

# „BIM protsessiskeemide ning seletuskirjade koostamine ehitustegevuseks,,

## Toetusleping nr M8935/15

### Töö teostaja andmed:

Asutus: Tallinna Tehnikakõrgkool  
Registrikood: 70003773  
Address: Pärnu mnt 62, 10135 Tallinn  
Telefon: 6664500  
E-post: [tktk@tktk.ee](mailto:tktk@tktk.ee)  
Veebiaadress: [www.ttkk.ee](http://www.ttkk.ee)  
Vastutav spetsialist: Aivars Alt (telefon: 5077641, e-post: [aivars@tktk.ee](mailto:aivars@tktk.ee))  
Aruande koostajad: Aivars Alt (telefon: 5077641, e-post: [aivars@tktk.ee](mailto:aivars@tktk.ee))  
Hendrik Park Eesti Maaülikool  
Kenet Kroon Gravicon EE OÜ  
Eero Nigumann Tallinna Tehnikakõrgkool  
Priit Tõnisson Tallinna Tehnikakõrgkool

### Tellijaja andmed:

Ettevõte: Riigi Kinnisvara AS  
Registrikood: 10788733  
Address: Lelle 24, 11318 Tallinn  
Telefon: 606 3400  
E-post: [info@rkas.ee](mailto:info@rkas.ee)  
Veebiaadress: [www.rkas.ee](http://www.rkas.ee)  
Kontaktisik: Evelin Arak

# 1. SISUKORD

1.	SISUKORD .....	2
2.	LÄHTEÜLESANNE .....	6
2.1.	Probleemipüstitus.....	6
2.2.	Uuringu tegevused .....	6
2.2.1.	Kirjanduse ja parima praktika ülevaate koostamine; .....	6
2.2.2.	Loodud juhendmaterjalide kogumine ning ülevaade; .....	6
2.2.3.	Ehitusinformatsiooni juhtimise skeemide koostamine.....	7
2.2.4.	Uurimustöö eesmärk.....	7
3.	LÜHIKOKKUVÕTE.....	8
4.	TERMINID .....	9
5.	MUDELPROJEKTEERIMISE JUHENDITE ÜLEVAADE .....	12
5.1.	Soome.....	12
5.1.1.	COBIM mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012.....	12
5.2.	Norra .....	14
5.2.1.	Statsbygg BIM Manual 1.2.1 .....	14
5.2.2.	Norwegian Home Builders' Association's BIM manual v2.0 .....	15
5.3.	Inglismaa (UK) .....	17
5.3.1.	BSI standardid ning avalikud juhendmaterjalid (BIM Level 2) .....	17
5.3.2.	RICS (juhendmaterjalid, uuringud).....	18
5.4.	USA.....	23

5.4.1.	Veteran Affairs BIM manual v2.0 .....	23
5.4.2.	BIM Project Execution Planning Guide V2.1 .....	25
5.5.	Singapur.....	26
5.5.1.	Singapore BIM Guide.....	26
5.6.	Austraalia.....	33
5.6.1.	NATSPEC National BIM guide v1.0.....	33
5.7.	Uus-Meremaa .....	35
5.7.1.	New Zealand BIM Handbook 2016 .....	35
5.8.	Belgia .....	38
5.8.1.	BIM – Belgian Guide for the construction Industry .....	38
5.9.	Rakenduskava põhimõtted Eestis .....	40
5.10.	Protsessiskeemidest.....	46
5.10.1.	Protsessiskeemide eesmärk.....	46
5.10.2.	Protsessiskeemide koostamise juhend.....	47
5.10.3.	Protsessid .....	47
5.10.4.	Protsesside kaardistamine.....	47
5.10.5.	Protsessiskeemide tüübid.....	48
5.10.6.	Eeltööd protsessiskeemidele .....	49
5.10.7.	Voogdiagrammi koostamine.....	49
5.10.8.	Paigutuskeemi koostamine.....	51

5.10.9.	Protsesside täiustamine.....	52
5.10.10.	Raisatud töö.....	53
5.11.	Protsessiskeemide näiteid ehitustegevuseks.....	54
5.12.	Ehitatavuse analüüs.....	70
6.	INFO JAGAMINE. TARKVARARAKENDUSED NING PROJEKTIPANGAD.....	74
6.1.	Autodesk Navisworks .....	74
	Autodesk AutoCAD 360.....	76
6.2.	Autodesk BIM 360.....	77
6.2.1.	BIM 360 Team.....	80
6.2.2.	BIM 360 Docs.....	80
6.2.3.	BIM 360 Glue .....	82
6.2.4.	BIM 360 Field.....	83
6.3.	Trimble Connect .....	84
6.4.	Grapisoft BIMx.....	86
6.5.	Bluebeam Revu.....	88
6.6.	PlanGrid.....	89
6.7.	Fieldwire.....	91
6.8.	BIM Vision.....	93
6.9.	Bauhub .....	94
7.	EHITAJA NÕUDED PROJEKTEERIJA LOODUD MUDELITELE .....	96
	Mudelite tehnilised nõuded.....	97
7.1.	Tehnosüsteemid .....	97

7.2.	Sisearhitektuur .....	97
7.3.	Konstruksioonid.....	98
7.4.	Avatud failiformaat IFC .....	98
8.	AVALIKE HANGETE MUDELITE ANALÜÜS .....	100
9.	KOKKUVÕTE.....	103
10.	KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	104

## **2. LÄHTEÜLESANNE**

### **2.1. Probleemipüstitus**

Erinevad seni loodud materjalid kirjeldavad üldjuhul BIM projekteerimise väljundit, milleni modelleerimisel jõutakse. Ehitustegevuse info kasutamine ning ka infovahetuse nõuded on kirjeldatud vähesel määral ning lakooniliselt, näiteks COBIM 2012 keskendub peamiselt projekteerimise etapile ning selles ei ole piisaval määral kaardistatud infonõudeid, mida esitab ehitustegevuse osapool. Samuti ei ole juhend kirjeldanud sisulisi toiminguid, osapooli ning infovahetuse põhimõtteid ehitustegevuse käigus. Ühe näitena on USAs koostatud BIM rakenduskava (BIM Execution plan), mis keskendub projekteerimise faasile, kirjeldades väljundeid projekteerimise lõppfaasis. Sisulises tööprotsessis on vajalik täpsem protsessi kirjeldus.

Käesoleva töö tulemus on suunatud ehitustegevuse osapooltele – peatöövõtjatele ning alltöövõtjatele. Protsessiskeem ning seletuskiri toetab ehituse faasis teostatavaid toiminguid ning infovahetust. Ehituse tellija huvi on seotud teostusdokumentatsiooni nõuete ja sisuga.

### **2.2. Uuringu tegevused**

#### **2.2.1. Kirjanduse ja parima praktika ülevaate koostamine;**

Töö esimeses etapis tehakse ülevaade maailmas levinud mudelprojekteerimise juhenditest. Peamiselt vaadeldakse juhendites sisendit ehitustegevuseks. Samuti tehakse ülevaade rakendustest mudelite vaatamiseks.

#### **2.2.2. Loodud juhendmaterjalide kogumine ning ülevaade;**

Materjali kogutakse ja analüüsitakse põhimõttel, et oleks võimalik koostada kriteeriumid, mille alusel kontrollitakse avalikes hangetes loodud mudeleid. Mudelitena kasutatakse Riigi Kinnisvara AS-i hangetes koostatud mudeleid.

### **2.2.3. Ehitusinformatsiooni juhtimise skeemide koostamine.**

Toetudes kogutud materjalidele ning nende ülevaatele, pakutakse välja protsessiskeeme peamiseks toiminguteks ehitustegevusel. Uuringu meekonnas osalenud üliõpilased on koostanud lisaks protsessiskeeme, mis kirjeldavad toiminguid ettevõtetes, kus üliõpilased sooritasid inseneripraktika.

### **2.2.4. Uurimustöö eesmärk**

Välja töötada protsessiskeemid ja selgitused skeemidele. Töö koostatakse jätkuna uuringule „BIM projekteerimise projektijuhi kvaliteedi käsiraamat“. Koostatav töö on osa BIM rakenduskavast, mis on oluline alusmaterjal BIM tehnoloogia juurutamiseks. Töö järjena on planeeritud TTK üliõpilas(t)e poolt koostatav konkreetne juhend projekteerijale, mis defineerib ehitaja nõuded koostatud mudelile.

Lisaeesmärk on koostada materjal, mis teeb ülevaate BIMi rakendustest ehitustegevuseks .

### 3. LÜHIKOKKUVÕTE

Uuring on järg uuringule „BIM projekteerimise käsiraamat“. Nimetatud uuring keskendus põhimahus projekteerija tegevuste kaardistamisele ning protsessidele projekteerimise käigus. Samuti ka rakenduskava koostamisele. Uuringu mahus ei olnud ehitustegevuse kaardistamine ning protsessid ehitustegevuseks.

Käesoleva uuringu läbiviimise meetodikana on kasutatud:

- Kirjanduse ülevaade. Tehakse ülevaade mudelprojekteerimise juhenditest, rõhuga ehitustegevusel.
- Rühmavestlused. Mudelprojekteerimise kogemusega ehitusettevõtetega viidi vahemikus aprill-juuni 2016 läbi suunatud rühmavestlus, mille tulemuseks on kriteeriumid projekteerija loodud mudelitele.
- Mudeli nõuete test Riigi Kinnisvara AS tellitud mudelitel. Tuginedes rühmavestlustel ning mudelprojekteerimise juhendmaterjalidel on koostatud hindamiskriteeriumid. Kontrollitakse mudelite vastavust kriteeriumitele.

Töös tehakse ka ülevaade protsessiskeemid loomise tehnikatest ning lähtuvalt Riigi Kinnisvara AS modelleerimise eesmärkidest on koostatud protsessiskeemide näidised. Protsessiskeemide informatsiooni liikumise toetamise funktsioon on kaasaegsetel projektipankadel ning rakendustel mudelinfo vaatamiseks. Võimaluste selgitamiseks on koostatud ülevaade rakenduste ja projektipankade osas. Ühe võimaliku tänases praktikas kasutava tehnikana on toodud välja ehitatavuse analüüsi tehnika kirjeldus ning näited.



## 4. TERMINID

**buildingSMART** - Rahvusvaheline organisatsioon, mis tegeleb ehitusinformatsiooni modelleerimise standardite arendamisega.

**CDE** (*Common Data Environment*) – ühtne andmekeskond, mis on ette nähtud informatsiooni halduseks. Keskkonna kasutus ei ole piiratud.

**COBie** (*Construction Operation Building information exchange*) - Rahvusvaheline infovahetusstandard kinnisvarahalduse alaste tarkvarade ühiseks infovahetuseks ja koos kasutamiseks.

**Ehitusinformatsiooni modelleerimine (BIM)** (*Building Information Modelling*) - Tööriistad, protsessid ja tehnoloogia, mis võimaldavad luua ehitisest ja selle elluviimiseks vajalikust informatsioonist digitaalset andmebaasi/kogu/mudelit.

**Ehitusinformatsiooni mudel (BIM)** (*Building Information Model*) - Ehitise ja ehitusprotsessi terviklik digitaalne andmekogu, mida defineeritakse infomudeliga kogu ehitise eluea jooksul, kuid ka modelleerimisolukorra fikseerimisel mingil ajahetkel (reeglina kokkulepitud staadiumidel).

**Ehitusinformatsiooni haldamine (BIM)** (*Building Information Management*) - Ehitusinformatsiooni haldamine ja juhtimine on tegevused, mille eesmärgiks on organiseerida ja

kontrollida äri-/ehitusprotsesse ehitise eluea kõigis etappides, kasutades selleks ehitusinformatsiooni mudeleid.

**IFC** (*Industry Foundation Classes*) - Rahvusvaheline infovahetusstandard ehituse ja kinnisvarahalduse alaste tarkvarade ühiseks infovahetuseks ja koos kasutamiseks. Standard on esitatud rahvusvaheliselt standardina ISO 16739.

**IDM** (*Information Delivery Manual*) - BuildingSMART'i algatusel koostatud standard, mille eesmärk on protsesside standardiseerimine, eesmärgiga ehitusinformatsiooni modelleerimise tehnoloogia juurutamiseks ehitusvaldkonnas. Standard on esitatud rahvusvaheliselt standardina ISO 29481.

**IFD** (*International Framework for Dictionaries*) - BuildingSMART'i standard, mille eesmärk on terminoloogia ühtlustamine, eesmärgiga tagada ühtne arusaam erinevatest ehitustoodetest ning nende omadustest. Nüüdseks on termin asendunud. Kasutatakse terminit *buildingSMART Data Dictionaries (bsDD)*. Kirjanduses võib kohata mõlemat terminit, mis sisuliselt tähendab ühte asja. Standard on toetub rahvusvahelisele standardile ISO 12006.

**Masterformat, UniFormat, Uniclass, Talo 2000, EVS 885:2005 ja Omniclass** - Erinevate riikide ehitusinformatsiooni klassifitseerimise standardid või juhendmaterjalid.

**Mudeli andmesisu tase** (*Level of Development(USA), Level of Definition (UK), LOD*) – Mudeli andmete koosseisu ulatus, mis määrab kui põhjalikult on lahendus läbi mõeldud ja millele

projektimeeskond võib mudelit kasutades toetuda. Koosneb mudeli geomeetrilise detailsuse tasemest ja mudeli mittegeomeetrilise informatsiooni tasemest

**Mudeli geomeetrilise detailsuse tase** ( *Level of Detail, LOD*) – kirjeldab, kui detailselt on objekt/element modelleeritud. Näiteks, kas konstruktsioonile on lisatud kinnitusvahendid või on objekt kujutatud ruumiobjektina. Mudeli geomeetrilise detailsuse tase koos mudeli mittegeomeetrilise informatsiooni tasemega on sisendiks mudeli andmesisu tasemele

**Mudelprojekt** – Ehitusinformatsiooni modelleerimise (BIM) tehnoloogia toel loodud projektlahendus.

**Parameeter** (*Parameter*) – Enamasti numbrilise väärtusega muutuja, mille abil mudelprojekteerimisetarkvara kasutaja saab määrata elemendi kuju, suurust, omadusi, tunnuseid jne. BIM tarkvarad kasutavad parameetrilise modelleerimise põhimõtet.

**Protsessi kaart** (*Process Maps*) - Kirjeldab tegevuste teostumisi teatud teema piires. Protsessi kaardis sisaldub: tegevused, seotud osapooled, nõutud informatsioon.

**Põhitarkvara/originaaltarkvara (protsessiskeemi kontekstis)** - Tarkvara, milles modelleeritakse lahendus ning milles on hiljem võimalik lahendust redigeerida (n. Revit, Tekla Structures).

## 5. MUDELPROJEKTEERIMISE JUHENDITE ÜLEVAADE

Järgnevas peatükis tutvustatakse erinevaid mudelprojekteerimise juhendeid. Konkreetsemalt keskendutakse nõuetele ehitustegevusel ning ka mudeli nõuetele alates maksumushinnangu koostamisest kuni ehitustegevuse läbi viimiseni.

### 5.1. Soome

#### 5.1.1. COBIM mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012

Organisatsioon (BuildingSmart Finland, 2012)	
Sihtgrupp	<i>kõik projekti osapooled</i>
Ülevaade	<p><i>Juhendmaterjal kõigile projekti osapooltele BIM protsesside tutvustamiseks ja rakendamise kirjeldamiseks.</i></p> <p><i>COBIM on jaotatud 14 osaks – põhijuhendiks ning sellega seotud 13 osajuhendiks mis kajastavad konkreetsemalt kas projekti osi või tegevusi ehituse planeerimiseks, ehitustegevuseks või haldamiseks.</i></p>



#### COBIM Mudelprojekteerimise üldjuhendid (1.osa)

- Riiklikel objektidel võib kasutada tarkvarasid millel on vähemalt IFC 2x3 sertifikaat.
- Hanke lõpus edastatakse töövõtjale nii IFC kui ka originaalmudel. Mudelit võib kasutada samadel tingimustel teiste projektdokumentidega.

- BIM koordinaator – kas peaprojekterija või muu projekti meeskonna poolt volitatud isik. Tööülesanded kattuvad osati peaprojekterija ja/või ehitusjuhi omadega.

### **Mahuarvutused (7.osa)**

- Eelarvestaja kui mahtude spetsialist – korraliste ülesannete maht väheneb, aga ametioskuste nõuded suurenevad.
- Mudel ei lahenda kõiki mahuarvutustega seotud probleeme – osasid ei ole mudeldatud ning mudelielementide maht ei pruugi kattuda reaalsusega.
- TALO2000 kasutamine.
- Mudel kui hea viis objektiga tutvumiseks.
- Mahuarvutuste lähteandmete defineerimise vajadus. Kui palju infot võetakse mudelist; milliseid osamudeleid kasutatakse jms.

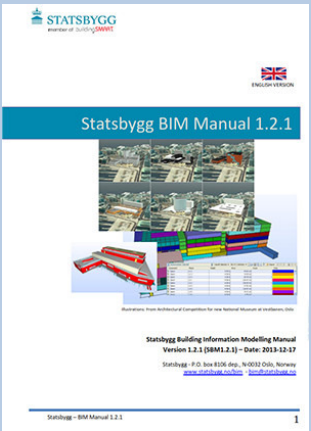
### **Infomudelite kasutamine ehitamisel (13.osa)**

- Infomudel edastatakse võimalike kasutusviiside loeteluga. Ehitusaegsed kasutuskohad on näiteks mudeli abil projektiga tutvumine ning esmased mahuarvutused.
- Infomudelid ei asenda jooniseid ega teisi projektdokumente, sisend peab tulema otse mudelist.
- Töövõtjatele üleantavate infomudelite määratlemine, kasutuseesmärgid ning usalduspiirid.
- Vajadus kaasajastada ehitusinfomudeleid ehitusprotsessi käigus - ehitusprotsessi käigus kogutakse infot otse mudelisse ning tööde lõpus esitatakse teostusmudel.
- Ehitusinfomudelite kasutamine ohutuse/turvalisuse eesmärgil – ohutusmeetmete modelleerimine, ehitatavuse analüüs mudeli baasil, näitlikustamine.

## 5.2. Norra

### 5.2.1. Statsbygg BIM Manual 1.2.1

Organisatsioon (Statsbygg, 2013)	
Sihtgrupp	projekteerija, tellija
Ülevaade	<p><i>Annab põhjaliku ülevaate nii IFC mudelitele kehtestatud üldnõuetest, kui ka valdkonnaspetsiifilistes olukordadest.</i></p> <p><i>Info on põhimahus esitatud konkreetsete tabelite ja punktidenä, mis omakorda on eristatud muuhulgas ka nende olulisuse alusel.</i></p>



Juhendi ülesehitus:

- Üldnõuded IFC mudelitele;
- Valdkonnaspetsiifilised nõuded eriosade mudelitele;
- Modelleerimise- ning loodavate koondmudelite kvaliteet. Mudelite kasutuse praktikad erinevates projektietappides;
- Juhendis on kirjeldatud nõudeid koondav tabel.

Põgusalt on välja toodud ka nõuded konkreetsemalt ehitusega seotud tegevustes, kuid tõdetakse et *Statsbyggil* puudub selleks veel vajaminev kogemuste pagas. Toodud on järgmised soovitus

- Ehitajale antakse IFC mudel. See on omakorda mudelielementide osas tooteneutraalne, ehk ei sisalda ehitusmaterjalide toodete nimetusi;

- Üldjuhul (sõltuvalt lepingust) raporteerib ehituse töövõtja projekteerijat tööde käigus toimunud muudatustest ning viimane kannab need originaalformaadis mudelisse, luues seejärel ehitajale muudatusi kajastava IFC faili;
- Ehitustegevuse lõppedes edastab töövõtja tellijale IFC failis teostusmudeli. Mudel ei sisalda aga endiselt tooteinfot, kuid kajastab ehitusaegseid muudatusi mudeli geomeetrias (nt uste asukoht);
- Ehitajale jäetakse kompetentsi olemasolul võimalus kasutada näiteks *dRofus* (ja selle *TIDA*-nimeline laiendus) tarkvaralahendust muuhulgas ka tooteinfo IFC faili baasil koondamiseks ning haldamiseks. Sellisel juhul saadakse aga teostusmudel kahe osana – geomeetriat sisaldav BIM mudel ning sellega seotud (elementidele lisatavad unikaalsed ID koodid) juba konkreetset tooteinfot sisaldav *TIDA* andmebaas, kuna tehniliselt ei ole veel võimalik info eksportimine ühtseks mudeliks.

## KOKKUVÕTE:

Antud juhendis on väga hästi välja toodud konkreetsed nõuded IFC mudelitele, olles seetõttu heaks alusinfoks nii projekteerimisnõuete määratlemisel kui ka hilisemal vastavuse kontrollimisel.

BIM mudelite võimalike kasutusvõimalustena tuuakse välja ka mahuarvutused ning 4D- ja 5D- baasil ehitustegevuse planeerimise võimalused, kuid nende rakendamist juhendis ei käsitleta.

### 5.2.2. Norwegian Home Builders' Association's BIM manual v2.0

Organisatsioon	(Norwegian Home Builders' Association, 2012)	
Sihtgrupp	<i>kõik projekti osapooled</i>	

## Ülevaade

*Praktilise suunitlusega juhend BIM rakendamiseks elamute planeerimise- ja ehitamise protsessis.*

*Annab suuniseid nii vajaminevate protsesside planeerimiseks, modelleerimise- kui ka mudeli hilisema eesmärgipärase rakendamise osas.*



Mudeli kasutamise eesmärk tuleb väga konkreetselt paika panna juba enne mudeli loomisega alustamist. Vastus tuleb leida järgmistele küsimustele:

- Millist infot ja millal mudelist võetakse?
- Kes kasutab mudelit?
- Kui mudelit kasutatakse näiteks mahtude võtmiseks, tuleb see ka üles ehitada sellisena nagu see objektile ehitatakse.

Muuhulgas tuuakse välja ka konkreetsed punktid modelleerimise tehnilistest küsimustest, praktikatest aga ka levinud veakohtadest.

Juhend kirjeldab BIM protsessist maksimaalse kasu saamise eeldused:

- Jälgitud on modelleerimise juhendit;
- Versioonihaldus on korraldatud süsteemselt;
- Koondmudelit haldava isiku olemasolu ja tema vastutus;
- Avatud formaatide kasutamine, nt IFC.

Juhendis on projekti osapoolte jaoks välja toodud tabelite kujul kontroll-lehed meespea punktidega läbi kõigi projektifaaside.



Projektis osalistena välja toodud ametid: müügiagent; BIM koordinaator; arhitekt; elektri-/vee-kanali-/kütte-/ventilatsiooni projekteerija; eelarvestaja; energiaarvutuste tegija ja materjalide tootja/koostaja.

Kontroll-leht on loodud ka eksporditud IFC mudeli (arhitektuur/konstruksioon/HVAC/elekter/koond) kvaliteedis veendumiseks.

### 5.3. Inglismaa (UK)

#### 5.3.1. BSI standardid ning avalikud juhendmaterjalid (BIM Level 2)

Organisatsioon: (British Standards Institution, 2016)	
<b>Sihtgrupp</b>	<i>kõik projekti osapooled</i>
<b>Ülevaade</b>	<p><i>BSI eestvedamisel loodud standardite- ja juhendite kogu, mis pakub terviklahendust BIM rakendamiseks Level 2 tasemel.</i></p> <p><i>Koosneb eraldiseisvatest spetsiifikaid kirjeldavatest standarditest ning nendega seotud juhendmaterjalidest ja lisadest.</i></p>



**BS 1192:2007+A2:2016** - Standard annab ühtse raamistiku ehitusalaste dokumentide nimetamiseks ja organiseerimiseks. Materjal on *Level 1* taseme infokorralduse kirjeldus, kuid on seejuures endiselt ka fundamentaalseks aluseks BIM *Level 2* taseme koostöök.

**PAS 1192-2:2013** - Ehitusinformatsiooni juhtimise protsessid projekteerimise etapis. UK valitsuse korralduse järgi on alates 2016. aasta aprillist avaliku sektori projektidel miimumnõudeks koostöö BIM *Level 2* tasemel ning *PAS 1192-2013* on selle keskseks põhimõtteid kirjeldavaks standardiks.

*Level 2* BIM – kokkuleppeline BIM rakendamise tase mille aluseks on antud standardid. Põhimõtted:

- Kokkulepitud meetodil infovahetus ning koostamine;
- Ühtse ehitusinfo klassifikaatori rakendamine;
- Projekti eri osad (nt arhitektuur, konstruktsioon ja eriosad) on jaotatud osamudeliteks;
- Koondmudeli koostamine ja koostöö selle abil;
- Joonised on loodud väljavõtetenä mudelist;
- COBie andmenimekirja koostamine;

### 5.3.2. RICS (juhendmaterjalid, uuringud)

Organisatsioon (5)	
Sihtgrupp	<i>kõik ehituse osapooled</i>
Ülevaade	<p><i>Koosneb erineval tasemel parimaid praktikaid kirjeldavatest juhendmaterjalidest ning uuringutest seoses BIM rakendamisega UK ehitussektoris.</i></p> <p><i>Tuukse välja tekkinud kitsaskohad, väljakutsed ning antakse soovitusi nende ületamiseks.</i></p> <p><i>Kirjeldab Level-2 tasemel BIM projektides olevaid erinevaid tööprotsesse.</i></p>



Infoleht-tüüpi materjal mis kirjeldab praktilist kogemust [PAS 1192-2:2013](#) rakendamisel 5D BIM projekti hankefaasis. Materjal on mõeldud abistamiseks väikse- ja keskmise suurusega BIM juurutamisega alustavat ettevõtet.

Väljatoodud tähelepanekud:

- Eelarvestaja rolli määratlemise keerukus 5D BIM projektide läbiviimisel – tellija ja eelarvestaja osa selles protsessis ning täiendavast infohulgast tingitud võimalik efektiivsuse kasv edaspidisel rakendamisel;
- 5D BIM rakendamisega näiteprojektide senine vähesus, aga rõhutatakse, et kogemuste jagamisel võiks olla sarnane positiivne efekt nagu integreeritud koostööl BIM protsessides;
- Info- ja detailsuse tase ajas – jälgida et mudel vastaks igal etapil kokkulepitule ning et seda kasutataks varem kokku lepitud eesmärkidel;
- Rakenduskavale vastavus – arusaam millist infot ja millisel kujul luuakse ning rakendatakse;
- Nimetamise süsteem – oluline et mudeliobjektid ning vastavad eelarveread oleksid süsteemselt seostatavad. Need tuleb paika panna võimalikult varajases projekti staadiumis;
- Projektdokumentatsiooni vaheetappide organiseeritus – tegevus peab olema vastavuses projekti rakenduskava ning projekti eri faasidega;
- Mudeliobjektid ning nende nimetamine – need tuleb luua hilisemate info kasutajate vajadusi arvestavana;
- Eelarveridade seos projekti 2D ja 3D sisuga;
- Automaatseks mahuarvutusteks loodud tarkvarad ning eelarvestustööriistad – enda jaoks sobiva koostööprotsessi leidmine;
- Mudeliobjektide ja eelarveridade vaheline seos – vajadus luua võimalikult detailne maksumus-mahutabel juba projekteerimise algaasis, kuna hilisem objektide lisamine võib vajada täiendavaid eelarveridu.
- Olemasoleva maksumusinfo haldus BIM keskkonnas – tarkvaraliste võimaluste väljaselgitamine vähendamaks käsitsi info ülekandmist;
- Osamudelite-vaheline ja -ülene info koordineerimine – BIM on ühtne koostööplatvorm, kuid tuleb olla tähelepanelik seostest tuleneva info haldamisel ja tõlgendamisel;

- Kvaliteedi kontrollimine mudelipõhises projektis – kuidas tagatakse adekvaatsed infoväljavõtted?
- Juba hankel ajal pakkujate võimekuse väljaselgitamise olulisus.

