

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi és Informatikai Kar

Földtudományok Doktori Iskola

**A barlangklíma tér- és időbeli változásainak vizsgálata
különböző magyarországi karszterületeken**

PhD értekezés tézisei

Csépe-Muladi Beáta

Témavezető
Dr. habil. Mucsi László
egyetemi docens

Szeged

2016

1. Bevezetés

„A barlangklíma a szilárd földkéreg kőzeteiben természetes úton létrejött üregek légterének sajátos klímája” (Fodor, 1981). A barlang léghőmérséklete általában megközelíti a felszín éves átlaghőmérsékletét, s bár a barlangi légterek levegője évszakosan változó intenzitással cserélődik a felszíni légtömeggel, ez a légcsere nem akadályozza meg a sajátos barlangklíma kialakulását. Hatással van a barlangklíma kialakulására az is, hogy a barlangbejáratok különböző tengerszint feletti magasságban helyezkednek el, méretük különböző, elhelyezkedhetnek völgytalpon, hegyoldalon, vagy hegytetőn, kitettségük, és bejárataik száma is eltér egymástól. A barlangjáratok morfológiája is hatással van a barlangklíma alakulására, mivel különböző nagyságúak és alakúak, így eltérő módon hatnak a barlangi légközítésre (Stieber, 2014). A felszínt borító növénytakaró is befolyásolja a hőmérsékleti viszonyokat, az erdők sűrű lombkoronája felfogja a beeső napsugarakat, így a léghőmérséklet kiegyenlítettebb, mint a nyílt karsztos lejtőkön (Zelinka, Stieber, 2014). A léghőmérséklet térbeli eloszlása is változatos, mivel az egyes barlangi termek, folyosók különböző magasságban helyezkednek el, ami egy ún. belső cirkulációt alakít ki (Fodor, 1981). Mindezen különbségek mellett a barlangi klíma egyik legfőbb jellemzője, hogy jóval kiegyenlítettebb, mint a felszíni.

A barlangi levegő folyamatosan cserélődik a felszíni levegővel a két légtér eltérő felmelegedésének következtében, de minden barlangnak más és más a légközítése, így teljesen egyedi barlangklíma alakulhat ki. A barlangok klímájának mérése és vizsgálata jelenősen hozzájárul a barlangi környezet alaposabb megismeréséhez.

Napjainkban a klímaváltozás egyre sürgetőbb probléma. Előtérbe kerülése felveti azt a kérdést is, hogy a felszín klímaváltozásának szélsőségei (az aszályos éveket váltják a bő csapadékos évek), hogyan érvényesülnek barlangi körülmények között.

A hazai barlangklíma kutatás nagy múltra tekint vissza. A Baradla-barlangban a Styx-patak hőmérsékletének első adatait az 1700-as években jegyezték fel (Townson, 1797). Raisz Keresztély Gömör vármegye megbízottja a Baradla-barlangról készített

leírásában ugyancsak korán feljegyzi a patak hőmérsékletét (Kessler, 1941). A 19. sz. végén már egyre több kutató foglalkozott a barlangok kialakulásával, fejlődésével általános morfológiai leírásával, osztályozásával. A barlangi hőmérsékletek időszakos megfigyelése is egyre gyakrabban fellelhető a korabeli szakirodalomban.

A barlangok bejáratí szakaszának klimatikus jellemzőire vonatkozóan egy általános térbeli csoportosítás alakult ki (Kordos, 1970), mely szerint a bejáratához legközelebb eső zóna télen a lehűlési, nyáron melegedési szakasz, a következő, második az örvénylési szakasz, a harmadik a melegedési szakasz.

Fodor István 1981-ben megjelent barlangklimatológiai munkájában a barlangokat - hazai és külföldi barlang-klíma mérések alapján - az ott tartózkodó ember közérzetének figyelembevételével osztályozza. Részletesen elemzi a Baradla-, Abaligeti- Tapolcai-barlangokat, valamint a Telkibányai-, és Dobsinai-jégbarlang klímaviszonyait. A barlangok komplex klimatológiai vizsgálata által, kulcsfontosságú információkkal járult hozzá a barlangterápia továbbfejlesztéséhez is. A barlangterápia szempontjából négy klimatikus barlang-típust különített el: hidegérzetet-, hűvös érzetet-, komfortérzetet-, és meleg érzetet keltő barlangok. Ez a csoportosítás egy a lehetséges osztályozások közül. Bárhogyan osztályozzuk is azonban a barlangokat, a szpeleo-meteorológia bebizonyította: ahány barlang, annyi sajátos föld alatti mikroklíma-rendszer létezik.

