

Irodalomjegyzék

- French, R. L. 1986. *Historical overview of automobile navigation technology*. In 36th IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 350–358. DOI: 10.1109/VTC.1986.1623457
- Kim, Y. I – Park, M. H. – Pyeon, M. W. 1995. *Standardization of digital road map database for vehicle navigation in Korea*. Computers, Environment and Urban Systems. DOI: 10.1016/0198-9715(95)00024-0
- Kraak, M. J. 2001. *Settings and needs for web cartography*. In Kraak, M. J. – Brown, A. (eds.), *Web cartography*, p. 1–9, Taylor & Francis, London
- Shibata, M. – Fujita, Y. 1993. *Current status and future plans for digital map databases in Japan*. In Proceedings of the IEEE-IEE Vehicle Navigation and Informations Systems Conference.
- Honda 2019. <https://world.honda.com/history/challenge/1981navigationssystem/index.html>, utolsó elérés: 2019. február 4.
- NDrive 2019. <https://ndrive.com/brief-history-gps-car-navigation/>, utolsó elérés: 2019. február 4.



Dr. Krausz Nikol
egyetemi
adjunktus

BME Fotogrammetria és Térinforma-
tika Tanszék
krausz.nikol@epito.bme.hu



Csepinszky András
igazgató

NNG Szoftverfejlesztő és
Kereskedelmi Kft.
andras.csepinszky@nng.com



Potó Vivien
doktorandusz

BME Fotogrammetria és
Térinformatika Tanszék
poto.vivien@epito.bme.hu



Dr. Barsi Árpád
egyetemi tanár

BME Fotogrammetria és
Térinformatika Tanszék
barasi.arpad@epito.bme.hu

A Szentgáli-kőlik felmérése lézerszkenneléssel

Tarsoly Péter – Bekk Tímea

DOI: 10.30921/GK.71.2019.1.4

Abstract: This paper deals with the surveying and mapping of the Szentgáli-kőlik, which is the largest dolomite cave in Hungary (length: 420 m, vertical extent: 43 m). For the surveying we used a Leica ScanStationC10, four Leica-targets, 80 fluorescent wooden cubes, many traditional tripods and pillar-tripods of the kind Wild. We measured altogether on 38 stations. We did not measured separately each control points (this accelerated the field measurements), so that is why we could fitting the stations only manually by the pre-processing, what we have managed with the Leica Cyclon 9.1 software. The accuracy of fitting was under 10 centimetres, which was satisfactory for our purposes (cave surveying do not need a strict accuracy). For the further processing we used a Point Cloud CAD 2010 and the AutoCAD software. We prepared a ground plan, cross-sections and a section, using the official UIS (International Union of Speleology) list of cave symbols and mapping rules.

Hazánk legnagyobb dolomitbarlangja a 420 méter hosszú és 43 méter mély Szentgáli-kőlik. A barlang felmérését egy Leica ScanStation C10-es lézerszkennelvel végeztük el, összesen két mérési napon. A barlangban 38 álláspontot mértünk, illesztőjeleknek 4 darab jeltárcsát használtunk, és 80 darab bútorlapból készített, fluoreszkáló festékkel befújt fakockát, amelyet csavarok segítségével rögzítettünk a barlang falára. Az egyes illesztőjeleket nem szkenneltük be külön-külön, így ugyan gyorsítottuk a terepi mérést, de a pontfelhők illesztését csak manuálisan tudtuk elvégezni. A pontfelhők illesztésének pontossága 10 cm lett. A feldolgozást a Cyclone 9.1-es szoftverrel és a Point Cloud CAD 2010-es verziójával készítettük. A felmérés eredményeként alaprajz, kiterített hossz-szelvény, keresztmetszetek, valamint a barlangot és a felszínt együttesen bemutató térképek készültek.

