



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Tartu kolledž

**IFC PÕHISE ANDMEVAHETUSE METOODIKA  
RAKENDAMINE PROJEKTEERIMISPROTSESSIS  
LASTEAEDE HELLIKU NÄITEL**

**INTEROPERABILITY ANALYSIS OF IFC-BASED DATA  
EXCHANGE IN A DESIGN PROCESS BASED ON THE CASE  
STUDY OF KINDERGARTEN HELLIK**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Pille-Riin Peet

Üliõpilaskood: EAEI153881

Juhendaja: Aime Ruus

(Tiitellehe pöördel)

## **AUTORIDEKLARATSIOON**

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad,

kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

25. mai 2021

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 20.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

".....".....20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina, Pille-Riin Peet

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

### **IFC põhise andmevahetuse metoodika rakendamine projekteerimisprotsessis lasteaed Helliku näitel,**

mille juhendaja on Aime Ruus.

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

---

25. mai 2021

---

<sup>1</sup> Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

Tartu Kolledž  
**LÕPUTÖÖ ÜLESANNE**

**Üliõpilane:** Pille-Riin Peet EAEI153881

Õppekava, peeriala: EAEI02/12Tartu - Ehitiste projekteerimine ja ehitusjuhtimine

Juhendaja(d): dotsent Aime Ruus, 620 4805

**Lõputöö teema:**

(eesti keeles) IFC põhise andmevahetuse metoodika rakendamine  
projekteerimisprotsessis lasteaed Helliku näitel

(inglise keeles) *Interoperability analysis of IFC-based data exchange in a design  
process based on the case study of kindergarten Hellik*

**Lõputöö põhieesmärgid:**

1. Teha uuring ehitusettevõtetes kasutatavate andmevahetuse praktikate kohta.
2. Analüüsida erinevate tarkvarade infovahetuse võimalusi ning võimekusi.
3. Anda hinnang hoone mudeli andmevahetuse võimalustele IFC baasil.

**Lõputöö etapid ja ajakava:**

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lähtemudeli korrastamine ning kontrollimine. Uuringuküsimustiku koostamine.	Märts 2021
2.	Andmevahetuse testimine erinevate tarkvaradega. Küsimustiku laiali saatmine.	Aprill 2021
3.	Magistritöö koostamine. Uuringu analüüs.	Mai 2021

**Töö keel:** Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** 24. mai 2021a

**Üliõpilane:** Pille-Riin Peet ..... 6. mai 2021a  
/allkiri/

**Juhendaja:** Aime Ruus ..... 6. mai 2021a  
/allkiri/

**Programmijuht:** Aime Ruus ..... 6. mai 2021a  
/allkiri/

*Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel*

## SISUKORD

Lühendite ja terminite loetelu.....	6
SISSEJUHATUS .....	8
1. Kirjanduse ülevaade.....	10
2. Metoodika .....	13
2.1 Küsitlus .....	13
2.2 Eksport-import .....	13
3. Tulemused .....	20
3.1 Küsitlus BIM-mudelite ja IFC formaadi kasutamise kohta .....	20
3.1.1 Vastajate iseloomustus .....	20
3.1.2 IFC formaadi kasutus.....	21
3.2 Import tarkvarasse Archicadi.....	22
3.2.1 Revitis loodud IFC-mudelite import Archicadi .....	22
3.2.2 Teklas loodud IFC-mudelite import Archicadi .....	29
3.3 Import tarkvarasse Tekla .....	31
3.3.1 Archicadis loodud IFC-mudelite import Teklasse.....	31
3.3.2 Revitis loodud IFC-mudelite import Teklasse.....	33
3.4 Import tarkvarasse Revit .....	35
3.4.1 Archicadis loodud IFC-mudelite import Revitisse .....	35
3.4.2 Teklas loodud IFC-mudelite import Revitisse.....	39
3.5 Tulemuste analüüs.....	40
KOKKUVÕTE .....	41
SUMMARY.....	43
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	45
LISAD .....	47
LISA 1 IFC formaadi kasutus praktikas.....	48

## Lühendite ja terminite loetelu

Andmevahetus (data exchange)– andmete liikumine tarkvararakenduste vahel, kasutades selleks üldjuhul andmefaile [1].

Andmevahetusformaad– tarkvara poolt loetav formaat andmetele nende salvestamiseks, vastuvõtmiseks, edastamiseks ja arhiveerimiseks [1].

BIM (Building Information Model, Building Information Modelling, Building Information Management) – ehitusinformatsiooni mudel, modelleerimine, juhtimine [1]

BIM-i protsess– üldnimetus BIM-i teostamisele. BIM-i protsessi võib nimetada ka BIM-i rakendamise protsessiks või BIM-i projekti rakendamise protsessiks [1].

BREP – geomeetria esitamise meetod kasutades geomeetria piire. Geomeetria on esitatud omavahel ühendatud pinna elementidena, mis defineerivad piiri sisemiste ning välimiste punktide vahel [2]

buildingSMART (BS)– Rahvusvaheline organisatsioon, mis tegeleb BIM standardite arendamisega [4].

COBie (Construction Operations Building information exchange) – raamistik hoone projekteerimis- ja ehitusinformatsiooni kogumise ja üleandmise kohta hoone haldus- ja hooldustoiminguteks [1]

Ehitise infomudel (building information model, BIM, BIM-mudel)– ehitise või selle osa füüsiliste ja funktsionaalsete omaduste kolmemõõtmeline digitaalne esitus, mis võib sisaldada ka infot ehitise elementide tootja, maksumuse jms kohta [5].

FM (Facility Management) – kinnisvarakeskkonna juhtimine [1]

IFC (Industry Foundation Classes, töös ka IFC formaat) – ehitatud keskkonna standardiseeritud digitaalne kirjeldus [3]

IFC-mudel – BIM-mudli külmutatud olek, mille loetavus ei olene tarkvarast

MVD (Model View Definition) – mudeli andmekogu kirjeldus [1]

*native element*– element, mis on loodud autortarkvaras ning mida on võimalik muuta vastavalt autortarkvara võimekusele.

Parameeter– enamasti numbrilise väärtusega muutuja, mille abil BIM-i tarkvara kasutaja saab määrata elemendi kuju, suurust, omadusi, tunnuseid jne. BIM-i tarkvarad kasutavad parameetrilise modelleerimise põhimõtet [1].

Projekti koordinaatide alguspunkt – kirjeldab projekti koordinaatsüsteemi null-punkti (0,0,0). On lähtepunkt projektile või programmile, mis kasutab koordinaatidega määratletud geomeetria või on seotud ruumilise alusega [1].

Referentsmudel – mudel, mis on aluseks järgnevatele projekteerimistöodele [1].

## SISSEJUHATUS

Eesti ehitusturul on jätkuvalt käimas üleminek 2D joonistelt BIM-mudelitele. Sellele aitab kaasa üha kasvav nõudlus BIM projektide järgi, mida veab avalik sektor. Suurim BIM projektide tellija Eestis on Riigi Kinnisvara AS (edaspidi RKAS), kes on loonud ka oma BIM nõuded. Need nõuded on muutunud riigis omamoodi BIM standardiks. Seoses sellega on mitmed projekteerimisega tegelevad ettevõtted mõistnud, et BIM protsessil on palju eeliseid 2D jooniste ees ning tulevikus ei ole 2D projekteerimine enam tasuv. Üks suurimaid eeliseid BIM protsessil 2D jooniste ees on kiire ja tõhus andmevahetus projekti erinevate osapoolte vahel. See aitab tuvastada projekteerimisvigu, tõstab projekti kvaliteeti ning võimaldab teha paremaid otsuseid projekti kohta. Samuti võimaldab BIM mudelite kasutamine tuvastada kiiremini projekteerimisvigu ja lahendada erinevate osapoolte vahelisi konflikte kiiremini, mis omakorda aitab vältida väga kulukate muudatuste tegemist hoone ehitusel.

Sageli töötavad ühe projekti juures projekteerijad mitmest erinevast ettevõttest. Neil kõigil on individuaalsed töömeetodid ning tarkvarad, millega nad tööd teevad. Selleks, et nende vahel võimalikult tõhusalt andmevahetust teostada, tuleb leida lahendus, mis sobib kõigile tarkvaradele. Sageli on selleks lahenduseks avatud failiformaat IFC, mida on võimalik kasutada ning väljastada pea 150 projekteerimistarkvarast.

IFC formaadi kasutamise praktika kaardistamiseks Eesti projekteerimisettevõtetes on käesoleva töö raames läbi viidud küsitlus. Küsitluses uuritakse projekteerimisega tegelevatelt inimestelt nende BIM protsessi kohta projekteerimises. Samuti uuritakse kas ja kuidas ettevõtetes IFC formaati kasutatakse ning milliseid probleeme on neil seda andmevahetuse meetodikat kasutades esinenud.

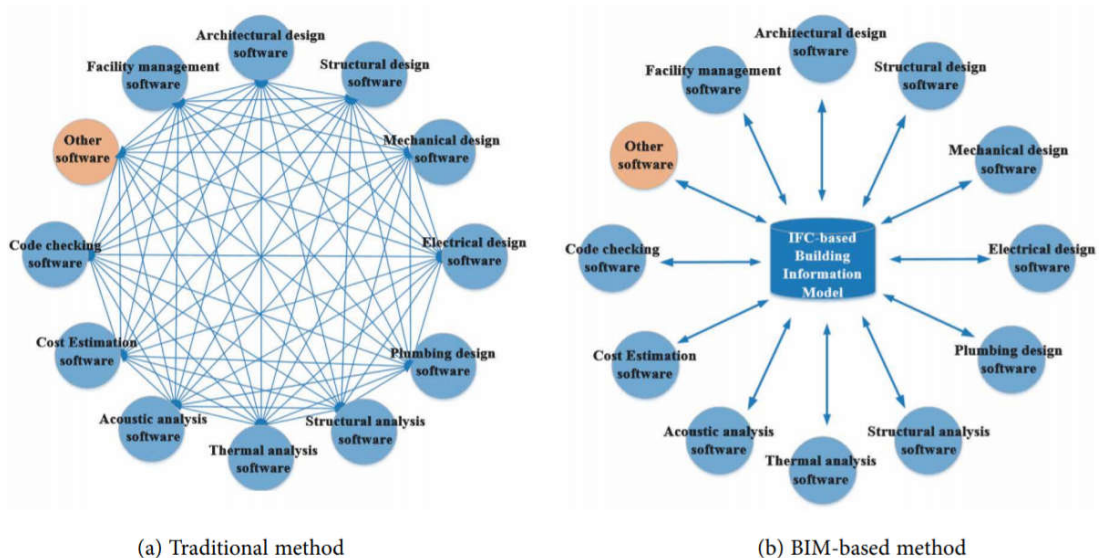
Antud töös vaadeldakse kolme laialt levinud projekteerimistarkvara IFC impordi ja ekspordi võimalusi ning kuidas need omavahel sobivad. IFC-mudeli linkimist või referentsmudelina kasutamist, kui impordi töövoog seda ei nõua, antud töös ei käsitleta. Töö hüpoteesiks on, et BIM-mudeli andmevahetuse kvaliteet sõltub nii autortarkvara ekspordi seadetest kui ka vajalikku tarkvarasse importimise seadetest. Valitud tarkvarad on Graphisoft Archicad 24, Autodesk Revit 2020 ning Tekla Structures 2021. Töös antakse ülevaade tarkvarade erinevate IFC formaati eksportimiseks ning importimiseks kasutatud MVD-de (edaspidi vaikeseaded) kohta. Samuti tehakse nendega erinevaid IFC formaadi importe ja eksporte. Tulemused andmevahetuse protsessi edukuse kohta esitatakse tabelitena. Selleks, et kontrollida vajadusel IFC mudeli kvaliteeti ning sisu on kasutatud Solibri Anywhere tarkvara.



Lähtemudelina on kasutatud Lasteaed Hellik (Aardla tn 138, Tartu) mudelit, mis on koostatud Revit 2020 tarkvaras vastavalt Tartu Linnalt saadud eskiismudelile. Lasteaed Hellik on NSVL Ministrite Nõukogu juures asuva Arhitektuuri Komitee poolt koostatud hoone tüüpprojekti järgi 1980. aastal kasutusele võetud hoone. Antud hoone valiti, kuna tegemist on laialt levinud tüüphoonega Eestis ning hoone suurus annab hea koguse valimi erinevaid elemente.

