

# Történelmi épületek rekonstrukciós munkálatainak támogatása pontfelhők segítségével

Lovas Tamás – Rehány Nikolett – Somogyi József Árpád

## Bevezető

Az esztergomi királyi vár átépítési munkálataihoz szükség volt annak részletes felmérésére, építészeti dokumentációjára, mellyel a BME Építészettörténeti és Műemléki Tanszékét bízták meg. A szükséges alapvető adatok előállítására tanszékünket, a BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszékét kérték fel. A történeti épületkutatás célja, hogy az épületet, annak szerkezetét, a különböző rendelkezésre álló forrásokat, szakirodalmat (szakirodalmi, tervtári, levéltári adatok, dokumentumok, ábrázolások, tervek stb.) és összefüggéseket elemezve felfedje kialakulásának körülményeit, az időközben bekövetkezett átépítéseket és változásokat. A „Bauforschung”, azaz épületkutatás módszerének alkalmazásával az építész az építmény lehető legkisebb mértékű roncsolása mellett tudják a vizsgálatokat elvégezni (Grossmann 1993, Krähling et al. 2006, Krähling 2017, Schuller, 2002). A módszer elsődleges eszköze az alakhű felmérés, amelynek lényege, hogy a helyszíni felmérést végzők által definiált, tetszőleges koordináta-rendszerben részletesen és pontosan rögzíti az egyes elemek formáját (kőelemek, téglák sarokpontjait), helyét, méreteit, így mentes bármilyen feltételezéstől és szabályosságkereséstől. Mivel a rajz a helyszínen készül, nem csak a szemmel látható, de a tapintható sajátosságok is észlelhetők, így sokkal inkább értelmezve rajzolásról beszélünk, mint hagyományos rajzkészítésről. Rajzolás közben olyan információkat is rögzítenek grafikus vagy szöveges formában, mint a repedések, mállások, kőfaragó jelek, javítások, különböző anyag típusok, vonóvasak nyomai, ékek, pótlások. A rajzot olyan minőségben és részletességgel készítik el a szakemberek, hogy az a későbbi kutatások számára is forrásértékű lehet. Az elkészült rajzokat digitalizálják, összeillesztik, majd vektoros állományt készítenek belőle,

azaz minden egyes követ átrajzolnak CAD-környezet (többnyire AutoCAD vagy ArchiCAD) segítségével (Hajnóczy 1956, Halmos–Marótyz 2010, Krähling 2017).

A hagyományos felmérés során, pontosan kitűzött, a falra kifeszített vízszintes és függőleges zsinórokkal dolgoznak az építészek. Egyikük beméri a kitűntetett pontokat a referenciavonalakhoz viszonyítva, a másik szakember eközben a meghatározott méretek alapján, a helyszínen elkészíti a rajzot (Halmos–Marótyz 2012, Halmos et al. 2013, Krähling et al. 2006). Más módszerekkel kevesebb időt szükséges a helyszínen tölteni; a falat alkotó kövekről csak vázlatos rajzok és fényképek készülnek, a jellemző pontokat pedig mérőállomással mérik meg. A rajz pontosítása irodai körülmények között zajlik, azonban a kiegészítő információk (pl. sérülések, jelek a köveken) miatt szükség van további helyszíni szemlére. Kissé eltérő technikát alkalmazva pedig az építészek egy előzetes pl. mérőállomással végzett mérés adataiból készített, egyszerűsített, de pontos vektoros rajzot visznek ki ismét a helyszínenre, amire helyben felviszik a pontos geometriát és az egyéb fontos információkat (Halmos–Marótyz 2010., 2012, Halmos et al., 2013). Fototahimetriát is használnak általános építészeti felmérések támogatására (Scherer 2005). Olyan fejlesztéssel is lehet találkozni, ami segíti az épület alkotóelemeinek 3D-s modellezését, és lehetővé teszi a virtuális megjelenítést, valamint egy kapcsolódó adatbázisban tárolja a lényeges adatokat (Drap et al. 2009).

Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a manapság egyre szélesebb körben alkalmazott lézerszkennelés önmagában nem tudja kiváltani az értelmezve rajzolás helyszíni felmérési munkarészeit, de jól kiegészíti, segíti, például az összetett, szabálytalan alakú helyiségek, valamint nehezen megközelíthető, magas részek felmérésével. A fotogrammetria sem alkalmas önmagában

