



Folyamatautomatizálási lehetőségek elemzése, egy BIM alapú esettanulmány keretében

Szerző:
Sárközi Alexander
Konzulens:
Kovács Ádám Tamás
2020.október

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	1
Absztrakt/Abstract	2
1. Definíciók és általános fogalmak.....	3
1.1 A BIM általános leírása	3
1.2 Alapfogalmak	4
1.3 BIM – dimenziók.....	7
2. Bevezetés	9
2.1 A dolgozat háttere.....	9
2.2 Hol tart ma az építőipari digitalizáció?	9
3. Irodai BIM felkészítés	12
3.1 Előzmények	12
3.2 BIM Implementáció.....	14
3.2.1 Inicializálás.....	15
3.2.2 Tervezés	16
3.2.3 Alapok lefektetése	18
3.2.4 Bevezetés.....	18
3.2.5 Eredmény	20
4. Raktárépület BIM alapú megvalósulásának bemutatása.....	20
4.1 Előkészítés	20
4.1.1 Szerkezet tervezés.....	20
4.2 Engedélyezési tervdokumentáció elkészítése.....	21
4.3 Kivitelezési tervdokumentáció elkészítése.....	25
4.4 Az építkezés nyomon követése	28
5. Folyamat automatizálási elemzés	31
5.1 Konceptió terv.....	31
5.2 Szerkezeti terv	32
5.3 Engedélyezési terv	39
5.4 Kiviteli terv.....	53
6. Konklúzió	56
7. Köszönetnyilvánítás.....	57
8. Hivatkozások	58
9. Irodalomjegyzék	58

Absztrakt

A BIM (Building Information Modeling), mint fogalom a kor építészeti szótárának talán legismertebb kifejezése, azonban a tapasztalat azt mutatja, hogy a szakmában még mindig nem ismerik elegendően a három betű valódi jelentését. A dolgozat célja egy konkrét BIM esettanulmány bemutatása, ahol végig veszem egy tervező-kivitelező-gyártó cég BIM fejlődési útját, így lehetőség nyílik arra, hogy mind a három terület valamennyi gyakorlati alkalmazását be tudjam mutatni és így hiánypótló módon a BIM fogalmakat ezeken a példákon keresztül szemléltessem és magyarázzam meg. A tudományos szakirodalom egyik aktuális témája a tervezési, kivitelezési és gyártási folyamatok automatizálási lehetőségeinek felfedezése. Ezért további célom, hogy a bemutatott folyamatokat automatizálhatóság szempontjából elemezzem és összehasonlítsam azok erőforrásigényét és hatékonyságát a hagyományos 2D tervrajz készítő és a 3D modellező CAD (Computer Aided Design) módszerekkel szemben. A dolgozat jó alapot biztosít ahhoz, hogy az építőipar szereplői jobban megértsék a BIM folyamatokat és el tudják dönteni saját helyzetükben milyen előnyökkel és hátrányokkal kell szembenéznük azok bevezetése esetén.

Abstract

The BIM (Building Information Modeling), as a definition, probably the most famous word right now in the dictionary of architects, however in real life, only few of them knows the exact meaning of these 3 letters. The focus of my report is the presentment of a BIM study case. In this study case I am going to follow up the BIM development of a certain company dealing with design, construction and production as well. Since all three field of experties are involved in the company's portfolio, this extraordinary situation allows me to introduce practical applications and concepts of BIM processes throughout various examples. One of the current topics of scientific literature are the automation possibilities of design, construct and production processes. To that end, my goal is to analyze the presented methods from the perspective of automation and compare their resource requirements and efficiency against the classical 2D blueprint maker and 3D modeller CAD (Computer Aided Design) methods. The report provides a good basis for the members of construction industry to understand the BIM workflows better and show them the pros and contras of using these processes, thus they can decide whether it is for them or not.

1. Definíciók és általános fogalmak

1.1 A BIM általános leírása

Alább a dolgozat megértése szempontjából elengedhetetlen fogalmak magyarázata található, mivel a dolgozat nem általánosan tárgyalja a BIM-et, hanem egy egyedi projekten keresztül mutatja be annak gyakorlati alkalmazását, a fogalmak magyarázata többnyire külső már jól megfogalmazott forrásokon keresztül történik.

A BIM definíciója

Egyelőre a legáltalánosabban elfogadott és hivatkozott megfogalmazás az amerikai nemzeti BIM-szabványban (NBIMS - National BIM Standard-United States) található:

“Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition.”

A megfogalmazás szabad fordításban valahogy így hangzik:

“Az épületinformációs modellezés (BIM) egy létesítmény fizikai és funkcionális tulajdonságainak digitális leképezése. A BIM segítségével egy olyan közös, megosztott információforrás jön létre a létesítményről, amely megbízható alapot jelent a döntéshozatalhoz a teljes életciklusban; a legelső koncepció kidolgozásától a bontásig.”

A BIM tehát egy olyan adatbázis létrehozását jelenti, amelyben a felhasználási céloknak megfelelően létrehozott virtuális modell épületelemei a geometriai reprezentáción kívül információhordozóként is funkcionálnak. Az információ hozzárendelhető az elemhez egyedi konzignációs azonosító (pl. klasszifikációs szám) segítségével, vagy közvetlenül beágyazható az elem paraméterkészletébe. Az információ jellegét, mennyiségét és tényleges tartalmát a felhasználás célja határozza meg.¹

1.2 Alapfogalmak

IFC – Industrial foundation classes

Az IFC egy független és nyílt 3D-objektum-alapú szabvány és fájlformátum, amely a különböző fejlesztőktől származó építőipari CAD szoftverek közötti információátadást teszi lehetővé azáltal, hogy képes leírni az építőiparban használt, grafikus és nem grafikus adatokkal ellátott térbeli épületelemeket.

A BIM-modell projektrésztvevők közötti megosztására, a különböző szakági modellek összehasonlítására és integrálására használják. A tervezés közbeni koordináción túl felhasználható mérnöki adattárolásra, archiválásra is.

Az OpenBIM kezdeményezés alapvető formátuma.

Az IFC fejlesztéseit a buildingSMART International szakértői nonprofit szervezet végzi, összhangban a nagyobb szoftvergyártók segítségével, viszont azok irányítása nélkül. Az IFCformátum ISO szabvány (ISO16739:2013), honosításával magyar szabványként (MSZ EN ISO 16739:2017) is bevezetésre került.¹

LOD – Level of development

A szaknyelv a LOD-betűszóval két meghatározást azonosít a BIM vonatkozásában: „Level of Detail” és „Level of Development”. A két fogalom egymáshoz hasonló, mégis eltérő jelentéssel bír, ami félreértéshez vezethet.

Eredetileg a „Level of Detail” (részletességi szint) kifejezés került a köztudatba, később a rövidítés „D” betűjét a „Development” (fejlettség) szóra változtatták, aminek köszönhetően a betűszóhoz sokkal árnyaltabb tartalom társítható.

Amíg a „detail” (részlet) a legtöbb esetben csupán a geometriai, grafikai részletességre utalt, addig a „development” a geometriai kidolgozottságon túl a mögöttes információtartalom és a geometriai megjelenés átgondoltságát és megbízhatóságát is egyértelműsíti. Arra is választ ad, hogy a felhasználó milyen szinten támaszkodhat a modelltől kinyerhető információra.¹

LOD 200

A modellelemek meghatározott rendszerként, objektumként vagy gyártmányként, közelítő mennyiséggel, mérettel, alakkal, elhelyezkedéssel és tájolással, grafikusan jelennek meg a modellben. Nem grafikus információ is kapcsolódhat a modellelemekhez.

Az LOD 200-as követelményeket teljesítő modellelemek feladata az objektumok létezésének jelzése. Geometriájuk hasonlíthat a valódi elem térbeli megjelenésére, de olyan testekként is megjelenhetnek, melyeknek csak kiterjedése utal a valódi elemekre és azok helyigényére.

Minden LOD 200 részletezettségű modellelemből származtatott információ közelítő eredménynek tekintendő.¹

LOD 300

A modellelemek meghatározott rendszerként, objektumként vagy gyártmányként grafikusan jelennek meg a modellben, a valódi elemnek megfelelő mennyiséggel, mérettel, alakkal, elhelyezkedéssel és tájolással. Nem grafikus információ is kapcsolódhat a modellelemekhez.

A modellelemek mennyisége, mérete, formája, helyzete és tájolása a modelltől eredeztethető, nem modellezett információk – megjegyzések, méretjelölések vagy konszignációk – hivatkozása nélkül.

A projekt origója előre meghatározott, a modellelemek elhelyezése ezen origó figyelembevételével történik.¹

LOD 350

A modellelemek meghatározott rendszerként, objektumként vagy gyártmányként grafikusan jelennek meg a modellben a valódi elemnek megfelelő mennyiséggel, mérettel, alakkal, elhelyezkedéssel, tájolással és más rendszerekhez való kapcsolódással. Nem grafikus információ is kapcsolódhat a modellhez.

A modellelemek koordinációban szereplő részei a szomszédos vagy hozzájuk kapcsolódó elemekkel együtt jelennek meg, a csatlakozási és rögzítési módok ábrázolása mellett. A modellelemek mennyisége, mérete, formája, helyzete és tájolása a modelltől eredeztethető, nem modellezett információk – feliratok, méretjelölések vagy konszignációk – hivatkozása nélkül.

Egyes épületszerkezetek, berendezések esetén ennél a fejlettségi szintnél megjelenik a beépítéshez és üzemeltetéshez szükséges térrész modellelemként történő leképezése. Ez a valóságban nem létező térbeli elem segít a tervezés során vizuálisan érzékeltetni az adott szerkezet vagy berendezés minimális helyszükségletét.¹

LOD 400

A modellelemek meghatározott rendszerként, objektumként vagy gyártmányként grafikusán jelennek meg a modellben a valódi elemnek megfelelő mennyiséggel, mérettel, alakkal, elhelyezkedéssel és tájolással, a gyártásra vonatkozó részletekkel, összeszerelési és telepítési információval. Nem grafikus információ is kapcsolódhat a modellhez.

Egy LOD 400-as pontosságú és részletességű elem minden olyan információt tartalmaz, amely a gyártásához szükséges. A modellelemek mennyisége, összetettsége, mérete, formája, helyzete és tájolása a modelltől eredeztethető, nem modellezett információk – jegyzetek, méretjelölések vagy konszignációk – hivatkozása nélkül.¹

Klasszifikációs rendszer

A klasszifikációs rendszer egy olyan szabványosított vagy egyedileg kialakított struktúra, amely segítségével az épületelemek, szerkezetek és így a modellelemek csoportosíthatók, osztályokba sorolhatók, ezzel könnyítve a későbbi lekérdezéseket, lehatárolásokat.

A megfelelő klasszifikációs rendszer kiválasztása jelentős mértékben befolyásolja az információmenedzsmentet a projekt folyamán. Használatával a tervezési, előkészítési, kivitelezési és üzemeltetési folyamatok egységes rendszerben kezelhetők.¹

Uniclass 2015

Az Uniclass 2 klasszifikációs rendszer továbbfejlesztése, az NBS (National Building Specification) kezeli és frissíti.

Az előző rendszer egyes tábláinak összevonásával és újabbak felvételével keletkezett. Használata az építőipar egészére kiterjed.

Megfelel az ISO 12006-2 szabványnak, és a CAWS- klasszifikációnak. Jelenleg az Egyesült Királyság területén használatos. Hivatalos nyelve az angol.

Példa Uniclass 2015 azonosítóra és a hozzá tartozó elemre:

Pr_20_31_35_75: Fűrészpor

1.3 BIM – dimenziók

2D (CAD)

Térbeli elemek (építmények, épületek) kétdimenziós síkokra (xy, xz, yz síkok) vetített vektorgrafikus ábrázolása.

Egy térbeli elem pontosan definiálhatóvá válik egy kétdimenziós koordináta-rendszerben, ha annak metszősíkjai kellő számban – legalább három, egymással szöget bezáró síkkal felvéve – és megfelelő helyen kerülnek meghatározásra.

A térbeli elem rekonstrukciójához több 2D-rajz együttes vizsgálata és értelmezése szükséges.

3D (CAD)

Kizárólag geometriára, elhelyezésre és megjelenítésre vonatkozó információval bíró térbeli elemek (építmények, épületek) virtuális térben történő elhelyezése és megjelenítése. A modelltől 2D- és 3D-nézet is létrehozható. A térbeli elem a modell pontosságának megfelelően követi a valós elem geometriáját, a térbeli elem a virtuális térben a látvány alapján megérthető.

3D BIM – modell

Több, egymással kapcsolatban álló elem információközpontú fejlett geometrikus modellje. Magyar megnevezése többnyire „BIM-modell”, mely háromdimenziós és parametrikus épületelemekből virtuális térben épített, többletinformációval rendelkező vizuális modellt jelent. „Digitális ikertestvére” (digital twin) a valós épület fizikai és funkcionális tulajdonságainak. A többletinformációt a virtuális épületelemek egymáshoz való viszonya és a hozzáadott paraméterértékek jelentik, amelyek a 3D-modellben rendeződnek adatbázisba. A 3D BIM-modell alapján az egyes modellelemek egyértelműen azonosíthatók és anyagmennyiségük meghatározható.

4D BIM – modell

Az adott épületelem kivitelezési ideje és ütemezése a 3D BIM-modellből származó anyagmennyiségi adatok és a megfelelő munkanorma-értékek szorzata alapján nagy pontossággal meghatározhatóvá válik. Az így kiszámított értékek és az elemekhez kapcsolt időtényező segítségével megjeleníthető az épületelem kivitelezésének kezdeti és befejezési időpontja is.

4D BIM-szoftver segítségével animáció készíthető az építkezés folyamatáról a könnyebb érthetőség érdekében.

5D BIM – modell

A 3D BIM-modell által szolgáltatott anyagmennyiségek, valamint az elemekhez kapcsolódó munkanorma adatokból számított idő, mint dimenzió (4D), kiegészíthető a kivitelezési költségekkel, ezt nevezzük ötödik dimenziónak (5D).

Az anyagmennyiségi- és költségadatokat, valamint az előállításához szükséges időnormák egy 4D/5D BIM- szoftverben kapcsolhatók össze a virtuális modellelemekkel. Segítségével az építkezés folyamata minden épületelem pontos kivitelezési költségével együtt vizuálisan bemutatható. Használatával költségbecslés, költségvetés, valamint pontos pénzügyi ütemezés is készíthető.

6D BIM – modell

A geometrikus 3D BIM-modell elemekhez energetikai és épületfizikai adatok csatolásával létrejövő modell, melynek segítségével energiafelhasználási analízisek, fenntarthatósági számítások és életciklus-elemzések készíthetők.

Tartalmazhatja az egyes építőanyagok és épületelemek gyártási és beépítési adatait, előírt (javasolt) karbantartási gyakoriságát és idejét, élettartalmát, optimális működésének szabályait. Ezáltal az épület energiafelhasználása és fenntarthatósága optimalizálható.

2. Bevezetés

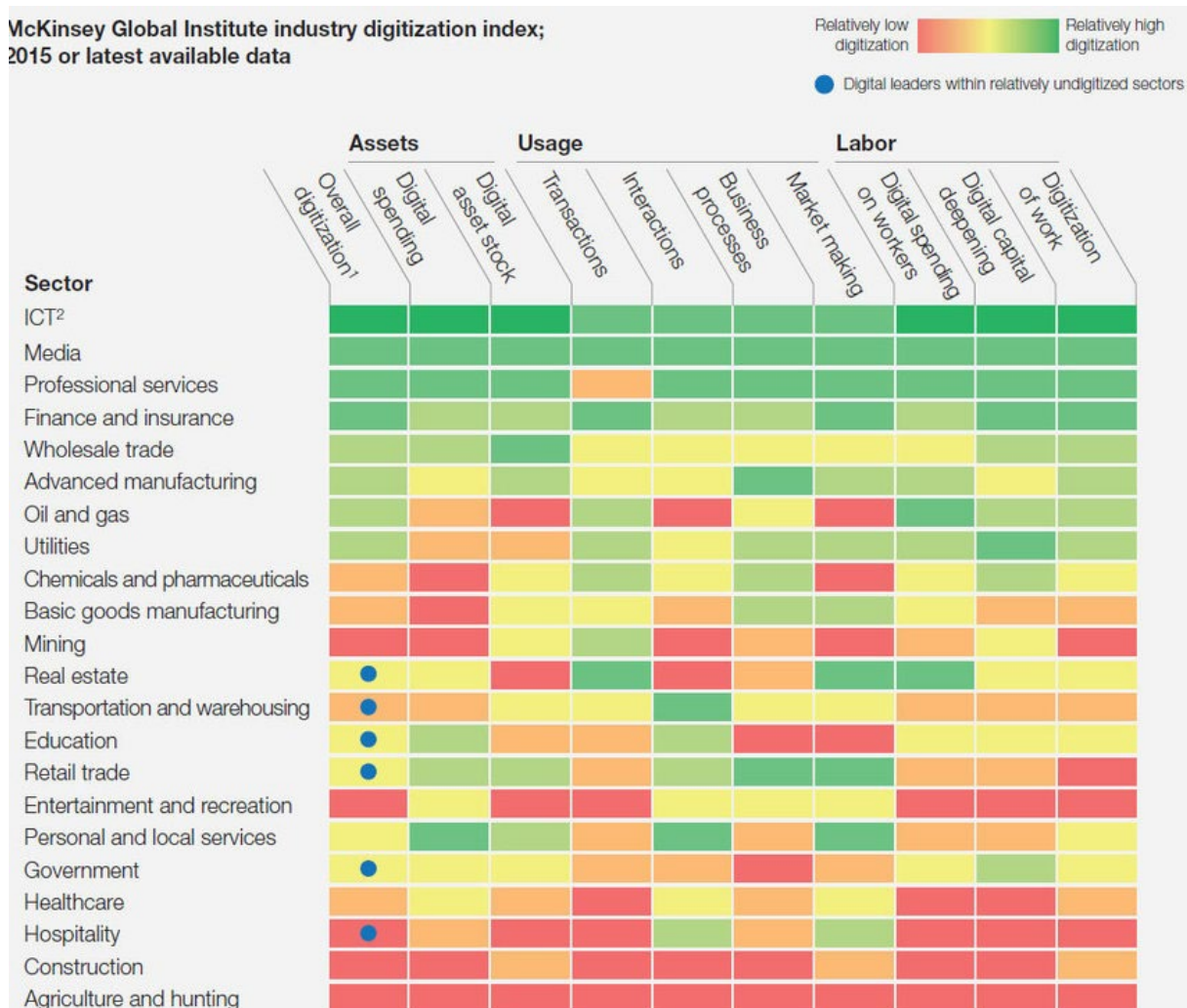
2.1 A dolgozat háttere

A TDK dolgozat elkészítésének háttere egy mai napig is tartó munkaviszonynak köszönhető. Építésmérnök gyakornokként helyezkedtem el egy generáltervező és generálkivitelező cégnél. Másfél éve amikor odakerültem még többnyire külsős építész irodák készítették az építészeti dokumentációkat, azonban elkezdtük kiépíteni a saját építész tervező részlegünket. A külsős partnereket vizsgálva arra a következtetésre jutottam, hogy 90%-ban 2D-ben, különféle CAD programokban készülnek el a dokumentációk, melyet nem tartottunk követendő példának, úgy gondoltuk, hogy egy 2019-ben születő építész irodának nemcsak, hogy ajánlott, de kötelező is a mai kor szellemében működnie, így a BIM alkalmazására esett a választásunk. A cég ekkoriban már alkalmazta a BIM-et, a saját statikus tervező részlegünk már évek óta 3D-ben dolgozta fel, majd dokumentálta a tartószerkezeti dokumentációkat, így összeférhetetlen lett volna, ha az így kapott referencia modelleket nem tudjuk megfelelően hasznosítani egy 2D alapú tervező szoftverben. A Graphisoft Archicad és az Autodesk Revit programok kipróbálása után, az Archicad mellett tettük le a voksunkat. Így akkoriban még kevés tapasztalattal ilyen téren, de belevágtunk az első BIM alapú tervezési feladatunkba, egy valós projekten. A BIM szintjei közül a 3D-s modellezést és modellesere lehetőségét tűztük ki elsődleges célként. Az első projekt így a statikus és építész csapat között modelleserével készült el, így sikerült sokkal pontosabb tervekkel készítenünk és 3D-ben vizualizálni a tervezett épületet. A tanulságokat levonva egyértelműen látszódtak az előnyök a 2D-s modellezéssel szemben. Ezek után több projektünk is így készült, azonban további fejlődési célként tűztük ki magunknak, hogy a mennyiségi kigyűjtéseket, költségvetéseket, kivitelezési ütemterveket is a 3D-modell segítségével készítsük el. Jelenleg is ez a fejlesztési fázis tart, ugyanis 2021 tavaszára tűztük ki a munkafolyamatok teljes gyakorlatba átültetését. A TDK dolgozat ezt a folyamatot vizsgálja egy esettanulmány, avagy pilotprojekt bemutatásán keresztül.