2. Célkitűzés

Dolgozatomban az alábbi célokat jelöltem ki:

1. Egyre több nemzetközi természetvédelmi program foglalkozik a barlangok megóvásával. A Rózsadombi termálkarszt hatékonyabb védelme érdekében a Pál-völgyi-barlangban 1995-ben komplex monitoring rendszert építettek ki (PHARE-program keretén belül), a tervezett mérések között barlangklíma paraméterek is szerepeltek. Az akkori technikai adottságokkal időigényes és fárasztó munkát jelentett a kábelek elhelyezése (Bekey, 1995), s a rendszer a

magas páratartalom miatt működésképtelenné vált. A technika fejlődésével olyan automata vezeték nélküli adatgyűjtőket hoztak létre, melyek könnyedén kihelyezhetőek még pontosabb képet nyújtanak a barlangklíma változásokról. A doktori disszertációmban a módszertanilag is újdonságnak számító, vezeték nélküli szenzorhálózatok eszközét, az UC Mote Mini alkalmazhatóságát vizsgálom barlangi körülmények között.

2. Céлом volt különböző genetikájú és morfológiájú barlangok mikroklímájának feltérképezése és összehasonlítása. Három karszterületen elhelyezkedő barlangot választottam ki a vizsgálatra: egy hidrotermális karszton hévizes eredetű (Budai-karszt: a Pál-völgyi-barlangrendszer tagjai közül a Pál-völgyi-barlang, a Hideg-lyuk és a Harcsaszájú-barlang), egy felszín közeli (Bükk-Hajnóczy-barlang) és egy víznyelő barlangot (Mecsek- Trió-barlang). A vizsgált barlangokban előzetesen szórványos mérések, illetve radon mérések már voltak, de hőmérséklet monitoring hálózat kiépítésre ezekben a barlangokban még nem került sor.
3. Kutatásaim során vizsgáltam a tengerszint feletti magasság, és a hőmérséklet rétegzettségnek kapcsolatát (Muladi, Mucsi , 2013). A Morva-karszton található Macocha-barlang bejáratánál a sziklafalon 2008-ban tanulmányozták a mikro klimatikus viszonyokat. A barlang 138,4 m mély sziklafalán, a téli-nyári hőmérsékleti profil bemutatta a hőmérséklet rétegződését a különböző évszakokban, és az is bebizonyosodott, hogy a tengerszintfeletti magasság függvényében mennyire változékony a hőmérséklet (Litschmann et al., 2012). A fizikai törvényszerűségnek megfelelően, a barlangban is alulról felfelé növekszik a hőmérséklet, a növekedés mértéke azonban differenciált képet mutat (Fodor, 1981). Fodor a Baradla-Domica-barlang levegő rétegzettségének vizsgálata során a legnagyobb vertikális különbséget a bejáratú térségben mérte, mely $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt 140 cm-en. Badino (2010) az olaszországi barlangokban vizsgálta a hőmérséklet tengerszint feletti magasság szerinti eloszlását, ahol

bebizonyosodott, hogy nem lineáris a kapcsolat a tengerszint feletti magasság és hőmérséklet között.