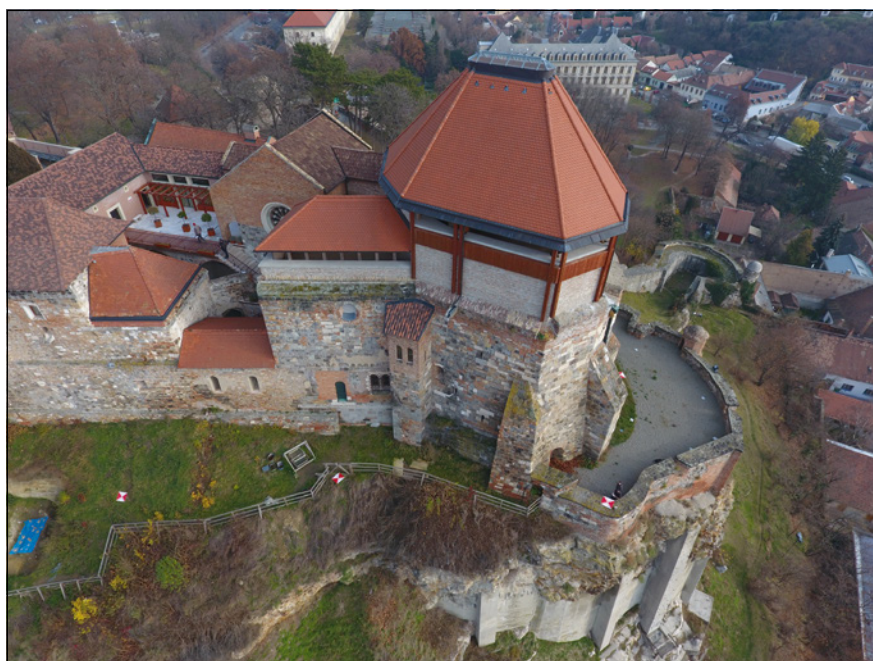
a részletes építészeti felmérés egészének helyettesítésére (a képeken nehéz megkülönböztetni az egyes anyagokat, a falon lévő szennyeződések, esetleges árnyékok megtévesztők lehetnek, kitakarások jelentkezhetnek, például növényzet és állványozás révén), de jó alapot szolgáltatathat hozzá.

## Méréstervezés

A történeti épületkutatás első lépése a meglévő állapot lehető legpontosabb és legteljesebb dokumentálása, melynek előkészítő munkáját, azaz a valós geometria felmérését tanszékünk hajtotta végre. Az átépítéshez szükséges alapvető építészeti termékeken (alaprajzok, metszetek) kívül a vár teljes felméréndő területén, minden egyes helyiség összes faláról ortogonális nézeteket szolgáltatunk képek formájában.

A felmérés előkészületei során általában geodéziai mérőállomással végeznek méréseket, mi azonban az összetett, tagolt geometria (szűk folyosók, meredeken emelkedő lépcsők, változatos geometriájú, esetenként szűk helyiségek, bonyolult, díszes kapuk) miatt a felméréshez a földi lézerszkennelés alkalmazása mellett döntöttünk. A vár külső oldalán a magasabb részek és a teljes tető felmérésére UAS- (Unmanned Aerial System) fotogrammetriát választottuk adatgyűjtési technológiaként (1. ábra). Az eszköz által készített képekből fotogrammetriai módszerrel pontfelhő állítható elő. Ahhoz, hogy a különböző forrásból származó pontfelhők közös, geodéziai koordináta-rendszerbe történő illesztésére sor kerülhessen, GNSS-méréseket is végeztünk a másik két méréssel egy időben, melyre azért is szükség volt, hogy a felmérés eredménye összehasonlíthatóvá váljon a korábbi felmérésekkel (Rabb 2004).

Az ortogonális nézetekhez hagyományosan jó minőségű, nagy felbontású DSLR-kamerával szokás elkészíteni a képeket a fal síkjára közel merőlegesen,



1. ábra. UAS-sel készített fényképek a várról.

Ezekből vezettük le azt a pontfelhőt, amely kiegészítette a földi lézerszkenneres felmérést.

azonban a sötét helyiségek és a csak nehézkesen megoldható megvilágítás (elektromos hálózat hiánya, nagyon tagolt – ezáltal árnyékos – falfületek) miatt erre nem volt lehetőség. Földi lézerszkennelésre a többi feladatrész előállításához mindenképp szükség volt, így a pontfelhő rendelkezésünkre állt, így kézenfekvő volt annak használata az ortogonális nézetek levezetéséhez is. A vár belsejében, a sötét helyiségekben fényhiány miatt értelmetlen lett volna fényképeket készíteni a lézerszkennerral, ezért nem állítottunk elő

színes pontfelhőt, de a pontok visszaverődésének intenzitásértékei rögzítésre kerültek. Az intenzitás szerint megszínezett pontfelhőn pedig el tudnak különbözni az egyes, építészeti interpretáció szempontjából fontos elemek (pl. kövek, téglák).