Kulcsszavak: barlangfelmérés, lézerszkennel, pontfelhő

Keywords: cave surveying, laser scanner, point cloud

Bevezetés

A barlangokról készített dokumentáció alapvető eleme a térkép. A felmérés végrehajtása során a hagyományos huzagolási módszer mellett ma már a mindennapok gyakorlatává vált

a mérőállomások, lézerszkennerek és UAV-ok alkalmazása is, amennyiben használatukat a barlang morfológiája lehetővé teszi (Hegedűs–Szabó 2014, Eszterhás–Tarsoly 2015). Amíg a megelőző évtizedekben főleg hagyományos, sok esetben egyszerűsített

síkbeli ábrázolások készültek a barlangokról (alaprajz, kiterített hossz-szelvény, keresztmetszetek), addig mára a modern technológia alkalmazása lehetővé tette az üregek valóságghű, térben történő megjelenítését adatbázis-szemléletben, azaz a különböző

tudományterületek által igényelt adatok tárolásával (Albert 2017). Hazai és nemzetközi téren is alkalmazásra kerültek a földi lézerszkennerek a barlangok felmérése során; és ha csak a magyarországi példákat nézzük, akkor mára már számos idegenforgalmilag is jelentős barlangunk rendelkezik ilyen felmérésből származó 3D-s modellel: a Pál-völgyi-barlang, a Baradla egyes szakaszai, a Béke-barlang, a Szemlő-hegyi-barlang, az Abaliget-barlang és a Kórház-barlang (Gede et al. 2013, Idrees – Pradhan 2016). Az említett barlangok felmérése és az adatok feldolgozása során szerzett tapasztalatok jelentős része nem került megosztásra publikáció szintjén; ezzel még adós a hazai barlangtérképezési gyakorlat. Míg hazánkban csak a műszer-állványra telepített nagy méretű földi lézerszkennerekkel történtek felmérések, addig külföldön sikerrel alkalmazták a barlangok térképezéséhez sokkal jobban megfelelő mobil lézerszkennerrendszereket is (Zlot-Bosse 2014). Jelen írásban hazánk legnagyobb dolomitbarlangjának, a Szentgáli-kőliknek a lézerszkenneres felmérését és térképezését szeretném bemutatni. A felmérés célja nem az újítás volt, hanem egy már működő technológia alkalmazása annak érdekében, hogy a jelenleg turisztikai céllal hasznosított barlang rendelkezzen egy a turisták számára is érthető, bemutatható, szemléletes, a mai kornak megfelelő térképpel, illetve modellel. A felmérési anyagok jelenleg a barlang hasznosítójának tulajdonában vannak; az ő feladata és felelőssége, hogy azokat az eredeti céloknak megfelelően felhasználja.

Geológiai vázlat és kutatástörténet

A Szentgáli-kőlik Szentgál községtől délkeletre 1 km távolságban, a Mecsek-hegy nyugati lejtőjén nyílik 380 méter tengerszint feletti magasságban. Ez a Déli-Bakony 4430/1 kataszteri számú barlangja. A barlang járatai a felső triász fődolomit felső részét képező átmeneti, meszes dolomitritegek tektonikus törésrendszere mentén, a keveredő karsztvizek zónájában alakultak ki. A kifejezetten erős

szerkezeti preformáció (szerkezeti mozgások által kijelölt gyengeségi síkok) következtében a barlang morfológiai képeinek meghatározó elemei a keskeny és magas hasadékok, folyosók. Az átlagos szélesség 1 méter körüli, míg a hosszúság és a mélység néha meghaladja a 10 méteres nagyságrendet. Ahol ezek a főként vertikális járatok keresztezik egymást, ott nagyobb üregek, kisebb termek alakultak ki. A folyosók és termek térfogatának nagy részét finomszemcsés laza üledék – vörösbarna agyag, agyagos kőzetliszt és váltakozva sárga/vörös laminites kőzetliszt – tölti ki, helyenként álfenészsínteket alkotva (Schafer 1998–2008). Annak ellenére, hogy a Szentgáli-kőlik relatíve kevés CaCO_3 -at tartalmazó dolomitban alakult ki, a barlangban – bakonyi viszonylatban – meglepően sok és különösen sokféle a meszes kiválási forma (1. ábra). Alakgazdagságuk ellenére méreteik nem nagyok, azaz koruk – még a lassúbb kőzetoldódást figyelembe véve is – nem magas, talán a nagyobb cseppkőbordáktól eltekintve képződésük a holocén elején bekövetkező klímajavulást követően indult meg (Schafer 1998–2008).

