

Tallinna Tehnikakõrgkool
Ehitusteaduskond

Mudelprojekteerimise projektijuhi kvaliteedikäsiraamatu koostamine

Uuringu aruanne:

Kirjanduse ülevaade, teoreetilise raamistiku loomine, protsesside kirjeldus, mudelprojekteerimise
rakenduskava koostamine

Täitjad:

Dotsent Aivars Alt

Assistent Egert Ronald Parts

Kenet Kroon

Lektor Siim Saidla

Nooremteadur Ergo Pikas

Tallinn november 2014

LÜHIKOKKUVÕTE

Tallinna Tehnikakõrgkool viis läbi uuringu, mille eesmärk on välja töötada modelleerimise protsessi toetav juhendmaterjal.

Eestis on loodud ja ülevõetud mitmeid juhendmaterjale mudelprojekteerimise tehnilise töö toetamiseks (näiteks Riigi Kinnisvara AS Mudelprojekteerimise juhend ning COBIM 2012). Loodud materjalid keskenduvad peamiselt töö sisenditele ning väljunditele kuid protsessi kui terviku käsitlemisega tegelevad juhendid üldiselt.

Uuring viidi läbi kaheksa kuu jooksul alates aprillist kuni detsembrini 2014. aastal. Tegemist on rakendusliku uuringuga, mis jagunes kaheks staadiumiks. Esmalt tehti kirjanduse ülevaade, mille jooksul tutvuti erinevate riikide mudelprojekteerimise juhendmaterjalidega. Uuringu teises osa koostati juhendmaterjal.

Uuringu raport teeb esimestes peatükkides ülevaate enimsiteeritud juhendmaterjalidest, samuti on toodud juhenditest välja sisend loodavale juhendmaterjalile. Samuti on raportis käsitletud rahvusvahelist raamistikku (*Information Delivery Manual*) modelleerimisprotsessi kavandamiseks. Töö viiendas peatükis tehakse Eesti Äritarkvara Liidu uuringu kokkuvõte, mis toob välja mudelprojekteerimise seisuga aastal 2014 Eestis.

Uuringu esmane eesmärk oli välja töötada mudelprojekteerimise (BIM) projektijuhi käsiraamat kuid maailmapraktikast selgub, et materjali saab asendada BIM rakenduskavaga (*BIM Execution Plan*). Raporti kuuendas peatükis tehakse ülevaade rakenduskava koostamise protseduuridest ning rakenduskava sisust.

Töö üldosale on lisatud toetavad materjalid rakenduskava koostamiseks, mis on eraldi kasutatavad, kuid konteksti mõistmiseks on soovitatav esmalt tutvuda raportiga.

Raporti lisadeks on: Lisa 1 Rakenduskava koostamise juhised, Lisa 2 Rakenduskava alusfail, Lisa 3 Modelleerimise ulatuse tabel, Lisa 4_1 vastuolude kontrolli tarkvara Navisworks lühijuhend, Lisa 4_2 vastuolude kontrolli tarkvara Solibri Model Checker lühijuhend, Lisa 4_3 vastuolude kontrolli

tarkvara Tekla BIMsight lühijuhend, Lisa 5 Protsessiskeemide loomise juhised, Lisa 6 Protsessiskeemi näidis ja Lisa 7 Modelleerimisulatus näidised

Töö koostamise töörühma kuulusid Tallinna Tehnikakõrgkoolist dotsent Aivars Alt, assistent Egert Roland Parts ja Siim Saidla. Lepinguliste partneritena olid kaasatud Tallinna Tehnikakõrgkooli vilistlane Kenet Kroon ning Tallinna Tehnikaülikooli nooremteadur Ergo Pika.

Modelleerimisulatus näidiste koostamisel osales töörühm Reet Kalmet juhtimisel.

Uuringu läbiviimist toetas Riigi Kinnisvara Aktsiaselts.