### Felmérés és adatfeldolgozás

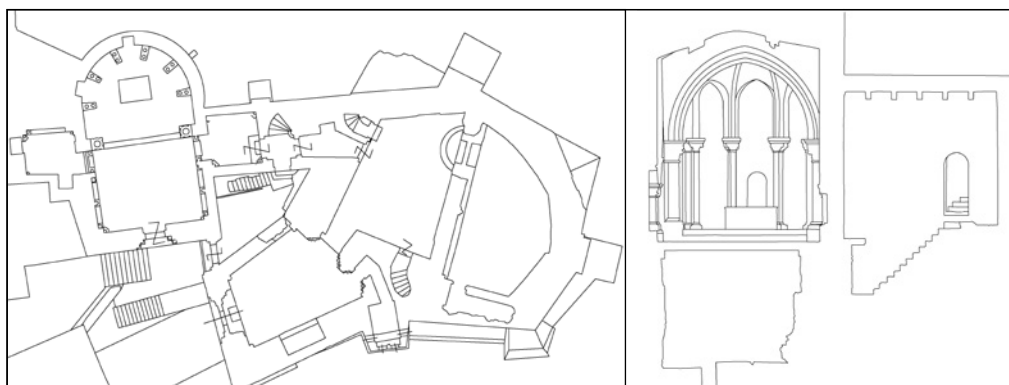
A méréstervezés után az épületet Faro Focus 3D S120 földi lézerszkennerral mértük fel, kívülről a lézerszkenn

által nem látható felületekről DJI Phantom 4 típusú quadrokopterről, FC 330-as akciókamerával készítettünk felvételeket. RTK GNSS-technológiával a drónos és lézerszkenneres felmérés által használt, kihelyezett illesztőpontok koordinátáit határoztuk meg a másik két méréssel összehangolva, egy időben. A lézerszkenneres álláspontok számát az épület összetettsége határozta meg. Mint említettük, sok kisebb helyiséget kellett felmérni (ügyelve a kitakarások elkerülésére), majd egy rendszerbe illeszteni. A szkennelési felbontást (pontköz) az ortonézetekhez szükséges geometriai felbontáshoz kellett igazítani. Az építményt a kiegészítő mérésekkel együtt összesen 147 álláspontból mértük fel, öt alkalommal. Eredményül több mint 6 milliárd pontot tartalmazó pontfelhőt kaptunk, a nyers adatok mérete összesen 31 GB lett. A használt lézerszkenneres 2 mm-es távolságmérési középhibával rendelkezik, valamint maximális felbontás mellett a pontköz 10 méteres távolságban ~1,5 mm. A felmérés során a beltéri szkennelésekkor negyed-es felbontást (~6 mm-es pontköz 10 méteren) használtunk, míg a külső részeken, ahol nagyobb távolságban lévő részleteket is kellett mérni, a feles felbontást (~3 mm-es pontköz 10 méteren) találtuk megfelelőnek. Fényképeket csak a külső részeken készítettünk, ahol a fényviszonyok ezt lehetővé tették, ezáltal csak a kinti részről lehetett valódi színes pontfelhőt előállítani. A nagy területre kiterjedő, több sokszög vonal vezetését kívánó mérések során, az egyes álláspontokon mért pontfelhőket kapcsológömbök segítségével illesztettük össze. UAS-sel 456 db (4000 × 3000 pixel méretű) fénykép készült, amelyekből a szkenneltnél ritkább pontfelhőt lehetett előállítani, ami az összeillesztett állományon is jól megfigyelhető (6. ábra). A későbbi mérések során pontfelhő-pontfelhő illesztési technológiát (Iterative Closest Point – ICP) alkalmazva illesztettük be a kiegészítő méréseket a már meglévő, összeillesztett állományba a megfelelő átfedés biztosítása mellett. Az álláspontként kiexportált pontfelhők egybevonása után, azok méretei miatt nagyon nehezen lett volna egyben

