

**LÉZERSZKENNER ALKALMAZÁSA INGÓKÖVEK ÉS
GYAPJÚZSÁKOK FELMÉRÉSÉBEN A VELENCEI-HEGYSÉGBEN**

**THE ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE
PAKOZD-FORT AND THE BARCAHAZI-CAVE**

TARSOLY PÉTER

Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, Geomatikai Intézet,
8000, Székesfehérvár, Pirosalma u. 1-3., tp@geo.info.hu

Abstract: Laser scanners are the most up to date instruments in the field of surveying. The expenditure of work is little compared with the other ground based surveying techniques, but the office work is most difficult and complex. I used this technique to determine a position and shape of woollsacks and caves in the Velence-mountain. The precision and accuracy of the measured data were sufficient, but the transformation to the Hungarian Datum and the representation of data required special solutions. My paper shows the optimal solution of the determination and representation of the characteristic points of woollsacks, and shows how to use different ground surveying techniques together.

Bevezetés

A Dunántúl középső részén, a Velencei-tó szomszédságában van Magyarország legkisebb, és egyik legidősebb középhegysége, a Velencei-hegység. Területe ~40 km², Székesfehérvár Öreghegyétől egészen Pázmándig nyúlik el ÉK- DNY-i csapásirányban. Domborzat szerinti felosztásban két fő része van: a nyugat-velencei és a kelet-velencei terület (ÁDÁM 1993, HORVÁTH 2004). A nyugat-velencei terület székesfehérvári és nyugat-velencei egységre tagolható; a kelet-velencei terület pedig a kelet-velencei egységre és a Nadap- pázmándi hegysorra

Felépítését tekintve a székesfehérvári egység, a nyugat- és kelet-velencei egység középső és déli részein meghatározóak a felső-karbon gránitváltakozatok (biotitgránit, gránitporfir, mikrogránit stb.), a metamorfizálódott gránit és kvarcit (JANTSKY 1960, ÁDÁM 1993, HORVÁTH 2004). A Nadap- pázmándi hegység kvarcitból és metamorfizálódott andezitből építkezik (JANTSKY 1960, ÁDÁM 1993, HORVÁTH 2004). Ez a legkeletibb vonulat sokkal fiatalabb, a felső-eocénben kezdődő erőteljes andezit-vulkánosság egyik első és azóta erősen lepusztult képviselője. Kiemelt jelentőségűek a még a gránitnál is idősebb devon és szilur időszaki agyagpalák, melyek csak foltokban maradtak meg a hegység északi oldalán, így Pátka közelében a Varga-hegyen és a Kőrakásnál, a Lovasberény felé néző Vaskapu-hegyen,

az Antónia-hegyet átszelő Lovasberény-Nadap közti út nyergén és a velencei Bence-hegy tetején (JANTSKY 1960).

A gránit mintegy 300 millió éve tartó lepusztulása sajátos felszíni formákat hozott létre. A változó vastagságú málladéktakaróból kisebb-nagyobb csoportokat alkotó gránithátak, kőhalmok csoportjai látszódnak ki. A kőhalmok lekerekített éllel és formákkal rendelkeznek, gyapjúsákokat és ingóköveket alkotnak. Az egymással érintkező kötömbök között járható üregeket is lehet találni, ezeket nevezik gyapjúsákbarlangoknak (ESZTERHÁS 1994, 2006).

A kutatás célja volt, hogy technológiai oldalról megvizsgáljuk a lézerszkennelést, mint lehetőséget a gyapjúsákok és ingókövek felmérésében. A Velencei-hegység kutatásával az elmúlt mintegy 100 évben sokan foglalkoztak; a hegység geológiájának és felszínalaktani morfológiájának egyik legteljesebb összegző munkája 2004-ben jelent meg a MÁFI gondozásában (HORVÁTH *et al.*, 2004). A hegységet korábban csak klasszikus térképkészítési és fotogrammetriai módszerekkel vizsgálták (JANTSKY 1960, ÁDÁM 1993, ESZTERHÁS 1994, 2006, HORVÁTH *et al.*, 2004), a lézerszkennelés alkalmazására – akár csak a technológiai fejlődés oldaláról vizsgálva is – egészen a mai napig nem volt lehetőség. Az általunk végzett felmérésnek már az elején lehetett tudni, hogy a morfológia szempontjából a lézerszkennelés nem fog tudni új eredményeket biztosítani sem az ingókövek, sem a gyapjúsákok vonatkozásában. A felmérés pontossága, a valós világ leképezésének lehetősége (modellalkotás) egyelőre nem kielégítő ahhoz, hogy az ilyen típusú felmérési adatokkal helyettesíteni lehessen a klasszikus vázlatkészítést, fényképezést és a közvetlen terepi megfigyelést. Inkább arra voltunk kíváncsiak, hogy természetvédelmi/turisztikai/állagfelmérési dokumentációs célokból vizsgálva, egy pontfelhő, illetve az abból nyerhető megjelenítések vajon mennyivel jelentenek többet, mint az objektumot bemutató ábrák és fotók.