2.2 Hol tart ma az építőipari digitalizáció?

Ha visszatekintünk az építőipar fejlődésére és összehasonlítjuk azt más iparágakkal, akkor világosan láthatjuk, hogy sosem tartozott a leghatékonyabb iparági szereplők közé. Elég, ha az autóipart vesszük alapul, ahol a digitalizáció gyakorlatilag alapértelmezett, szerves részét képezi a folyamatoknak. Rengeteg tanulmány és beszámoló igazolja sajnos, hogy az iparágunk nem elég hatékony, a beruházások nagy része többletköltségekkel jár a kivitelezés folyamán

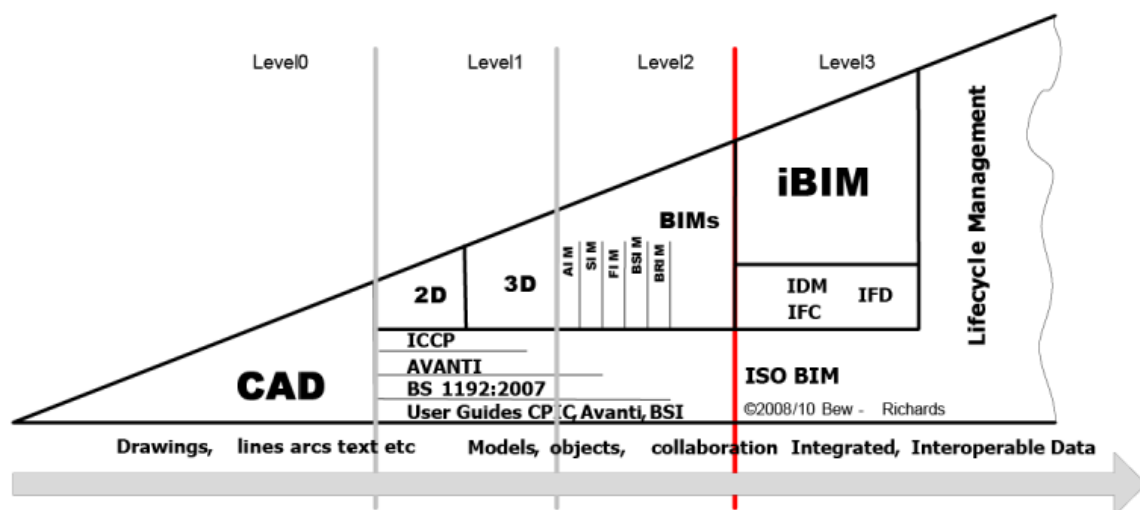
arról nem is beszélve, hogy sokszor akár éveket is húzódhat egy építési projekt a kiírt teljesítési dátumon túl. Ez sokszor visszavezethető arra, hogy még mindig nem automatizáltuk kellőképpen a munkafolyamatainkat. A BIM az új technológiák fejlesztésének és automatizálásának alapját képezheti.



1.ábra – McKinsey Global Institute: industry digitalization index²

A fenti McKinsey&Company által készített diagramon jól látszik (1.ábra), hogy az építőipar csak egyetlen szektornál teljesít jobban, ha a digitalizációt tekintjük alapul és az a mezőgazdaság és vadászat. Ebből leszűrhetjük, hogy mekkora elmaradásban vagyunk, mindez arra is visszavezethető, hogy az építőipar lassan fogadja be a technológiai újításokat és a meglévő alapértelmezett folyamatokat is lassan frissíti. Ha a projektek tervezését vesszük példának még mindig kevés a kooperáció a tervezők és kivitelezők között mindez köszönhető annak is, hogy még mindig papíron történik az információ csere.²

A jó hír az, hogy az építőipar jelentős változásokon megy keresztül jelenleg, a rossz hír viszont az, hogy ez sokkal lassabban történik mint, ahogyan tervezve volt.³ Erre a legjobb példa a BIM Level 2 szint (2.ábra) bevezetése az Egyesült Királyságban, melyet 2016-ra terveztek, azonban a mai napig nem tudták hivatalosan bevezetni. Ennek okán manapság már nem is BIM Level 2-ként hivatkoznak erre, hanem az ISO19650-es szabvány család részeként. A lassú bevezetést igazolhatja, hogy a szabvány bizonyos részei csak idén készültek el és még mindig van olyan szakasza, ami nem került publikálásra. Ha az alábbi diagrammot nézzük (2.ábra), akkor megállapíthatjuk, hogy a Magyarországi irodák többsége Level 0 azaz nem használ BIM-et, illetve Level 1 szinten tart, tehát egyszerre használunk 2D és 3D megoldásokat a projektjeinkhez. A lassú alkalmazkodás több tényezőhöz is köthető, kevés szabvány létezik még, ami ezzel foglalkozik, kevés a technológiai újítás, a szoftverek még nem állnak készen a jövő változásaira. Az egyik legnagyobb visszahúzó erő azonban magában az emberekben keresendő, ahhoz, hogy adaptálni tudják ezeket az új technológiákat, ki kell lépniük a komfortzónájukból, új dolgokat kell elsajátítaniuk a régi megszokott és általuk hitt jól működő dolgok helyett, de persze ezen felül sok más kulturális és pénzügyi akadály is lassítja a folyamatot. A fejlődés elősegítéséhez minden ország hozzájárulhat azzal, ha segítséget nyújt az építőiparban dolgozó embereknek, erőforrásokat és segédanyagokat nyújt, információt közöl, különféle szakmai rendezvényeket szervez és bemutatja az embereknek milyen lesz a jövő, amiben mindannyian dolgozni fogunk.



2.ábra – Bew Richards BIM maturity model

3. Irodai BIM felkészítés

3.1 Előzmények

2019 januárjában építész gyakornokként helyezkedtem el a 12 Raszter Kft.-nél. A cég fő profilja az acél szerkezetű épületek tervezése, gyártása és kivitelezése. Ekkoriban az építészeti tervezés még nem tartozott a cég profiljába, kizárólag a tartószerkezeteket tervezték házon belül, saját szerkezettervező mérnök csapattal. Az építész munkarészeket külsős építészirodák készítették. Mivel majdnem minden folyamat a cégen belül volt kezelve, elengedhetetlen volt, hogy saját építész csapata legyen az irodának, ezáltal generáltervezőként és generálkivitelezőként tudjunk projekteket vállalni, melyhez az acélszerkezeteket is mi gyártjuk. Az érkezésemmel egy időben két építész kezdett az irodában dolgozni. Az én feladatom ekkor az volt, hogy megpróbáljam összekovácsolni az építészcsapat és a statikus csapat projektjeit, hiszen a statikusok már régóta a Tekla segítségével terveztek, mely egy BIM alapú szoftver. Az építészek számára a két meghatározó BIM szoftver, a Graphisoft Archicad és az Autodesk Revit volt a reális alternatíva. Jelentős utánajárás és két kisebb próbaprojekt elkészítése után a Graphisoft Archicad-et választottuk.

Az első megépülő próba projektünkhöz egy egyszerű geometriájú raktárcsarnokot választottunk. Célnak tűztük ki, hogy a projekt keretében a következőket érjük el:

- 3D modellezés
- 3D modellcsere a szerkezettervezőkkel
- Dokumentáció kinyerése a modelltől
- Tervellenőrzés
- Látványtervezés

A próba projekt tervezése alatt elkészült a legelső Archicad sablonfájlunk, mely az ezt követő projekteknél elengedhetetlen volt, hiszen minden fontosabb munkafolyamat előre definiálva volt a tervpecséttől kezdve a tervlapok elrendezéséig, így jelentős időt tudtunk megspórolni. A próbaprojekt az épület elkészültével 2020 elején ért véget, a következtetéseket levonva egyértelműen láttuk és tapasztaltuk a BIM előnyeit, az építészek és statikusok között sokall egyszerűbb kommunikáció jött létre az IFC fájlok cseréjével, hiszen minden 3D-ben készült el a lehető legpontosabban letudtuk modellezni, hogy fog megvalósulni a projekt, leredukálódtak a 2D-ben sokszor előfordult rajzi koordinációs problémák. A kivitelezéskor a kiviteli terveken felül a 3D modellnek vettük a legnagyobb hasznát, bármilyen építés során

felmerülő problémát vagy kérdést a modell segítségével át tudunk gondolni, ahelyett, hogy gyors helyszíni megoldások kaptak volna teret. Az említett előnyökön, felül még az engedélyezési folyamatot is támogatta a BIM, a helyi önkormányzat munkáját is megkönnyítettük a látványtervek elkészítésével, hiszen a 2D-s rajzokon felül a látványtervek segítségével jobban el tudták képzelni az építeni kívánt csarnokot és így pozitívan elbírálni a településképi véleményt, mely a helyi szabályozás szerint elengedhetetlen volt az engedély kiadásához.

A sikerélményeken felbuzdulva elhatároztuk, hogy tovább fejlesztjük a BIM eszköztárunkat és még több alkalmazási területét építjük be a mindennapi folyamataink közé.



3.Ábra – Próba projekt látványterve 3D BIM modell alapján



4.Ábra – Megvalósult épület

3.2 BIM Implementáció

2020 tavaszán az első megépült BIM alapú projektünk után elhatároztuk, hogy nemcsak a 3D BIM dimenziót szeretnénk használni a projektjeinken, hanem bevezetjük a 4D és 5D BIM használatát, a plusz két dimenzió, ami így kapcsolódni fog a modelljeinkhez a projekt ütemezés és a mennyiségi és költségkiírások. Ehhez készítettem a cégnek egy BIM implementációs tervet, amiben összefoglaltam, hogyan fogjuk a gyakorlatba építeni a 4D,5D használatát, összegyűjtöttem a szükséges szoftvereket, erőforrásokat, költségeket és egyéb elengedhetetlen tényezőket, amelyek kockázatot jelenthetnek. A folyamatokat az ISO19650-es nemzetközi szabvány publikált részeivel szinkronban szeretnénk gyakorlatba ültetni.

A BIM gyakorlatba építéséhez először megkellett határoznunk a szükséges szinteket melyeket fentebb már említettem. Ez önmagában nem elég, pontosan megkell fogalmaznunk mi a célunk ezekkel a szintekkel, tisztában kell lennünk milyen lehetőségeket és kockázatokat hordoznak magukkal.

Természetesen az implementáció és a munkafolyamatok optimalizálása nem véges, mindig alkalmazkodni kell majd az aktuális újításokhoz. Azonban a jelenlegi implementálási folyamatunknak van egy kezdeti és vég dátuma, melynek végét 2021 tavaszára határoztunk meg.

A keretrendszer, a Graphisoft BIM Manager képzésén elsajátított, projekt menedzsment alapú megközelítés, melyet egyaránt lehet alkalmazni 2D-ről BIM-re váltásnál, de tökéletesen alkalmazható az általunk is megtalálható szituációhoz, amikor is egy meglévő, nem teljes BIM munkafolyamatot fejlesztünk magasabb szintre.

A keretrendszer 5 fázisból áll:

1. Inicializálás
2. Tervezés
3. Alapok lefektetése
4. Bevezetés
5. Eredmény

A továbbiakban a cégünkre vetített keretrendszert fogom bemutatni, hogy az egyes állomásokhoz milyen célokat tűztünk ki.

3.2.1 Inicializálás

Célok meghatározása

A vezetőséggel együtt meghatározott célok nagyvonalakban a következők voltak:

- A jelenleg alkalmazott lassú és pontatlan árajánlatkészítő és költségvetés készítő folyamatok automatizálása, rendszerbe foglalása
- Projekt ütemezések automatizálása, hatékonyabb előrelátás a kivitelezési munkáknál
- A tervezési folyamatok felgyorsítása és minőségének javítása
- Hatékonyabb kollaboráció a csapatok között
- A kivitelezési problémák minimalizálása
- Nagyobb érték biztosítása a megrendelők számára

Fontos kiemelni, hogy a célokat nem elég a vezetőséggel meghatározni és aztán végrehajtani, mindig tájékoztatni kell az összes alkalmazottat, aki érintett a változásokban, ezáltal kialakul egy bizalom felőlük, hogy a változások pozitív értelemben fogják érni az ő munkájukat is.

Meglévő folyamatok feltérképezése

A mi esetünkben egy már meglévő BIM munkafolyamat fejlesztése a cél, tehát felkellett mérni, hogy mennyire állunk távol az elérni kívánt céloktól. Ebbe a vizsgálatba nem csak a szoftveres/hardveres felkészültséget szükséges megvizsgálni, hanem a csapatok felkészültségét, a projektek átlagos nagyságát, gyengepontokat stb.

A meglévő szoftver licenzekkel nem volt gond, hiszen mindegyik meglévő programunk BIM alapokon működik, így a meglévő szoftverek cseréjére nem volt szükség, viszont a folyamatokhoz új szoftverek beszerzése ajánlatos volt.

A csapatok felkészültsége is megfelelő szinten volt, mindegyik csapatban van egy profi, aki a programoknál felmerülő kérdésekben segítséget tudott nyújtani. A dolgozók átlag életkora 30 alatt van, tehát jobban tudnak alkalmazkodni az új szoftverekhez vagy változásokhoz.

Az iroda nem rendelkezett kézikönyvvel vagy segédanyagokkal, amik standardizálnák a cégen belüli folyamatokat viszont a projektek sablonfájlok segítségével készültek, így azok frissítése és egy BIM kézikönyv elkészítése is célként fogalmazódott meg, hogy minden projekt

ugyanúgy szabvány szerint tudjon elkészülni minden alkalommal, ezáltal biztosítva a konzisztens kimeneti minőséget.

A meglévő hardverek is megfelelőnek bizonyultak a fejlesztéshez, a cég már alapból saját helyi szerveren dolgozott évek óta. Ehhez a meglévő rendszerhez fogunk kapcsolni egy építész szervert, amely így meggyorsítja a fájlcsereket, illetve a fájlok védelmét elősegíti. A kollaborációkhoz pedig egy cloud alapú felületet tervezünk használni, melyet bárholnan ellehet érni, akár az építési területről is.

Célok életbe léptetése

A vezetőséggel úgy határoztuk meg, hogy a rendszert fokozatosan építjük be, tehát nem egy nagy lépésben tesszük azt. A próbaprojekt lefutása alatt induló projektek még a régi rendszer szerint készülnek, de amint a próbaprojektnek vége van az összes új induló projekt alkalmazza majd a változásokat.

3.2.2 Tervezés

Implementációs terv

Esetünkben egy már részlegesen bevezetésre kerültek a BIM munkafolyamatok, de mivel azok csak a BIM harmadik dimenzióját foglalták magukba, úgy gondoltuk, hogy egy új próba projekt segítségével fogjuk a negyedik és ötödik dimenziót bevezetni, hiszen így egy élesben kipróbált sablon fájlt és dokumentált munkafolyamatot kapunk.

A próbaprojekt kiválasztásánál egy már engedélyezési terv szinten lévő, kivitelezés előtt álló épületet választottunk. Választhattunk volna egy frissen induló munkát, azonban nem akartuk, hogy a határidők betartása a minőség rovására menjen, illetve mivel már egy ideje alkalmaztuk a BIM harmadik dimenzióját a meglévő modellt csak fel kellett készíteni a 4D és 5D fogadására. A módszer azért is volt számunkra megfelelő, mert így az eddig manuálisan készített projekt ütemezést és költségvetést össze tudtuk hasonlítani mind időben, mind pontosságban az automatizált folyamatokkal, ezáltal egy jó képet kapunk arról, hogy jó irányba halad a változtatás vagy sem.

Egy ilyen próbaprojekt kiválasztásánál a legfőbb szempontok a méreten és komplexitáson alapulnak. A méretnél fontos, hogy optimálisan válasszunk, hiszen egy túl nagy projekt rengeteg időt és energiát emészthet fel, viszont egy túl kicsi projekt esetén sok fontos tényező

maradhat vizsgálat nélkül. A projekt komplexitásánál fontos úgy választanunk, hogy ne legyenek benne új még nem ismert folyamatok, tehát ha például a cég először tervezne egy iskolaépületet, akkor jobb, ha nem azt válasszuk ki a próbaprojekthez. Emiatt mi egy cégen belül kicsi/közepesnek számító 600 m²-es raktárcsarnokot választottunk, hiszen az ilyen projektjeink vannak többségben.

Az implementációs tervnek ki kell térnie minden olyan tényezőre, amik szükségesek a sikeres elsajátításhoz. Emiatt fontos alappillérei a következő tényezők:

- Költségvetés
- Méret
- Ütemezés
- Visszacsatolás

A költségvetésnél ki kell térnünk minden olyan eszközre, ami fizetési kötelezettséggel terheli a céget, és arra is, hogy ezek mikor fognak bekövetkezni, itt össze kell gyűjtenünk az összes szoftvert amire szükségünk van, az IT fejlesztéseket a tréningeket stb. Erre azért van szükség, hogy pontos képet kapjunk arról, hogy biztosan megtudja-e valósítani a cég a céljait és elegendő anyagi kerettel rendelkezik.

A terv méreténél meg kell határoznunk, hogy mekkora méretben befolyásolja az irodát az implementáció, tehát például szükséges-e az egész számítógép parkot fejleszteni, új szervereket létesíteni, esetleg új szakembereket alkalmazni ezekhez.

Az ütemezésnél a célként kitűzött időpontig vezető utat kell beütemeznünk. Ez azért fontos, hogy a vezetőség és a dolgozók is tisztában legyenek azzal, hogy mikor mi fog történni, hiszen ez befolyásoló tényező lehet akár az ott dolgozók munkakörnyezetében, munkafolyamataiban.

A visszacsatolásnál elkell döntenünk, hogyan fogjuk vizsgálni az implementáció végén a projekt sikerességét, hiszen így fog előttünk realizálódni, hogy jó vagy rossz irányba tértek át a dolgok.

Az implementációs terv tehát fontos része a BIM folyamatok bevezetésének, így erre megfelelő mennyiségű időt és energiát kell összpontosítanunk, hiszen egy jól elkészített terv jelentősen megkönnyíti az implementációt.

3.2.3 Alapok lefektetése

A keretrendszer ezen szakasza az, amikor bevezetésre kerülnek az implementációs tervben meghatározott informatikai és infrastruktúra fejlesztések. Ez magában foglalja a szükséges szerverek, számítógépek és szoftverek beszerzését.

