



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

Épületfelmérés épületinformációs modell (BIM) létrehozásának céljából

**OE-AMK
2023**

Hallgató neve:

Hallgató törzskönyvi száma:

Király János

T000436/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Király János

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000436/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Épületfelmérés épületinformációs modell (BIM) létrehozásának céljából

A dolgozat címe angolul: Building Survey to Create a Building Information Model (BIM)

A feladat részletezése: Szakirodalom alapján mutassa be az épületinformációs modellezés koncepcióját, illetve alkalmazásának előnyeit a tervezés, valamint a kivitelezés időszakában.

Végezze el egy szabadonválasztott épület geodéziai módszerekkel történő felmérését.

Összegezze munkája tapasztalatait!

Intézményi konzulens neve: Dr. Katona János

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 12. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2022. 10. 12.



[Signature]
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2022. 12. 15.

[Signature]
belső konzulens

.....
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

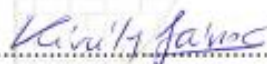
HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Király János szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Székesfehérvár, 2023. 05. 10.



.....
hallgató aláírása

Tartalom

1. BEVEZETÉS, TÉMAVÁLASZTÁS	2
2. AZ ÉPÜLETINFORMÁCIÓS MODELLEZÉS BEMUTATÁSA.....	4
3. FELHASZNÁLT ESZKÖZÖK	8
3.1 CHCNAV i73 GNSS VEVŐ ÉS CHCNAV HCE320 KONTROLLER.....	8
3.2 LEICA P40 LÉZERSZKENNER:	9
4. FELMÉRÉS VÉGREHAJTÁSA	10
5. A MÉRÉS SORÁN ELŐÁLLÍTOTT ADATOK FELDOLGOZÁSA.....	12
5.1 LEICA CYCLONE HASZNÁLATA A FELDOLGOZÁS SORÁN	12
5.2 AUTODESK RECAP PRO HASZNÁLATA A FELDOLGOZÁS SORÁN	15
6. AZ ÉPÜLETINFORMÁCIÓS MODELL LÉTREHOZÁSA, VIZSGÁLATA	16
6.1 AZ ÉPÜLETINFORMÁCIÓS MODELL LÉTREHOZÁSA	16
6.2 TAPASZTALATOK ÉS TANULSÁGOK.....	29
7. A MODELL GEOMETRIAI PONTOSSÁGA.....	30
8. AZ ÉPÜLETINFORMÁCIÓS MODELL FELHASZNÁLÁSA AZ	
ÜZEMELTETÉS SORÁN	35
9. ÖSSZEGZÉS	37
10. SUMMARY	38
11. IRODALOMJEGYZÉK	39
12. ÁBRAJEGYZÉK.....	40
13. MELLÉKLETEK.....	42

1. BEVEZETÉS, TÉMAVÁLASZTÁS

A szakdolgozatom egy szabadon választott épület BIM modelljének az elkészítését fogja bemutatni. A szakdolgozat elkészítéséhez sok új ismeretre tettem szert, a lézerszkennelés, a 3D modellezés, valamint az épületinformációs modellek terén. Mindezek mellett olyan tekintetben is új kihívásokat állított eléem, hogy hogyan menedzseljek le egy ilyen projektet az elejétől a végéig. Véleményem szerint ez egy olyan téma, amelyről eddig is és a jövőben is sokat fogunk hallani, ugyanis ez egy olyan területe a mérnöki szakmáknak, amely nagyon szépen összefogja a különböző szakterületek munkáját.

A szakdolgozatommal szeretném bemutatni, hogy milyen előkészületeket végeztem, hogy milyen eszközökkel és hogyan végeztem el a felmérést, hogy milyen szoftvereket használtam a feldolgozás során, valamint, hogy milyen problémákba ütköztem a feladat elvégzése során, ezeket hogyan kezeltem és mit és hogyan csinálnék a jövőben másképpen.



1. ábra A kollégium A épülete (forrás: saját kép)

Mindenképpen egy olyan épületet szerettem volna bemutatni, amelyet könnyem meg tudok közelíteni a mérés végrehajtásához, valamint az is egy szempont volt, hogy ismerjem a helyet. Így esett a választásom az Óbudai Egyetem GEO Kollégiumára, amely Székesfehérváron a Hosszúsétatér 8. szám alatt áll és

amelyben én is évekig laktam. A GEO Kollégium két épületrészből áll. Van egy A és egy B épületrész, amelyeket középen egy folyosó köt össze. Az A épületben a földszinten kívül még két emelet található, a B épületben pedig pince, emelt földszint és további két emelet található. A kollégium összességében 167 férőhellyel rendelkezik, amely 56 szobára oszlik szét. A szobák között vannak két, három és négy fős férőhellyel rendelkező helyiségek.

A modellt csak a kollégium A épületére készítettem el, ugyanis a mérést tekintve ennek a mérete is nagynak bizonyult helyenként, azonban így is tökéletesen be tudom mutatni, hogy hogyan készítettem el az épületinformációs modellt.

2. AZ ÉPÜLETINFORMÁCIÓS MODELLEZÉS BEMUTATÁSA

Az épületinformációs modellezés, vagyis Building Information Modeling (rövidítve BIM) egy olyan módszertan, amely az épület minden egyes életciklusában segíti a tervezőket, a kivitelezőket vagy éppen az üzemeltetőket feladatait.

A BIM-nek az ötlete nem egy új dolog. Már az 1970-es években is végeztek kutatásokat és írtak tanulmányokat a virtuális épületinformációs modellek létrehozásáról. Az épületinformációs modellezést, mint fogalmat már 1992-ben használták, azonban csak 2003-ban a Autodesk cégnek köszönhetően vált ismertté. Azóta már rengeteg gyártó adta ki a saját BIM funkciókkal ellátott szoftverét. Így lett az elméleti kutatásokból bevett ipari gyakorlattá a BIM.

Az előző két évtizedben a digitalizáció igen jelentős változásokat hozott az összes ipari ágazatba, melynek hatására növekedett a termelékenység, a termékminőség és a termékválaszték is. Az építőipari ágazatban egyre gyakrabban alkalmazzák a digitális eszközöket a tervezésben, az építésben és az üzemeltetésben. Az építőipar a teljes folyamatot tekintve a digitális információk folyamatos használatában a többi iparághoz képest lemaradásban van. Ez azzal magyarázható, hogy gyakran vesznek el értékes információk, mert ezeket az információkat még mindig rajz formában, akár papírra nyomtatva, akár digitálisan, de korlátozott formátumban adják át. Ez a fajta információs zavar az építmény teljes életciklusa során jelentkezhetnek, tehát a tervezés a kivitelezés és az üzemeltetés, valamint az ezek közötti átmenet folyamán.

Az épületek tervezése és megvalósítása egy nagyon összetett folyamat, melyben a különböző szakterületek széles köre vesz részt és dolgozik össze. Ahhoz, hogy sikeres legyen az építési projekt, folyamatos egyeztetésekre és információcserére van szükség ezen szakterületek képviselői között. Jelenleg ez az építési projekt műszaki rajzainak grafikus formában történő átadását jelenti, vízszintes és magassági metszetek, nézetek és részletrajzok formájában. Ezekhez a rajzokhoz használt szoftverek az évszázadok óta megszokott rajzi módszereket alkalmazzák, tehát mintha papírra vetett kétdimenziós rajzokat néznénk, csak digitális formában.

A vonalas rajzokat azonban a számítógépek nem tudják átfogóan értelmezni, ugyanis az általuk tartalmazott információk csak részben tudják visszaadni és feldolgozni a számítási módszereket. Tehát a csak rajzokra alapozott információáramlás nem tudja kihasználni a technológiában rejlő lehetőségeket a projektmenedzsment és az épületüzemeltetés támogatására. A legfőbb probléma az, hogy a rajzok tartalmát csak kézzel lehet ellenőrizni, ami potenciálisan nagy hibaforrást jelent, ugyanis a rajzok jellemzően különböző tervezési szakterületek szakemberei készítik a saját felhasználásukra specifikálva. Ezek a tervek közötti eltérések nagy kihívást jelentenek például, ha nem követik nyomon, vagy nem továbbítják a változásokat, akkor ezzel információs hiány, vagy eltérő információk keletkeznek, amik gyakran meg is maradnak. Ezek ilyenkor akár a kivitelezésig ki sem derülnek, ahol jelentős többletköltséget jelenthetnek a hirtelen kigondolt megoldások. A gyakorlatban a terveken végbemenő változásokat a rajzokon csak megjegyzésként jelölik, ami nehezen kezelhető és könnyen félreérthető.

A műszaki rajzok korlátozott információmennyiségének jelentős hátránya még az is, hogy az épülettervezésre vonatkozó információkat nem tudják közvetlenül felhasználni bármilyen elemzéshez, számításához vagy szimulációhoz, hanem azokat manuálisan újra be kell írni, ami többletmunkát igényel és még egy hibaforrás is egyben. Ugyanez igaz az építkezés befejezése után, amikor az információkat átadják az épület tulajdonosának vagy kezelőjének, akinek sok pénzbe és munkaidőbe kerül, hogy az üzemeltetéshez szükséges információkat a tervrajzokból kinyerje.

Itt jön a képbe az épületinformációs modellezés, ugyanis a BIM módszer alkalmazásával a számítástechnika adta lehetőségeket sokkal jobban ki lehet használni az épületek tervezése, kivitelezése és üzemeltetése során. A BIM az épületinformációs modellek segítségével tárolja, karbantartja és cseréli az információkat, ami megkönnyíti a tervezési folyamat irányíthatóságát, az építési folyamat irányítását és ellenőrzését, valamint az épületinformációk átadását az üzemeltetőnek. A manuális szerkesztési munkák csökkentésével, az adatbevitel számának redukálásával, valamint a digitális információk újra felhasználásának lehetővé tétele révén rengeteg többletköltségtől és lehetséges hibaforrástól kíméli meg a beruházót és növeli a termelékenységet és az építési projekt minőségét.

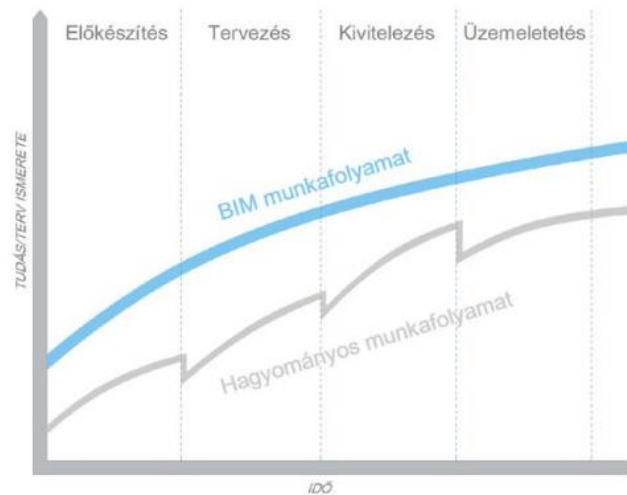
Az épületinformációs modell egy épület átfogó digitális és nagy információs mélységű ábrázolása. Jellemzően az épületek háromdimenziós geometriáját tartalmazza. Ezen felül nem csak fizikailag is létező objektumokat, hanem például tereket, zónákat, ütemterveket és építési struktúrákat is tartalmazhat. Az épületen belül a különböző objektumok általában jól elkülöníthetők és meghatározó információkkal vannak ellátva, mint például az alkatrész típusa, anyaga, műszaki paraméterei esetleg ára vagy költsége. Az épületinformációs modellezés az ilyen digitális épületmodellek létrehozásának folyamatát, valamint a karbantartás, a használat és a változások vezetését jelenti az építési folyamat és az épület teljes élettartalma során.