A munkaterület rövid bemutatása

A kiválasztott gyapjúsák-csoport (kőhalom) a Pandúr-kő (*1. kép*), amely Pákozdi településtől észak-északkelet felé található a Pogány-kőnek nevezett hegyet keletről határoló völgy felső szintjén. Azért esett a választásunk erre a formációra, mert a legtöbb Velencei-hegységről szóló kiadványban megjelenik, megközelítése pedig – tekintve a nagy súlyú mérőfelszerelést – részben autóval lehetséges.

A Pandúr-kő mintegy 35 méter hosszú és 13 méter magas, amelynek a további szinonim elnevezései a Sár-hegyi-ingókő és a Pákozdi-ingókő. A

nagyméretű kőtömbök között négy gyapjúszákbarlang és barlangszerű objektum található: a Háromszájú-barlang, az Osztott-barlang, a Teraszos-barlang és a Zsivány-barlang. A Pandúr-kő plasztikus, azaz minden részletre kiterjedő, valóságű, mégis könnyen kezelhető ábrázolása hagyományos földi felmérési eljárások közül csak a közel-fotogrammetria módszerével valósítható meg. A felmérés során azért esett a választásunk a lézerszkennelésre, mert technológiai oldalról szeretnénk volna megvizsgálni, hogy alkalmazása vajon mennyire jelent előnyt a kiforrott hagyományos megoldásokkal szemben, s hogy a későbbiekben az ilyen jellegű felmérések felhasználhatók-e morfológiai vizsgálatokhoz.



1. kép A Pandúr-kő (ESZTERHÁS, 2006)
Picture.1. The Pandúr-stone (ESZTERHAS, 2006)

A felmérési munka gyakorlati végrehajtása

A bonyolult természeti képződmények felmérése során az alkalmazható módszerek közül a földi lézerszkennerek alkalmazása napjainkban gyakorlatilag az egyetlen technológia, amivel pontos képet kaphatunk a földtani objektumokról. A geodéziai felmérések során ugyan a szélső pontossági követelmények is kielégíthetők, ám egy bonyolult forma felméréséhez szükséges pontmennyiség megmérése mind a terepi munkában, mint pedig a feldolgozási szakaszban jelentős időbeli többlettel jár a lézerszkenneres méréshez képest. A fotogrammetriai technológiával történő felmérés terepi szakasza a három eljárás közül a leggyorsabb ám a feldolgozás itt is több időt vesz igénybe valamint jóval bonyolultabb, mint a szkennelésnél. A nyerhető adatmennyiség a lézerszkenneléssel a legtöbb, ám ennek jelentős része fölösleges adat is lehet, ha a szkennelés megkezdése előtt nem szűkítjük le a

szkenelés tartományát a számunkra fontos területre ezzel is csökkentve a felmérés idejét. Mindemellett az is elmondható, hogy a fent röviden vázolt felmérési eljárások közül a lézerszkenelés rendelkezik a legkisebb pontossággal, ami átlagosan ± 8 mm/50 méterre tehető (TARSOLY – TÓTH 2011).