Ebben a szakaszában kerül meghatározásra a szervezet felépítése is, mely keretében meghatározzuk a projekt vezetőket, a döntéshozó folyamatokat, azt, hogy kinek mi lesz a feladata a projektek során és milyen rangsorban épül fel a szervezet.

3.2.4 Bevezetés

Ebben a fázisban kerül megvalósításra az implementációs terv. A bevezetés szakaszában indul a próbaprojekt megvalósítása, ehhez szükséges, hogy a projektben résztvevők támogatást kapjanak a zökkenőmentes megvalósítás miatt.

Szabványok kialakítása

A tervezőiroda legfontosabb sztenderdje a sablon fájl. A sablon fájlt a próbaprojekt során tapasztalt problémák és megoldások alapján folyamatosan fejleszteni kell, hogy a jövőben induló projektek során már ne merüljenek fel problémák. Ennek a sablon fájlnak minden olyan szabványt tartalmaznia kell, amit a cég alkalmaz, legyen az saját szabvány vagy nemzetközi, így a betűtípusok, tervpecsétek, projekt információk és még rengeteg más dolog, aminek be kell épülnie a sablon fájlba, hogy azok egy projekt indulásakor egyből rendelkezésre álljanak és ne kelljen mindig időt pazarolni a beállításukra.

Ki kell fejleszteni egy training anyagot is, amelyek bármikor elérhetőek azok számára, akiknek kérdésük van, ez elengedhetetlen ahhoz, hogy akár egy új munkatárs érkezésekor ne kelljen mindig újból, ismétlődő oktatásokat tartani. Ezek az anyagok bármilyen formátumban akár PDF vagy videó formátumban is lehetnek a lényeg, hogy bárkinek bármikor elérhetőek legyenek.

A másik legfontosabb dokumentum a BIM kézikönyv, ez gyakorlatilag teljes mértékben leírja az iroda működését és minden alkalmazásban lévő folyamatot. Ennek a dokumentumnak szintén mindenki számára elérhetőnek kell lennie, ha jön egy új munkatárs ez alapján egyből megérti a cég működését és hogy miért és hogyan alkalmazza a BIM-et mint eszközt. Ennek a dokumentumnak az egész cégre kikell terjednie, nem csak kizárólag az építész részre, azonban elengedhetetlen, hogy ésszerű keretek között tartsuk a terjedelmét, hiszen, ha egy 500 oldalas

dokumentum készül, abban senki nem fog megtalálni semmit és talán még átolvasni sem fogja. Tehát ennek egy technikai dokumentumnak kell lennie, ami röviden és tömören elmagyaráz minden olyan folyamatot, amit a cég használ, kitérve például a sablon fájl felépítésére is.

Oktatás

Elengedhetetlen, hogy a tervező és modellező csapat megfelelő oktatásban részesüljön, melyek lehetnek nagy workshopok vagy kis oktatások akár egy projekt kezdete előtt. Erre azért van szükség, hogy a rengeteg lehetőség közül, amit a tervező program kínál, mindenki a BIM kézikönyv által preferált eszközt használja, ezáltal egy egységes kép alakuljon ki minden munkánál, ezzel redukálva a hibákat és növelve az esztétikát és produktivitást. Az ilyen oktatások során akár a felmerülő problémáikat is megoszthatják egymással a szereplők, melyet közösen hatékonyabban lehet megoldani és megfelelően dokumentálva azt később, könnyebben lehessen megoldást találni rá.

Tesztelés

A próba projekt megvalósulása után, lehetőleg már rendelkezünk egy olyan eszköztárral és sablon fájlal, ami megállhatja a helyét a mindennapi használatba vezetése esetén. Viszont ezt a sablon fájlt érdemes tesztelni, akár képzeletbeli folyamatok szimulálásán keresztül, ezáltal minden eszközt kitudunk próbálni, hogy megfelelően működik-e és ha nem egyből kijavíthatjuk azt, mielőtt élesben használná a tervező csapat a fájlt. Ha a tesztelés a végéhez ért véglegesíthetjük ezeket a sztenderdeket és publikálhatjuk azt a cég felé.

Alkalmazás

Ahogy az inicializálási szakaszban említettem a munkafolyamatokat fokozatosan vezetjük be az irodában. Ezáltal az összes új induló projekt az új rendszerben készül, viszont az aktuálisan futó projektek a régiben készülnek el. Erre oda kell figyelni, hiszen egyszerre két rendszer fut egy bizonyos ideig, így az emberek hajlamosak visszatérni a régi módszerhez, amit már jól ismernek, és abban végrehajtani változásokat, beállításokat. Emiatt szükséges, hogy elmagyarázzuk a csapatnak, hogyan kell használni a BIM kézikönyvet és sablon fájlt.

3.2.5 Eredmény

Végül de nem utolsó sorban az implementáció kiértékelése következik. Ebben a fázisban vizsgáljuk meg, hogy mennyire volt sikeres a fejlesztés és lezárjuk az összes folyamatot, amit az implementáció során megkezdtünk, legyen az akár egy szerződés egy partnerrel. Az eredmény fázis természetesen nem feltétlen jelenti azt, hogy készen van a fejlesztés, hiszen biztosan maradtak még olyan részek, amik kidolgozásra szorulnak, de ez az alkalmazások során éri majd el végleges formáját.

Fontos, hogy kiértékeljük az elért eredményeinket. A még hiányos folyamatokat időzítsük be, hogy mindenképpen megvalósításra kerüljenek. Értékeljük, hogy a tervezetthez képest mennyivel volt drágább vagy olcsóbb a fejlesztés, illetve nézzük meg, hogy a kitűzött határidőket mennyire tudtuk betartani. Ezek az értékelések egy későbbi továbbfejlesztés esetén jó célt tudnak szolgálni, hiszen már felkészülten állhatunk neki egy újabb kihívásnak.

4. Raktárépület BIM alapú megvalósulásának bemutatása

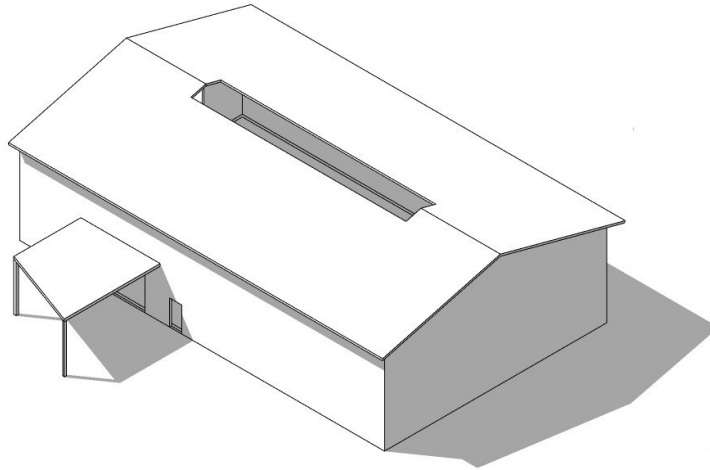
4.1 Előkészületek

A tervezési feladat 2020 tavaszán érkezett be hozzánk, miszerint egy 600 m²-es raktárcsarnok generáltervezését kell megoldanunk. Az építtető egy német tulajdonú elektronikai eszközöket gyártó cég, ezért a németekre jellemző precizitással egy sor követelményt támasztottak felénk, hogy mit kell tartalmaznia a terveknek és milyen követelményeket kell betartania az épületnek.

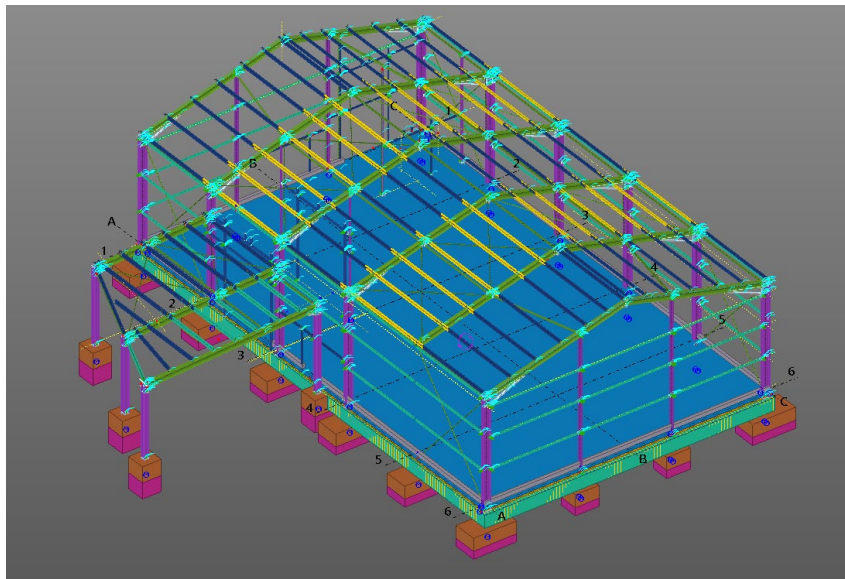
4.1.1 Szerkezet tervezés

Az építtető a koncepció vázlatokat elkészítette egy német építészirodával, így a telken belüli pozíció és az épület méreteinek ismeretében felvázoltam az épület tömegét a Sketchup nevű 3D modellező programban (5. ábra), mely egyszerűsége révén nagyon gyors 3D modellek elkészítését teszi lehetővé, majd azt IFC formátumban kimentve elküldtem a statikus csapatnak, hiszen az engedélyezési terveken a pontos szerkezetet szerettem volna ábrázolni, révén, hogy ez egy csarnok épület. Az így elkészült tömegmodell azt a célt szolgálta, hogy grafikusán 3D-ben referenciaként mutatta be a statikusoknak a tervezési határokat, alapláncokat, belmagasságot, így a 2D-s papíron elkészült skiccekben rejlő hibákat kitudtuk küszöbölni, hiszen sokszor volt ez már probléma, hogy tollvázlatok alapján megtervezett statikai váz hiányosan vagy hibásan készült el és sokszor ezek a hibák a hiányos kommunikáció miatt akár egészen a kivitelezési szakaszig benne maradhatnak a modellben, ha nincs megfelelően ellenőrizve. Az IFC modellcserét követően, a statikusok elkészítették a szerkezeti modellt az

épülethez a Tekla nevű 3D-s szerkezettervező programban (6.ábra), majd azt IFC formátumban elküldve, már én is referenciaként használhattam az engedélyezési tervek elkészítése során.



5.ábra – 3D tömegmodell a Sketchup programban

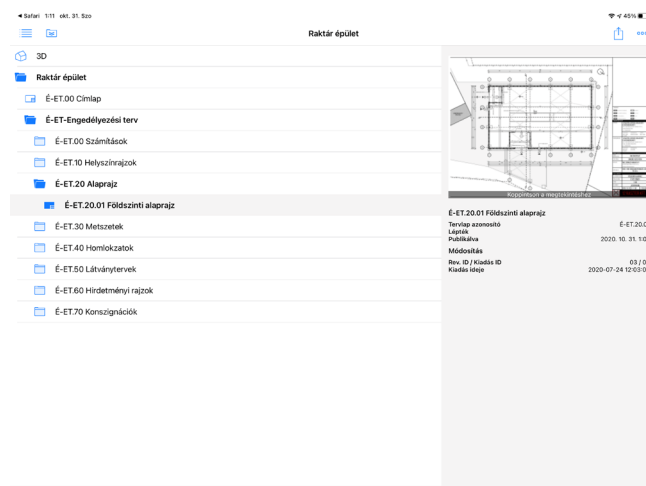


6.ábra – Szerkezeti modell a Tekla programban

4.2 Engedélyezési tervdokumentáció elkészítése

Az engedélyezési terveket a 3D modell felépítésével kezdtem. A statikusoktól IFC formátumban kapott szerkezeti modellt referenciaként használtam fel, az épület külső burkát és rétegrendjeit 3D-ben a szerkezeti modellhez illesztve készítettem el. A 3D modellezésnek nagy előnye, hogy kisebb a lehetőség a hibázásra, hiszen a konkrétan megvalósuló geometriát készítjük el, gyakorlatilag ez a megvalósuló épület digitális ikre („Digital twin”). A tervlapokon

kizárólag a 3D elemek látszódnak metszetben és vetületben, 2D-s elemeket nem használtam a méretvonalakon kívül. A tervezés során több változtatási igényt is kaptunk a megrendelőtől, amiket az elemek parametrikus tulajdonsága miatt pillanatok alatt át lehetett alakítani. Ha 2D-ben készítettük volna el a terveket, akkor ezek a változtatások akár napokat is elvehetnek a projekt időtartamából, hiszen az összes rajzot manuálisan, egyenként kell frissíteni arról nem beszélve, hogy hatalmas a hibázás lehetősége, hiszen sokkal nagyobb odafigyelést igényel, hogy biztos minden rajzon módosultak az elemek. Talán az egyik legnagyobb előnye a 3D modellezési munkafolyamatoknak, hogy nagyban megkönnyíti a kommunikációt a megrendelővel, hiszen 3 dimenziós térben, forgatható modell segítségével történik a megbeszélés, emiatt minden elemnek pontosan megtudjuk mutatni a helyzetét és a megvalósuló épületet pontosan betudjuk mutatni mind használhatósági szempontból és esztétikai szempontból. Az általunk erre legalkalmasabb megoldás a Graphisoft által fejlesztett BIMx nevű prezentációs program, mely egyaránt elérhető telefonos, számítógépes és webes formában, így ezen keresztül a komplett tervcsomagot (7.ábra) és 3D modelleket (8.ábra) eltudjuk küldeni az építetők vagy kivitelezők felé, akik az általuk preferált platformon végig tudják követni a tervezési folyamatot akár és sokkal jobban tudják felénk kommunikálni az igényeiket.



7.ábra – BIMx mappastruktúra Ipad alkalmazásban



8.ábra – Metszet és metszősík megjelenítése 3D-ben BIMx segítségével

Az elkészült tervdokumentáció nálunk mindig tartalmaz látványtervet (9.&10. ábra), melyet a Lumion nevű látványtervező program segítségével készítünk el. A látványterveket a többi tervelappal együtt PDF formátumban feltöltjük az ETDR felületre, hogy az építésügyi hatóság megkezdje az engedélyezési eljárást. A tervek az engedélyezési eljárás előtt mindig átesnek egy településképi véleményezési eljáráson, amit sokszor nem egy építész néz meg, hanem egy laikus ügyintéző vagy a település polgármestere, mivel a látványterveken pontosan látja, hogy mi fog megépülni, sokkal egyszerűbben és gyorsabban tud döntést hozni a településképi rendelet figyelembevételével.

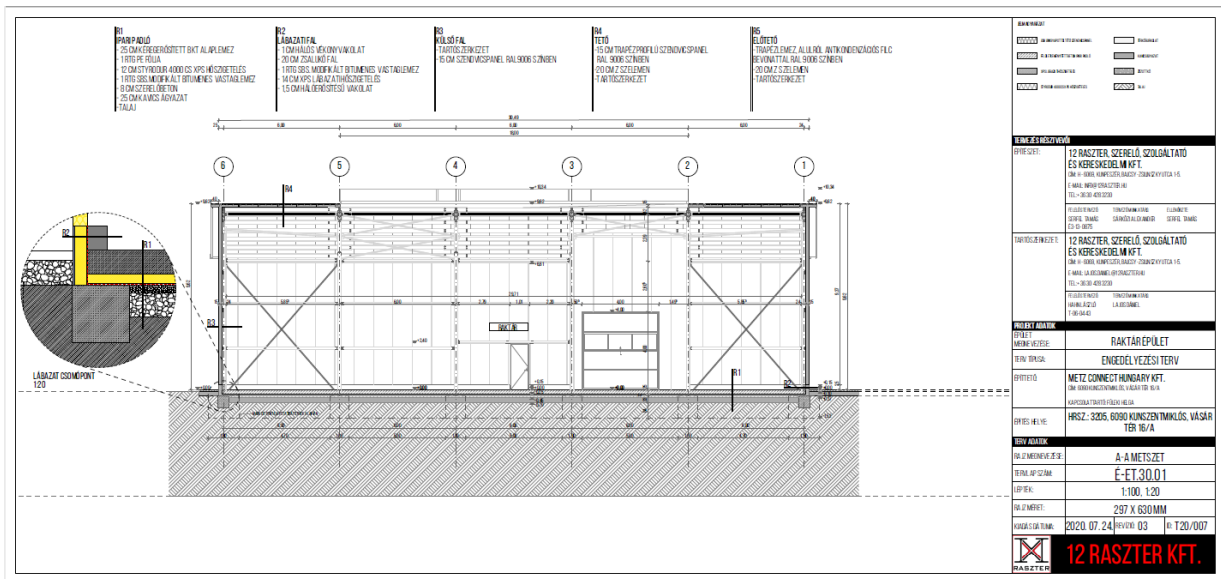


9.ábra – Tervezett épület látványterve a 3D modellből



10.ábra – Tervezett épület látványterve a 3D modellből

Az engedélyezési tervek elkészítése egy ilyen méretű csarnoknál a szerkezeti modell beérkezése után körülbelül 3-4 napot vesz igénybe. Ez sok befektetett munkát igényel, azonban egy csarnok jellegű épületnél az engedélyezési terv tartalma már nagyon közel van a kivitelezési tervek szintjéhez. Tehát ha az elején befektetjük a munkát az engedélyes tervekbe, akkor nagyon kevés munkával lehet elkészíteni a kiviteli tervdokumentációt. Tehát itt tudunk nyerni rengeteg időt egy projekt megvalósításánál, nem beszélve arról, hogy 2D-ben bármilyen változtatás rengeteg többletmunkával járhat.



11.ábra – Elkészült metszet tervlap az Archicadben

4.3 Kivitelezési tervdokumentáció elkészítése

Az tervek az engedélyezési eljáráson, hiánypótlás nélkül megfeleltek, így az engedély megszerzése után egyből elkezdtük feldolgozni a kiviteli terveket, mely már gyakorlatilag 70% százalékosan készen volt a szerkezeti és építész modell által. Az Archicad sablonban előre definiáltam a beállításokat az engedélyezési tervek és kiviteli tervekhez, így gyakorlatilag az összes tervlap már készen állt a kiviteli tervekhez, a szükséges léptékváltás 1:100-ról 1:50-re és a részletesebb feliratozás és kótázás után körülbelül 1 nap alatt elkészül. A többletmunkát a kiviteli tervek során az építető által szerződésben meghatározott kiegészítő és külön tervek jelentették, azonban mivel egy jól felépített 3D-s modellel rendelkezünk a csomóponti részletek és konszignációk is egyszerűen kinyerhetőek voltak.