4. A bejáratától számított távolság alapján három különböző szakaszt különíthetünk el a barlangokban: 0–2 m-ig télen lehűlési, nyáron felmelegedési szakaszt; 2–14 m-ig örvénylési szakaszt; 6–14 m-ig felmelegedési szakaszt, ahol a barlangi légkörzés dominál (Kordos, 1970). A precíziós mérések alapján viszont lehetőség van ennek a gondolatmenetnek a megfordítására. Ez esetben a napi és az éves hőingás alapján határoljuk le a szakaszokat. A hőmérséklet változékonyságának függvényében, barlangonként a bejáratától számított távolság alapján, az adottságoknak megfelelően történik kijelölésük.
5. Céлом volt a barlangi léghőmérséklet időbeli változásainak vizsgálata, hiszen ez lehetővé teszi a hőmérséklet hosszú (évszakos) változásainak leírását. A barlangjáratok léghőmérséklete különböző mértékben követi a felszíni léghőmérséklet periodikus változását. A barlangok egyes szakaszainak mikroklímája napi, szezonális, és éves szinten eltérően reagál a felszíni hőmérséklet-változásra, így a különböző járatok léghőmérsékletének időbeni változásáról is képet kaphatunk (Kordos, 1970).
6. A barlangok kedvező mikroklímája tette lehetővé a sokféle hasznosításukat (Keveiné, 2009). Barlanghasznosítás szempontjából is fontos a klíma paraméterek mérése, mivel a turisztika számára megnyitott barlangokban az oda érkező barlanglátogatók a barlangi klímára hatással vannak (Smith, et al., 2013). A klímamérések segíthetik a Nemzeti Parkok barlangjainak turisztikai hasznosítását, mivel olyan optimális csoportlétszámot tervezhetnek, amely nem jelent a troglobiont fajok sérülésével járó hőtübbletet. Az aktívan kutatott barlangok esetében a barlangászok okoznak hőmérsékleti anomáliát a gyakran több órás intenzív fizikai munkával. Céljaim között szerepel az aperiodikus változások mértékének meghatározása a különböző barlangokban, a látogatócsoportok okozta antropogén hatás mértékére vonatkozóan, illetve a kutatók tevékenységéből származó hőtübblet meghatározása szempontjából.

Egy adott terem szellőzésének mértéke meghatározható azon időtartam ismeretében, amely alatt a hőmérséklet és a páratartalom a látogatások után az eredeti állapotra visszaáll. Ezek az adatok értékesek lehetnek a barlangkutatásban, segíthetnek megérteni a legtöbbször bonyolult barlangi járatok légmozgásának jellemzőit is.

3. Alkalmazott vizsgálati módszerek

A vezeték nélküli szenzorhálózat technológiájának fejlődésével együtt az erre épülő alkalmazások is egyre inkább bővültek. A szenzorhálózat általános jellemzői közé tartozik, a rövid hatótávolság, az olcsóbb beszerezhetőség, valamint az alacsony energiafogyasztás. A hálózatot alkotó node-ok általában kis méretűek, a processzor és a memóriája limitált. A szenzorhálózati eszközök alkalmazása esetén elkerülhető a drága vezetékes eszközök telepítése, helyettük egy könnyen kihelyezhető, rádió kommunikációra alkalmas eszközökkel történik a mérés. Az eszközök bővíthetők további érzékelőkkel, melyek segítségével több paraméter is mérhető (Lengyel, 2007).

Az UC Mote (mely az IEEE802.15.4/ZigBee szabványt használja) rádió modulja 250 kbps adatátvitelre képes, melyet 2.4 GHz-es ISM sávban biztosít. A vezérlésről egy 16 MHz-es Atmel ATmega128RFA1-as mikroprocesszor gondoskodik, mely 128 kB RAM-mal rendelkezik. Az eszközben gyárilag többféle érzékelő van beépítve: hőmérsékletmérő, páratartalom érzékelő, és légnyomásmérő. Az SHT21-es szenzor képes mérni a hőmérsékletet és a páratartalmat is, a Sensor MS5607-02BA03 rögzíti a légnyomás adatokat (Muladi, et al., 2012). Az SHT21-es hőmérséklet szenzor felbontása $\pm 0,01$ °C, pontossága $\pm 0,3$ °C. A műszer SHT21 páratartalom érzékelőjének felbontása $\pm 0,04\%$, RH és a pontossága $\pm 2,0\%$ RH (Sensiron, 2011).