A BIM alkalmazási területe igen széles skálán mozog. A tervezési fázis során nagyban támogatja a tervezési tevékenységet, így a tervezési folyamat teljes mértékben átláthatóvá válhat a minden résztvevő számára. A BIM leginkább ezen a területen kezdett el terjedni. Gyakran használják a modellt a tervdokumentációk kinyerésére is, ugyanis a háromdimenziós tervekből könnyedén nyerhető ki bármilyen helyzetű vagy irányú kétdimenziós rajz, legyen ez alaprajz, metszet, vagy falnézet. Így könnyedén lehet ellenőrizni, hogy a projekt kivitelezése valóban terv szerint megy, hiszen az építkezés közben is lehet lézerszkenneres méréseket végezni annak érdekében rögzítsék az aktuális állapotokat.

Az épületinformációs modellek segítségével különböző vizsgálatokat tudunk végezni az épület teljes életciklusa során, sőt akár még a tervezés előtt is:

- **Helyszínanalízis:** Míg a településszintű adottságokat térinformatikai módszerekkel lehet meghatározni, addig a beruházási területek szűkebb értelemben vett környezetét BIM modell segítségével is vizsgálhatjuk. Így könnyebben ki lehet választani a tervezett beruházás helyszínét.
- **Energetikai analízis:** A tervezett épület energiahatékonysága nagyban növelhető, ha a tervezett vagy felmért épület energetikai tényezőivel és energia felhasználásával folyamatosan tudunk számolni és elemezni.
- **Szerkezeti analízis:** A tervezési körülményeknek leginkább megfelelő fő- és melléktartószerkezeti rendszer kialakításához a BIM modell tökéletes hidat képez az építészeti tervező szoftverek és a tartószerkezeti méretező szoftverek között.

- Világítástechnikai analízis: A tervezés során megfelelően elkészített BIM modell és az intelligens világítástechnikai elemző szoftverek közös használatával meg lehet határozni az építmény optimális világítási viszonyait.



2. ábra A BIM modellek alkalmazása a létesítmény életciklusaiban (forrás: Lechner Tudásközpont: BIM kézikönyv)

3. FELHASZNÁLT ESZKÖZÖK

3.1 CHCNAV i73 GNSS vevő és CHCNAV HCE320 kontroller

Ahhoz, hogy a modellt EOVS vetületi rendszerbe tudjam illeszteni, alappontokat, vagy ez esetben illesztőpontokat kellett elhelyeznem. Erre a feladatra a CHCNAV i73 GNSS vevőt és a hozzá tartozó CHCNAV HCE320 kontrollert használtam. Ez a két egység Bluetooth technológiával csatlakozik egymáshoz.

A vevő az integrált 624 csatornás GNSS technológián alapszik, mely kihasználja a GPS, a Glonass, a Galileo és a BeiDou jeleit. A műszer súlya mindösszesen 0,73 kg, ami a felmérések gyorsaságát és kényelmét. A nehezen megközelíthető helyek megmérését az akár 45°-os dőlésszöget is kiküszöbölő dőléskompenzátor segíti.

A kontroller egy Android operációs rendszert alkalmaz, mely nagyban megkönnyítette a műszerrel való ismerkedést az Android elterjedt alkalmazási területe miatt. Qualcomm MSM9840 Octa Core 1.4 GHz-es processzorral, 2 GB RAM-mal és 16 GB tárhellyel rendelkezik.



3. ábra A 3.1 CHCNAV i73 GNSS vevő és CHCNAV HCE320 kontroller (forrás: <https://chcnave.com/about-us/news-detail/chcnave-introduces-the-i73+-gnss-uhf-base-and-rover>)

3.2 Leica P40 lézerszkennер:

Ez a műszer a külső és belső terek felmérésére egyaránt alkalmas, ugyanis vertikálisan a vízszintestől számított -55° -tól $+90^{\circ}$ -os szögig, horizontálisan pedig 360° -os szögben képes mérni. Ez ugyebár a belső tereknél lényeges szempont, viszont a külső tereknél a 270 méteres hatótáv, ami igazán nagy előnyt jelent például vasúti sínek, légvezetékek vagy egyéb vonalas létesítmények bemérésénél. Nem utolsó szempont a műszer gyors működése, ugyanis 1 másodperc alatt egymillió pontot képes megmérni. A műszer tetején lévő fogantyú levehető, ezzel is segítve a belső terek minél nagyobb felületen történő felmérését.



4. ábra A Leica P40 lézerszkennер (forrás: <https://leica-geosystems.com/hu-hu/products/laser-scanners/scanners/leica-scanstation-p40--p30>)

4. FELMÉRÉS VÉGREHAJTÁSA

A mérést az alappontok elhelyezésével kezdtem meg. Ezek lesznek a szkennelés illesztőpontjai, ezek segítségével tudom a modellt EOv helyesen ábrázolni. Ehhez használtam a CHCNAV i73 GNSS vevőt és a CHCNAV HCE320 kontrollert. A kollégium környékén elhelyezkedő hatalmas lombkoronájú fák miatt az illesztőpontok meghatározása igencsak nehézkes volt. Az épület környékén 10 darab illesztőpontot jelöltem ki, mértem meg, szeggel állandósítottam és festékkel jelöltem meg a könnyebb azonosíthatóság érdekében. Ezeknek a helyét igyekeztem úgy megválasztani, hogy legalább két illesztőpontot mindenhol látni lehessen. Minden egyes illesztőpont meghatározását 30 epocha hosszú méréssel végeztem el.

A lézerszkennerral való felmérést a Leica P40-es lézerszkennerral végeztem el. Mielőtt elkezdtem a mérést az illesztőpontokat meg kellett jelölni olyan pontjelekkel, amelyet a szkennel felismer. A korábban meghatározott illesztőpontokból kiválasztottam kettőt, melyekre két műszerlábbal, rajtuk egy-egy műszertalppal és egy-egy 3 inches kör alakú jeltárcsával. Ezekkel precízen pontra kellett állni és az állótengelyt függőlegessé kellett tenni.

Ezt követően a műszerrel olyan helyre álltam fel, ahonnan látható mind a két ismert illesztőpont, valamint további kettő, olyan tetszőleges helyzetű illesztőpont, amit majd a következő álláspontnál ugyancsak használni tudunk. A lézerszkennel állótengelyét függőlegessé tettem, majd egy új projektet hoztam létre. Ez után már el is kezdhettem a mérést. Mindig arra törekedtem, hogy az aktuális állásponton legalább két olyan illesztőpont látszódjon, amely az előző álláspontnál is meg lett mérve, valamint legalább két olyan illesztőpont is látszódjon, amelyek majd a következő álláspontból is látszódik majd. Maga a mérésnek az elve ebből a megközelítésből a sokszögelésre emlékeztetett engem.

Az épület körbemérésénél kiválasztottam azt a szögtartományt, amelyen belül végezze a műszer a mérést, valamint itt a „Scan+Image” funkciót választottam, így a lézeres letapogatás mellett a műszer fényképeket is készített. Az épületen belül viszont kihasználtam a műszer teljes mérési szögtartományát, valamint itt a 3 inches jeltárcsák mellett 6 inch méretű nyomtatott pontjeleket is használtam az illesztőpontok jelölésére.

A felmérés során az épületnek csak olyan helységeit mérhettük meg, amelyek közös használatúak, mint például a folyosók, lépcsőház, konyhák, közösségi terek. A modellezés folyamatának a bemutatásához viszont véleményem szerint elegendő mérési adatot sikerült szerezni.



5. ábra A felmérés során készült képek (forrás: saját kép)

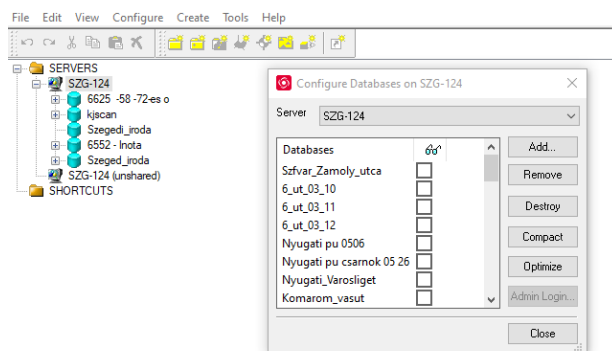
5. A MÉRÉS SORÁN ELŐÁLLÍTOTT ADATOK FELDOLGOZÁSA

5.1 Leica Cyclone használata a feldolgozás során

A nyers méréseket fel kellett dolgozni ahhoz, hogy abból pontfelhőt tudjak előállítani, amelynek a folyamatát ebben a fejezetben fogom bemutatni.

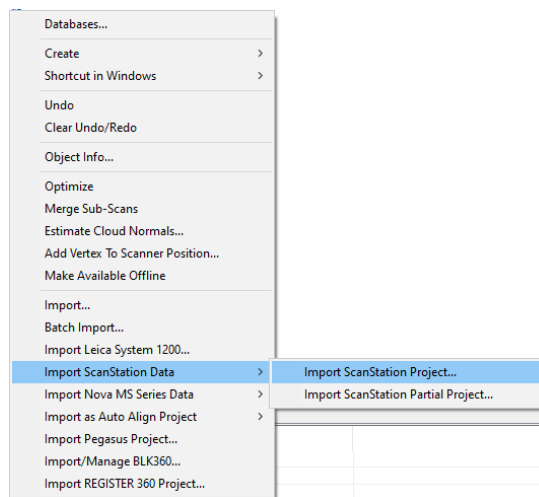
A nyers mérési adatokat először is ki kell olvasni a műszerből. Egy USB kábel segítségével csatlakoztattam a műszert a számítógéphez. Ezután megnyitottam a Leica Cyclone Register szoftvert, amelynek segítségével a feldolgozást végeztem. A feldolgozás lépései a következők voltak:

A Cyclone program elindítása után létre kellett hozni egy adatbázist. A D meghajtón belül a „Databases” fülre kattintottam az egér jobb oldali gombjával, majd a „Databases” opciót kellett kiválasztani, végül az „Add database” funkciót használtam, majd megadtam az új adatbázisom nevét.