### **RICS – International BIM implementatsioon guide [09.2014]**

Põhiosas on tegemist BIM rakendamise parimaid praktikaid kirjeldava juhendmaterjaliga - annab ülevaate kuidas modelleerimine muudab tööprotsesse ning püüab vastata küsimusele kuidas protsesse konkreetselt rakendada.

Annab ülevaate BIM olemusest ning selle rakendamise hetkeseisust globaalselt. Samuti tuuakse välja põhilised rakendamise väljakutsed ning ka ehitussektoris laiemalt muutustega kaasnevad protsessid.

Põhiliste BIM rakendamist takistavate teguritena tuuakse välja järgnev:

- Olemasoleva mõttelaadi- ja traditsioonide muutmine üldisemalt;
- Projekti vajalike osapoolte BIM tööprotsessi kaasamise keerukus;
- Tehnoloogilised takistused – põhiliseks probleemiks on tarkvarade omavaheline ühildumatus integreeritava töövoos saavutamiseks;
- Kompetentse tööjõu puudus;
- Kõrged riist- ja tarkvara kulud;
- Juriidilised aspektid seoses lepingute- ja omandiõigustega seonduvates küsimustes.

### **RICS – Collaborative BIM: Insights from Behavioural Economics and Incentive Theory [02.2015]**

Uurimistöö kirjeldab ehitussektori tarneahela koostöö toimimise põhialuseid ning uurib BIMi võimalikku rolli selle muutmises. Põhilisteks eesmärkideks on leida lahendused millega innustada ettevõtteid BIMi rakendama ning kuidas BIMi ja infovahetuse läbipaistvus üldisemalt võiks koostööd- ja efektiivsust parendada.

BIM edu tuleb paremast infovahetusest – tänaseks probleemiks on mudeli mitte välja jagamise lihtsus või ka teadlik soovimatus seda mitte teha.

Uuringu põhileiud:

- Hinnatakse pikaajalisi suhteid ning ollakse valmis väiksemateks marginaalideks;
- Eksisteerib arusaam, et kehv infovahetus toob ahelasse ebaefektiivsust;
- Nõustumine et läbipaistvam infovahetus aitaks tuua rohkem usaldust ning seeläbi parendada koostööd.

Tõdetakse, et lisaks põhimõttelisele soovile heaks infovahetuseks on vaja ka oskust infovahetust korrektselt läbi viia.

### **RICS - Utilization of BIM in Construction Cost and Project Management Practices [06.2015]**

Uurimustöö eesmärgiks on võrrelda UK, Põhja-Ameerika ja Hiina BIM rakendamise hetkeseisu projektijuhtimisel 5D-BIM tasemel. Liidri positsioon omistatakse UK ehitussektorile, seda suuresti tänu tugevale riiklikule sekkumisele.

### **RICS - BIM for cost managers: Requirements from the BIM model [08.2015]**

Parimaid praktikaid koondav juhendmaterjal 5D-BIM protsessis töötavatele mahu- ja eelarve spetsialistidele.

Põhieesmärkideks on juhendada mahtude/eelarve eest vastutavaid spetsialiste kasutama ehitusinfomudelit mahuinfo kogumiseks ja eelarvestamiseks ning rõhutada nende töö olulisust kõigile BIM protsessiga seotud osapooltele.

Tuuakse välja ka konkreetseid nõudeid infomudelitele ning lisatud on mahu- ja eelarvestuse spetsiifikat arvestav BIM mudeli kaaskiri.

## **RICS - BIM for building surveyors [08.2016]**

Parimaid praktikaid kirjeldav juhendmaterjal BIM *Level 2* tasemel ehitusjärelvalvet teostavale isikule.

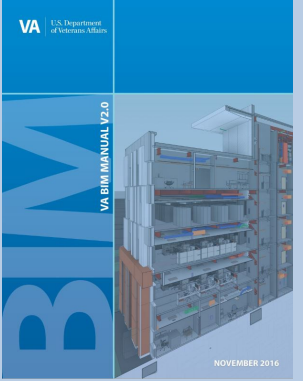
### **KOKKUVÕTE:**

Tegemist on väga heade UK BIM standardeid praktilistes kasutusolukordades kirjeldavate abimaterjalidega - aitavad mõista standardites kirjeldatu reaalsel tulemit.

## 5.4. USA

### 5.4.1. Veteran Affairs BIM manual v2.0

Organisatsioon (U.S. Department of Veterans Affairs, 2016)	
<b>Sihtgrupp</b>	<i>eelkõige tellija</i>
<b>Ülevaade</b>	<p><i>Annab ülevaate kuidas tellija loob konkreetse aluse, et saada BIM mudelist maksimumi ehitise elutsükli vaates.</i></p> <p><i>Veteran Affairs (VA) haldab USA suurimat tervishoiusüsteemi, millesse kuulub rohkem kui 1700 haiglat.</i></p>



Ehitustegevusel nähakse BIM rakendamisest kasu kuna mudelit hinnatakse kui parimat võtet info viimiseks ehitusobjektile, sealhulgas selle abil regulaarselt korraldatavad 3D koordineerimis-koosolekud ning automaatsed mahuarvutuste võimalused. Samuti nähakse olulisena ehitusplatsi mudelis koordineerimise võimalust ning eeltoodetud elementide ehitusprotsessi kaasamise paremat võimekust.

Juhendmaterjalis toodu on nõutud kõigi projekteerimis- ja ehitustegevusega seotud toimingute korral, samuti rõhutatakse ehitusinfo rakendamise vajalikkust ka hilisemas haldamises – sh teostusmudeli eelnev loomine.

- Põhiliseks dokumendiks on ehitusinfomudel, vaid erijuhtudel võidakse väiksema eelarvega objektide korral kokku leppida vastupidises;
- Projekteerijad esitavad VA-le mudeli ning sellest otse eraldatud funktsiooni-spetsiifiliste sisuga 2D joonised – need on mudelist valikulise info väljavõteteks;


- Ehitaja peab töötama mudeli järgi kasutades selleks näiteks *Autodesk Navisworks* või analooge. Ehituse peatöövõtjale antakse koordineeritud koondmudeli NWD (*Navisworks*) või analoog, samuti ka osamudeli originaalfailid koos 2D PDF väljavõtetega. Edasine infovahetus pannakse paika BIM rakenduskavas;
- BIM rakenduskava (PxP) peab vastama *Army Corps of Engineers (USACE)* PxP nõuetele;
- Mudelihaldur on BIM rakendamise keskseks persooniks;
- Kasutatakse IFC-d, aga ka teisi rahvusvahelistele standarditele vastavaid formaate. Nõutakse et IFC oleks loodud originaaltarkvaras;
- Juhendis on kirjeldatud mudeldamise minimaalset mahtu, -sisu ja -ulatust. Samuti kirjeldatakse meditsiinispetsiifilistest nõuetest tulenevat. Põhijuhendiga tulevad kaasa ka seotud lisajuhendid ja abifailid;
- Peatöövõtja poolt kasutatav ehitusmudel peab kajastama jooksvalt realselt ehitatut ning tooteinfot. Ehitusmudel tuleb edastada tellijale;
- Teostusmudeli baasilt peab projekteerija looma 2D teostusjoonised. Materjal peab olema puhastatud halduseks mittevajalikust infost, aga sisaldama otseviiteid asjakohastele seotud 2D dokumentidele.
  
- Mudeli kasutusvaldkonnad:
  - Projekteerijad ja ehitajad peavad rakendama 3D täiendavaid rakendusi (näiteks *Hololens* ning *Oculus* virtuaalreaalsus prillide abil) oma lahenduste kooskõlastamisel ning sisseviimisel;
  - 4D-BIM kasutamine, seejuures selle rakendamise vajadus nii tööde esialgsel planeerimisel kui ka hiljem ehitustööde täpsema planeerimise korraldamisel;
  - Ristumiste kontrolliks BIM regulaarne kasutamine;
  - Integreeritud projekteerimis- ja eelarvestusprotsess, mis tagab otsuste tulemi hinnamõju kohene väljaselgitamine;
  - Objekti üleandmise eelselt teostatakse laserskaneerimised;
  - Mudelipõhine/-keskne infovahetus; tarkvaraplatvormide-põhine suhtlus ehitusprotsesside käigus;



- Virtuaalsed maketid ja nende kasutamine ehitatavuse kontrolliks ning keerulisemate sõlmede täpsemaks lahendamiseks, sealhulgas samm-sammult juhendite loomiseks.

#### 5.4.2. BIM Project Execution Planning Guide V2.1

Organisatsioon (Penn State Computer Integrated Construction Research Program, 2011)	
Sihtgrupp	Kõik ehituse osapooled
Ülevaade	<p>Üldiseid aluseid defineeriv dokument, mis sisaldab ka konkreetseid juhiseid rakenduskava koostamiseks.</p> <p>Alusdokument National Building Information Modeling Standard (NBIMS) standardile.</p>



BIM edukaks rakendamiseks peab projektimeeskond koostama laiaulatusliku, kuid seejuures detailse plaani. Selleks loodav *BIM Project Execution Plan* annab seotud osapooltele ülevaate seotud eesmärkidest ning jagatud vastutustest nende saavutamiseks.

**Etapid ja juhendiga seotud lisafailid BIM projekti rakenduskava (*BIM Project Execution Plan*) juurutamiseks:**


- Paika panna konkreetsed BIM eesmärgid ning kasutuskohad (*BIM GOAL and USE Analysis Worksheet.xls*);
- Luua protsessikaart (*BIM Process Map Templates.vsd*);
- Täpsustada infovahetust kirjeldav dokument (*Information Exchange Worksheet.xls*);
- Defineerida projekti eesmärgid ning BIM protsessi toetav infrastruktuur (*BIM PxP Template.xls*).

## Soovitused BIM rakendamisel:

- Iga projekti meeskond vajab BIM eestvedajat;
- Tellija kaasatus on kriitilise tähtsusega;
- Projektimeeskond peab soodustama avatud keskkonda info jagamiseks ning koostööks;
- BIM rakenduskava peaks hoidma ajas edasiarendatava dokumendina;
- Esialgsest paika pandud plaani tuleks regulaarselt üle vaadata;
- Eelnev ettevõtte organisatsiooniülese BIM rakenduskava koostamine võib vähendada konkreetse projekti planeerimise jaoks vajaminevat aega;

## 5.5. Singapur

### 5.5.1. Singapore BIM Guide

Organisatsioon	(Building and Construction Authority, 2013)	
Sihtgrupp	<i>Kõik ehituse osapooled</i>	
Väljaandmise aeg	<i>08.2013-10.2016</i>	
Ülevaade	<i>Juhendmaterjali eesmärk on anda terviklik ülevaade BIM rakendamisest.</i> <i>Ehitustegevust on põhjalikumalt kirjeldatud kahes osajuhendis.</i>	

Juhendmaterjali ülesehitus

*Singapore BIM Guide Version 2 (08.2013):*

- *BIM Particular Conditions Version 2.0 [08.2015]*
- *BIM Essential Guide for Adoption in Organization [08.2013]*
- *BIM Essential Guide for Execution Plan [ 08.2013]*
- *BIM Essential Guide for Architectural Consultants [08.2013]*
- *BIM Essential Guide for C & S Consultants [08.2013]*
- *BIM Essential Guide for MEP Consultants [08.2013]*
- *BIM Essential Guide for Contractors [08.2013]*
- *BIM Essential Guide for Collaborative Virtual Design and Construction [Draft, 2013]*
- *BIM Essential Guide for Building Performance Analysis [10.2015]*
- *BIM Essential Guide for DfMA (Design for Manufacturing and Assembly) [10.2016]*

### **Singapore BIM Guide Version 2**

Tegemist on juhendi üldosaga. Annab ülevaate põhilisest ning juhatab sisse spetsiifilisemad juhendid seerias „BIM Essentials“.

### **Projekti töövood: Projekteeri-Paku-Ehita**

Tekib kaks mudelit - projekteerimisaegne ning ehitusmudel:

Hanke-eelne faas:

- Enne mudeldamisega alustamist koostatakse BIM rakenduskava;
- Rakenduskava järgides luuakse osamudelid;
- Koondmudeli loomine ning ristumiste kontrollide teostamine;
- Ristumiste likvideerimine koosolekutel kokkulepitu põhjal;
- Ristumiste kontrolli läbinud mudeli baasilt hanke jaoks jooniste ja seotud dokumentide loomine.

### **Ehitusaegne faas:**

- Mudelid ja joonised edastatakse ehituse peatöövõtjale kasutamiseks referentsina;
- Peatöövõtja loob nende põhjal ehitusaegse mudeli koos tootelementidega ning edastab vajamineva info alltöövõtjatele.

### **Projekteeri-Ehitaja**

Võimaldab ühe mudeli kasutamist läbi projekteerimise- ja ehituse faasi:

- Koostatakse enne mudeldamisega alustamist BIM rakenduskava;
- Juba eskiistasemel loovad projekteerijad koostöös ehitajatega soovitud BIM eesmäärke täitva mudeli;
- Koondmudelite kasutamine ristumiste kontrolliks;
- Koosolekutel lahendatakse omavahelised ristumised;
- Ristumiskontrolli läbinud mudeli abil luuakse ehituseks kasutatavad joonised ja mudelid;
- Kogu projektimeeskond peab koosolekuid ka ehitusprotsessi jooksul;
- Võimaldab juba aegsasti ette valmistada tehases toodetavaid elemente.

## **Ehituse BIM koordinaatori ülesanded**

- Koordineerida tööd koostöös projekteerijate ning -alltöövõtjatega;
- Juhendada hankedokumentidest ning kontrollida mudeleid ning jooniseid;
- BIM toimingute juhtimine, sh ehitatavuse analüüs ning ajaline planeerimine selle abil;
- Luua teostusmudel;
- Jälgida modelleerimise kvaliteeti.

## **BIM Essential Guide for Contractors**

Juhendi põhiliseks osaks on anda ehitajatele info BIM rakendamise kasuteguritest erinevates ehitustööde staadiumites.

### **Soovituslikud BIM rakendamiskohad ehitajale:**

#### **Ehitushanke staadium:**

- Mudelite loomine ehitaja initsiatiivil;
- Eelarvestamine – mudeli põhjal eelarvestamist nimetatakse põhiliseks hankeperioodil ehitaja poolseks rakenduseks. Hankijalt, või ka enda loodud mudelist peaks olema võimalik mahud automaatselt välja võtta ning seejärel lisada hinnainfo välisest andmebaasist;
- Objekti- ning logistika planeerimine ehitusprotsessi läbiviimiseks.

#### **Ehitustöö ettevalmistuse staadium:**

- Mudelite kvaliteedi kontroll (suunised on lisatud antud juhendisse), osamudelite liitmine ning ristumiste kontrolli teostamine. Võimalike konfliktide lahendamine RFI abil;
- Mudeli-põhine ehitustööde ajaplaneerimine (4D BIM).

#### **Ehitusstaadium:**

- Ehitusmudelite (arhitektuur, konstruktsioon ja eriosad) ühendamine ning ristumiste- ning muude võimalike vigade kontroll;

- Ehitusinfomudelist jooniste (sh näiteks 2D plaanid) väljaprint soovitud kombineeringus (muuhulgas erinevate osamudelite info kaasamise võimalus) ning kompleksuses,;
- Mudeli kasutamine keerulisemate tööde planeerimise abistamiseks;
- Ehitusinfomudeli ning spetsiaalsete seadmete (nt *Robotic Total Station*) abil hoone ning selle elementide mahamärkimine ning kontroll;
- Ehituselementide valmistamine tehases tänu heale ülevaatele vajaminevast;
- Teostusmudeli loomine - projekteeritud mudeli kohandamine reaalselt ehitatu järgi;
- Hoone haldamise mudel. Näiteks on ehitaja poolt mudelisse lisatud elementide tooteinfo selle hilisemaks kasutamiseks haldamisel.

### **BIM Essential Guide For Collaborative Virtual Design and Construction**

**Juhendi eesmärgiks on anda tervikülevaade VDC\* rakendamisel projekti tasemel.**

*\*VDC (Virtual Design and Construction) ehk virtuaalne projekteerimine ja -ehitamine.*

**VDC peaks sisaldama omavahel tugevalt põimunud etappe:**

1. *Projekteerimine;*
2. *Ehitamise koordineerimine;*
3. *Virtuaalne planeerimine;*
4. *Ehitamine.*

Viimase saavutamiseks tuleb aga mudel üles ehitada nii, nagu see ehitusprotsessi käigus ka realiseeritakse. See eeldab mahukat modelleerimist ning reaalsete ehitamise etappidega arvestamist.

Hilisemalt on aga oluline loodud mudeli rakendamine tööde ajalise planeerimise abistamiseks, simuleerides seeläbi võimalikult autentselt hilisemat tegevust ehitusobjektile.

Virtuaalselt läbimängitu õnnestumiseks ka ehitusprotsessi kestel on aga väga oluline mudeli viimine objektile ehitajate endi kätte - on vaja näidata visualiseeritud kujul mida, kuidas ja millal eesmärgi saavutamiseks teha tuleb.

**VDC rakendamise soovitusel:**

#### **1. LEAN printsiipide rakendamine:**

- Fokuseerida asukoha ja sealse tegevuse põhiselt;
- Kõrvaldada põhitegevust segavad takistused aegsasti;

- Kaasa õiged inimesed ja seda õigel ajal.

## 2. Projekteerimise koordineerimine

- Peamiste reeglite kehtestamine - tuleb kokku leppida ühtsetes reeglites nagu näiteks ühine nullpunkt, teljed ning kõrgusmärgid.
- Osamudelite koordineerimine - kõik osamudelid peavad vastama nõutud minimaalsetele kvaliteedi- ning järjepidevusreeglitele, nagu näiteks mudeldamine ainult selleks mõeldud tööriistadega, elementide infosalduse kokkulepitud tasemele vastamine ning ka võimalike dubleerivate elementide vältimine osamudelite üleselt.
- Koondmudelite koordineerimine - jälgida põhielementide asetsemist ja järjepidevust eri osamudelite vahel – näiteks arhitektuurse- ja konstruktiivse põrandaelemendi omavaheline asetsemine ning ka arhitektuursete avade vormistus kandvates seintes.

Kvaliteedianalüüsi teostus sarnaneb tavapärase 2D praktikaga, kuid suure erinevusena on töötamine mudelikeskkonnas ning seetõttu on tagatud ka parem ülevaatlikkus. Märkused tuleks lisada otse mudelisse seotuna konkreetse asukohaga. Osamudelitele on soovitatav anda eristav värvitoon ning teostada tuleks nii automaatseid- kui ka visuaalseid kontrole.

## 3. Mudelite üleandmised – mudelite üleandmine ehituse peatöövõtjale ning nende ühine edasiarendamine.

Töövõtja teostab neile omapoolse kontrolli ning seejärel edastab asjakohased mudelid oma alltöövõtjatele. Lisanduvad mudelielementide töömudelid ning muud ehituse korralduse aegsed täpsustused ja muudatused, mis koondatakse ühtsesse ehitusmudelisse. Paralleelselt on alles ka põhimudel, millesse lisatakse kooskõlastatud täpsustused ning saadut kasutatakse info edastamiseks objektile ehitustöödeks. Ehituse lõpus luuakse ja edastatakse omakorda teostusmudel.

Kvaliteedi kontrollimise peamised kriteeriumid:

- Võimalikud mudeldamisega seotud tehnilised vead?
- Mudelis ehitushankes nõutu kajastumine - võimalike puuduvate elementide ja parameetrite kontroll;
- Mudeli vastavus kohaliku seadusandja nõuetele?
- Ehitatavuse kontroll;
- Hilisema halduse seisukohalt põhimõtteline kontroll.

Kontrollitud mudelite baasil teostatakse automaatseid mahutabeleid.

**4. Hilisem ehitusmudeli info ülekandmine projekteeritud mudelisse** ning edasine täpsustamine ning ajakohastamine - eesmärgiks on saada virtuaalne koopia ehitatavast.

Mudeli terviklikkuse kontroll:

- Terviklikkus – modelleerimata detailide lisamine kuna joonised luuakse edaspidi otse mudelist.
- Mudeli täpsus – sisalduma peab nii konkreetsete tootjate kui ka alltöövõtjate edasised täpsustused;
- Reaaleluliste praktikate ülekandmine - näiteks torude painderaadiused jne.
- Tolerantside ja hilisemate hooldusvajadustega arvestamine
- Keskkonnas asetsemise reaalolude ja täpsemate paigaldusolukorra tuvastamine – soovitav kasutada selleks näiteks lähteolukorra laserskaneerimist.
- Ehitusejärjekorra koordineerimine – üle kontrollida kriitilisemate elementide montaaži järjekord.
- RFI-de kasutamine mudelikeskkonnas (nt BCF-formaat) muude võimalike infopäringute projekteerijaga vahetamiseks. Tarkvaradena on välja toodud *Navisworks*, *TeklaBIMsight*, *Solibri*.

**5. Virtuaalne järgnemiste planeerimine** – lõpuni koordineeritud-täpsustatud mudeli abil ehitustööde organiseerimine mudelikeskkonnas. Näiteks omavahel seotud tööde teadlik prioritseerimine aga ka näiteks tornkraanade ja muude ajutiste ehitusaegsete elementide kasutuse virtuaalne läbimängimine.

**6. Kommunikatsiooni teostamine mudelist otse ehitusobjektile** - koordineeritud BIM mudeli ja selle abil loodud 4D ajagraafikute info viimine otse ehitusobjektile. Peab jälgima, et ehitataks vastavalt mudelis asukohaliselt määratule, jälgides seejuures ka ehitusgraafikut.

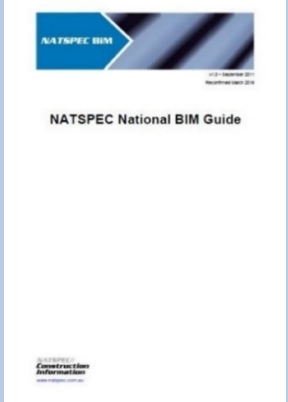
Konkreetse info jõudmine ehitusobjektile võiks olla otse BIM mudelite- ja vastavate tehniliste lahenduste näol, kuid tingituna alltöövõtjate võimalikust erinevast võimekusest võib olla vajadus kasutada ka mudelist saadud väljaprintitud 2D infot. Oluline on vaid see, et peatöövõtja veenduks ajakohase info liikumises erinevate meetodite toel.



## 5.6. Austraalia

### 5.6.1. NATSPEC National BIM guide v1.0

Organisatsioon (NATSPEC Construction Information Systems Limited, 2016)	
Sihtgrupp	<i>kõik projekti osapooled</i>
Väljaandmise aeg	<i>09.2011 - 04.2016</i>
Ülevaade	<p><i>VA BIM Guide (2010) põhjal loodud mitme osaline juhendmaterjal annab laiapõhise ülevaate kõigi projekti osapoolte rollist ja tegevustes BIM keskkonnas.</i></p> <p><i>Tegevused määratakse juhendi üheks põhialuseks olevas BIM rakendusplaanis „Project BIM Brief“.</i></p>



#### Juhend on jagatud seotud osadeks:

- *NATSPEC National BIM Guide [09.2011]* - Juhendmaterjali keskne osa, mis annab ülevaate projekti osapoolte rollidest ning vastutusest; koostöö protseduuridest, tarkvaradest, modelleerimise nõuetest, digitaalsest teostus-dokumentatsioonist ning standarditest. Annab ülevaate BIM võimalikest kasutustest.
- *Project BIM Brief [04.2016]* - Näitedokument (.doc), mis kaardistab varajases staadiumis konkreetse projekti tellija spetsiifilisi soove ja nõudmisi – määratakse projekti osalised ning osapoolte BIM rakendamise eesmärgid ning selleks kasutatavad standardid ja tarkvarad.
- *NATSPEC BIM Reference Schedule [09.2011]* - Annab nimekirja dokumentidest ning standarditest mis on soovitatud kasutamiseks koos NATSPEC juhendmaterjaliga. Konkreetsed refereeritavad lisad tuleb projekti põhiselt täpsustada dokumendi „Project BIM Brief“ abil.

- *NATSPEC BIM Object/Element Matrix [09.2011]* – Excel formaadis dokument, mis sisaldab suurel hulgal objekte ning elemente ning nende *Uniformat/OmniClass* klassifikatsioone ning LOD tasemeid.
- *BIM Management Plan Template [04.2016]* – Määrab, kuidas BIM projekt on planeeritud, juhitud ja kontrollitud. Tähtsa osana määratakse selles mida ja millal eri projektis osapooled üksteiselt eeldada saavad.
- *NATSPEC BIM Papers* – lisainfoga materjalid
  - *BIM Project Inception Guide [ 11.2014]* - Annab tellijale juhiseid koostöök BIM konsultandiga.
  - *BIM and LOD [ 11.2013]* - Tutvustab *Level of Development* kontseptsiooni ning annab ülevaate selle erinevatest tasemetest ning väärtusest BIM protsessis.
  - *Getting Started with BIM [06.2014]* - Annab ülevaate kuidas võtta kasutusele BIM projekteerimisettevõttes.

*National BIM Guide* põhinõudeks on *BIM Management Plan (BMP)* koostamine ning järgimine. Kõik töövõtjad on kohustatud iseseisvalt omama BIM tööprotsessis osalemise võimekust (tarkvara, riistvara, väljaõpe), sh need peavad vastama plaani raames kokkulepitule.

Viimase osaks ehitusfaasis on *Construction BMP* - see dokumendivorm sisaldab konkreetse projekti ehitustegevusega seotud BIM protsesside kohta käivaid kokkuleppeid. Dokumendi täidab ehitaja pärast töövõtulepingu sõlmimist, pannes paika oma strateegiad ja rakendusplaanid. Ehitaja peab seejuures kaasama enda poolse ehituse BIM manageri, kes liitub täiendavalt projekti eriosi esindavatele BIM juhtidele ning neid abistavatele BIM koordinaatoritele.

#### **Ehituse BIM juhi ülesanded:**

- Ehitusaegse BIM mudeli loomine ning haldamine;
- Tarkvarade toel ehituse meeskonna toetamine;
- BIM kommunikatsiooni tugi ehituse meeskonna, alltöövõtjate, tellija ja projekteerija vahel;
- Vajadusel BIM koordineerimise ruumi loomine ja selle tehnilise töökorra eest vastutamine;
- 4D BIM rakendamise korral mudelisse info kandmine;
- Ristumiste kontrolli teostamine koosolekutel ja raportite haldamine;
- Projekteerijaga suhtlemine ning info hankimine, sh objektil toimunud muudatustest info mudeldamiseks edastamine;
- Tehases toodetavate elementide tarnijatega suhtlemine ning nende 3D töömudelite sisu sisseviimine projekti üldmudelisse;

- Teostusmudeli loomise koordineerimine;
- Teostusmudeli haldusmudeliks integreerimisega seoses koostöö tegemine.