Dotsent Aivars Alt

Ehitusteaduskond

Tallinna Tehnikakõrgkool

Sisukord

LÜHIKOKKUVÕTE	2
1 SISSEJUHATUS	11
1.1 PROBLEEMI KIRJELDUS	11
1.2 UURIMUSTÖÖ KÜSIMUSED	11
1.3 MUDELPROJEKTEERIMISE KASUTAMISEST UK, USA, SAKSAMAA JA PRANTSUSMAA NÄITEL	12
2 UURIMUSTÖÖ METOODIKA	17
2.1 EELDATAVAD TULEMUSED JA KASU	17
3 ÜLEVAADE MUDELPROJEKTEERIMISE PROTSESSIST	18
4 MUDELPROJEKTEERIMISE JUHENDID	21
4.1 MUDELPROJEKTEERIMISE JUHENDITEST	21
4.1.1 EVS 811:2012 ülevaade	22
4.1.2 Riigi Kinnisvara AS juhendi ülevaade ning kasutatavuse analüüs.....	26
4.1.3 Soome juhendid.....	32
4.1.4 USA juhendid	37
4.1.5 UK juhendid.....	43
4.1.6 AEC (UK) BIM Protocol ver. 2.0.....	45
4.1.7 Norra Statsbygg	47
4.1.8 Singapur.....	50
4.2 PRAKTILISI SOOVITUSI ERINEVATE RIIKIDE JUHENDITEST.....	52
4.2.1 USA: Building Information Modeling Project Execution Planning Guide.....	52
4.2.2 UK: BIM Protocol.....	54
4.2.3 Norra: Statsbygg BIM Manual 1.2.1.....	55
4.2.4 Singapur: BIM Guide	57
4.2.5 Kokkuvõte ja soovitused.....	59
5 ÄRITARKVARA LIIDU UURING: EESTIS ENAMKASUTATAVAD TARKVARAD	63
5.1 UURINGU METOODIKA	63
5.2 UURINGUTULEMUSTE KOKKUVÕTE	63
6 PROJEKTI RAKENDUSKAVA	69
6.1 PROJEKTI RAKENDUSKAVA ÜLEVAADE.....	69
6.2 PROJEKTI ÜLDANDMED.....	69
6.3 PROJEKTI EESMÄRK, MAHT JA AJAKAVA.....	70
6.3.1 Kliendi eesmärgid	70
6.3.2 Peamised mudelprojekteerimise eesmärgid ja ülesanded	70
6.3.3 Mudelprojekteerimise kasutusala.....	70
6.3.4 Projekti maht ja vastutajad	71

6.3.5	<i>Projekti staadiumid</i>	71
6.4	PROJEKTI KOOSSEIS	71
6.4.1	<i>Faili nimetamise struktuur</i>	71
6.4.2	<i>Mudelite struktuur</i>	71
6.4.3	<i>Mõõtühikud ja koordinaatsüsteemid</i>	71
6.4.4	<i>BIM ja CAD standardid ja juhendid</i>	72
6.5	ORGANISATSIOON	72
6.5.1	<i>Projekti juhtimisstruktuur</i>	72
6.5.2	<i>Projekti meeskond</i>	72
6.5.3	<i>Mudelprojekteerimise kasutusvalade vastutajad</i>	72
6.6	PROJEKTEERIMISE PROTSESSISKEEMIDE LOOMINE.....	73
6.7	TÖÖDE KORRALDAMINE	73
6.7.1	<i>Projekti ajagraafik</i>	73
6.7.2	<i>Infovahetus</i>	74
6.8	VORMISTAMINE.....	76
6.9	KVALITEEDI KONTROLL.....	76
6.9.1	<i>Üldine strateegia kvaliteedikontrolliks</i>	77
6.9.2	<i>Kvaliteedi kontrolli ülevaated</i>	77
6.9.3	<i>Mudeli täpsus ja tolerantsid</i>	81
6.10	TEHNOLOOGILINE INFRASTRUKTUUR.....	81
6.10.1	<i>Tarkvara</i>	81
6.10.2	<i>Arvutid / Rüstvara</i>	81
6.10.3	<i>Modelleerimise sisu ja algallikad</i>	81
6.11	INFO JAGAMISE STRATEEGIA/LEPING	82
6.11.1	<i>Info jagamise- ja lepingu strateegia</i>	82
6.11.2	<i>Projektimeeskonna valiku protseduur</i>	83
7	KASUTATUD KIRJANDUSE LOETLEU	84

Jooniste loetelu

JOONIS 1. INGLISMAA, PRANTSUSMAA JA SAKSAMAA OOTUS TASUVUSAJA SUHTES (MCGRAWHILLCONSTRUCTIONRESEARCH&ANALYTICS, 2014).....	13
JOONIS 2. KUIDAS MÕISTETAKSE TERMINIT BIM (MALLESON, WATSON, HEISKANEN, FINNE, & HUBER, 2014).....	13
JOONIS 3. ETTEVÕTETE KAVATSUS KASUTADA EHITUSINFORMATSIOONI MODELLEERIMIST LÄHIAASTATEL (MALLESON, WATSON, HEISKANEN, FINNE, & HUBER, 2014).....	14
JOONIS 4. BEW AND RISHARDS EHITUSINFORMATSIOONI MODELLEERIMISE TASEME MUDEL. (BIMTASKGROUP, 2011).....	15
JOONIS 5. MUDELPROJEKTEERIMISE JUHENDITE ÜLEVAADE (COLUMBIA, 2011).....	22
JOONIS 6. MUDELPROJEKTEERIMISE ETAPID	28
JOONIS 7. KAS ETTEVÕTTES ON KIRJALIKUS VORMIS TARKVARAHALDUSE PROTSEDUURIREEGLID (EESTIÄRITARKVARALIIT, 2014)	64
JOONIS 8. KOKKUPUUDE MUDELPROJEKTEERIMISE TEHNOLOOGIAGA (EESTIÄRITARKVARALIIT, 2014)	64
JOONIS 9. ÜLEVAADE ETTEVÕTETES KASUTATAVATEST TARKVARADEST (EESTIÄRITARKVARALIIT, 2014)	65
JOONIS 10. MUDELPROJEKTEERIMISE KASUTAMISE EESMÄRK ETTEVÕTETES (EESTIÄRITARKVARALIIT, 2014).....	65
JOONIS 11. MUDELPROJEKTEERIMISE MUDELITE VÄLJASTAMISE FORMAAT (EESTIÄRITARKVARALIIT, 2014).....	66
JOONIS 12. MUDELPROJEKTEERIMISE MUDELI UUENDAMISE SAGEDUS ETTEVÕTTES (EESTIÄRITARKVARALIIT, 2014).....	67
JOONIS 13. HOIAKUD SEoses MUDELPROJEKTEERIMISE TEHNOLOOGIA KASUTAMISEGA (EESTIÄRITARKVARALIIT, 2014).....	68