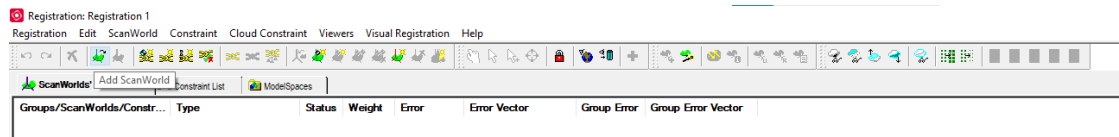
6. ábra Adatbázis létrehozása (forrás: Leica Cyclone képernyőkép)

Következő lépésként be kellett importálni a mérési adatokat az adatbázisomba. Jobb gombbal kattintottam az adatbázisomra, majd kiválasztottam a „ScanStation Data”, ezen belül pedig az „Import ScanStation Project” fület. Ezt követően annak érdekében, hogy a szkennertől készített fényképek kontraszt értékei egyformák legyenek, kontrasztkiegyenlítést végeztem. Ennek menete az volt, hogy elindítottam a „Batch Blend Multimages” funkciót. Emellett annak érdekében, hogy azokat a mért pontokat, amelyeknél fénykép is készült megfelelő színben jelenjenek meg a „Batch Apply Multimages” funkciót használtam, amely elvégezte ezt a feladatot.



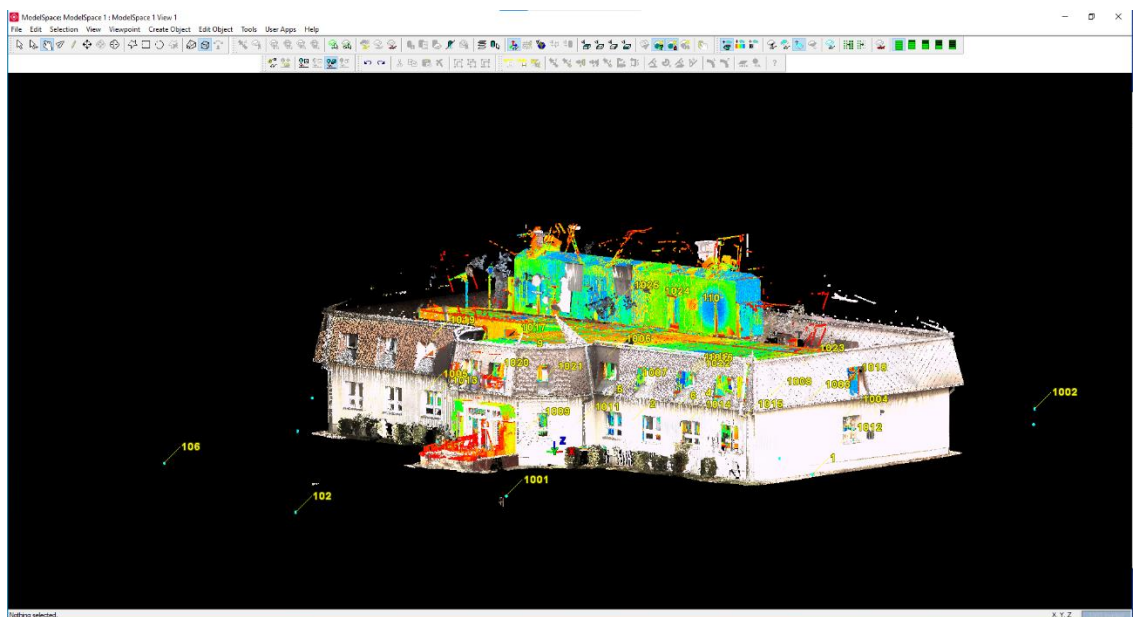
*7. ábra A nyers mérés importálása
(forrás: Leica Cyclone képernyőkép)*

A regisztráció elvégzése több lépésből állt, amit azzal kezdtem, hogy az adatbázison belül kiválasztottam a „Create” fület majd pedig a „Registration” funkció használatával létrehoztam a regisztráció helyét. Ezt elvégezve felugrott a „Registration” ablak, amelyen belül több funkció is volt, amelyet használtam. Elsőként az „Add ScanWorld” parancsot használtam, melynek segítségével összetranszformáltam az egyesíteni kívánt pontfelhőket. Ezt követően a jeltárcsákat az „Auto Add Constrains” nevű gombbal kapcsoltam össze. Végül az egyesített pontfelhő létrehozásához a „Create ModellSpace” funkciót használtam, végül megtekintettem a kész pontfelhőt a „Create Modell Spaceview” paranccsal.



8. ábra A regisztráció menüszora (forrás: Leica Cyclone képernyőkép)

Itt észleltem, hogy sok fölösleges pont lett bemérve, mint például a belógó fák lombkoronája, vagy éppen az ablaküvegekről rosszul visszaverődő mérések. Ezeket könnyedén el lehetett tüntetni. A kitörölni kívánt részeket poligonnal kijelöltem, majd kiválasztottam a „Fence” majd a „Clear” funkciókat a törléshez. A folyamat legvégén exportáltam a kapott pontfelhőt .dxf formátumba. Az így kapott állomány 72 GB méretű volt, ami a későbbiekben sok problémát okozott, ugyanis nem volt olyan számítógép, amely kezelni tudta volna ezt a hatalmas méretű állományt.



9. ábra A letisztított pontfelhő (forrás: Leica Cyclone képernyőkép)

Mivel a .dxf fájl túl nagy méretűnek bizonyult, ezért megpróbáltam egy másik fájlformátumban kimenteni. Az .e57 kiterjesztést választottam, amely formátum kifejezetten a 3D állományokhoz lett kifejlesztve. Ennek az állománynak a mérete mindösszesen 15 GB volt, amellyel már tudtam dolgozni a későbbiekben.

Az épületinformációs modell létrehozásához az Autodesk Revit nevű szoftverét használtam. Sajnos a Leica Cyclone nem képes olyan formátumban exportálni a

pontfelhőt, amit a Revit kezelni tudna, ezért használnom kellett még egy szoftvert. Az Autodesk Recap Pro szoftverre esett a választásom, ugyanis ez elérhető magyar nyelvű kiadásban, ami nagy segítséget jelentett.

5.2 Autodesk Recap Pro használata a feldolgozás során

A Recap Pro megnyitása után elkezdtem a feldolgozást a „Beolvasási projekt” gombbal. Ezt követően megadtam a létrejövő projekt nevét és a mentésének a helyét a könyvtárban, majd rá klikkeltem a jobb alsó sarokban elhelyezkedő „Import” gombra, ami egy felugró ablakot nyit meg. Az ablakban ki kellett választanom az importálni kívánt állományt. Itt álláspontonként tölti be az állományokat, aminek a betöltése igazán sok időt vett igénybe. A betöltés végeztével három opció közül választhattam, a regisztráció kihagyása, a kézi regisztráció vagy az automatikus regisztráció közül.

Kipróbáltam az automatikus regisztrációt, de az a szélrózsa minden irányába összekavarta az álláspontokat, ezért a manuális regisztrációval próbáltam újra. Ezzel már össze tudtam fűzni az álláspontokat és elkészült a pontfelhő. A szoftver kiválogatta azokat az álláspontokat, amelyeknek a kapcsolatában teljesen biztos volt. Ezeket össze is fűzte és „szken” csoportokat hozott belőlük létre. Ezekhez a csoportokhoz kellett hozzáadnom azokat az álláspontokat, amelyeket nem tudott meghatározni. Ez úgy működött, hogy a csoport adott álláspontja körül választottam ki olyan pontokat a pontfelhőből, amelyek a kérdéses állásponttól is látszódnak. Ez alapján a szoftver be tudta transzformálni a már meglévő csoportba a kérdéses álláspont felvételeit. Az állományt kimentettem .rcp és .rcs formátumban is a biztonság kedvéért.

6. AZ ÉPÜLETINFORMÁCIÓS MODELL LÉTREHOZÁSA, VIZSGÁLATA

6.1 Az épületinformációs modell létrehozása

Az épületinformációs modell elkészítéséhez az Autodesk által fejlesztett és forgalmazott Revit nevű szoftvert használtam. A Revitet kifejezetten háromdimenziós épületinformációs modellek megalkotására és az azokkal való feladatok ellátására tervezték. A program első verziója 2000-ben jelent meg először a piacon, amelyet folyamatosan fejlesztettek. Jelenleg a legfrissebb verzió a Revit 2023, ezzel a szoftverrel készítettem a modellt. Az épülettervezésben, a szerkezettervezésben és gyártásban, az épületgépészetben és a kivitelezés során is használható, valamint az üzemeltetés során is igazán hasznos, ugyanis akár grafikusán, akár táblázatos formában is tudunk információt nyerni, vagy akár új adatot hozzáadni. A szoftver sok más hasznos funkció mellett rendelkezik különböző a pontfelhőeszközökkel, amely a lézerszkenneléssel készült adatokat közvetlenül hozzá lehet kapcsolni az épületinformációs modellhez, így a valóságban is megépült állapotot bemutató modellt tudunk létrehozni.

A Revit 2023 elindítása után létrehoztam a projektemet. Ehhez először ki kellett választani, hogy milyen sablont szeretnék használni, és hogy az állomány milyen mértékegységet használjon. Én a „Metric-Architectural Template” opciót választottam, mert ez a sablon méterrendszerben van, és az építészeti elemeket is tartalmazza, majd ezt követően megadtam a projekt nevét.

Miután a projektet sikerült létrehozni az „Insert” fülön belül a „Point Cloud” parancsot használva be tudtam hívni a pontfelhőmet. A megjelenő ablakban kiválasztottam a pozíció kiválasztásánál a „Center to center” opciót választottam, így a pontfelhőt a munkaterület közepére helyezte. A megjelenő pontfelhőben még nem különülnek el egymástól a különböző szintek, így következő lépésként ezeket kellett létrehozni.

Az épület szintjeinek meghatározásához először is egy vertikális keresztmetszetet kellett készíteni a pontfelhőről. Ezt a „Section” parancs kiválasztása után és a metszet vonalának kijelölését követően a „Go to View” funkcióval tudtam megvalósítani. Az így kapott képen meg tudtam határozni az épület szintjeit, amelyekhez bármikor hozzá tudtam adni olyan szinteket, amelyekre csak ideiglenesen volt szükségem.