**Mudeli jagamine ehitustegevuse etappides:**

Hinnapakumise faas – ehitushankes osalejatele jagatakse info projektis nõutud BIM standardite kohta. Juhendis rõhutatakse ka vajadust hinnata võimaliku töövõtja varasemat kogemust rakendamisel. Pakkujale tuleb võimaldada ligipääs mudelile, täpsustades selle kasutamise liigid. Vastavalt konkreetsele lepingule on põhialuseks kas mudel ise või sellest 2D väljavõtted.

Ehitusfaas - töövõtja kohus on veenduda, et kõik põhilised mudelid on loodud ning et on tehtud ristumiste kontroll ning ehitatavuse analüüsid. Alltöövõtjate teostusmudelid peavad olema kajastatud projektimudelis, viies muudatused sisse projektimeeskonnale saadetavate infopäringute (*RFI*) abil.

**Ehitusaegsed mudeli rakendused:**

- Ristumiste kontroll ning kooskõlastus. Täpsustatud on ka ristumiste kontrolli ning selle läbiviimise korda. On välja toodud minimaalsed nõuded;
- Mudeli kasutamine projekti keerulisemate osade ehituse ja montaaži paremaks planeerimiseks;
- Ehituselementide tehases tootmine;
- 4D-ajagraafikud ning samuti selles interaktiivne omavaheline suhtlus ning koostöö;
- Mudeli abil ehitusplatsi organiseerimine;

**5.7. Uus-Meremaa**

**5.7.1. New Zealand BIM Handbook 2016**

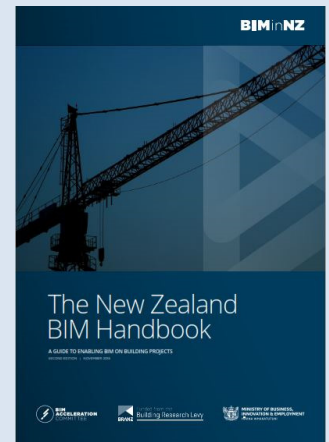
<b>Organisatsioon (BIM Acceleration Committee, 2016)</b>		
<b>Sihtgrupp</b>	<i>projekteerijad ja ehitajad</i>	

## Ülevaade

*Juhend keskendub põhiasjalikult projekteerimise- ja ehituse etapile, kuid rõhutab tervikvaate olulisust.*

*Annab üldvaate BIM olemusest ning selle rakendamise võimalikest kasuteguritest.*

*BIM rakendamiseks antakse ülevaatlikus vormis olulisemad põhitõed.*



Tõdetakse et juhendi loomise hetkel ei ole Uus-Meremaa ehitussektor veel valmis BIMi laialdaseks rakendamiseks.

Juhendmaterjali koostamisel lähtuti senisest maailmapraktikast mida vajadusel kohendati koduturu eripäradega. Põhiosas juhinduti UK (*PAS1192* seeria) ning Austraalia (*NATSPEC*) materjalidest.

### Seatud põhieesmärgid:

- Propageerida BIM kasutust läbi projekti terve elutsükli;
- Ühtlustada Uus-Meremaa ehitustööstuse arusaamu;
- Selgitada ülesandepüstistust projekteerijate ning -ehitajate seas;
- Propageerida koostööd läbi kõigi osapoolte;
- Tuua eesmärgipärasem vaade hilisemasse haldussüsteemi.

Sisaldab üldpõhimõtteid sisaldavat juhenddokumenti ning lisadena täpsustavaid juhendeid ning dokumendivorme.

### Lisajuhendid:

- *BIM Uses definitions* – kirjeldab erinevaid BIM kasutusi, lisades võimalikud kasutegurid aga ka nõuded nii tehnilises kui ka -organisatoorses aspektides;
- *Model Coordination* – jagab võimalikud mudelite ristumised 4 erinevasse prioriteeditasemesse;

- *Modelling and documentation practice* – juhendmaterjal modelleerimise ja dokumenteerimise parimatest praktikatest;
- *Levels of Development definitions* – selgitab erinevaid LOD definitsioone;

#### **Dokumendid:**

- *Project BIM Brief* – projekti (mudeli) lähte-eesmärke defineeriv dokument;
- *BIM Evaluation and Response* – vastuse edastamise dokument *Project BIM Brief* abil teostatud pakkumuspäringule;
- *Project BIM Execution Plan* – BIM projekti rakenduskava;
- *Model Element Authoring (MEA) Schedule* – aitab siduda LOD tasemed eri projektiosadel ja -staadiumitel;
- *Model Description Document (MDD)* – mudeli kaaskiri.

Rõhutatakse, et ehitajatel on potentsiaal saada BIM rakendamises suuremat kasu kui projekteerijatel. Ideaalis aitab ehitaja seepärast ka edasi arenda projekteerijatel saadud mudelit, kuid selline kasutus tuleks kokku leppida BIM Brief dokumendis:

- Ehitusmudeli faasis mudeldamine võtab rohkem aega ning on seetõttu ka kulukam. Samuti peab arvestama sellega et sellise täpsuseni ei ole mõistlik mudeldada erinevaid alternatiive;
- Ehitusmudeli tase võib paratamatult muutuda toote-spetsiifiliseks, mis aga ei võimalda ehitajate poolt analoogide pakkumist;
- Ehitajatel võivad olla erinevad lähenemismetoodikad.

Viimastest punktides tingituna on soovitatav kasutada IPD (*Integrated Project Delivery*) ja projekteeri-ehita töövõtuvormi.

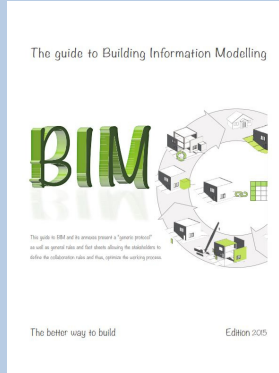
#### **Soovitused:**

- BIM rakendamise eesmärgid tuleb paika panna juba *BIM Brief* dokumendis;
- Eesmärkide saavutamiseks määratleda konkreetset nõudeid;
- Projekteerijad hindaksid konkreetse BIM kasutuseesmärgi tulemeid enda töömahule;
- Mudelitel peavad olema kirjeldatud nende võimalikud kasutuskohad;
- Ehitajad peaks selgitama tellijale rakendamisega saavutatavaid võimalikke kokkuhoiukohti nii ajaliselt- kui ka finantsiliselt;
- Hankemetoodite sobitamine BIM soovituslike tööprotsesside iseloomuga;
- Regulaarsed BIM mudelite analüüsid, mis kinnitavad nende vastavust nõutule;
- Arvestamine teostusmudeli loomise vajalikkusega.

## 5.8. Belgia

### 5.8.1. BIM – Belgian Guide for the construction Industry

Organisatsioon (ADEB-VBA, 2015)	
Sihtgrupp	<i>kõik ehituse osapooled</i>
Ülevaade	<p><i>Juhendmaterjal BIM protsesside integreerimiseks Belgias traditsiooniliseks olevasse projekteeri-pakuehita korraldusse.</i></p> <p><i>Annab laiema korraldusliku ja tehnilise ülevaate BIM rakendamise mõjust kogu ehitustegevuse protsessi tervikuna.</i></p>



Juhend jaguneb kolmeks:

1. BIMi ülevaate andmine, sh sellega kaasnevad rollid ja muutused protsessides;
2. Üldnõuded BIM keskkonnas koostöö, infojagamise ning dokumendihalduse osas;
3. BIM protokoll jaotatuna projekti eri faasideks ning protsessikaart nende seoste kirjeldamiseks.

Oluline on BIM protsessis rõhutada hoonete hilisemate haldajate rolli – neile tuleks anda hoone teostusmudel hõlbustamiseks selle abil ehitatu hilisemat haldamist, koguda ja analüüsida selle kaasabil süsteemsemalt halduse käigus kogunevat teavet. Saadud info peaks aga hiljem läbi BIM tööriistade jõudma analoogsete ehitiste planeerimisel alusinfoks.

Välja toodud põhilised ehitamise- ja hilisema haldamise aegsed kasutegurid:

- Võimalus parendada nii ehitise planeerimise protsessi kui ka lõpptulemust;
- Suurendada nii ehitusprotsessi- kui ka halduse aegset ohutust;
- Toetada ehitiste elutsüklikulude analüüsi teostamist;
- Lihtsustada haldusinfo kogumist ja juhtimist.

**BIM projektijuht** – keskne infot vahendav isik, kes on tellija poolt määratud juba projekti alguses. Enamasti on selleks arhitekt, aga ta võib olla ka täiesti eraldiseisev isik.

Jälgib muuhulgas et osapoolte vaheline infovahetus vastaks lepingust tulenevale:

- Sisu (info tase ja hulk);
- Vorm (failiformaadid, email või muud veebiteenused; infovahetuse kohta ülevaated);
- Ajastus (jälgib vajaminevate BIM protsesside korraldamist);
- Omandiõigust, privaatsust ja turvalisus-regulatsioonidele vastavust.

Loob projekti-spetsiifilise protsesse kirjeldava BIM protokollini ning juhib ja kontrollib selle täitmist.

**BIM osamudeli juht** - esindab ja vastutab konkreetse osamudeli teostuse eest ning on otseseks lüliks oma valdkonna ühtsesse protsessi kaasamise küsimustes.

#### **Dokumendivahetuse üldised soovitused:**

- Otseselt konkreetse sisu eest mitte vastutavatele isikutele lubada vaid lugemisõigusega juurdepääs, kuid tehnilisel võimalusel lubada ühtse projektikeskkonna tingimustes sisule märkmete lisamise funktsionaalsus;
- Muudatustele ametlike kinnituste andmise vajaduse korral lisada ka kirjeldusmärke (autor, kuupäev, versioon, muudatused);
- Korraldada dokumentide arhiveerimine läbi kõigi projektietappide, sh nende hoiustamine ka projekti lõppemise järgselt.

#### **BIM rakendamise kaasnevad muutused:**

- Vastutus – konkreetse mudeli autor vastutab selles sisalduva eest, muuhulgas on täpsustusteks koostatud kaaskiri. Luuakse BIM protokoll;
- Finantsiline planeerimine – muutub töövoog, näiteks suureneb eeltöö maht;
- Kvaliteet - mudelil peab see olema vähemalt sama hea kui klassikalistel dokumentidel;
- Turvalisus - tuleb tagada sarnane turvalisus nagu kõikidele teistele digitaalsetele dokumentidele; Ligipääsukoodide ja vaatamise-režiimide võimaluste kasutamine. Kõik eelnevad detailid tuleb kokku leppida lepingus.

#### **Soovitused koostööks BIM keskkonnas:**

- Praktilised nõuanded - näiteks soovitus teha võimalikult vähe eksport/import tsükleid ning eelistada seejuures võimalusel originaal- ja avatud formaate; soovitus muutuste sisseviimisel

korrigeerida elemenditüüpi nende kustutamise asemel. Samuti modelleerida nii, nagu seda ka hiljem ehitatakse.

- Ühtsete klassifikaatorite kasutamine;
- Infovahetuse protsess ja -protsessikaart. Mitmesuunalise infovahetuse vajaduse olulisuse hindamine konkreetse olukorra järgi - võimalusel eelistada ühesuunalisust selle tehnilise lihtsuse tõttu.
- Modelleerimise ulatus ja täpsus – mis on modelleeritud ja mis mitte. Millises täpsuses (LOD100-500)? Rõhutatud ka seda, et ei saa luua seost LOD tasemete ja näiteks ehitusfaaside vahel – iga ehituse osa projekteeritakse ajas erineva ulatuses.
- Mudelite ja dokumentide haldus – igal osamudelil peab olema kaaskiri ehk M.IDS ning dokumentide jaoks on analoogselt D.IDS.
- Suurema vaheetapi mudelite ja dokumentide üleandmine – vormistatakse üleandmise koondokument (X.IDS), milles on kaasatud osade loetelu ning kirjeldus, mis annab ülevaate mudelite seisust.
- Keskse tarkvaralise koostööplatvormi rakendamine.

#### **BIM Protokoll** (projekteeri-paku-ehita lepinguvormile)

Kuna BIM on koostööprotsess, siis on BIM Protokollis kirjeldatud selle läbiviimist projekti eri faasides, sealhulgas:

- Ehitushanke faasis edastatakse lisaks tavapärasele projekti dokumentidele ka kõik ehitusinfomudelid koos kirjeldavate kaaskirjadega ning infoga BIM nõuete kohta. Samuti kaasatakse esialgsed mahutabelid (mis on üldjuhul koostatud arhitekti poolt);
- Ehitamise faasis allkirjastab peatöövõtja/alltöövõtja BIM projekti nõuetest lähtuva reeglite ja kohustuste dokumendi;
- Halduseks kasutatakse peamiselt ehituse lõppedes peatöövõtjalt saadud originaalformaadis teostusmudelit (tasemel LOD500) ning seotud abifaile (nt CSV, IFC, XML).

### **5.9. Rakenduskava põhimõtted Eestis**

Riigi Kinnisvara AS (RKAS) on välja töötanud BIM andmesisu nõuded, mis vahetab välja etapiviisilise mudelprojekteerimise ulatuse dokumendi. Uues dokumendis on olemas selge loetelu informatsiooni lisamise nõuetest ning vajadusel on võimalik lisada nõudeid vastavalt projekti eripärale.



BIM mudelprojekteerimisele nõuete sätestamise eesmärk on kirjeldada raamistikku, mis võimaldaks tellijal tõhusamalt juurutada erinevaid BIM tehnoloogiaid ja parimaid praktikaid lühiajaliste ja pikaajaliste eesmärkide saavutamiseks. Nõuded on koostatud eesmärgiga ühtlustada mudelprojekteerimise protsessi ja selle väljundeid, tagamaks minimaalset kvaliteeti. (15)

Mudelprojekteerimise eesmärk on läbi tarkade protsesside ja nende põhjal tehtud otsuste saavutada kliendi suurem rahulolu ning ehitise elukaare kulude optimeerimine. Mudelprojekteerimise kasutusala valdkonniti on esitatud Tabelis 2. Täpsemad mudelprojekteerimisega seotud eesmärgid ja kasutusala on kirjeldatud Tabelis 3, kus kasutusala on prioritseeritud vastavalt selle eesmärgile. Olulisemad ehk prioriteediga „väga kõrge“ on esitatud paksus kirjas. (15)

Tabel 2

## BIM kasutusala (15)

Planeerimine	Projekteerimine	Ehitamine	Haldamine
Ruumiprogrammi koostamine	Projekteerimine	Ehitusplatsi planeerimine	Hoone haldamise ajakava
Elukaare kulude analüüs	Projektide ülevaatus ja vastuvõtmine	Tööprojekti koostamine	Hoone tehnosüsteemide monitooring ja analüüs
3D visualiseerimine	3D koordineerimine	3D koordineerimine	Varahaldus
Mahuline kontseptsioon	Konstruksiooni osade analüüs	Automatiseeritud tootmine	Ruumide haldamine
Projekti kulu hindamine	3D visualiseerimine	3D kontroll ja planeerimine	Tehnosüsteemide modelleerimine
Lähteolukorra modelleerimine	Energia-analüüs	Teostusmudeli modelleerimine	Elukaare planeerimine
	Tehnosüsteemide analüüs	4D / 5D modelleerimine	4D / 5D modelleerimine
	Keskkonnamõjude hindamine	Eelarvestamine	Kulude planeerimine
	Ehitusmaksumuse hindamine		Olemasoleva olukorra modelleerimine
	Kodeerimine		

Tabel 3

Mudelprojekteerimise kasutusala, eesmärgid ja prioriteetsus (15)

Nr	Kasutusala	Eesmärgi kirjeldus	Prioriteet (Väga kõrge/Kõrge/Keskmine)
1	Planeerimine, energia-analüüs, projekteerimine	Projekti kulu ja elukaare analüüside koostamine ning kulude hindamine	Keskmine
2	<b>Olemasoleva olukorra modelleerimine, projekteerimine</b>	<b>Lähtemudeli modelleerimine olemasoleva hoone seisundi kohta projekteerimise lähteülesande koostamiseks</b>	<b>Väga kõrge</b>
3	Energia-analüüs, projekteerimine	Ehitise jätkusuutlikkuse ja keskkonnasõbralikkuse hindamine	Keskmine
4	<b>Planeerimine, projekteerimine</b>	<b>Hoone funktsionaalsuse efektiivne ja terviklik kontroll</b>	<b>Väga kõrge</b>
5	Energia-analüüs, projekteerimine	Energiatõhususe hindamine ja sisekliima analüüsid	Kõrge
6	<b>BIM koordineerimine, projekteerimine, projekti juhtimine</b>	<b>Projekti osamudelite ja koondmudeli kontroll (ehitavuse kontroll, vastuolude ennetamine ja projekti osade ühilduvuse tagamine, tehnosüsteemide hooldatavuse kontroll)</b>	<b>Väga kõrge</b>
7	Planeerimine, projekteerimine, infovahetus	Näitlikustamine. Projekteeritava hoone arhitektuurse lahenduse visualiseerimine	Kõrge
Nr	Kasutusala	Eesmärgi kirjeldus	Prioriteet (Väga kõrge/Kõrge/Keskmine)

8	Projekteerimine	Kiirem ja efektiivsem projekt-dokumentatsiooni ülevaatus ja vastuvõtmine	Väga kõrge
9	Projekteerimine ja ehitamine	Mahtude võtmise automatiseerimine, täpsustamine ning saadud informatsiooni sidumine eelarvestamisega	Väga kõrge
10	4D modelleerimine, ehitamine	Ehitustööde ajagraafikute visualiseerimine tööde juhtimise ja platsikorralduse optimeerimiseks ja tõhustamiseks	Keskmine
11	Ehitamine, hankimine	Mahtude haldamine hangete korraldamisel, hangete toetamine	Keskmine
12	4D modelleerimine, ehitamine	Ehitustööde juhtimine ja koordineerimine. Tõhusam infovahetus ehitusplatsil	Kõrge
13	4D modelleerimine, ehitamine	Tööohutuse tagamine ehitusplatsile ja ehitusplatsi planeerimine	Kõrge
14	Ehitamine, tellijale üleandmine	Teostusmudeli loomine	Väga kõrge
15	Kinnisvara haldus ja hooldus	Teostusmudeli alusel haldusmudeli loomine ja selle edasine kasutamine hoone haldamisel ja hooldamisel	Väga kõrge

Mudelite andmesisu tasemed on määratud ja kirjeldatud dokumendis „BIM andmesisu nõuded“, mille näide on toodud Joonistel 1 ja 2. Modelleeritud peavad olema kõik elemendid, mis kuuluvad projekti koosseisu ja on nõutud vastavas projekti staadiumis. Mudelielemendid peavad vastama konkreetses projekteerimise etapis esitatud andmesisu taseme nõuetele. Mudelielemendid peavad olema identifitseeritavad, üheselt arusaadavad ning nendele peab olema omistatud nõutud parameetriline ja atribuudi info. Oluline on tagada mudelielemendi andmesisu ülekandumine IFC formaati. (15)

Riigi Kinnisvara		BIM andmesisu nõuded												Andmesisu tasemed:					
		Etapiviisiline mudelprojekteerimine ja mudeli andmesisu												1 - Eskiismudeli tase					
		Jaotus vastavalt TALO 2000 ehitiseosade liigituse kohaselt												2 - Eelmudeli tase					
														3 - Põhimudeli tase					
														4 - Töömudeli tase					
Etapiviisiline jaotus ja mudeli andmesisu																			
Kood	Nimetus	Eskismudel				Eelmudel				Põhimudel				Töömudel				Andmesisu nõuded	Märkused
		ARH	ARH	EK	KVJ	VK	EL	ARH	EK	KVJ	VK	EL	ARH	EK	KVJ	VK	EL		
1155	Peatumisrajatised	1																115	
1156	Muud välisrajatised																		
<b>12</b>	<b>HOONE OSAD</b>																		
<b>121</b>	<b>Vundamendid</b>																		
1211	Taldmikud			2				3					4					121-123	
1212	Alusmüürid, -postid ja -talad		2	2			3	3				4	4					121-123	
1213	Muud vundamendid																		
<b>122</b>	<b>Aluspõrandad</b>																		
1221	Aluspõrandaplaadid	1	2	2			3	3				4	4					121-123	
1222	Aluspõrandakanalid		2	2			3	3				4	4					121-123	Põrandaalused paigalduskanalid
1223	Muud aluspõrandad																		
<b>123</b>	<b>Karkass</b>																		
1231	Varijendid																		
1232	Kandeseinad			2				3					4					121-123	
1233	Postid		2	2			3	3				4	4					121-123	
1234	Talad		2	2			3	3				4	4					121-123	
1235	Vahelaed		2	2			3	3				4	4					121-123	
1236	Katuslaed	1	2	2			3	3				4	4					121-123	
1237	Karkassitrepid		2	2			3	3				4	4					121-123	
1238	Muud karkassitarindid																		

Joonis 1. BIM andmesisu nõuete täitmine, näide 1. (16)

ANDMESISU NÕUDED 121-123 Konstruktsioon								
ARH	OSA 1 - Tasemete nõuded				OSA 2 - Tasemed			
	Nr	Nõue/atribuut	Näide	Selgitus	1	2	3	4
1	Elemendi tüüp / modelleerimis tööriist	wall	Element peab olema modelleeritud õige tööriistaga	X	X	X	X	
2	Materjal	Raudbetoon	Elemendile peab olema omistatud materjal		X	X	X	
3	Elemendi nimetus on kirjeldav	Alusmüür	Element on nimetatud kirjeldavalt ning üheselt arusaadavalt		X			
4	Elemendi nimetus on täpne ja informatiivne	Alusmüür-b600	Elemendi nimetus on korrektne ja informatiivne			X	X	

ANDMESISU NÕUDED 121-123 Konstruktsioon								
ARH	OSA 1 - Tasemete nõuded				OSA 2 - Tasemed			
	Nr	Nõue/atribuut	Näide	Selgitus	1	2	3	4
1	Elemendi tüüp / modelleerimis tööriist	wall	Element peab olema modelleeritud õige tööriistaga		X	X	X	
2	Materjal	Raudbetoon	Elemendile peab olema omistatud materjal		X	X	X	
3	Elemendi nimetus on kirjeldav	Alusmüür	Element on nimetatud kirjeldavalt ning üheselt arusaadavalt		X			
4	Elemendi ristlõige on ligikaudne (gabariitmõõt)	d800	Elemendi geomeetria on esialgne ning kuulub täpsustamisele edasistes etappides		X			
5	Elemendi nimetus on täpne ja informatiivne	Alusmüür-b720	Elemendi nimetus on korrektne ja informatiivne			X	X	
6	Elemendi ristlõige on täpne, valitud on profiil	b720	Element on täpse ristlõikega. Projekteeritud ristlõiked on mudelis esitatud tõetruult ja mõõdetavad mudelist.			X	X	

Joonis 2. BIM andmesisu nõuete näide 2 (16)

## 5.10. Protsessiskeemidest

### 5.10.1. Protsessiskeemide eesmärk

Protsessiskeem on enamuses ettevõtetes koostatud väga üldiselt ja pigem sooviga ISO 9001 sertifikaadi saamiseks, kuid see ei tohiks olla protsessiskeemi koostamise eesmärk. Kui üldine protsessiskeem on koostatud, saab seda kasutada täpsemate, osakonna siseste protsessiskeemide koostamise alusena. Täpsemad protsessiskeemid annavad töötajatele väga hea ülevaate osakonnas toimuvatest protsessidest ning ülesannetest.

Protsessiskeem kirjeldab tegevusi, mis tekivad projekti protsessides ning kujutab neid graafiliselt. Protsessiskeem kirjeldab kõiki nõutud tegevusi ning paigutab need loogilisse järjestusse. Järjestus on pandud paika protsessi informatsiooni sõltuvusest, mis on tagatud ühe või enama protsessi osa poolt. Protsessiskeem ei ole ajast sõltuv ning seda ei tohiks samastada ajagraafikutega (näiteks Gantti graafik). (17)

Protsessiskeemi detailsusaste on reguleeritav väga täpsest kuni lihtsamate protsessiskeemideni. Mida täpsemaks protsessiskeem muutub, seda spetsiifilisemaks see muutub ühe protsessi lõikes, lihtsamaid protsessiskeeme saab kasutada üldisemate tegevuste raames. (17)

Protsessiskeeme kasutatakse ennekõike avatud infovahetusega projektides, kus seda kasutatakse projekti protsessides informatsiooni sisu avaldamiseks, jäädvustamiseks ning info vahetamiseks projekti erinevate osapoolte vahel. (17)

Protsessiskeeme kasutatakse veel ka teistel põhjustel (17):

- kvaliteedi tagamiseks: Kvaliteedijuhend kirjeldab tegevusi, mida tehakse, tegevuste järjestusi, osapooli ja vastutusi ja auditite nõudeid.
- ettevõtte protsesside parandamiseks: Protsessiskeem võimaldab jäädvustada 'nii nagu see on' informatsiooni protsesside kohta. Seda mudelit on võimalik analüüsida ja arendada 'nii nagu peaks' protsessiskeemiks, mis kirjeldab ettevõtte protsesside arenguid.

### **5.10.2. Protsessiskeemide koostamise juhend**

Protsesside kaardistamine aitab visuaalselt esitada töö protsesse ja tuvastada alasid mis on probleemsed ning alasid, mida on võimalik täiustada. See annab ühise arusaama tervest protsessist ja erinevatest rollidest ning osaliste panusest. (18)

### **5.10.3. Protsessid**

Protsessid on tegevuste rida, mis muudavad sisendid väljunditeks. Näiteks koogi küpsetamine sisaldab erinevate toorainete (sisendite) tootmist koogiks (väljund), milleks kasutatakse retsepti (protsess). Samalaadselt on vajalik protsess või rida protsesse, et viia projekt ideest valmis tooteni. (18)

Eduka protsessi omadused on (18):

- mitmed ülesanded/tööd on ühendatud üheks;
- töölised võtavad vastu otsuseid võimalikult madalal tasemel ja jälgivad enda edusamme;
- protsessi sammud järgivad loomulikku korda;
- tööd tehakse selles kohas ja siis, kui see on loogiline (võimalikult väheste inimestega);
- on võimalikult vähe liideseid ja käitlemise punkte;
- on võimalikult vähe tagasi liikumist;
- on võimalikult vähe tegevusi.

### **5.10.4. Protsesside kaardistamine**

Protsesside kaardistamine on toiming, kus tuvastatakse kõik sammud ja otsused protsessiskeemi kujul, et seejärel protsesse täiustada. (18)

On palju erinevaid skeemide liike, millest igaüks on loodud kirjeldama töö kindlat osa.

Käesolev juhend keskendub kahele kõige levinumale liigile (18):

- voogdiagramm või protsessiskeemi kontuur – annab üldise ülevaate kõikidest tegevustest;
- paigaldusskeem – võimaldab lisaks üldisele ülevaatele ka näha, kes milliste tegevustega tegeleb.