Tabelite loetelu

TABEL 1. MUDELPROJEKTEERIMISE LIIDRID (MCGRAWHILLCONSTRUCTIONRESEARCH&ANALYTICS, 2014).....	12
TABEL 2. MUDELPROJEKTEERIMISE JUHENDITE RISTANALÜÜS	60

Terminid

Analüüs (protsessiskeemi kontekstis) - Analüüsi all mõistetakse erinevaid simulatsioone (energiasimulatsioon, tugevusarvutused, ehitusgraafiku animatsioon).

Andmekoosseis (*Information content*) - Objekti klassiga on ära määratud tema muutujate väärtused (andmed) kui ka meetodid, millele see objekt reageerib ehk reeglid.

Andmeobjekt (*Dataobject*) - Objektorienteeritud programmeerimises nimetatakse objektiks andmestruktuuri unikaalset eksemplari, mis on defineeritud vastavalt tema klassiga määratud mallile. See tähendab, et objekti klassiga on ära määratud nii tema muutujate väärtused (andmed) kui ka meetodid, millele see objekt reageerib. Teisiti öeldes, objekt koosneb andmetest ja meetoditest ning neid andmeid kutsutaksegi andmeobjektiks.

Andmevahetuse nõuded (*View definition*) - Informatsiooni kogum informatsioonimudelitest, mida saab toetada tarkvara rakenduste tüüptidega.

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

CAD (*Computer Aided Design*) - Raalprojekteerimine, antud kontekstis 2D baasil.

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

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.

Element (*object, component, family, element*) – Dokumendis käsitletakse elementi, komponenti, perekonda, ja objekti sünonüümidenä. Mudelement on ehituse osa (alamüksus), mida kirjeldab omaduste kogum: omadused, tunnused ja parameetrid. Elemendid jagunevad geneerilisteks tootjaspetsiifilisteks elementideks.

Geneeriline element (*Generic object*) - Üldiste omaduste ja tunnustega elemendi tüübi esindav element. Ei ole seotud konkreetse tootega. Kasutatakse projekteerimises lahenduste nõuete modelleerimiseks.

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.

Modelleerimise ulatus (*Level of Development*) – Modelleerimise ulatus määrab sisulist lahenduse kvaliteeti ehk kui põhjalikult on lahendus läbi mõeldud. Mõistet võib kirjeldada ka kui nõuet infole, mis on mudelis.

Modelleerimise detailsus (*Level of Detail*) – Kirjeldab, kui detailselt on objekt modelleeritud. Näiteks, kas konstruktsioonile on lisatud kinnitusvahendid või on objekt kujutatud ruumobjektina. Modelleerimise detailsus on sisendiks modelleerimise ulatusele.

Modelleerimise koordinaator (*Executive User*) - Kehtestab projekti infovahetuse standardid ja nõuded.

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

MVD (*Model View Definition*) - Mudeli tehniline kirjeldus, mis kirjeldab mudeli elementide koosseisu, andmestiku ja funktsioone.

Omadus/tunnus (*Attribute/property*) - Elemendi klassile omistatud tunnus, muutuja ja informatsioon.

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

Parameetiline tootekataloog (*Parametric BIM object library*) - Parameetriliste mudelprojekteerimise elementide kogum, mis kuulub ühele või mitmele tootjale.

Protsessi kaart (*Process Maps*) - Kirjeldab tegevuste teostumisi teatud teema piires. Protsessi kaardi mõte on saada aru: tegevuste seadetest, seotud osapooltest, nõutud informatsioonist.

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

Tahkkehad (*Solids*) - Arvutigraafika kontseptsioon kolmemõõtmeliste objektide modelleerimiseks.

Tootjaspetsiifiline element (*Manufacturer object*) - Kindalt ehitustoodet/-materjali esindav mudelprojekti element, mis kuulub konkreetsele ehitustooale ja -materjalide tootjale. Elemendiga on seotud toodet kirjeldav andmestik.