A kutatás kezdeti időszakában a műszerek tesztelése zajlott laborkörülmények között, ahol bebizonyosodott, hogy megfelelő kalibráció esetén a műszerek közötti $0,3$ °C-os különbség kiküszöbölhető. Egy stabilizált klímakamrában végeztem előzetes méréseket, így pontosan meg tudtam adni az egyes szenzorok kalibrációs

konstansának értékét. Barlangi mérések megkezdése előtt 2011 decemberében a bükki Hajnóczy-barlangban teszteltem (10 percenkénti adatokkal rendelkezem a barlangról). 2012-től folyamatosan bővült a vizsgálati helyszínek sora, a budai barlangokban 2012. áprilisától a Hideg-lyuk barlangban, 2013. áprilisától a Pál-völgyi barlangban mértem, majd időszakos vizsgálatok történtek a Harcsaszájú-barlangban is, (Pál-völgyi-barlangrendszer tagjai). A Mecsek-hegységben a Szuadó-völgy víznyelőjében, a Trió-barlangban is végeztem időszakos vizsgálatokat. A Hideg-lyuk és Hajnóczy-barlangban 10 db műszer kihelyezésre került sor, ahonnan 10 percenkénti adatrögzítéssel az előbbinél 61.934 db, az utóbbinál 94.533 db adatot használtam fel a különböző járatokról feldolgozott elemzésemben. A Pál-völgyi-barlangban 27 db műszert helyeztünk el, ezek segítségével 32.216 db adat állt rendelkezésemre a barlangturisták elől elzárt területekről. A Harcsaszájú-barlang és Trió-barlang esetében 4000 adatot dolgoztam fel.

A felszíni adatokat minden esetben összehasonlítottam a legközelebbi meteorológiai állomás adataival, a Hajnóczy-barlangnál rögzítetteket a Szentléleki meteorológiai állomás adataival, a Pál-völgyi-barlang, Harcsaszájú-barlang és Hideg-lyuk adatait a Kőfejtőben található meteorológiai állomás paramétereivel hasonlítottam össze. A Trió-barlangnál a pécsi meteorológiai állomás adatait használtam.

A barlangok térbeli elemzésére a Polygon programot használtam, és így határoztam meg, hogy mely szakaszra helyezzem el a hőmérsékletérzékelő műszereket. A Polygon programmal határoztam meg a műszerek bejárattól számított térbeli távolságát is.

A poligon rajzhoz az ArcGIS program segítségével készítettem el a rajzolt alaprajzi térképek georeferálását. Miután a rajzolt képeket térben elhelyeztem, lehetőségem nyílt a Therion programban egy áttekintő 3D-s modell elkészítésére. Ehhez a modellhez a barlang poligonjára és alaprajzi térképre volt szükség, majd a keresztszelvényekkel lehetett pontosítani a térrajzot.

4. Eredmények

1. Munkám során a barlangklíma vizsgálatához új módszert fejlesztettem ki az UC Mote Mini vezeték nélküli szenzorhálózat eszközével.

A barlangi hőmérsékletmérés-sorozat megkezdése előtt laboratóriumi, és barlangi körülmények között bizonyosodtam meg arról, hogy a műszerek alkalmasak lesznek a vizsgálathoz. A szenzorok 0,01 °C-os felbontása lehetővé tette, mind a természetes, mind pedig az antropogén eredetű legapróbb hőmérséklet-változások kimutatását. A műszerek pontosságának 0,3 °C-os különbségét a mérések megkezdése előtt kalibrációval küszöböltem ki. A műszerek könnyen és gyorsan telepíthetők, szállításuk a barlangban megoldható. A szenzoroknak nem okozott problémát a magas páratartalom, ugyan előfordultak adathiányok és extrém körülmények, amikor a járatok víz alá kerültek, de ezek nem károsították a műszereket. A vezeték nélküli szenzorhálózat új típusú eszközével sikeresen megvalósítottam a folyamatos adatgyűjtést a barlangokban.

2. Elkészítettem a járatok hőmérséklet eloszlásának vertikális metszetét, a vizsgálati idő alatt mért átlaghőmérsékletek alapján

Az adatok alapján bebizonyosodott, hogy a bejáratok szakaszok esetében még érvényesül a vertikális különbségek okozta hőmérséklet rétegződés. A Hideglyuk 25 m mély Gábor Áron aknabejáratánál például 10 °C-os különbséggel érvényesül a hőmérséklet rétegződése az akna bejárata és talppontja között.