Märkus: Oluline on koostada skeem võimalikult selgena, et iga protsess oleks üheselt arusaadav, kaasaarvatud inimesele, kes ei tegele selle protsessiga. (18)

Tehes muudatusi süsteemis ilma protsessi täielikult mõistmata, võib muutus kaasa tuua kulukad vead. See võib ka kaasa tuua seisu, kus teistel liikmetel on raske efektiivselt tööd teha ja tihti põhjustavad muudatused edasisi probleeme. (18)

Protsessiskeemid võimaldavad ettevõtetel selgelt määratleda: hetke protsesse skeemi kujul ja probleemseid valdkondi näiteks kitsaskohad, mahu probleemid, viivitused ja raiskamised. Probleemide avastamine annab teadmised ja tugeva põhja, millele toetudes saab arendada lahendusi ja tutvustada plaane, et täiustada protsesse. (18)

Protsessiskeemid võimaldavad ettevõttel (18):

- tuvastada hetke tegevused, tegevuste etteaimatavused ja tegevuste põhjused;
- mõõta protsessi toimimise efektiivsust;
- koguda informatsiooni et mõista, kus raiskamine ja ebaefektiivsus eksisteerib ning nende mõju huvigruppidele;
- arendada uusi täiustatud protsesse, et vähendada või välistada ebaefektiivsust.

#### **5.10.5. Protsessiskeemide tüübid**

Protsessiskeemide kujutamiseks kasutatakse peamiselt kahte skeemi tüüpi (18):

- Protsesside voogdiagramm: See diagramm näitab tegevuste järjestust ja otsuste tegemise punkte. Sellest on kasu esialgsete protsesside mõistmiseks;
- Paigaldusskeem: See näitab, kellel on millised ülesanded koos suhtlemise vajadusega inimeste ja osakondade vahel.

Kaks kõige tähtsamat protsessiskeemi sümbolit on (18):

Nelinurk, mis tähistab tegevust või ülesannet;



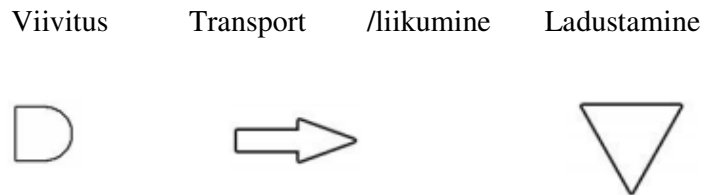
Romb, mis tähistab otsust;





Samuti on kasulik protsesside täiendamisel tähistada kindlad protsessid, et neid paremini esile tuua.

Näiteks (18):



#### 5.10.6. Eeltööd protsessiskeemidele

Koostada väike meeskond kõigist, kes on protsessidega seotud, kaasa arvatud (18):

- töö teostajad,
- protsessi varustajad,
- protsessi kliendid,
- järelvalve / protsessi juhid.

Eelkõige tuleb tagada (18):

- osaliste täielik arusaamine, mis on sihid ja mis on sellega seotud;
- mõistlikud tähtsused, et tagada piisav aeg ülesannete korralikuks täitmiseks;
- meeskonna liikmete juhendamine protsessiskeemide/diagrammide tehnikates;
- selge ja nähtav pühendatud juhtimine ning töötajate toetamine;
- kõikide töötajate teadlikkus tegevusest, pädevusest ja eeldatav mõju ning kutse teha koostööd või väljendada mistahes probleeme;
- kõikide käsitsi tehtud eskiiside üles joonestamine, kasutades vajalikku tarkvara.

#### 5.10.7. Voogdiagrammi koostamine

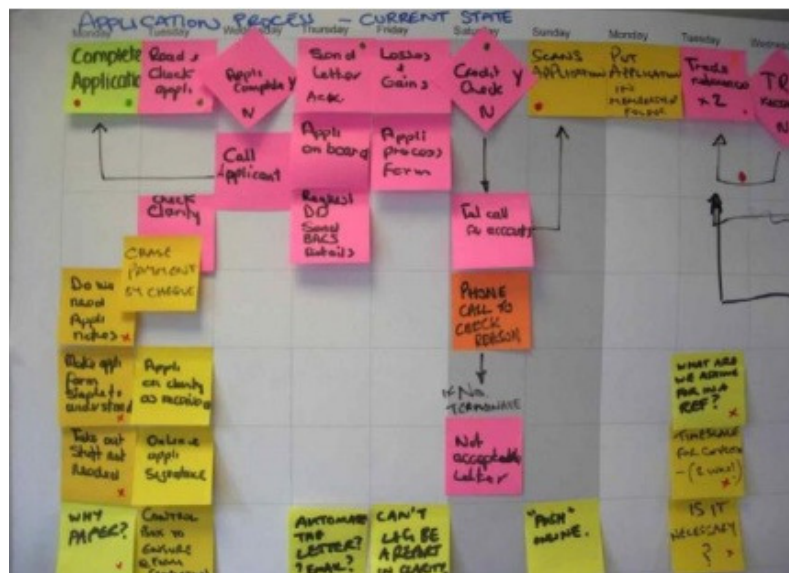
Tuleb lihtsalt ja üldiselt visandada protsessid (ilma liigsete detailideta), järjestada ülesannete jada ning otsused nende tegelikele kohtadele. Visand peaks näitama (18):

- kes teeb mida;
- mida tehakse ja millal;
- millised otsused on vaja vastu võtta;
- millised võimalikud rajad järgnevad igale otsusele.

Esiolgu tuleb joonistada voogdiagramm, et esindada tegevusi nii nagu need tegelikult on – mitte nii nagu on soov et need oleksid. Tööde järjekord tuleb seada ülevalt alla, mitte vasakult paremale. See tuleb kasuks kui on soov üle minna paigutusskeemile. (18)

Kui peamised tööd ja otsused on kaardistatud, tuleb need asetada järjekorda, kasutades nelinurksid ja rombe ning ühendada nooltega vastavalt nende tegelikule suunale. (18)

Märkmepaberite kasutamine suurel valgel tahvil või seinal on kasulik. Iga märkmepaber tähistab ühte sammu tervest protsessist, mis säästab märgatavalt aega, kui hiljem on vaja tööde asukohad ümber liigutada. Iga inimese jaoks tuleks kasutada erinevaid värve (Joonis 3). (18)



Joonis 3. Näide protsessiskeemi loomisest (18)

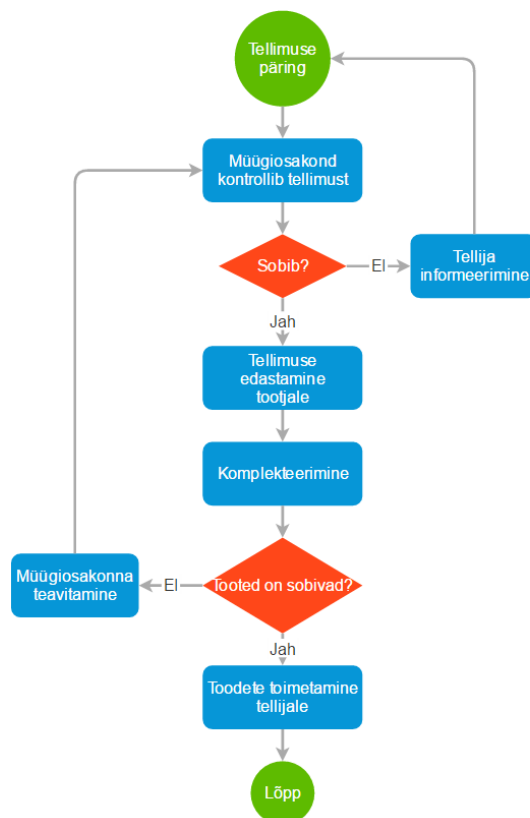
Lühidalt kirjeldatakse iga tööd või otsust samale märkmepaberile. Vajadusel nummerdatakse tööd ja lisatakse täpsem kirjeldus sellele tööle, mis on hiljem numbriga järgi tuvastatavad. (18)

Juhul kui protsess sisaldab otsuseid on tagasiulatamise rada tavaline, mille tagajärjel on osadel protsessidel rohkem kui üks sisend.

Otsustes peitub tavaliselt küsimus, millele saab vastata „jah” või „ei”. Sobilik on konstrueerida küsimus nii, et eelistatud vastus oleks „jah” ning vastus „ei” viib uuele rajale. Kõige efektiivsem rada moodustub ühe sirgena ülevalt alla.

Kõige levinumalt joonistatakse (18):

- „jah” rada rombi alt nurgast,
- „ei” rada rombi kõrvalt.



Joonis 4. Lihtne protsesside voogdiagramm. (18)

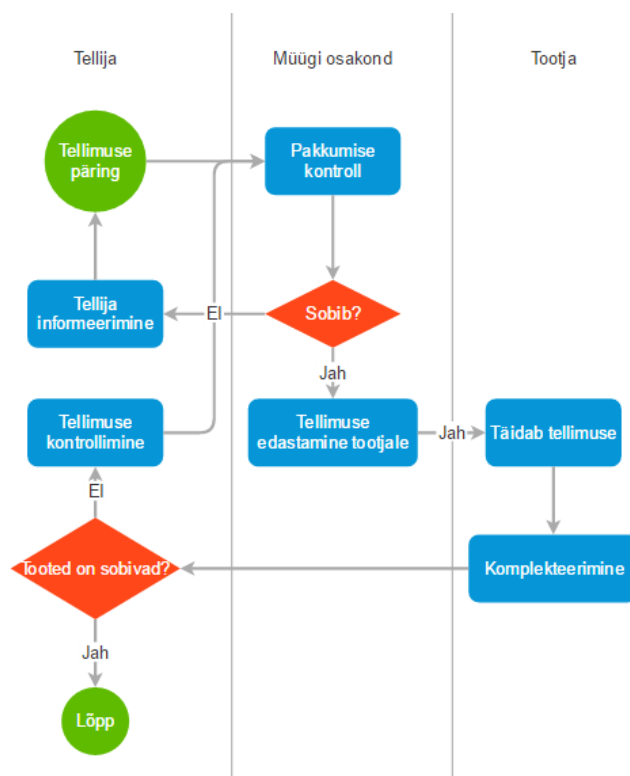
### 5.10.8. Paigutuskeemi koostamine

Paigutuskeemil lisatakse teostaja lahtrid horisontaalselt ülesmisse serva (vaata Joonis 5). Need teostajad võivad olla inimesed, grupid, osakonnad, agentuurid, funktsioonid vmt. mis mängivad protsessis olulist rolli. (18)

Funktsioonide piiritlemiseks joonistatakse vertikaalsed jooned. Kui voog liigub ühest funktsioonist teise tähistatakse see horisontaalse joonega. (18)

Kui horisontaalne liikumine funktsioonide vahel kõrvale jätta, joonistatakse tegevuste jada võimalusel ülevalt alla. (18)

Ülesannete ja otsuste sümboleid kasutatakse samamoodi nagu voogdiagrammis ning alati ühendatakse sümboolid nooltega, mis näitavad tegevuste liikumise suunda. (18)



Joonis 5. Lihtne paigutusskeem. (18)

### 5.10.9. Protsesside täiustamine

Kui peamised protsessid on paigas, tuleb kriitiliselt hinnata protsessiskeemi ning vajadusel lisada protsesse või otsuseid. Paljudel juhtudel viivad arutelud ja mõtted protsessiskeemi koostamisel täiustamist vajavate kohtade tuvastamisele. Need mõtted tuleb üles kirjutada ja alles hoida kuni täiustamise faasini. Paljud täiustused tulevad nõ. iseenesest pärast tegeliku olukorra protsessiskeemine kaardistamist. (18)

Protsessiskeemi üle vaadates tuleb vastata küsimustele, mis on toodud Tabel 4.

Tabel 4

## Protsesside täiustamise küsimused. (18)

Peamine küsimus	Miks?	Teisejärguline küsimus	Valik
Eesmärk – Mida saavutatakse?	Miks?	Mida saab veel saavutada?	Mida peaks saavutama?
Vahendid – Kuidas saavutatakse?	Miks selle meetodiga?	Kuidas on veel võimalik seda saavutada?	Kuidas peaks seda saavutama?
Järjekord – Millal saavutatakse?	Miks sellel ajal?	Millal on võimalik seda saavutada?	Mis ajaks peaks seda saavutama?
Asukoht – Kus saavutatakse?	Miks selles asukohas?	Kus on veel võimalik seda saavutada?	Kus peaks seda saavutama?
Isik – Kes saavutab?	Miks see inimene?	Kes veel on võimeline seda saavutama?	Kes peaks seda saavutama?

**5.10.10. Raisatud töö**

Alternatiiv terve protsessiskeemi analüüsimisele Tabel 4 toodud viisil, on keskenduda raisatud tööle. (18)

Raisatud töö on (18):

- aja kulutamine tööle, mis esimesel korral ei ole tehtud õigesti;
- kahekordistatud pingutus;
- tegevus, mis ei lisa väärtust organisatsioonile ega selle huvigruppidele.

Raisatud töö peaks olema ilmne vaadates protsessiskeemi, suheldes protsessiskeemi arendajatega ja teiste töölistega. (18)

Protsessiskeemi ülevaatamise ja täiustamise faasi järel tuleb lisada uued protsessid. Uuendatud protsessiskeem on vajalik, kuna seda saab kasutada tööliste täiendkoolituse abina ja see tähistab

selgelt, kes on millise tegevuse eest vastutav. See skeem peab olema aluseks kõikidele tuleviku töödele, mis on suunatud protsesside täiustamisele. (18)

Tuleb mees pidada, et protsessiskeemide loomine on kõigest esimene samm järjest kasvavas täiustamise ja lihvimise tsükliis, mis on lõpuks suunatud (18):

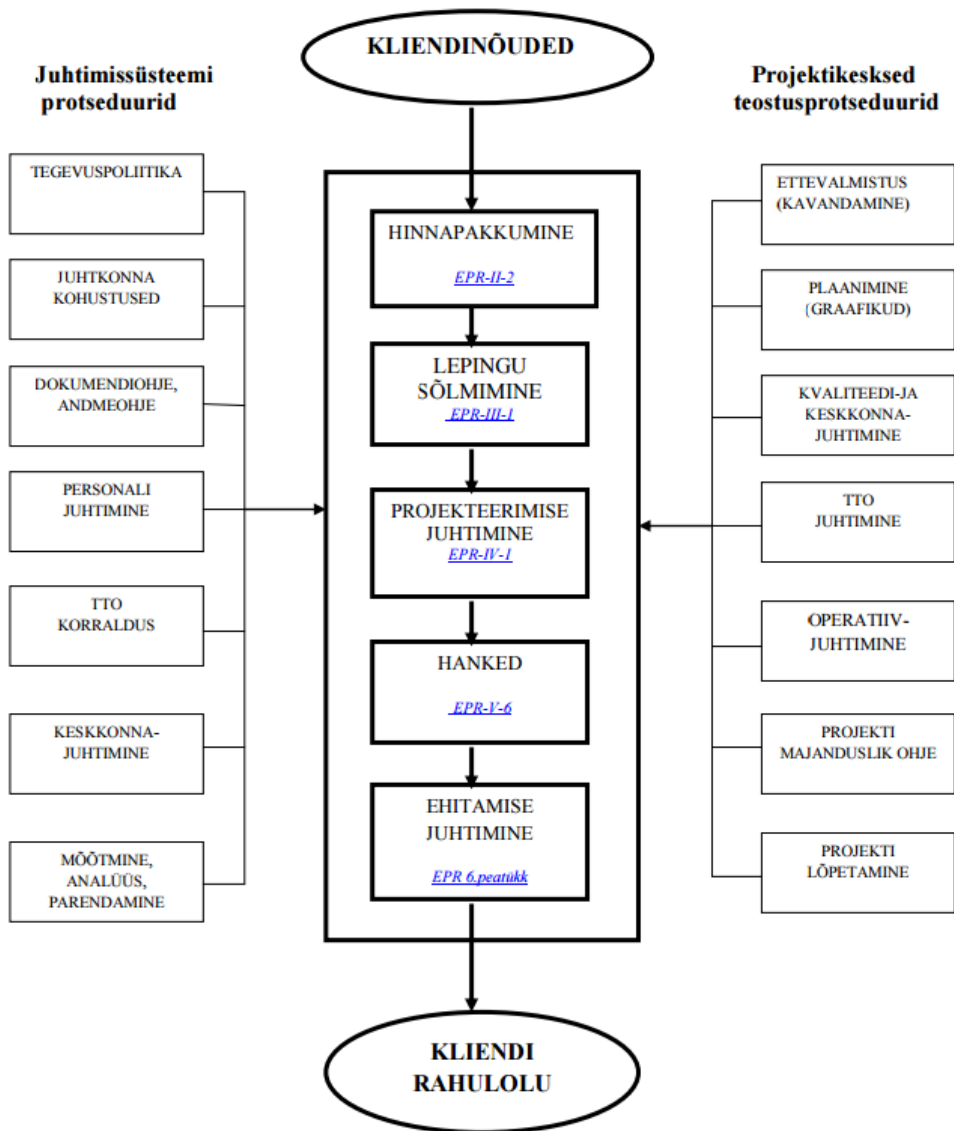
- ülesannete dubleerimise kõrvaldamisele ja kulude vähendamisele,
- efektiivsuse täiustamisele ja töö harjumuse koordineerimisele,
- materjalide transpordi vähendamisele,
- ettevõtte kvaliteedi ja ajagraafikute täiustamisele,
- tööliste kasutamise tõhustamisele.

Aastal 2014 töötas Tallinna Tehnikakõrgkooli töörühm välja BIM projekteerimise projektijuhi käsiraamatu, mille üheks osaks on protsessiskeemide loomine erinevates ehitusprojekti staadiumites.

Materjal annab samm-sammult juhendi, kuidas luua protsessiskeem alates tehniliste vahendite ja kujundite soovitudest ning lõpetades protseduurireeglitega, kuidas koostada protsessiskeem. Uuringus on kohandatud protsessiskeem Eesti konteksti järgides projekti erinevaid staadiumeid ning erinevate projekti osapoolte omavahelist suhtlust. Materjal on leitav: <http://rkas.ee/bim/bim-projektijuhi-kasiraamat>

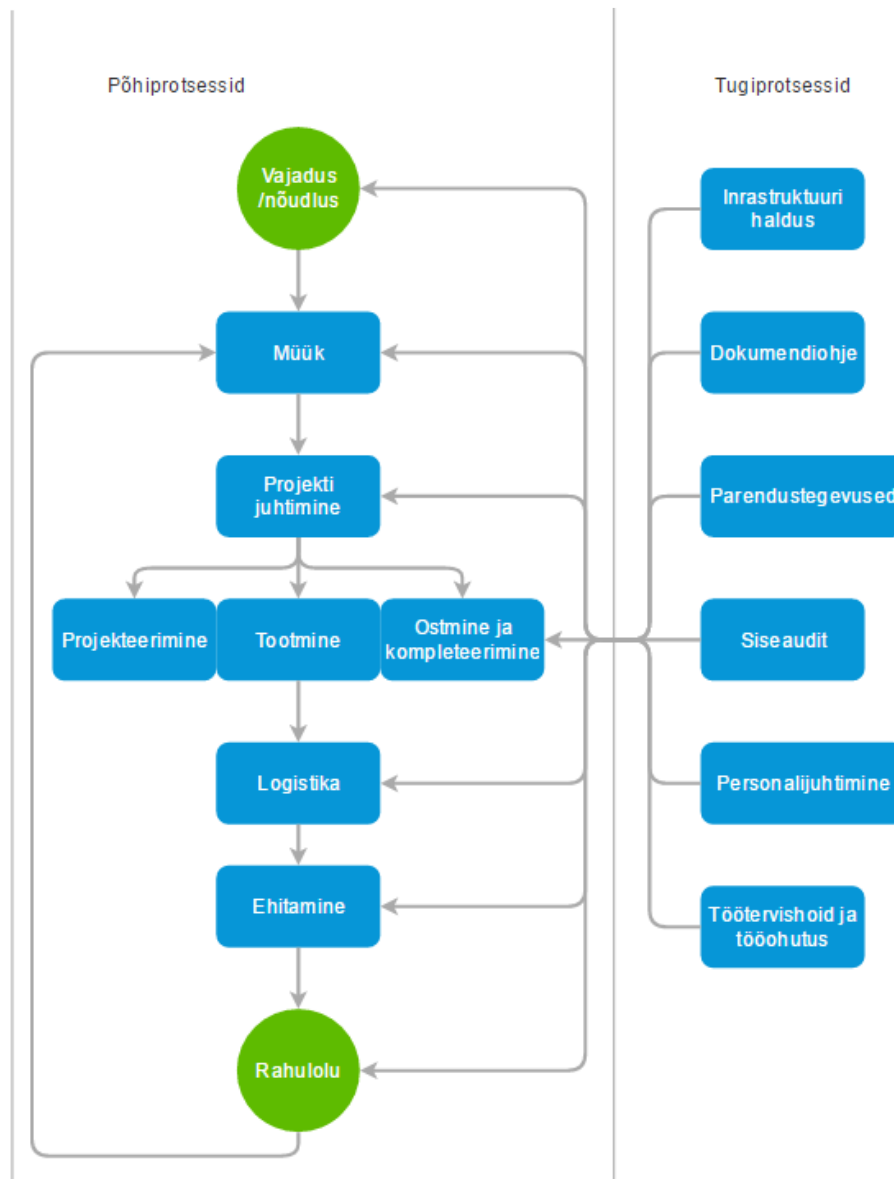
## **5.11. Protsessiskeemide näiteid ehitustegevuseks**

Protsessiskeeme koostatakse erinevatel eesmärkidel. Koostamisel on oluline eristada, kas koostatakse skeem strateegiliste eesmärkide saavutamiseks ja kasutatakse makrotasandit. Sellises lähenemises esitatakse ennekõike küsimus “mida”. Selliselt on üldjuhul koostatud protsessiskeemid näiteks ettevõtte kvaliteedi juhtimise ohje dokumentatsioonis. Näitena skeemist on toodud AS Astlanda ehitusprotsessi skeem. Joonis 6.✓



Joonis 6. AS Astlanda ehituse protsessiskeem protsessiskeemi näidis (19)

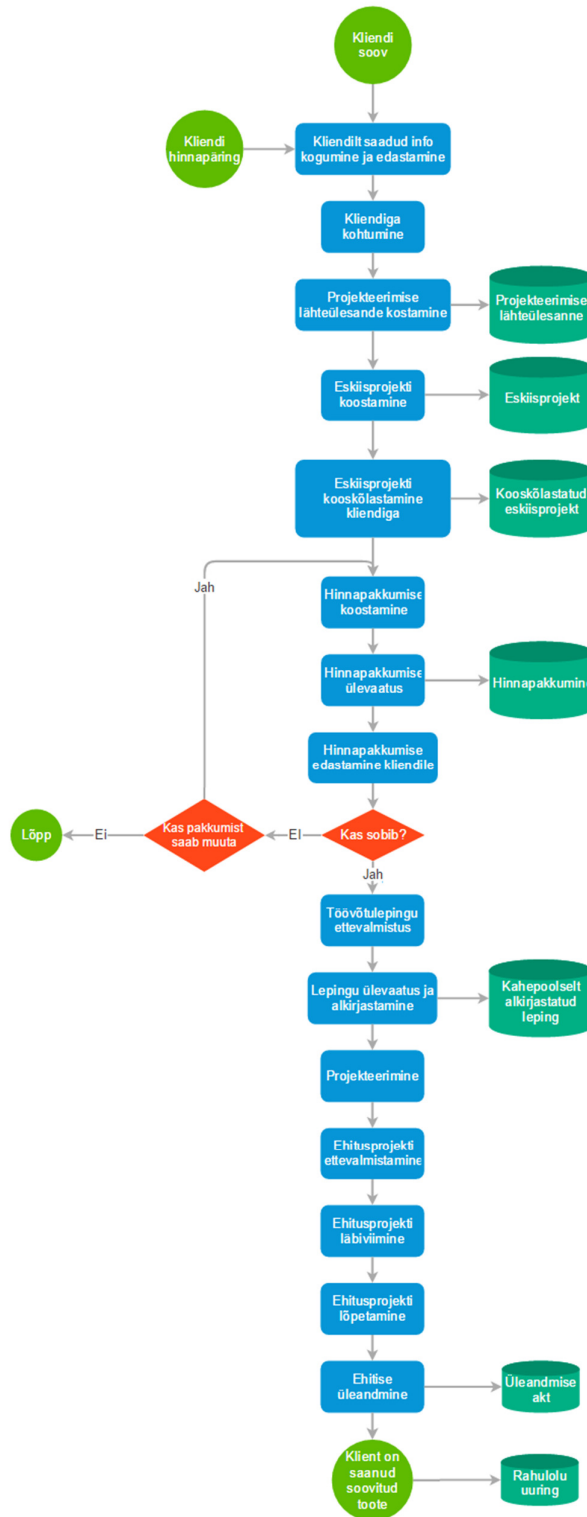
Sama skeemi taseme näitena on koostatud protsessiskeem, kus on selgemalt eristatud töövoog ning täpsem tööde järjekord. Näide on toodud Joonis 7



Joonis 7. Ehitusettevõtte protsessiskeemi näide.

Puitmaju tootva ja projekteeriva ning otse klientidega suhtleva ettevõtte protsessi makrotasandi skeem on suhteliselt detailne. Makrotasandi skeemi koostamisel peab jälgima, et skeem on koostatud võrreldava detailsusega, see muudab skeemi lihtsamini jälgitavaks. Näitena on koostatud Joonis 8.

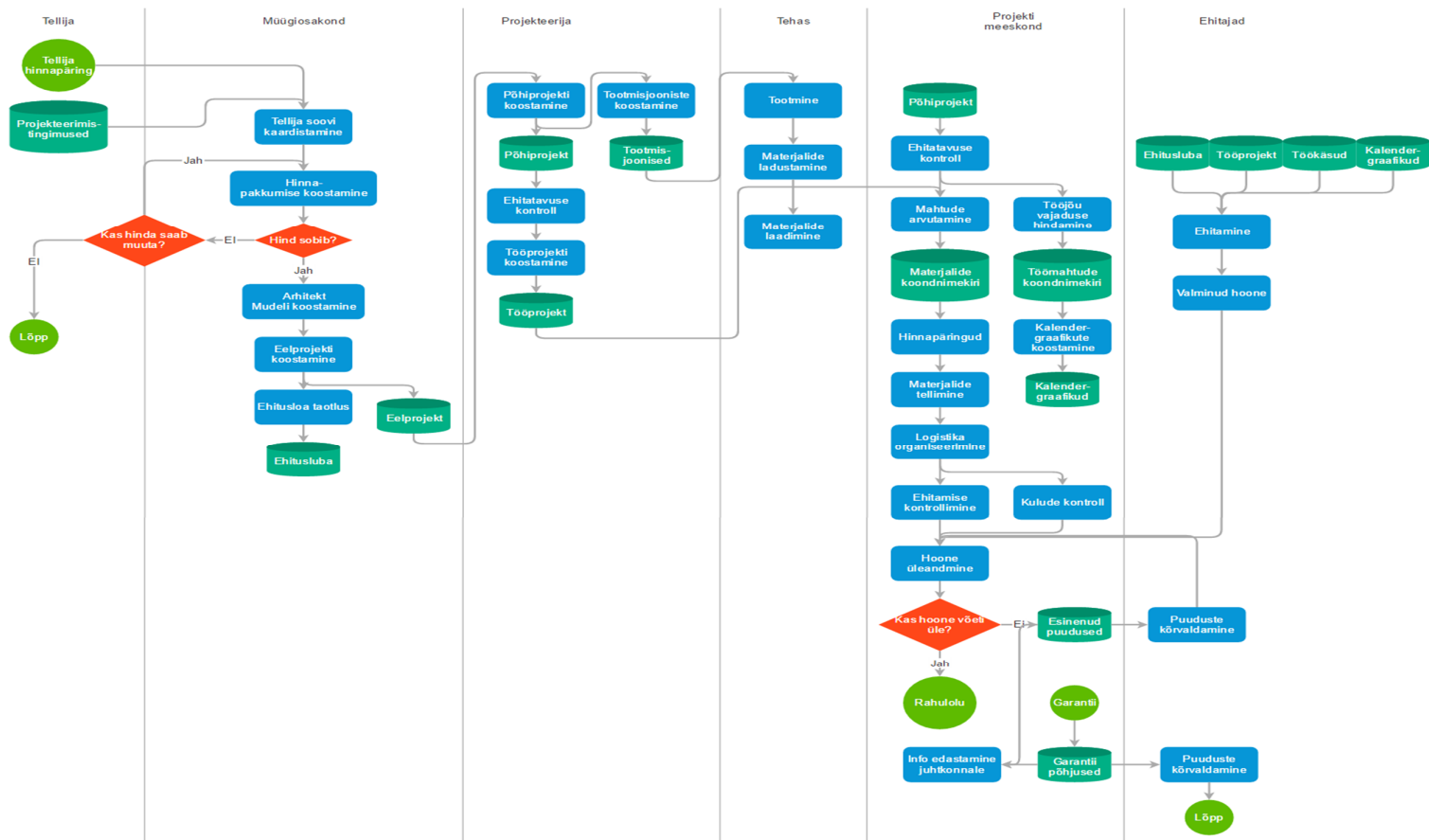




Joonis 8. Ehitusettevõtte protsessiskeem.