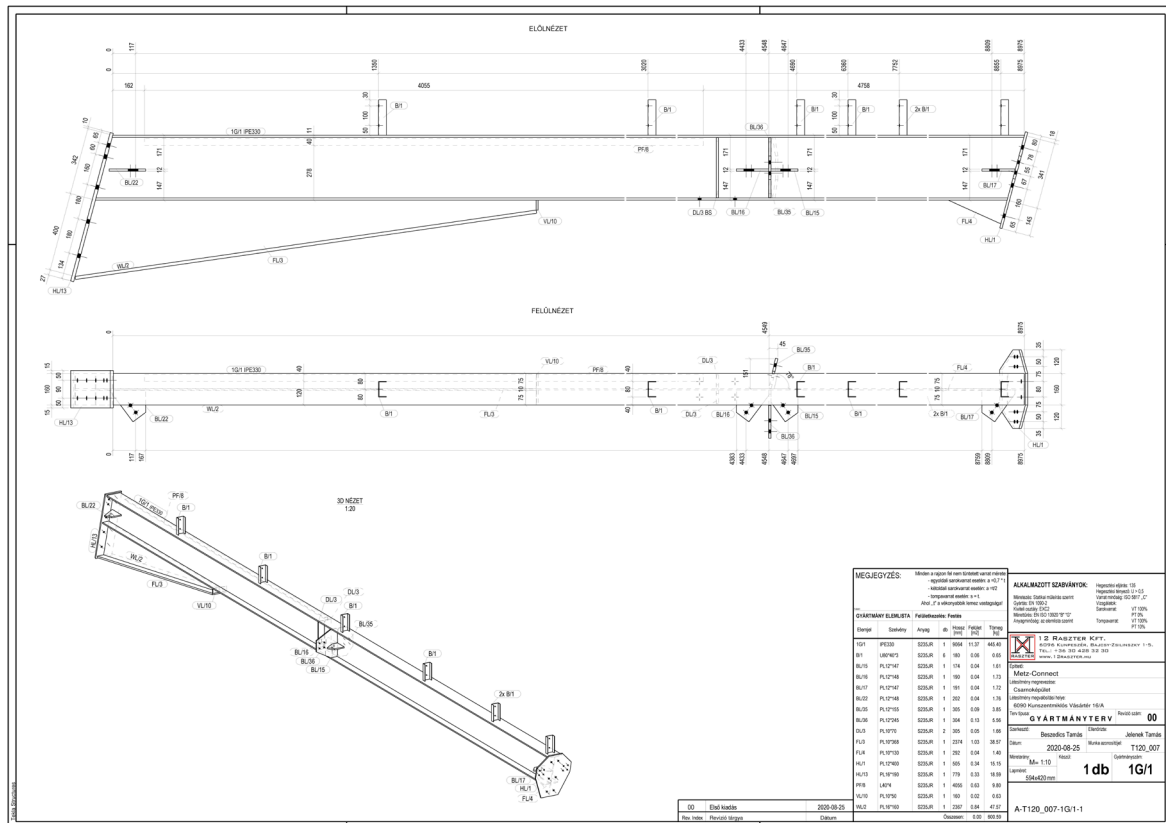
A kiviteli tervek során kezdtük el a 4D és 5D BIM alkalmazását. Az árazatlan és árazott költségvetést teljes mértékben a 3D BIM modell alapján nyertük ki a Bexel Manager nevű segédprogrammal (12.ábra). A mennyiségek pontossága egy manuálisan összeállított Excel táblázatos költségvetéshez képest jelentősen javult. A projekt kivitelezésének ütemezése is a 3D elemek elkészülésének ütemezésével készült el, melynek nagy előnye, hogy leszimulálhatjuk az építési mérföldköveket a programon belül, mely alapján akár a teljesítésigazolások is a megfelelő időpontra tehetjük, mivel a modellelemekhez időt és pénzt is társítani tudtunk, a cash flow alapján láttuk, hogy mikor lesznek a kiadásaink a bevételt jelentő teljesítésigazolások számláival egyensúlyban.



12.ábra – Épület IFC modellje a Bexel nevű 4D/5D programban

A kiviteli tervek során a legnagyobb hangsúly természetesen az acél szerkezeten volt. Mivel a statikusok is rendelkeztek a 3D modellel, az összes gyártmánytervet (13.ábra) és kiviteli dokumentációt (14.&15.ábra) előre definiált beállítások segítségével kinyerték a modelltől. A

modellnek pont emiatt minden olyan részletet kellett tartalmaznia, ami fontos a gyártás szempontjából, tehát LOD400-as szinten kell elkészíteni a modellt. A Tekla modellben emiatt a statikusok az összes csavar pozícióját, a horganyozáshoz szükséges technológiai nyílásokat és a hegesztéseket is megjelenítették. Az összes építőelemnek saját gyártási számmal kell rendelkeznie, melyet automatizálás nélkül rengeteg idő lenne megcsinálni, illetve a hibalehetőség nagyon nagy, emiatt a Tekla ezt automatikusan számozza, így biztosítható, hogy az összes építőelem gyártmányterve elkészüljön.

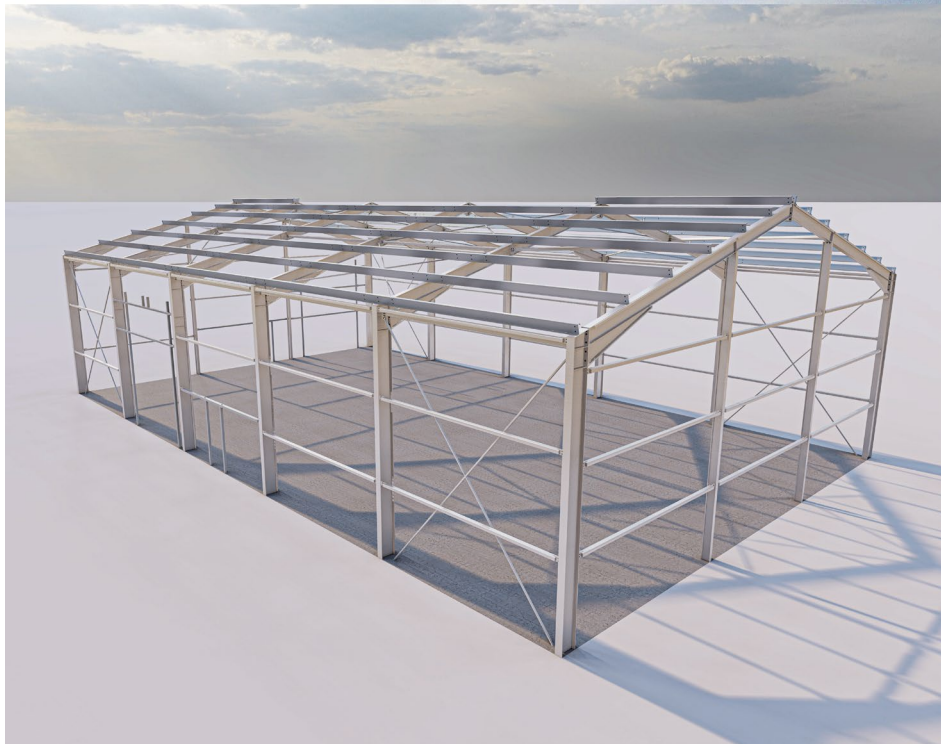


13.ábra – Tetőgerenda gyártmányterve

4.4 Az építkezés nyomon követése

A kivitelezés előkészítésekor az anyagrendelés az egyik legfontosabb momentum. Ezt a kiadott költségvetés alapján a lehető legpontosabban kell megtenni, hogy ne merüljenek fel többletköltségek egy esetleges utórendelés miatt. Emiatt a mennyiségeket a modellből nyerjük ki, tehát egy acélszerkezethez pontos csavarmennyiséget tudunk előre listázni vagy akár az összes szendvicspanelt ki tudjuk listázni és konszignálni méret és mennyiség alapján, így előre látjuk, hogy miből mennyi fog kelleni. Ezeket a listákat és gyártmányterveket emiatt nem kell manuálisan elkészíteni egy rendeléshez, hanem az automatikusan elkészült listát csak továbbítanunk kell a beszállító felé, akik egyértelmű információk alapján tudják összekészíteni a rendelésünket.

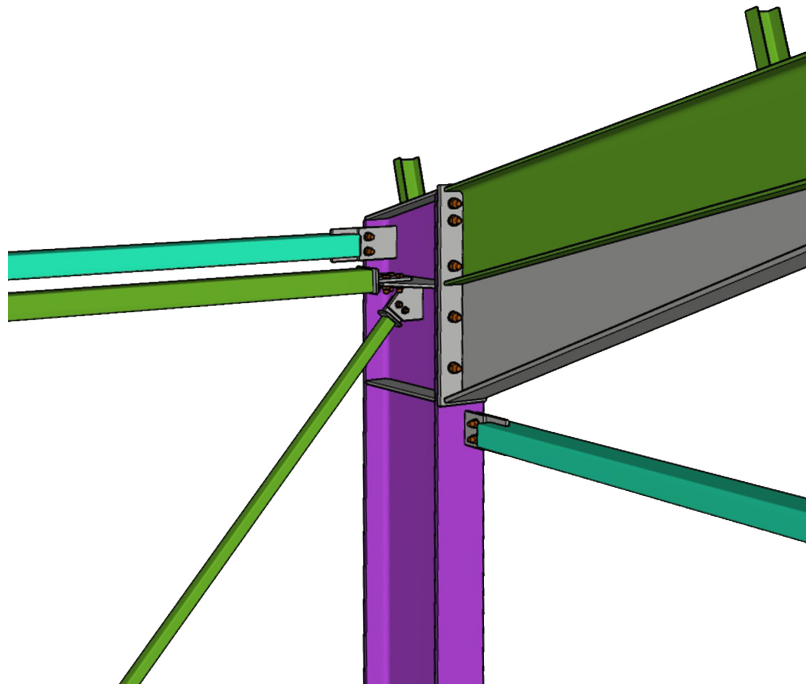
Az építkezés során folyamatosan nyomon követjük a folyamatokat, ha bármiféle változtatást kell végrehajtani az épületen, azt a 3D modell módosításával lekövetjük az irodában, hogy pontos eredményeket kapjunk. Az alábbi képeken látszódik, hogy a megvalósuló állapot gyakorlatilag pontos mása a 3D-ben elkészített modellünknek (16.&17. ábra), tehát a kivitelezés pontossága nagy mértékben biztosítható.



16.ábra – Szerkezeti modell látványterve a kivitelezési fázis alapján



17.ábra – Helyszínen felállított szerkezet



18.ábra – Szerkezeti csomópont Tekla modellje



19.ábra – Építés során elkészült szerkezeti csomópont

5. Folyamat automatizálási elemzés

Az alábbi fejezetben az épület tervezése és kivitelezése során felmerülő folyamatok automatizálását fogom bemutatni. Célom, hogy a különböző mérföldköveket egyenként megvizsgáljam automatizálási szempontból és az ezekhez felhasznált programokat és funkcióikat bemutassam. Mivel egy konkrét esettanulmányról van szó, amely már a kivitelezési fázisban jár, ezért a folyamatok része már lezártnak tekinthető, viszont a vizsgálatomban szeretnék kitérni a különböző alternatívákra és hiányosságokra, megoldásokra.

Az általunk alkalmazott mérföldkövek az adott raktárépület esetében sorrendben a következők voltak:

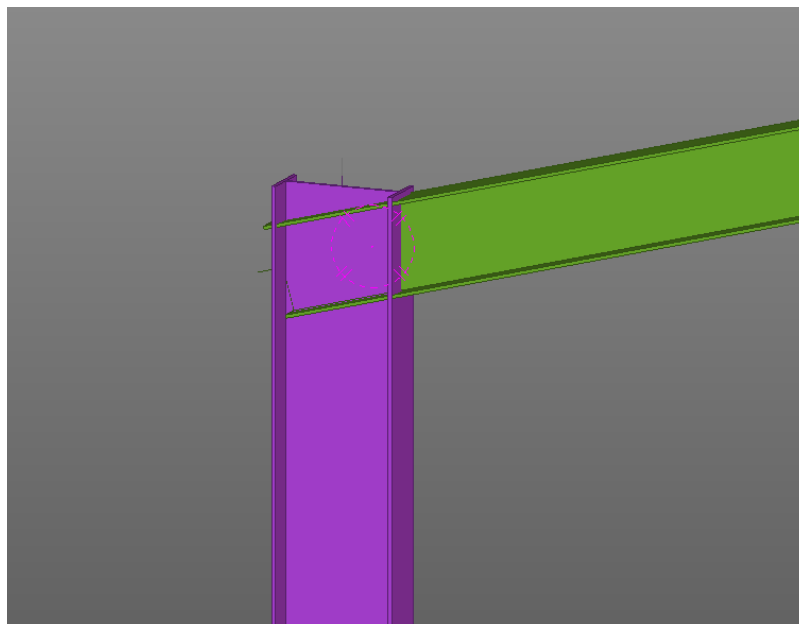
- Konceptióterv
- Szerkezeti terv
- Engedélyezési terv
- Kiviteli terv

5.1 Konceptió terv

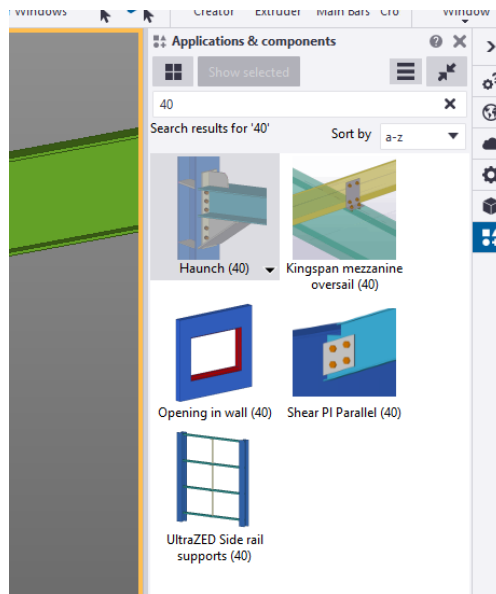
A vizsgált épület esetében az épület koncepciója nem általunk készült, hanem egy német építésziroda készítette el őket. Az építtető ezt továbbította felénk és az alapján kezdtük el feldolgozni az épület terveit. Az épület tömegmodelljét a Sketchup nevű 3 dimenziós tervező programban készítettem el. A választásom azért esett erre a programra, mert ez egy kifejezetten modellezésre specializálódott program, így jelentősen gyorsabban és egyszerűbb eszközökkel lehet elkészíteni egy épület vázlatát. A program hátránya lehet, hogy alapvető használat esetén itt nem lehet különféle tulajdonságokat csatolni az építő elemekhez, így azoknak vagy grafikusán kell reprezentatívnak lennie vagy magyarázattal kell ellátnunk a nem egyértelmű részeket, hogy a modellcsere folyamán egyértelmű legyen a fogadó félnek, hogy melyik elemnek mi a rendeltetése. A mi esetünkben ez, révén, hogy egy irodában dolgozunk, szóban leegyeztethető, így megfelelő szokott lenni ez a megoldás. Természetesen az épület geometriáját tekintve ez egyszerűnek tekinthető, azonban egy komplexebb épület esetében, például egy családi háznál, nem elegendő a szerkeszettervezőknek, hogy csak egy tömegmodellt küldjünk. Ilyenkor praktikusabb lehet az általunk használt fő tervező szoftverben elkészíteni az épület vázlatterveit, így azok elemeit megfelelő IFC ID-vel tudjuk ellátni és az esetleges félreértéseket és hibákat ki tudjuk küszöbölni.

5.2 Szerkezeti terv

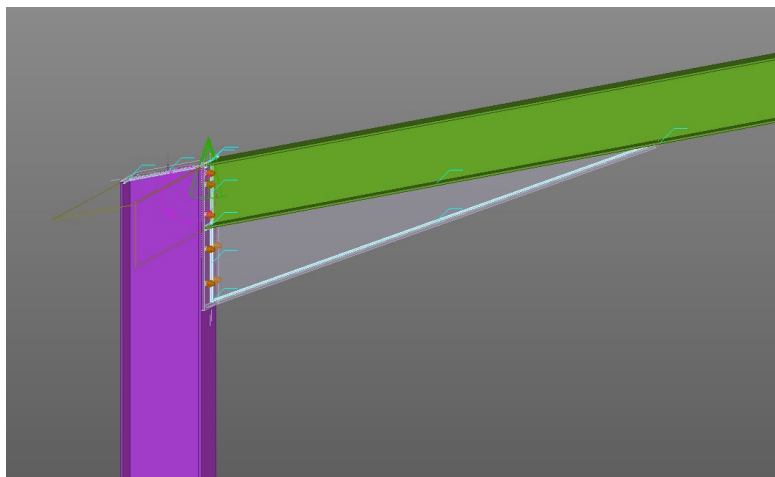
A statikai modellek a Tekla nevű 3D-s tartószerkezet modellező programban készülnek el, melyben az Archicadhez hasonlóan szintén el lehet menteni a gyakran használt eszközöket és beállításokat és azokat sablonként használni. Esetünkben csarnokszerkezet révén a keretállások és azok kapcsolatai a kérdéses pontok. Automatizálási szempontból a Tekla alapból tartalmaz csomópontokat, melyeket átalakíthatunk majd elmenthetjük azokat későbbi felhasználáshoz. Ha például egy váll csomópontot nézünk, láthatjuk, hogy az ábrán (20.ábra) egy durván összemetsződő gerenda és oszlop találkozását, melyek tengelye azonos vonalra esik. Ahhoz, hogy ezeket csomóponti szinten feldolgozzuk szükségünk van egy csomóponti komponens eszközre. Esetünkben a 40-es számú váll csomópontra (21.ábra) van szükség, így azt a keresőben gyorsan megtalálhatjuk. A csomópontot a két csatlakozó elem megadásával hozhatjuk létre, ezáltal 2 kattintás alatt komplett váll csomópontot kapunk (22.ábra). Mivel egy csarnok szerkezet esetében ez egy ismétlődő keretállás, elég megcsinálnunk egyet és azok csomóponti csatlakozásait, majd az adott raszterhálón kiosztani azokat. Így a fő elemeink rendkívül gyorsan modellezhetők.