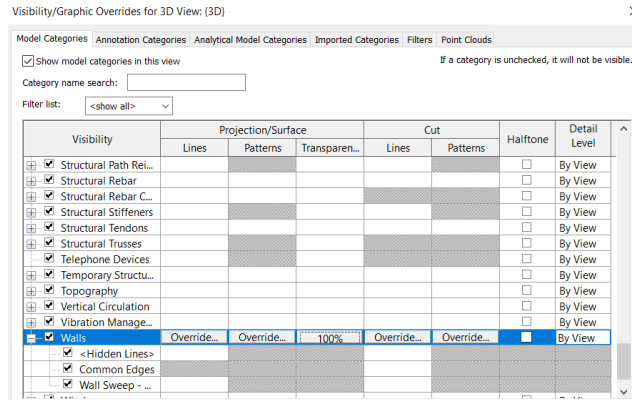
10. ábra A folyosók keresztmetszete a létrehozott szintekkel (forrás: Autodesk Revit képernyőkép)

A következő nagyobb lépés a falaknak a felszerkesztése volt. A földszinten kezdtem a munkát, ahol először is a külső vastagabb falakat jelenítettem meg. Ezeknek a falrészeknek a magasságát a földszint padlószintjétől az első szint padlószintjéig határoltam be. Ehhez a „Basic wall” falréteget választottam melynek szélessége 500 milliméteres volt. Ez lefedte a pontfelhő szerinti falvastagságot. Az épületen belül is leginkább a falvastagság határozta meg a kiválasztott falréteget, így lett a szobákat egymástól és a folyósótól elválasztó fal az ugyancsak „Basic wall” réteg 300 milliméteres, valamint a szobákon belül, a helyiségeket (szoba, előszoba, fürőszoba) egymástól elválasztók 200 milliméteres változata. Itt azonban nem a második szint vonalában határoztam meg a fal magasságát, hanem az első szint mennyezetéig, aminek egy külön „Levelt” hoztam létre. A falak elhelyezéséhez a „Structure” fülön belül található, „Wall” parancsot használtam, ahol ki kellett választani, hogy melyik réteget szeretném használni, hol legyen a beszúrási pontja majd a pontfelhőn kiválasztottam az adott szakasz kezdő és végpontját.

A falak szerkesztése során használtam néhány nagyon hasznosnak bizonyultak. A „Trim/Extend to Corner” gombot használva levágni vagy meghosszabbítani lehet az elemeket (például falakat vagy gerendákat) úgy, hogy sarkot hozzon létre. A „Trim/Extend Single Element” parancs egy elemet egy másik elem által meghatározott határvonalhoz igazít vagy meghosszabbít (például falakat, vonalakat vagy gerendákat), a „Trim/Extend Multiple Elements” funkcióval pedig több elemet képes egy másik elem által meghatározott határvonalhoz igazítani vagy meghosszabbítani.

A falakat után az épület alapzatával foglalkoztam, mivel a már megszerkesztett falakhoz és a pontfelhőhöz együttesen viszonyítva egyszerűbb volt az alapnak a helyét meghatározni, mintha csak a pontfelhőt használtam volna. Az alapzat elhelyezéséhez a „Structure” fülön belül található „Structural Foundation: Slab” parancsot használtam. Ki kellett választani az alap rétegét, ami ebben az esetben egy 620 milliméter magas beton alap lett. Az elhelyezéséhez a külső falakat kellett kijelölni, valamint a kiindulási szintnek a földszintet megjelölni, majd amennyiben nem volt zárt az alakzat, vagy nem voltak egymást metsző vonalak, akkor a szoftver lerakta az alapot a kívánt helyre. Hasonló módszerrel helyeztem el a padlót is, kiválasztottam a „Floor: Architectural” parancsot, majd a külső falakat kijelölve, el lehetett helyezni a padlót.

A következő lépés előtt el kellett végezni egy módosítást a beállításokon, ugyanis amikor a falak belekerültek a modellbe, akkor az teljes mértékben kitakarta a falakat jelölő pontfelhőt, ezzel együtt az ajtók és az ablakok helyzetét is. Ezért a „Visibly/ Graphics Overrides” beállításait kellett megváltoztatni, ezen belül is a falakra vonatkozó pontot. Itt a falak kitöltésének átlátszóságát felvettem a korábbi 0 százalékról 100 százalékra, valamint a vonaltípust állítottam át vékonyabbra.



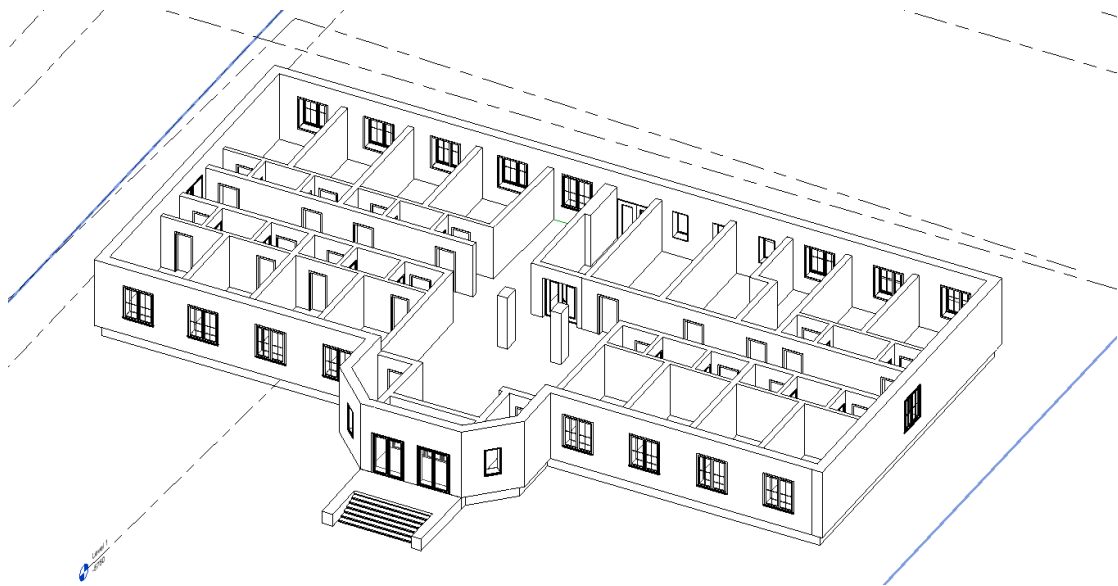
11. ábra A falak átlátszóságának beállítása (forrás: Autodesk Revit képernyőkép)

Így, hogy láthatóvá váltak az ajtók és az ablakok helyei elkezdhettem ezeknek is az elhelyezését a modell térben. Ehhez először is méréseket kellett végezni, hogy mekkora nyílászárókra lesz szükségem. A gyors elérésű parancssoron a „Measure between two references” gomb használatával lehet méreteket levenni a pontfelhőből és a modellből egyaránt.

A Revitben megtalálható alap eszközpallettában nem álltak a rendelkezésemre olyan nyílászárók, amelyek mind méretben, mind megjelenésben megegyeztek volna az épületben található valódi ajtókkal és ablakokkal, azonban az interneten találhatóak olyan nyílt forráskódú és szabad felhasználású állományok, amelyekhez bárki hozzáférhet és használhat. Ilyen objektumokat használtam a nyílászárók, a bútorok és használati eszközök megjelenítésére. Ezeknek az importálásához a „Structure” fülön belül található „Component” parancsot kellett megnyitni. Ezzel a funkcióval lehet a különböző bútorokat, elektronikai és használati eszközöket a szoftveren belül kiválasztani, módosítani és elhelyezni. Ehhez azonban először a „Load Family” gombot kell használni, amivel ezeket be tudjuk tölteni az állományunkba.

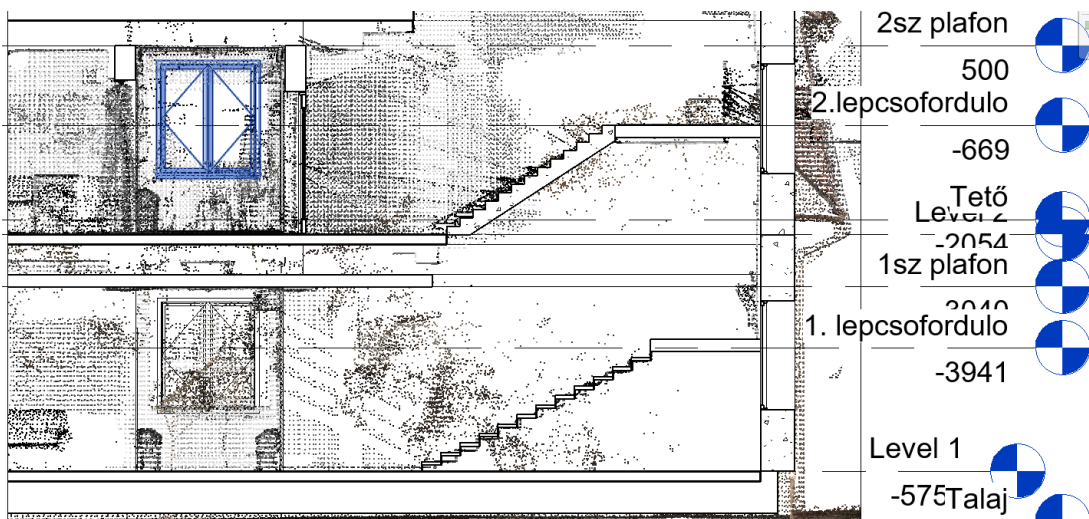
A minden szempont szerint megfelelő ajtók kiválasztása után ezeket be lehetett illeszteni a modell térbe. Ezeket az objektumokat csak már meglévő falakra lehet elhelyezni. A tárgyraszterek közül csak a „Point cloud” -ot hagytam bekapcsolva, hogy ezzel is a lehető legpontosabb legyen a beillesztés. Az „Architecture” fülön belül található a „Door” és a „Window” gombok, amelyeket használva el lehet helyezni a kívánt nyílászárókat. Ezeken belül be lehet állítani a beillesztés szintjét, vagy az attól való eltolódás mértékét, valamint kis mértékben lehet módosítani,

pontosítani a keret méreteit, vagy kommenteket lehet fűzni az az adott objektumot illetően, vagy a teljes objektumcsoportra vonatkozóan. Ennél a résznél érdemes arra figyelni, hogy a fal melyik oldalára helyezzük az ajtókeretet, valamint, hogy melyik irányba nyílnak. Csak a földszinten végül 66 darab ajtó és 23 darab ablak került elhelyezésre, melyek különböző típusúak, anyagúak és méretűek voltak. Ezeknek a túlnyomó része 1400 x 1800 milliméteres duplaszárnyú műanyag ablakok voltak, azonban elhelyezésre kerültek 610 x 1800 milliméteres szimpla fa keretű ablakok is. Az ajtóknál nagyobb volt a szórás, ugyanis abból nagyon sok méretű és típusú található meg a kollégiumban. Az egy szárnyas ajtók kivétel nélkül mind fából készültek melyek között volt 762 x 2032 milliméteres, 864 x 2032 milliméteres változat is. A dupla szárnyú ajtók között volt műanyag keretes üvegajtó 1930 x 2300-as méretben, fém keretes üvegajtó 800 x 2090-es méretben, valamint fa ajtók 1690 x 2090-es méretben.



12. ábra Az első szint a falakkal és nyílászárókkal (forrás: Autodesk Revit képernyőkép)

A padló elhelyezése volt a következő feladat. A „Floor” paranccsal lehet ezt elvégezni. Először is meg kell adni a padló típusát. Az én választásom a 150 milliméteres átpoltalános padlóra esett. A szobákban található padlónál is ezt használtam, ugyanis nem találtam linóleum burkolatot, mint ahogy az a valóságban is van. A típus kiválasztása után meg kell adni, hogy melyik szintre tegye. Ebben az esetben földszint padlószintjére került. A könnyebb elhelyezés érdekében a végpontra irányuló tárgyrasztart kapcsoltam be, így könnyedén körbe lehetett jelölni a padló körvonalait a falak mentén.