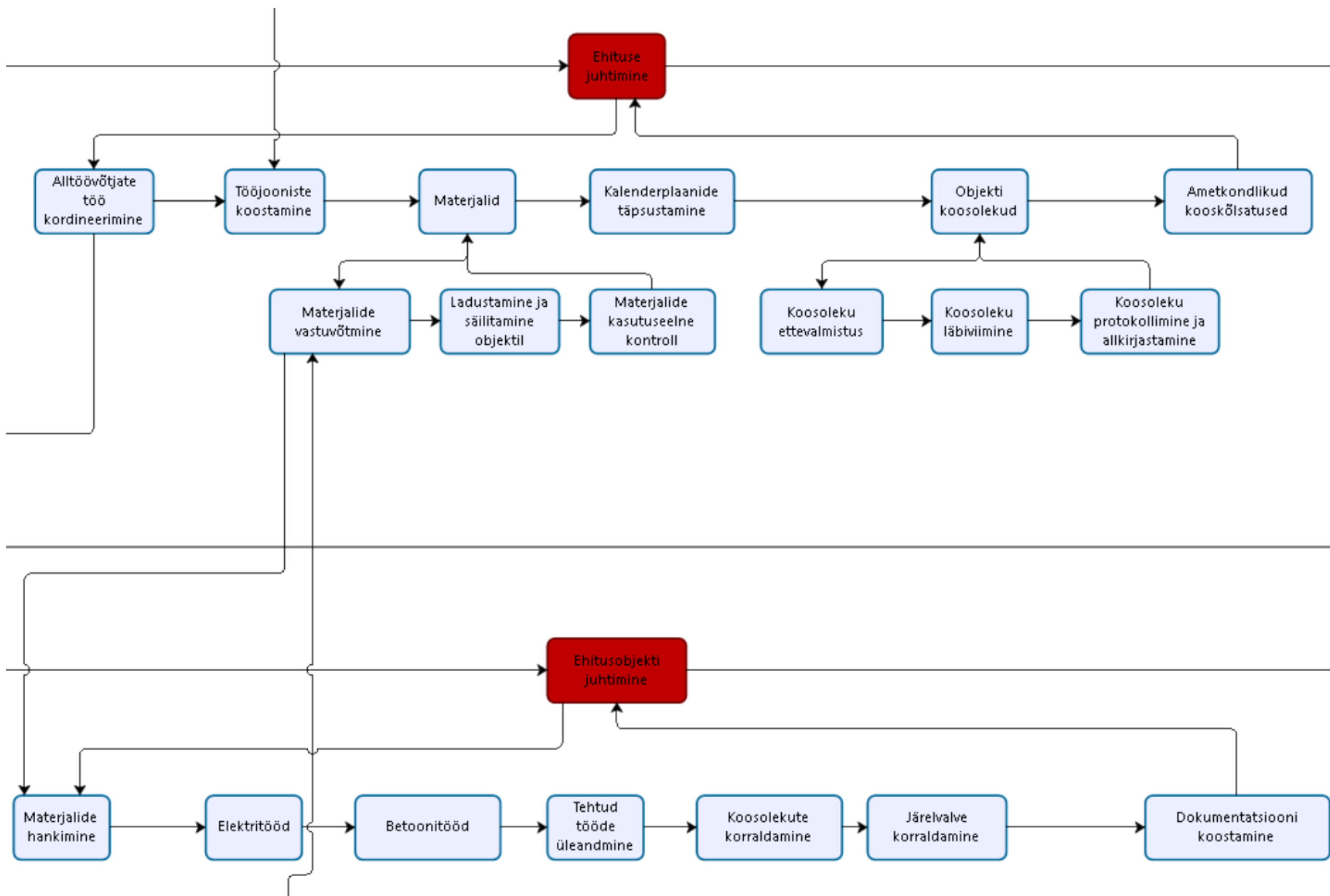
Konkreetsete eesmärkide saavutamise protsessiskeemi on võimalik koostada oluliselt detailsemalt, kus on kirjeldatud erinevad ettevõtte osakonnad ning detailsemad toimingud, mida

protsessis teostatakse. Detailsemal lähenemisel on võimalik selgemalt tuua välja, millised on vajalikud eeldused tegevuste läbiviimiseks. Samuti on võimalik näidata, millised on sisendid ja väljundid protsessis. Näitena on koostatud Joonis 9



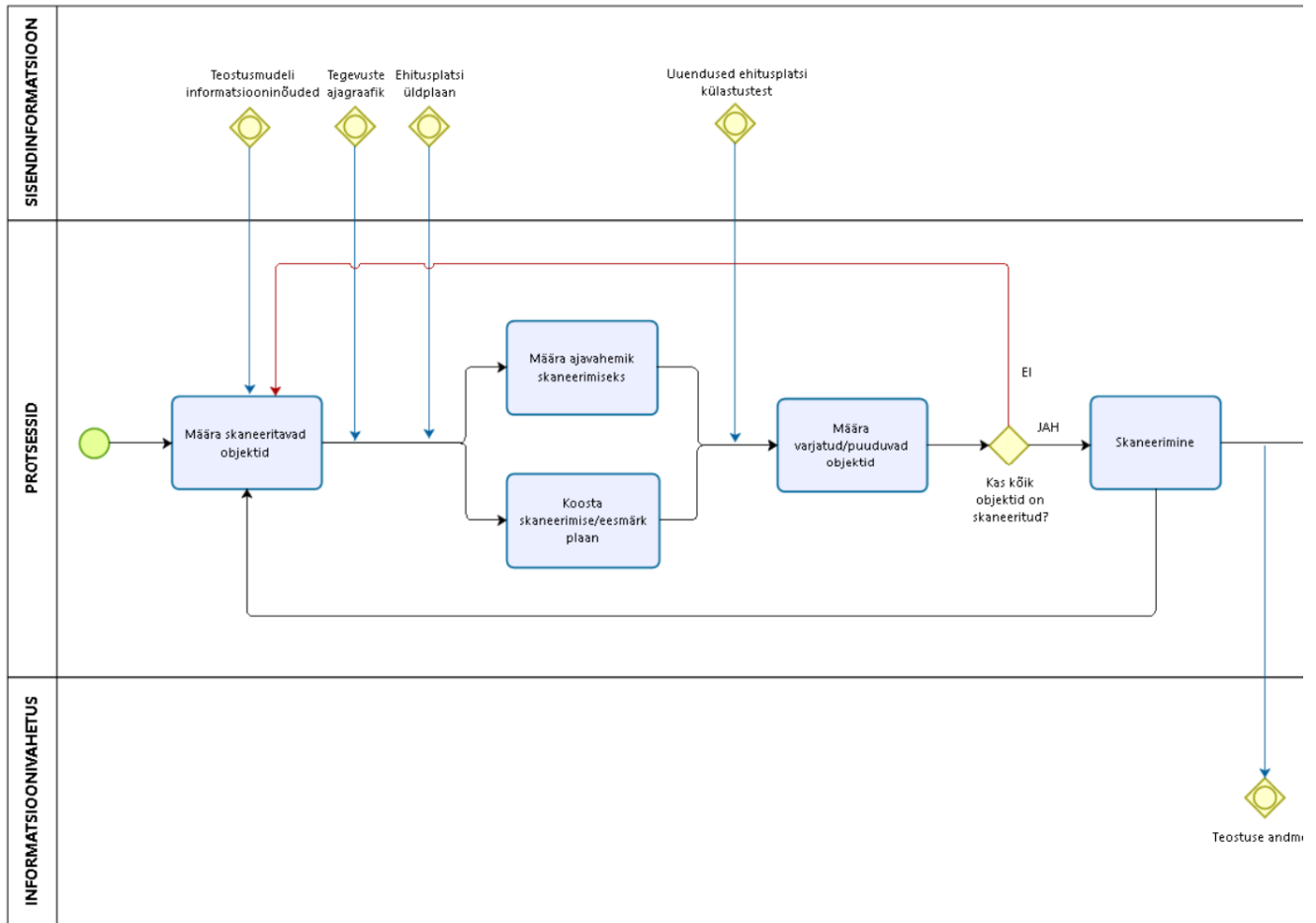
Joonis 9. Ehituse protsessiskeemi detailsem näide

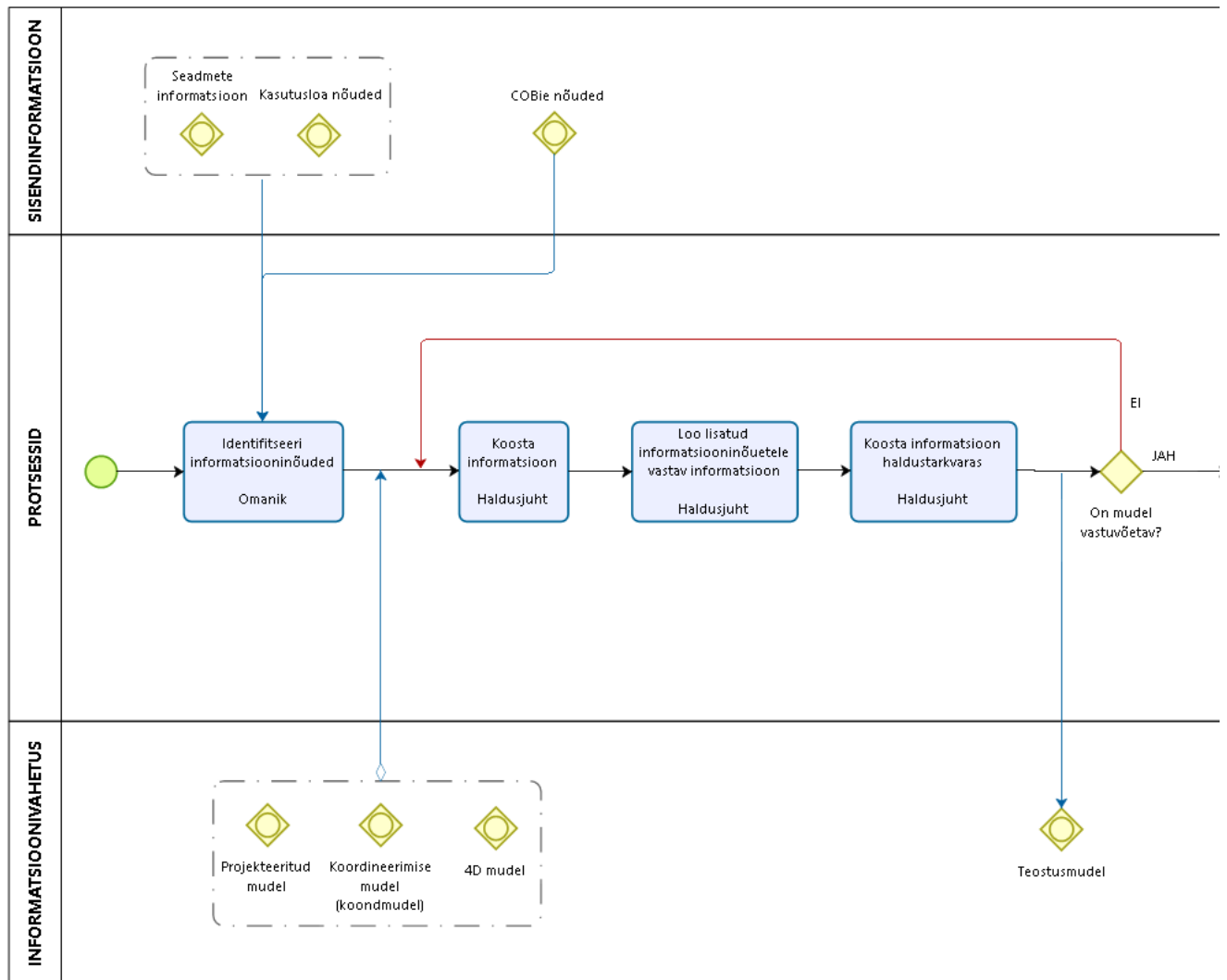
Makrotasandi näidisenä võib tuua välja ka Digitaalehitusklastri protsessikaartide koostamist, kus vaadeldakse tervikuna kogu ehituse elukaart. Joonis 10 on näide, kus on väljavõte ehitusstaadiumist, konkreetsemalt ehitusjuhtimisest. Käesoleval hetkel toimub protsessikaartide koostamine ning kooskõlastamine. Plaanide kohaselt avaldatakse protsessikaardid mais 2017. Tehtav töö saab olema aluseks digitaalseks ehitusinformatsiooni halduseks.



Joonis 10. Digitaalehitusklastri elukaare protsessiskeemi näidis

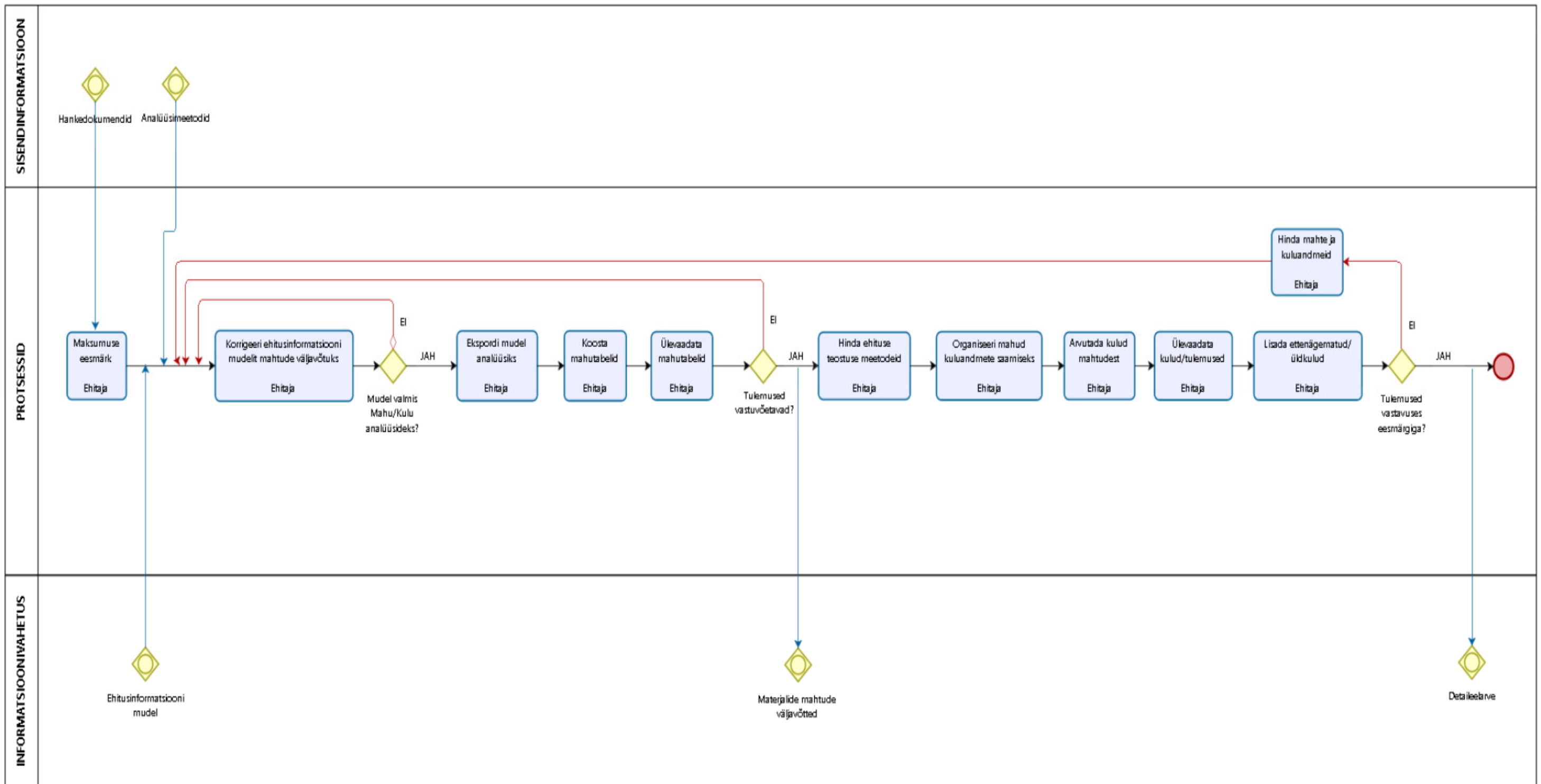
Tuginedes Riigi Kinnisvara AS koostatud mudeli kasutusalaade maatriksile on kohandatud Penn State University rakenduskavast ehitustegevuse toetamiseks näidisprotsessiskeemid. Koostatud on protsessiskeem ehitismaksumuse hindamiseks Joonis 11. Koostatud on ka protsessiskeem 4D graafikute koostamiseks Joonis 12 ning Ehitusplatsi üldplaani koostamiseks Joonis 13. Lisaks on koostatud protsessiskeemid teostusmõõdistuse koostamiseks



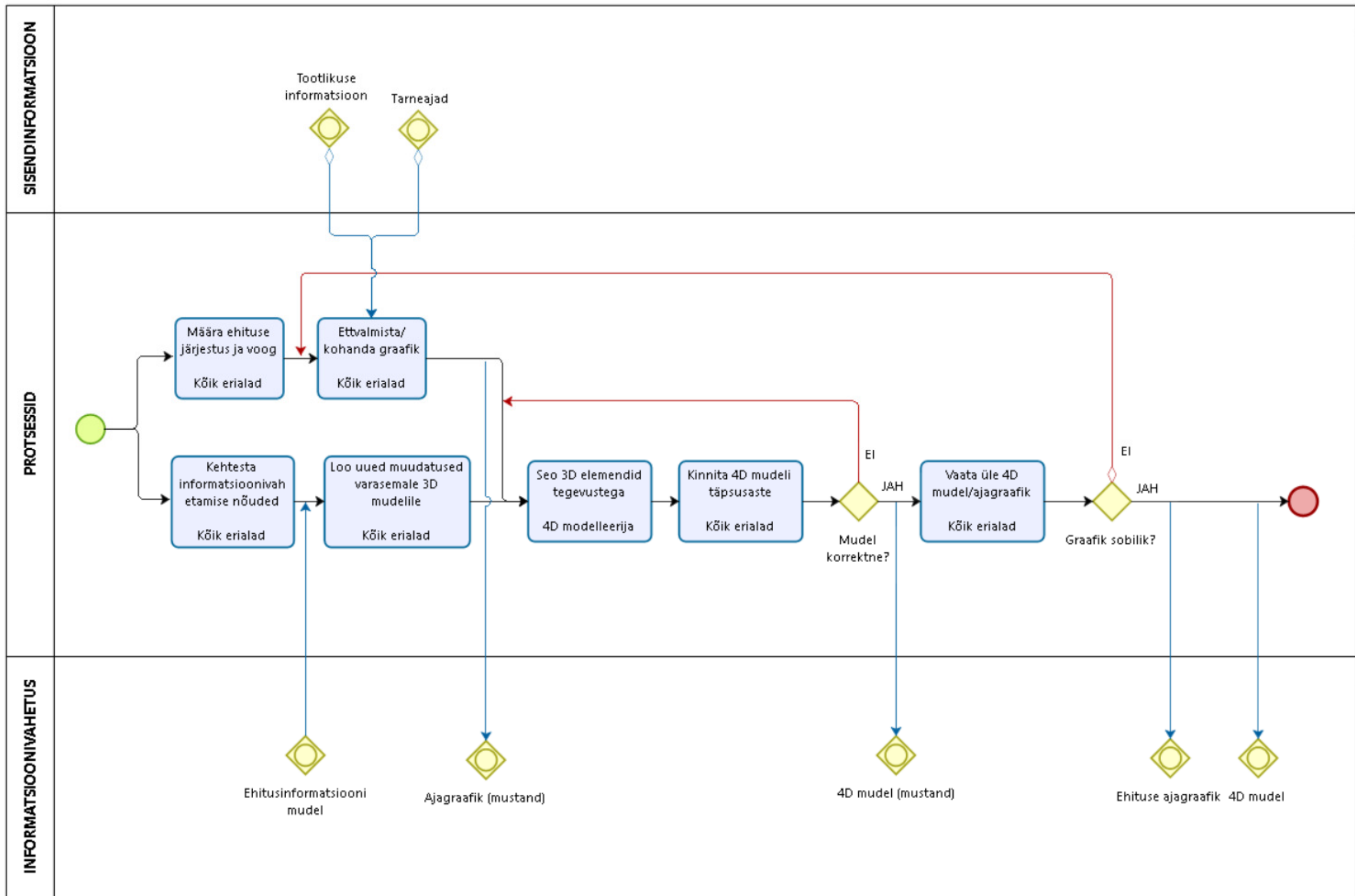


Joonis 15. Teostusmodeli koostamine.5. Loodud ning kohandatud skeemid on alusmaterjal, mis annab ette skeemi koostamise põhimõtted. Käesoleva töö kasutajatel on võimalus protsessiskeem vastavalt protsessile täiendada ning muuta. Töö koostajad on kasutanud protsessiskeemid koostamiseks tarkvara Bizagi ([www.bizagi.com](http://www.bizagi.com)).

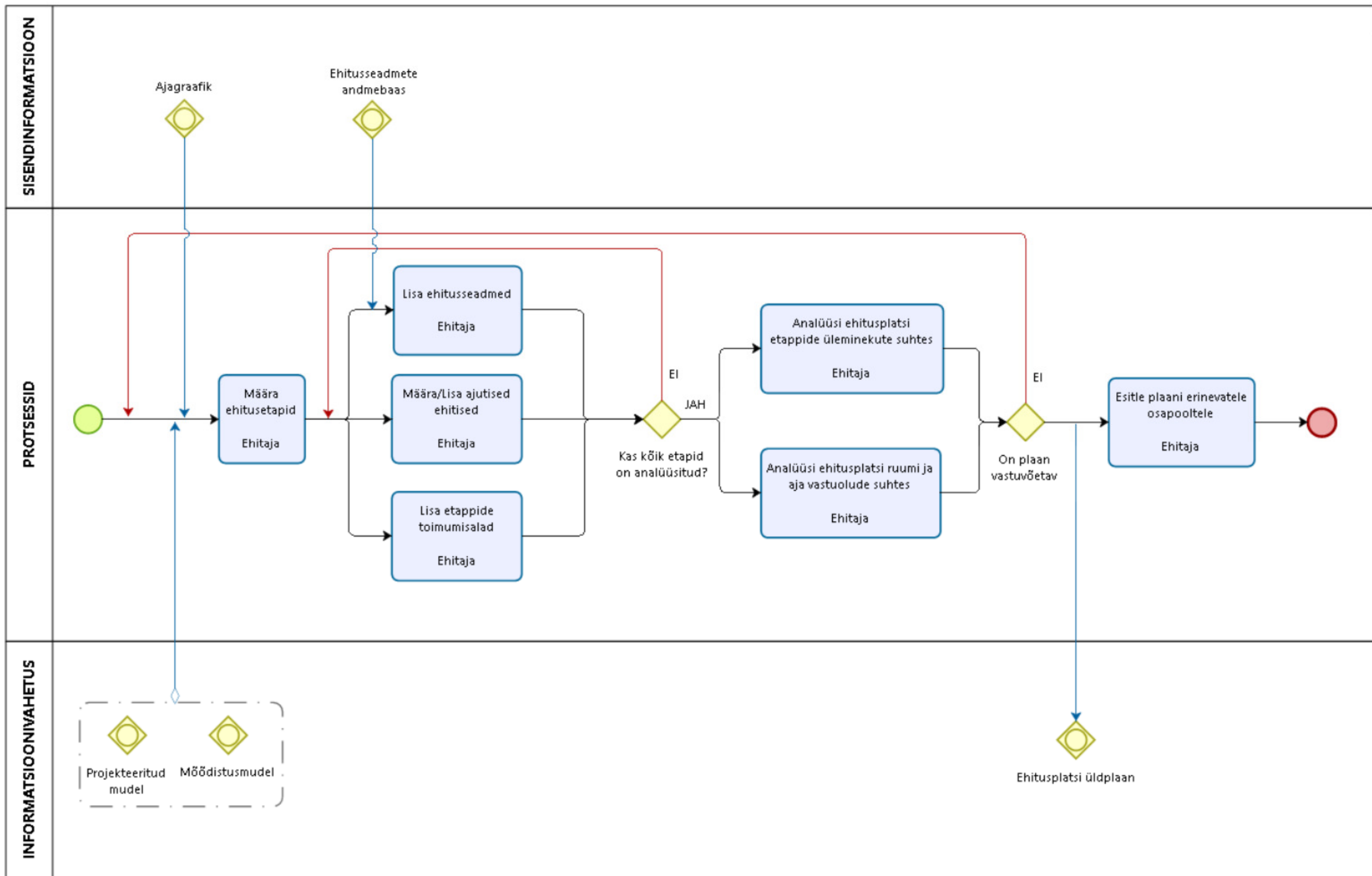




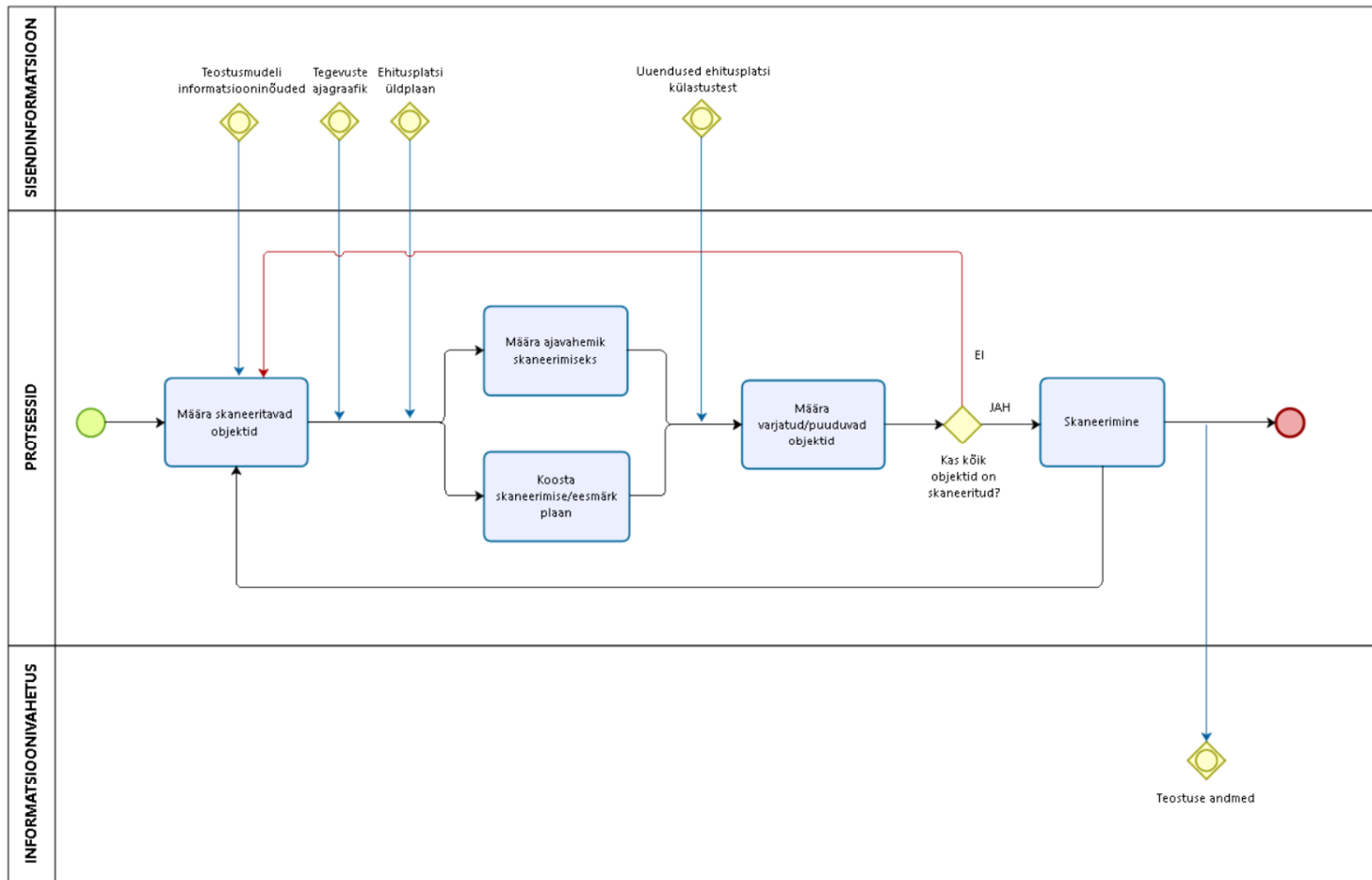
Joonis 11. Ehitusmaksumuse hindamise protsessiskeem (17)