A geodéziai és lézerszkenelési munkák során a munka kivitelezése érdekében általában szükség van a meglévő alappont hálózat kiegészítésére vagy sűrítésére, ezt a folyamatot a már meglévő alappontokat felhasználva végezhetjük el. A pontokat állandósíthatjuk is, ezt akkor célszerű elvégezni, ha az adott területen a későbbiekben is fogunk méréseket végezni. Mivel a terület ahol a felmérést végeztük természetvédelmi oltalom alatt áll, csak olyan állandósítási módot választhattuk, mely a felmérést követően nem marad végleg a helyszínen; így fakaróval jelöltük a lézerszkenner-álláspontok helyét.

A terület adottságait (nagyfokú erdősültség itt-ott szabad foltokkal; nagy távolságra lévő EOVA pontok) figyelembe véve célszerűnek látszott a pontsűrítést GNSS-technológiával végrehajtani. A felméréshez szükséges alappont sűrítés során egy Topcon Hiper GNSS vevőt használtam mely GPS és GLONASSZ holdak vételére egyaránt alkalmas. Az álláspontok bemérése gyors statikus mérési módszerrel történt poláris elrendezésben. A referenciavevő adatait a GNSS-központ GNWEB szolgáltatásával generáltuk úgynevezett virtuális RINEX formájában. Ez a fiktív állomány az aktív hálózat állomásainak másodpercenként beküldött és archivált mérési adatainak alapszik. A virtuális RINEX generálásához megadtuk a referenciamérés helyét (5 km sugarú körön belül a mozgó vevőhöz), a mérési intervallum kezdő- és végidőpontját, az adatrögzítési időközt (15 mp), majd a megrendelt állományt letöltöttük az Internetről. A mérés feldolgozása a Leica Geo Office feldolgozó szoftverrel történt, az így kapott ETRS89 rendszerű koordinátákat pedig az EHT² nevű szoftverrel transzformáltuk át EOVB-ba. Az ilyen módon generált szkennerek-álláspontok megbízhatósága ± 3 cm-re adódott.

A lézerszkenner-felmérés a Leica cég C10- es termékjelű lézerszkennerével és a hozzá tartozó jeltárcsákkal történt (2. kép). A műszer a korábbi generációs modellekhez képest sok újítással rendelkezik. Ezek közül is kiemelendő a belső merevlemez, a belső akkumulátor és a SmartX-mirror (tükör és kamera). Ez utóbbi segítségével a műszer a 360°-os fordulat valamint az oszcillálás (periódikusan változó rezgőmozgás) között képes váltani, aminek az irányított mérések során van jelentősége mivel ezzel is csökken a mérés ideje valamint az adatmennyiség is. A SmartX-mirror feladata továbbá a beépített fényképezőgép vezérlése is, melynek segítségével a későbbiekben valós színeket adhatunk a pontfelhőknek.

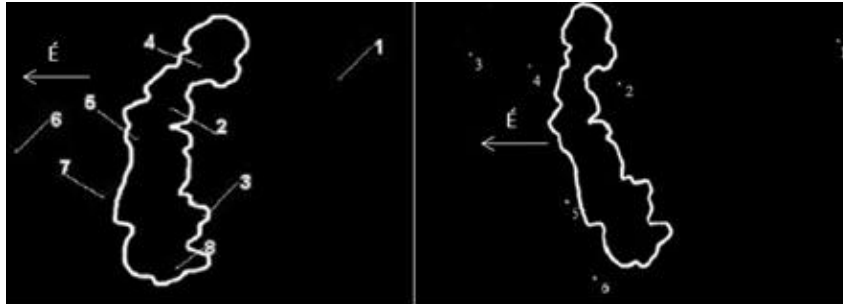


2. kép A Leica C10 lézerszkennő az Osztott-barlang délkeleti bejáratánál (Forrás: Nagy Gábor)
Picture.2. The Leica C10 laser scanner on the southeast entrance of the Osztott-cave (Source: Gabor Nagy)

A szkennő 50 000 pont/másodperc sebességgel képes mérni, a távmérés pontossága 4mm, az iránymérése 12". A műszer által a pontokra meghatározott 3D megbízhatóság ± 6 mm. A műszer hatótávolsága 600 méter. A fényképező kamera 5 Megapixel felbontású hibrid kamerarendszer, amely a lézerjelet továbbító forgó tükör segítségével képes valós idejű videó vagy fénykép készítésére.