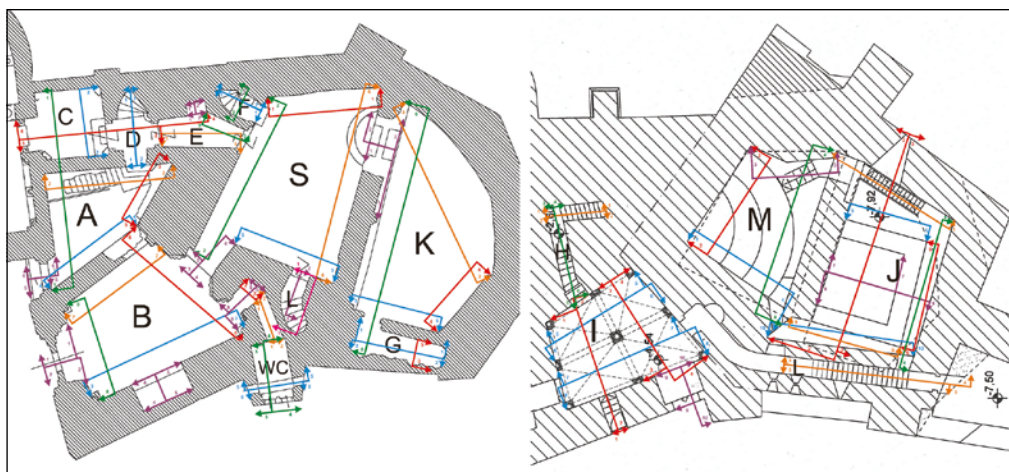
kezelhető, ezért 1 cm-es pontközzel újramintavételeztük az állományt. A mérések összeillesztéséhez és feldolgozásához a szkennert gyártójának saját programját, a Faro Scene-t, valamint a nyílt forráskódú CloudCompare-t használtuk. Az így előállt, lézerszkenneres és drónos méréseket egyaránt tartalmazó, redukált pontfelhő kb. 80 millió pontból állt. Az alaprajzok és építészeti

metszetek elkészítéséhez is elegendőnek bizonyult a redukált pontsűrűség. Az oronézetek elkészítéséhez azonban ez nem megfelelő, mivel lényeges információk veszhetnek el, ebben az esetben az összes megmért pontra szükségünk volt, így azok előállításakor az eredeti pontsűrűségű pontfelhőkkel, a területek lehatárolásával dolgoztunk.

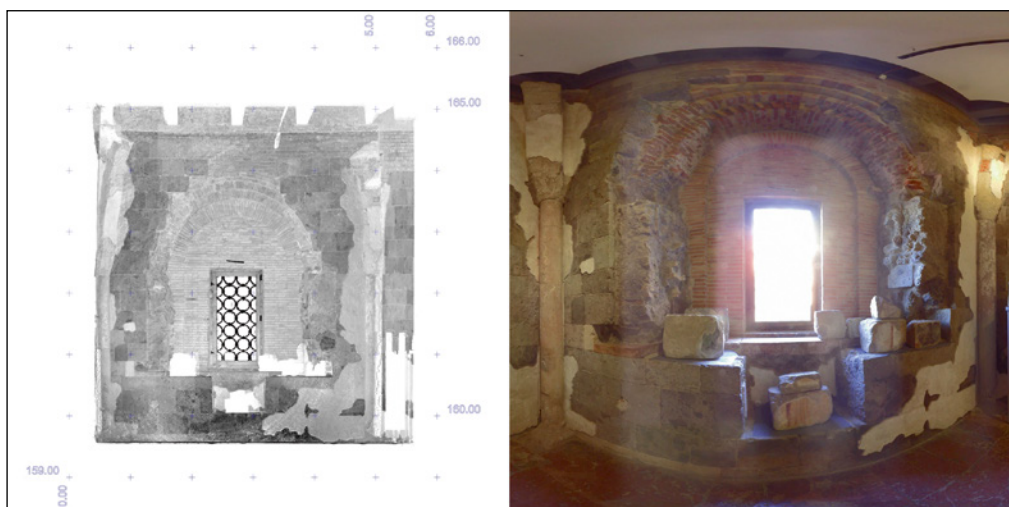
Az előállt egységes pontfelhőn utólagosan, tetszőleges helyeken vehetők fel a keresztmetszetek. A vár esetében 4 szintről készültek alaprajzok, és további 14 vízszintes, valamint 7 függőleges metszetet vettünk fel az építészeti munkálatok támogatására (2. ábra). A részletes és felületjellegű adatnyerési módszerek magas szintű modellezést tesznek lehetővé, szemben a diszkrét



2. ábra. A kápolna szintjén felvett alaprajz (bal), valamint a kápolnát keresztelő metszet (jobb).



3. ábra. A földszint (bal) és az alagsori szint (jobb) alaprajza az építészeti által definiált síkok helyének jelölésével.



4. ábra. Örkereszthálóval ellátott oronézet (bal) és a szkennert által készített fényképrészlet (jobb) ugyanarról a falszakaszból.

pontok mérésével.