Virtuaalne prototüüp (protsessiskeemi kontekstis) - Vt terminit ehitusinformatsiooni mudel

3D - Kolmemõõtmeline arvutigraafika on stereopilt, kolmemõõtmeline graafika, kolmemõõtmeliste objektide loomine, kuvamine ja töötlemine arvutis, baseerub vektorgraafikal elementide kirjeldamiseks kolmel teljel (X, Y ja Z-telg).

1 SISSEJUHATUS

1.1 Probleemi kirjeldus

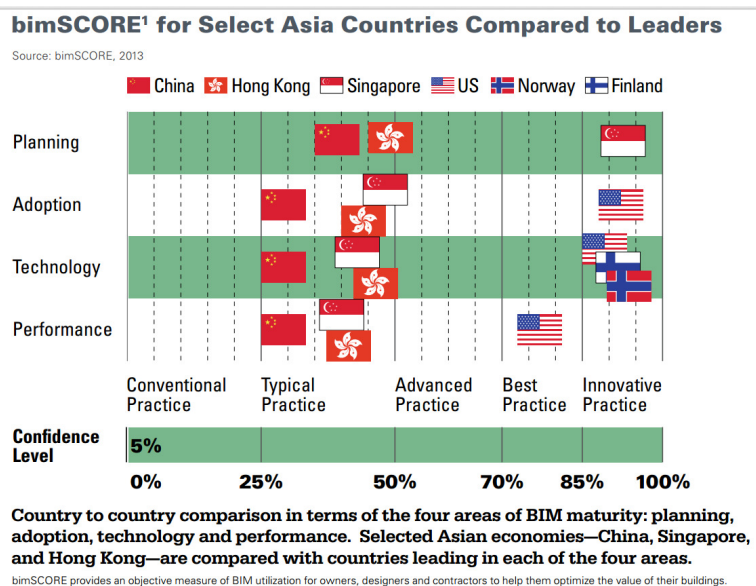
Erinevad tänaseks loodud materjalid kirjeldavad üldjuhul mudelprojekteerimise väljundit, milleni modelleerimisel jõutakse. Näitena Riigi Kinnisvara ASi juhend või Soome juhend COBIM 2012. Sisulises tööprotsessis on vajalik täpsema protsessi kirjeldus koos vajalike blankettide, kontroll-lehtede ja tööprotsessi kirjeldustega. Mudelprojekti projektijuhi kvaliteedikäsiraamat (mudelprojekti rakenduskava) koostatakse pearõhuga projekteerimise projektijuhi tegevustest lähtuvalt. Materjalist on oluline abi töö tellijal, sest juhend selgitab, millisel hetkel ning mis tegevusi temalt oodatakse. Sarnaselt tellijaga on käsiraamat abimaterjaliks projekteerimistegevuse teistele osapooltele: arhitektile, konstruktorile, eriosade projekteerijatele. Käesoleva töö üldosa koostamise alusmaterjalina on kasutatud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi toetusel valminud uuringut „Parameetriliste tootekataloogide põhimõtete väljatöötamine ning parameetrilise tootekataloogide keskkonna loomise alternatiivide väljatöötamine“

1.2 Uurimustöö küsimused

- Millised on parimad riiklikud praktikad/kogemused mudelprojekteerimise juhtimisel?
- Milline on juhendmaterjalide koosseis, mida vajatakse mudelprojekteerimise läbiviimiseks, seda erinevates riikides?
- Milline on mudelprojekteerimise protsesside korraldus maailmapraktikas?
- Kuidas on võimalik ühendada projekteerimisettevõtete tavapraktikat mudelprojekteerimise tehnoloogia kasutamisega?

1.3 Mudelprojekteerimise kasutamisest UK, USA, Saksamaa ja Prantsusmaa näitel

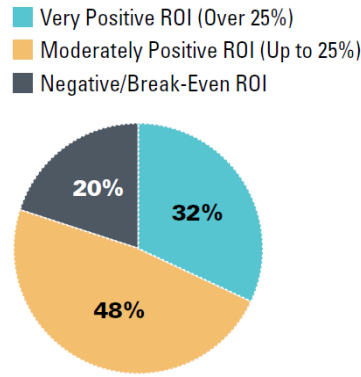
McGraw-Hilli statistilised uuringud on koostatud eesmärgiga hinnata erinevate riikide mudelprojekteerimise rakendamise taset, ootusi ja takistusi. Peatükis on toodud välja peamised näitajad McGraw-Hilli avaldatud SmartMarketReport dokumendist. Hetkel peamiste mudelprojekteerimise valdkonna liidrite võrdlus on toodud Tabelis 1



Tabel 1. Mudelprojekteerimise liidrid (McGrawHillConstructionResearch&Analytics, 2014)

Skeemilt selgub, et ehitusinformatsiooni modelleerimise tehnoloogia juurutamises on nii rakendamise, tehnoloogia kasutamise kui tulemuslikkuse seisukohalt liidrikohal USA. Eesti lähinaabritest on tehnoloogia juurutamise seisukohalt tulemuslikud nii Soome kui Norra.