A szkennőhöz tartoznak kiegészítő felszerelésként jeltárcsák, továbbá egy rúd amelyre ezen tárcsák felszerelhetők. A rúd központos és függőleges elhelyezése gyorsállvány segítségével valósítható meg. A jeltárcsák olyan forgatható tartóban helyezkednek el, melyek segítségével a kellő pozícióba történő forgatást úgy lehet megoldani, hogy a tárcsák középpontja, azaz a visszaverődési pont helyzete mindig ugyanott maradjon. A jeltárcsákat az általános felmérési gyakorlatnak megfelelően szimmetrikus formára készítik, ezzel is könnyítve a feldolgozás során azok középpontjának beazonosítását.

A felmérés során ezeket a jeltárcsákat használtuk a pontfelhők összekapcsolását lehetővé tevő mérésekhez. A kapcsolópontok közül a karóval állandósításra került pontokon a kiegészítő rúd és a rá szerelhető jel került felállításra mivel ennek meg tudtuk határozni a pontos magasságát, ami a későbbiekben fontos volt az EOV-ba kapcsoláshoz. A jeltárcsákat a sziklaformáción úgy helyeztük el, hogy egy álláspontból a lehető legtöbb látszódjon, és az eloszlásuk a lehető legegzenletesebb legyen (1. ábra). A felmérést a sziklaformáció dél-nyugati részén kezdtük, a teljes ingókő csoport szkennelését összesen hat álláspontból hajtottuk végre.



1. ábra Kapcsolópontok (bal oldal) és álláspontok (jobb oldal) a Pandúr-kőnél
 Fig.1. Target points (left side) and scan stations (right side) on the Pandur-stone

A látómező definiálása minden esetben manuálisan történt az aktuális limbuszállás kívánt tartomány-végpontokra leolvasott értékének feljegyzésével. A műszerben meglévő, automatikus szkennelési tartomány beállítási lehetőségek (pl., $60^\circ \times 60^\circ$, $90^\circ \times 90^\circ$, $360^\circ \times 60^\circ$ stb.) földtani célú szkenneléshez történő alkalmazása nem látszik célszerűnek, mert az egyes alakzatok egyedisége ritkán teszi lehetővé a szabályos, definiált értékek alkalmazását. A szkennelés tartományának definiálása után a Scan+Img szkennelési módot választottuk, amely a szkennelést követően fényképezést is végez ugyanabban a tartományban, ezzel téve lehetővé a feldolgozás során a valóság-hű felületkitöltő textúra létrehozását.

A szkennelést illetve a fényképezést követően a több álláspont összeillesztéséhez a jeltárcsákat kellett definiálni azonosító (pontszám), tárcsa típus, és jelmagasság megadásával. A jelmagasságot csak a karóval állandósított pontok esetében adtam meg, mert ezek a pontok kerültek közvetlenül átszámításra GNSS-mérés és EHT transzformációval EOVB-ba. A többi pont EOVB-ba történő elhelyezése ezen két pont alapján volt lehetséges. A kijelzőn a videokamera képét látva manuálisan végeztük el a jeltárcsa közép-pontjának megirányzását, majd a célra közelítés után a nyilak segítségével végeztük el a finom irányzást. Az irányzást követte a jeltárcsa szkennelése (csak ennek), majd ennek eredményeképpen a jeltárcsa és közepének digitális felvételen történő azonosítása. Ügyelve arra, hogy minden álláspontról minden jeltárcsát beazonosítsunk és mindig ugyanazokat az azonosítókat használjuk, biztosítani tudjuk, hogy a különböző álláspontról felvett szkennelt állományok összekapcsolhatóak legyenek (kapcsolópontok).

A mérési eredmények feldolgozása és megjelenítése

A nyers mérési eredmények feldolgozáshoz a Leica C10-es lézerszkennelhez tartozó Cyclone program 7.3.3 verzióját használtam, a sziklacsoport