A falakról történő oronézetek készítéséhez az eredeti pontsűrűségű pontfelhőből kivágtuk az érdeklődési területnek megfelelő pontfelhőrészletet, majd megtisztítottuk az olyan, oda nem illő pontoktól, mint az állványok, táblák, kiállított tárgyak, emberek, paravánok. Az építészeti munkálatok a legtöbb esetben a falsík irányára illeszkedő, de teljesen függőleges síkokat, mint vetítősíkokat definiáltak, esetenként ettől eltérő, másik falsíkkal párhuzamos, de függőleges síkokat határoztak meg (3. ábra). Az egyes falakhoz tartozó pontfelhőket a hozzájuk tartozó, előre definiált síkra vetítettük, majd a pontok pixelméretének beállítása után legeneráltuk az ortogonális nézeteket JPG-formátumban. Azért, hogy az építészeti munkálatok a nagyobb falakról készült képeket szét tudják darabolni, majd később pontosan összeilleszteni, az oronézeteket méteres osztású örkereszthálóval látuk el, amelynek vízszintes tengelye a balti alapszint feletti magassághoz igazodik, a függőleges kezdőtengely pedig tetszőleges helyről, az ábrázolt falnézettől balra indul (4. ábra). Az épület felmért része több szintet is tartalmaz, így bizonyos falaknál azonos síkot kellett alkalmazni az egymás feletti falakról készülő oronézetek esetén, valamint az örkereszthálózatnál

is ugyanazt a koordináta-rendszert használtuk. A J-vel jelölt teremben (3. ábra) egy kiásott falszakaszt is találtak, melynek alapos dokumentálásához egy felülnézeti orthonézetre is szükség volt, ami a szomszédos (M jelű) helyiséget is tartalmazta. Itt vízszintes síkot vettünk fel, és arra merőlegesen, tehát felülről készítettük el az orthonézetet, a hozzá tartozó rácshálót pedig az EOVRendszerhez igazítottuk. Egy másik alagsori helyiségben, az I-vel jelölt Szent István teremben boltozatok alkotják a mennyezetet, amit az építészek szintén dokumentálni kívántak, így erről is szükséges volt egy orthonézetet készíteni. Ebben az esetben is vízszintes síkot alkalmaztunk, és alulról felfele nézve forgattuk be a pontfelhőt. Összességében a vár körül 20, a belsejében 100 db falról, falszakaszról, valamint egy felülnézeti és egy alulnézeti ortogonális képet készítettünk.

Az átadott orthonézeteket az építészek képszerkesztő programmal halványították, megváltoztatták a színek tónusát, illetve számukra megfelelő módon feldarabolták, majd 1:50 méretarányban kinyomtatták. A helyszínen, a kinyomtattott orthonézetekre rajzolták az egyes kontúrok valódi helyét, valamint az egyéb kiegészítő információkat. Az elkészült rajzokat ezután beszkenelték és összeillesztették. A nyomtatás előtti módosításoknak (pl. kontrasztállítás) köszönhetően a szkennelés után nem látható

a halványított pontfelhő, de az emberi szem számára a lapon kinyomtatva még érzékelhető, így segíteni tudta a rajzolást. Ennek a felmérésnek a szkennelt rajz volt a végeredménye, nem vektorizálták őket. Az 5. ábrán látható az orthonézet és az alakhű felmérés eredménye azonos falszakaszra vonatkozóan.

Az előre definiált feladatokon túl előállítottuk a terület „utcaképnézetét”, amelynek segítségével virtuálisan lehet lépkedni az egyes szkennelési álláspontok között, és körbetekinteni az egyes helyeken (a Google StreetView-hoz hasonlóan), így panorámaképeken keresztül láthatjuk azt, amit a szkennel látott. Ennek elkészítéséhez rendelkezésünkre álltak az egyes álláspontokon a szkennel helyének és helyzetének információi, valamint az intenzitás szerint színezett pontfelhőkből generált (színes pontfelhő esetén pedig a fényképekből készített) panorámafényképek. Ennek használata megkönnyítette a feldolgozást, pontfelhőkezelő szoftver nélkül, gyorsan meg lehetett nézni, hogy az egyes álláspontokról pontosan mi látszódott a mérés során, valamint, melyek a szomszédos álláspontok, és egy-egy helyiséghez mely álláspontok tartoztak. Nem utolsó sorban pedig az építészek munkáját is segítheti, ha az irodában ülve felmerül egy-egy kérdéses rész az épületen, csak el kell „sétálni” addig a helyiségig és ránagyítani az érintett falszakaszra.