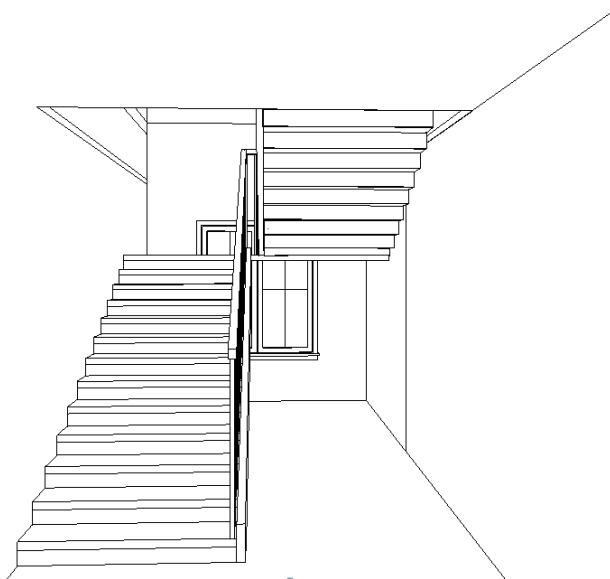


13. ábra A lépcsők keresztmetszeti rajza (forrás: Autodesk Revit képernyőkép)

A padló szerkesztése után a földszintet és az első emeletet összekötő lépcső modellezése volt a következő lépés. A lépcsőház felett elhelyeztem mind a két oldalon egy-egy „Selection” vonalat. A korábban megismert módon a „Go to View” gombbal megjelent a keresztmetszet, amelyen szépen kirajzolódtak a lépcsőfokok a pontfelhő képéből. A lépcsőfordulóban létre kellett hoznom egy szintet a „Level” funkcióval. A „Stair” parancsot használtam, amin belül ki lehetett választani a lépcső típusát és meg lehetett adni annak meredekségét is, valamint azokat a szinteket, amelyek között a lépcső fusson. A nemrég létrehozott lépcsőforduló volt a felső szint, a földszint padlószintje pedig az alsó szint. Érdekes módon a lépcsőfokok számát nem lehetett beállítani, ami kisebb fejtörést is okozott, azonban hosszas próbálkozás után sikerült rájönni, hogy van mód a

lépcsőfokok kézzel való berajzolására a pontfelhő alapján. Oldalnézetben berajzoltam a lépcsőfokokat a „Create Sketch” funkcióval, majd felülnézetben be lehetett állítani a lépcső szélességét is.

A lépcsőforduló padlóját is elhelyeztem a „Floor” paranccsal, így el tudtam készíteni a lépcsőnek a lépcsőforduló és az első emelet közötti szakaszát. A lépcső típusának a „Precast Stair” elnevezésű, azaz előre gyártott, betonból öntött opciót választottam, ugyanis a kollégiumban is ilyen található. Ehhez a típushoz automatikusan elhelyez a szoftver korlátokat a szerkezet mind két oldalára, azonban könnyedén el lehetett távolítani a fal felőlit, amelyre nem volt szükségem.



14. ábra A kész lépcsőforduló 3D-s nézetben (forrás: Autodesk Revit képernyőkép)

A mennyezet létrehozásához a „Celiling” parancsot használtam, melyhez előtte létre kellett hozni egy földszintre vonatkozó mennyezeti szintet. Ezt a szintet, valamint a „Compound Celiling Plain” típust választottam ki, majd a padlóhoz hasonlóan a „Sketch Celiling” funkcióval a falak végpontjaihoz illesztettem a mennyezet határpontjait.

Az első emeleten lényegében megismételtem a földszinten elvégzett feladatokat, tehát elhelyezésre kerültek a falak, az ajtók és ablakok, a padló és a mennyezet, valamint a második emeletre vezető lépcsők. A kis márványterembe be tudunk

jutni közvetlenül a folyosóról, itt áthidalók segítségével van megnyitva a fal. Ezt a modellben úgy készítettem el, hogy rendesen meghúztam a fal vonalát, mint mindenhol máshol, tehát az első szint padlószintjétől a mennyezeti szintjéig. Ezt követően alkalmaztam a „Wall opening” funkciót. itt felülnézetből ki tudtam jelölni, hogy a pontfelhő alapján mettől meddig tart a kivágása a falnak, majd ugyanígy oldalnézetben meg tudjuk adni a magasságát is. Ugyanilyen megoldás található a kis és nagy márványterem egybenyitásánál is.

A második emelet modellezését a tető szerkesztésével kezdtem, ugyanis ez az emelet már a tetőtérben helyezkedik el. A teljes modellezés során ez okozta a legnagyobb kihívást. A kollégium mind a két épületén a fedélidom típusa manzárdtető. Ez azt jelenti, hogy a tetősík felülete meg van törve, a tető gerincétől a külső falak vonaláig egy 28 fokos lejtésű sátoztető találhat, itt van egy törés és innentől majdnem az első emelet padlószintjéig egy kontyvető öleli körül a falat, melynek 80 fokos lejtése van. Úgy gondoltam, hogy két részletben készítem el a tetőt, először a 28 fokos lejtésű részét, majd a 80 fokos lejtésűt. Ehhez a „Roof” fülön belül található „Roof by Footprint” parancsot kellett használni. Beállítottam, hogy a 400 milliméter vastagságú „Basic Roof Generic” típust vakjuk le, valamint, hogy a tetőkezdőszintje a második emelet padlószintjében legyen, ugyanis pont ezzel esett egybe. Beállítottam továbbá a lejtést és a gerenda vágásának irányát is, ami ez esetben a „Plumb Cut”, azaz a függőleges vágás lett.

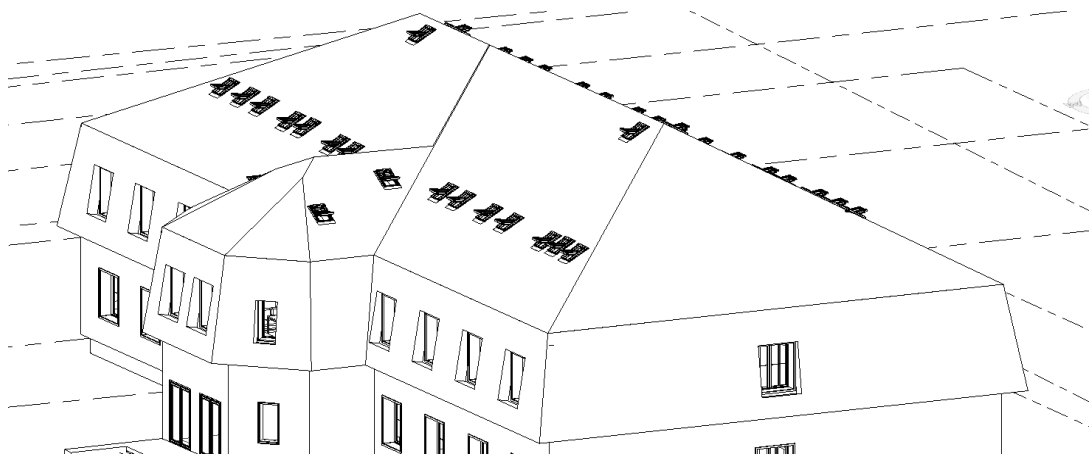
Ezt követően el lehetett kezdeni tető körvonalát körbe rajzolni a külső falak külső oldala mentén. Amikor ezzel végeztem, akkor egy hibaüzenetet küldött a szoftver, amiben azt írta, hogy „Can’t make a footprint”. A hibaüzenetnél mindig van egy „Show” gomb, aminek a segítségével meg lehet nézni, hogy mi okozza a problémát. A probléma ebben az esetben a kiugró épületrész a bejáratnál, ami magába foglalja az épület földszintjén a portát és az előcsarnokot, az első emeleten a kis márvány terem egy részét és a második emeleten a konyhát. Az az elmélet is megbukott, hogy ha külön- külön készítem el ezt a problémás részt és a nyeregtető többi részét, ugyanis így sem tudtam a tetőt elhelyezni.

Mivel más ötlet nem volt, ezért ezt a részt szüneteltetni kellett, így a kontyvetővel folytattam. Itt először létrehoztam két új „Level” -t. Az alapszintetnek a „Tető” nevet adtam, a felső végét pedig „Törés” néven neveztem el. Beállítottam az

alapszintet és a „Cutoff” szintet, majd megadtam a 80 fokos lejtést és a gerenda vágást, ami itt a „Two Cut – Square” lett, azaz vízszintesen elvágva. A tető típusa itt is ugyanaz lett, mint az eddigi próbálkozásnál. Így el lehetett kezdeni a pontfelhő alapján a tető alapszintjének körvonalát. Így sikerült a tető ezen részét létrehozni.

A nyeregtető azonban továbbra sem volt meg. Ezen a ponton megpróbáltam a már meglévő tető vonalait és végpontjait használni a nyeregtető szerkesztéséhez. Így sikerült ezt is kivitelezni, nem jött hibaüzenet, a tető létre lett hozva. A következő lépés a két tetőrész egyesítése volt. Erre külön parancs létezik a Revitben, ki kell választani a „Join/Unjoin” gombot és kijelölni a két tetőt.

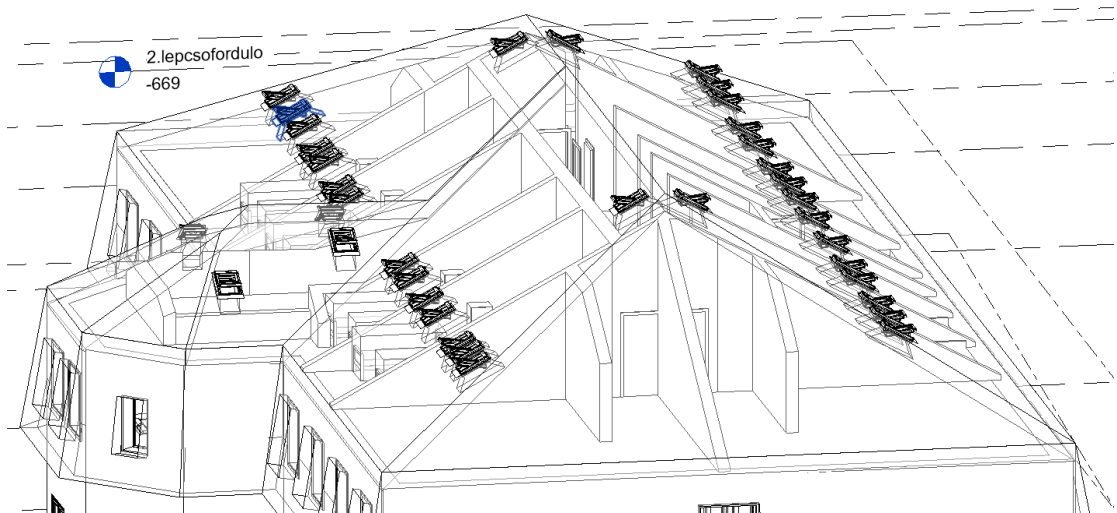
Mivel a kontytető belógott az első emelet ablakai elé ezért ezeknek ki kellett vágni egy pontosan akkora nyílást, mint az ablakok méretei. Ehhez az „Opening by Face” nevű funkciót lehet használni. Először ki kell jelölni a felületet, amiből szeretnénk kivágni, ami ebben az esetben a tető volt, ez után meg lehet rajzolni a megnyitás körvonalait. A végpont tárgyraszterrel az ablakok sarokpontjait kötöttem össze. Ennek mentén kész is lett a megnyitás. Ez az első emelet összes ablakán egyesével meg kellett csinálni, ugyanis ennél a funkciónál nem lehet csoportosan elvégezni a feladatot.