# 1. Kirjanduse ülevaade

BIM on protsess, mis võimaldab luua ja hallata ehitise informatsiooni. BIM-protsess põhineb intelligentsel ehitise mudelil, milles sisalduvat informatsiooni on võimalik hallata projekteerimis-, ehitus- ja halduprotsessis [6]. BIM hüvesid laiendab openBIM konseptsioon, mis parendab BIM-i ligipääsetavust, kasutatavust, haldust ning andmete jätkusuutlikkust ehitusprotsessis. OpenBIM on koostööprotsess, mis on tarkvaraneutraalne. OpenBIM eesmärk on kadutada koostöö kõigi projekti osapoolte vahel, mida toetab jagatav projekti informatsioon. See protsess põhineb tarkvaraneutraalsetel avatud failiformaatidel nagu IFC, BCF, COBie, CityGML, gbXML, jne [7]. Traditsioonilise ning BIM-i põhise andmevahetuse protsessi erinevused on esitatud joonisel 2. Antud töös keskendutakse Eestis laialt kasutust leidnud failiformaadile IFC.



Joonis 1.1 Andmevahetuse meetodid traditsiooniliselt ja BIM põhiselt [19]

IFC (Industry Foundation Classes) on standardiseeritud ehitatud keskkonna digitaalne kirjeldus. See on avatud failiformaat, mille eesmärk on olla tarkvaraneutraalne ning seega paljudes tarkvarades kasutatav. Enamasti kasutatakse IFC failiformaati andmevahetuseks erinevate osapoolte vahel või projekti informatsiooni arhiveerimiseks [8]. IFC formaati võib pidada BIM protsessi PDF formaadiks. IFC-mudel on BIM-mudeli külmutatud olek, mis sisaldab geometriat ning lisainformatsiooni ehitise elementide kohta, ning on loetav ka tarkvaras, kus mudel algselt loodud pole. See lisainformatsioon võimaldab erinevatel projekti osapooltel mudelit kasutada. IFC-mudelit kasutatakse ka selleks, et kaitsta intellektuaalset omandit, mida autortarkvaras tehtud mudelid sisaldavad [9].

IFC on suur struktuur, mis hõlmab endas omavahel seotud elemente ning omadusi, koos nende vaheliste ühendustega. Selleks, et filtreerida sellest informatsioonist vajalikud andmed välja enne IFC eksporti, kasutatakse vaikeseadeid (MVD ehk Model View Definition). Vaikeseaded defineerivad, milliseid elemente, omadusi, seoseid, konseptsioone ning parameetreid on vaja, et projekti osapool ja tarkvara saaks vajalikku ülesannet täita. Samuti määravad need ära millist osa IFC formaadist on vaja tarkvaras kasutada. [10]

Varem tehtud IFC failiformaadil baseeruva andmevahetuse analüüsist on selgunud, et tihti esinevateks probleemideks on suur faili maht, vastuolulised objektide tüübid, geomeetria vale esitamine, värvide kadumine ning andmete ja seosete kadumine. On leitud, et mida keerukam on elemendi geomeetria, seda rohkem esineb probleeme tema konverteerimisel. Põhjuseks on toodud välja, et andmestik läheb kaduma kui tarkvaradesse imporditakse IFC-mudeleid, mis pole algselt selles tarkvaras loodud. Põhjuseks on asjaolu, et tarkvaral pole piisavalt informatsiooni teise tarkvara andmestikust. Samuti konverteerivad erinevad tarkvarad IFC-mudelist tulevaid andmeid erinevalt ja seetõttu on impordid erinevatesse tarkvaradesse varieeruvad. Kui tarkvaradest eksporditakse mudeli andmeid, mis on sinna imporditud mõnest teisest tarkvarast, suureneb IFC faili suurus ja ka IFC elementide suurus. Samuti võib tarkvara luua mitteparameetrilisi elemente keerukate elementide asemele. Antud uuringu raames töötati välja IFC failiformaadil põhinev BIM platvorm, mis aitab erinevate tarkvarade vahel andmevahetust korraldada. Leiti, et kasutades sellist kolmandat platvormi on tarkvarade vaheline suhtlus märgatavalt efektiivsem. [11]

Autorile teadaolevalt ei ole varem Eestis IFC failiformaadile baseeruva andmevahetuse analüüsi tehtud. Küll aga on tehtud mitmeid mudelprojekteerimisprotsessi ning ehitise elukaare uurimusi. Mitmes sellises uurimuses on käsitletud IFC formaati kui infovahetust võimaldavat avatud vaheformaati [12]. Tõdetakse, et vaheformaati kasutades on oht, et kogu vajalikku informatsiooni ei tõlgita õigesti ümber või osa sellest võib kaotsi minna. Kaasneb ka võimalus, et alltöövõtjal ei pruugi olla piisavalt oskusi, et integreeritavat tarkvara õigesti kasutada. Sellisel juhul peab peatöövõtja hakkama alltöövõtjat välja koolitama. See aga on lisakulu ning seega eelistatakse koostööpartnereid, kellel need oskused on juba olemas [13]. Töös on antud ka analüütiline ülevaade BIM arengust maailmas ning sealhulgas IFC failiformaadi kasutuse kohta [14].

Eestis laialt levinud COBIM 2012 mudelprojekteerimise üldjuhend kirjeldab detailselt projekteerimisprotsessi ehitise infomudelitega. Juhendis on kirjeldatud ka IFC-mudeli rolli kvaliteedi tagamisel. Samuti on antud üldised juhised projekteerijale, kuidas

käituda juhul, kui IFC formaadiga tekib tõrkeid. Juhendis on eelistatud IFC versiooniks IFC 2x3 ning on soovitatud projekteerimisel kasutada tarkvarasid, millel on selle IFC versiooni sertifikaat. [15]

RKAS on loonud projekteerijatele BIM juhendi, mille eesmärk on ühtlustada mudelprojekteerimise protsessi ja selle väljundeid. Juhendis on lisaks muule ka nõuded mudeli IFC eksportimisele. IFC eksportimisel pevad elementid olema korrektselt seotud IFC-klasside ja tüüpidega. Samuti on märgitud eelistatud failiformaadiks \*.ifc, kuid mahukamate mudelite puhul ka \*.ifcZIP formaat. Eelistatud IFC versioon on IFC 2x3 ning andmekogu definitsioon Coordination View Version 2.0, kuid kasutada võib ka uuemaid IFC versioone. [16]

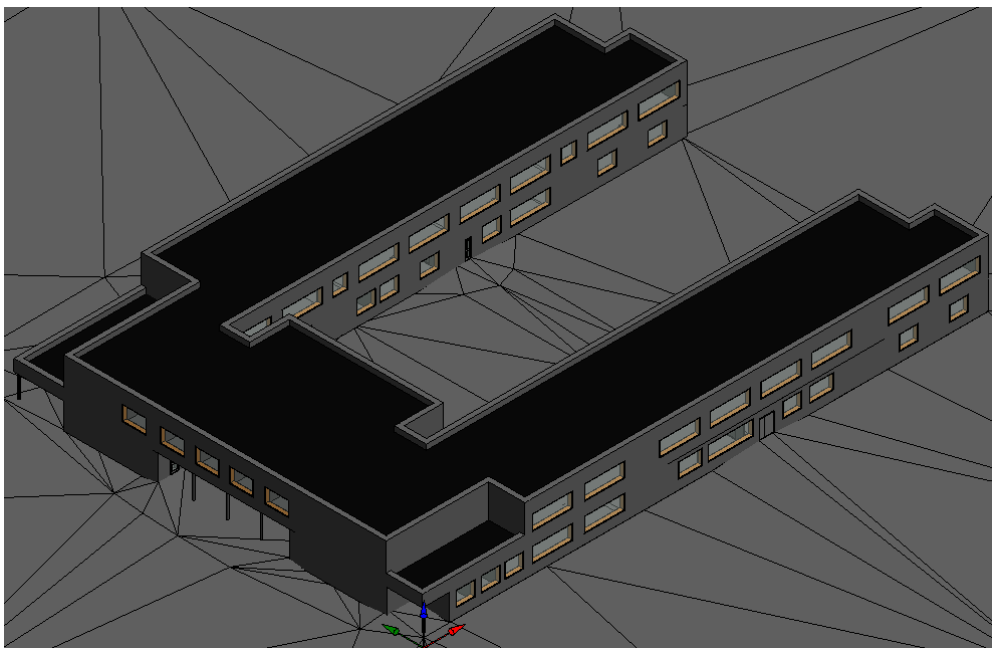
## 2. Metoodika

### 2.1 Küsitlus

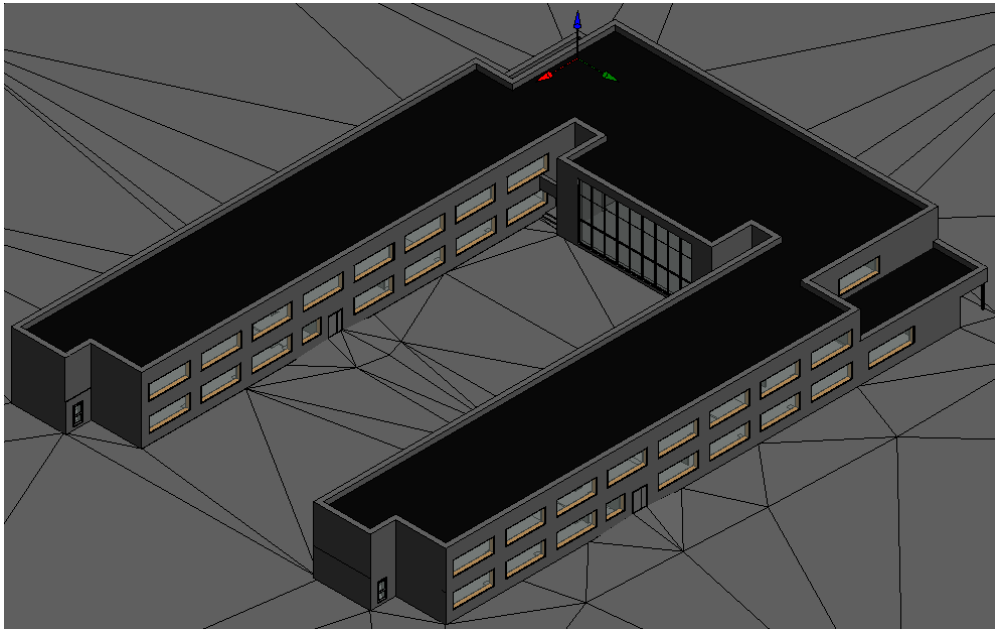
Uuring viidi läbi ajavahemikus 24. aprill 2021 – 14. mai 2021 Google Docs keskkonna kaudu. Küsitlusele vastas 62 inimest 41 erinevast projekteerimisega tegelevatest ettevõttest. Küsitluse eesmärk oli kaardistada IFC formaadi kasutust projekteerimisprotsessis praktikas ja sellega kaasnevaid probleeme. Küsitluse ankeedi sisu on esitletud Lisas 1. Vastanutelt uuriti milliseid tarkvarasid kasutatakse, millised on enimlevinud BIM juhendid, milline on IFC failiformaadi roll nende projekteerimisprotsessis ning millised probleemid sellega kaasnevad.

### 2.2 Eksport-import

Referentshooneks on valitud Tartu linnas asuv tüüp-projektile vastav lasteaia Hellik hoone. Alusmudeli koostamisel on kasutatud Tartu Linna tellimusel O+ OÜ poolt märts 2020 koostatud lasteaed Helliku eskiislahenduse IFC fail. IFC fail on imporditud Revit 2020 tarkvarasse ning seda on korrigeeritud. Korrigeerimise käigus on välisseinad, vahelaed, katused, klaasfassaad, postid ning välisüksed asendatud Reviti elementidega. Samuti on lisatud mudelisse puuduvad aknad. Siseseinad ning siseüksed on jäetud IFC-mudelist imporditud geneerilisteks elementideks. Ruumielemendid on üle kontrollitud ning vajadusel korrigeeritud. Graafiliselt on Revitis koostatud mudel esitatud joonistel 2.1 ja 2.2.