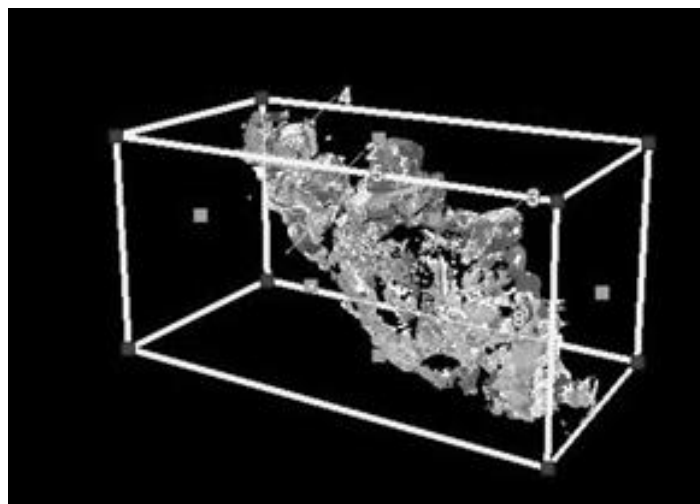
rajzi munkarészeinek kinyeréséhez pedig a PointCloud CAD 2010 szoftver 30 napos próbaverzióját (<http://www.microsurvey.com/products/pointcloud/>). A felmérés során 92 millió pont keletkezett 1840 másodperc, azaz ~ 30 perc tiszta mérési idő alatt (40 méteren 2 cm-es felbontással).

Az adatbázisba töltés után elvégeztük a pontfelhők összeillesztését valamint kiegyenlítését, azaz a több álláspontról felvett pontok legvalószínűbb térbeli helyének meghatározását a legkisebb négyzetek módszerével.

A kiegyenlítéssel egy időben elvégeztük a pontfelhő EOVBa transzformálását is. A kiegyenlítés után a pontok térbeli lineáris eltéréseinek minimuma 1 mm-re, maximuma 33 mm-re adódott, a várható érték pedig 11 mm lett. Az EOVB y tengellyel párhuzamos eltérések minimuma - 4 mm-re, maximuma 5 mm-re adódott, a várható érték pedig 0.2 mm lett. Az EOVB x tengellyel párhuzamos eltérések minimuma - 11 mm-re, maximuma 13 mm-re adódott, a várható érték pedig 1 mm lett. A magasság értékek lineáris eltéréseinek minimuma - 31 mm-re, maximuma 27 mm-re adódott, a várható érték pedig 2 mm lett. Hisztogram-elemzést használva elmondhatjuk, hogy a térbeli lineáris eltérések 65% volt 10 mm vagy annál kisebb, 20 % esett 10-20 mm közé, és mindösszesen 15% esett 20-33 mm közé. Az EOVB y koordináták esetében az eltérések 58 %-a -4 – 0 mm közé esett, az eltérések 42%-a pedig 0 – 5 mm közé. Az EOVB x koordináták esetében az eltérések 89 %-a 0 - 13 mm közé esett, az eltérések 11 %-a pedig -11 – 0 mm közé. A magassági értékek esetében a Z eltérések 20%-a esett -31 – 0 mm közé, a 80%-a pedig 0 – 27 mm közé. A magassági eltérések nagyobb szórása és pontatlansága a GNSS-technika magasságmeghatározási pontatlanságára vezethető vissza, amely egy nagyságrenddel rosszabb, mint a síkbeli meghatározás pontossága. A kevésbé megbízható GNSS-magasságok javítása pontosabb geoidunduláció értékek (geoid-modellek) figyelembe vételével érhető el, azonban ezek alkalmazását a földtani célú lézerszkenneléstől elvárt pontossági követelmények (~30 mm) nem indokolják (TARSOLY – TÓTH 2011).

A kiegyenlített pontfelhőre a terepen készült fényképek alapján pontonként egy felületkitöltő textúrát feszítettünk rá (2. ábra). Ezt követően a Pandúr-követ körbe definiáltuk egy nézet-dobozzal, így a sziklacsoport egy leszűkített környezetében kellett csak a további feldolgozásokat elvégeznünk. A nem értékes visszaverődést jelentő pontok kijelölése és törlése térben történt, gondosan ügyelve arra, hogy ne legyenek a törlésre szánt pontok mögött további, immár értékes visszaverődést jelentő pontok. Így sem volt elkerülhető, hogy a számunkra értékes gránit-tömbökről visszaérkezett jelek egy része törlésre kerüljön a sűrű vegetáció által okozott értéktelen visszaverődések szűrése során. A szűrt pontfelhő a kezdeti 92 millió pontból 14