Az akkor még csak 12 méter hosszúságúként ismert barlangról először Bertalan Károly emlékezett meg a Bakony barlangjairól írott kataszteri

művében (Bertalan 1938). 1985-ben alapították meg Veszprémben az Építők Természetjáró Egyesületénél a Heliktit Barlangkutató Csoportot azzal a céllal, hogy szervezett keretek között folytassák a nem kiépített barlangok kutatását, beleértve a közelben található Kő-likat is. A barlang feltárásával és a dokumentációs munkákkal 1985 és 1998 között foglalkoztak, és munkájuk eredményeképpen a barlang hossza elérte a 300 méteres hosszúságot, mélysége pedig a 30 métert (Építők SE 1985–1998). A barlang kutatását 1999-ben a Veszprémi Egyetemi Barlangkutató Egyesület vette át. A jól szervezett hatékony munkának köszönhetően 2003 nyarára a barlang feltárt hossza meghaladta a 300 métert, mélysége pedig elérte a 40 métert. A barlang ma ismert hosszúságát (420 méter) és mélységét (43 méter) 2007-ben érték el. 2008-ban elvégezték a barlang kiépítését a kalandturisztikai hasznosítás érdekében, amely a Balaton-felvidéki Nemzeti Park kezelésében még abban az évben elindult. Azóta a barlangban jelentős kutató és feltáró munkálatokat nem végeztek (Országos Barlangnyilvántartás 2019, Schafer 1998–2008). A barlangot kutatástörténete során többször is feltérképezték (például 1993, 2004, 2007), és róla igényes kivitelű alaprajzokat,



1. ábra. Jellegzetes cseppkőves rész a Szentgáli-kőlikben (Fotó: Tarsoly Péter)

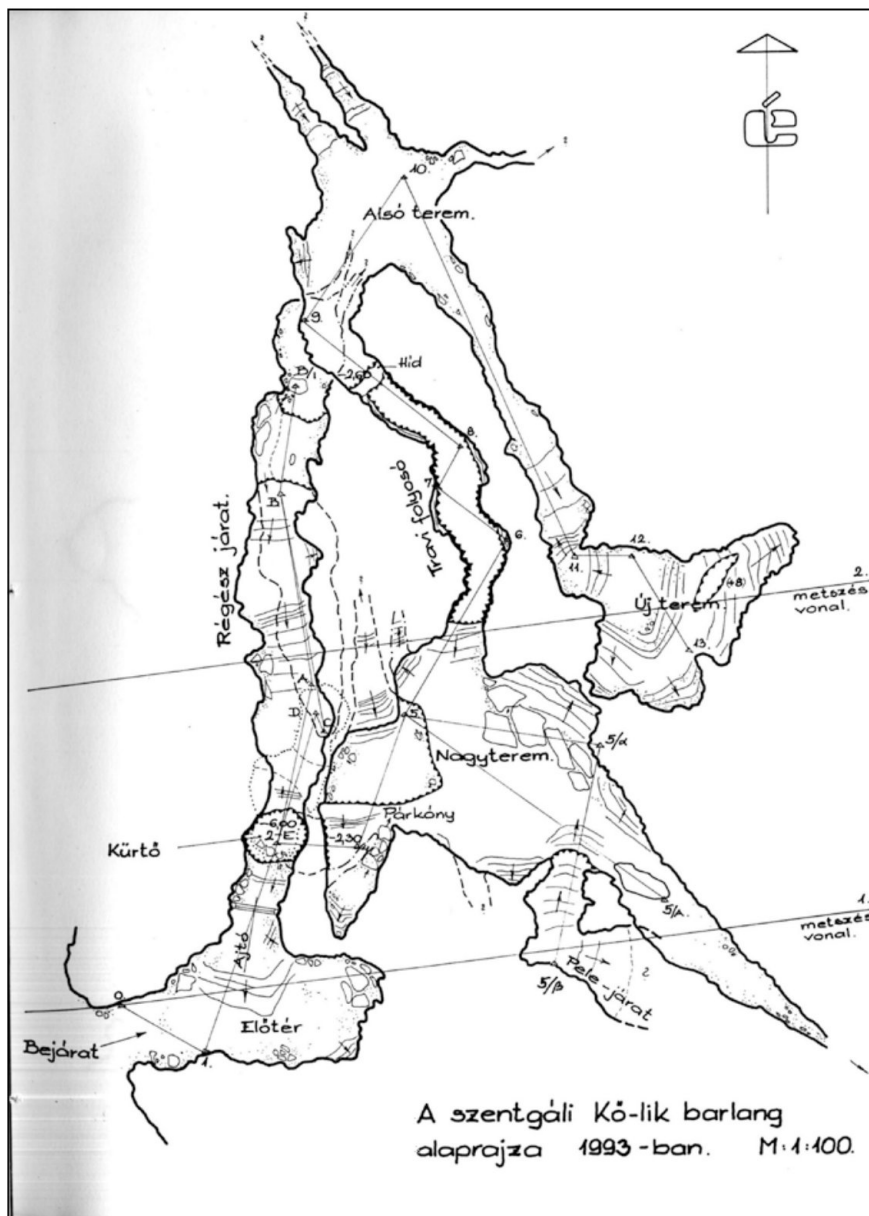
hosszmetszeteket és keresztmetszelve-
nyeket készítettek (Heliktit 1993,
Paulovics 2004, Kutatási jelentés
2007)