20.ábra – Oszlop és gerenda „nyers” találkozása Teklában



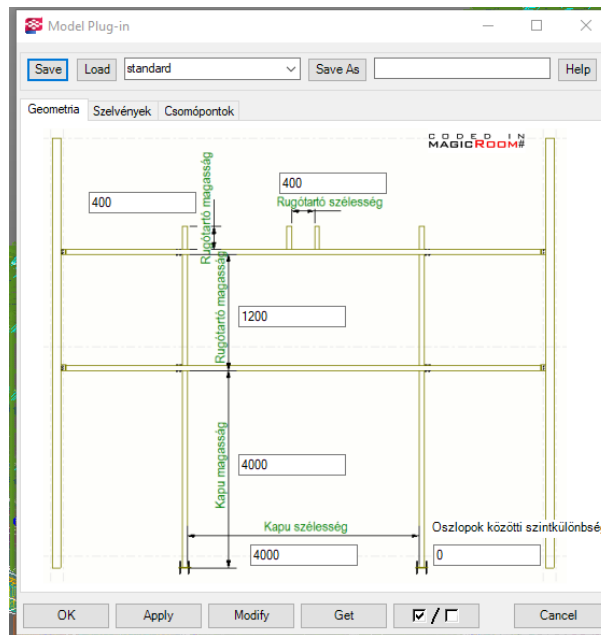
21.ábra – Elmentett komponens elemek



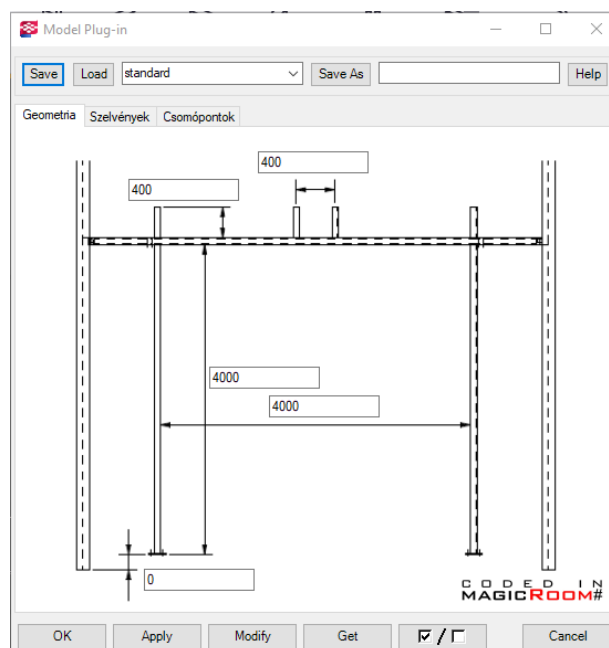
22.ábra – Elmentett beállítások alapján létrehozott csomóponti kapcsolat

Általánosságban mondhatjuk, hogy minél több különféle csomópont található a modellben, annál tovább tart megmodellezni őket, még így is, hogy előre elmentett csomópontokból dolgozunk. Erre egy példa a nyíláskeretezések létrehozása, hiszen az minimum 6 csomópontot fog tartalmazni és ha több más méretű nyílás is van az épületen még másolni sem lehetséges őket. Ez automatizálás nélkül egy lassabb folyamatnak tekinthető és erre a Teklának nem létezik hivatalos megoldása. Emiatt C# kódnyelvben létrehoztunk egy API-t, ami a Teklába beépülve automatikusan létrehozza két oszlop közé a nyíláskeretezéseket. A beépülő modul felülete az ábrán láthatóan (23.ábra) lehetővé teszi az összes paraméter beállítását. Ezen a modulon három fül található, a geometria meghatározása (24.ábra), az alkalmazni kívánt szelvények meghatározása (25.ábra) és a csomóponti kapcsolatok meghatározása (26.ábra). Természetesen az itt felhasznált csomópontok is a Teklában előre elmentett csomóponti

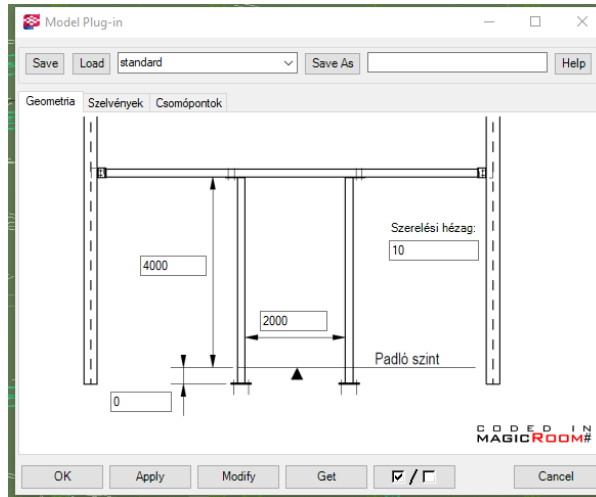
beállításainkat alkalmazzák. Az ábrán (27.ábra) látható, hogy a 3D-ben létrejött ajtókeretezés a megadott beállítások alapján jött létre.



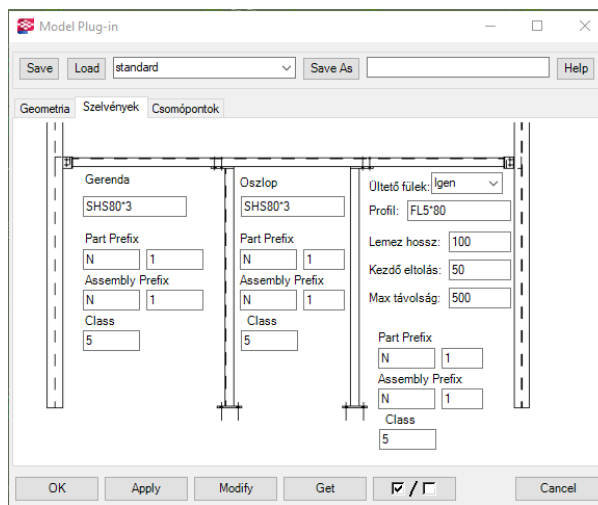
23.ábra – Emelt sínes kapukeret létrehozására írt API beépülő modul



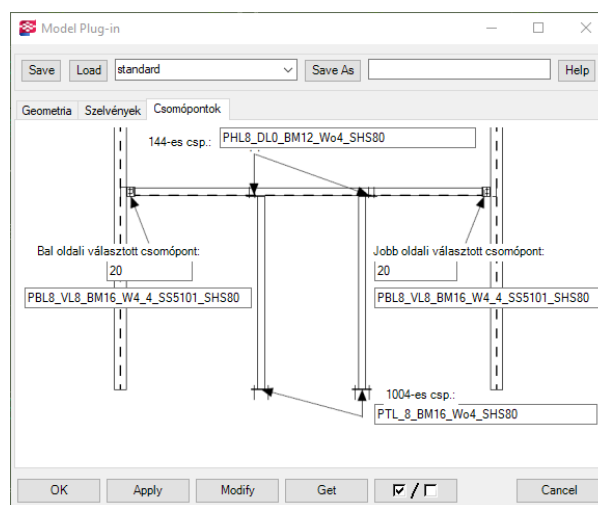
24.ábra – Normál sínes kapukeret létrehozására írt API beépülő modul



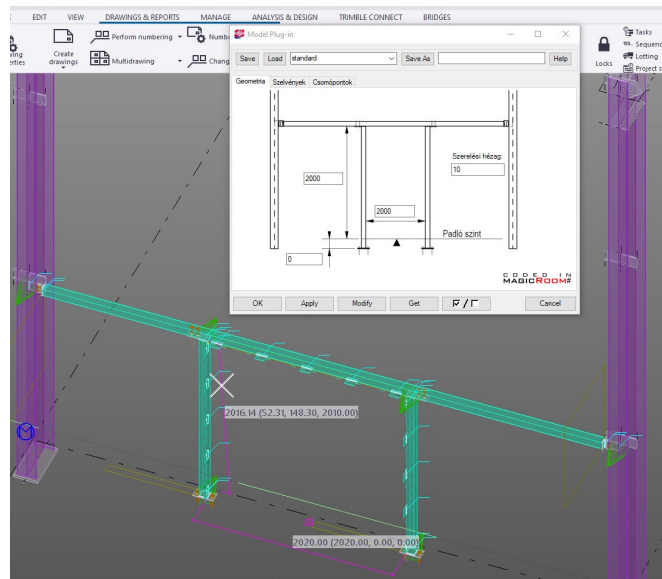
25.ábra – Geometria fül az ajtókeretezéshez létrehozott beépülő modulon



26.ábra – Szelvény fül a beépülő modulon



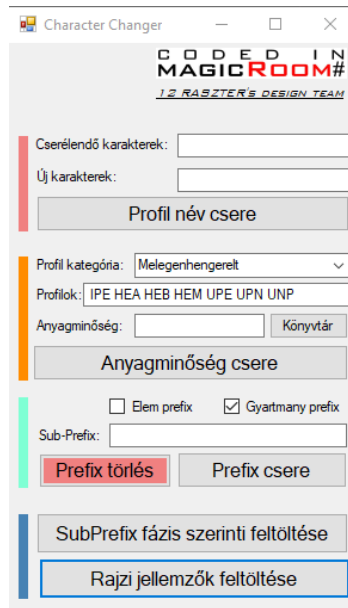
27.ábra – Csomópont fül a beépülő modulon



28.ábra – 3D-ben elkészült nyíláskeretezés

Alapvetően elmondható, hogy a Tekla rendkívül jól kezeli a 3D modellezést, így az említett automatizálásokon kívül mindent a beépített eszközeivel használunk.

Mivel a szerkezetek tervezését legtöbbször mi is gyártjuk le, kellő odafigyelést kell fordítanunk arra, hogy a modellelemek megfelelően fel legyenek készítve a gyártáshoz. Ennek ellenőrzésére szintén egy általunk kódolt API-t hoztunk létre *Character Changer (29.ábra)* néven, amely nem 3D elemeket hoz létre, hanem a 3D elemek tulajdonságait módosítja. Egy jó példa ennek használatára, hogyha a modellezés során valaki egy zártszelvényhez például SHS 80*5-t ír máshol pedig SHS 80x5-öt a Tekla mind a kettő elnevezést elfogadja, viszont a gyártósoron a gép számára nem mindegy, hogy milyen adatot kap, így ezzel a *Character Changer*rel az ilyen hibák gyors megoldását érhetjük el. A felületen felső mezőjében látható, hogy egyszerűen beírjuk a cserélni kívánt karakt és az új karaktert, majd lefuttatva azt a program a Teklában az összes *-al jegyzett karaktert átjavítja x-re. Ugyanezt a felületet használhatjuk akár arra is, hogy például az összes IPE szelvény anyagminőségét megváltoztassuk egy gombnyomással. Ezek általában visszatérő modellezési hibák szoktak lenni, így minőségellenőrzési szempontból nagyon sokat segít nekünk ez a program.



29.ábra – Character Changer felület a modellezési hibák kijavításához

```

private void bt_DrawingPrepareStart_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Model model = new Model();
    int modositottElemek = 0;

    if (model.GetConnectionStatus())
    {
        ModelObjectEnumerator modelObjectEnumeratorBeam = model.GetModelObjectSelector().GetAllObjectsWithOfType(ModelObject.ModelObjectEnum.BEAM);
        ModelObjectEnumerator modelObjectEnumeratorPlate = model.GetModelObjectSelector().GetAllObjectsWithOfType(ModelObject.ModelObjectEnum.CONTOURPLATE);
        ModelObjectEnumerator modelObjectEnumeratorBolt = model.GetModelObjectSelector().GetAllObjectsWithOfType(ModelObject.ModelObjectEnum.BOLT_ARRAY);

        while (modelObjectEnumeratorBolt.MoveNext())
        {
            BoltArray bolt = modelObjectEnumeratorBolt.Current as BoltArray;
            Part part1 = bolt.PartToBolted;
            Part part2 = bolt.PartToBoltTo;
            Part part1MainPart = part1.GetAssembly().GetMainPart() as Part;
            Part part2MainPart = part2.GetAssembly().GetMainPart() as Part;

            if (bolt.SetUserProperty("BOLT_USERFIELD_1", part1.PartNumber.Prefix) && bolt.SetUserProperty("BOLT_USERFIELD_2", part2.PartNumber.Prefix)
                && bolt.SetUserProperty("BOLT_USERFIELD_3", part1MainPart.AssemblyNumber.Prefix) && bolt.SetUserProperty("BOLT_USERFIELD_4", part2MainPart.AssemblyNumber.Prefix)
            )
            {
                modositottElemek++;
            }

            bolt.Modify();

            if (part1.SetUserProperty("USER_FIELD_1", part2.PartNumber.Prefix) && part2.SetUserProperty("USER_FIELD_1", part1.PartNumber.Prefix))
            {
                modositottElemek++;
            }

            part1.Modify();
            part2.Modify();
        }

        model.CommitChanges();

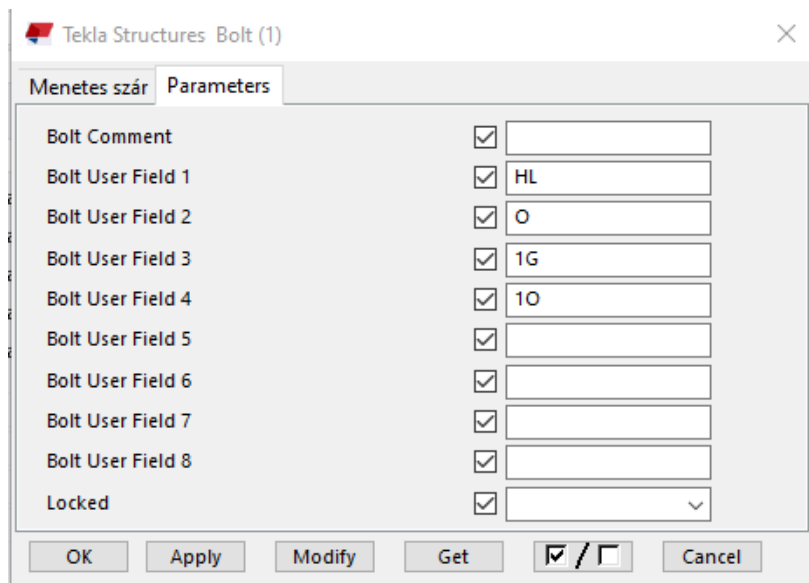
        MessageBox.Show("Módosított elemek száma: " + modositottElemek, "Módosított elemek", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information);
    }
}

```

30.ábra – Character Changer C# kód szakasza

Mivel a gyártáshoz elengedhetetlen a gyártási szám gyártmányhoz és ahhoz tartozó elemekhez társítása, ennek megkönnyítésére saját számozási szabályt hoztunk létre. A Tekla ugyan alapból beszámozza a gyártmányokat, viszont például, ha egy gerendán két homloklemez található, abból lehetnek összeakadások és elronthatja a számozást. Emiatt szükséges, hogy ezek az elemek jól elkülöníthetőek legyenek egymástól, tehát plusz információval (31.ábra) kell ellátnunk őket. Az említett példánál maradván, tehát ha egy gerendán két homloklemez található, megkülönböztethetjük őket a kapcsolódási pontjaik alapján, például, hogy az egyik homloklemez egy másik homloklemezhez kapcsolódik egy gerinc csomópont esetén a másik homloklemez pedig egy oszlophoz a váll csomópontnál. A tulajdonságuk, sőt a méretük is akár lehet ugyanaz, viszont így, hogy hozzátársítottuk a kapcsolódási pozíciókat, plusz

információként (user field) már meg tudja különböztetni a két elemet a Tekla a számozás során. Ezeket a plusz információkat hívjuk prefixnek és a Character Changer programunkban ezeket tudjuk definiálni. Az említett prefixelési módszer nemcsak a gyártási számozás kiosztásánál segít nekünk, hanem a kótázási szabályok létrehozásánál a dokumentáció során, hiszen automatikus kótázás esetén, ha nem lennének megkülönböztetve egymástól az elemek, rosszul kótázná össze őket a program.



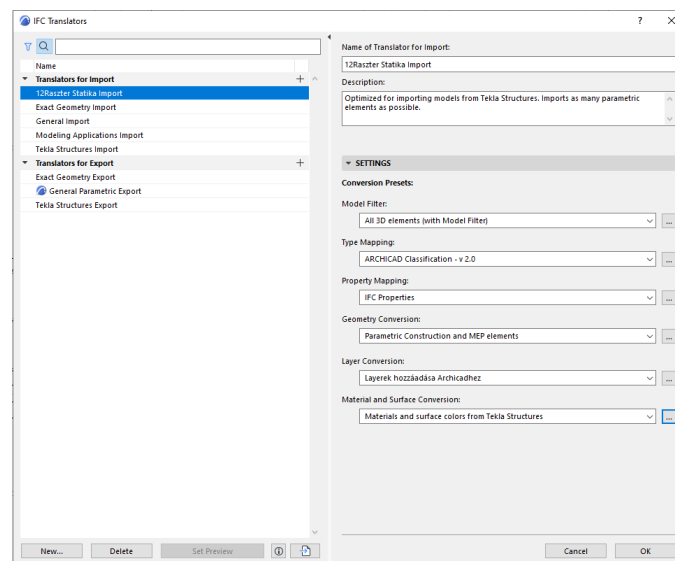
31.ábra – Társított pozíció információk (O=oszlophoz kapcsolódik) (HL=homloklemezhez kapcsolódik)

5.3 Engedélyezési terv

Az engedélyezési tervek elkészítése a statikustól kapott szerkezeti modell referenciaként történő használatával történik. Az előnye ennek, hogy az építészeti tervezés, a statikai modell pontos síkkoordinációjával zajlik. A korábbi fejezetekben is említett IFC fájlformátum a lelke mindennek, azonban, hogy ez az együttműködés megfelelően történjen, az Archicadben használt sablonfájlban elkerülhetetlen, hogy előre definiáljuk az ehhez szükséges beállításokat. A sablonfájlunk kifejezetten az ipari épületek tervezésére van felkészítve, így minden szükséges beállítás finom hangolva van az ilyen épületek tervezéséhez, ezáltal megspórolhatunk rengeteg időt, hiszen nem kell minden egyes projektnél újra beállítanunk.

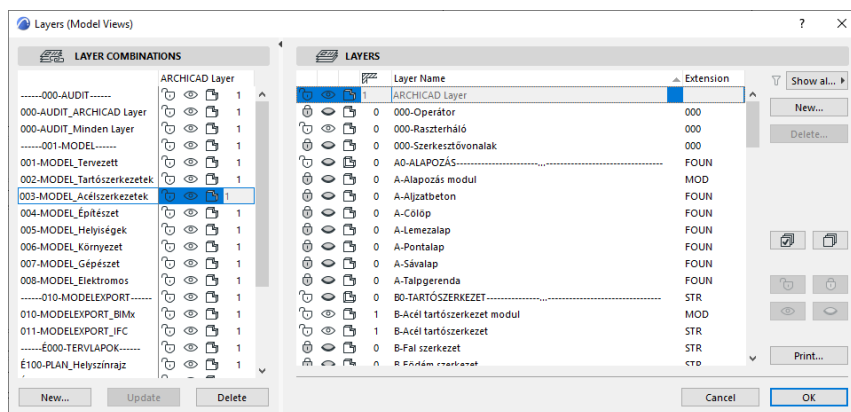
IFC modellcsere

Az első automatizálási lehetőségünk már egyből a szerkezeti modell referenciaként történő behívásakor adódik, ugyanis lehetőségünk nyílik arra, hogy a szerkezeti modellt úgy illesszük be a programunkba, hogy a lehető legkevesebb grafikai változtatást kelljen elvégeznünk rajta utólag (tollvastagságok, felületek stb.) és az elemek tulajdonságai is megfelelőek legyenek. Ehhez az Archicadben megtalálható IFC fordítókat használhatjuk. Ahogy a neve is utal rá, ezekkel a beállításokkal egy másik programban elkészült modellt fordíthatunk le a mi munkakörnyezetünkhöz. Az általunk használt sablonfájlban létrehoztam egy IFC fordítót „12Raszter Statika Import” néven (32. ábra), amely a cégen belüli statikusoktól kapott modelleket átalakítja az általunk kívánt megjelenésre és automatikusan a megfelelő adatokat társítja hozzájuk.

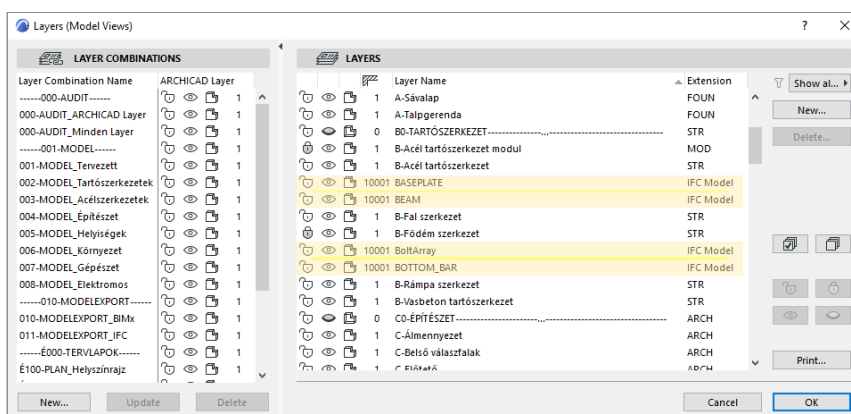


32. ábra – Egyedileg definiált IFC fordító az Archicadben

Itt beállítottam, hogy a geometriát, hogyan konvertálja az Archicad, azaz például, amit a statikusok oszlopként és gerendaként modelleznek, azok az építészek számára is automatikusan parametrikusan szerkeszthető oszlopként és gerendaként jelennek meg. A Teklában a statikusok saját fóliarendszerrel és építőanyagokkal dolgoznak, így elengedhetetlen, hogy ezek fordítása megtörténjen az Archicaden belül, ezért a Teklában használt elemeket az Archicad IFC fordítója automatikusan hozzátársítja a sablonfájlon belül létrehozott fóliákra, így nem jelennek meg új, zavaró fóliák (34.ábra) az általunk rendszerezett fóliastruktúrák között. Ez egy acélszerkezet esetében például hasznos lehet, hiszen az teljes egészében az általam létrehozott Acélszerkezetek fólia kombinációra kerül, így minden előre elmentett nézetben megfelelően fog megjelenni a modell.