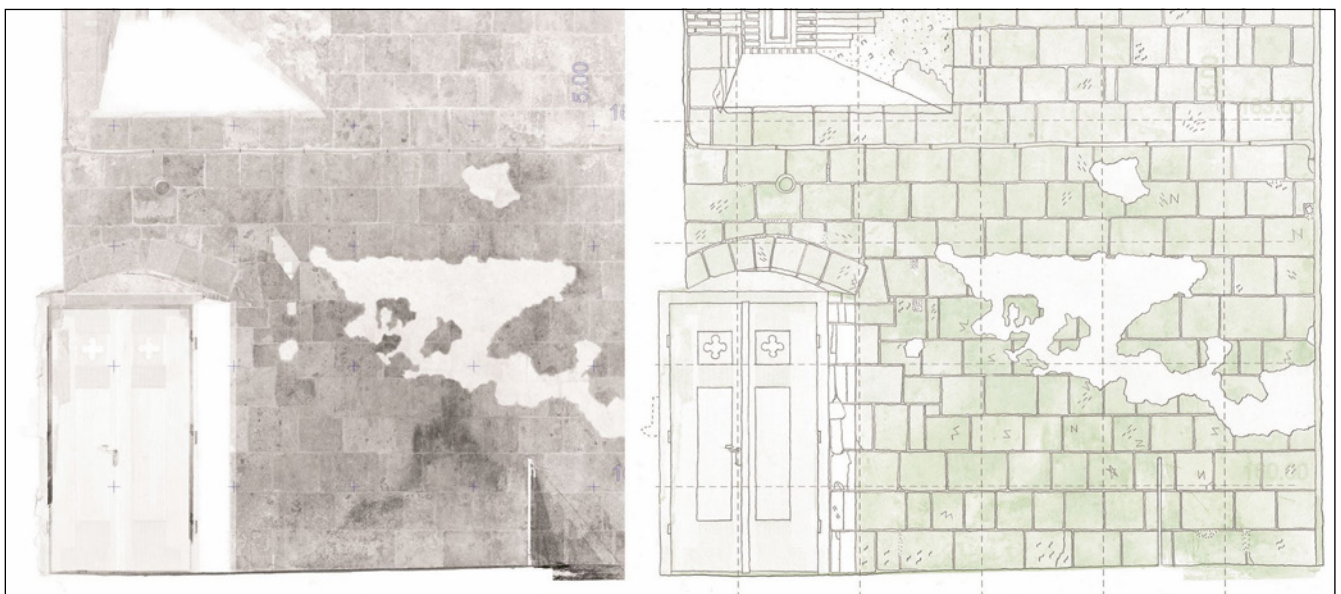
## Felmerült problémák

A külső orthonézetek elkészítése során láthatóvá vált, hogy a két különböző forrásból származó pontfelhő nem egyforma pontsűrűségű. Az UAS-es pontfelhő ugyan kiegészíti a lézerszkennelrel készült pontfelhő hiányosságait, azonban a feladathoz nem kellően részletes, nem különülnek el rajta az egyes kövek, téglák, ahogy az a 6. ábrán is megfigyelhető. Az egyesített pontfelhő átlagos pontsűrűségét az 1. táblázat szemlélteti.

		Pont/m <sup>2</sup>
Belső	Minimum	154 414
	Átlagos	2 662 554
	Maximum	10 622 378
Külső	Minimum	6 891
	Átlagos	114 343
	Maximum	2 002 183

1. táblázat. Egyesített pontfelhő jellemző pontsűrűségi értékei

Ahogy említettük, a külső terület felméréskor fotókat is készített a szkennel, így rendelkezésünkre állt a színes pontfelhő is az intenzitás szerint színezett mellett. Az UAS-pontfelhő valódi színes volt, így a lézerszkennelt külső pontfelhőknél is a színeseket használtuk fel az egyesített pontfelhő elkészítéséhez. A két különböző fényképezőgéppel készült képek színei sem teljesen egyeztek meg, valamint a mérés során a különböző álláspontokból a szkennel



5. ábra. Egy falszakasz orthonézete (bal) és az építészek által ez alapján készített helyszíni felmérés eredménye (jobb).



6. ábra. Lézeskennerral és drómmal készített, egyesített, újramintavételezés nélküli pontfelhőből levezetett ortonézeti részlete a vár egy külső, tetőközeli szakaszáról (bal), valamint egy alsóbb szakaszáról (jobb).

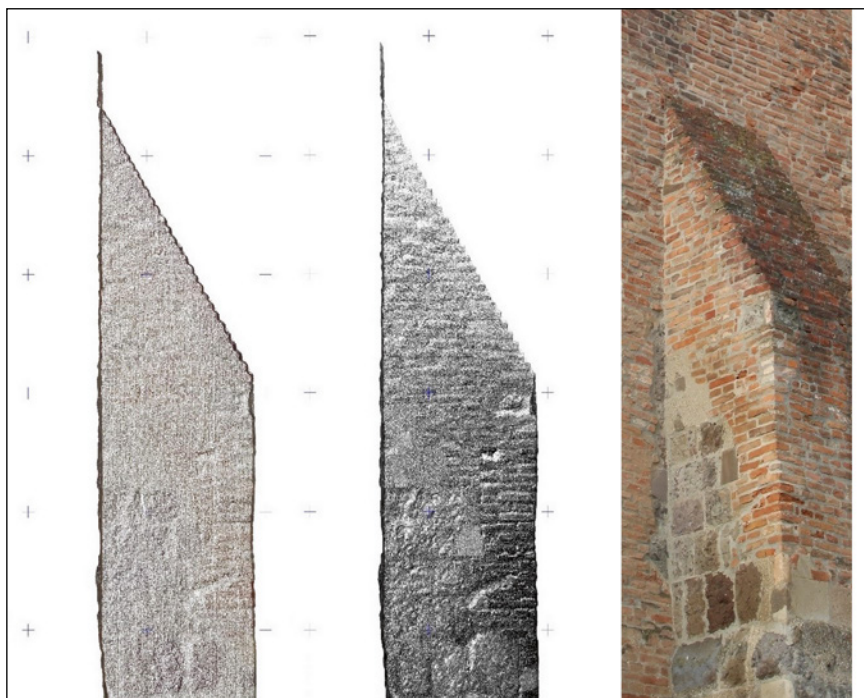
által fotózott falak kissé eltérő színben látszanak a nap járásának, a felhőzet változásának és az árnyékok vonulásának következtében. Több helyen gondot okozott az erős napsütés miatt beégett fénykép.