Uuringus tuuakse muuhulgas välja, et Euroopa suurtes majandustes: Prantsusmaal, Saksamaal ning Inglismaal on ehitusettevõtete mudelprojektide kasutamine tagasihoidlik võrreldes projekteerijatega. Samas on positiivse signaalina ehitajate ootus tasuvusaja suhtes, kus üldiselt nähakse ehitusinformatsiooni modelleerimise juurutamises suurt kasvupotentsiaali ning tehnoloogia juurutamist peetakse investeeingu mõttes negatiivseks vaid viiendikul juhtudel vastanutest.

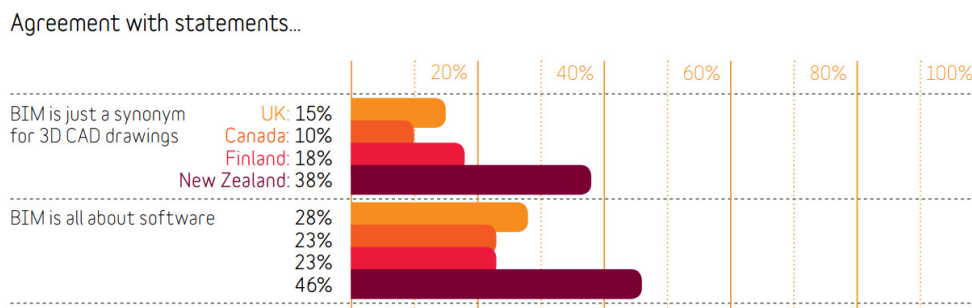


Joonis 1. Inglismaa, Prantsusmaa ja Saksamaa ootus tasuvusaja suhtes (McGrawHillConstructionResearch&Analytics, 2014)

Peamised valdkonnad, milles nähakse olulist kasvupotentsiaali on ehituse maksumuse alandamine ning ehitustoimingute asjaajamise lihtsustamine kohaliku omavalitsuse ja riigiga.

Raport toob ehitusinformatsiooni modelleerimise kasutamise eelistena välja uued tehnoloogiad, mis muudavad töö efektiivsemaks. Tehnoloogiatena tuuakse välja andmete haldusvõimalused virtuaalserverites, laserskaneerimine ning mobiilsed seadmed info kasutamiseks ehituspatsil.

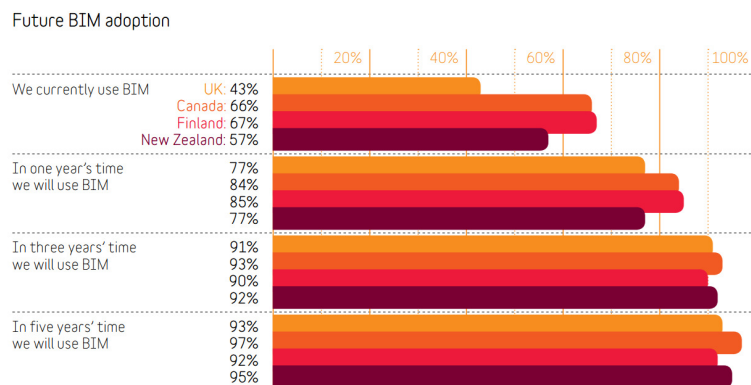
UK ehitusvaldkonna standardiameti National Building Specification (NBS) 2013 läbiviidud rahvusvahelise uuringu põhjal selgub, et sõltuvalt riikide ehitusinformatsiooni modelleerimise tasemest on arusaamine tehnoloogiast kui sellisest väga erinev. Selgub, et sisulise teadmise suurenedes ollakse oluliselt tagasihoidlikum oma tehnilise võimekuse hindamisel. Ühe võimaliku tähendusena peetakse väiksema teadlikkusega riikides ehitusinformatsiooni modelleerimiseks ühte konkreetset tarkvara. Vt. Allolevat joonist 2.



Joonis 2. Kuidas mõistetakse terminit BIM (Malleon, Watson, Heiskanen, Finne, & Huber, 2014)

Samast uuringust selgub positiivse näitena, et eesrindlikumad ehitusinformatsiooni modelleerimise valdkonna riigid nagu Soome ja UK kasutavad ehitusinformatsiooni modelleerimisel koostööks olulisel määral avatud failiformaati IFC.