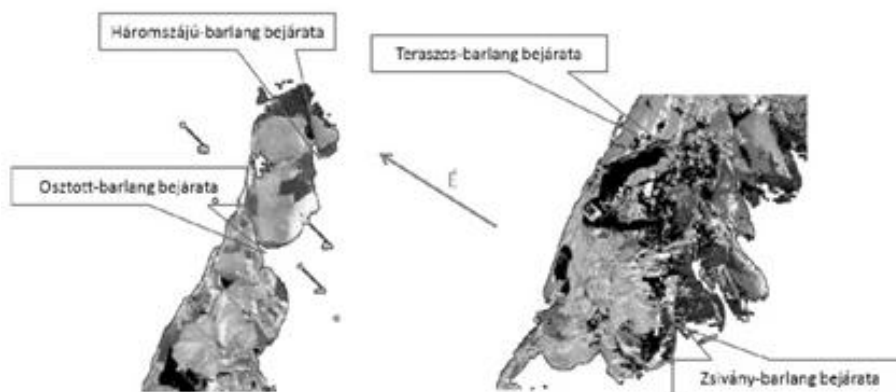
millióra csökkent, azaz a teljes pontfelhő 85%-a számunka nem értékes információt tartalmazott.



2. ábra A Pandúr-kő nézet-dobozba foglalt, fénykép alapján színezett képe észak felől szemlélve a kapcsolópontokkal (Molnár)

Fig.2. A photo-realistic sight-view from north of the Pandur-stone with targets (Molnar)

Egy lehetséges kimeneti termékként ortofotót hoztunk létre, amely felülnézetből mutatja valódi színekkel a Pandúr-követ egy olyan fénykép-felvételen, amely a teljes területén homogén méretarányjal jellemezhető. A 3. ábrán a zászlózott feliratú pontok jelölik a műszerálláspontokat.

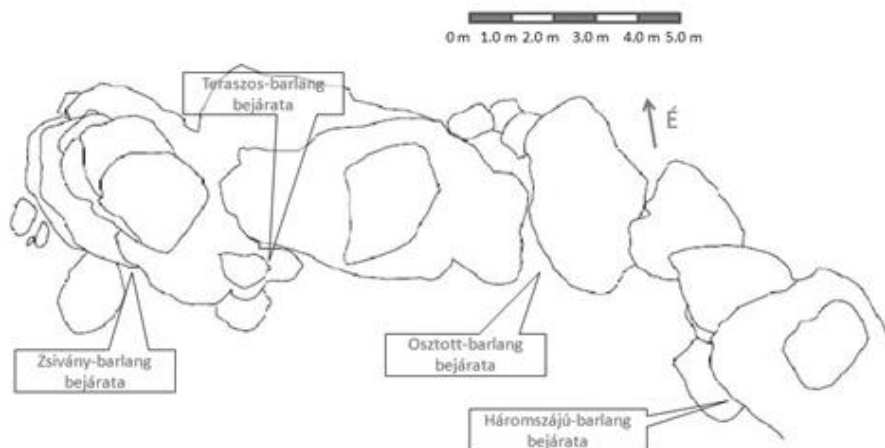


3. ábra A Pandúr-kőről készített ortofotó

Fig.3. Orthophoto made from the Pandur-stone with four caves

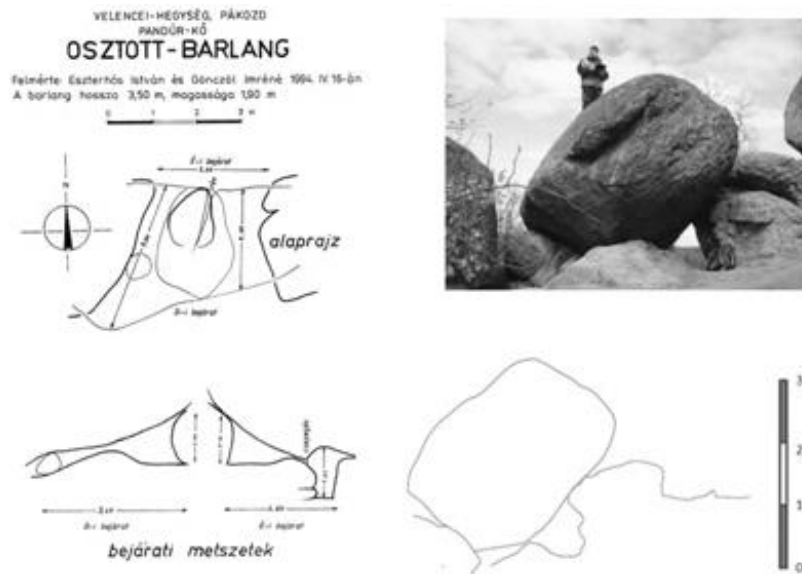
A Cyclone programból exportált pontfelhő-állományt közvetlenül képes fogadni a PointCloud nevű szoftver, amely lehetőséget nyújtott a