A mérés előkészítése és a felmérés végrehajtása

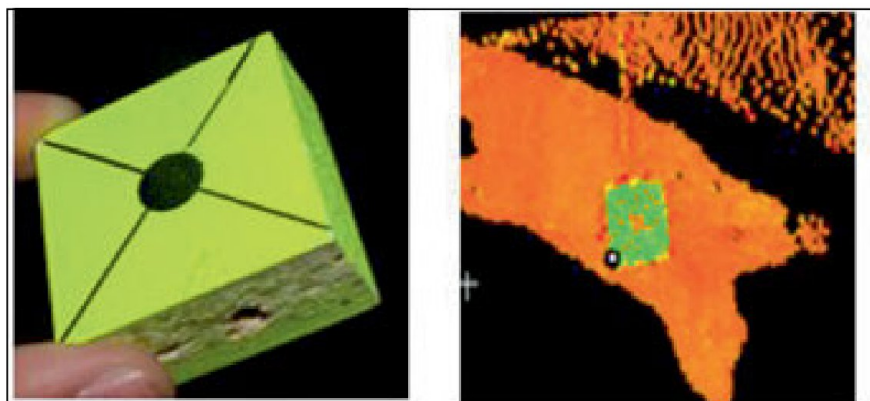
A Balaton-felvidéki Nemzeti Park által
a térképezéshez és a pontjelek elhe-
lyezéséhez adott engedélyek beszerzé-
sét követően a Bakonyi Barlangkutató
Egyesületek Szövetségével közösen
végeztük el a barlang felmérését 2015.
szeptember 25–26-án. A barlang elő-
zetes bejárása során megállapítottuk,
hogy az üreget teljes terjedelmében
nem fogjuk tudni felmérni lézerszken-
nerrel, az egyes járatok csekély kereszt-
metszete miatt. Felmérésre a Nagy-
termet, a Felső-termet, az Alsó-termet,
a Travi-folyosót és a Régész-járatot jelöl-
tük ki (2. ábra).

Az előzetes bejárás során megter-
veztük a műszerálláspontok helyeit.
Amennyiben a korábbi felmérések
alappontjai a lézerszkennerek számára
is megfelelő helyen voltak, úgy fel-
használtuk őket, de jellemzően tel-
jesen új állásponthálózatot kellett
kialakítanunk. Az álláspontok helyé-
nek megtervezése után a pontfelhők
illesztéséhez használt illesztőpontokat
helyeztünk ki. A rendelkezésünkre álló
négy darab Leica-jeltárcsa segítségével
a mérést nem tudtuk volna végrehaj-
tani, így egyedi illesztőjeleket készített-
ünk. A pontjelek bútorlapból készí-
tett $4 \times 4 \times 1,25$ centiméteres fakockák
voltak, amelyeket fluoreszkáló jelölő-
festékkel fújtunk le, majd behúztuk az
átlóit fekete filccel, továbbá a négyzet-
lapok középpontja köré egy egy cen-
timéteres fekete kört is rajzoltunk
a középpont jobb azonosíthatósága
érdekében (3. ábra).