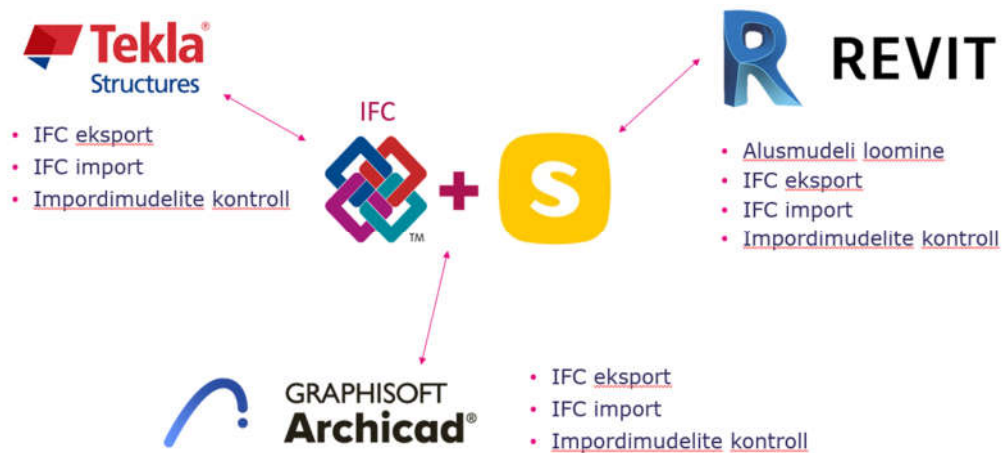
Joonis 2.1 Algmudel Revit 2020 tarkvaras



Joonis 2.2 Algmudel Revit 2020 tarkvaras

Lähteandmeks oleva IFC-mudeli kohta ei ole teada, mis on selle autortarkvara ning milliste ekspordi vaikeseadetega see loodud on. Seetõttu IFC faili esimest importi Revit 2020 tarkvarasse antud töös ei käsitleta.

Töö käik on ülevahtlikult esitatud joonisel 2.3.



Joonis 2.3 Skeem töö protsessi kohta

IFC eksportideks ning importideks on kasutatud tarkvaradesse sisse ehitatud vaikeseadeid. Vaikeseaded on valitud seetõttu, et need on projekteerijatele üheselt kättesaadavad ning ei vaja keerukate seadistuste muutmist. Kui vaikesead on loodud spetsiifilisele tarkvarale IFC loomiseks, siis on seda eesmärgipäraselt kasutatud. Antud töös ei tehta ekspordite vaikeseadetega, mis on loodud tarkvarade jaoks, mida antud

töös ei käsitleta. Selleks, et kontrollida vajadusel IFC mudeli kvaliteeti ning sisu on kasutatud Solibri Anywhere tarkvara.

Revit tarkvaras loodud algmudel on eksporditud IFC formaati kasutades erinevaid vaikeseadesid. Revitis olevad ekspordi vaikeseadesid on:

- IFC 2x2 Coordination View – vanem IFC ekspordi seade, mis on üldine eksport koordineerimiseks
- IFC 2x3 Coordination View – vanem IFC ekspordi seade, mis on üldine eksport koordineerimiseks
- IFC 2x3 Coordination View 2.0 – vaikeseadesid sertifitseeritud IFC ekspordi versioon, mis on mõeldud koordineerimiseks
- IFC 2x3 GSA Concept Design BIM 2010 – standard IFC 2x3 formaadi variant, mida kasutatakse USA-s failide esitamiseks
- IFC 2x2 Singapore BCA e-Plan Check – sertifitseeritud IFC 2x2 formaadi variant, mida kasutatakse üldiselt failide edastamiseks Singapore BCA e-plan Check Serverisse
- IFC2x3 Basic FM Handover View – IFC 2x3 formaadi variant, mis on loodud teostusmudeli kriteeriumite järgi
- IFC2x3 COBie 2.4 Design Deliverable View – UK valitsuse 2016 aasta Level 2 BIM mandaadi järgi loodud IFC ekspordi formaat, mis on loodud avaliku sektori koostööks
- IFC4 Reference View – uusim IFC versioon, mis on defineeritud buildingSMART poolt. Eksport on loodud referentsmudeli ekspordiks ning see pole mõeldud modifitseerimiseks.
- IFC4 Design Transfer View – uusim IFC versioon, mis on defineeritud buildingSMART poolt. Selle variandi puhul proovib Revit luua elementidest *ifcAdvancedBReps* elemendid, mis vähendab IFC faili mahtu [17].

Antud töös käsitletakse IFC 2x3 Coordination View, IFC 2x3 Coordination View 2.0, IFC 2x3 GSA Concept Design BIM 2010, IFC2x3 Basic FM Handover View, IFC2x3 COBie 2.4 Design Deliverable View, IFC4 Reference View ja IFC4 Design Transfer View ekspordiseadeid. IFC 2x2 formaadiga ekspordid ei käsitleta, kuna seda formaati teised tarkvarad enam ei toeta. Samuti on üks eksport tehtud kasutades Reviti Archicad Connection lisaprogrammi, mis ekspordib IFC 2x3 formaati. Revit Archicad Connection lisaprogramm on loodud Autodesk Revit ning Graphisoft Archicad tarkvarade vahelise IFC failiformaadil baseeruva andmevahetuse parendamiseks [18]. Lisaprogrammi on võimalik alla laadida tasuta Graphisoft kodulehelt. Kõigil eelpool mainitud ekspordi vaikeseadetel on projekti koordinaatide alguspunkt *Shared Coordinates* punktis.

Graphisoft Archicad 24 tarkvarasse on imporditud Revitist loodud erinevad IFC-mudeleid, millele importimiseks on kasutatud käsku *open*. Faili avamiseks, valides failitüübiks IFC, pakub Archicad erinevaid vaikeseadeid. Archicadis olevad impordi vaikeseaded on järgmised (lisatud autori kirjeldus):

- General Import – IFC mudelite impordiks, kui lähtetarkvara pole täpsustatud
- AECOsim Building Designer Import – import Bentley AECOsim Building Designer tarkvarast eksporditud IFC-mudelitele
- Allplan Engineering Import - import Allplan Engineering tarkvarast eksporditud IFC-mudelitele
- Structural Analysis Model Import – import konstruktsioonide analüüsi teostamise tarkvaradest
- DDS-CAD MEP Import - import DDS-CAD MEP tarkvarast eksporditud IFC-mudelitele
- Plancal nova Import - import Plancal nova / Trimble MEP tarkvaradest eksporditud IFC-mudelitele
- Modeling Applications Import – üldiseks IFC impordiks
- Revit MEP Import - import Autodesk Revit MEP tarkvarast eksporditud IFC-mudelitele
- Revit Structure Import - import Autodesk Revit Structure tarkvarast eksporditud IFC-mudelitele
- Scia Engineer - import Scia Engineer tarkvarast eksporditud IFC-mudelitele
- Exact Geometry Import – mudeli import, kus mudel kuvatakse täpselt nii, nagu see autortarkvaras oli
- Tekla Structures Import - import Tekla Structures tarkvarast eksporditud IFC-mudelitele

Revitist loodud IFC-mudelite importimiseks käsitletakse antud töös General Import, Modeling Applications Import ja Exact Geometry Import, Revit MEP Import ja Revit Structure Import impordiseadeid. IFC-mudeli importimisel loodud mudeli koordinaatide alguspunkt asub IFC-mudeli koordinaatide alguspunktis.

Lasteaiast Hellik on loodud alusmudel ka Archicad 24 tarkvaras. Antud mudel on eksporditud erinevate vaikeseadetega IFC formaati. Archicadist IFC-mudelite eksportimiseks on kasutatud erinevaid vaikeseadeid. Archicadis olevad ekspordi vaikeseaded on järgmised (lisatud autori kirjeldus):

- General Parametric Export – mudeli üldine eksport, mis ekspordib võimalikult palju parameetrilisi elemente koos kogu Archicad andmesisuga

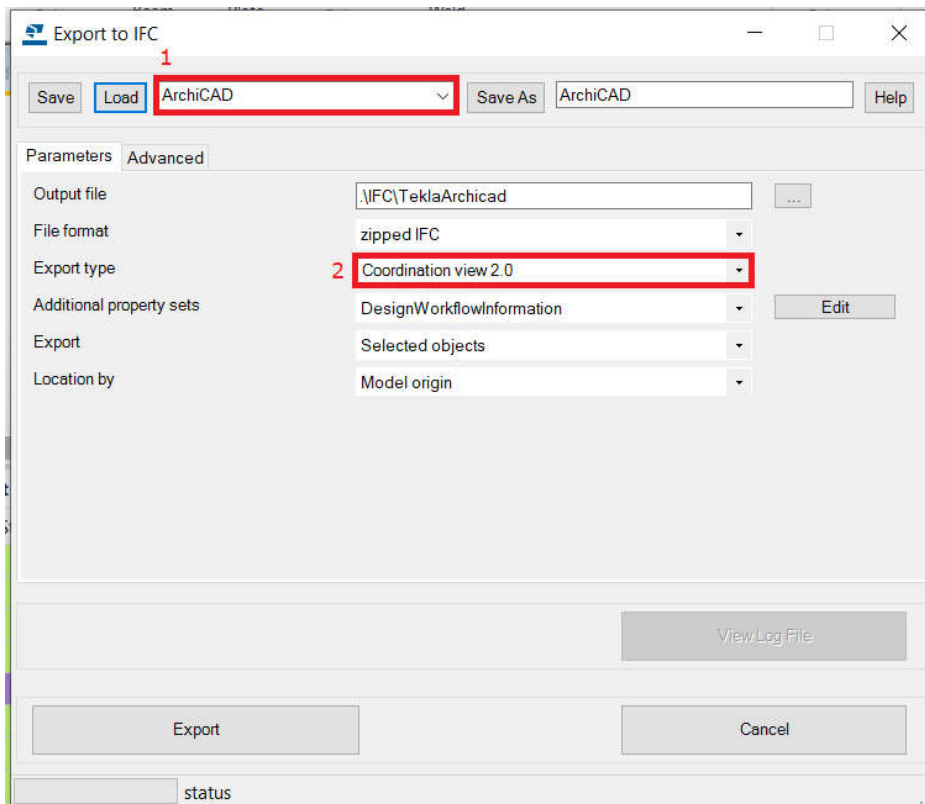


- AECOsim Building Designer Export – eksport Bentley AECOsim Building Designer tarkvara jaoks
- Allplan Engineering Export - eksport Allplan Engineering tarkvara jaoks
- DDS-CAD MEP Export - eksport DDS-CAD MEP tarkvara jaoks
- Plancal nova Export - eksport Plancal nova / Trimble MEP tarkvarade jaoks
- Revit MEP Export - eksport Autodesk Revit MEP tarkvara jaoks
- Revit Structure Export - eksport Autodesk Revit Structure tarkvara jaoks
- Revit Export for Reference Model – eksport, mis on mõeldud referentsmudeli loomiseks Autodesk Revit tarkvarale
- Scia Engineer Export - eksport Scia Engineer tarkvara või mõne muu konstruktiivse analüüsi tarkvara jaoks
- Exact Geometry Export – mudeli eksport, millega eksporditakse elementide geomeetria. Eksport on mõeldud disaini koordineerimiseks ning ristumiskontrollide tegemiseks
- Tekla Structures Export- eksport Tekla Structures tarkvara jaoks
- BIM4You (4D/5D) Export – eksport BIB BIM4You tarkvara jaoks
- CostX Export – eksport Exactal CostX tarkvaras mahtude väljavõtmise jaoks
- IFC4 Design Transfer View-based Export – eksport, mille eesmärk on elemente parameetriselt jagada, et nende edasine modifitseerimine oleks võimalik
- IFC4 Reference View-based Export – mudeli eksport, millega eksporditakse elementide geomeetria. Eksport on mõeldud disaini koordineerimiseks ning ristumiskontrollide tegemiseks
- iTWO (5D) Export – eksport RIB iTWO tarkvara jaoks

Antud töös võetakse IFC eksporti vaikeseadete valikut tehes arvesse, millise tarkvara jaoks IFC-mudelid on mõeldud. Tekla Structures tarkvara jaoks eksporti tehes kasutatakse General Parametric Export, Exact Geometry Export ja Tekla Structures Export ekspordiseadeid. Mudelit ei ekspordita IFC4 formaati, kuna Tekla Structures ei võimalda IFC4 formaadis mudelist elemente konverteerida *native element*-ideks [19]. Enne IFC eksportimist Teklas kasutamiseks on Archicadis kasutatud osalist mudeli vaadet nimega *Core Only*, mis kuvab vaid elementide struktuurseid kihte. Seetõttu eksporditakse IFC-mudelisse vaid välissteinte, vahelagede, katuste ning postide struktuurne osa. Reviti jaoks eksporti tehes kasutatakse General Parametric Export, Exact Geometry Export, IFC4 Design Transfer View-based Export, IFC4 Reference View-based Export, Revit Export for Reference Model, Revit MEP Export ja Revit Structure Export ekspordiseadeid. Eksporditud IFC-mudeli koordinaatide algupunkt asub samas punktis kui Archicadi mudeli koordinaatide algupunkt.