15. ábra Az elkészült tető 3D-s rajza (forrás: Autodesk Revit képernyőkép)

A továbbiakban az előző szintekhez hasonlóan elhelyezésre kerültek a falak, ajtók és a padló. Az ablakok itt ugyebár tetőablakok voltak. 780 x 550 milliméteres fa ablakok lettek elhelyezve a modellen. Itt külön olyan típust kellett választani, amit tetőre lehet csak elhelyezni, nem csak falakba.

A második emelet falain kellett változtatni, ugyanis a szoftver automatikusan úgy helyezi el a falakat, hogy azoknak a felső síkja vízszintes legyen. Erre is van egy külön funkció, ami nem más, mint a „Attach Top/Base”. Itt először ki kell jelölni az emeleten található összes falat, el kell indítani a parancsot majd kiválasztani, hogy mihez képest növelje vagy csökkentse a falak magasságát.



16. ábra A tetőszerkezethez igazított falak (forrás: Autodesk Revit képernyőkép)

A következő feladat olyan tárgyak elhelyezése a modellben, amik a használathoz és az üzemeltetéshez elengedhetetlenek. Ezeket a „Structure” fülön belül található „Component” paranccsal lehet előhívni. Ugyebár az alap objektumpaletta választéka nem túl széles a szoftverben, de a korábban említett módon bútorokat is lehet tölteni és szabadon használni. Ilyenek bútorok az ágyak, íróasztalok, székek, szekrények, a közösségi terek kanapái és asztalai. Ezekhez megjegyzéseket lehet megadni, mint például az első használat, vagy a legutóbbi szerelés dátuma.

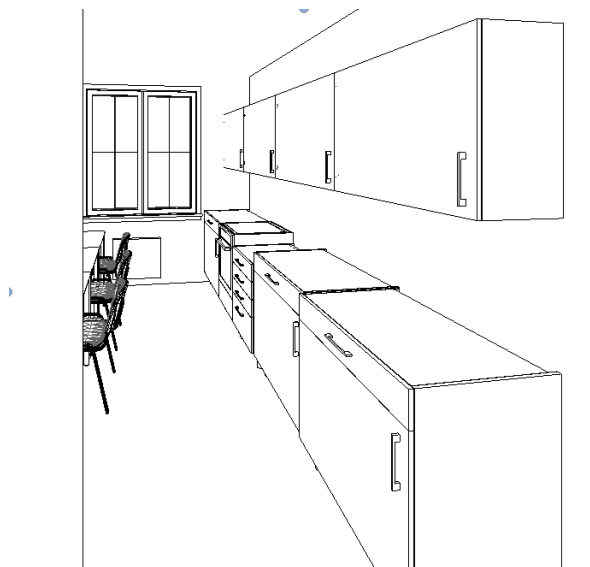
Lehetőség van különböző elektronikai eszközök elhelyezésére a modellben, mint például a kollégiumban található mosógépek és szárítógépek, amelyeknek a gyártó által szolgáltatott adatait is fel lehet tüntetni. Ilyen adatok például a méretek, az átlagos fogyasztása energetikai szempontból, vagy akár termék ára a teljes termékleírás elektronikus linkje.

A vizesblokkok felszereltségét is lehet modellezni, ugyanis a mosdókagylóktól kezdve a zuhanytálca és zuhanyrózsa valamit a piszoárok és a mellékhelység különböző objektumait is el lehet helyezni a modellben. Az elektronikai eszközökhöz hasonlóan itt is hasznos információkkal lehet ellátni ezeknek az eszközöknek az adattábláját.

A konyhák felszereltségének a bemutatására is lehetőség nyílik. Komplet konyhapultokat és szekrényeket, mosogatót, sütőt, főzőlapot, mikrohullámú sütőt és még hűtőt is el lehetett helyezni a konyhákban.

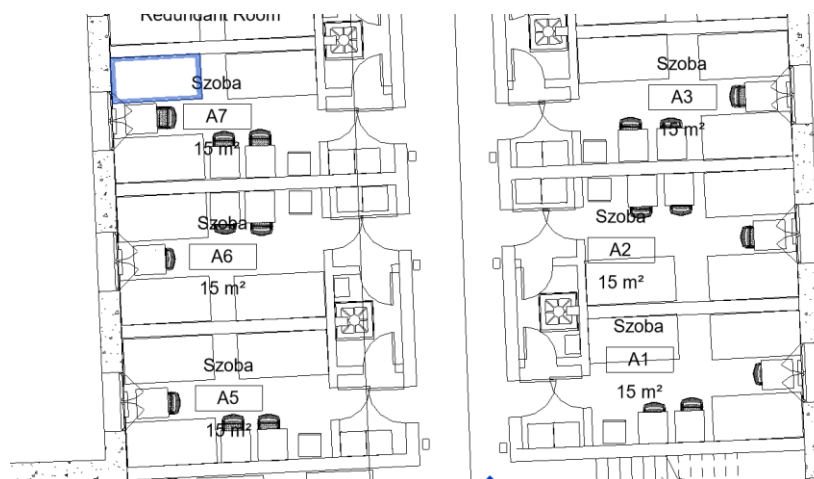
A világítástechnikai eszközök is elhelyezésre kerültek. Ilyenek a lámpák, kapcsolók és kapcsolók. Ezeknek az adattáblájában fel lehet tüntetni a fogyasztást, az égők és neoncsövek típusát és várható élettartamát.

A tűzvédelemmel kapcsolatos eszközök és rendszerek megléte is elengedhetetlen egy ilyen épületnél. A porral oltó készülékeket és a tűzjelzőket is el lehet helyezni a modellen, valamint a menekülési útvonalakat és vészkijáratokat, kijáratokat jelölő táblákat is.



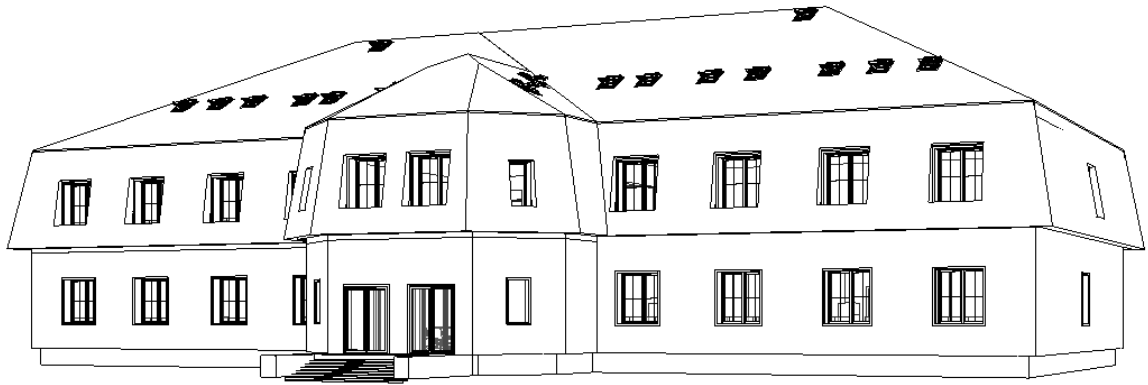
17. ábra A földszinti konyha látványterve
(forrás: Autodesk Revit képernyőkép)

A bútorok és eszközök a modellben való elhelyezése után a különböző helységek definiálását végeztem el. Az „Architecture” fülön belül a „Room and Area” szekcióban található parancsokkal tudjuk meghatározni a szobák területét és elhelyezkedését. A „Room” parancs kiválasztásával három lehetséges opció jelenik meg. A „Place Rooms Automatically” használatával a szoftver automatikusan elvégzi a szobák definiálását, azonban ehhez először a „Highlight Boundaries” parancsot kell elindítani, ami kijelöli azokat a falakat, amelyek mentén a Revit értelmezni tudja a szobák határait. Jellemzően a külső 500 milliméteres falakat nem jelölte ki, így ezeknek a mentén manuálisan kell a szoba határait meghatározni. Erre „Room and Area” szekción belül a „Room Separator” funkciót lehet használni. Ki lehet jelölni egy vonal elhelyezésével a meghatározni kívánt szoba eddig nem ismert határvonalait, majd a „Tag on Placement” paranccsal el lehet végezni a szoba definiálását manuálisan, vagy pedig az előbb említett „Place Rooms Automatically” funkcióval automatikusan. Ezeknek az elvégzése előtt érdemes beállítani azt, hogy milyen megírások szerepeljenek a szobákban. A helység megnevezését, a szoba számát (amennyiben van) és a helység alapterületét jelenítettem meg modellben. Az így definiált helységeket listába lehet szedni és adattáblákkal kiegészíteni.



18. ábra A szobák elrendezése és megírásaik (forrás: Autodesk Revit képernyőkép)

Az épületinformációs modell elkészítését ennél a pontnál befejezettnak tekintem. Igaz, hogy a modellt lehetne még pontosítani, adatokkal feltölteni, még naprakészebbé tenni még több használati eszköz elhelyezésével és ezeknek a menedzselésével, rendszerezésével. Azonban véleményem szerint az már az üzemeltetés fázisába tartozó lépések lennének.