A barlangon belül a tengerszint feletti magasságtól függetlenül egyre melegebb tendencia figyelhető meg. A járatok átlaghőmérséklet adatai alapján bebizonyítottam, hogy a bejáratától mért távolság nagyobb mértékben befolyásolja a hőmérséklet eloszlását, mint a tengerszint feletti magasság.

3. Lehatároltam a járatokban bekövetkező napi, évszakos és éves hőingás és a barlangok bejáratától számított távolságuk alapján a bejárat, az örvénylési és a barlangi légkörzés szakaszát.

A vizsgált barlangok bejárata környékén a konvekciós légáramlás hatására télen hűlési folyamatok érvényesülnek, nyáron pedig a barlangból kiáramló levegő jelentkezik. Minden barlangban egyedi módon alakul a felszíni hatás, amely járatokban más-más intenzitással érvényesül. A barlangok vizsgálata során egyes esetekben egy évnél hosszabb távú hőmérsékletváltozás alapján csoportosítottam a járatszakaszokat, de akadt olyan is, amelyet évszakos megfigyelés alapján kategorizáltam. Barlangonként más intervallumot kellett megadnom, hiszen a bejáratuk, a felszínnel kapcsolatot biztosító repedéshálózat, járatmorfológia eltérő hatást idézett elő.

Két barlangban hosszabb idejű vizsgálatokat végeztem. A Hajnóczy-barlang esetében a bejárat szakasz 14 m-ig tart ($\Delta T=3,3-9,7$ °C), az örvénylési szakasz a 14-64 m közötti szakasz ($\Delta T=0,8-1$ °C), a barlangi szakasz ezen belül helyezkedik el ($\Delta T=0,1-0,3$ °C). A Hideg-lyuk barlangban 19 m-ig figyelhető meg a bejárat szakasz ($\Delta T=4,4-13,6$ °C), az örvénylési szakasz 48 m-ig jellemző ($\Delta T=1,9-2,7$ °C), ezután a barlangi szakasz ($\Delta T=0,5-0,9$ °C) található. Meghatároztam nyári légkörzés idején, a barlang bejáratok teljes keresztmetszetében a szabadba áramló levegő maximális hőfokát, mely barlangonként eltérő hőmérsékletet mutat (a Hajnóczy-barlangból kiáramló levegő 8,3 °C-os, míg a Hideg-lyukból kiáramló 9,4 °C-os).

A Pál-völgyi-barlang és Harcsaszájú-barlang esetében a bejárat zónában még részletesebb csoportosítást végeztem az erőteljesebben vagy gyengébben érvényesülő felszíni hatás szerint.

4. Kimutattam az évszakos és a napi hőingások mértékét a barlangok különböző szakaszain.

Az évszakos hőingás vizsgálata során kimutattam, mikor történik a légáramlás fordulása. Az évszakok közül a tavaszi és az őszi légkörzés egy rövidebb átmeneti állapot, amikor minimális a hőingás a barlangok minden szakaszán.

A napi hőingás értékeket elemezve megállapítottam, hogy milyen légköri hatások okozzák a barlangban fellépő hőmérséklet-változását. Lokalizálni tudtam olyan pontokat a barlangban, ahol nem a bejáraton keresztül történik a légkörzés. A járatok fölött elhelyezkedő talaj- és mészkő vastagságát megvizsgálva meghatároztam azt, hogy az adott hasadék vagy repedés permeábilis-e. Ezen pontok vagy járatszakaszok beazonosítása a feltáró barlangkutatás számára nagy jelentőséggel bír. A mérések segítségével a Hideg-lyukban egy járatszakaszon légmozgást figyeltem meg és egy régebben felhagyott bontási ponton a kutatók 2014 nyarán egy 20 m hosszúságú járatot tártak fel.