Tekla Structures 2021 tarkvarasse on erinevad IFC-mudelid, olenemata nende autortarkvarast, imporditud referentsmudelina. Mudelit importides on selle koordinaatide alguspunkti asukohaks valitud Tekla projekti koordinaatide alguspunkt. Seejärel on IFC referentmudelist vajalikud elemendid konverteeritud Tekla elementideks. Konverteerimiseks on kõik elemendid peale uste, akende, klaasfassaadi ja maapinna välja filtreeritud ning konverteeritud kasutades *Conversion as extrusion* käsku. Seinavad konverteeritakse ava lõikamise elementideks.

Tekla Structures 2021 tarkvaras on lasteaiast Hellik loodud algmudel. Selles mudelis on seintest ainult välisseinad ja vundamendi seinad, kuna siseseinte puhul ei ole määratud, millised on kandvad seinad või mis materjalist need on. Teklast IFC-mudeli eksportimiseks on võimalik teha väga suurel hulgal vaikeseadete kombinatsioone. Seetõttu on tehtud valik olemasolevate seadete hulgast. Joonisel 2.4 on punasega märgitud väljad, mida on eksportimisel muudetud.



Joonis 2.4 Tekla ekspordi seadete valikud

Väljal nr 1 on valitud IFC ekspordiks tarkvarasse Archicad ka selle nimeline vaikesead. Mudeli ekspordiks Revitisse on valitud RevitCoordination nimeline vaikesead. Samuti on eksport tehtud standard ning minimum vaikeseadetega. Väljal nr 2 on kõigi eksportide puhul valitud Coordination view 2.0, mis on buildingSMART poolt

sertifitseeritud mudeli vaade ning sobib üldiseks IFC ekspordiks [4-20]. Teklast mudelit eksporditades on loodava IFC-mudeli koordinaatide algpunktiks määratud mudeli koordinaatide algpunkt.

Teklas loodud IFC-mudelite impordiks Archicadi kasutatakse antud töös eelpool kirjeldatud Archicadi impordi vaikeseadetest General Import, Modeling Applications Import, Exact Geometry Import ja Tekla Structures Import impordi vaikeseadeid.

Revit 2020 tarkvarasse IFC-importimiseks kasutatakse *open* käsku, mis automaatselt konverteerib IFC elemendid *native element*-ideks. Archicadist eksporditud IFC-mudelid on lisaks imporditud kasutades ka Reviti lisaprogrammi IFC Model Exchange with Archicad, mis võimaldab vaid IFC 2x3 failiformaadi impordi.

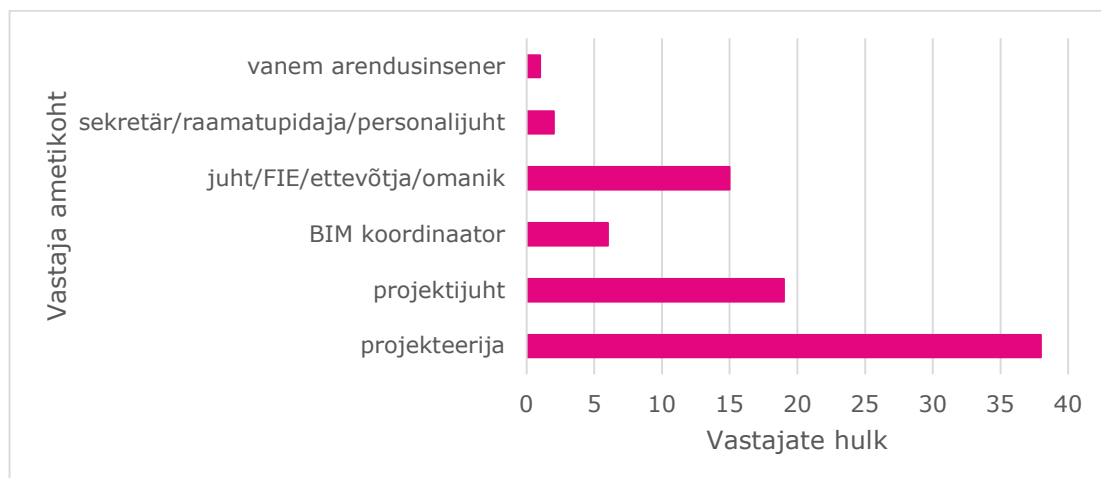
Selleks, et erinevaid ekspordi ja impordi seadete kombinatsioone omavahel võrrelda on enne IFC ekspordi mudeli autortarkvaras kõik eksporditavad elemendid üle loetud. Pärast IFC impordi uude tarkvarasse importimist on elemendid uuesti üle loetud ja tabeli vastavasse lahtrisse on esitatud protsentuaalselt andmevahetuse edukus iga elemendi grupi kohta. Samuti hinnatakse, kas element on konverteeritud õigeks elemendiks ka sihttarkvaras. Töös ei käsitleta elementide andmesisu.

### 3. Tulemused

#### 3.1 Küsitlus BIM-mudelite ja IFC formaadi kasutamise kohta

##### 3.1.1 Vastajate iseloomustus

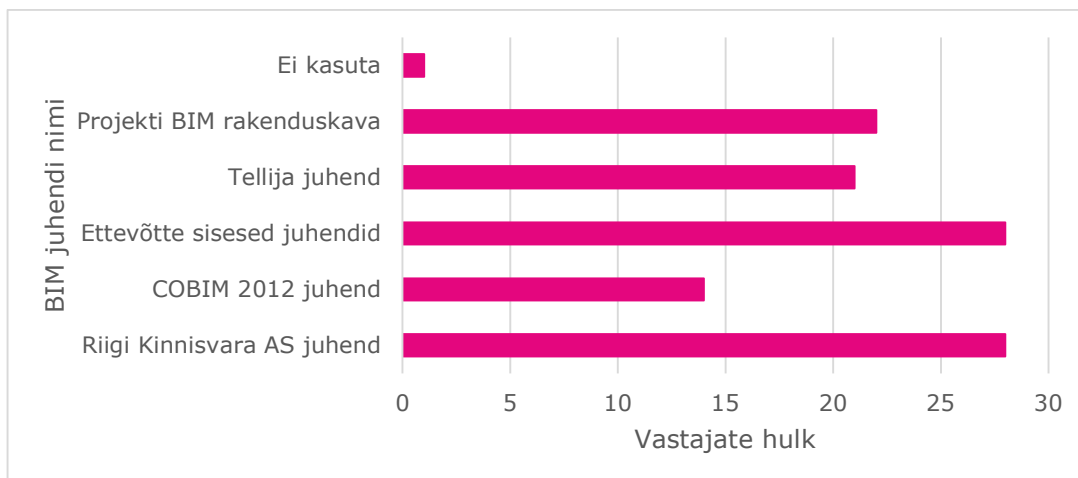
Küsitlusele vastas 62 inimest 41 erinevast ettevõttest, millest 15% on ettevõtted, kus töötab 1-2 projekteerijat, 37 % ettevõtetest on 3-9 projekteerijaga ning 10 või enam projekteerijat töötab 48 % ettevõtetes. Vastajate ametikohtade jaotus on esitatud joonisel 3.1.



Joonis 3.1 Küsitluses osalenute ametikohtade jaotus

Suurim osa ehk 34 % küsitletud projekteerijatest (18 projekteerijat) kasutab projekteerimiseks Autodesk AutoCAD tarkvara. Populaarsuselt järgmised on Tekla Structures ja Autodesk Revit tarkvarad. Mõlemid kasutatakse 23% vastanutest (12 projekteerijat). 13% projekteerijatest (7 projekteerijat) kasutab Graphisoft Archicadi. Vähem levinud on tarkvarad nagu BricsCAD, MagicCad ja Datacad, mida kasutab vastavalt 2 % (1 projekteerija), 4 % (2 projekteerijat) ja 2 % (1 projekteerija) projekteerijatest.

74% vastajatest kasutab BIM tehnoloogiat. BIM-mudelit kasutatakse enim (84% 49st vastanust) vigade ja vastuolude väljaselgitamiseks. Andmevahetuseks teiste projekteerijatega kasutab BIM-mudelit 76% ning 3D visualiseeringute tegemiseks 57% vastanutest. Simulatsioonide ja analüüside tegemiseks kasutab BIM mudelit 12% vastanuist. BIM protsessi käsitletavat juhendit ja nende populaarsus vastanute seas on esitatud joonisel 3.2.

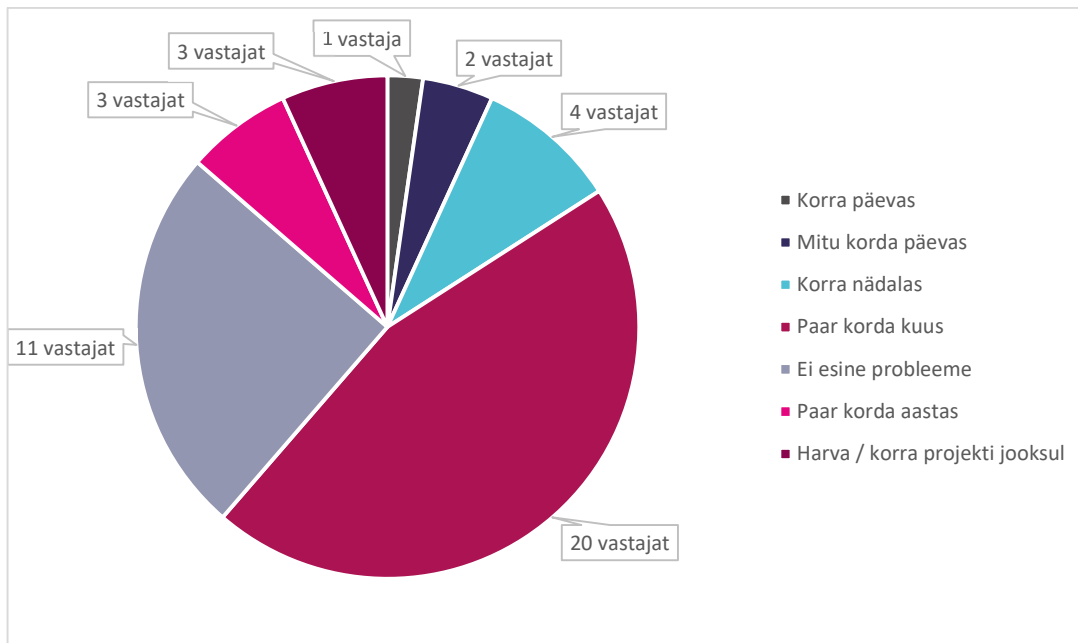


Joonis 3.2 Eelistused BIM-i juhendite kasutamisel

### 3.1.2 IFC formaadi kasutus

IFC formaati kasutab oma töös 76% kõigist vastanutest ning 79% küstiluses osalenud projekteerijatest. Levinuimad IFC kasutusviisid on BIM mudeli edastamiseks Tellijale (43 vastanut) ja BIM-mudeli edastamiseks partnerettevõtetele (42 vastanut). Samuti kasutatakse IFC formaati BIM-mudeli importimisel projekteerimise aluseks (37 vastanut) ja andmevahetuseks ettevõtte siseselt (18 vastanut). Üks vastanu kasutab IFC formaati muuhulgas ka mahtude väljavõtmiseks.

