felelős a megfigyelt trendért, hanem a PCP.

Ennek a megfigyelésnek az egyik fontos következménye, hogy a Csodabogyós-barlangból származó cseppkő esetében a nyomelem arányok (pl. Mg/Ca; Sr/Ca) változása információt nyújthat szárazabb és csapadékosabb időszakok elkülönítésére.



3. ábra: ábra Ca^{2+} és Sr/Ca tömegaránya a barlangi friss és havi csepegővíz nyomelem-összetételében



4. ábra: Si/Ca és Mg/Ca aránya a barlangi friss és havi csepegővíz nyomelem-összetételében

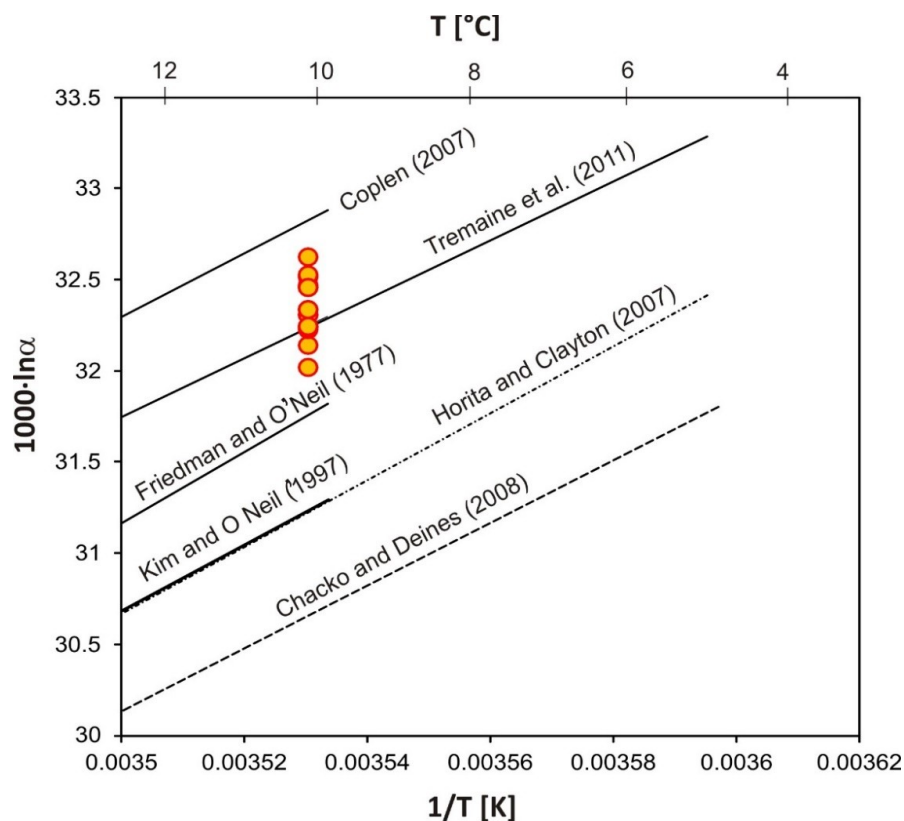
2. Karbonát kiválás- hőmérsékletbecslés

A múltbeli éghajlati változások esetében az egyik legfontosabb kérdés, hogy változott-e a hőmérséklet és milyen mértékben. A cseppkövek segítségével végzett hőmérsékletbecsléshez szükséges ismernünk a cseppkő $\delta^{18}\text{O}$ értékét, az egykori csepegővíz (amiből a karbonát kivált) $\delta^{18}\text{O}$ értéket, valamint ki kell választanunk azt az egyenletet, amely legjobban jellemzi az adott barlangban a karbonát kiválást folyamán lejátszódó hőmérsékletfüggő stabilizotóp-frakcionációt.