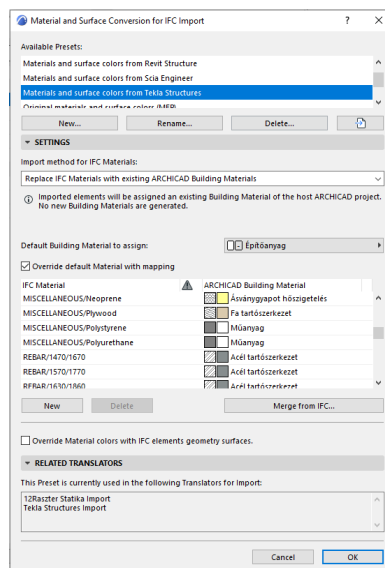
33.ábra – A sablonfájl fóliarendszere Archicadben



34.ábra – Általános import esetén létrejött nemkívánatos fóliák

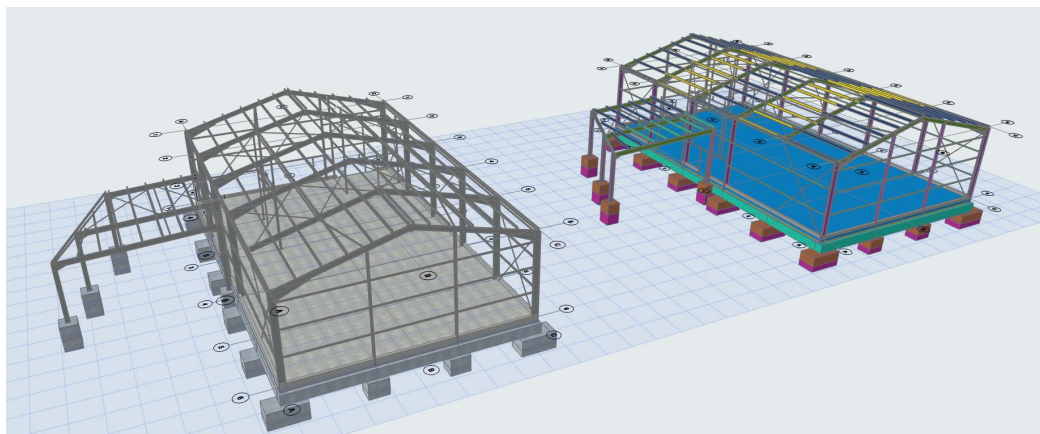
Az anyagok és felületek konvertálása nemcsak esztétikai szempontból lehet szükséges egy modell esetében, hiszen Archicadben az építőanyagokhoz tulajdonságokat is tudunk társítani, így egy megfelelően beállított építőanyag akár a tűzállósági képességet és egyéb tényezőket is

társít a modell elemünkhöz. Az alábbi ábrán (35.ábra) látható, hogy a fordító az IFC fájlban található építőanyagot automatikusan konvertálni fogja Archicad építőanyagra.



35.ábra – Anyag és felület fordító az Archicadben

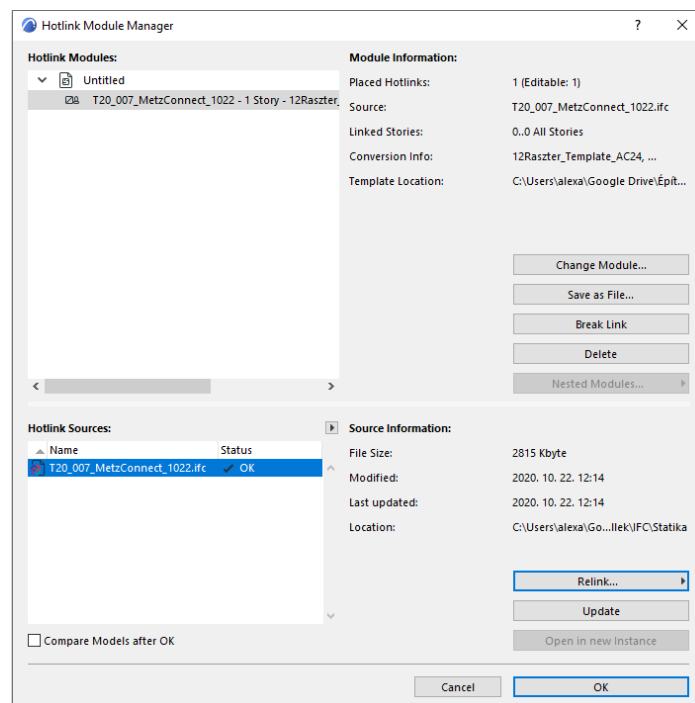
Jól látható, hogy az alábbi ábrán (36.ábra) bal oldalon alkalmazott előre definiált IFC fordító átkonvertálta az építőanyagokat, az alaptestek és aljzatbeton esetében monolit vasbeton anyag társult hozzájuk az acélszerkezethez pedig acél. Ez az anyagok felületén is mutatkozik, hiszen sokkal realisabb megjelenítést kapunk a jobb oldalon található általános IFC importhoz képest, amely a Tekla színek szerint jött át.



36.ábra – Két különböző IFC fordító használata azonos modellen

A fentebb bemutatott helyes IFC fordítókkal látható, hogy mennyi idő megspórolható egy modell importálásakor. Az modellcseréknél azonban szintén törekednünk, kell arra, hogyha bármiféle változás történik a szerkezeti modellben azt mindig frissen tudjuk tartani az Archicad modellünkben. Erre több eszköz is rendelkezésre áll az Archicadben, lehetőségünk nyílik

például összehasonlítani két IFC modellt és csak a változásokat áttemelni az új modellből. A mi esetünkben azonban sokkal jobban preferáljuk a Hotlink modulok használatát. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy az IFC-t nem közvetlenül importáljuk az Archicadbe, hanem belinkeljük azt. Ha ezt alkalmazzuk akkor viszont a linkelt modulok nem lesznek szerkeszthetőek, azaz biztosnak kell lennünk benne, hogy mindent helyesen beállítottunk az IFC fordítók során, hiszen a modulok belinkelése is egy fordítón keresztül történik. Számunkra azért kedvelt megoldás a Hotlink használata, mert a belinkelt modulok egyszerűen frissíthetőek, ha bármiféle változás történik a szerkezetben. Az alábbi ábrán (37.ábra) is látható, hogy a belinkelt modult az update gomb megnyomásával a legfrissebb verzióra tudjuk frissíteni, illetve, ha a használt fájlnk frissül automatikusan lefrissíti magát, ha ezt beállítjuk.



37.ábra – Hotlink modul kezelése Archicadben

A szerkeszthetőség hiányát, mi minőségbiztosítási okokból értékeljük is, mivel megfogalmaztuk, hogy minden szakág csak a saját munkáját módosíthatja, hiszen, ha egy építész szerkesztené a szerkezeti modellt és arról teyüik fel nem szólna a statikusnak, rengeteg probléma merülne fel, hiszen inkonzisztencia lépne fel a két szakági modell között. Ha bármiféle változtatásra lenne szükség a szerkezetben azt mindig jelezzük a statikusoknak, akik kijavítják a problémákat a saját modelljeikben, majd mi lefrissítjük a Hotlink modulunkat. Jelenleg azon dolgozunk, hogy bevezessük ennek is a hatékonyabb módját, hiszen eddig, ha probléma merült fel azt szóban vagy írásban jeleztük egymásnak viszont ez nem a

legmegfelelőbb megoldás. A megoldás számunkra egy felhő alapú változáskezelő rendszer alkalmazása lesz. Erre a célra a BIMcollab ZOOM programot szeretnénk bevezetni, amely beépülő modulként alkalmazható a Teklában és az Archicadben is. Ennek segítségével dokumentálhatjuk a változásra szoruló elemeket, leírást, képet társíthatunk hozzá és jogosultságokat állíthatunk be és az érintett felek automatikusan értesítést kapnak a problémáról és jelezhetik annak megoldását.

Projekt információk

A projekt kezdésekor mielőtt még bármiféle modellelem lehelyezésre kerülne, a projekt információk kitöltésére kerül sor (38.ábra). A projekt információk rengeteg időt spórolhatnak nekünk a dokumentáció során, ha megfelelően használjuk azokat emiatt nálunk ez kötelezően az első lépés egy modell készítése során. A kitöltött információkat bárhol lehet alkalmazni automatikus szöveggént, illetve egyedi sorokat is létrehozhatunk, melyet majd később a dokumentáció során fogok részletesebben bemutatni. Ezek az információk az általunk exportált BIMx modellben is megjelennek, így az építető a tervlapcsomagon és a 3d modellen kívül az összes itt kitöltött információt is megkaphatja.

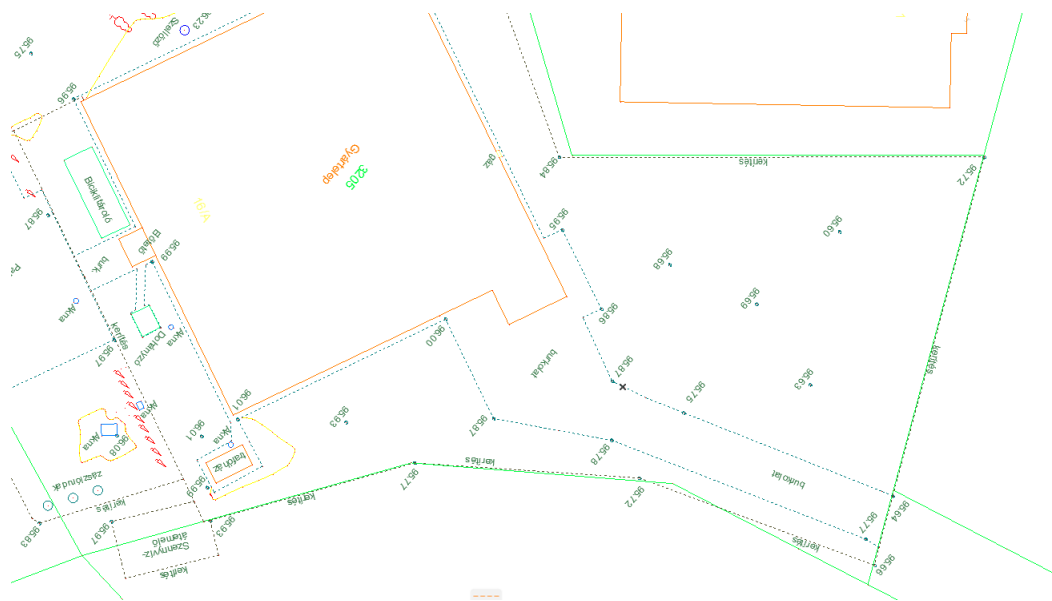
PROJECT DETAILS	
Project Name	<Projekt neve>
Project Description	
Project ID	
Project Code	
Project Number	< T00_000 >
Project Status	< Terv típus >
Keywords	
Notes	
Project Custom	

SITE DETAILS	
Site Name	
Site Description	
Site ID	
Site Full Address	Hrsz.: <hrsz>, <0000 Helyiség, Utca 00.>
Site Gross Perimeter	< Telek bruttó kerülete >
Site Gross Area	< Telek bruttó területe >
Site Custom	
Építési övezet	< Építési övezet >
Beépítési mód	< Beépítési mód >
Megengedett bruttó beépíttség	< Megengedett bruttó beépíttség >
Megengedett legkisebb zöldfelület	< Megengedett legkisebb zöldfelület >
Megengedett legkisebb épületmaga...	< Megengedett legkisebb épületmagasság >
Megengedett legnagyobb épületma...	< Megengedett legnagyobb épületmagasság >
Megengedett legnagyobb szintterület	< Megengedett legnagyobb szintterület >
Megengedett legkisebb előkert	< Megengedett legkisebb előkert >

38.ábra – Projekt információk az Archicadben

Tervezési alaptérkép

A geodétától kapott DWG formátumú tervezési alaptérkép (39.ábra) képezi a helyszínrajz alapját. Esetünkben a terep teljesen sík volt így a magassági pontokat milliméteres eltéréssel felesleges lett volna ábrázolni a terepen. A felmérés adataiból a meglévő épületek és burkolatok pozícióját megtudtuk határozni, amelyek részét képezik a helyszínrajznak. Az esettanulmány szempontjából itt nem történt automatizálás, azonban más projekteknel, ahol jelentős szintkülönbségek vannak, a tervezési alaptérképen található magassági pontokat beszoktuk modellezni a terepmodellünkbe. Erre a leggyorsabb megoldás, ha a földmérőtől a DWG alaptérkép mellett megkapjuk a magassági pontok koordinátáit txt (40.ábra) vagy xyz formátumban, amit az Archicadnek megadva legenerálja a pontos terepviszonyokat. Egy komplex terepnél ezzel a módszerrel rengeteg időt és energiát meglehet spórolni, illetve lesz egy pontos modellünk, amit a tervezés mellett, földtömeg számításra is alkalmazhatunk.



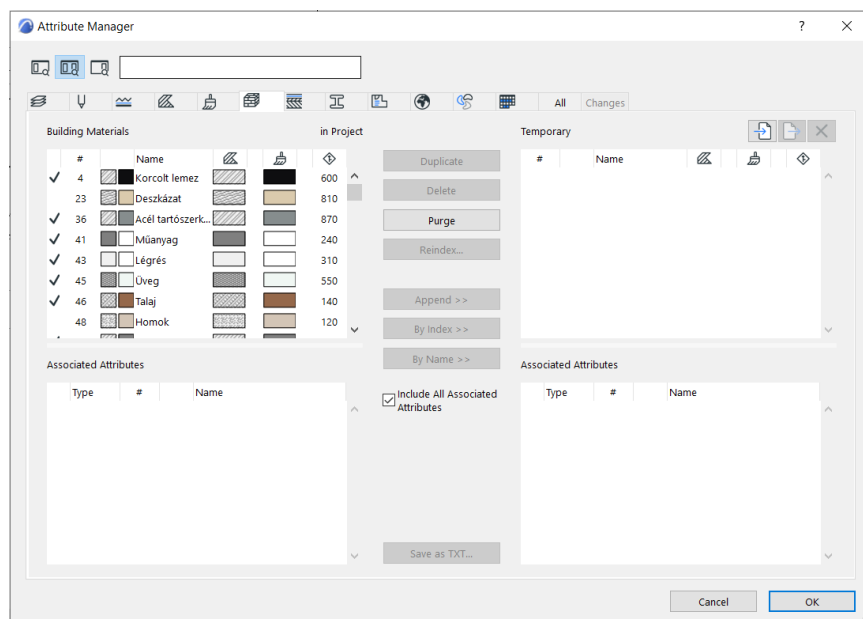
39.ábra – Geodétától kapott DWG tervezési alaptérkép

Position X	Position Y	Position Z
33064.1353	33166.9830	103.2662
33072.7796	33176.7936	103.2600
33074.9780	33143.4856	102.6109
33075.6940	33166.9901	103.2958
33075.7035	33182.6213	103.2503
33075.7299	33152.6297	103.1636
33075.7861	33190.9095	103.2499
33075.9252	33148.8243	102.8322
33076.1711	33212.2437	103.2432
33076.1804	33148.1711	102.0535
33076.2233	33225.3154	103.2830
33076.3374	33195.8160	103.1762
33078.0332	33164.5255	103.1435
33078.8348	33175.3533	103.0780
33078.9856	33182.0091	103.0686
33079.2762	33216.5561	103.1987
33079.7932	33164.3506	103.0268
33080.4085	33218.6856	103.2130

40.ábra – A magassági pontok koordinátái txt formátumban

3D modell felépítése

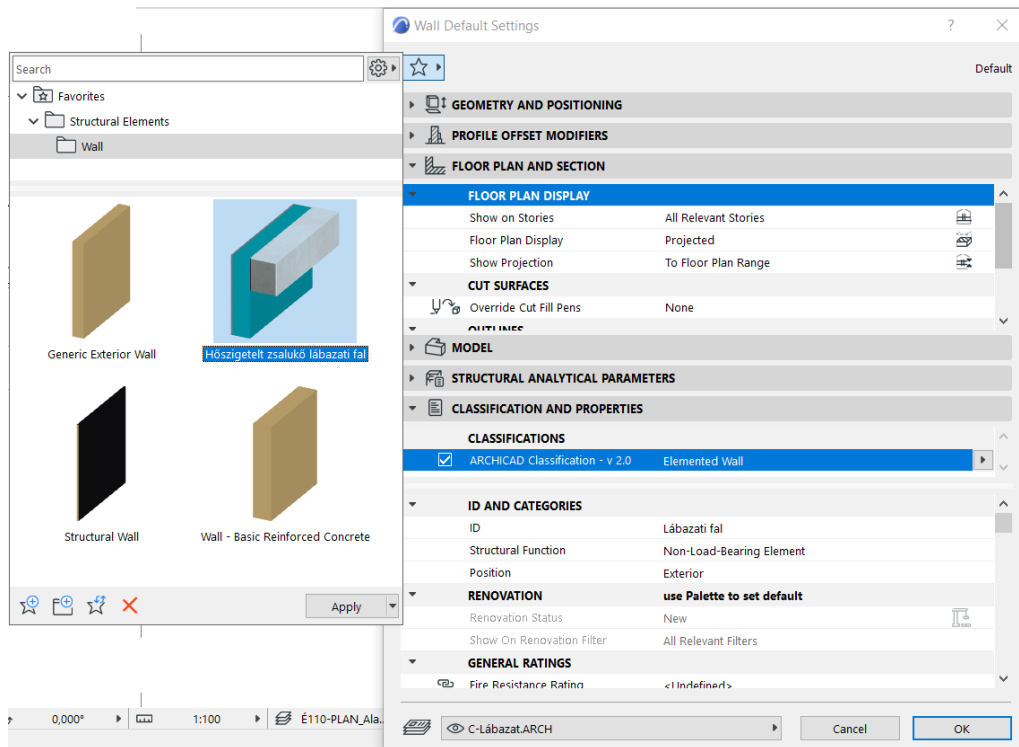
A 3D modellezés során a legtöbb segítséget a sablonfájlban előre definiált jól beállított eszközökkel és attribútumokkal kaphatunk. A modellezést általában a csarnok jellegű épületek esetében mondhatjuk, hogy építési sorrendben készítjük el, azaz a lábazattól indítjuk a modellezést és onnan haladunk felfelé. Az egyik legfontosabb, hogy a sablonfájlunkban az attribútumok megfelelően be legyenek állítva, így minden eszközünk használatra készen lesz a modellezés során, hiszen, ha mindig új tollkészleteket, építőanyagokat, réteges szerkezeteket kéne definiálnunk az azonkívül, hogy repetitív folyamat lenne, rendkívül időigényes is. Az attribútum kezelőben (41.ábra) lehetőségünk nyílik korábbi projektek attribútumainak behívására is. Ez egy speciális projekt esetében nagy segítség lehet, hiszen lehet, hogy a speciális elemeket a mindennap alkalmazott sablonfájlunk nem tartalmazza, ilyenkor egy korábban elkészített projekt attribútumai közül tudunk importálni a meglévő Archicad projektünkbe.