5. Meghatároztam az antropogén hatás mértékét a csoportlétszám és járatok méretének függvényében.

A szakirodalmak szerint az eddigi antropogén hatást feltáró vizsgálatok főként a tömegturizmus számára kiépített barlangokban történtek. A Hajnóczy-barlang változatos keresztmetszetű járatokkal rendelkezik. A nyári kutatótábor idején naponta indultak kutatók a barlangba. Megtett útjuk a hőmérséklet adatok segítségével nyomon követhető volt. Ezek alapján meg tudtam határozni az egyes járatszelvényekben jelentkező hőtöbblet mértékét is, melyet a különböző csoportok okoztak. A vizsgálataim megerősítették, hogy nem csak a szűkjáratokban érzékelhető a csoportok okozta pozitív hőmérsékleti anomália, de a nagyobb terekben is. Az okozott hőmérsékletemelkedés mellett a lecsengési időket is fel tudtam mérni a járatkeresztmetszetek függvényében. Lehetőségem nyílt egy overálos barlangtúráztatásra hasznosított barlangban, (a Trió-barlangban) a különböző csoport létszám okozta hőtöbblet meghatározására.

6. A vizsgált barlangok járatait ért hatások alapján elkészítettem minden barlangra egy-egy komplex légáramlásmodellt.

Az egyes járatok évszakos átlaghőmérséklete, valamint a hőingások alapján kimutathatóvá vált a bejáraton beáramló levegő évszaktól függő klímamódosító hatása, illetve a sajátos légáramlást okozó hőmérsékleti anomáliák lokalizációja. A nyári légkörzések esetében bebizonyosodott, hogy a barlang bejáratán át kiáramlik a levegő, de vizsgálataim által meghatározhatóvá váltak egyes barlangok esetében a beáramló levegő szakaszai is. (Hajnóczy-barlangban a Lapos-teremben, a Hideg-lyukban a Medvecsapda és Guillotine szakszán). Ezeket a hatásokat ábrázoltam barlangok 3D-s modelljén, vagy hőtéreképén.

Az értekezés témakörében megjelent publikációk

Muladi B. Csépe Z., Mucsi L., Puskás I. (2012): Application of wireless sensor networks in Mecsek mountain's caves In: Stünzi H.(Ed.): Proceedings of the 13th National Congress of Speleology Zürich, Druckzentrum ETH-Zentrum, 131–136.

Muladi B. Csépe Z. (2013): Vezeték nélküli szenzorhálózatok egy barlangi alkalmazási lehetősége *Karszt és barlang* 2011, **I-II**, 29–39.

Muladi B. Csépe Z., Mucsi L., Puskás I., Koltai G., Bauer M. (2013): Climatic features of different karst caves in Hungary In: Michal Filippi, Pavel Bosák (Eds.) 16th International Congress of Speleology: Proceedings, Prague, Czech Speleological Society, **2**, 432–438.

Muladi B. Csépe Z., Mucsi L. (2013): Barlangklimatológiai mérések két különböző karszterületen elhelyezkedő magyarországi barlangban In: Veress M. (szerk): *Karsztfelődés*, **18**, 127–136.

Muladi B. Mucsi L. (2013): Látogató csoportok hatása a Trió-barlangban In: Galbács Z. (szerk.): The 19th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, 72–75.

Muladi B. Mucsi L. (2013): Investigation of Daily Natural and Rapid Human Effects on the Air Temperature of The Hajnóczy Cave in Bükk Mountains *Journal of Environmental Geography*, **6 (3-4)**, 21–29.

Muladi B. Mucsi L. (2014): Investigation of the spatial and temporal trends of the air temperature of the Hajnóczy cave in the Bükk mountains *Geographica Pannonica*, **18 (3)**, 51–61.

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT 1.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom, hogy a következő tanulmányokban:

Muladi B., Csépe Z., Mucsi L., Puskás I. (2012): Application of wireless sensor networks in Mecsek mountain's caves In: Stünzi H.(Ed.): Proceedings of the 13th National Congress of Speleology Zürich, Druckzentrum ETH-Zentrum, 131–136.

Muladi B., Csépe Z., Mucsi L., Puskás I., Koltai G., Bauer M. (2013): Climatic features of different karst caves in Hungary In: Michal Filippi, Pavel Bosák (Eds.) 16th International Congress of Speleology: Proceedings, Prague, Czech Speleological Society, 2, 432–438.