A cseppkő $\delta^{18}\text{O}$ értéket a cseppkő karbonát fázisának elemzésével lehet meghatározni. Az egykori csepegővíz-összetételére pedig a cseppkőben található fluidum-zárványokban vizének stabilizotóp-összetételéből lehet következtetni. Mivel azonban számos egyenlet lett közölve az elmúlt néhány évtizedben, amelyek leírják a kalcit kiválás hőmérsékletfüggő izotóp frakcionációját, szükséges a rendelkezésre álló monitoring adatok segítségével kiválasztani azt, amely legjobban leírja a Csodabogyós-barlangban lejátszódó frakcionációt, hogy azt később fel lehessen használni a barlangból származó cseppkő izotóp-összetételének értelmezéséhez és rekonstruálni a múltbeli éghajlati változásokat. A legtöbb egyenlet kísérleti vagy elméleti munka eredménye. Mindazonáltal a számos tanulmány rámutatott arra, hogy ezeket az egyenleteket természetes mintákon alkalmazva alacsonyabb hőmérsékletet kaptak, mint a megfigyelt. Ezért természetes minták vizsgálatával is meghatározták a karbonát kiválás során végbemenő frakcionáció hőmérséklet függését.

Ahhoz, hogy jellemezzük a Csodabogyós-barlangban a karbonát kiválását és a cseppkőképződést (és kiválasszuk a megfelelő egyenletet), meghatároztuk az egyes mintahelyeken kivált (recens) karbonátok stabilizotóp-összetételét, a csepegővíz izotóp-összetételét és a teremre jellemző hőmérsékletet. Definíció szerint a frakcionációs faktor (α) a $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ karbonát és $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ víz aránya, a $\delta^{18}\text{O}$ pedig $\delta^{18}\text{O} = (^{18}\text{O}/^{16}\text{O}) / (^{18}\text{O}/^{16}\text{O} \text{ standard}) - 1) \times 1000$. Az $1000 \cdot \ln\alpha$ érték hőmérsékletfüggő és az a következő egyenlettel lehet általában kifejezni: $1000 \cdot \ln\alpha = 1000 \cdot A / T - B$, ahol A és B egy-egy konstans (az egyes egyenletek ezekben különböznek), míg a „T” a hőmérséklet.

A számolt $1000 \cdot \ln\alpha$ értékeket a hőmérséklet függvényében (5. ábra) tüntettem fel a publikált regressziós egyenesekkel együtt. Az adatok többsége Coplen (2007), Tremaine et al. (2011) egyenlete által meghatározott egyenes közelébe esik. Tehát ez az egyenlet írja le legjobban a Csodabogyós-barlangban képződött karbonát hőmérsékletfüggő frakcionációját. Így, egy jövőbeni, cseppkő alapú paleohőmérsékleti rekonstrukcióhoz ezt az egyenletet célszerű használni.



5. ábra: Kalcit-víz $1000 \ln\alpha$ a hőmérséklet függvényében.

Felhasznált irodalom

- Borsato, A.; Johnson, V. E. ,Frisia, S., Miorandi, E,; Corradini, F., 2016: Temperature and altitudinal influence on karst dripwater chemistry : Implication for regional scale paleoclimate reconstructions from speleothems. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 177, 257-297
- Coplen, T.B., 2007: Calibration of the calcite-water oxygen-isotope geothermometer at Devils Hole, Nevada, a natural laboratory. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 3948-3957.
- Miklós, B., 2013: A Csodabogyós-barlang(Keszthelyi-hegység) csepegővizeinek vizsgálata következtetések barlangi és klimatológiai folyamatokra. Diplomadolgozat.
- Riechermann, D.F.C., Schröder-Ritzrau, A.; Scholz, D., Fohlmeister, J., Spötl, C., Richter, D.K.; Mangini, A., 2011: Monitoring Bunker Cave (NW Germany): A prerequisite to interpret geochemical proxy data of speleothems from this site. *Journal of Hydrology*, 409, 682-695.
- Tremaine D. M., Froelich P. N., Wang Y., 2011: Speleothem calcite farmed in situ: Modern calibration of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ paleoclimate proxies in a continuously-monitored natural cave system. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75: 4929-4950.
- Tremaine, D.M.; Froelich, P.N.; 2013: Speleothem trace element signatures: A hydrologic geochemical study of modern cave dripwaters and farmed calcite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 121, 522-545.

**A monitoring jellegű kutatás eredményeképpen elkészült egy újabb szakdolgozat
Czuppon György témavezetésével:**

Kovács Zsófia Adrienn: Stabilizotóp és nyomelem vizsgálatok a Csodabogyós-barlang friss- és havi csepegővizéből