Fontos megjegyezni, hogy az intenzitás szerint színezett, szürkeárnyalatos pontfelhő nem egyenértékű azzal, mintha a színes pontfelhőt alakítanánk át szürkeárnyalatosra. Az intenzitásértékek ennél jóval több információt hordoznak a felület anyagáról (Berényi et al. 2010), ami egy ilyen esetben, mikor hasonló színű, de mégis eltérő felületkiképzésű elemeket kell lehatárolni, hasznosnak bizonyul. A 7. ábrán jól megfigyelhető az eltérés.

A beltéri mérések során is készítettünk próbaképpen valódi színes pontfelhőket, azonban azok a legjobban bevilágított helyiségben sem bizonyultak használhatónak. A váron belül ezért csak intenzitásalapú pontfelhőket használtunk, aminek szintén megvannak a maga korlátai. Ha a szkennergyártója által megadott távolságnál közelebb létesítettünk álláspontot a falhoz (ami a szűk lépcsőknél elkerülhetetlen volt), akkor a pontfelhő koncentrikus, beégésszerű színezetű lett az egyébként teljesen sima, egységes falszakaszon (8. ábra), aminek következtében vesztett az építészek számára lényeges információ tartalmából.

## Összefoglalás

Adatgyűjtési és -feldolgozási munkafolyamatot fejlesztettünk a történelmi épületkutatók támogatására olyan



7. ábra. Valódi színes (bal) és intenzitás szerint színezett (középső) pontfelhő, valamint a helyszínen készült dokumentációs fénykép (jobb).



8. ábra. Beégett falszakasz a szűk lépcsősor egyik álláspontjáról készült pontfelhő panorámaképe.

körülmények közt történő alkalmazásra, ahol a hagyományos, optikai szenzorokkal nem lehetséges a szükséges termékek előállítás. A lézerszkennelt pontfelhőből levezetett intenzitásalapú ortonézetek sötét helyiségekben, tagolt falfelületek esetén is hatékonyan támogatják a helyszíni építészeti munkát. A teljes látható felület felmérésének következtében tetszőleges vetítő síkok vehetők fel, így pl. mennyezetről és padlóról is előállíthatók nézetek. A felmerülő problémák kezelésére a helyszíni felmérés adaptív paraméterezésével, tehát a szükséges helyeken az álláspontok sűrítésével és a környezetnek megfelelő felbontás kiválasztásával, a különböző forrásból nyert pontfelhők egyesítésével sikerült megoldásokat találtunk.

## Kitekintés

A pontfelhőalapú ortonézetekkel felgyorsítható és megkönnyíthető az építészeti munkája, azonban még mindig lehetne javítani a hatékonyságon. Terveink között szerepel egy olyan munkafolyamat kidolgozása, amely lehetővé teszi, hogy az építészek ki tudják vinni a helyszínre – digitális formában – a pontfelhőről készült ortonézetet, és azt alapként használva közvetlenül vektoros felülrajzolást végezzenek, ezáltal kiváltható a kép kinyomtatása, a ceruzás rajzolás, majd a digitalizálás. A célunk olyan GIS-szoftver bevonása, aminek segítségével a rajzi elemekhez egyből hozzárendelhetők, rögzíthetők a lényegi információk, jellemzők, akár szöveges, akár rajzi jelölés formájában. Az építészeti kövénkénti fotódokumentációt is szoktak készíteni, amivel szintén ki lehet egészíteni a mérést. Ha például egy tableten rajzolnának, és ugyanazzal az eszközzel készítenék a képeket is, akkor már a felmérés közben hozzá lehetne rendelni a képeket az egyes kövekhez, akár csak az attribútumokat. Az építészeti által használt jelenlegi munkafolyamat is lehetővé teszi a vektorizált adat és a lejegyzett fontos jellemzők, jelkulcsok utólagos egyesítését, a felmérési rajzhoz rendelt adatbázis létrehozását. A gyakorlat azt mutatja, hogy ez az időigényes utómunka a legtöbbször elmarad, pedig ezáltal lehetne mások számára is könnyen értelmezhetővé, kezelhetővé

tenni a kutatás eredményét (Halmos-Maróty 2010).

## Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a BME Építészettörténelmi és Műemléki Tanszék munkatársainak a munkában való közreműködés lehetőségét. A szerzők köszönettel tartoznak Hadzijanisz Konsztantinosznak és Pipis Lászlónak a kiváló minőségű UAS-felvételek elkészítéséért.

## Irodalomjegyzék

- Berényi A. – Lovas T. – Barsi Á. (2010) Földi lézerszkennelés laboratóriumi vizsgálata. Geodézia és Kartográfia, vol. LXII (4), pp. 11–16.
- Drap, P. – Seinturier, J. – Chambelland, J.-C. – Gaillard, G. – Pires, H. – Vannini, G. – Mucciotti, M. – Pruno, E. (2009) Going to Shawbak (Jordan) and getting the DATA back: toward a 3D GIS dedicated to medieval archaeology. 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, vol. XXXVIII-5/W1, 2009. február [3rd ISPRS International Workshop 3D-ARCH, 2009].
- Grossmann, G. U. (1993) Einführung in die Historische Bauforschung. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Hajnóczy Gy. (1956) Műemlékfelmérés. Az Építőipari Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei, vol. I/6, Budapest.
- Halmos B. – Maróty K. (2010) The adaptations of the true-to-form survey method. Periodica Polytechnica Architecture, vol. XLI (1), pp. 9–17.
- Halmos B. – Maróty K. (2012) Észrevételek a gyulafehérvári Szent Mihály-székesegyház szentélyének felmérése nyomán. A gyulafehérvári székesegyház főszentélye, Szerk.: Papp Sz., Budapest, Teleki László Alapítvány, pp. 43–58.
- Halmos B. – Maróty K. – Nagy G. D. (2013) A gyulafehérvári székesegyház déli tornya. Dolgozatok az Erdélyi Múzeum Érem- és Régiséggyűjtéséből, vol. XVI–XVII., Szerk.: Bajusz I. – Emödi T. – Benkő E. – Kovács A. – László A. Kolozsvár, Erdélyi Múzeum-Egyesület, pp. 217–239.
- Krähling J. – Halmos B. – Fekete J. Cs. (2006) A fertői marionettszínház új értelmezése – az épületkutatás („Bauforschung”) és alakhű felmérés mint kutatási módszer alkalmazásával. Építés-Építészettudomány, vol. 34 (1–2), pp. 5–55.
- Krähling J. (2017) Épületkutatás és építészettörténet – néhány újkori és 19. századi épülettípus kutatásának módszertana és eredményei. Habilitációs tézisek, Építés-Építészettudomány, vol. 45 (3–4), pp. 341–364.
- Rabb P. (2004) Fejezetek az esztergomi várhegy középkori épületeinek utóéletéből. Építés-Építészettudomány, vol. 32 (1–2), pp. 87–135.
- Scherer, M. (2005) Architectural Surveying and Visualization Using “Photo-Tacheometry”. From Pharaohs to Geoinformatics, Kairó, Egyiptom, 2005. április [FIG Working Week 2005 and GSDI-8].

Schuller, M. (2002) Building Archeology. Monuments and Sites, vol. VII, München–Paris: ICOMOS.

## Summary

Architects ordered the complex building survey of the Royal Castle of Esztergom and generating architectural products like floor plans, cross sections and orthoviews of the walls to support reconstruction works. Due to certain specialities of the castle like extension of the walls (both vertical and horizontal), fragmented and irregular surfaces, dark rooms inside, we decided to use laser scanning technology combined with Unmanned Aerial System (UAS) photogrammetry for surveying. Latter was used outside the building and GNSS measurements ensured merging the point clouds from the different sources together. Current paper presents how the mentioned architectural products were derived from point clouds and discusses how efficiently laser scanned data and point cloud derived from UAV could be used.



**Dr. Lovas Tamás**  
egyetemi docens

BME, Fotogrammetria és  
Térinformatika Tanszék  
lovas.tamas@epito.bme.hu



**Rehány Nikolett**  
doktorandusz

BME, Fotogrammetria és  
Térinformatika Tanszék  
rehany.nikolett@epito.bme.hu



**Dr. Somogyi József Árpád**  
adjunktus

BME, Fotogrammetria és  
Térinformatika Tanszék  
somogyi.arpad@epito.bme.hu