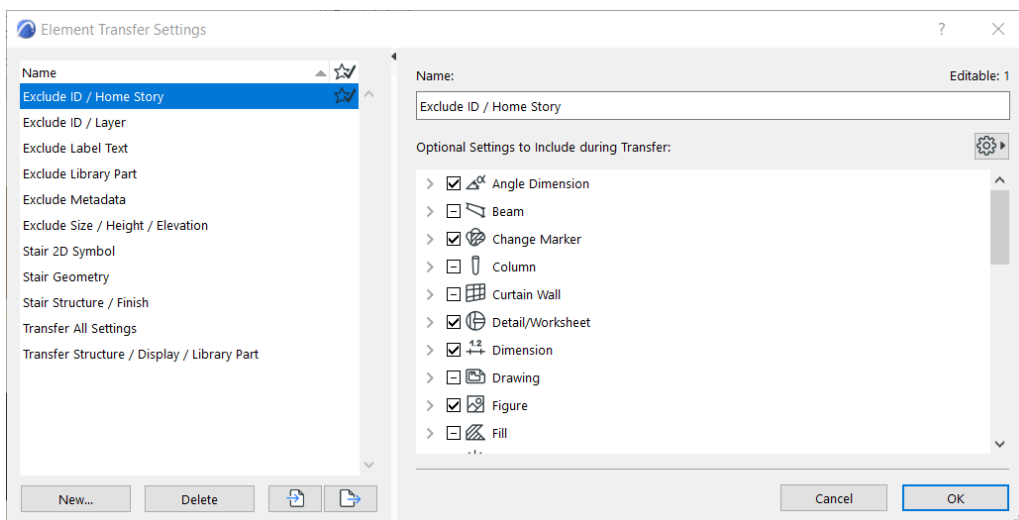
41.ábra – Attribútum kezelő az Archicadben

A másik nagy segítség a modellezés során a kedvencek (42.ábra) használata. Az Archicadben minden eszközhöz tudunk elmenteni kedvenceket, ajánlott, hogy minden eszközünkhöz legalább 1 elmentett kedvencünk legyen, hiszen a repetitív, gyakran előforduló építőelemeket, így nem kell mindig beállítani. A kedvencekbe elmentett eszközök minden tulajdonságot tartalmaznak. Így akár a klasszifikálási folyamat is automatizálható, hiszen, ha a modellezés során használt összes elemünk kedvencekből származik a klasszifikáció előre be van állítva mindegyiknél. Ha mégsem szeretnénk, hogy minden tulajdonságot magával hordozzon a

kedvenként elmentett elemünk, különböző szűrőket is beállíthatunk rá (43.ábra), így például, ha nem szeretnénk, hogy mindig ugyan az az elem ID jelenjen meg az adott elemnél, leszűrhetjük, hogy azt ne hozza át a kedvencből.



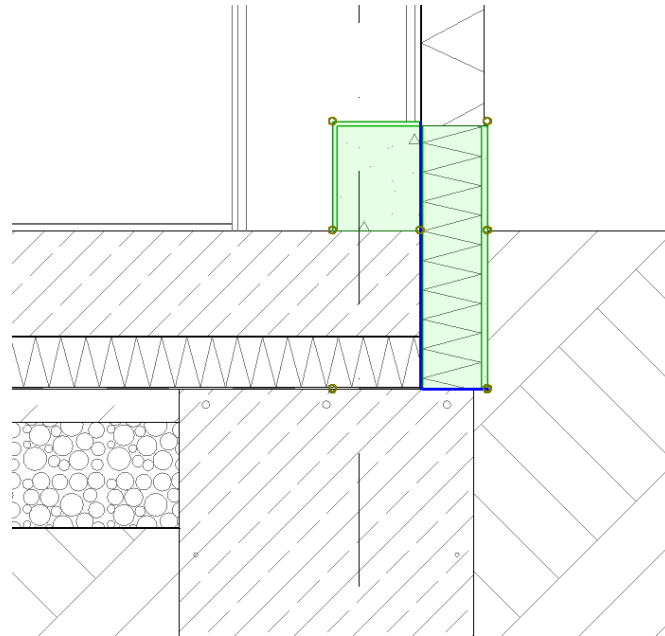
42.ábra – Kedvencek közé mentett lábazati fal



43.ábra – Elemek átviteli beállításai

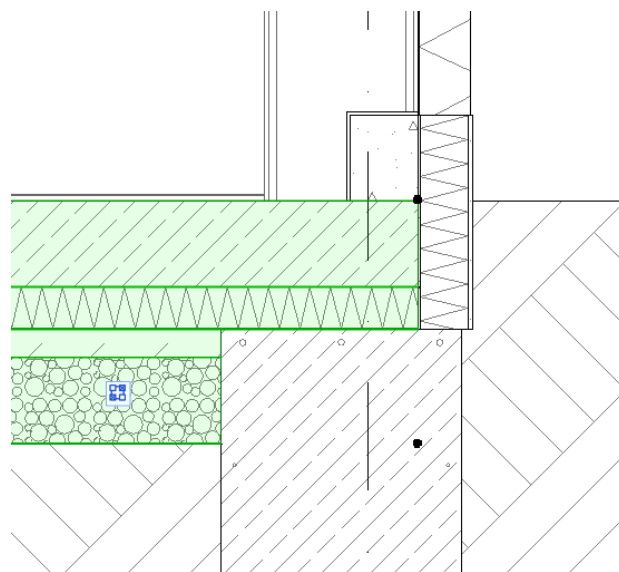
Az említett lábazati falnál maradván, a modellezés során egy profilt hoztam létre nem pedig réteges szerkezetet alkalmaztam. Ezt azért készítettem el, mert a zsalukő az ipari padló tetejére kerül, viszont a hőszigetelés egészen az alapozásig lemegy, hogy folytonos legyen a termikus burok. A profilkezelőben lehetőségünk van különböző változtatható paraméterrel ellátni az

elemünket, így a hőszigetelés számára létrehoztam egy változót, ami a Z koordináta irányába engedi szerkeszteni kizárólag a hőszigetelést és vakolatot, illetve a hőszigetelés vastagsága is változtatható, ha szükség van rá (44.ábra).



44.ábra – Profilos szerkezetből készült lábazati fal

A fenti ábrán is látható, hogy az összemetsződések tökéletesen létrejöttek a lábazati metszeten (45.ábra), amely azért volt sikeres, mert a sablonfájlban az összes gyakran használt építőanyag megtalálható volt és azokhoz megfelelő prioritási szám volt társítva. Így a modellezés közben nem kell foglalkozni az elemek metsződésével, mert ha az előre definiált elemeket alkalmazzuk, akkor mindig megfelelően fog létrejönni a 2D-s metszet.



45.ábra – Alapozás és ipari padló rétegrend összemetsződése

Az itt alkalmazott ipari padló rétegrend is a sablonfájlban már előre megtalálható volt a réteges szerkezetek között, így azok megfelelő tollvastagsággal és színnel azonnal használhatóak voltak. Fontos kiemelni, hogyha jól nevezzük el az építőanyagokat és alkalmazzuk azokat a réteges szerkezetek között, akkor automatikusan kiírhatjuk a címke eszközzel a rétegrendi felsorolásokat (46.ábra).

1. Rétegrend - BKT Ipari padló

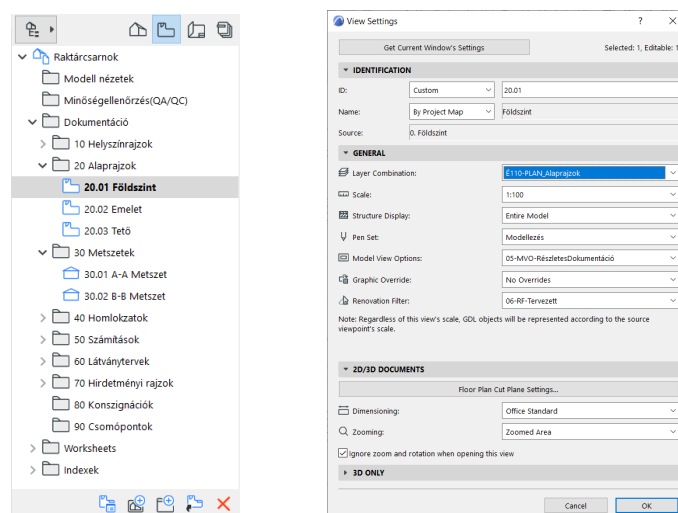
0,25 m	Kéreggerősített vasbeton ipari padló
0,00 m	PE technológiai fólia
0,12 m	XPS hab lábazati hőszigetelés
0,00 ⁵ m	SBS modifikált bitumenes vastaglemez vízszigetelés
0,08 m	Szerelőbeton
0,25 m	Zúzott kő
0,00 m	Geo textília

46.ábra – Címke eszközzel automatikusan létrehozott padló rétegrend

A raktárcsarnok esetében az összes 3D építőelem előre definiálva volt a sablonfájlba, így új elemet egyáltalán nem kellett létrehoznom a modellezés során csak az elmentett attribútumokat és kedvenceket használnom.

Dokumentáció

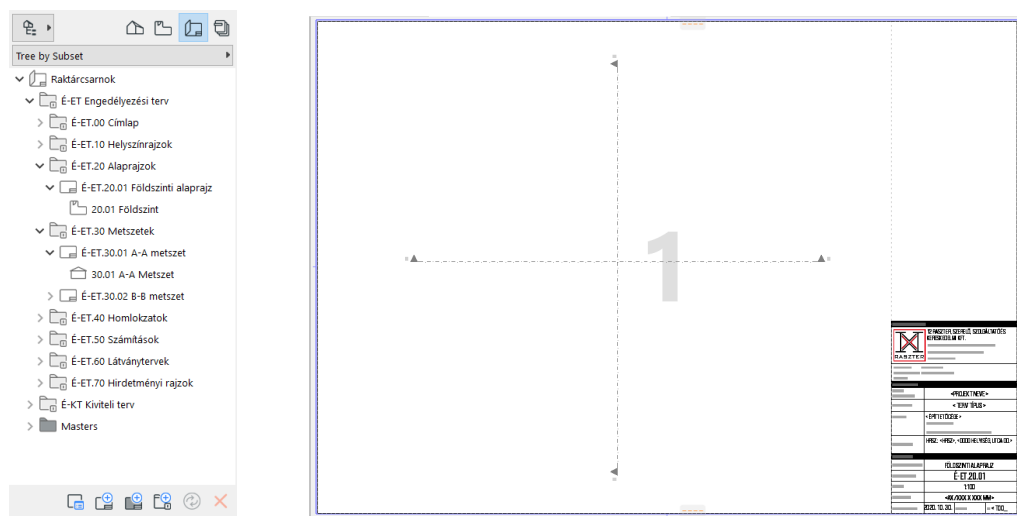
A dokumentáció során a nézeteket helyezük el a tervlapokra, így fontos, hogy a nézeteink megfelelően elő legyenek ehhez készítve. Az általunk használt sablonfájlban a tipikus nézetek előre megtalálhatóak, így azok már a megfelelő beállításokkal rendelkeznek (47.ábra). A nézeteken szoktuk létrehozni az összes méretvonalat és feliratot. Erre azért van szükség, hogy bármilyen változtatás esetén ezek a 2D-s objektumok is letudjanak frissülni.



47.ábra – Nézet fül mapparendszere és beállításai

A nézetek közül a metszeteket és homlokzatokat már a sablonfájl tartalmazza, így egy új projekt kezdetekor tilos törölni az alaprajzi nézeten látható metszet és homlokzat elemeket, azokat kell használni, így megőrizhetjük az előre definiált beállításainkat.

A sablonfájlban a tervlap nézeteink is előre elvannak készítve, így mindenkinek rendelkezésre állnak például az engedélyezési tervekhez megkövetelt tervlapok (48.ábra). A tervlapokra a fentebb említett nézetek is lehelyezésre kerültek, így, ha valaki modellezik egy épületet, tervlapok a modell készülésével együtt automatikusan létrejönnek, azok pozícióját csak korrigálni kell a tervlapokon. Fontos kiemelni, hogy nálunk tilos a tervlapokra méretvonalakat és egyéb feliratokat helyezni, hiszen azok nem frissülnek egy nézet megváltoztatásával.



48.ábra – Tervlap fül mapparendszere és üres tervlap nézet előre lehelyezett alaprajzi nézettel

A fenti ábrán látható mapparendszerben található tervlapok mindegyike egy tervlap sablon alapján készült el. Ezek a tervlapsablonok minden lapmérethez megtalálhatóak a sablonfájlban. A tervlapsablonokra el lett helyezve a tervpecsét nézete, amelyet egy munkalap nézeten hoztam létre, így, ha azon módosulna bármi, az összes tervlapsablon a legfrissebb tervpecsétet tartalmazza, így a tervlapok is megfelelő kinézettel rendelkeznek majd. A tervpecsétet, ahogy az imént említettem egy munkalapon készítettem el. Az összes szöveg, ami megtalálható rajta automatikus szöveggént jelenik meg. Jól látható az ábrán (49.ábra), hogy a # -el ellátott feliratok az adott tervlap adataira hivatkoznak, míg a <szöveg> -el jelölt feliratok a korábban említett projekt információk fülön kitöltött adatokból jönnek létre. A projekt információ résznél ezért említettem, hogy nagyon sokat hozzátesz a projektünkhöz, ha az információkat megfelelően kitöltjük, hiszen a tervpecséhez egyáltalán nem kell hozzányúlani egy projekt folyamán, hanem azok automatikus generálódnak (50.ábra).

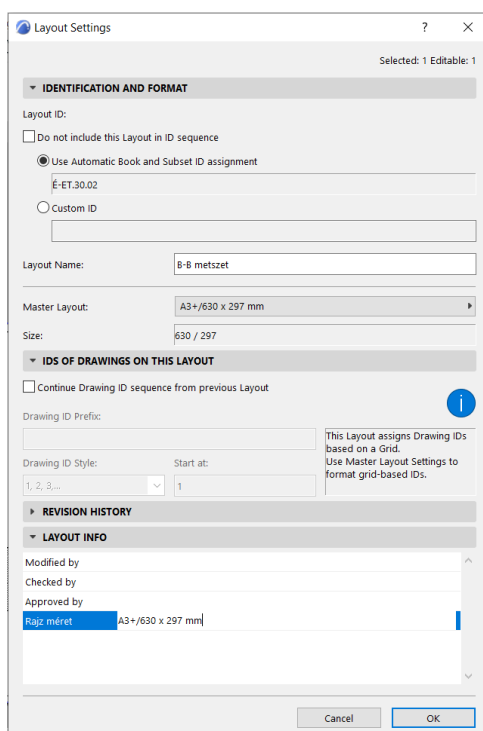
ÉPÍTÉSZETI TERVEZÉS:	
	12 RASZTER, SZERELŐ, SZOLGÁLTATÓ ÉS KERESKEDELMI KFT. CÍM: H-6096 KUNPESZÉR, BAJCSY-ZSILINSZKY UTCA 1-6. E-MAIL: SARKÓZIA.ALEXANDER@12RASZTER.HU TEL: +36 30 194/6693
FELELŐS TERVEZŐ: ÉP-13-0876	TERVEZŐ MUNKATÁRS: TERVEZŐ MUNKATÁRS 1
PROJEKT ADATOK	
ÉPÜLET MEGNEVEZÉSE:	<PROJEKT NEVE>
TERV TÍPUSA:	< TERV TÍPUS >
ÉPÍTTETŐ:	< ÉPÍTTETŐ CÉGE > CÍM: < ÉPÍTTETŐ CÍME > KAPCSOLATTARTÓ: < VEZETÉKNÉV > < KRESZTNÉV >
ÉPÍTÉS HELYE:	HRSZ.: <HRSZ>, <0000 HELYSÉG, UTCA 00.>
TERV ADATOK	
RAJZ MEGNEVEZÉSE:	#LAYOUT NAME
TERVLAP SZÁM:	#LAYID
LÉPTÉK:	1:###
RAJZ MÉRET:	#RAJZ MÉRET
KIADÁS DÁTUMA:	2020. 10. 30. REVÍZIÓ: #REVID ID: <TOO_

49.ábra – Üres tervpecsét projekt kezdetekor, autotext hivatkozásokkal

ÉPÍTÉSZETI TERVEZÉS:	
	12 RASZTER, SZERELŐ, SZOLGÁLTATÓ ÉS KERESKEDELMI KFT. CÍM: H-6096 KUNPESZÉR, BAJCSY-ZSILINSZKY UTCA 1-6. E-MAIL: SARKÓZIA.ALEXANDER@12RASZTER.HU TEL: +36 30 194/6693
FELELŐS TERVEZŐ: SERFEL TAMÁS ÉP-13-0876	TERVEZŐ MUNKATÁRS: SARKÓZIA.ALEXANDER
PROJEKT ADATOK	
ÉPÜLET MEGNEVEZÉSE:	RAKTÁRCSARNOK
TERV TÍPUSA:	ENGEDÉLYEZÉSI TERVDOKUMENTÁCIÓ
ÉPÍTTETŐ:	METZ CONNECT KFT. CÍM: HRSZ.: 3205, 6090 KUNSZENTMIKLÓS, VÁSÁR TÉR 16/A KAPCSOLATTARTÓ: FÜLEKI HELGA
ÉPÍTÉS HELYE:	HRSZ.: 3205, 6090 KUNSZENTMIKLÓS, VÁSÁR TÉR 16/A
TERV ADATOK	
RAJZ MEGNEVEZÉSE:	FÖLDSZINTI ALAPRAJZ
TERVLAP SZÁM:	É-ET.20.01
LÉPTÉK:	1:100
RAJZ MÉRET:	A2/594 X 420 MM
KIADÁS DÁTUMA:	2020. 10. 30. REVÍZIÓ: 01 ID: T20_007

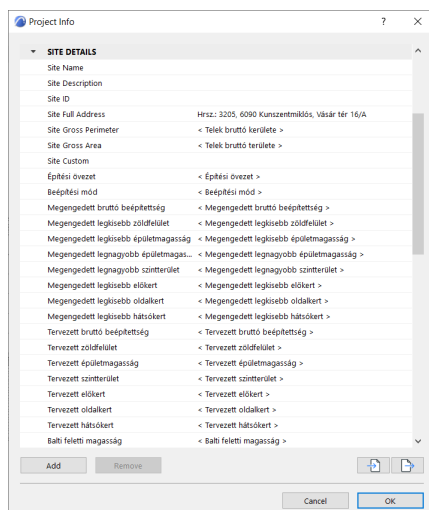
50.ábra – Automatikusan kitöltött tervpecsét az alaprajzi tervlapon

A fenti tervpecsétek adatai közül az egyetlen manuálisan beállítandó dolog a rajz mérete. Erre sajnos nincsen autotext az Archicadben, így létrehoztam a tervlap információ között egy rajz méret fület, ahol manuálisan meglehet adni a tervsablonról leolvasható méreteket (51.ábra). Ezt azért alkalmazzuk így, hogy a címlapon is hivatkozni tudjunk rá, mivel a tervlapjegyzéken mindig jelölni szoktuk a rajz méretét. Ha nem akarjuk, hogy máshol megjelenjen ez az érték, jó megoldás lehet a tervlapsablonra szövegesen ráírni az ahhoz tartozó méretet, viszont akkor nem lehet rá hivatkozni. Ennek a manuális folyamatnak az áthidalására bizonyára létre lehetne hozni egy macro-t, ami az adott tervlaphoz tartozó rajzméretet leolvassa és kitölti azonban még nem volt akkora projektünk, hogy nagy többletmunkával járt volna, illetve az Archicad fórumain is már olvasni lehet, hogy tervezik ezt a funkciót a későbbi Archicad verziókba beépíteni.