Ankeedis paluti vastanutel kirjeldada IFC formaadi kasutust nende ettevõtte projekteerimisprotsessis. Neist vastustest selgus, et IFC formaati kasutatakse peamiselt info edastamiseks erinevate projekteerimisosapoolte vahel, sealhulgas on IFC sisendiks referentsmudelina. IFC formaati kasutatakse projekteerimisprotsessis ka erinevate osamudelite vahel vasutolude välja selgitamiseks ning lõpuks tellijale mudeli või erinevatest osamudelitest koondmudeli edastamiseks. Üks vastanu on märkinud, et koordineerimine läbi ühtse formaadi on tõhus ja kiire viis probleemide tuvastamiseks ja info vahetuseks.



Joonis 3.3 Probleemide esinemise sagedus IFC formaadi kasutamisel

Peamised probleemid, mis vastajad seoses IFC formaadiga välja toovad, on probleemid vajaliku infosu ekspordil, mudeli nullpunkti erinevus teiste osamudelitega ning IFC mudelite mahukus. Samuti võib geomeetria osaliselt jääda ekspordimata või impordil kaduma minna. Probleeme esineb ka mudelite IFC-mudelite liigse detailsusega, kus projekteerijal, kes soovib mudelit aluseks võtta, on liigselt kasutat infot ning see teeb töötamise alusmudeliga liiga aeglaseks.

## 3.2 Import tarkvarasse Archicadi

Antud peatükis käsitletakse General Import, Modeling Applications Import ja Exact Geometry Import impordiseadeid. Kui IFC-mudelid on eksporditud Revitist, siis kasutatakse lisaks ka Revit MEP Import ja Revit Structure Import seadeid ning kui IFC-mudelid on eksporditud Teklast, siis Tekla Structures Import seadeid. Archicadi impordi seaded on tabelites 3.1 ja 3.2 märgitud veergudele.

### 3.2.1 Revitis loodud IFC-mudelite import Archicadi

Revitist on IFC-mudelisse eksporditud järgmised elemendid:

- 325 seinaelementi (Revit *Walls*), sealhulgas klaasfassaadielemendid (Revit *Curtain Wall*)  
IFC2x3 GSA Concept Design BIM 2010 ja IFC2x3 Basic FM Handover View ekspordi seadetes on määratud nii, et seinaelemendid, mis on mudelis läbi mitme korruse,

jaotatakse mitmeks erinevaks seinaelemendiks. Jaotamisel on löikepind samas tasapinnas korruse nullpinnaga. Seega on seinaelemente selle ekspordiga 384 elementi.

- 122 ukseelementi (Revit *Doors*)
- 78 aknaelementi (Revit *Windows*)
- 108 ruumielementi (Revit *Spaces*)
- 8 põrandaelementi (Revit *Floors*)
- 3 katuseelementi (Revit *Roofs*)
- 5 postielementi (Revit *Columns*)
- 1 maapinnaelement (Revit *Site*)

Antud peatükis käsitletakse IFC 2x3 Coordination View, IFC 2x3 Coordination View 2.0, IFC 2x3 GSA Concept Design BIM 2010, IFC2x3 Basic FM Handover View, IFC2x3 COBie 2.4 Design Deliverable View, IFC4 Reference View ja IFC4 Design Transfer View ekspordiseadeid. Samuti on üks eksport tehtud kasutades IFC Model Exchange with Archicad lisaprogrammi, mis ekspordib IFC 2x3 formaati. Ekspordi seaded on esitatud tabelis 3.1 ridadel.

Tabel 3.1 Erinevate Reviti ekspordi seadetega loodud IFC-mudelite import Archicadi erinevate impordi seadetega ning nende kombinatsioonide tulemused

		Archicadi impordi seaded				
		Exact Geometry Import	General Import	Modeling Applications Import	Revit MEP Import	Revit Structure Import
<b>Reviti ekspordi seaded</b>	<b>IFC2x3 Coordination View 2.0;</b>	100 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks	100 % postielementidest, pörandaelementidest, katuseelementides ja ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks	100 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks	100 % postielementidest, pörandaelementidest, katuseelementides ja ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks	100 % postielementidest, pörandaelementidest, katuseelementides ja ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks
	<b>IFC 2x3 Coordination View;</b>	Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>native element</i> -ideks	Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>morph</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>native element</i> -ideks	Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>native element</i> -ideks
	<b>IFC2x3 COBie 2.4 Design Deliverable;</b>		98 % ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks		98 % ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks	98 % ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks
	<b>IFC Model Exchange with Archicad for Revit IFC2x3 Export</b>		94 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks	51 % aknaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks	94 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks	51 % aknaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks
			Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt		Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt



		Archicadi impordi seaded				
		Exact Geometry Import	General Import	Modeling Applications Import	Revit MEP Import	Revit Structure Import
Reviti ekspordi seaded	IFC2x3 GSA Concept Design BIM 2010;	100 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks	100 % postielementidest, põrandaelementidest, katuseelementides ja ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks	100 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks	100 % postielementidest, põrandaelementidest, katuseelementides ja ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks	100 % postielementidest, põrandaelementidest, katuseelementides ja ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks
	IFC2x3 Basic FM Handover View;	Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	98 % ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  96 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  59 % aknaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>morph</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	98 % ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  96 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  59 % aknaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	98 % ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  96 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  59 % aknaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt

		Archicadi impordi seaded				
		Exact Geometry Import	General Import	Modeling Applications Import	Revit MEP Import	Revit Structure Import
<b>Reviti ekspordi seaded</b>	<b>IFC4 Reference View</b>	100 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	100 % postielementidest, põrandaelementidest, katuseelementidest ja ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  19 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	100 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>morph</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	100 % postielementidest, põrandaelementidest, katuseelementidest ja ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  19 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	100 % postielementidest, põrandaelementidest, katuseelementidest ja ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  19 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt
<b>Reviti ekspordi seaded</b>	<b>IFC4 Design Transfer View</b>	12 elemendi import ebaõnnestus.  100 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	3 elemendi import ebaõnnestus.  100 % postielementidest, põrandaelementidest, katuseelementidest ja ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  98 % ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks. NB! Välisused imporditud	12 elemendi import ebaõnnestus.  100 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>morph</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt	3 elemendi import ebaõnnestus.  100 % postielementidest, põrandaelementidest, katuseelementidest ja ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  98 % ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks. NB! Välisused imporditud	3 elemendi import ebaõnnestus.  100 % postielementidest, põrandaelementidest, katuseelementidest ja ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  98 % ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks. NB! Välisused imporditud

Archicadi impordi seaded				
Exact Geometry Import	General Import	Modeling Applications Import	Revit MEP Import	Revit Structure Import
	<p>kui ukseavad (kuigi on siiski ukseelemendid)</p> <p>94 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>51 % aknaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt</p>		<p>kui ukseavad (kuigi on siiski ukseelemendid)</p> <p>94 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>51 % aknaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt</p>	<p>kui ukseavad (kuigi on siiski ukseelemendid)</p> <p>94 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>51 % aknaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>Kõik ülejäänud elemendid konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektselt</p>

Tabelist selgub, et Archicadi impordi kvaliteeti Revitis valitud ekspordi seaded drastiliselt ei muuda. Küll aga tuleb silmas pidada, milline Archicadi impordi seade valitakse. Exact Geometry Import muudab igal juhul kõik elemendid *object* tüüpi elementideks, millega ei ole võimalik korrektselt edasi projekteerida, kuna tegemist on justkui mööblielementidega. Modeling Applications Import muudab aga kõik elemendid *morph* tüüpi elementideks, millega ei ole samuti ilma tohutu lisatööta võimalik edasi projekteerida, kuna tegemist on kategooriata geomeetriliste elementidega, mille modifitseerimiseks peab muutma iga nurgapunkti asukohta eraldi. General Import, Revit MEP Import ning Revit Structure Import on ühesuguse impordi võimekusega. Elementide geomeetria püsib kõigil juhtudel õige, kuid mõned elemendid konverteeritakse *object* tüüpi elementideks. Aknad ja uksed, mis kuuluvad seinale, mis on konverteeritud *object* tüüpi elementiks, konverteeritakse samuti automaatselt *object* tüüpi elementiks. Seega tuleb viga otsida seinade seadistustes. Kõik seinad, mis on Archicadis konverteeritud *object* elementideks on välisseinad. Revit tarkvaras aga ei ole ühtegi erinevust välisseina elementides. Samuti on kõik välisseinad üle kandunud korrektselt seinaelemendina IFC-mudelisse.

General Import, Revit MEP Import ja Revit Structure Import impordiseadete kirjelduses on elementide konverteerimise kirjeldusse märgitud, et kui elementi ei suudeta konverteerida *native elementiks*, siis konverteeritakse element *object* tüüpi elementiks. BREP geomeetria aga pole Archicad võimeline konverteerima *native elementiks* [4]. Seega võib arvata, et elemendid, mille konverteerimine impordil ebaõnnestus, on BREP tüüpi elemendid. Solibri Anywhere tarkvaras Revitist eksporditud IFC-mudelit kontrollides selgubki, et nende seinte geomeetria tüüp on *Boundary Representation* ehk BREP.

Revitis pole pealtnäha ühtegi erinevust õigesti konverteeritud ning konverteerimata elementide vahel. Kuna referentsmudel on loodud IFC impordil saadud mudelist, kus mõned seinad on uuesti joonistatud ning mõnedel seintel on tüüp muudetud, siis prooviti ka valesti konverteeritud sein Revitis uuesti seinatööriistaga joonistada ning seejärel ekspordida IFC-mudel. Sellisel juhul konverteeriti sein Archicadis õigesti seinaks. Põhjust, miks Revit pealtnäha ühesuguseid seinu erinevalt ekspordib, ei oska autor välja tuua.

Ruumielemendid kanduvad igal juhul 100% üle.

Samuti selgub antud tabelist, et andmevahetus toimub paremini IFC 2x3 formaadiga. IFC 4 formaadi puhul ei jõua suur osa välisseinu ning seal asuvaid aknaid ja uksi korrektselt IFC formaati. Seega pole ka nende import korrektne.

Antud juhul ei ole Archicadi ja Reviti vahel andmevahetuseks arendatud Reviti lisaprogrammiga eksporditud IFC import Archicadi parem teiste Reviti olemasolevatest ekspordiseadetega tehtud IFC-mudelite impordist.

### **3.2.2 Teklas loodud IFC-mudelite import Archicadi**

Teklast on IFC-mudelisse eksporditud järgmised elemendid:

- 79 seinaelementi (*Tekla Concrete Panel*)
- 11 plaadielementi (põrandad ja katused) (*Tekla Concrete Slab*)
- 5 postielementi (*Tekla Steel Column*)

Antud peatükis käsitletakse Minimum Coordination view 2.0, Standard Coordination view 2.0 ja Archicad Coordination View 2.0 ekspordi vaikeseadeid, mis on tabelis 3.2 näidatud reas.

Tabel 3.2 Erinevate Tekla ekspordi seadetega loodud IFC-mudelite import Archicadi erinevate impordi seadetega ning nende kombinatsioonide tulemused

		<b>Archicad impordi seaded</b>			
		<b>Exact Geometry Import</b>	<b>General Import</b>	<b>Modeling Applications Import</b>	<b>Tekla Structures Import</b>
<b>Tekla ekspordi seaded</b>	<b>Minimum Coordination view 2.0;</b>  <b>Standard Coordination view 2.0;</b>  <b>Archicad Coordination view 2.0</b>	Kõik elemendid on konverteeritud <i>object</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektseks.	100 % postielementidest, põrandaelementidest, seinaelementidest ja katuseelementides on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  Nii põranda kui ka katuselemendid on konverteeritud <i>slab</i> tüüpi elementideks.	Kõik elemendid konverteeritud <i>morph</i> tüüpi elementideks, mida pole võimalik korrigeerida korrektseks.	100 % postielementidest, põrandaelementidest, seinaelementidest ja katuseelementides on konverteeritud <i>native element</i> -ideks  NB! Nii põranda kui ka katuselemendid on konverteeritud <i>slab</i> tüüpi elementideks.

Tabelist selgub, et Archicadi impordi kvaliteeti Teklas valitud ekspordi seaded drastiliselt ei muuda. Küll aga tuleb silmas pidada, milline Archicadi impordi seade valitakse. Exact Geometry Import muudab igal juhul kõik elemendid *object* tüüpi elementideks, millega ei ole võimalik korrektselt edasi projekteerida, kuna tegemist on justkui mööblielementidega. Modeling Applications Import muudab aga kõik elemendid morph tüüpi elementideks, millega ei ole samuti ilma tohutu lisatööta võimalik edasi projekteerida, kuna tegemist on kategooriata geomeetriliste elementidega, mille modifitseerimiseks peab muutma nurgapunktide asukohti.