Muladi B., Csépe Z., Mucsi L. (2013): Barlangklimatológiai mérések két különböző karszterületen elhelyezkedő magyarországi barlangban In: Veress M. (szerk): Karsztfelődés, 18, 127–136.

Muladi B., Mucsi L. (2013): Látogató csoportok hatása a Trió-barlangban In: Galbács Z. (szerk.): The 19th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, 72–75.

Muladi B., Mucsi L. (2013): Investigation of Daily Natural and Rapid Human Effects on the Air Temperature of The Hajnóczy Cave in Bükk Mountains *Journal of Environmental Geography*, 6 (3-4),21–29.

Muladi B., Mucsi L. (2014): Investigation of the spatial and temporal trends of the air temperature of the Hajnóczy cave in the Bükk mountains *Geographica Pannonica*, 18 (3). 51–61.

szereplő és közösen publikált eredményekben Csépe-Muladi Beáta jelölt szerepe meghatározó fontosságú. Nyilatkozom továbbá, hogy a fenti tanulmányban publikált eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

Szeged, 2016. 03. 17.

.....

Dr. habil. Mucsi László

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT 2.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom, hogy a következő tanulmányokban:

Muladi B., Csépe Z., Mucsi L., Puskás I. (2012): Application of wireless sensor networks in Mecsek mountain's caves In: Stünzi H.(Ed.): Proceedings of the 13th National Congress of Speleology Zürich, Druckzentrum ETH-Zentrum, 131–136.

Muladi B., Csépe Z. (2013): Vezeték nélküli szenzorhálózatok egy barlangi alkalmazási lehetősége *Karszt és barlang* 2011, **I-II**, 29–39.

Muladi B., Csépe Z., Mucsi L., Puskás I., Koltai G., Bauer M. (2013): Climatic features of different karst caves in Hungary In: Michal Filippi, Pavel Bosák (Eds.) 16th International Congress of Speleology: Proceedings, Prague, Czech Speleological Society, **2**, 432–438.

Muladi B., Csépe Z., Mucsi L. (2013): Barlangklimatológiai mérések két különböző karszterületen elhelyezkedő magyarországi barlangban In: Veress M. (szerk): *Karsztfejlődés*, **18**, 127–136.

szereplő és közösen publikált eredményekben Csépe-Muladi Beáta jelölt szerepe meghatározó fontosságú. Nyilatkozom továbbá, hogy a fenti tanulmányban publikált eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

Szeged, 2016. 03. 17.

.....
Csépe Zoltán

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT 3.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom, hogy a következő tanulmányokban:

Muladi B. Csépe Z., Mucsi L., Puskás I. (2012): Application of wireless sensor networks in Mecsek mountain's caves In: Stünzi H.(Ed.): Proceedings of the 13th National Congress of Speleology Zürich, Druckzentrum ETH-Zentrum, 131–136.

Muladi B. Csépe Z., Mucsi L., Puskás I., Koltai G., Bauer M. (2013): Climatic features of different karst caves in Hungary In: Michal Filippi, Pavel Bosák (Eds.) 16th International Congress of Speleology: Proceedings, Prague, Czech Speleological Society, 2, 432–438.

szereplő és közösen publikált eredményekben Csépe-Muladi Beáta jelölt szerepe meghatározó fontosságú. Nyilatkozom továbbá, hogy a fenti tanulmányban publikált eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

Szeged, 2016. 03. 17.

.....
Puskás Irén

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT 4.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom, hogy a következő tanulmányokban:

Muladi B., Csépe Z., Mucsi L., Puskás I., Koltai G., Bauer M. (2013): Climatic features of different karst caves in Hungary In: Michal Filippi, Pavel Bosák (Eds.) 16th International Congress of Speleology: Proceedings, Prague, Czech Speleological Society, 2, 432–438.

szereplő és közösen publikált eredményekben Csépe-Muladi Beáta jelölt szerepe meghatározó fontosságú. Nyilatkozom továbbá, hogy a fenti tanulmányban publikált eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

Szeged, 2016. 03. 17.

.....
Bauer Márton

.....
Koltai Gabriella