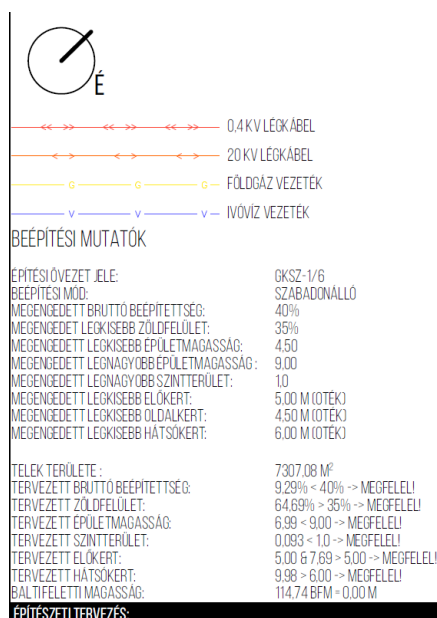


51.ábra – Tervlap beállításai a hozzáadott rajz méret füllel

További hasznos autotexteket használunk a helyszínrajznál például. A projekt információk fülön létrehoztam a helyi építési szabályzatban meghatározott értékek számára új füleket (52.ábra). Ezek a projekt elején kitöltve automatikusan megjelennek a helyszínrajz tervlapon autotextként az ábrán (53.ábra) látható módon.

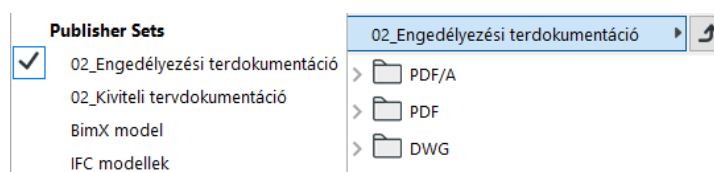


52.ábra – Projekt információknál létrehozott szabályozási mutatók



53.ábra – Projekt információk alapján automatikusan kitöltött adatok a helyszínrajz tervlapon

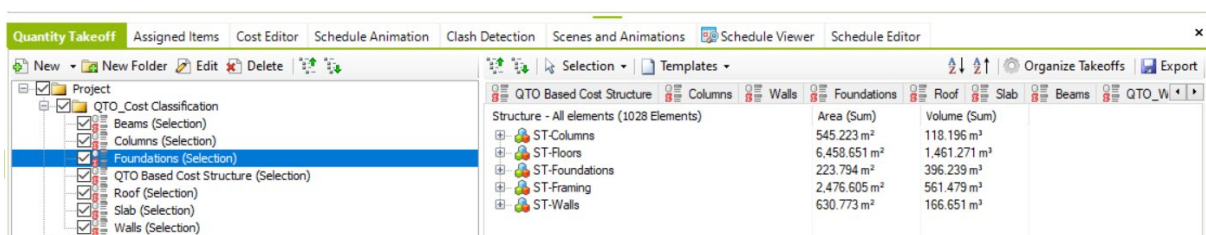
A tervlapok elkészülte után azok publikálása következik. A publikálási készletek a sablonfájlban szintén előre bevannak állítva (54.ábra), így a publikálás során automatikusan elkészülnek a tervek PDF formátumban, PDF/A formátumban az ETDR feltöltéshez és DWG formátumban a szakági tervezők számára. Továbbá az IFC modelleket és BIMx modellt is célszerűen, innen publikáljuk az előre definiált beállítások alapján.



54.ábra – Előre definiált publikálási készletek

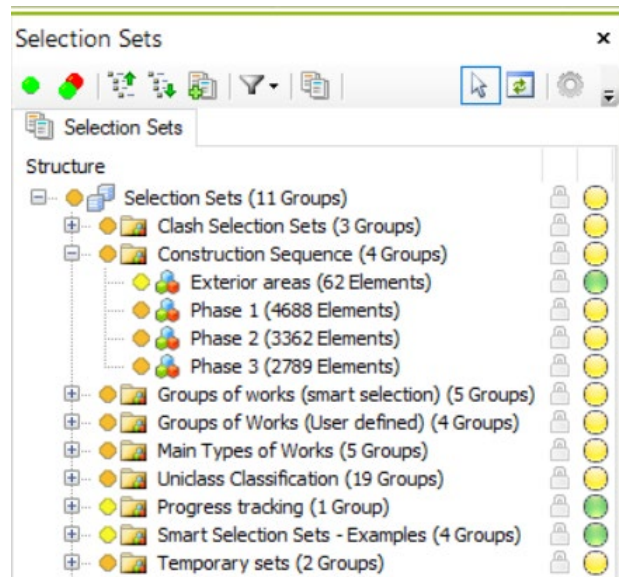
5.4 Kiviteli terv

A kivitelezési tervek elkészítése egy csarnok épület esetében szinte megegyezik az engedélyezési terv tartalmával, csupán pontosításra kerül a modell. A szerkezeti modell kiviteli szintű elkészülése után az Archicadben található IFC modellt, amit Hotlink modulként használtunk egyszerűen csak frissítenünk kell, majd az esetleges változásokat a geometriában lekezelnünk az építészeti elemekkel. Fontos azonban, hogy egy lezárt fázist, például esetünkben az engedélyezési terv Archicad fájljait archiváljuk, hogy az adott állapot megmaradjon számunkra és egy másolatot kezdjünk kiviteli szinten feldolgozni, így bármikor visszalehet térni a korábbi állapothoz. Mivel a dokumentációnk szinte csak léptékben változik, nincs már más dolgunk a modellel, ugyanis nálunk az engedélyezési tervek is részletesen készülnek, pont amiatt, hogy a kivitelezési tervekkel már ne menjen el több idő. A tervcsomaghoz társul ugyanakkor egy árazatlan költségvetés, ami gyakorlatilag az építőelemek és anyagok mennyiségi kigyűjtését tartalmazza. Ezt sokáig a hagyományosnak számító Excel táblázat segítségével készítettük el, manuálisan a tervdokumentáció alapján. Mivel a BIM fejlesztésünkbe beletartozott a 4D és 5D BIM bevezetése, újonnan egy segédprogram használatával készítjük el ezeket a költségvetés kiírásokat. Ez a program a Bexel Manager (55.ábra), mely jelenleg is tesztelési fázisban van nálunk. A programon belül IFC modellekből nyerjük ki a megfelelően kitöltött információkat és azok segítségével készítjük el a projekt ütemezését és költségvetését. A különböző szakágak modelljeit a programon belül egyesítjük és utána a megfelelő klasszifikációk alapján elvégezzük a mennyiségi kigyűjtést. Ugye az említett Uniclass 2015 klasszifikációs rendszer alapján kategorizáljuk a különböző építőanyagokat, ez az ISO19650 szabvány alkalmazásához elengedhetetlen. A Bexel Manager előnye, hogy rengeteg szempont szerint kategorizálhatjuk és csoportosíthatjuk benne az elemeket és ha létrehozunk egy jól működő kipróbált sablont akkor gyakorlatilag teljesen automatikussá tehetjük a költségvetéskészítést és ütemtervezést. Az elemek csoportosításához a Selection Set-ek (56.ábra) segítségével létrehozhatunk beállításokat, amiket feltudunk használni a költségvetésünkhöz és ütemtervünkhöz.

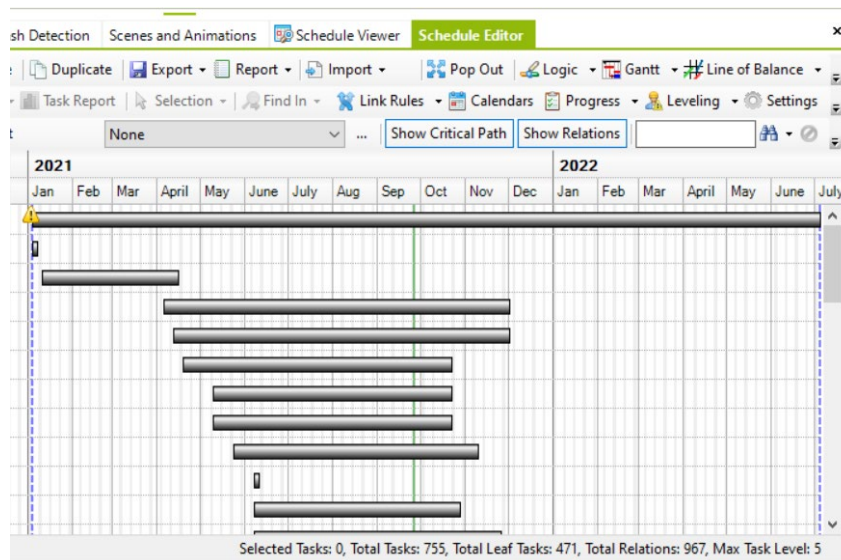


Structure - All elements (1028 Elements)	Area (Sum)	Volume (Sum)
ST-Columns	545.223 m ²	118.196 m ³
ST-Floors	6.458.651 m ²	1.461.271 m ³
ST-Foundations	223.794 m ²	396.239 m ³
ST-Framing	2.476.605 m ²	561.479 m ³
ST-Walls	630.773 m ²	166.651 m ³

55.ábra – Bexel Manager kezelő felüli, többek között a mennyiségi kigyűjtés csoportrendszer



56.ábra – Selection set-ek a Bexel Managerben



57.ábra – A Bexel, MS projekthez hasonló Gantt diagrammos ütemtervező felülete

A projekt készítése közben kezdtük el használni a Bexel Managert így jelenleg még több projektre van szükségünk, hogy létrehozzuk a saját sablonunkat. A cél az, hogy általában a títustervnek tekinthető csarnokokra létrehozzunk egy sablont. A sablon használatához szükséges, hogy mindig ugyanúgy modellezzük meg a csarnokokat és ugyanazokat a klasszifikációkat használjuk, amik bevannak állítva a sablonunkban, de ugye az Archicadben említett kedvencek elmentésével ez lehetséges és így standardizált modelleket készíthetünk mindig. A modellek mennyiségéhez nem csak költségeket, hanem időt is tudunk társítani, tehát egyszerre tudjuk időben (57.ábra) és pénzügyileg ütemezni a projektünket. Mivel a csarnok épületeinknél nagyrészt megegyeznek a munkafolyamatok, eltudjuk azokat menteni sablonba

és később egy hasonló projekten alkalmazni. Tehát például, ha tisztában vagyunk azzal, hogy egy kőműves mennyi idő alatt készít el 1 m³ alapozást, lehetőségünk nyílik azt sablonként használni és a későbbi projekteknél a Bexel automatikusan létrehozza a mennyiség alapján, az adott anyaghoz tartozó ütemezést. Továbbá saját ár listákat tudunk elmenteni, tehát akár egy kivitelező tevékenységet folytató cég esetében össze tudjuk, hasonlítani a bekerülési költségeket a kivitelezési költségvetésben megadott költségekkel. Mivel a Bexel-lel a kivitelezési folyamatot végig tudjuk kísérni, lehetőségünk van az ütemterveket és költségeket a tényleges megvalósult állapot alapján módosítani és a projekt végeztével összehasonlítani azt, tehát pontosan láthatjuk, mennyire tértünk el a tervezett ártól vagy ütemtől és a jövőbeni kivitelezéseinket, így ennek fényében tudjuk majd korrigálni. Így nem túlozva állíthatjuk, hogy képesek vagyunk egy projektről akár egy gombnyomással költségvetést kinyerni vagy ütemtervet készíteni és azt utána csak ellenőriznünk kell és korrigálni, ha szükséges. Így a költségvetésünk mindig a lehető legpontosabb tud lenni, hiszen a 3D modellből kinyert információk, ha jól vannak beállítva, pontosabb számítást tesznek lehetővé, mint a manuálisan elkészített táblázatos költségvetések.

6. Konklúzió

Esettanulmányom alapján látható, hogy egy valós építési projekt esetén, történetesen egy csarnok jellegű ipari épületnél milyen automatizálási folyamatokat készíthetünk a tervezés és kivitelezés segítségére. Az automatizálás alapja jól láthatóan egy megfelelően összeállított és átgondolt sablonfájl. Egy ilyen sablonfájl elkészítése több napot vesz igénybe, illetve annál is tovább tart a tesztelése, emiatt eléggé időigényes, azonban később ez megtérülhet számunkra. A felkészítés fejezetben látható a BIM fejlesztésnek a folyamata, ami idő, - erőforrás igényes és kiadásokkal jár. Tekinthetünk erre hosszútávú befektetésként, azonban azt kijelenthetjük, hogy egy kisebb tervezőiroda nem biztos, hogy rendelkezik azzal a tőkével, ami szükséges egy azonnali átálláshoz CAD folyamatokról BIM folyamatokra. Ahhoz, hogy 3D/4D/5D BIM szintet érjünk el legalább 2-3 programra szükségünk van, ami több millió forintot jelenthet egy cég számára számítógépenként. A programok árán felül az oktatási és infrastruktúra fejlesztési összegeket is előre kell látnunk, hogy tervezhető legyen a fejlesztés. Egy ilyen fejlesztésbe megfelelő terv nélkül nem is szabad belekezdeni, ezért legtöbbször szakértő bevonására van szükség, aki lehet akár egy külsős BIM szakértő. A BIM szakértő segít tisztán látni a folyamatokat és az azzal járó anyagi és egyéb kockázatokat, ami alapján egy cég vezetősége felelős döntést tud hozni annak alkalmazásáról.

Kijelenthetjük, hogy a 2D CAD programok jelentősen olcsóbban elérhetőek a piacon, illetve használatuk könnyeb mint a BIM programoké. A megszokott munkafolyamatok, amik annyi éven át stabilan működnek, nehezen elengedhetőek, egy bizonytalan még nem kipróbált munkafolyamathoz képest. Ha az építészetet vesszük alapul, láthatjuk, hogy több kutatás eredménye³ is azt hozta, hogy a hazai építészek nyitottak a változásra, hiszen egyre több helyen tapasztalhatják, hogy a BIM folyamatok jól tudnak működni.

Ha jól alkalmazzuk a BIM kínálta lehetőségeket láthatjuk, hogy jelentősen megkönnyíthetjük és meggyorsíthatjuk a tervezési folyamatainkat és az esetleges hibákat is jobban orvosolhatjuk. Vitatott azonban, az időbeni megtérülése a dolgoknak. Sok helyen hallhatunk olyan véleményeket, hogy a BIM csak nagy projekteknél jelent időbeni előnyt és a kisebb léptékű projekteknél például egy családi háznál többletmunkával jár a 2D CAD folyamatokhoz képest. Ez igaz lehet, azonban, ha bármiféle változtatást szeretnénk elvégezni a tervünkön, a 3D-s folyamatok egyértelműen gyorsabbnak bizonyulnak. És tudjuk, hogy változtatások minden épület tervezési fázisában megjelennek. Ha példaként egy rétegrendi változtatást nézünk, mondjuk két szinten, ha 3D-ben modelleztünk elég csak a paramétereket megváltoztatnunk és

az összes kapcsolódó rajzunk lefrissült, viszont egy 2D-s rajz esetén manuálisan kell megmódosítanunk minden kapcsolódó tervlapot. A hibalehetőség sokkal nagyobb ilyen esetben mintha 3D-ben dolgoztunk volna. Saját tapasztalatunk alapján, sokszor találkoztunk gyártási vagy kivitelezési hibával a nem megfelelő dokumentáció miatt. Egy ilyen esettanulmányunk tekinthetjük az egyik korábbi csarnok épületünket, amely iroda funkcióval is rendelkezett. Az irodában található ablakok parapet magassága rossz értékkel szerepelt a terveken, amit referenciaként használt a statikus. A statikus a rossz érték alapján modellezte hozzá a szerkezetet, ami csupán a kivitelezéskor a beépítés előtt tűnt fel a kivitelezőnek. Emiatt a hiba miatt 2 millió forintért kellett új szendvicspaneleket rendelnünk, hogy ki tudjuk javítani esztétikusan a hibát. Ha lett volna egy 3D-s építészeti modellünk, amit referenciaként használ a statikus elképzelhető, hogy ez a hiba nem történt volna meg, hiszen alapból vizuálisan leellenőrizhető minden ablak pozíciója, függetlenül attól, hogy milyen érték került a 2D-s tervdokumentációba.

Személyes tapasztalatom, hogy a korosztályom építészhallgatói, a jövő építészei, akiknek a legjobban kellene ismernie a BIM lehetőségeit, nem rendelkeznek elég ismerettel ilyen téren, a többség még mindig csak egy tervkészítő, 3D modellező eszközként ismeri a BIM-et és nem ismeri annak valódi mivoltát. Bízom benne, hogy a dolgozatommal sikerült bemutatnom a BIM alkalmazásának egy részét, és ezáltal felkeltenem az érdeklődést, mely az olvasót a további kutatásra ösztönzi.

7. Köszönetnyilvánítás

Elsősorban szeretném köszönetemet kifejezni, **Kovács Ádám Tamásnak**, konzulensemnek, aki BIM szakértelmével végig kísérte a dolgozat írásának folyamatát és segítette annak létrejöttét.

Továbbá szeretnék köszönetet mondani, a **12 Raszter Kft.-nek**, azon belül is **Lajos Dánielnek**, aki vállalatirányítási és építőmérnöki szakértelmével, hozzá járult a dolgozat elkészüléséhez, illetve, hogy egy valós céges projektet mutathattam be az esettanulmányom keretében.

8. Hivatkozások

- [1] Zagorác M. és Szabó B., BIM-Kézikönyv 1.kötet – Bevezetés az épületinformációs modellezésbe 2.kiadás, Budapest, Lechner Nonprofit Kft., 2019.
- [2] McKinsey & Company, „Imagining construction’s digital future,” [Online]. Elérhető: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future>. [Hozzáférés dátuma: 2020.szeptember 28.]
- [3] Kovács Á. és Dr. Szoboszlai M., „Key for Entering Industry 4.0 in the AEC Sector: BIM Organisation Development” [Online]. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/335834883_Key_for_Entering_Industry_4_0_in_the_AEC_Sector_BIM_Organisation_Development. [Hozzáférés dátuma: 2020.október 29.]
- [4] Kovács Á. és Csúsz I., „Jövő kutatás”. Mérnök újság, Magyar Mérnöki Kamara, XXV. évf. 12.szám, 20-22, 2020.

9. Irodalomjegyzék

EUBIM Task Group, „Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector” [Online]. Elérhető: <http://www.eubim.eu/handbook/>. [Hozzáférés dátuma: 2020.szeptember 28.]

UKBIM Alliance, „Information management according to BS EN ISO 19650” [Online]. Elérhető: <https://ukbimframework.org/resources/>. [Hozzáférés dátuma: 2020.szeptember 28.]

Winfield M., Rock S., „The Winfield Rock Report”, UKBIM Alliance [Online]. Elérhető: <https://www.ukbimalliance.org/winfield-rock-report/>. [Hozzáférés dátuma: 2020.szeptember 28.]

Gál I., 2019. „BIM tartószerkezeti alkalmazása erőművek tervezésében és üzemeltetésében”, Nukleáris Építmények Mérnök – Szakirányú továbbképzés szakdolgozat. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest

Zagorác M., 2019. „Az épületinformációs modellezés (BIM) optimalizációja és implementációs lehetőségei Magyarországon”. Ph. D értekezés. Pécsi Tudományegyetem Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar, Breuer Marcell Doktori Iskola, Pécs