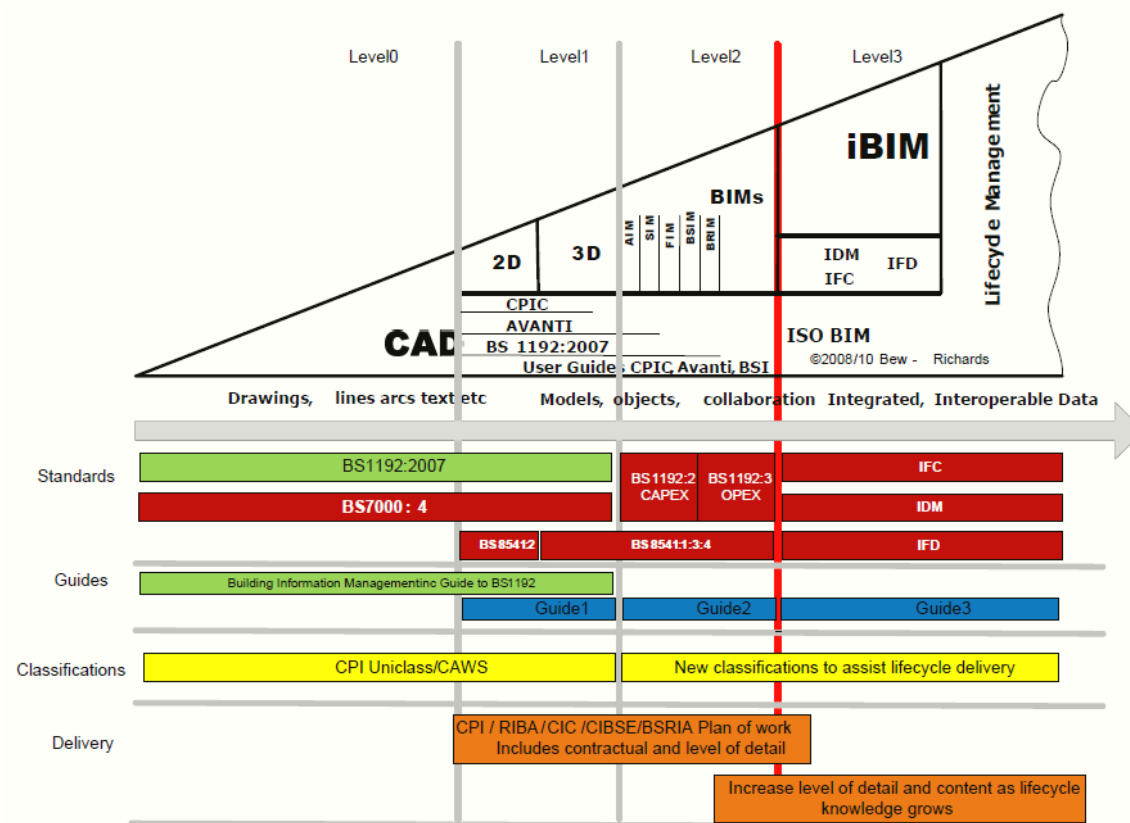
Julgustava signaalina saab tuua välja ettevõtete lähiaastate kavatsused, kus peaaegu kogu sektor plaanib lähima viie aasta perspektiivis üle minna ehitusinformatsiooni modelleerimise kasutamisele. (Joonis 3)



Joonis 3. Ettevõtete kavatsus kasutada ehitusinformatsiooni modelleerimist lähiaastatel (Malleon, Watson, Heiskanen, Finne, & Huber, 2014)

2011. aasta kevadel võttis UK valitsus vastu uue ehitusvaldkonda käsitleva strateegia, mis sätestab, et aastast 2016 peavad kõik avaliku sektori projektid olema realiseeritud ehitusinformatsiooni modelleerimise tehnoloogia abil (Office 2012). Täpsemalt, aastaks 2016 peab ehitussektor saavutama minimaalselt „Level 2“ ehk integreeritud töövoolud. Vastav strateegia on tinginud üleriigilise ehitusinformatsiooni modelleerimise arendamise ja rakendamise põhimõtete väljatöötamise. Selleks on kokku kutsutud juhtrühm ja töögrupid valdkondade kaupa (lisainfo: <http://www.bimtaskgroup.org>). Valitsuse plaan on järgneva nelja aasta jooksul täita mitu olulist eesmärki: alandada üldist ehituskulu ning langetada süsihappegaaside emissiooni ehitamise ja hoone eluea vältel vähemalt 20%. Seda loodetakse saavutada, kasutades ehitusinformatsiooni modelleerimise tehnoloogiat parema koostöö saavutamiseks (BIMTaskGroup 2013). 2012. aastal läbi viidud uuringust selgub, et ligi 78% vastanutest usub, et ehitusinformatsiooni modelleerimine on projekti haldamise ja juhtimise vältimatu osa, kuid täit potentsiaali pole saavutatud. Sama uuring näitab, et ligi kolmandik ehitusettevõtetest Suurbritannias kasutab ehitusinformatsiooni modelleerimist, kusjuures aasta varem oli see 13 protsenti (<http://www.thenbs.com/topics/bim/articles/whatsGoingOnInWorldOfBIM.asp>).