pontfelhő vektoros térképpé történő átalakítására, azaz az alaprajz és a metszetek elkészítésére (4. ábra).



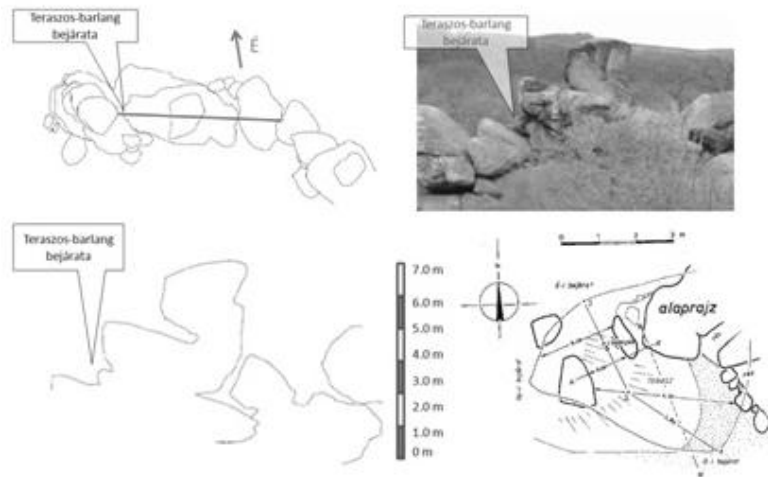
4. ábra A Pandúr-kő alaprajza a gyapjúzsákbarlangok bejárataival
 Fig.4. Ground plan of the Pandur-stone, showing the entrances of the four caves

A metszetek közül két mintapéldát mutatunk be. Az egyik az Osztott-barlang bejárati részét ábrázolja déli irányból szemlélve (5. ábra); a másik magában foglalja a Pandúr-kő legkiemelkedőbb részét és a Teraszos-barlang nyugati bejáratát, majd az Osztott-barlang nyugati oldalát fedő kőtömbnél végződik (6. ábra). A metszetek készítése egy lehetséges hatékony megoldás a bonyolult térbeli alakzatok – mint amilyenek a gyapjúzsákok – ábrázolására, azonban készítésük sok nehézséget rejt magában. Az állásponttól jól látható részek esetében olyan pontfelhő áll rendelkezésre, amely könnyen kiértékelhető és ez által a sziklák kontúrja könnyen megrajzolható. A takarásban vagy növényzeti fedésben lévő részek azonban már sokkal nehezebben értékelhetők ki; egyrészt sok a „hamis” jelvisszaverődés, másrészt helyenként kevés az információ. Ilyenkor segítséget nyújthat az állásponttól készített fénykép, amelyet a megfelelő méretarányban a pontfelhő alá hívva lehetséges a kétes részletek tisztázása, illetve esetlegesen a pontfelhő alapján kellő alaposággal nem tisztázható részletek kiegészítő digitalizálása és formázása. Az Osztott-barlang esetében szükséges volt a fénykép alapján történő tisztázás, mert a felvételi álláspontból tisztán a pontfelhő alapján a metszet jobb felső sarka nem volt pontosan kiértékelhető.



5. ábra Az Osztott-barlang térképe (bal oldalon, Eszterhás, 1994), fényképe (jobb felül, Bekk) és lézerszkenneres pontfelhő kiértékeléséből származó bejárati metszete (jobb alul)
 Fig.5. The map of the Osztott-cave (left side, Eszterhas), a photograph (right side above, Bekk) and a cross-section of its entrance derived from the point cloud

A 6. ábrán látható metszet kiértékeléséhez csak a pontfelhőt használtam fel.