A fakockákra kis méretű „L” alakú
vasakat csavaroztunk, majd ütvefúró
és 6-os tipli segítségével rögzítettük
őket a barlang falára (4. ábra). Ahol
volt némi kitakarás, ott egy fémdrót
segítségével belógattuk a kockát, így
akár 30 cm-t is sikerült nyerni a töké-
letes összelátás érdekében. Ritkábban
találtunk olyan egyenes helyeket ahol
csak egyszerűen leállítottuk a kockát a
barlang valamely sziklafelületére ideig-
lenes pontjelként. Arra törekedtünk,



2. ábra. A felmérésre kijelölt munkaterület a Heliktit-csoport 1993-ban készített térképén



3. ábra. Az illesztéshez használt fakocka és megjelenése (Forrás: Molnár Bálint)

hogy minden álláspontból legalább 3-3
pontot lehessen látni, lehetőleg egyen-
letesen elosztva a térben. A közel 80
illesztőpont kihelyezése egy napot vett

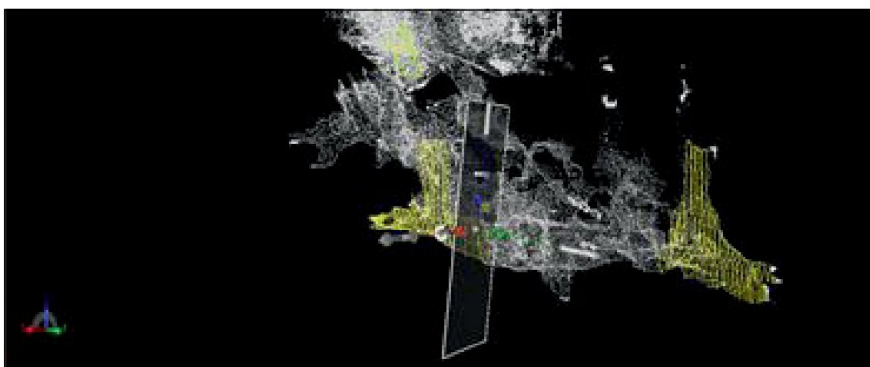
igénybe, és a barlang turisztikai for-
galmát figyelembe véve ezt csak köz-
vetlenül a mérés elkezdése előtt tud-
tuk elvégezni.



4. ábra. A bejáratú akna mérése a falba fűrt illesztőpontokra támaszkodva (Fotó: Molnár Bálint)



5. ábra. Leica C10 a Régész-járat bejáratánál (Fotó: Tarsoly Péter)



6. ábra. Keresztszelvény kivágása a Point Cloud CAD-programmal

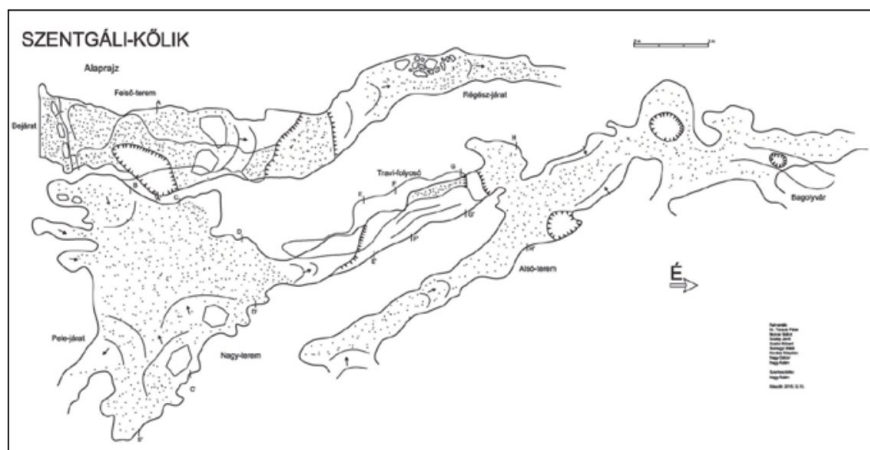
A felmérést egy Leica C10-es lézerszkennerral végeztük, gyári jeltárcsákkal és az általunk készített illesztőjelekkel, az esetek többségében hagyományos műszerállványt alkalmazva, az alacsony részeken pedig Wild-féle pillérállványra helyezve a műszert (5. ábra). A felmérés két napig tartott, és a munkálatok folyamatos végzése érdekében a műszer áramellátását aggregátorral biztosítottuk. A felbontás értékét a kisebb termekben 5 m/1 cm értékre állítottuk be, a nagyobb termekben pedig 10-15 m/1 cm felbontást használtunk. Nem mértünk külön a jeltárcsákra és fényképeket sem készítettünk, így egy álláspont mérése (tisztá mérési idő) 3-5 percet vett igénybe.