Järgnevalt on esitatud ehitusinformatsiooni modelleerimise erinevate tasemete mudel koos teise taseme põhimõtetega UK ehitusinformatsiooni modelleerimise standardist.



Joonis 4. Bew and Rishards ehitusinformatsiooni modelleerimise taseme mudel. (BIMtaskgroup, 2011)

Level 2 ehitusinformatsiooni modelleerimise põhimõtted (BIMtaskgroup, 2011):

- nõutud informatsiooni loovad ning edastavad selle eest vastutavad osapooled. Osapooled jagavad omavahel informatsiooni töö tegemiseks jooksvalt;
- tellija selgelt sõnastatud nõuded projektis väljastatavale informatsioonile, ehk väljundid, mida kajastatakse lepingutes;
- tellija peab enne lepingu sõlmimist uurima töövõtja tausta, et vältida hilisemaid probleeme töövõtja lepinguliste kohustuste täitmisel. Selleks tuleb hinnata töövõtja töömeetodeid, võimekust ja töövoolu;
- töövõtja koostab mudelprojekti rakenduskava, milles on esitatud töö ülesandeid täitavad osapooled, kohustused ja vastutus, kasutatavad standardid, töömeetodid ja protseduurid;

- võimalus kasutada projekti andmepanka, millele saavad ligipääsu kõik osapooled, et sisestada, hallata, organiseerida, redigeerida, jne informatsiooni;
- töövõtjad peavad suutma rakendada ja kasutada vajalike tarkvarasid, standardeid, juhendeid, jne;
- võimalus kasutada tarkvarasid, mis on erialaspetsiifilised ning koostalitlusvõimelised.

2 UURIMUSTÖÖ METOODIKA

Tegemist on rakendusteadusliku uuringuga. Uuring jaguneb kaheks suuremaks staadiumiks, milles uuritakse kirjandust; parimaid praktikaid; kaardistatakse Tellija ootusi ning potentsiaalsete töö teostajate võimekust; töötatakse välja juhendmaterjal, mis sisaldab mudelprojekteerimise projekteerimise korraldamise protsessiskeeme ning konkreetseid vorme ja kontrollnimekirju. Protsessi skeemid ja kontrollvormid on esitatud käesoleva dokumendi lisadena. Täpsemalt on uurimustöö struktureeritud järgmiselt:

- **I staadium:** olemasoleva kirjanduse kogumine, analüüsimine ja sünteesimine, lähteülesande täpsustamine lähtuvalt kirjandusest leitud uutest faktidest.
- **II staadium:** Rakenduskava koostamine. Projekti rakenduskava ülesehituse selgitamine; teises etapi väljundiks on rakenduskava koos selgitustega ning juhendmaterjalid projektijuhi töö toetamiseks. Materjal on koos kasutatav traditsioonilise projekteerimise juhtimisega.

2.1 Eeldatavad tulemused ja kasu

Uurimustöö väljundina tekib juhendmaterjal, mis on alusmaterjaliks erinevate traditsiooniliste- ja mudelprojekteerimiste läbiviimisel. Lisaks sellele tekivad järgmised väljundid:

- valmib analüüs olemasolevast olukorrast ja vajadusest juhendmaterjali järele;
- valmib mudelprojekteerimise juhendite ülevaade;
- valmib rakenduskava koostamise juhend koos näidisfailide ja erinevate lisadega;
- valmib mudelprojekteerimise protsessiskeemide juhend koos kommentaaridega.

3 ÜLEVAADE MUDELPROJEKTEERIMISE PROTSESSIST.

Ehitusinfo modelleerimine (BIM) on uus lähenemine kirjeldamiseks ja näitamaks nõutud informatsiooni hoonete ja rajatiste projekteerimisel, ehitamisel ning haldamisel. Uus lähenemine võimaldab luua erinevat informatsiooni, mida kasutatakse ehitusel.

Et kasutada mudelprojekteerimise lähenemist efektiivsemalt ning saada sellest suuremat kasu on vaja projekti protsessides erinevate osapoolte vahelist kommunikatsiooni kvaliteeti oluliselt parandada. Eeldusel, et vajalik informatsioon on saadaval, kui seda vajatakse ning informatsiooni kvaliteet on vajalikul tasemel, siis need eeldused tagavad ehitusprotsesside efektiivsema toimimise.

Nimetatud eesmärgi saavutamiseks peab olema ühine arusaam ehitusprotsessidest ja informatsioonist, mida vajatakse.

Rahvusvaheline infovahetamise standard (IFC) tagab informatsioonibaasi ehitatud hoone või rajatise kogu elukaare kohta. Standard ei anna piisavalt informatsiooni eraldiseisvate protsesside kohta, mis leiavad aset hoonete või rajatiste ehitamise käigus.