19. ábra Az elkészült BIM modell 3D-s rajza (forrás: Autodesk Revit képernyőkép)

6.2 Tapasztalatok és tanulságok

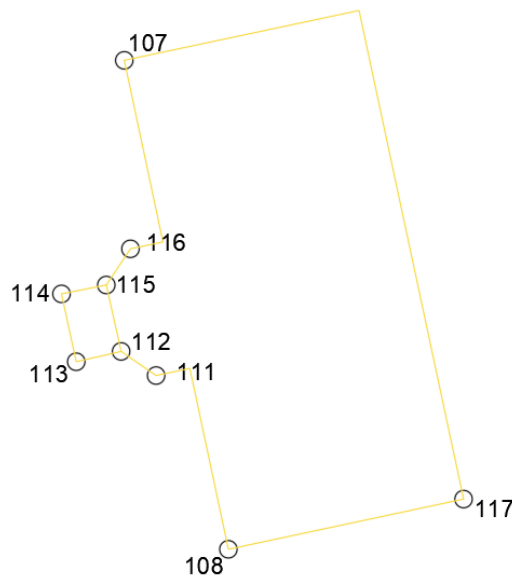
Az épületinformációs modell elkészítése egy igazán összetett feladatnak bizonyult számomra. Nagy kihívás volt elkészíteni a modellt és nagyon sok probléma ütközött ki a készítés során. A legnehezebb része a projektnek a Revittel való ismerkedés volt. A szoftver nagyon letisztult és könnyen kezelhető volt, nagyon sok bemutató és oktató anyag található róla az interneten. Azonban teljesen ismeretlen volt számomra a szoftver és az angol nyelv is nehezítette a feladatot. Mivel a készítés során folyamatosan új dolgokat tanultam a Revit kezeléséről így a modell befejezéséhez közeledve voltok olyan dolgok, amelyeket az elején máshogyan, egyszerűbben és gyorsabban is el lehetett volna készíteni. Ilyen dolog például a fala szerkesztése, vagy a különböző szintek és nézetek közötti váltások, vagy éppen újak létrehozása az egyszerűség kedvéért.

Az épületinformációs modellekhez az épületet ellátó különböző vezetékek és csövek megléte elengedhetetlen az üzemeltetés során való használathoz. Ezeknek a modellezését leginkább az adathiány miatt nem lehetett elkészíteni, hiszen ezeknek a túlnyomó többsége a falakban húzódik. Az ilyeneknek a modellezéséhez tervrajzokra lett volna szükség, hogy azok alapján lehessen elkészíteni ezeknek a nyomvonalait.

Az épület kiválasztása sem volt a legegyszerűsebb. Egyrészt azért, mert nem lehetett minden helységben mérést végezni, ami nagyban megkönnyítette volna a feldolgozást, a modell előállítását. Másrészt ez egy hatalmas épület, rengeteg részlettel és adattal. Az épületinformációs modell előállításának bemutatásához egy kisebb épület is elegendő lehetett volna.

7. A modell geometriai pontossága

A szakdolgozatom elkészítése során használtam a Revit szoftvert, valamint a két pontfelhő kezelő szoftvert a Recapot és a Leica Cyclon programot. A felmérés végrehajtása közben az épületen ellenőrző méréseket végeztem, mely mérésekből távolságait felhasználva vizsgálni tudom az elkészült modell pontosságát. Ezt azzal kezdtem, hogy az műholdas helymeghatározási módszerekkel mért ellenőrző pontok közötti távolságokat kiszámoltam. Ezeknek az ellenőrző pontoknak az elhelyezkedését olyan fal töréspontoknál és épület sarokpontoknál határoztam meg, amelyek a pontfelhőben és a modellben is elkülöníthető és könnyen mérhető. Hét ellenőrző méretem született ezekből melyeket a pontfelhő és a kész épületinformációs modellből levett méretekkel hasonlítottam össze (20-21. ábrák).



20. ábra Az ellenőrzésként mért pontok elhelyezkedése (forrás: Autodesk AutoCAD képernyőkép)

A pontfelhőből származó méretek levételét az Autodesk Recap szoftveréből nyertem ki, ugyanis a dolgozat készítésének ezen szakaszában a Leica Cyclone program már nem állt a rendelkezésemre. A szabadkézi távolságmérést választottam, megadtam a kezdő és végpontokat és a kiszámított távolságokat kijegyzeteltem a szoftverből (22. ábra).

Mivel a modellt az Autodesk Recap szoftverével készítettem el, ezért az ellenőrző méreteket is ennek a programnak a használatával mértem meg. A „Measure Between Two References” parancssal kijelöltem először az egyenes kezdő, majd a végpontját és meg is volt a kért érték.

Az ellenőrző pontok közötti távolságok a következő táblázatokban tekinthetők meg:

Ellenőrző méret sorszám	Ellenőrző méretek helyzetei
1	108-117 pontok között
2	107-108 pontok között
3	111-112 pontok között
4	113-112 pontok között
5	113-114 pontok között
6	114-115 pontok között
7	115-116 pontok között

21. ábra Az ellenőrző távolságok kezdő és végpontjai (forrás: saját táblázat)

Ellenőrző méret sorszám	Terepi [m]	Pontfelhő [m]	Modell [m]
1	16.976	17.139	17.139
2	36.117	35.970	36.047
3	3.068	2.913	2.914
4	3.327	3.430	3.499
5	5.017	4.930	4.861
6	3.296	3.345	3.408
7	3.144	2.944	3.002

22. ábra Az ellenőrző távolságok (forrás: saját táblázat)

Az összehasonlítást a műholdas helymeghatározással mért pontok közötti távolságokhoz viszonyítva végeztem el, a pontfelhőn és a modellen meghatározott távolságokat a terepen mért pontok közötti távolságtól való eltéréseket vizsgáltam

A számítások elvégzéséhez a Microsoft Excel táblázatkezelő és szerkesztő szoftvert alkalmaztam. Meg kellett adni a mért távolságok sorszámaikat és értékeit az Excel táblázatba. Először a középhibák értékeit kellett kiszámolni. Ehhez a terepen mért távolság értékét kivontam először a pontfelhőből, majd a modellből származó értékekből (23. ábra).

Ellenőrző méret sorszám	Középhehiba [m]	
	Pontfelhő - Terepi	Modell - Terepi
1	0,163	0,163
2	-0,147	-0,07
3	0,155	0,154
4	0,103	0,172
5	-0,087	-0,156
6	0,049	0,112
7	-0,2	-0,142

23. ábra Elterések (forrás: saját táblázat)

Pontfelhő-Terepi [m]	
Átlagos eltérés	0,128
Várható érték	0,005
Standard hiba	0,056
Medián	0,049
Szórás	0,149
Tartomány	0,363
Minimum	- 0,200
Maximum	0,163
Darabszám	7

Modell-Terepi [m]	
Átlagos eltérés	0,134
Várható érték	0,033
Standard hiba	0,056
Medián	0,112
Szórás	0,149
Tartomány	0,328
Minimum	- 0,156
Maximum	0,172
Darabszám	7

24. ábra A kiszámított statisztikai értékek (forrás: saját táblázat)

A pontosság vizsgálatához statisztikai adatokra volt szükségem, amelyek kiszámolását az Excel „Adatelemzés” funkcióját használtam. A megkapott eredményekből lehetett következtetéseket levonni a pontossági értékeket illetően. A kiszámított értékekből látható, hogy a terepi mérésekhez viszonyítva a pontfelhő és a modell pontossági mérőszámai nem sokban különböznek egymástól. Ezt azzal lehet magyarázni, hogy mivel pontfelhő alapján lett megalkotva a modell ezért lényegében csak az elazonosításból származhatott hiba. Ennek a szemléltetése érdekében létrehoztam a pontfelhő és a modell közötti összehasonlítást is (25. ábra).

Modell-Pontfelhő [m]	
Átlagos eltérés	0,044
Várható érték	0,028
Standard hiba	0,020
Medián	0,058
Szórás	0,053
Tartomány	0,146
Minimum	- 0,069
Maximum	0,077
Darabszám	7

25. ábra Pontfelhő és a modell közötti statisztikák (forrás: saját táblázat)

A fenti táblázatban látható tehát, hogy mekkora a pontfelhőből létrehozott modell, a pontfelhőhöz viszonyított pontossága. Itt megfigyelhető, hogy az átlagos eltérés az 44 centiméter, mi azt jelenti, hogy a pontfelhő modellé alakítása során a manuális szerkesztésnél átlagosan ekkora hibával terheltem a modellt. Ezt valószínűleg a szoftver további használatával, megismerésével nagyban csökkenteni lehet.

A kapott adatokból megállapítható az, hogy nagyon nagy eltérések vannak a terepi mérések és a pontfelhő, valamint az abból származó modell ellenőrző méretei

között. Valószínűsíthető, hogy vagy a felmérés során, vagy pedig a nyers mérés feldolgozása során keletkezhetett ez a nagy hiba. Mindenesetre a tényleges okoknak a felderítésére további vizsgálatokkal lehetne igazolni.

8. AZ ÉPÜLETINFORMÁCIÓS MODELL FELHASZNÁLÁSA AZ ÜZEMELTETÉS SORÁN

Ahogy már többször is meg lett említve az épületinformációs modellezés a tervezés, a kivitelezés és az üzemeltetés során is alkalmazható. Míg az első két fázisról már írtam korábban, így az üzemeltetés során való hasznosíthatóságáról is szeretnék megejteni néhány szót.

Az BIM segítségével betekintést nyerhetünk az épület élethű modelljébe és ezáltal információkat tudunk elemezni. A modell segítségével meg lehet becsülni, hogy mennyibe kerülhet az épület karbantartása, milyen kiadások várhatóak az adott évben vagy hogy egy esetleges változás milyen hatással lehet a környezete számára. Használatukkal nagyban segítheti a költségmegtakarítások létrejöttét a fejlesztések, a karbantartások és az épület fenntartása terén.

Nem csak a közvetlenül a költségvetésre gyakorol hatást az épületinformációs modell megléte. A karbantartások ütemezésére és tervezésére is lehet használni. Vegyük például, hogy a festéshez szükséges falfelületek területi mennyiségét néhány gombnyomással ki tudjuk számolni, ebből lehet számolni akár festék mennyiséget, vagy akár az elvégzéséhez szükséges idő mennyiségét. Az esetleges vizsgálati, csere vagy tisztítási periódusokat is kezelhetjük.

A helységek menedzselésével helyet és teret takaríthatunk meg. ezt egybe lehet kötni a leltározással kapcsolatos feladatokkal is. Például a modellben a helységekhez hozzá tudjuk rendelni, hogy az adott szobában milyen, a leltárban szereplő tárgyak találhatóak. Az új eszközbeszerzések esetén az eszköz optimális helyének a meghatározásához célszerű használni a BIM modellt, hiszen sokkal összetettebb szempontok szerint tudjuk vizsgálni a létesítményt, mint egy bejárás során.

A katasztrófa és tűzvédelmi tervezés során is rengeteg hasznos információval láthat el bennünket a modell. Használatával az esetleges beavatkozásokat pontosabban és biztonságosabban meg lehet tervezni, csökkenteni lehet a reakcióidőt és ki lehet választani a leggyorsabb és legkisebb kockázattal járó útvonalat.

Mindezen előnyök ismeretében a létesítmények üzemeltetése költséghatékonyabbá, biztonságosabbá és átláthatóbbá tehető. Egyre több vállalat látja azt be, hogy az épületinformációs modellek használata és folyamatos frissítése megéri az előállításának a költségeit. Az egyre gyorsabb és egyszerűbb felmérési lehetőségek, valamint az egyre jobban konfigurált és egyre használhatóbb BIM szoftverek is hozzájárulnak ennek a módszernek a terjedéséhez.