Feldolgozás és eredmények

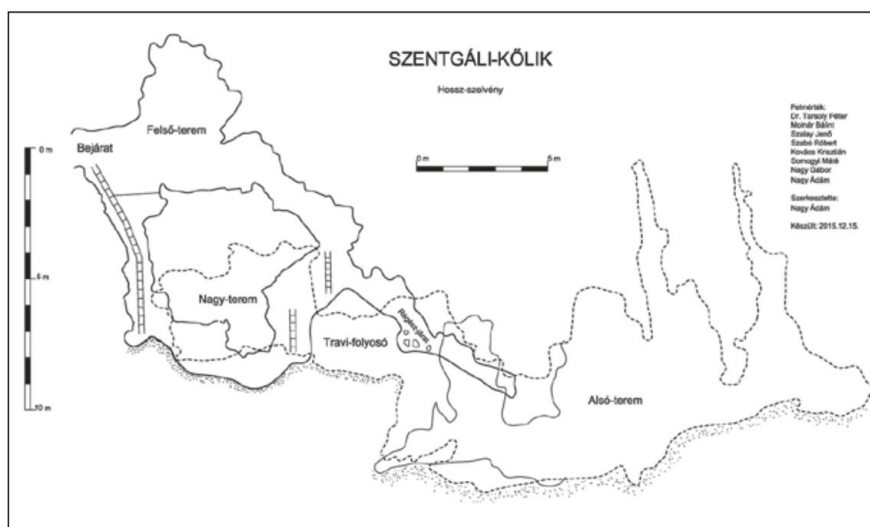
A feldolgozást a Leica Cyclone 9.1 programmal végeztük. Összesen 38 álláspont adatát fűztük össze. A terepi mérés időtartamát csökkentettük azzal, hogy nem mértünk rá külön-külön minden egyes illesztőjelre, ezért a feldolgozás során az illesztést nem lehetett automatikusan elvégezni, csak kézzel. Ez lényegesen megnövelte a feldolgozás időtartamát. Az illesztést 8-10 centiméteres pontossággal sikerült végrehajtani, ami természetesen nem tekinthető szabatos megoldásnak, de teljes mértékben kielégíti a barlangfelméréstől elvárt pontossági követelményeket.

Az összeillesztett pontfelhő feldolgozását Point Cloud CAD 2010 programmal végeztük el. Első lépésben a kereszt-szelvények rajzolását végeztük el olyan módon, hogy a kivágó doboz vastagságát minimalizáltuk, hogy ne legyen hullámos a határvonal (6. ábra). A barlangot 30 centiméterenként szeleteltük fel, ezzel nyújtva megfelelő alapot a későbbi tematikus kutatások számára (pl. morfológiai, földtani, biológiai kutatások stb.).

A kereszt-szelvényekre merőleges szelvények segítségével elkészítettük a barlang kiterített hossz-szelvényét is (8. ábra), végül pedig az alaprajzát (7. ábra). Az így előállt térképvázakat az AutoCAD-program segítségével egészítettük ki a barlangtérképezések során megszokott jelkulcskészlet és szabályok alkalmazásával (Cave Symbols 2018, Hegedűs-Szabó



7. ábra. A Szentgáli-kőlik alaprajza



8. ábra. A Szentgáli-kőlik kiterített hossz-szelvénye

2014, Eszterhás–Tarsoly 2015). Az elkészült térképet és modellt nem georeferáltuk, mert a cél csak a szemléltetés volt a turisták számára, illetve egy olyan alap biztosítása a további morfológiai kutatásokhoz, amelyek nem igénylik az adatok akár EOVB-ban, vagy éppen a barlangtérképezésben elterjedt UTM-ben való megjelenítését.