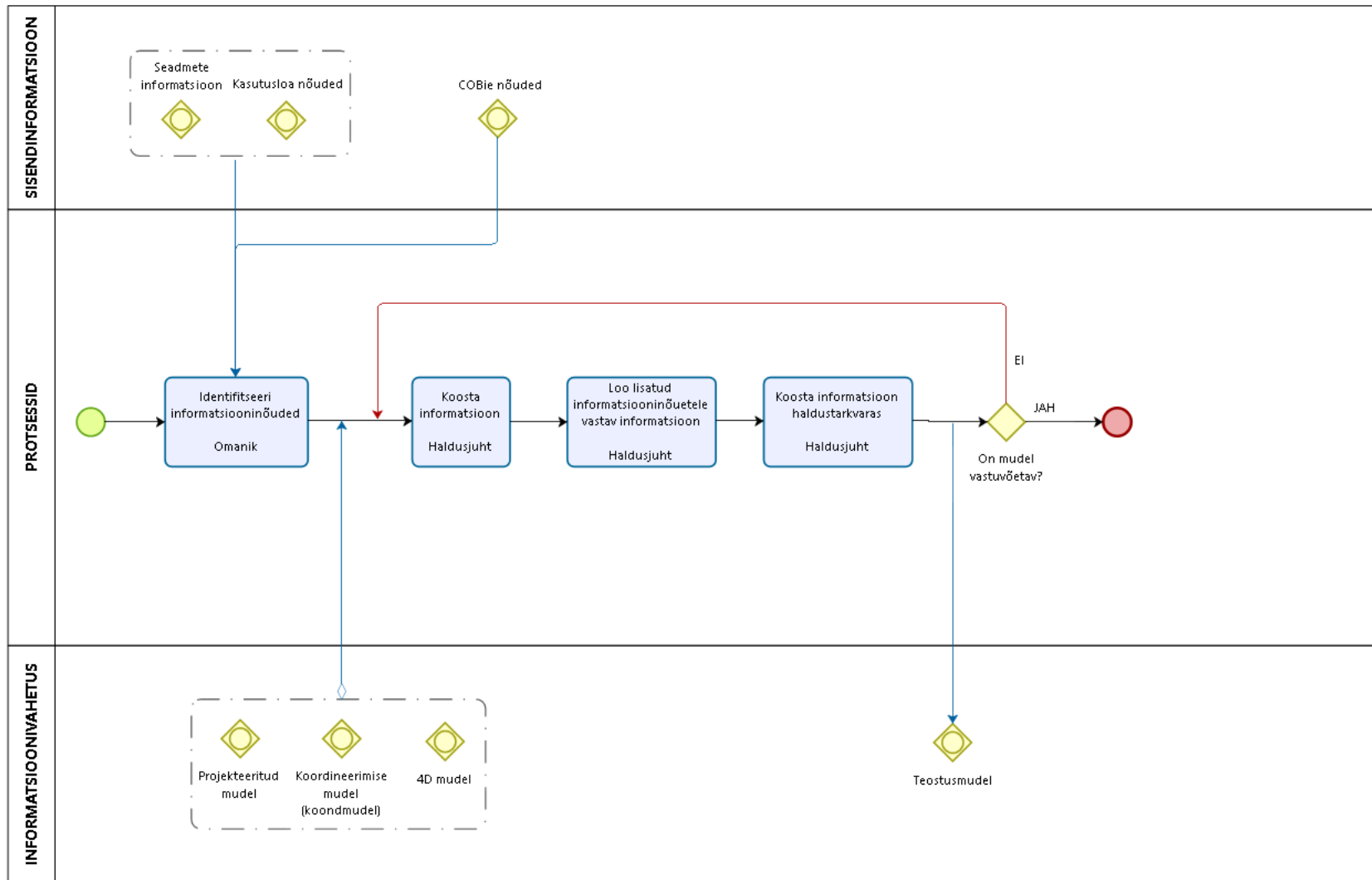
Joonis 12. 4D graafiku koostamine (17)



Joonis 13. Ehitusplatsi üldplaani koostamine. (17)



Joonis 14. Teostusmõõdistuse koostamine



Joonis 15. Teostusmudeli koostamine. (17)

## 5.12. Ehitatavuse analüüs

Maailmapraktikas leiab palju käsitlust mõiste ehitatavuse analüüs, mis on üheks protsessiks, mida mudelprojekteerimine toetab. Töö autorid koostavad ülevaate tehnikast ning selle kasutuse võimalustest.

Ehitatavuse analüüsi definitsioon: Ehitatavuse analüüsi kasutus on protsess, mis määrab kas projekteerija kasutab üldlevinud ehituse tavasid, et koostada terviklik tööprojekt. Ehitatavuse analüüsi kasutus pakub võimalust hanketööstusel omapoolseks sisendiks projekteerijale, et tagada tõhusad, ökonoomilised ja kvaliteetsed lahendused. (20)

Ehitatavuse analüüsi eesmärk on tuvastada projektis olevad vasturääkivused enne ehitamise algust ning seeläbi säästes väärtuslikku aega ning materjale. Ehitatavuse analüüsiga tuleb alustada võimalikult varajases staadiumis ning projekti uuenedes tuleb uuendada ka analüüsi. Selle all ei ole mõeldud, et iga päev tuleb uut osa analüüsida vaid, et analüüsida tuleb igat valminud projekteeritud etappi.

Ehitatavuse analüüs ei piirdu ainult konstruktsioonide ja eriosade vasturääkivuste tuvastamisega, selle käigus on võimalik vaadata üle ka tööliste arv ning tööde teostamise asukohad (juhul kui selline info on sisestatud). Ehitatavuse analüüsi käigus kontrollitakse kõike, mis on seotud ehitusega, nii projekteerimise kui ka organiseerimise osa. Projektlahenduste parandamiseks on projekti ekspertiisis soovitatav läbi viia ehitatavuse analüüs.

Küsimused: Järgnevalt on toodud nimekiri küsimustest, mida peetakse oluliseks kui ehitatavuse analüüsi teostatakse (20):

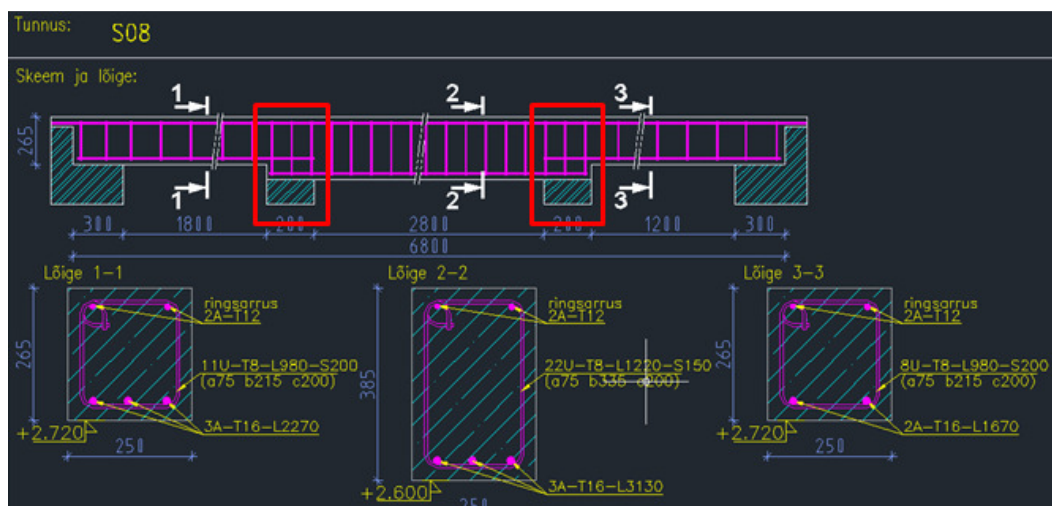
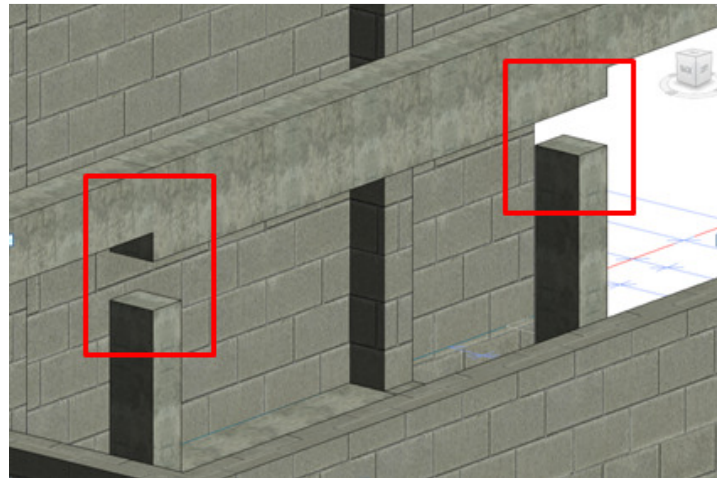
- kui palju töövõtjaid peaks projekteerija rakendama ehitatavuse analüüsi teostamiseks?
- milline on konsultandi poolne tegevus ebaõiglaste eeliste tajumisel?
- millal peaks analüüsi teostama; enne pakkumist või pakkumise ja ehitustööde alguse vahel?
- kuidas peaks olema analüüs organiseeritud?
- kuidas tegeletakse varaliste küsimustega?
- kuidas on paigutatud töövõtjad, kes pakuvad teenust?
- kas töövõtjad peaksid saama hüvitist?
- kui suure ajakuluga peaks arvestama?

- kui suur on kontrolli ulatus?
- mis on soovitud tulemus?

Soovitused (20):

- projekti kavandamise faasi ajal võib omanik soovida täpsustusi ehitusprojekti olukorrast, et saada ülevaadet ehitamise vahenditest ja meetoditest. Omanikul peaks olema õigus valida töövõtja või töövõtjad, et teostada ülevaatus. Kuna see on tehtud enne tööprojekti, siis kõik pakkujad omavad informatsiooni, mis on lisatud projekti;
- omanik võib ehitatavuse analüüsi jaoks jagada plaane enne tööprojekti valmimist. Omanik saab otsustada kellega ta kontakteerub selle analüüsi tegemiseks. Kui ehitatavuse analüüsi kasutatakse, siis võib konsultant selle informatsiooni avalikustada vastavas sektsioonis pakkumusdokumentatsioonis;
- esialgne analüüs peaks olema tehtud tasuta. Kui on vaja detailset analüüsi ja ilmnevad kulutused, siis töövõtja kohus on saavutada omanikuga kokkuleppe kulude hüvitamise osas. Seejärel langetab omanik otsuse, kas analüüsiga jätkata;
- kui pärast ehituse algust peaks vaja minema ehitatavuse analüüsi, peaks kasutama kolmandat osapoolt, et kutsuda probleemi lahendamiseks kokku nii omaniku kui ka töövõtja esindaja. Parima lahenduse leidmiseks on soovitatav kasutada ajurünnakuid ja ideede vaba voolu, mille eeliseid ja puuduseid saab iga alternatiivi puhul läbi arutada. Projekti lõppedes peaks ehitatavuse analüüsiga kogutud info andma tulevasteks viideteks projekteerijale.

Protsessi eesmärk on leida konfliktid erinevate elementide vahel enne ehituse algust, mille tulemusena on võimalik vähendada aega, mis kuluks nende probleemide lahendamisele vahetult platsil (vaata Joonis 16. Ehitatavuse kontrolli käigus avastatud vasturääkivus r/b postide kõrgusmärkidega).

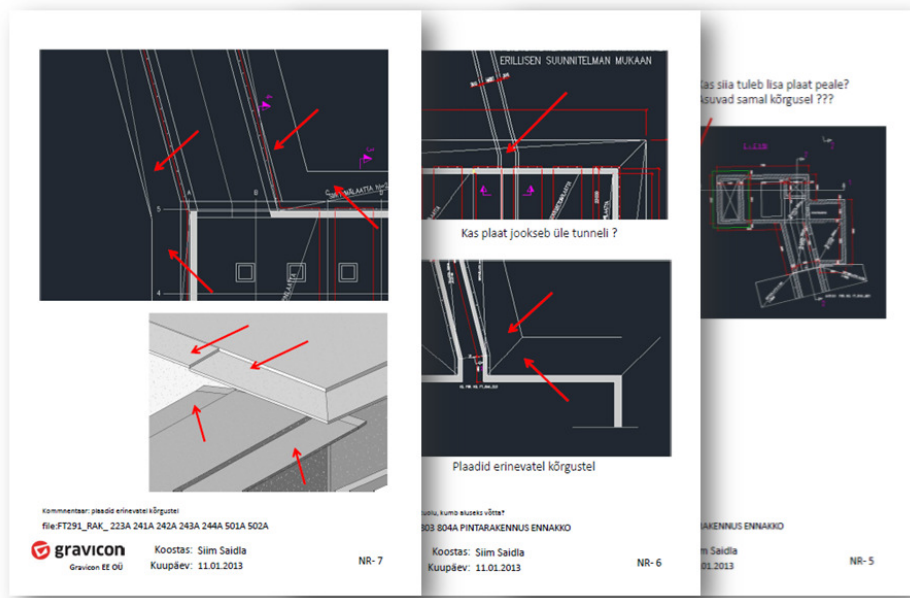


Joonis 16. Ehitatavuse kontrolli käigus avastatud vasturääkivus r/b postide kõrgusmärkidega. Selle teostamiseks on vaja ehitaja ja projekteerija vahelist pidevat suhtlust projekteerimise faasis. Meetodi läbiviimiseks on olemas automaatsed konfliktide avastamise tööriistad, mis võimaldavad erinevate osamudelite vahelisi konflikte leida, grupeerida ning avaldada. (21)

Lisavõimalus ehitatavuse kontrolli läbiviimiseks on olemasolevate jooniste järgi tulevase ehitise kolmemõõtmeline modelleerimine. Ehitatavuse kontrolli läbiviija on tinglikult ehitaja rollis. Ehk siis erinevad puudused ja vasturääkivused, milleni jõuab ehitaja objektil, tuvastatakse kontori laua taga (vaata Joonis 17. Kolmanda osapoole poolt teostatud ehitatavuse kontroll). Seejuures on võimalik vältida kulutusi, mille tingib ehitustegevuse peatamine objektil. (22)

Ehitatavuse kontrollist peaks kujunema tulevikus ehituseksperitiisi üks tööriistu.






Joonis 17. Kolmanda osapoole poolt teostatud ehitatavuse kontroll (22)

Kuna hooned on muutumas üha keerukamateks ja igale hoonele tuleb läheneda individuaalselt, on tavaks, et hoonete erinevad konstruktsioonid valmistatakse kohapeal, näiteks monoliitsed betoonkonstruktsioonid. BIM tehnoloogiat kasutades on veelgi enam võimalik viia hoone konstruktsioonide tootmine tehastesse. Selle teostamiseks vajatakse spetsiaalselt elementide jaoks kohandatud jooniseid ja tootmistehnoloogiad. Projekteerija on tänu BIM tehnoloogia võimalustele „virtuaalne ehitaja“, kes tänu paremate visuaalsete ja koostöö võimalustele/tööriistadele, on võimeline modelleerima ja kontrollima ehituselementide kokkusobivust ning ehitatavust. Modelleerides täpsed ja detailsed mudelid, mille abil on võimalik elemente toota, annab võimaluse ehitajal tõsta platsil ehituse kiirust, mis tagab väiksemad töö- ja ajakulud. (21)

## 6. INFO JAGAMINE. TARKVARARAKENDUSED NING PROJEKTIPANGAD

Töörühma kohtumistel anti tagasisidet, et turul levib erinevaid tarkvarasid ning rakendusi, mis toimivad osaliselt või puudulikult. Lähtuvalt sellest on koostatud tarkvarade ning projektipankade ülevaade, mis selgitab rakenduste kasutusvõimalust nii failide hoiustamiseks kui ka mudelite ja jooniste vaatamiseks. Protsessikaartide mõistes on rakenduste näol tegemist ühendava lüluga, mis toetab projektimeeskondade kommunikatsiooni.

### 6.1. Autodesk Navisworks

<b>Arendaja:</b>	(Autodesk Inc, 2017)	
<b>Versioon:</b>	2017.1	
<b>Platvorm:</b>	Microsoft Windows 7 SP1+	
<b>Põhi-funktsionaalsus:</b>	<i>BIM mudelite vaatamine ning nendes ristumiste kontrolli teostamine ja märkuste lisamine. Joonistelt ja mudelitelt mahtude võtmine ning 4D- ja 5D- graafikute loomine.</i>	
<b>Hinnastus:</b>	<i>Navisworks Freedom – tasuta vaaturtarkvara Navisworks Simulate (\$840/aasta) – piiratud funktsionaalsusega tasuline toode Navisworks Manage ( \$2,070/aasta) – kõike funktsioone sisaldav versioon</i>	

*Microsoft Windows* tarkvaraga arvutitele mõeldud ehitusjuhtimise tarkvara, mis muuhulgas on loodud ühilduma (ning täiendama) *Autodesk* enda mobiilsetele seadmetele (ning veebi) loodud *BIM 360* teenustega. Toetab töövoogu nii ehitusinfomudelitega kui ka traditsiooniliste 2D joonistega.

Põhilised kasutuskohad ja funktsioonid:

- Erinevate failiformaatide tugi, muuhulgas *IFC*, *RVT* ja *SKP* ning osamudelite info kokku liitmine ühte koondfaili. Toetatud on ka erinevad 2D failid nagu nt *DWG* ja *PDF*;
- Osamudelite vaheliste ristumiste kontrolli teostamine, haldamine ja koostöö;
- *Autodesk BIM 360* pilveteenuste pakett, mudeliinfo tagamiseks mobiilsete seadmetega otse ehitusobjektile;
- Mudelielementide sidumine konkreetse kuupäevaga – 5D ajagraafikute koostamine.
- Ehitusprotsessi visualiseerimine ning ehitatavuse kontroll, sh nendest renderduste loomine.
- Mahtude võtmine nii mudelist kui ka 2D joonistelt.

**Puudused:**

- Tasuta levitatava *Navisworks Freedom* väga piiratud funktsionaalsus (ei ole toetatud otse mitme osamudeli korraga avamine) ristumiste kontrolli võimaldab sooritada vaid kalleim *Manage* versioon. See aga on kallim kui konkureerivad alternatiivsed lahendused;
- Konkurentidega võrreldes kohmakas ja andmemahult suuremahuline tarkvara, mis koos tasuta versiooni piirangutega pärsib selle laiemat levikut. Puudub *macOS* tugi.
- Mõningased tarkvara stabiilsuse probleemid. Näiteks oli uusimas programmiversioonis poole aasta jooksul parandamata viga *PDF* failidega töötamisel - mõõtkava seadistamisel jooksis tarkvara lihtsalt kokku.

**Kokkuvõte:**

Rakendus pakub laialdast funktsionaalsust ning on integreeritud erinevate mobiilsetel seadmetel kasutamist võimaldavate [BIM 360](#) pilverakendustega, moodustades seeläbi ühtsema terviku *Autodesk* enda tarkvarade vahel.

## Autodesk AutoCAD 360

<b>Arendaja:</b>	(Autodesk Inc, 2017)	
<b>Versioon:</b>	[30.01.2017]	
<b>Platvorm:</b>	iOS 8.0+ Android 4.0.3+ Windows 10	
<b>Põhi-funktsionaalsus:</b>	DWG jooniste avamine ning nendelt mõõtude võtmine. Pisimuudatuste tegemine otse nutiseadmelt.	
<b>Hinnastus:</b>	<i>AutoCAD 360 (tasuta) – failide vaatamine ning mõõtude võtmine.</i> <i>AutoCAD 360 Pro (\$50 /aasta) – laiendatud vaaturrežiim ning joonistele muutuste tegemine.</i> <i>AutoCAD 360 Pro Plus (\$100 /aasta)</i> <i>Lisaks 100GB pilvemaht ning laiendatud failisuurus (max 40MB)</i>	

Tegemist on CAD failide avamiseks mõeldud rakendusega mobiilsetele seadmetele. Põhiliseks kasutuseks lisaks failide avamisele on neilt otse mõõtude võtmine ning ka *layer* kihtide haldamine. Olemas on ka funktsionaalsus muutuste tegemiseks otse DWG failidesse.

Toetab lisaks Autodesk pilvele ka nt Dropbox, Google Drive ning OneDrive pakutavat.

### **Puudused:**

- Jooniste avamine on kohati aeglane ja tõrkuv, samas nende hilisem kasutamine (sh zoomimine) toimib kaasaegse riistvaraga (nt *iPad Air 2*) seadmetel hästi. Põhiliseks

probleemiks on failide avamisel mõnikord esinev nende üldse mitte avanemine, aga esineb ka teatud konkreetsete jooniste puhul häirivat aeglust ning kokkujooksmisi (seda nii *iOS*, kui ka *Android* platvormil).


- Toetab *OneDrive* korral vaid kodukasutuseks mõeldud *Personal* kontot.
- Välised pilvekontod ei võimalda kaustade nn lemmikuteks lisamist – ükshaaval terve projektipuu läbi käimine võib osutuda tülikaks.
- Tarkvara võiks omada ajutiste mõõtkettide salvestamise funktsiooni – hetkel lisatakse need otse originaalsesse DWG faili, kus need on muuhulgas hetke zoom-tasemest sõltuvalt erineva mõõtkavaga - ajutiste mõõtkettide lisamine muudab/rikub originaalfaili.

### Kokkuvõte:

Tegemist on efektiivse tööriistaga ehitusobjektidel. Objektidel DWG failidelt mõõtude võtmine ning ka *layer* kihtide manageerimine on selle tarkvara põhilisteks kasutatavateks funktsioonideks.

Rakendus täidab oma konkreetset funktsiooni üldjoontes hästi, kuid tulevikus ootaks selle võimekuse paremat integreerimist otse teistesse [Autodesk BIM 360](#) platvormi toodetesse.

## 6.2. Autodesk BIM 360

<b>Arendaja:</b>	(Autodesk Inc, 2017)	
<b>Versioon:</b>	[30.01.2017]	
<b>Platvorm:</b>	- <i>iOS</i> (kõik rakendused; toetatud iPad, aga osaliselt ka iPhone)  - <i>Android</i> (ainult BIM 360 Docs ja Teams)	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- veebiversioon</li> <li>- Revit/Navisworks</li> <li>pistikprogrammid</li> </ul>	
<b>Põhi-funktsionaalsus:</b>	<p><b>BIM 360 Docs</b> – koostöö- ja projektipank</p> <p><b>BIM 360 Team</b> - BIM juhtimine projekteerimise faasis</p> <p><b>BIM 360 Glue</b> – BIM koordineerimine</p> <p><b>BIM 360 Layout</b> – mudelist info mahamärkimine</p> <p><b>BIM 360 Field</b> – ehitusjuhtimine objektil</p> <p><b>BIM 360 Plan</b> - ajagraafikud</p> <p><b>Building Ops</b> – hoonete haldus</p>	
<b>Hinnastus:</b>	<p>Varieerub teenuseti, muuhulgas on nii kuutasukui ka projektipõhist hinnastust.</p>	

Autodesk pakub BIM 360 pilveteenustel baseeruva platvormiga tööriistu alates ehituse planeerimisest ning projekteerimisest kuni selle hilisemaks haldamiseks vajaminevani välja, jagades need teenused

eraldiseisvateks pilvepõhisteks rakendusteks, kasutamiseks nii veebi- kui ka spetsiaalselt mobiilseadmete mõeldud platvormidel.

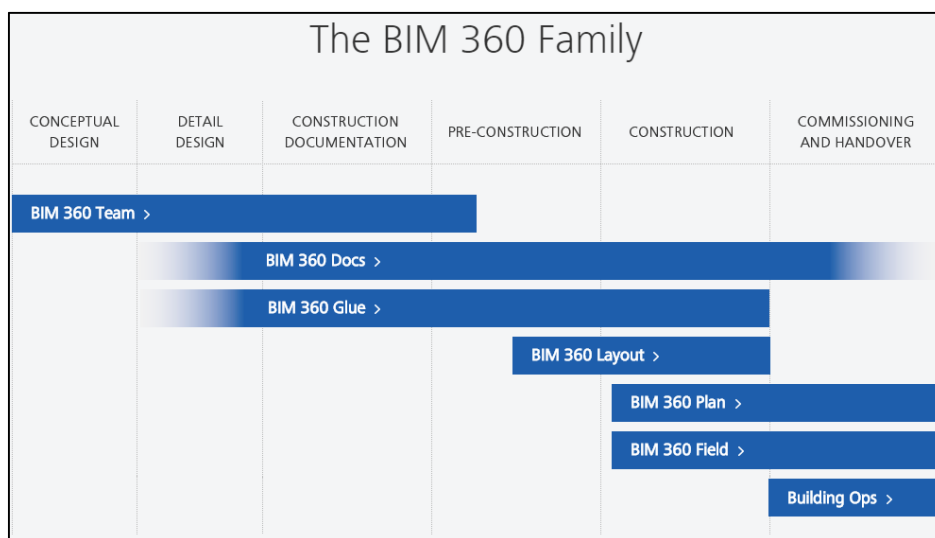
Teenused on teataval määral ühilduvad nii omavahel kui ka Autodesk *desktop* programmidega nagu näiteks *Revit* ja [Navisworks](#).