Kõikide elementide puhul toimub konverteerimine Archicadi elemendiks õigesti. Teklas ei eristata, kas tegemist on vahelae kandva osaga või katuse kandva osaga. Seetõttu on kõik horisontaalsed kandvad osad eksporditud kui *slab* elemendid ning niimoodi on nad ka Archicadi imporditud. Seega tuleks katuse element uuesti katuse tööriistaga joonestada või tüüp ära muuta.

Archicadi imporditakse avad, kui *object* tüüpi elemendid ning nad asuvad kihil, mis on algelt Archicadis välja lülitatud. Avad on ka grupeeritud vastavalt seinale, millesse nad kuuluvad. See tähendab aga, et avasid ei ole võimalik muuta, kuid neid on võimalik seinast välja tõsta, ning asendada Archicadi akna elementidega. Sellega kaob aga openBIM põhimõtte ära.

## **3.3 Import tarkvarasse Tekla**

### **3.3.1 Archicadis loodud IFC-mudelite import Teklasse**

Archicadist on IFC-mudellisse eksporditud järgmised elemendid:

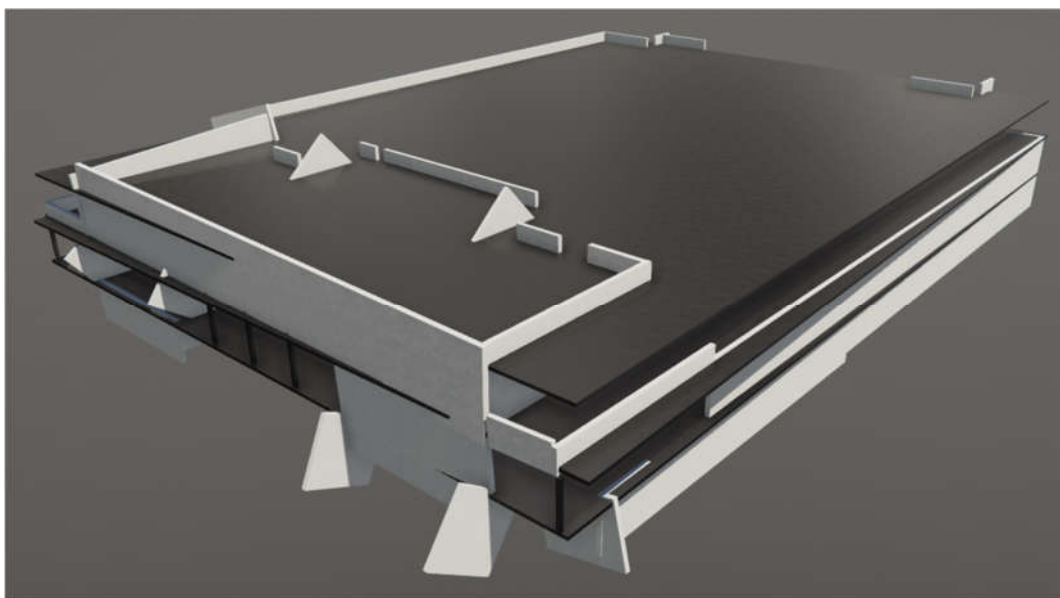
- 79 seinaelementi (*Archicad Wall*)
- 12 ukseelementi (*Archicad Door*)
- 78 aknaelementi (*Archicad Window*)
- 8 põrandaelementi (*Archicad Slab*)
- 3 katuseelementi (*Archicad Roof*)
- 5 postielementi (*Archicad Columns*)

Antud peatükis käsitletakse General Parametric Export, Exact Geometry Export ja Tekla Structures Export ekspordiseadeid. Archicadi ekspordi seaded on tabelis 3.3 märgitud ridadele.

Tabel 3.3 Erinevate Archicadi ekspordi seadetega loodud IFC-mudelite import Teklasse erinevate impordi seadetega ning nende kombinatsioonide tulemused

		IFC avamine Teklas
Archicadi ekspordi seaded	<b>Tekla Structures Export;</b>  <b>General Parametric Export</b>	100 % katuseelementidest on konverteeritud <i>concrete slab</i> elementideks.  100 % põrandaelementidest on konverteeritud <i>concrete slab</i> elementideks.  100 % postielementidest on konverteeritud <i>steel column</i> elementideks  100 % seinaelementidest on konverteeritud <i>concrete panel</i> elementideks  100 % ukse- ja elementide asemel konverteerituakse ava lõikamise element.
	<b>Exact Geometry Export</b>	Kõigi elementide geomeetria ei ole korrektne  100 % postielementidest on konverteeritud <i>steel beam</i> elementideks  100 % katuseelementidest ja põrandaelementidest on konverteeritud <i>steel beam</i> elementideks, mida ei saa õigeks elemendiks konverteerida. Samuti on nende geomeetria vale.  99 % seinaelementidest on konverteeritud <i>concrete panel</i> elementideks, kuid nende elementide geomeetria ja asukoht on valed.  Ühtegi ukse- ja aknaava elementi pole konverteeritud.

Archicadi vaikeseade nimega Exact Geometry Export muudab kõik elemendid BREP elementideks. Tekla on konverteerinud kõik elemendid 994 kihile, mis tähendab, et elemendid on BREP elemendid, millel on nimetus, kuid mis võivad olla konverteeritud lihtgeomeetriaks ning nende asukoht võib muutuda [19]. Tekla Structures Export ja General Parametric Export vaikeseadete puhul aga toimib andmevahetus korrektselt.





Joonis 3.3 Ebakorrektn geomeetria Exact Geometry Export vaikeseadetega loodud IFC impordil

### 3.3.2 Revitis loodud IFC-mudelite import Teklasse

Antud peatükis käsitletakse IFC 2x3 Coordination View, IFC 2x3 Coordination View 2.0, IFC 2x3 GSA Concept Design BIM 2010, IFC2x3 Basic FM Handover View ja IFC2x3 COBie 2.4 Design Deliverable View ekspordiseadeid. Ekspordi seaded on esitatud tabelis 3.4 ridadel.

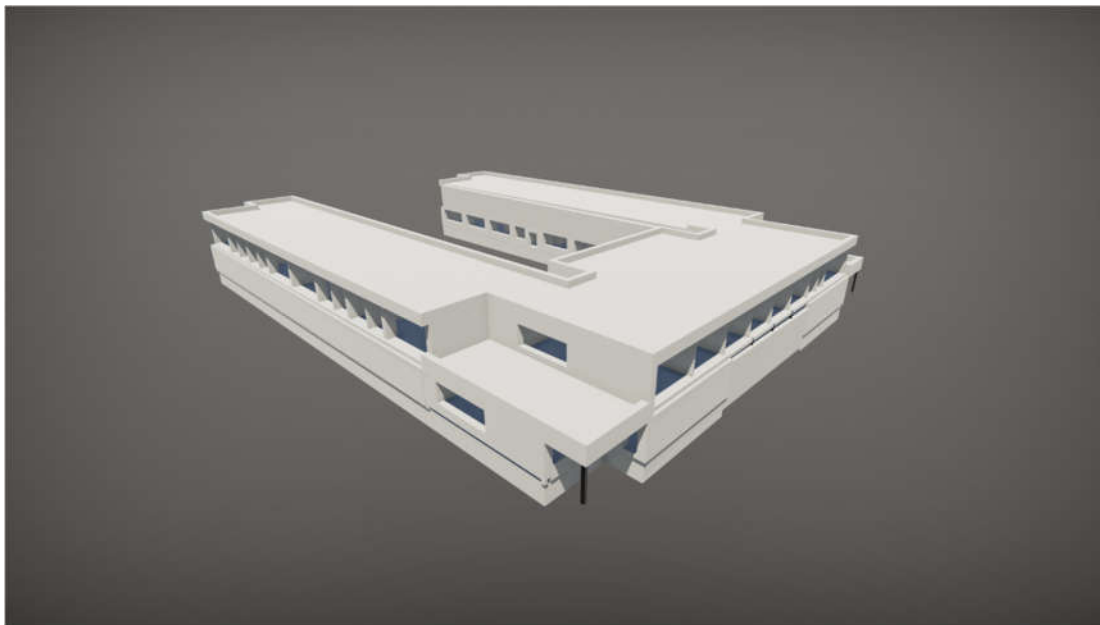
Revitist on IFC-mudelisse eksporditud järgmised elemendid:

- 323 seinaelementi (*Revit Walls*)  
IFC2x3 GSA Concept Design BIM 2010 ja IFC2x3 Basic FM Handover View ekspordi seadetes on määratud nii, et seinaelemendid, mis on mudelis läbi mitme korruse, jaotatakse mitmeks erinevaks seinaelemendiks. Jaotamisel on lõikepind samas tasapinnas korruse nullpinnaga. Seega on seinaelemente selle ekspordiga 382 elementi.
- 122 ukseelementi (*Revit Doors*)
- 78 aknaelementi (*Revit Windows*)
- 8 põrandaelementi (*Revit Floors*)
- 3 katuseelementi (*Revit Roofs*)
- 5 postielementi (*Revit Columns*)

Tabel 3.4 Erinevate Reviti ekspordi seadetega loodud IFC-mudelite avamine Teklas ning nende tulemused

		IFC avamine Teklas
Reviti ekspordi seaded	<b>IFC2x3 Basic FM Handover View;</b>	100 % katuseelementidest ja põrandaelementidest on konverteeritud <i>concrete slab</i> elementideks
	<b>IFC2x3 GSA Concept Design BIM 2010</b>	100 % postielementidest on konverteeritud <i>steel column</i> elementideks 100 % seinaelementidest on konverteeritud <i>concrete panel</i> elementideks, kuid osaliselt on nende geomeetria või asukoht on vale 98 % ukseelementide asemel on konverteeritud ava lõikamise element 67 % aknaelementide asemel on konverteeritud ava lõikamise element
	<b>IFC2x3 COBie 2.4 Design Deliverable;</b>	100 % katuseelementidest ja põrandaelementidest on konverteeritud <i>concrete slab</i> elementideks
	<b>IFC 2x3 Coordination View;</b>	100 % postielementidest on konverteeritud <i>steel column</i> elementideks 100 % seinaelementidest on konverteeritud <i>concrete panel</i> elementideks, kuid osaliselt on nende geomeetria või asukoht on vale

		IFC avamine Teklas
	<b>IFC 2x3 Coordination View 2.0</b>	98 % ukseelementide asemel on konverteeritud ava lõikamise element  56 % aknaelementide asemel on konverteeritud ava lõikamise element



Joonis 3.4 Ebakorrekne geomeetria IFC2x3 Basic FM Handover View ja IFC2x3 GSA Concept Design BIM 2010 vaikeseadetega loodud IFC impordil

Korrektelt konverteeritud postid ja seinad on konverteeritud kihti nr 990, kuhu konverteeritakse parameetrilised elemendid, millel on piisavalt informatsiooni IFC-mudelis, et need konverteerida korrektselt Tekla elemendiks [19]. Põranda- ja katuselemendid on konverteeritud kihti nr 992, kuhu konverteeritakse elemendid nõ suvalised elemendid, millel on nimetus [19]. Seinalemendid, mille asukoht on muutunud, on konverteeritud kihti nr 994. Tegemist on Revitist eksporditud BREP elementidega, mille puhul tekkis probleeme ka Archicadi impordil ning Archicadist tehtud eksporditide impordil Teklasse. Ukse- ja aknaelementide asemele, mis asuvad seintes ja mis on eksporditud BREP elementidena, ei genereerita samuti avasid neisse seintesse.

## 3.4 Import tarkvarasse Revit

### 3.4.1 Archicadis loodud IFC-mudelite import Revitisse

Archicadist on IFC-mudelisse eksporditud järgmised elemendid:

- 318 seinaelementi (*Archicad Wall*)
- 2 klaasfassaadi elementi (*Archicad Curtain Wall*)
- 122 ukseelementi (*Archicad Door*)
- 78 aknaelementi (*Archicad Window*)
- 108 ruumielementi (*Archicad Zone*)
- 8 põrandaelementi (*Archicad Slab*)
- 3 katuseelementi (*Archicad Roof*)
- 5 postielementi (*Archicad Columns*)
- 1 maapinnaelement (*Archicad Mesh*)

Antud peatükis käsitletakse General Parametric Export, Exact Geometry Export, IFC4 Design Transfer View-based Export, IFC4 Reference View-based Export, Revit Export for Reference Model, Revit MEP Export ja Revit Structure Export ekspordiseadeid. Archicadi ekspordi seaded on tabelis 3.5 märgitud ridadele.