Irodalomjegyzék

Schafer I. 1998–2008. Kutatási jelentések a Veszprémi Egyetemi Barlangkutató Egyesület Szentgáli-kőlikben végzett munkájáról, forrás: www.termeszetvedelem.hu

Bertalan K. 1938. A Bakony-hegység barlangjai. *Turisták Lapja*, 50. évf. 4. sz., Budapest p. 208.

Építők SE Helikitt Barlangkutató Csoport jelentései 1985–1998., forrás: www.termeszetvedelem.hu

Cave Symbols – The official UIS Symbol List, forrás: http://www.carto.net/neumann/caving/cave-symbols/uis_signatures_english.pdf

Hegedűs A. – Szabó Z. 2014. A barlangok felmérése. Tanfolyami jegyzet. MKBT Oktatási Szakosztály, Budapest, p. 205.

Eszterhás I. – Tarsoly P. 2015. Kisméretű barlangok térképezése, *MKBT Vulkánspeleológiai Kollektívájának évkönyve*, Isztimér, pp. 39–62.

Albert G. 2017. Aspects of Cave Data Use in a GIS, pp. 25–44. In Karabulut, S. – Cinku, M. C. (eds.): *Cave Investigation*. InTech, Rijeka

Gede M. – Petters C. – Nagy G. – Nagy A. – Mészáros J. – Kovács B. – Egri C. 2013. Laser Scanning Survey in the Pál-völgy Cave, Budapest. In Buchroithner, M. E. (ed.): *Proceedings of the 26th International Cartographic Conference*. International Cartographic Association, Dresden p. 905.

Idrees, M. O. – Pradhan, B. 2016. A decade of modern cave surveying with terrestrial laser scanning: A review of sensors, method and application development. *International Journal of Speleology*. 45(1):71. DOI: 10.5038/1827-806X.45.1.1923

Zlot, R. – Bosse, M. 2014. Three-dimensional mobile mapping of caves. *Journal of Cave Karst Studies*. 76(3):191.

Országos Barlangnyilvántartás: http://www.termeszetvedelem.hu/index.php?pg=cave_4430-1, utolsó elérés: 2019. 01. 14.

Helikitt barlangkutató csoport jelentése 1993. Országos Barlangnyilvántartás, http://www.termeszetvedelem.hu/_user/browser/File/barlangkut%C3%A1si%20jelent%C3%A9sek/1993/helikitt_1993.pdf

Paulovics, P. 2004. Kutatási jelentés az Országos Barlangnyilvántartásban, <http://www.termeszetvedelem.hu/barlangkutatasi-jelentesek#2004>

Kutatási jelentés az Országos Barlangnyilvántartásban, 2007. http://www.termeszetvedelem.hu/_user/browser/File/barlangkut%C3%A1si%20jelent%C3%A9sek/2007/veszpremi_kutatasi_jelentes_2007.pdf



Dr. Tarsoly Péter
adjunktus

Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet
tarsoly.peter@amk.uni-obuda.hu



Bekk Tímea
intézeti mérnök

Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet
bekk.timea@amk.uni-obuda.hu

Helyreigazítás

A Geodézia és Kartográfia folyóirat 2018/6. számában sajnos tévesen jelent meg a „Csáky Ferenc Flórián Lengyelország XVIII. századi magyar térképész” című cikk egyik szerzőjének Dr. Dávid Lóránt Dénesnek az affiliációja. A szerző a Nyitrai Konstantin Filozófus Egyetem Közép-európai Tanulmányok Kara egyetemi tanára.

Correction

Unfortunately, in the 2018/6 edition of the journal Geodesy and Cartography, the affiliation of Dr Lóránt Dénes Dávid, one of the authors of the article entitled “Ferenc Flórián Csáky, the Hungarian cartographer of the 18th century Poland” was misstated. The author is a professor of the Faculty of Central European Studies, at Constantine the Philosopher University in Nitra.