#### **Puudused:**

- Ootaks paremat koostööd nii *BIM 360* toodete endi kui ka *Autodesk* desktop rakenduste vahel – eraldiseisvaid spetsiifilisi mobiilseid rakendusi võiks olla vähem ning üleminek mobiilseadmele võiks olla sujuvam;
- Mudeli kuvamine mobiilsetel seadmetel on osati kehvem kui alternatiivsetel platvormidel (nt [Trimble Connect](#)) - seda nii funktsionaalsuselt kui ka kujutise visuaalilt.
- Puudulik 3D- ja 2D- sisu omavaheline integratsioon (nagu näiteks [BIMx](#)).

#### **Kokkuvõte:**

BIM 360 platvorm tervikuna pakub laialdast funktsionaalsust kõigile ehituse osapooltele, kuid on ise seejuures kohati killustatud ning mitte eriti mugav või funktsionaalne kasutada.



Joonis 18 – Autodesk BIM 360 rakenduste tooteperekond (<http://bim360.autodesk.com>)

### 6.2.1. BIM 360 Team

Tegemist on koostööplatvormiga projekteerijate ning tellijale omavahelise koostöö hõlbustamiseks projekti algfaasis.

Võimaldab kesksel platvormil välja jagada ehitusinfomudeli (ja vajadusel ka muud seotud dokumendid) ning teha sellega ühtses projektikeskkonnas koostööd. Olemas on projektikeskne uudisvoog ning ühisjagatav kalender; märkuste ja kommentaaride lisamine on võimalik nii faili kui 2D/3D sisu enda tasemel.

Lisaks on olemas mudelite ning plaanide erinevate versioonide võrdlemise tööriist koos automaatse muutusi kajastava logiinfoga.

Platvorm on kasutatav nii veebis kui ka mobiilseadmetel; võimalus on mudel välja jagada ka üksnes veebiviite abil vaatamiseks seda kõigi seotud osaliste poolt suvalises veebibrauseriga varustatud arvutis. Muuhulgas saab seda funktsiooni kasutada näiteks objekti presenteerimiseks, kuna võimalik on teha ühisjagatav vaatamise seanss – kõik mudeli jagaja tehtavad liigutused kuvatakse automaatselt teistele osapooltele reaalajas.

#### **Puudused:**

- Keskkonnas otse puudub mitme osamudeli korraga avamise võimekus;
- Ühisjagatava mudelivaatusseansi puudumine mobiilseadmetel.

#### **Kokkivõte:**

Tegemist on väga mugava ja lihtsalt kasutatava platvormiga, olles samas arvestatava funktsionaalsusega.

### 6.2.2. BIM 360 Docs

Tegemist on pilvepõhise platvormiga spetsiaalselt ehitusalase iseloomuga info haldamiseks kõigi projektiga seotud osapoolte vahel (on üles ehitatud *BIM Level 2* nõuded arvestades).



Lubab projektipangale ligipääsu otse veebist, aga omab ka spetsiaalseid rakendusi telefonidele ning tahvelarvutitele.

Võimaldab hallata erineval tasemel kasutajagruppe (kokku 4 taset) ning lubab nendevahelist koostööd failidele aga ka konkreetsetele joonistele/mudelitele otse lisatavate märkuste abil. On olemas spetsiaalne *Issues* funktsionaalsus mis võimaldab delegeerida ning ajastada võimalikke muutusi juba konkreetsetele vastutavatele osapooltele.

Toetab failide avamist otse projektipangas ning seda kahes režiimis – *Plans* ning *Project Files*:

- ***Plans*** režiimis töödeldakse failid automaatselt *BIM 360 Docs* keskkonna jaoks - nt RVT failidest eraldatakse automaatselt seal eelseadistatud 2D joonised (sheets) ning DWG ja PDF failid muudetakse keskkonnas kiiremini avatavateks ehk siis platvormi-spetsiifilisse formaati. Kõigile neile dokumentidele luuakse seejuures ühisjagatavate märkuste otse joonisele/mudelile lisamise funktsionaalsus.
- ***Projekt files*** – avab failid originaalformaadis aga seda piiratud funktsionaalsusega (nt puudub sisule märkuste lisamine). Samas on olemas laiem toetatud failiformaatide tugi, nt on võimekus avada laialdaselt kasutust leidvat IFC formaati.

Olemas on ka versioonihaldus ning muutuste tuvastamist hõlbustav võrdlustööriist; projektipanga sisu saab salvestada failhaaval võrguvabasse režiimi.

#### **Puudused:**

- Mõnetine kohmakus kasutusmugavuse aspektist (võrrelduna nt [PlanGrid](#));
- *Plans* režiim ei toeta IFC formaati;
- Platvormil endal puudub mitme mudeli koondmudeli avamise funktsionaalsus sh ka ristumiste kontrolli teostamise võimekus;
- Märkuste tegemine on vaid *Plans* režiimis (seda nii mobiilseadmel kui ka veebis);
- Mudelist käsitsi lõigete tegemise funktsionaalsus on täielikult puudu mobiilseadmed, veebis tehtavate lõigete detailsus on halb;
- Mudelite visuaalne kuvamine on kehvem kui nt *BIM 360 Teams* ning *A360*, mis on omakorda on kehvemad kui nt [Trimble Connect](#) poolt võimaldatav;
- Puudub mõõtude võtmine 2D ja ka 3D (kõik platvormid) keskkonnas. Sama funktsionaalsus on aga olemas nt *Teams*, *A360* ja *Glue* rakendustes;

- Mõningaid probleeme on DWG ning RVT sisu kuvamisel – kohatised tekstisisu vormingu vead ning näiteks DWG sisu puhul esineb erinevate elementide kuvamise tõrkeid ja hangumisi;
- Kõikidel *Autodesk BIM 360* lahendustel on läbivalt puudu igasugune otsene ühe mudeliinfo faili sisene 3D ja 2D osa integratsioon – nt löikejooniselt otse selle 3D kuvale (koos 2D infoga) minek või ka mudelist 2D joonistele automaatsete linkidena üleminek. Hea näitena pakub seda võimekust [Graphisoft BIMx](#).

### **Kokkuvõte:**

Tegemist on funktsionaalsuselt juba arvestatava võimekusega projektipanga- ning selles toimiva koostöö-platvormiga.

Põhilisteks miinusteks on aga *Plans* režiimis Eesti kontekstis väga olulise IFC formaadi toe puudumine ning tarkvara juurutamist raskendada võiv mõneti kohmakas kasutajaliides.

### **6.2.3. BIM 360 Glue**

Platvorm BIM mudeli põhiseks koostöök alates projekteerimisest kuni ehitustegevuse aegse koostööni välja.

Võimaldab näiteks *Revit* või [Naivsworks](#) tarkvarast teisaldada mudeli selle baasil koostööd võimaldavasse *BIM 360 Glue* keskkonda, millele on seeläbi ligipääs nii mobiilseadmetelt, veebibrauserist kui ka laiendatud funktsionaalsusega *BIM 360 Glue MS Windows* rakendusest.

Võimaldab mudelist võtta mõõte ning teha ka sellele märkmeid. Samuti teostada osamudelite vahelisi ristumiste kontrole ning korraldada nende likvideerimist.

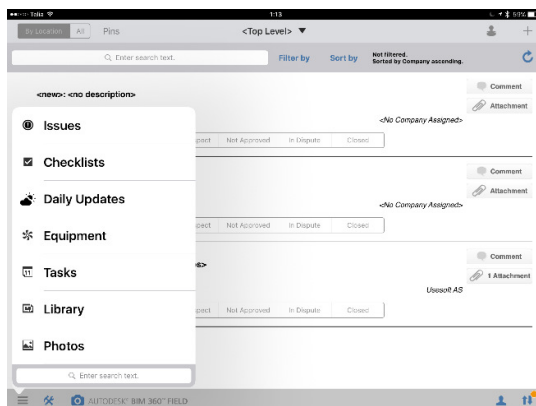
### **Puudused:**

- Ristumiste kontrolli funktsionaalsus peaks olema integreeritud [BIM 360 Doc](#) või ka [Team](#) lahenduste sisse. Muu osas antud rakendus midagi eristuvat ei paku;
- Piiratud funktsionaalsus – puudu on ka näiteks käsitsi mudelist löigete tegemine;
- Kasutajaliidese kohmakus eriti veebis ja MS Windows rakenduses.

## Kokkuvõte:

Eraldiseisva tootena ei näe sellel perspektiivi – vähene eristuv funktsionaalsus tuleks integreerida teistesse olemasolevatesse toodetesse.

### 6.2.4. BIM 360 Field



Joonis 19 - BIM 360 Field kuvatõmmis iOS platvormilt

On ehitusjuhtimise koostööplatvorm kasutamiseks ehitusplatsil. Toetab muuhulgas ka ehitusinfomudeleid ning integreerub [Navisworks](#)iga.

Põhilisteks funktsioonideks on uusimate ning konkreetselt kehtivate ehitusjooniste- ja mudelite viimine ehitusobjektile (seda ka võrguvabasse režiimi sünkroniseerituna) ning ka veareportite ning *To-do* listide koostamine ning haldamine otse ehitusobjektil. Muuhulgas võimaldab teha programmi keskkonnas fotosid ning lisada neile märkusi.

## Puudused:

- Mobiilseadmetest on toetatud ainult *iPad* – väga piiratud reaalne juurutamisvõimalus arvestades nende konkreetsete seadmete minimaalset levikut Eesti ehitusobjektidel (vt. nt Alan Väli TTÜ lõputöö);  
Juurutamist lihtsustaks oluliselt mobiiltelefonidele (*iOS* ja ka *Andorid* platvormid) mõeldud rakenduste olemasolu – need on olemas juba suuremal hulgal töövõtjatel ning on oma portatiivsuse tõttu ka alati käepärast;
- Mitteintuiitiivne kasutajaliides – on küllaltki ebamugav käsitleda ning oleks tõenäoliselt ka vaevaline juurutada;
- Inglisekeelne kasutajaliides on probleemiks kuna antud tarkvara eeldab info edastamiseks suurel hulgal võõrkeelsete kirjeldustega lahtrite täitmist.

### Kokkuvõte:

Tegemist oleks Eesti kontekstis tõenäoliselt üsna vaevaliselt juurutatava lahendusega, kuna suurema funktsionaalsuse saavutamiseks eeldab see lisaks ka [Navisworks](#) paralleelset kasutamist.

### 6.3. Trimble Connect

<b>Arendaja:</b>	(Trimble Navigation Limited, 2017)	
<b>Versioon:</b>	[30.01.2017]	
<b>Platvorm:</b>	<i>veebiversioon</i> <i>Android 4.2+</i> <i>iOS 8.0+</i> <i>Microsoft Windows 7+</i>	
<b>Põhi-funktsionaalsus:</b>	<i>Erinevates formaatides BIM mudelite vaatamine ning nende vaheliste ristumiste kontrolli teostamine ning koostöö vormis märkuste ja to-do nimekirjade koostamine.</i>	
<b>Hinnastus:</b>	<i>Tasuta* - (1 projekt, kuni 5 osalist ja kokku 10GB pilvemahtu)</i> <i>Tasuline versioon - \$10 kuu/kasutaja</i>	

Mudelivaatur-koostööplatvorm on integreeritud Trimble pilveteenusega ning seetõttu on kõik projektiinfo kättesaadav nii kasutajakontoga seotud erinevate seadmetele kui ka teistele projekti osapooltele.

Põhilised funktsioonid:

- Erinevas formaadis mudelite ja ka loodud koondmudelite vaatamine. Osamudeleid on võimalik selektiivselt avada kõigil olemasolevatel platvormidel;
- Mudelite vaheliste ristumiskontrolli teostamine (desktop ja veeb) ning suhtlusvahendid koostööks;
- Mudelikeskkonnas märkuste ja *to-do* listide koostamine. Veebiversioonis on toetatud ka BCF 1.0 abil *to-do* listide eksportimine;
- Ühildub nii Revit, [Navisworks](#), Tekla Structures, Sketchup kui ka Vico Office tarkvaradega.


**Puudused:**

- Töötab hästi nii veebis, Windows rakenduses kui ka mobiilseadmetel, kuid ükski platvorm ei paku tervikfunktsionaalsust (iga platvorm omab midagi eksklusiivset);
- Originaalmudelitest jooniste kaasamise puudumine.

**Kokkuvõte:**

*Trimble Connect* platvormi on mugav kasutada ning see pakub ka piisavalt funktsionaalsust, eriti arvestades teenuse soodsat hinnastuspoliitikat. Samuti on tegemist väga paindliku platvormiga nii sisend-formaatide-, integreeritavuse- kui ka rakenduse selle toetatud kasutusplatvormide osas.

## 6.4. Grapisoft BIMx

<b>Arendaja:</b>	(Nemetschek Group, 2017)	
<b>Versioon:</b>	[30.01.2017]	
<b>Platvorm:</b>	<i>Android 4.03+</i> <i>iOS 8.03+</i> <i>Microsoft Windows 7+</i> <i>Mac OS X 10.9+</i>	
<b>Põhi-funktsionaalsus:</b>	<i>ArchiCAD (PLA formaat) tarkvarast BIMx formaati salvestatud projektifailide vaatamine – integreeritult nii 2D kui ka 3D.</i>	
<b>Hinnastus:</b>	<i>Tasuta (piiratud funktsionaalsus)</i> <i>Tasuline (50€ - ühekordse tasuna kas konkreetse projekti- või üksiku kasutaja litsentsina).</i> <i>Teenus eeldab ArchiCAD olemasolu BIMx faili loomiseks.</i>	

Tegemist ArchiCAD arendaja poolt loodud lahendusega nende PLA formaadis mudelite ja jooniste mugavaks vaatamiseks ning jagamiseks teiste osapooltega (sh tellija ja ehitaja).



Joonis 20 - Kuvatõmmised BIMx näidisprojektist iOS platvormil vaadatuna.

BIMx kasutamiseks tuleb ArchiCADis originaalfail salvestada vastavasse formaati ning seejärel see osapoolte vahel välja jagada – kas failina või üles laadida projektipilve.

**Põhifunktsionaalsus:**

- Kiire ja mugav ArchiCADi mudeli vaaturtarkvara – muuhulgas väga hea 2D- ja 3D-mudelitelementide integreeritus;
- Mõõtude võtmine mudelist ja 2D plaanidelt (tasuline funktsioon)
- Mudelipõhine koostööplatvorm – ühisjagatavad märkmete tegemine ning delegerimine (tasuline)
- Virtuaalreaalsusprillide tugi.

**Puudused:**


- Toetab sisendina vaid PLA formaadist salvestatud BIMx faili;
- Aegunud olemusega tavaarvutitele mõeldud rakendus;
- Puudub veebiversioon.

**Kokkuvõte:**

Tegemist on väga hea funktsionaalsuse- ja kasutusmugavusega lahendusega ArchiCADis loodud projektisisu vaatamiseks. On kasutatav ka tasuta funktsionaalsuse piires.

Hetkeseisul parimat BIM mudeli 2D ja 3D sisu integreeritud kujul kuvamist võimaldav tarkvara.

## 6.5. Bluebeam Revu

<b>Arendaja:</b>	<b>(Nemetchek Group, 2017)</b>	
<b>Versioon:</b>	<i>[30.01.2017]</i>	
<b>Platvorm:</b>	<i>Microsoft Windows 7 SP1+</i>  <i>Mac OS X+</i>  <i>iOS 8+ (iPad)</i>	
<b>Põhi-funktsionaalsus:</b>	<i>PDF-vaatur koos ehitus-spetsiifiliste lisafunktsioonidega. Märkuste lisamine ning mahuarvestustööriist. PDF printer (sh 3D PDF). Studio režiimis on võimalik rakenda PDF baasil koostööd.</i>	
<b>Hinnastus:</b>	<i>Windows – alates \$274*</i>  <i>iPad - \$9.99 [Bluebeam Revu iPad]</i>  <i>MacOS - \$149*</i>  <i>*Hinnad sõltuvad litsentside arvust ja konkreetsest versioonist.</i>  <i>Ühekordsed tasud, võimalusega täiendava lisatasu eest saada versiooniuuendustega litsentse.</i>	

Tegemist on võimeka PDF tööriistaga, mis sisaldab spetsiaalselt ehitustegevuseks vajaminevaid funktsioonide. Märkimist väärrib 3D PDF loomine otse BIM tarkvaradest.

Erinevad versioonid (alustades odavaimaist) MS Windows jaoks loodud tarkvarast:

- *Bluebeam Revu Standard* – toote baasversioon;
- *BlueBeam Revu CAD* – lisaks 3D PDFs loomine otse *Revit*, *Navisworks® Manage*, *Navisworks Simulate* and *SketchUp® Pro* tarkvaradest;



- *BlueBeam Revu eXtreme* – lisaks veel ka *OCR+*, *Batch Link* ja *Scripting* jne tugi.


**Puudused:**

- Programmi ülesehitus ja segane visuaal.

**Kokkuvõte:**

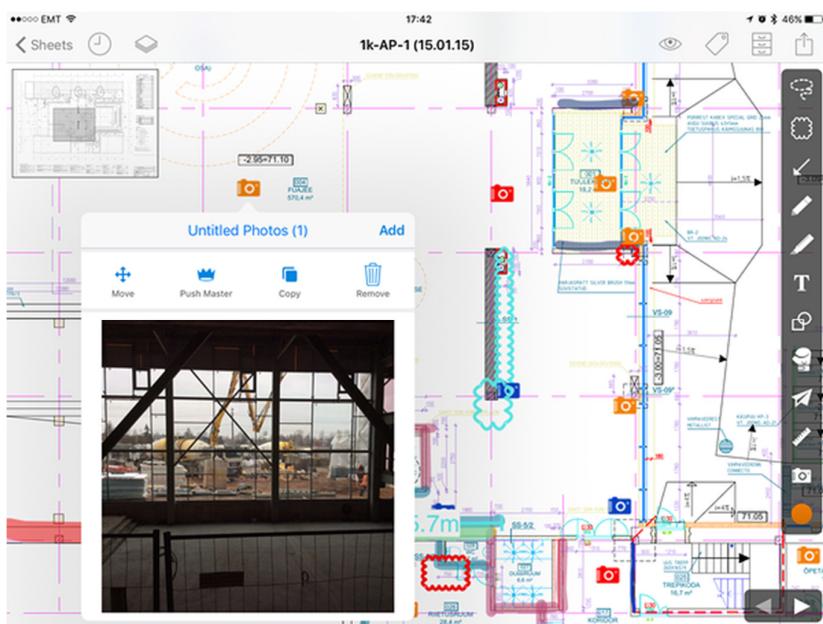
Väga hea funktsionaalsusega PDF vaatur.

## 6.6. PlanGrid

<b>Arendaja:</b>	(PlanGrid, Inc, 2017)	 <b>PlanGrid</b>
<b>Versioon:</b>	[30.01.2017]	
<b>Platvorm:</b>	veebirakendus iOS (iPhone ja iPad) Android (telefon ja tahvelarvuti) Microsoft Windows 10	
<b>Põhi-funktsionaalsus:</b>	Ehitusjooniste haldus- ja vaaturtarkvara ning ka koostööplatvorm - ühisjagatavad joonistele ja -dokumentidele lisatavad kommentaarid, veamärked ning loodavad progressiraportid.	
<b>Hinnastus:</b>	Tasuta* (50tk joonise piirang) Tasuline (jooniste mahu põhine, kuutasu alates 39\$)	

Sisendina on toetatud PDF formaadis joonised ja -dokumendid mis omakorda optimeeritakse ning seejärel kuvatakse kiiresti avanevate- ning visuaalselt kergelt hoomatavatena (eelvaatepildid jne) kõigil toetatud seadmetel.

Tasuta on kuni 50 joonist, kuid sõltuvalt kasutusest võib efektiivsust saavutada juba ka selle piirangu mahus – näiteks korruste plaanidele lisatavad progressifotod ning muud ühisjagatavad märkmed.



Joonis 21 - Näide Plangrid kasutusest ehitusobjektil. Kuvatõmmis iPad rakendusest

Haldamine:

- Sisestatud projektdokumentatsiooni on keskselt hallatav, kas siis peatöövõtja või projekteerija poolt. Saab kaasata erinevate õigustega kasutajakontosid;
- Projektdokumentide versioonid on süsteemselt hallatavad ja järelvaadatavad, sealhulgas on võimalik erisuste tuvastamiseks jooniseid kuvada üksteise peale;
- Projektiinfo lisamine toimub läbi [plangrid.com](http://plangrid.com) veebilehe.

Vaatamine:

- Ligipääs on nii arvutis veebilehe kui ka spetsiaalse MS Windows rakenduse abil, samuti on olemas mobiili- ning tahvelarvuti rakendused;
- Joonised on kuvatud visuaalselt äratuntavalt ning kiiresti leitavalt. Muuhulgas luuakse sisu vastavusel teatud vormistus-standartitele automaatselt seosed eri dokumentide vahel (näiteks seotud lõiked ja vaated otse plaanidelt). Samuti on olemas automaattuvastus kirjanurga info sisselugemiseks;

- Jooniste seadistatav sorteerimine näiteks kuupäeva/versiooni/projektietapi järgi;
- Eelnevalt allalaetud projektiinfo on ligipääsetav ka ilma internetiühendusega.

**Koostöö:**

- Joonistele märkmete tegemise võimalus koos valikuliselt nende ühisvaadatavaks tegemisega;
- Fotode lisamine konkreetsesse asukohapunkti - sobilik ehituse progressifotode jaoks;
- Tööde / vigade / probleemide delegeerimine konkreetsele osapoolle ning raportite automaatne koostamine ning haldamine.
- Kommenteerimine vestlusvormis.


**Puudused:**

- Ei sobi ainukeseks projektipangaks kuna sisu konverteeritakse automaatselt platvormi-põhiseks.
- Sisendina toetab ainult PDF formaati – puudu on näiteks olulised DWG, DOCX, XLSX formaadid. Samuti pole toetatud ehitusinfomudelid;
- Android platvormi rakendus ei tööta nii hästi kui iOS (iPad/iPhone) versioon. Probleeme on nii rakenduse kiiruse kui ka stabiilsusega. Osaliselt on puudu ka funktsioone;
- Windows rakendus ei asenda veel funktsionaalselt veebirakendust, kuid põhiliste toimingute tegemiseks on seda aga paremgi kasutada.

**Kokkuvõte:**

Tegemist on mugava ning käepärase töövahendiga.

**6.7. Fieldwire**

<b>Arendaja:</b>	(FieldWireLabs, Inc, 2017)	
<b>Versioon:</b>	[30.01.2017]	
<b>Platvorm:</b>	veebirakendus iOS (iPhone ja iPad) Android (telefon ja tahvelarvuti) Microsoft Windows 10	

<b>Põhi-funktsionaalsus:</b>	<i>Ehitusjooniste haldus- ja vaaturtarkvara ning ka koostööplatvorm - ühisjagatavad joonistele ja -dokumentidele lisatavad kommentaarid, veamärked ning loodavad progressiraportid.</i>
<b>Hinnastus:</b>	<i>Tasuta* (max – 10 kasutajat, 5 projekti või 250 joonist, sh osaliselt piiratud funktsionaalust)  Tasuline (kuutasu, alates 29\$)</i>

Funktsionaalsuselt [PlanGrid](#) otsese alternatiiviga, erinedes suuremas osas vaid visuaalilt ning kasutuskogemuselt.


#### **Puudused:**

- Ei sobi ainukeseks projektipangaks kuna sisu konverteeritakse automaatselt platvormi-põhiseks.
- Sisendina ei toetata midagi peale PDF formaadi – puudu on olulised DWG, DOCX, XLSX formaadid. Samuti pole toetatud ehitusinfomudelid;
- Puudused võrreldes PlanGrid:
  - Kogu platvormi kasutuskogemus on Fieldwire puhul kehvem - nii joonistes navigeerimine kui ka kasutamiseks olevad muud funktsioonid. Kohati ka segadustekitav kasutajaliides;
  - Fieldwire Windows 10 rakendus ei erine veebirakendusest - kasutuskogemuse puudujäägid;
- Eelised võrreldes rakendusega PlanGrid:
  - Tasuta pakett on hea funktsionaalsusega ning ka tasulised paketid on soodsamad;
  - Jooniste kaustadena kuvamine.

#### **Kokkuvõte:**

Tegemist on tasuta paketi mahus väiksemate piirangute- ning tasulise paketi osas hinna mõttes soodsama alternatiiviga PlanGrid pakutavale. Teatud olukordades on seetõttu arvestatav alternatiiv.

## 6.8. BIM Vision

<b>Arendaja:</b>	<b>(Datacomp sp. z o.o., 2017)</b>	
<b>Version:</b>	2.13	
<b>Platvorm:</b>	Microsoft Windows (alates XP SP3)	
<b>Põhi-funktsionaalsus:</b>	Vabavaraline IFC 2x3 failivaatartarkvara koos teistest eristuvate mahuarvutustööriistadega.	
<b>Hinnastus:</b>	Tasuta* *(Valikuliselt pakutavad lisafunktsioonid on saadaval ühekordsete ostudena ~20\$/tk )	

Eristuvateks funktsioonideks on kahe mudeli võrdluse tegemise võimekus (omavahelise muutuste eristamiseks) ning lihtsalt kasutatavad tööriistad mahtude (m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, tk, kg) võtmiseks.

Mudelid kuvatakse visuaalselt korrektsetena, seejuures arvutitl ülemäära jõudlust nõudmata.

Tasuliste lisafunktsioonidena on muuhulgas näiteks kommenteerimise- ning mudeli objektide infoväljade laiendatud kuvamise tugi. Tegemist on ühekordse maksumusega (vt <https://store.bimvision.eu>).

Antud arendaja pakub ka *BIMestiMate* nimelist tööriista spetsiaalselt mudeli baasil mahutabelite koostamiseks.

### **Puudused:**

- Automaatsete ristumiste kontrollide teostamise võimekuse puudumine;
- Tasuta versiooni maksimaalselt 2 osamudeli korraga kuvamise piirang;
- Mobiilseadmetele mõeldud versiooni puudumine;

## Kokkuvõte:

Tasuta versioon on piiratud võimekusega tööriist, kuid olemasolevate funktsioonide kasutusmugavus ning lihtsamaks mahuarvutuseks mõeldud tasuta tööriistad teevad sellest siiski kasuliku töövahendi.