Tabel 3.5 Erinevate Archicadi ekspordi seadetega loodud IFC-mudelite import Revitisse erinevate impordi meetoditega ning nende kombinatsioonide tulemused

		<b>Revitis IFC avamise meetodid</b>	
		<b>IFC avamine Revitis (<i>Open käsk</i>)</b>	<b>IFC import Revitisse <i>IFC Model Exchange with Archicad</i> lisaprogrammi abiga</b>
<b>Archicadi ekspordi seaded</b>	<b>Exact Geometry Export</b>	<p>71 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>100 % seinaelementidest, klaasfassaadi elementidest, aknaelementidest, pörandaelementidest, postielementidest, maapinnaelementidest ja ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i>ideks, kuid nende tüüpi ei ole võimalik muuta Revitis</p>	<p>100 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>100 % seinaelementidest, klaasfassaadi elementidest, aknaelementidest, pörandaelementidest, postielementidest, maapinnaelementidest ja ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks, kuid nende tüüpi ei ole võimalik muuta Revitis</p>
	<b>General Parametric Export</b>	<p><b>379 hoiatust impordil</b></p> <p>100 % klaasfassaadi, postielementidest, pörandaelementidest ja katuseelementidest elementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>100 % maapinnaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks, kuid nende tüüpi ei ole võimalik muuta Revitis</p> <p>91 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks ning 9% seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks, kuid nende tüüpi ei ole võimalik muuta Revitis</p> <p>93 % ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks ning 7% ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks, kuid nende tüüpi ei ole võimalik muuta Revitis</p> <p>82 % aknaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks ning 18% aknaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks, kuid nende tüüpi ei ole võimalik muuta Revitis</p> <p>71 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p>	<p><b>Import ei õnnestunud</b></p>

		Revitis IFC avamise meetodid	
		IFC avamine Revitis ( <i>Open</i> käsk)	IFC import Revitisse <i>IFC Model Exchange with Archicad</i> lisaprogrammi abiga
	<b>IFC4 Design Transfer View-based Export</b>	<p>692 hoiatust impordil</p> <p>Üle ei kandunud ühtegi ruumielementi ega maapinnaelementi</p> <p>92 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>100 % klaasfassaadi elementidest, katuseelementidest, postielementidest ja põrandaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>93 % ukselementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks, kuid tegemist on ukseavadega ning ukse enda geomeetriat ei ole üle kandunud</p> <p>82 % aknaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks, kuid tegemist on ukseavadega ning ukse enda geomeetriat ei ole üle kandunud</p>	<p>Antud Reviti lisaprogramm ei toeta IFC4 formaati</p>
	<b>IFC4 Reference View-based Export</b>	<p>Import ei õnnestunud</p>	<p>Antud Reviti lisaprogramm ei toeta IFC4 formaati</p>
	<b>Revit Export for Reference Model</b>	<p>236 hoiatust impordil</p> <p>71 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>100 % seinaelementidest, maapinnaelementidest, katuseelementidest, klaasfassaadi elementidest, aknaelementidest, põrandaelementidest, postielementidest ja ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks, kuid nende tüüpi ei ole võimalik muuta Revitis</p>	<p>236 hoiatust impordil</p> <p>71 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>100 % seinaelementidest, maapinnaelementidest, katuseelementidest, klaasfassaadi elementidest, aknaelementidest, põrandaelementidest, postielementidest ja ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks, kuid nende tüüpi ei ole võimalik muuta Revitis</p>

		Revitis IFC avamise meetodid	
		IFC avamine Revitis ( <i>Open käsk</i> )	IFC import Revitisse <i>IFC Model Exchange with Archicad</i> lisaprogrammi abiga
	<b>Revit MEP Export</b>	<p>15 hoiatust impordil</p> <p>71 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>100 % seinaelementidest, katuseelementidest, klaasfassaadi elementidest, aknaelementidest, põrandaelementidest, postielementidest ja ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks, kuid nende tüüpi ei ole võimalik muuta Revitis</p> <p>100 % maapinnaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p>	<p>14 hoiatust impordil</p> <p>71 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>100 % seinaelementidest, katuseelementidest, klaasfassaadi elementidest, aknaelementidest, põrandaelementidest, postielementidest, maapinnaelementidest ja ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks, kuid nende tüüpi ei ole võimalik muuta Revitis</p>
	<b>Revit Structure Export</b>	<p>372 hoiatust impordil</p> <p>92 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>100 % klaasfassaadi elementidest, katuseelementidest, maapinnaelementidest ja põrandaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>93 % ukseelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>82 % aknaelementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p> <p>71 % ruumielementidest on konverteeritud <i>native element</i>-ideks</p>	<p>Import ei õnnestunud</p>

Kõige parem IFC import toimus IFC-mudeliga, mis oli Revitist eksporditud General Parametric Export ekspordi vaikeseadega. Sellel juhul kandus kõik geomeetria korrektselt üle. Antud ekspordi vaikesead loob võimalikult paljudest elementidest parameetrilise geomeetria. Geomeetria, mille puhul pole olnud piisavalt parameetrilisi andmeid, on küll *native element*-ks konverteeritud, kuid neid pole võimalik muuta. Sellisel juhul soovitatakse Autodesk abifoorumis IFC mudel eelnevalt projekti linkida [11-21]. Kui Revitisse IFC linkida, loob Revit automaatselt sellest lingist ka Reviti faili. Seda faili saab eraldi avada ning teha tööd selle mudeliga. Antud olukorras see kahjuks ei toimunud. Ruumielemendid kandusid antud juhul osaliselt üle. Kui projekteerimise aluseks on tähtis ruumielementide täielik importimine, tuleb antud tulemuste põhjal kasutada Reviti lisaprogrammi IFC Model Exchange with Archicad ning Archicadist eksporditud IFC formaati, mis on loodud Exact Geometry Export vaikeseadega.

Üldiselt eelpool mainitud Reviti lisaprogramm katsetustel lisaväärtust ei loonud, vaid töötas halvemini, kui Reviti enda impordi vaikeseaded.

### 3.4.2 Teklas loodud IFC-mudelite import Revitisse

Teklast on IFC-mudelisse eksporditud järgmised elemendid:

- 79 seinaelementi (Tekla *Concrete Panel*)
- 11 plaadielementi (põrandad ja katused) (Tekla *Concrete Slab*)
- 5 postielementi (Tekla *Steel Column*)

Tabel 3.6 Erinevate Tekla ekspordi seadetega loodud IFC-mudelite import Revitisse ning nende tulemused

		IFC avamine Revitis
Tekla ekspordi seaded	<b>Minimum Coordination view 2.0;</b>	100 % katuseelementidest ja põrandaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks, kuid nende tüüpi pole võimalik muuta
	<b>Standard Coordination view 2.0;</b>	100 % postielementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks
	<b>Revit Coordination view 2.0</b>	100 % seinaelementidest on konverteeritud <i>native element</i> -ideks, kuid 51% seinaelementide tüüpi pole võimalik muuta

Selgub, et kõigi ekspordi seadete puhul on Revitisse impordi edukus sama. Selleks, et impordi edukust parandada on soovitatud kasutada Coordination View 2.0 asemel Steel Fabrication view ekspordi tüüpi [22]. Sellisel juhul paraneb seinte konverteerimise edukus 100 %-ni. Katuse ning põrandaelemente pole ka siis võimalik muuta. Seinte

avade asemel konverteeritakse seina lõikamise elemendid, mis on grupeeritud seinte kaupa, kus nad asuvad. Neid elemente on võimalik ühekaupa muuta.

### 3.5 Tulemuste analüüs

Käesolevaid töös uuriti erinevate Graphisoft Archicad 24, Tekla Structures 2021 ja Revit 2020 tarkvarades eksisteerivaid ekspordi ning impordi vaikeseadeid ning nende IFC töötlemise võimekust. Käsitleti kokku 3 alusmudelit ning neist eksporditud IFC-mudeleid ja tarkvaradesse impordi tulemusena loodud kokku 77 mudelit. Eksporte tehti 20 erineva ekspordiks mõeldud vaikeseadega ning ühe lisaprogrammiga. Mudeli importe tehti 9 erineva impordiks mõeldud vaikeseadega ning ühe lisaprogrammiga.

Selleks, et tarkvarast eksporditud IFC-mudelit oleks võimalik ka hiljem redigeerida, peab olema mudel võimalikult parameetiline ehk kõik elemendid peavad olema parameetriselt defineeritud. Suurim viga, mis esines oli see, et geomeetria oli eksporditides konverteeritud BREP tüüpi geomeetriaks. BREP geomeetriast luuakse tarkvarades genereeritud elemendid, millele ei ole kategooriat antud. Nendele elementidele määratud IFC tüübi järgi saab tarkvara siiski aru millise elemendiga tegu on ning annab sellele elemendile vastava alajaotuse, kuid elemendiga ei ole siiski võimalik samamoodi tööd teha nagu seda oleks parameetrisel elemendiga. Samuti võib BREP geomeetria jääda sõltuvalt ekspordi seadetes eksportimata või muuta oma kuju teise tarkvarasse importimisel.

Mudelit IFC failiformaati eksporditides on kõige tähtsam teada, milleks seda mudelit hiljem kasutatakse. Kui eesmärgiks on tarkvarade vaheline andmevahetus ning vajadus edastada mudel, mida on hiljem võimalik redigeerida, siis soovib autor kasutada kas selle tarkvara nimetusega vaikeseadet, millele IFC-mudelit luuakse või tarkvara kõige üldisemat ekspordi vaikeseadet (nt. seaded, mille nimetuses on sees sõnad *general*, *standard* või *parametric*). Kui IFC-mudeli loomise eesmärk on mudeli edastamine Tellijale, siis soovib autor sarnaselt RKAS juhendis toodud eelistusele kasutada Coordination View 2.0 vaikeseadet või uuemat standardiseeritud Coordination View vaikeseadet. Samuti selgus, et andmevahetuseks on parim IFC 2x3 failiversioon.



## KOKKUVÕTE

Eestis on projekteerimisel BIM protsessi kasutamine aina rohkem levinud. Üks keskseid osasid selles protsessis on andmevahetus läbi standardiseeritud avatud failiformaadi, milleks on IFC. Selles töös antakse ülevaade põhilistest BIM terminitest ning varem tehtud mudelprojekteerimise protsesside ning IFC formaadi kasutusega seotud uurimustest.

Selleks, et kaardistada Eestis projekteerimisega tegelevates ettevõtetes IFC formaadi kasutust ning sellega kaasnevat probleeme, viidi kevadel 2021 läbi uuring. Sellele vastas 62 inimest 41 erinevast ettevõttest. Küsitlusest selgus, et levinuimad probleemid IFC formaadi kasutuse puhul on probleemid vajaliku infosisu ekspordil, mudeli nullpunkti erinevus teiste osamudelitega, IFC-mudelite mahukus ning probleemid elementide geomeetriaga. Antud töös on uuritud IFC formaadiga teostatava andmevahetuse korrektsust lähtuvalt elementide geomeetriast.

Käesoleva lõputöö raames uuriti tarkvarade Graphisoft Archicad 24, Revit 2020 ja Tekla Structures 2021 erinevate ekspordi ning impordi vaikeseadete võimekust eesmärgiga kaardistada erinevate kombinatsioonide tulemusi. Selleks valiti referentsmudeliks Tartus asuv tüüpprojekti järgi valminud lasteaed Hellik mudel, mis loodi Revit 2020 tarkvaras. Samuti loodi algmudel Archicad 24 ning Tekla Structures 2021 tarkvarades. Nendest mudelitest eksporditi IFC-mudelit kõigi võimalike ekspordi vaikeseadetega. Seejärel imporditi loodud IFC-mudelid teise kahte tarkvarasse ning impordi edukust hinnati geomeetria korrektse konverteerimise järgi. Saadud tulemused esitati tabelina, kus on välja toodud erinevad impordi ja ekspordi vaikeseadete kombinatsioonid ning nendega saadud tulemuse korrektsus.