9. ÖSSZEGZÉS

A szakdolgozatom célja az volt, hogy egy épületen keresztül bemutassam azt, hogy hogyan kell egy épületinformációs modellt létrehozni háromdimenziós pontfelhőből. Ennek a legelső lépése az volt, hogy választottam egy olyan épületet, amelynek a modelljét elkészíthetem. A választásom az Óbudai Egyetem Geo Kollégiumára A épületére esett. A mérést az illesztőpontok meghatározásával kezdtem meg.

Ez után következhetett a lézerszkennerral végzett felmérés. Először az épület homlokzatát, majd az épületen belül végeztem el a szkennelést. A felmérés menete leginkább a sokszögelésre emlékeztetett, az elején tájékozásként két korábban meghatározott koordinátájú illesztőpontra, majd az „előre” irányba további két illesztőpontra mértem, és csak ezt követően kezdődött meg a szkennelés.

A lézerszkennerral való felmérést követően a nyers mérés exportálása és ennek felhasználásával a pontfelhő létrehozása következett, amelyhez a Leca által fejlesztett Cyclone nevezetű szoftvert használtam. A kész pontfelhőt először az Autodesk Recap szoftverével olyan formátumra konvertáltam, amit később is tudtam használni a modell létrehozásához.

Az Autodesk Revit nevű, külön BIM modellek előállítására fejlesztett szoftverét használtam az modell előállításához. A falak szerkesztésével kezdtem, majd a nyílászárók, mennyezetek és padlók, lépcsők és a tető megszerkesztésével folytattam. A végén a különböző használati tárgyak, bútorok és eszközök elhelyezésével zártam a modellezést.

Az épületinformációs modellezés igazán összetett folyamatnak bizonyult számomra. Az épület méreteit tekintve úgy érzem nagy fába vágtam a fejszém, azonban véleményem szerint mindent megtettem azért, hogy az elkészült BIM modell akár a későbbi üzemeltetés során is használható legyen.

10.SUMMARY

The aim of my thesis was to demonstrate how to create a building information model from a three-dimensional point cloud using a building. The first step of this was to choose a building to model. I chose Building A of the Geo College of the University of Óbuda. I started the measurement by determining the control points. This was followed by the laser scanner survey. First I scanned the facade of the building, then the inside of the building. The survey procedure was most similar to polygonal surveying, with two previously defined coordinate points as orientation at the beginning, two more points in the "forward" direction, and only then did the scanning begin.

After surveying with the laser scanner, I exported the raw measurement and used it to create a point cloud using the software Cyclone developed by Leca. The finished point cloud was first converted using Autodesk Recap software into a format that could be used later to create the model.

I used Autodesk's Revit software, developed specifically for creating BIM models, to create the model. I started by editing the walls and then continued with the windows, ceilings and floors, stairs and roof. I finished by placing the various utilities, furniture and equipment.

Building information modelling proved to be a really complex process for me. Considering the size of the building, I feel that I have made a big mistake, but I think that I have done my best to ensure that the BIM model can be used in the future, even during operation.

11.IRODALOMJEGYZÉK

[1] A. Borrmann, M. König, Christian Koch, Jakob Beetz: „Building Information Modeling: Why? What? How?: Technology Foundations and Industry Practice”, [Online]. Available:

https://www.researchgate.net/publication/327759897_Building_Information_Modeling_Why_What_How_Technology_Foundations_and_Industry_Practice

[Hozzáférés dátuma: 2022. 11. 15.]

[2] Tan Q., Wei S.: „Usage of 3D Point Cloud Data in BIM (Building Information Modelling): Current Applications and Challenges” [Online]. Available:

<https://www.davidpublisher.com/Public/uploads/Contribute/566e61bcab6b4.pdf>

[Hozzáférés dátuma: 2023. 01. 24.]

[3] Zagorác M., Szabó B.: BIM kézikönyv – Bevezetés az épületinformációs modellezésbe, 2018

[4] Kiss-György E.: Épületek 3D modellezése, Székesfehérvár: Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar Geoinformatikai Intézet, 2018

[5] Csarnai A.: Épület 3D modellezése, Székesfehérvár: Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar Geoinformatikai Intézet, 2018

[6] Varga A.: Építmények 3D modellezése fotogrammetriai módszerrel, Székesfehérvár: Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar Geoinformatikai Intézet, 2017

[7] Pesti M.: BIM a korszerű üzemeltetésben, [Online]. Available:

<https://lechnerkozpont.hu/cikk/bim-a-korszeru-epuletuzemeltetesben> [Hozzáférés

dátuma: 2023. 04. 25.]

[8] Tanqi Y., Lihui L.: Research on Building Information Model (BIM) Technology [Online]. Available:

https://www.researchgate.net/publication/305794994_Research_on_Building_Information_Model_BIM_Technology [Hozzáférés dátuma: 2023. 04. 11.]

12.ÁBRAJEGYZÉK

1. ÁBRA A KOLLÉGIUM A ÉPÜLETE (FORRÁS: SAJÁT KÉP)	2
2. ÁBRA A BIM MODELLEK ALKALMAZÁSA A LÉTESÍTMÉNY ÉLETCIKLUSAIBAN (FORRÁS: LECHNER TUDÁSKÖZPONT: BIM KÉZIKÖNYV)	7
3. ÁBRA A 3.1 CHCNAV I73 GNSS VEVŐ ÉS CHCNAV HCE320 KONTROLLER (FORRÁS: HTTPS://CHCNAV.COM/ABOUT-US/NEWS-DETAIL/CHCNAV-INTRODUCES- THE-I73+-GNSS-UHF-BASE-AND-ROVER)	8
4. ÁBRA A LEICA P40 LÉZERSZKENNER (FORRÁS: HTTPS://LEICA-GEOSYSTEMS.COM/HU- HU/PRODUCTS/LASER-SCANNERS/SCANNERS/LEICA-SCANSTATION-P40--P30)	9
5. ÁBRA A FELMÉRÉS SORÁN KÉSZÜLT KÉPEK (FORRÁS: SAJÁT KÉP).....	11
6. ÁBRA ADATBÁZIS LÉTREHOZÁSA (FORRÁS: LEICA CYCLONE KÉPERNYŐKÉP)	12
7. ÁBRA A NYERS MÉRÉS IMPORTÁLÁSA (FORRÁS: LEICA CYCLONE KÉPERNYŐKÉP)....	13
8. ÁBRA A REGISZTRÁCIÓ MENÜSORA (FORRÁS: LEICA CYCLONE KÉPERNYŐKÉP)	14
9. ÁBRA A LETISZTÁZOTT PONTFELHŐ (FORRÁS: LEICA CYCLONE KÉPERNYŐKÉP).....	14
10. ÁBRA A FOLYOSÓK KERESZTMETSZETE A LÉTREHOZOTT SZINTEKKEL (FORRÁS: AUTODESK REVIT KÉPERNYŐKÉP).....	17
11. ÁBRA A FALAK ÁTLÁTSZÓSÁGÁNAK BEÁLLÍTÁSA (FORRÁS: AUTODESK REVIT KÉPERNYŐKÉP).....	19
12. ÁBRA AZ ELSŐ SZINT A FALAKKAL ÉS NYÍLÁSZÁRÓKKAL (FORRÁS: AUTODESK REVIT KÉPERNYŐKÉP)	20
13. ÁBRA A LÉPCSŐK KERESZTMETSZETI RAJZA (FORRÁS: AUTODESK REVIT KÉPERNYŐKÉP).....	21
14. ÁBRA A KÉSZ LÉPCSŐFORDULÓ 3D-S NÉZETBEN (FORRÁS: AUTODESK REVIT KÉPERNYŐKÉP).....	22
15. ÁBRA AZ ELKÉSZÜLT TETŐ 3D-S RAJZA (FORRÁS: AUTODESK REVIT KÉPERNYŐKÉP)	24
16. ÁBRA A TETŐSZERKEZETHEZ IGAZÍTOTT FALAK (FORRÁS: AUTODESK REVIT KÉPERNYŐKÉP).....	25
17. ÁBRA A FÖLDSZINTI KONYHA LÁTVÁNYTERVE (FORRÁS: AUTODESK REVIT KÉPERNYŐKÉP).....	26
18. ÁBRA A SZOBÁK ELRENDEZÉSE ÉS MEGÍRÁSAIK (FORRÁS: AUTODESK REVIT KÉPERNYŐKÉP).....	27
19. ÁBRA AZ ELKÉSZÜLT BIM MODELL 3D-S RAJZA (FORRÁS: AUTODESK REVIT KÉPERNYŐKÉP).....	28
20. ÁBRA AZ ELLENŐRZÉSKÉNT MÉRT PONTOK ELHELYEZKEDÉSE (FORRÁS: AUTODESK AUTOCAD KÉPERNYŐKÉP)	30
21. ÁBRA AZ ELLENŐRZŐ TÁVOLSÁGOK KEZDŐ ÉS VÉGPONTJAI (FORRÁS: SAJÁT TÁBLÁZAT).....	31
22. ÁBRA AZ ELLENŐRZŐ TÁVOLSÁGOK (FORRÁS: SAJÁT TÁBLÁZAT)	31
23. ÁBRA ELTÉRÉSEK (FORRÁS: SAJÁT TÁBLÁZAT).....	32
24. ÁBRA A KISZÁMÍTOTT STATISZTIKAI ÉRTÉKEK (FORRÁS: SAJÁT TÁBLÁZAT).....	32

25. ÁBRA PONTFELHŐ ÉS A MODELL KÖZÖTTI STATISZTIKÁK (FORRÁS: SAJÁT TÁBLÁZAT)	
.....	33

13.Mellékletek

- Az elkészült épületinformációs modell Revit állománya (.rvt), elérhető az alábbi linken: https://obudaiegyetem-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/kiralyjanos98_stud_uni-obuda_hu/ERNa_z0JPf5LsGHPE25hJYIBrhEh0pTE2WL0NdKkZqUV0A?e=Z97Ve0
- Az illesztőpontok koordinátái:

Illesztőpontok koordinátajegyzéke			
Pontszám	Y	X	M
100	601923.746	204648.047	107.522
101	601904.684	204660.794	107.504
102	601898.793	204679.346	107.595
103	601906.379	204685.716	107.853
104	601911.488	204729.894	108.234
105	601930.950	204736.895	108.214
106	601904.028	204701.165	108.106
109	601935.213	204670.792	108.204
110	601968.003	204657.288	108.666
118	601948.742	204680.590	108.745

- Az ellenőrző mérések koordinátái:

Ellenőrző mérések koordinátajegyzéke			
Pontszám	Y	X	M
107	601919.587	204706.487	108.662
108	601927.098	204671.160	108.292
111	601921.883	204683.713	108.414
112	601919.359	204685.457	108.442
113	601916.117	204684.711	108.432
114	601915.055	204689.614	108.342
115	601918.288	204690.254	108.443
116	601920.032	204692.870	108.267
117	601944.074	204674.788	108.447
119	601944.211	204674.632	108.885