## 6.9. Bauhub

<b>Arendaja:</b>	<b>(Bauhub OÜ, 2017)</b>	
<b>Versioon:</b>	<i>[30.01.2017]</i>	
<b>Platvorm:</b>	<i>Veebiversioon</i>	
<b>Põhi-funktsionaalsus:</b>	<i>Objektijuhtimise platvorm koos projektipanga funktsionaalsusega. Jooniste- ja dokumentide haldus ning nende baasil koostöö, aga ka teostus-dokumentatsiooni koostamine ning allkirjastamine.</i>	
<b>Hinnastus:</b>	<i>Projektipõhine pakett - 99€kuu / 990€aasta Personaalne hinnastus - kokkuleppel</i>	

- Jooniste ja muu seotud projektdokumentatsiooni hoiustamine ja haldamine, sh nendes sisu revisjonid.
- Kasutaja- ja töögrupid ning nende erinevad õigused projektipanga sisule. Piiramatult lisatavate kasutajate hulk;
- Tööde haldus projektipanga osapoolte vahel. Tööde delegeerimine ja haldamine ning märkuste lisamine muuhulgas asukohamärkega otse joonistele;
- Teostusdokumentatsiooni veebikeskkonnas loomine ja allkirjastamine (ID-kaart ja mobiilID);
- Jaotuskaustad – info jagamine muuhulgas väljapoole projektipangaga liitunute gruppi;
- Automaatsed teavitused - keskkonnasisene teavituskeskus (nn *notification center* põhimõttel); infot koondav „Esileht“ ning ka teavitused e-mailile;

- Olemas on nii eesti-, vene- kui ka inglisekeelne kasutajaliides.

### **Puudused:**

- Mobiilseadmetele mõeldud rakenduste puudumine. Veebilehe kaudu on platvorm küll kasutatav, kuid ei asenda kasutusmugavuselt siiski spetsiaalset platvormipõhist rakendust;
- Integreeritud joonistevaatur suudab küll kuvada PDF faile, kuid navigatsioon ei ole mugav - kasutamiseks on üksnes veebilehitseja veeruribad ja zoom-nupud;
- Väga piiratud on joonistele märkuste lisamise funktsionaalsus - toetatud on vaid ülesande-asukohamärke lisamine;
- Toetatud pole .dwg failide keskkonnas avamine;
- Teostusdokumentatsiooni jaoks sisestatav sisu võiks olla dünaamiliselt kasutatav ka muuks – kalendri või ka nt tööjõu arvestuse raportite loomise jaoks.;
- Projektipanga sisu arvutiga sünkroniseerimise puudumine (Dropbox-analoogne lahendus).

### **Kokkuvõte:**

Võimekas ja lihtsalt kasutatav koostööelementidega projektipank, kuid olulise osana on puudu mobiilseadmete tugi ning võimekam joonistele märkuste tegemise funktsionaalsus.

## **7. EHITAJA NÕUDED PROJEKTEERIJA LOODUD MUDELITELE**

Uuringu käigus viidi läbi rühmavestlused ehitusettevõtete esindajatega, kes omavad kogemust mudeli kasutamisega ehituse ettevalmistamisel ning ehitustegevuse korraldamisel. Rühmavestlused viidi läbi 2016 kevadel. Lisaks on materjali täiendatud ettevõtete kogemusele tuginedes ajavahemikus mai – detsember.

Eesmärk on kaasata ettevõtete kogemust sisuliste nõuete osas ning vältida põhjendamatuid nõudeid mudelitele. Põhjendamatud nõuded võivad olla seotud vähesest kasutusest praktikas ning ka sellest, et tehnoloogilised lahendused ei ole veel piisaval tasemel, et mudelid oleksid praktikas kasutatavad.

Lisaks on nõuete selgitamise eesmärgiks tuvastada ettevõtete võimekus mudelite kasutamisel. See annab olulise sisendi loodavatele mudelitele.

Töörühma kohtumiste ühe väljundina on Riigi Kinnisvara AS koostanud mudelite andmesisu tabelid (avaldatud 2016), mis määrab infosisu loodud mudelitele eelmudeli ning põhimudeli staadiumis. Andmesisu tabel on leitav järgnevalt veebiviitelt: [Andmesisu tabel](#)

Mudelite loomisel on oluline arvestada mudelite kasutajate võimekusega ning ka praktilise vajadusega ehituse ettevalmistamisel ning ehitustegevuse käigus.

Töörühm on seisukohal, et klassifikaatorite kasutamine ei ole esmajärguline küsimus. Peamiseks nõudeks klassifikaatori juures on ühtse süsteemi kasutamine. Kogemuslikult saab väita, et tulemuslik on maksumushinnangute puhul EVS885 kasutamine. Seda peamiselt põhjusel, et standard on levinud ning turuosaliste seas tuntud.

Töögrupi info põhjal koostati hindamiskriteeriumid, mis on aluseks näidisprojektide andmesisu ja tehniliste nõuete hindamisel.



## Mudelite tehnilised nõuded

- Mudelis peavad olema näha ruumide tähistused
- Mudelis peavad olema näha teljetähised
- Selgelt peab olema eristatud 2D lõigete asukohad
- Avaldatud mudeli info peab olema toetatud nõuetekohase 2D dokumentatsiooniga (NB Mudel ja joonised peavad olema sünkroonis).
- Mudel peab võimaldama kiiret infokorjet, seda peab toetama mudeli ülesehitus, nimetamine, kodeering jms.

### 7.1. Tehnosüsteemid

- Modelleeritakse torustikud alates DN25
- Tehnosüsteemide kinniteid ei modelleerita.
- Mitmes kihis paiknevate süsteemide puhul arvestada riputite paigalduse võimalikkust.
- Ühe eriala mudeleid ei ole otstarbekas jagada täiendavalt osamudeliteks (osamudelite koordineerimine muutub keeruliseks)
- Vastavalt vajadusele luuakse erinevad osamudelid ühe eriala sees (näiteks väga suur hoone, kus selle abil optimeeritakse töö mahtu)
- Tehnosüsteemid peavad olema modelleeritud ühe süsteemina.
- Tehnosüsteemide mudeli juures kasutada standardiseeritud tähistusi. Sobiv alus selleks on COBIM 4. Osa Lisa 2.
- Tehnosüsteemidel peab olema kaasas tehniline karakteristik, et selle põhjal oleks võimalik hankida seadmeid.
- Tööprojekti staadiumi mudelis defineerida süsteemide eelseade arvud.

Põhimudel:

- Projekteerija töö koosseisus peaks olema mahutabeleid, mille info ühtib mudeliga.

### 7.2. Sisearhitektuur

- Sisearhitektuuri mudel on aluseks tehnosüsteemide koordineerimiseks
- Mudelisse sisestada

- Ripplaed. Sisestada täies mahus, kus on toodud välja erinevate lae tüüpide tsoonid. NB lagede juures tuua välja lae konstruktsiooni paksus (ruumivajaduse broneerimiseks)
- Valgustid (süvistatavad valgustid kohustuslikud). Geomeetriline detailsus ei ole oluline. Oluline on valgusti geomeetria broneerida ning lisada valgusti põhiandmed.
- Rippuvad viidad, kellad, tahvlid jms. Detailid on aluseks turvakaamerate ja – andurite vaatevälja hindamiseks.
- Pinnaviimistluse materjalid
  - Värvitoonid
  - Põranda viimistluse materjalid
- Modelleeritakse kohtkindel mööbel (vaheseinad, lükanduksed)
- San. tehnika tuleks modelleerida geomeetria mõttes täpselt, samuti on oluline anda juurde seadmete info ning iseloomulikud tehnilised näitajad (toodete alternatiivide leidmiseks ja tellimuste koostamiseks).
- San. tehnikast tuleb modelleerida kõik torud, ka väikesed survetorud.
- Küttekehad modelleerida geomeetriliselt täpselt. Lisaks on vajalikud tehnilised näitajad küttekehadele.
- Pistikud, lülitid. Vajalik on esitada elementide andmesisu.
- Ühe osamudelina koostada viimistluse mudel.

### 7.3. Konstruktsioonid

Mudeli eesmärk on koostada usaldusväärne materjali spetsifikatsioon.

- Sarruse modelleerimine ei ole vajalik. Sarruse info peab olema mudeli juures esitatud seletuskirjana/tabeline.
- Modelleerida erinevad taridetailid (ankrud, plaadid, haasad jms). Vajadus peamiselt mahuarvutuste ning paigaldusinfo väljavõtete juures.
- Projektimeskonna kokkuleppel tuleb modelleerida keerukad sõlmed

### 7.4. Avatud failiformaat IFC

Kogemuse põhjal saab väita, et IFC kasutus on levinud:

- Eriosade informatsiooni vahetusel
- Eelarvestamise info töötusel
- Mudelite kasutamisel objektil

## 8. AVALIKE HANGETE MUDELITE ANALÜÜS

Järgnevas peatükis on koostatud kriteeriumid rühmavestluste ning mudelprojekteerimise juhendite põhjal. Katsemudeliteks on antud Riigi Kinnisvara AS-i poolt aastatel 2014 ja 2015 koostatud mudelid. Teadaolevalt on mudelid projekteeritud kuni põhiprojekti staadiumini. Kriteeriumi täitmisel on kasutatud järgnevat legendi:

- „+“ – täidetud
- „-“ – täitmata
- „+/?“ – täidetud osaliselt

Tabel 4

Mudelite hindamise tabel

	<b>Kriteerium</b>	<b>Nr 1 2014</b>	<b>Nr 2 2015</b>	<b>Nr 3 2015</b>
1	Koostatud on IFC formaadis mudelid	+	+	+
2	Mudel on koostatud osamudelitena	+	+/?	+
3	TALO 2000 kodeering	+/?	+/?	+/?
4	Modelleeritud on õigete tööriistadega	+	-	-
5	Avaneb korrektselt Tekla BIMsight tarkvaras	+	+	+
6	Avaneb korrektselt Solibri Modelviewer tarkvaras	+	+	+
7	Mudeli andmesisu väljad vastavalt RKAS nõuetele täielikult täidetud	-	-	-
8	Mudeli andmesisu väljad vastavalt RKAS nõuetele osaliselt täidetud	+/?	-	-

9	Geomeetria ristumised ehituse tolerantside piirides	+/?	-	-
10	Mudeli mahuinfo (ruumala ja pindala) on korrektsed	+/?	-	-
11	Mudeli ülesehitus võimaldab EVS 885 põhjal koostada maksumuse hindamise	- /?	-	-
12	Mudeli andmekoosseis vastab projekteerimise põhiprojekti staadiumile	+/?	-	-
13	Koostatud on maa-ala mudel, mis aluseks objekti logitika planeerimiseks	-	-	-
14	Joonised ja mudelid ühtivad	Jooniseid pole kaasatud	Jooniseid pole kaasatud	Jooniseid pole kaasatud
15	Koostatud on mudeli kaaskiri	+	-	-
16	Tehnosüsteemidel on süsteemne värvikodeering	+	+/?	-
17	MEP süsteemid on modelleeritud süsteemidena (näiteks terviklik õhukanal)	+/?	+ /?	-/?
18	MEP süsteemidel on eristatavad komponendid (nt. tuletõkkeklapid, plafoonid jm lõpuelemendid,...)	+/?	+/?	+/?
19	Sanitaartechnika on modelleeritud korrektse ruumivajaduse mudelina	+/?	+/?	-
20	Küttekehade geomeetria on modelleeritud	+	+?	-

21	Modelleeritud on süvistatud valgustid	- ?	-	-
22	Modelleeritud on pistikud, lülitid, kaabliredelid	+	-	-/?
23	Modelleeritud on taridetailid konstruktsioonides	+	-	-

Kuna modelleerimise lähteülesandes ei olnud maa-ala mudelit, siis see on ka kõikidel katsemudelitel täimata. Ning kuna mudelite loomise hetkel ei olnud veel kasutusel mudelite andesisu nõuded, siis ka selles osas ei ole mudelid vastavad. Vastavusi analüüsisel selgub, et objekt Nr.1 on kõige suurema vastavuste arvuga, kuigi objektidest on see kõige vanem projekt. Suhteliselt nõrgalt olid modelleeritud elektri osad mudelites, üldjuhul piirdus see kaabliredelite ning elektrikilpidega.

Samuti on probleeme ka kõikide osamudelite tervikkusega. Kõikides mudelites hakkab silma, et ristumised on oluliselt suuremad kui on ehituslikud tolerantsid, seega töömudeli staadiumi mudelitena ei ole materjali võimalik kasutada. Objekti Nr. 1 puhul on kaaskirjas välja toodud ristumiste olemasolu mudelis.

Mudelite positiivse poolena saab välja tuua korrektse avanemise nii Tekla BIMsight kui ka Solibri Viewer tarkvaras. Positiivse poolena saab tuua välja ka selle, et MEP süsteemide puhul kasutatakse värvikodeeringut kahel mudelil kolmest. MEP süsteemide modelleerimine on näidismudelites tehtud üsna heal tasemel, mida näitab ka positiivne hinnang vastavuse tabelis.

Konstruktsioonide osas saab välja tuua kandekonstruktsioonide modelleeritud geomeetria, kuid töörühma ettepanekutest lähtuva taridetailide modelleerimise leiab ainult ühel projektil kolmest.

Kokkuvõttes võib öelda, et hinnatud mudelite puhul on tase keskmine. Kuid tulemused annavad kindlust arvata, et ehitaja nõuete kogumik projekterija loodud mudelitele on vajalik.

## 9. KOKKUVÕTE

Uuringus keskenduti mudelprojekteerimise kasutuvõimalustele ehitustegevuse ja ka ehituse ettevalmistuse faasis.

Uuringu eesmärk oli ehitustegevuse protsessikaartide koostamine. Tuginedes Riigi Kinnisvara AS loodud modelleerimise eesmärkidele projektides, koostati ning kohandati näidisprotsessikaardid eesmärkides toodud toimingutele: maksumushindamisele, 4D graafiku koostamisele, ehitusplatsi plaani koostamisele tuginedes mudelitele, samuti koostati protsessikaart teostusmöödistusele ning teostusmudeli koostamisele.

Protsessikaartide eduka rakendamise eelduseks on korrektne mudelite andmesisu vastavalt projektistaadiumile ning eesmärkidele, mis on projektis püstitatud. Töös on tehtud ülevaade enimsiteeritud mudelprojekteerimis juhenditest ning ka viimasel ajal avaldatud juhenditest. Materjalist selguvad ühised nõuded mudelitele ehitustegevusest lähtuvalt. Modelleerimisnõuete selgitamiseks viidi läbi ehitusettevõtete esindajatega rühmavestlused, kus käsitleti toiminguid alates ehitusmaksumuse hindamisest kuni objekti töö korraldamiseni. Samuti käsitleti erinevate valdkondade mudeleid. Kohtumiste tulemused on esitatud peatükis 7. Ootuspäraselt selgus, et paralleelselt mudelitega vajatakse objektidel 2D jooniseid nii dwg kui ka pdf kujul. Argumendiks on materjalile lihtne ligipääs ja tehnoloogiliste vahendite töökindlus. Mudelite vaatamise rakendused on töökindluse mõistes ebastabiilsed ning seetõttu ei saa neid tänases praktikas laialdaselt kasutada. Uuringu peatükk 6 tegi ülevaate rakendustest ning projektipanga lahendustest ning sealjuures on toodud välja nii positiivsed kui negatiivsed aspektid rakenduste kasutamise juures.

Uuringu viimases osas viidi läbi vastavushindamine Riigi Kinnisvara ASi portfellis olevatele mudelprojektidele, mida projekteerimise seisukohalt võib pidada hästi teostatud lahendusteks. Kuid töörühmas välja toodud ning juhenditest kogutud kriteeriumite põhjal ei ole mudelid ehitustegevuseks veel maksimaalselt kasutatavad. Parimal juhul vastas 23-le kriteeriumile mudeli Nr. 1 puhul täielikult 10 kriteeriumit. Tulemus annab selge suunise, et on vajadus koostada ühtsed ehitajate poolsed nõuded projekteerijate mudelitele.

## 10. KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. BuildingSmart Finland. Mudelprojekteerimise üldjuhend (COBIM). *BuildingSmart Finland*. [Võrgumaterjal] Märts 2012. a. <http://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv>.
2. Statsbygg. Statsbygg BIM Manual - version 1.2.1". <http://www.statsbygg.no/bim>. [Online] Detsember 17, 2013. <http://www.statsbygg.no/Files/publikasjoner/manualer/StatsbyggBIM-manual-ver1-2-1eng-2013-12-17.pdf>.
3. Norwegian Home Builders' Association. BIM-Manual in English. *boligprodusentene.no*. [Online] Märts 17, 2012. <http://boligprodusentene.no/english/bim-manual-in-english-article126-138.html>.
4. British Standards Institution. British Standards and Publicly Available Specifications (PAS). *bim-level2.org/standards*. [Online] 2016. <http://bim-level2.org/standards>.
5. Royal Institution of Chartered Surveyors. *rics.org/us/knowledge/professional-guidance*. [Online] 2016. <http://www.rics.org/us/knowledge/professional-guidance?pn=1&so=Relevance&rl=construction>.
6. U.S. Department of Veterans Affairs. VA BIM and CAD Standards. *cfm.va.gov*. [Online] November 2016. <http://www.cfm.va.gov/til/projreq.asp>.
7. Penn State Computer Integrated Construction Research Program. BIM Project Execution Planning Guide and Templates. *bim.psu.edu*. [Online] Mai 2011. <http://bim.psu.edu/Project/resources/default.aspx>.
8. Building and Construction Authority. Singapore BIM Guide Version 2.0. *corenet.gov.sg*. [Online] August 2013. <https://www.corenet.gov.sg/general/bim-guides/singapore-bim-guide-version-20.aspx>.
9. NATSPEC Construction Information Systems Limited. NATSPEC National BIM Portal. *bim.natspec.org*. [Online] 2016. <http://bim.natspec.org/>.
10. BIM Acceleration Committee. BIMinNZ - BIM tools. *biminnz.co.nz*. [Online] November 2016. <https://www.biminnz.co.nz/bim-tools/>.
11. ADEB-VBA. BIM – Belgian Guide for the construction Industry. *adeb-vba.be*. [Online] Oktoober 2015. <http://adeb-vba.be/the-guide-to-bim.pdf>.
12. AS, Riigi Kinnisvara. *Nõuded Ehitusinformatsiooni Modelleerimisele*. 2016.
13. —. BIM andmesisu nõuded. 2016. a.
14. Alt, Aivars, et al. *Protsessiskeemide loomine*. [Võrgumaterjal] 31. märts 2016. a. [Tsiteeritud: 31. märts 2016. a.] [http://rkas.ee/files/Lisa\\_5\\_Protsessiskeemide\\_loomise\\_juhend.pdf](http://rkas.ee/files/Lisa_5_Protsessiskeemide_loomise_juhend.pdf).



15. Sector, Finishes and Interiors. A Guide to Process Mapping. [Võrgumaterjal] 06. aprill 2016. a. [Tsiteeritud: 06. aprill 2016. a.] <http://members.thefis.org/assets/Uploads/FactFile-Information-Sheets/Best-Practice-A-Guide-to-Process-Mapping.pdf>.
16. Ehitus, OÜ Astlanda. Kvaliteediraamat. [Võrgumaterjal] 06. aprill 2016. a. [http://www.astlanda.ee/failid/Kvaliteediraamat\\_KR.pdf](http://www.astlanda.ee/failid/Kvaliteediraamat_KR.pdf).
17. Companies, American Council of Engineering. *Constructability Analysis*. [Võrgumaterjal] 1. aprill 2016. a. <http://www.acecks.org/Portals/0/Content/Partnering/KCA/Constructability%20Analysis.pdf>.
18. C.Eastman. *BIM Handbook*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, 2011.
19. www.gravicon.ee. [Võrgumaterjal] Gravicon EE. [Tsiteeritud: 28. Märts 2014. a.] <http://graviconee.blogspot.com/>.
20. Autodesk Inc. Autodesk Navisworks. *autodesk.com*. [Online] Jaanuar 30, 2017. <http://www.autodesk.com/products/navisworks>.
21. —. AutoCAD 360. *autodesk.com*. [Online] Jaanuar 30, 2017. <http://autodesk.com/products/autocad-360>.
22. —. Autodesk BIM 360. *autodesk.com/products/bim-360*. [Online] Jaanuar 2017. <http://www.autodesk.com/products/bim-360>.
23. Trimble Navigation Limited. Trimble Connect. *connect.trimble.com*. [Online] Jaanuar 30, 2017. <http://connect.trimble.com/>.
24. Nemetschek Group. BIMx. *bimx.archicad.com*. [Online] Jaanuar 30, 2017. <http://bimx.archicad.com/en/>.
25. Nemetschek Group. Bluebeam Revu. *bluebeam.com*. [Online] Jaanuar 30, 2017. <http://www.bluebeam.com/>.
26. PlanGrid, Inc. PlanGrid. *plangrid.com*. [Online] Jaanuar 2017. <https://www.plangrid.com>.
27. FieldWireLabs, Inc. Fieldwire. *fieldwire.com*. [Online] Jaanuar 30, 2017. <http://www.fieldwire.com>.
28. Datacomp sp. z o.o. BIM Vision. *bimvision.eu*. [Online] Jaanuar 2017. <http://bimvision.eu/en/free-ifc-model-viewer/>.
29. Bauhub OÜ. Bauhub. *bauhub.ee*. [Võrgumaterjal] 30. Jaanuar 2017. a. <https://www.bauhub.ee>.
30. McGrawHillConstructionResearch&Analytics. *Smart Market Report*. s.l. : McGraw Hill Construction, 2014.
31. AruCAD. InfraBIM. [Võrgumaterjal] AruCAD. [Tsiteeritud: 6. november 2015. a.]
32. Tarkkala, Jukka. *BIM-based Process Management in Municipal Planning*. Vilnius : s.n., 2015.

33. Team, Pennsylvania State University CIC Research. [www.bim.psu.edu](http://www.bim.psu.edu). *BIM Execution Planning*. [Võrgumaterjal] 2.1, Mai 2011. a. [Tsiteeritud: 03. September 2014. a.] <http://bim.psu.edu/Project/resources/default.aspx>.
34. Jeffrey, Wix. IDM Methodology : Process Mapping. *Quick Guide to BPMN*. [Võrgumaterjal] 1.0, 8. January 2007. a. [Tsiteeritud: 5. September 2014. a.] <http://iug.buildingsmart.org/idms/methods-and-guides/QuickGuideToBPMN.pdf/view>.
35. Alt, Aivars, et al. Mudelprojekteerimise projektijuhi kvaliteedikäsiraamatu koostamine. 2014. a.
36. Tallinn. Tallinn. *Tallinna linna koduleht*. [Võrgumaterjal]
37. InfraBIM. InfraBIM Guidelines. [Võrgumaterjal] 2015. a. [Tsiteeritud: 11. november 2015. a.] <http://www.infrabim.fi/en/requirements-and-guidelines/common-infrabim-requirements/>.
38. Designing Buildings. Common data environment CDE. [Võrgumaterjal] Designing Buildings Ltd., 17. juuli 2015. a. [Tsiteeritud: 20. oktoober 2015. a.] [http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Common\\_data\\_environment\\_CDE](http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Common_data_environment_CDE).
39. RIBA Enterprises Ltd. Understanding BIM in a project management environment. [Võrgumaterjal] veebruar 2015. a. [Tsiteeritud: 21. oktoober 2015. a.] <http://www.thenbs.com/topics/bim/articles/understanding-BIM-in-a-project-management-environment.asp>.
40. The British Standards Institution. *PAS 1192-2:2013*. s.l. : The British Standards Institution Limited, 2013.
41. Excitech. *Bim in construction. Focus: part 1*. Enfield, Middlesex : Excitech, 2012.
42. Bentley. ProjectWise. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 4. november 2015. a.] <https://www.bentley.com/en/products/brands/projectwise>.
43. Viewpoint. Viewpoint Construction Software. [Võrgumaterjal] 2015. a. [Tsiteeritud: 4. november 2015. a.] <http://en-gb.viewpoint.com/>.
44. Karits, Janek. *Ülevaade mudelprojekteerimise protsessiskeemide võimalustest*. Tallinn : Tallinna Tehnikakõrgkool, 2015.
45. Autodesk Buzzsaw. [Võrgumaterjal] 2015. a. [Tsiteeritud: 20. oktoober 2015. a.] <http://www.autodesk.com/products/buzzsaw/overview>.
46. Autodesk BIM 360 Glue. [Võrgumaterjal] 2015. a. [Tsiteeritud: 20. oktoober 2015. a.] <http://www.autodesk.com/products/bim-360-glue/overview>.
47. Autodesk Vault. [Võrgumaterjal] 2015. a. [Tsiteeritud: 20. oktoober 2015. a.] <http://www.autodesk.com/products/vault-family/overview>.
48. SIS. Compass – Microsoft SharePoint For Construction. [Võrgumaterjal] 2015. a. [Tsiteeritud: 5. november 2015. a.] <http://www.sisn.com/sharepoint-for-construction/>.

49. BuildingSMART Finland. *COBIM Mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012*. Helsingi, Soome : s.n., 2012. a.
50. Riigi Kinnisvara AS mudelprojekteerimise juhend ver. 31.01.2013. Tallinn , Eesti : s.n., 31. 01 2013. a.
51. buildingSMART. Information Delivery Manuals. *buildingSMART*. [Võrgumaterjal] buildingSMART International Ltd., 2011. a. <http://www.iug.buildingsmart.org/ids/>.
52. Malleson, Adrian, et al. *NBS International BIM Report 2013*. London : NBS, 2014.
53. BIMtaskgroup. *A report for the Government Construction Client Group*. 2011.
54. Tarkkala, Jukka. *BIM-based Process Management in Municipal Planning*. 2015.
55. Maanteeamet. 2009-2011 hindade võrdlus. [Võrgumaterjal] Maanteeamet, 2011. a. [Tsiteeritud: 30. oktoober 2015. a.] [http://www.mnt.ee/public/2011-2009\\_maksumus\\_veebilehele.pdf](http://www.mnt.ee/public/2011-2009_maksumus_veebilehele.pdf).
56. Building Design . BIM - collaboration and the common data environment. [Võrgumaterjal] 6. juuni 2014. a. [Tsiteeritud: 28. oktoober 2015. a.] <http://www.bdonline.co.uk/cpd-14-2014-bim-collaboration-and-the-common-data-environment/5068904.article>.
57. Suomisto, Jarmo. *3D City Information Model*. 2015.
58. Royal Institution of Chartered Surveyors. *rics.org/us/knowledge/professional-guidance*. [Online] 2015. <http://www.rics.org/us/knowledge/professional-guidance?pn=1&so=Relevance&rl=construction>.
59. The Specialist Engineering Contractors' (SEC) Group. *secgroup.org.uk/BIM2.html*. [Online] August 2014. <http://www.secgroup.org.uk/BIM2.html>.
60. The National BIM Standard-United States. buildingSMART alliance Releases NBIMS-US™ Version 3. *nationalbimstandard.org*. [Online] Juuli 22, 2015. <https://www.nationalbimstandard.org/>.
61. Australasian Procurement and Construction Council Inc. The Australasian Procurement and Construction Council Inc (APCC). *apcc.gov.au*. [Online] Juuni 2015. [http://www.apcc.gov.au/ALLAPCC/2015%20July%20Procurement%20Guide\\_FINAL%20WEB.pdf](http://www.apcc.gov.au/ALLAPCC/2015%20July%20Procurement%20Guide_FINAL%20WEB.pdf).
62. Leansite OÜ. *leansiteapp.com*. [Võrgumaterjal] Jaanuar 2017. a. <https://www.leansiteapp.com>.