Selgus, et enim esines vigu autortarkvarast eksporditud IFC-mudeliga, kus osaliselt oli erinevatel põhjustel elemendid eksporditud kui BREP tüüpi geomeetria. Sellega kaasnes probleeme IFC impordil. Nimelt ei suutnud tarkvarad nendest elementidest luua parameetrilisi elemente, mida oleks võimalik korrektselt redigeerida. Samuti leiti, et kõige paremini toimib andmevahetus IFC 2x3 failiversiooniga. Tulemuste analüüsimise järel soovib autor mudeli ekspordi vaikeseadeid valida vastavalt ekspordi eesmärgile. Kui eesmärk on tarkvarade vaheline andmevahetus ning on vaja edastada mudel, mida on hiljem võimalik redigeerida, soovib autor kasutada kas selle tarkvara nimetusega vaikeseadeid, millele IFC-mudelit luuakse või tarkvara kõige üldisemat ekspordi vaikeseadet (nt. seaded, mille nimetuses on sees sõnad *general*, *standard* või *parametric*). Kui IFC-mudeli loomise eesmärk on mudeli edastamine Tellijale, siis

soovitab autor kasutada Coordination View 2.0 vaikeseadet või uuemat standardiseeritud Coordination View vaikeseadet.

Sissejuhatuses püsitatud hüpotees, et mudeli andmevahetuse kvaliteet sõltub nii autortarkvara ekspordi seadetest kui ka vajalikku tarkvarasse importimise seadetest leidis kinnitust. Kõigi IFC-mudelite puhul oli tähtis see, milliste ekspordi vaikeseadetega need loodud olid. Juhul, kui ka IFC-mudeli impordil oli võimalik vaikeseadeid valida muutus mudeli töötlemise viis vastavalt seadetes kirjeldatule.

Antud töösse ei mahtunud IFC-mudelite andmesisu eksportimise ning importimise võimekuse analüüs erinevates tarkvarades. Kuna ka küsitlusest selgus, et IFC-mudelite andmesisu probleemid on väga levinud leiab autor, et neid peaks rohkem uurima.

## SUMMARY

The use of Building Information Modeling (BIM) during the building design process is becoming more and more common in the AEC industry of Estonia. One of the key parts of this process is the exchange of data through a standard open file format - IFC. This paper provides an overview of the main BIM terminology and previously made papers, that concentrate on the process of the building model design and the use of the IFC file format.

In order to map the use of the IFC file format in the Estonian building design companies and the problems associated with it a survey was conducted in the spring of 2021. This was answered by 62 people from 41 different companies. The survey revealed, that the most common problems with the use of the IFC file format are problems with the export of the necessary content, the difference of the project base point with other sub-models, the size of the IFC file and with the geometry of the elements. In this study, the accuracy of the data exchange with the IFC format based on the geometry of the elements has been investigated

In the context of this thesis, the ability of Graphisoft Archicad 24, Revit 2020 and Tekla Structures 2021 different export and import default settings were investigated in order to map the results of different combinations. For this purpose, the kindergarten Hellik model in Tartu, which was built according to a standard project of the USSR Ministers Council, was created in the Revit software. This model was used as a base model. A base model was also created in Archicad 24 and Tekla Structures 2021 software. Of these models, an IFC model was exported with all possible export settings. The created IFC models were then imported into the other two software and the success of the import was assessed by the level of correct element geometry conversion. The results obtained are presented in a table that shows the different combinations of import and export settings and the accuracy of them.

It turned out that the most common errors were with the IFC-models, where the elements had been exported partly as BREP geometry. This was accompanied by problems with IFC imports. Namely, from these elements the software could not create parametric elements that could be edited as native elements. It was also found that data exchange with the IFC 2x3 file version works best. After analyzing the results, the author recommends choosing the default export settings for the model according to the export purpose. If the goal is to exchange data between software and it is necessary to generate a model that can be edited later, the author recommends using either the default settings for the software for which the IFC model is created or the most common

export default setting for the software (eg settings with the words general, standard or parametric). If the purpose of creating an IFC model is to transmit the model to the Client, the author recommends using the default Coordination View 2.0 or a newer standardized Coordination View settings.

The hypothesis set in the introduction that the quality of model data exchange depends on both the export settings and the settings for importing was confirmed. For all IFC models, it was important what default export settings they were created with. If the default settings could also be selected when importing the IFC model, they changed the way the model was processed as described in the settings.

This thesis did not include the analysis of the ability to export and import data with the IFC file format. As the survey also revealed that the data content problems of IFC models are very common, the author thinks that they should be studied more.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. EVS 928:2016 „Ehitusinformatsiooni modelleerimise (BIM) terminid“
2. Boundary representation. Wikipedia [WWW]  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Boundary\\_representation](https://en.wikipedia.org/wiki/Boundary_representation) (24.05.2021)
3. Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction. buildingSMART international kodulehekülg [WWW]  
<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc> (28.04.2021)
4. Geomeetria konverteerimine IFC Impordiks. 3d ekspert abikeskus [WWW]  
<https://www.3dekspert.ee/abikeskus/?kasutusjuhendid-archicad-24-kasutusjuhend-tootamine-ifc-ga-translaatorid-impordiks-detailsed-haalestused-geomeetria-konverteerimine-ifc-impordiks> (22.05.2021)
5. EVS 932:2017 „Ehitusprojekt“
6. Building Information Modelin. Autodesk koduleht [WWW]  
<https://www.autodesk.com/solutions/bim> (23.05.2021)
7. What is openBIM@?. buildingSMART kodulehekülg [WWW]  
<https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/>  
(23.05.2021)
8. Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction. buildingSMART kodulehekülg [WWW] <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>  
(23.05.2021)
9. Everything worth knowing about the IFC format. BIM Corner blogi [WWW]  
<https://bimcorner.com/everything-worth-knowing-about-the-ifc-format/>  
(23.05.2021)
10. OPENBIM STANDARDS – MODEL VIEW DEFINITION. BIM Corner blogi [WWW]  
<https://bimcorner.com/model-view-definition-2/> (23.05.2021)
11. H. Lai, X. Deng, INTEROPERABILITY ANALYSIS OF IFC-BASED DATA EXCHANGE BETWEEN HETEROGENEOUS BIM SOFTWARE, Journal of Civil Engineering and Mana, 2018
12. M. Mölder, 4D EHITUSINFOMUDELITE EELISED TONDI PÕHIKOOI NÄITEL, Tallinna Tehnikaülikool, 2020

13. T. Kõiv, BIM MODELLEERIMISPROTSESSIDE KASUTAMISE EELISED EHTUSSOOJAKUTE TOOTMISETTEVÖTTE NÄITEL, Tallinna Tehnikaülikool, 2020
14. T.-R. Leis, EHITISE ELUKAARE KONTSEPTSIOONI VÄLJATÖÖTAMINE LÄHTUDES EHTUSINFORMATSIOONI MODELLEERIMISE (BIM) PRINTSIIPIDEST, Tallinna Tehnikaülikool, 2019
15. COBIM Mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012 1 osa Mudelprojekteerimise üldjuhendid [WWW] <https://ehituskeskus.ee/wp-content/uploads/2017/08/BIM1.pdf> (21.05.2021)
16. 14. BIM. Tehnilised nõuded mittelehoonetele 2020 [WWW] <https://nouded.rkas.ee/bim> (21.05.2021)
17. IFC Export Setup Options. Autodesk kodulehekülg [WWW] <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Revit-DocumentPresent/files/GUID-E029E3AD-1639-4446-A935-C9796BC34C95-htm.html> (19.05.2021)
18. IFC Model Exchange with Archicad for Revit. Graphisoft kodulehekülg [WWW] <https://graphisoft.com/downloads/interoperability> (23.05.2021)
19. Convert IFC objects into native Tekla Structures objects. Tekla Structures juhendite lehekülg [WWW] [https://teklastructures.support.tekla.com/2021/en/int\\_conversion\\_management](https://teklastructures.support.tekla.com/2021/en/int_conversion_management) (19.05.2021)
20. IFC export. Tekla Structures juhendite lehekülg [WWW] [https://teklastructures.support.tekla.com/2021/en/int\\_ifc\\_export](https://teklastructures.support.tekla.com/2021/en/int_ifc_export) (20.05.2021)
21. Incorrect column mapping when opening IFC in Revit. Revit Products Support and Learning [WWW] <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/troubleshooting/caas/sfdarticles/sfdarticles/Incorrect-column-mapping-when-opening-IFC-in-Revit.html?st=ifc%20open> (23.05.2021)
22. IFC exported from Tekla Structures is only partially imported into Advance Steel. Advanced steel Support and learning [WWW] <https://knowledge.autodesk.com/support/advance-steel/troubleshooting/caas/sfdarticles/sfdarticles/IFC-exported-from-Tekla-Structures-is-only-partially-imported-into-Advance-Steel.html> (23.05.2021)

## **LISAD**

## LISA 1 IFC formaadi kasutus praktikas

1. Mis ettevõttes Te töötate?
2. Millise osa projekteerimisega Teie ettevõtte tegeleb?
  - Arhitektuurne projekteerimine
  - Ehituskonstruksioonide projekteerimine
  - Sisearhitektuurne projekteerimine
  - Vee ja kanalisatsiooni projekteerimine
  - Kütte projekteerimine
  - Ventilatsiooni projekteerimine
  - Elektri projekteerimine
  - Energiamärgis
  - Teede ja platside projekteerimine
  - Muu...
3. Mitu projekteerijat töötab Teie ettevõttes?
  - 1-2 projekteerijat
  - 3-9 projekteerijat
  - 10 või enam projekteerijat
  - Projekteerijad puuduvad
4. Milliseid tarkvarasid Teie ettevõttes peamiselt kasutakse?
  - Graphisoft Archicad
  - Autodesk AutoCAD
  - Autodesk Revit
  - IDA ICE
  - Solibri
  - Tekla Structures
  - Muu...
5. Mis on Teie ametikoht?
  - Projekteerija
  - Projektijuht
  - BIM koordinaator
  - juht/FIE/ettevõtja/omanik
  - sekretär/raamatupidaja/personalijuht
  - Muu...
6. Millist tarkvara Teie peamiselt kasutate?
  - Graphisoft Archicad
  - Autodesk AutoCAD
  - Autodesk Revit
  - IDA ICE



- Solibri
  - Tekla Structures
  - Muu...
7. Kas kasutate projekteerimisel BIM tehnoloogiat?
- Jah
  - Ei
8. Mitme mudeliga Te nädalas keskmiselt tööd teete?
- 1-2 mudelit
  - 3-5 mudelit
  - 6 või enam mudelit
9. Milliseid BIM juhendeid kasutate?
- Riigi Kinnisvara AS juhend
  - COBIM 2012 juhend
  - Ettevõtte sisesed juhendid
  - Tellija juhendid
  - Projekti BIM rakenduskava
  - Muu...
10. Milleks kasutate BIM mudeleid?
- Vigade ja vastuolude väljaselgitamiseks
  - 3D visualiseeringute tegemiseks
  - Simulatsioonide ja analüüside tegemiseks
  - Andmevahetuseks teiste projekteerijatega
  - Muu...
11. Kas kasutate oma töös IFC formaati?
- Jah
  - Ei
12. Milleks kasutate IFC formaati?
- BIM mudeli edastamiseks Tellijale
  - BIM mudeli edastamiseks partnerettevõtetele
  - BIM mudeli importimiseks projekteerimise aluse jaoks
  - Andmevahetuseks ettevõtte siseselt
  - Muu...
13. Palun kirjeldage IFC formaadi kasutust Teie ettevõtte projekteerimisprotsessis.
14. Palun nimetage peamised probleemid mis on tekkinud andmevahetusel IFC formaadiga.
15. Kui tihti esineb Teie töös probleeme IFC formaadiga?
- Korra päevas
  - Mitu korda päevas

- Korra nädalas
- Mitu korda nädalas
- Paar korda kuus
- Ei esine probleeme
- Muu...

16. Kas kasutate mõnda muud meetodit infovahetuseks erinevate tarkvarade vahel? Kui jah, siis mida?

17. Kui Teil on veel tähelepanekuid või kommentaare antud teema kohta, siis palun lisage need siia.