6. ábra A metszet helyzete az alaprajzon (bal felül), fényképen (jobb felül), a pontfelhőből készített metszet (bal alul) továbbá a Teraszos-barlang térképe (jobb alul, Eszterhás:1994)
 FIG.6. Location of the cross-section on the ground plan (left side above), on a photograph (right side above), on the cross-section made from the point cloud (left side below) and the map of the Teraszos-cave (right side below, Eszterhas)

A felmérés tapasztalatait összegezve, illetve a megjelenítési lehetőségeket figyelembe véve a lézerszkennelést nem érdemes alkalmazni az

ingókövek és gyapjúzsákok morfológiai kutatásánál, mert igazán használható eredményeket csak a vizuális megjelenítésben jelentenek az ilyen típusú felvételek; mindezek azonban pótolhatók vagy teljes mértékben kiválthatók fényképezéssel és vázlatkészítéssel. A készítés céljától függően részletes, a fontosabb, jellegzetes objektumokat kiemelő, illetve a kevésbé fontosakat elhagyó, generalizáló térképezés, valamint a helyszínrajzok és fotók sokkal több gyakorlati hasznot jelentenek egy felszínforma, vagy barlang morfológiai kutatásában, mint a lézerszkenneres eljárás. Használatának csak az objektumok átnézeti képének a készítésénél van előnye; ezt azonban meglehetősen sok hátránya (nem gazdaságos, nehézkes terepi használat, összetett és időigényes feldolgozás) miatt érdemes szintén más technikával kiváltani.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elvégzett munka alapján elmondhatjuk, hogy a lézerszkenneres felmérési technológia alkalmas bonyolult földtani alakzatok, térbeli objektumok megjelenítésére, mint amilyenek a gyapjúzsákok és ingókövek. A terepi felmérés munkaiigénye kevés a többi földi felmérési eljárással összehasonlítva, azonban a feldolgozás lényegesen bonyolultabb és időigényesebb. A felmérések hátrányaként kell megnevezni, hogy amennyiben a méréseket a Magyarországon használt vetületi rendszerben akarjuk ábrázolni, úgy a lézerszkennelés mellett egyéb felmérési és feldolgozási technológiákat is alkalmaznunk kell (elsődlegesen GNSS-mérések, mérőállomással és szintezőműszerrel történő vízszintes és magassági alappontsűrítések). A kapott mérési eredmények megbízhatósága a különböző felmérési technológiák összeillesztése miatt a centiméteres tartományba esik, mindez azonban kielégíti a földtani felmérések pontossági követelményeit.

A tapasztalatokat összegezve sem technikai, sem gazdasági, sem logisztikai szempontból nem ajánlható a lézerszkennelést a gyapjúzsákok és ingókövek morfológiai kutatásához; egyedül természetvédelmi/turisztikai/állagfelmérési szempontból javasolható a használata.

IRODALOM

- ÁDÁM L.* (1993): A Velencei-hegység fejlődéstörténete és felszínalkatana, Földrajzi Értesítő XLII. (1-4), pp. 93-110
ESZTERHÁS I. (1994): A Velencei-hegység barlangjai, Vulkánszpeleológiai Kollektíva Kiadványa, Kapolcs p.52-54
ESZTERHÁS I. (2006): Felszíni denudációs formák és gyapjúzsákbarlangok a Velencei-hegység gránitjában, Karsztfejlődés XI., pp. 195-208

HORVÁTH I. – DARIDÁNÉ TICHY M. – DUDKO A. – GYALOG L. – ÓDÓR L., (szerk), GYALOG L. – HORVÁTH I. (2004): A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana, Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000), MÁFI, Magyarország tájegységi térképsorozata, Budapest, 316 p.
JANTSKY B. (1960): Geológuskalapáccsal az ércek nyomában, Gondolat Könyvkiadó, Budapest, p.181
TARSOLY P. – TÓTH Z. (2011): Automatizáció a terepi adatgyűjtésben, TÁMOP 4.1.2-08/1/A-2009-0027 projekt, GEODÉZIA II. jegyzettrész (www.tankonyvtar.hu), p. 19