The Information Delivery Manual (IDM) juhendi eesmärgiks on tagada integreeritud alus protsessidele ja andmetele, mida eeldab mudelprojekteerimine, tuues välja konkreetset protsessid, mis toimuvad hoonete ehitamisel, informatsioon, mida vajatakse nende läbiviimiseks ning tulemused, mis tekivad protsesside toimumise tulemusena. Juhend täpsustab:

- kuhu protsess sobib ning mis on protsessis oluline;
- kes on osapooled ning kes loovad ja kasutavad informatsiooni;
- milline on loodud ning kasutatud informatsioon;
- kuidas informatsioon peaks olema toetatud tarkvara lahenduste poolt.

Protsessiskeemi loomisega kajastab IFC paremini reaalse projektide vajadusi ning kiirendab mudelprojektide kasutamist projektides. Samuti aitab protsessiskeem paremini mõista integreeritud projekti informatsiooni, mis on peamine komponent sisuliste protsesside arendamisel.

Mudelprojekti rakenduste kasutajate jaoks tagab protsessiskeem parema ning lihtsamini mõistetava kirjelduse hoonete ehitusprotsessidest, millised on informatsioon nõuded, mis peavad olema tagatud, et võimaldada protsesside edukat läbiviimist ning saavutada soovitud tulemused protsessidest. IDM juhend aitab:

- muuta informatsiooni vahetamist projekti erinevate osapoolte vahel usaldusväärsemaks;
- parandada informatsiooni kvaliteeti;
- parandada otsuste tegemist;
- teha mudelprojekteerimise teostamine oluliselt efektiivsemaks.

Mudelprojekteerimise tarkvara arendajatele identifitseerib ja kirjeldab juhend detailseid funktsionaalseid protsesse ja IFC võimalusi, mis on vajalikud toetamaks igat funktsionaalset osa protsessides. Lisaks tagab juhend (Team, 2011):

- parema toe kasutajate vajadustele;
- informatsiooni vahetamise kvaliteedi;
- tarkvara komponentide korduvkasutuse.

Selleks, et töötada tõhusamalt on vaja organisatsiooni(de) erinevatel osapooltel teada millal ja millist informatsiooni on vaja edastada. Teema on veelgi olulisem, kui kasutatakse digitaalseid tööriistu, kuna enamusel digitaalsetel tööriistadel ei ole piisavalt võimekust vahetada andmeid ja informatsiooni. ISO 29481-1:2010 "*Building information modelling - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format*" standard on väljatöötatud buildingSMART organisatsiooni poolt selleks, et luua metoodika jäädvustamiseks ja täpsustamiseks protsesse ja informatsiooni vooge kogu hoone elutsükli jooksul. (Jeffrey, 2007)

Metoodikat võib kasutada dokumenteerimaks olemasolevaid ja uusi protsesse ja kirjeldada protsessidega seotud informatsiooni, mida erinevad osapooled peavad vahetama. Standardi väljundit võib kasutada täpsustamiseks tehnilisi nõudeid, mida võib kasutada alusena tarkvara arendamise protsessides. (Jeffrey, 2007)

Oluline on täpsustada, et toimiva IDMi loomiseks peab see olema toetatud tarkvarade poolt. Üheks peamiseks IDM eesmärgiks on tagada oluliste andmete info vahetamine selliselt, et vastuvõttev tarkvara suudaks seda tõlgendada. (Jeffrey, 2007)

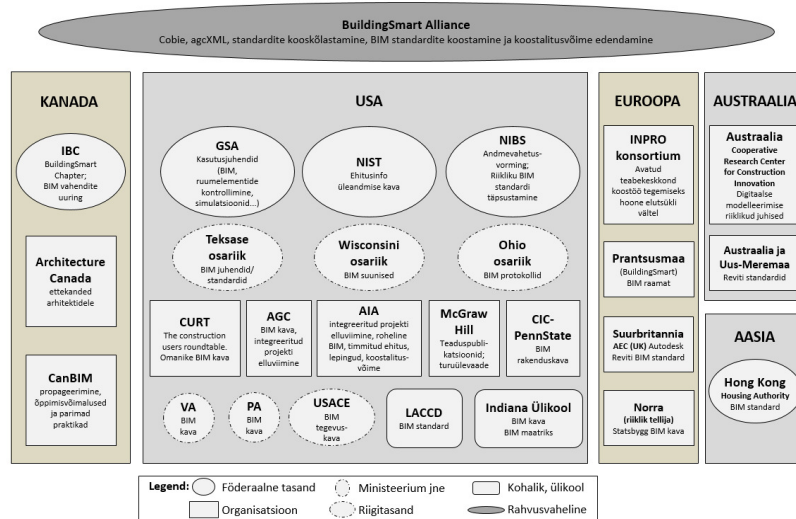
Metoodika on täna vastuvõetud, kui ISO standard. Eeldatakse, et standardile lisatakse materjali, mis muudab selle spetsiifilisemaks, et standard vastaks projektdokumentatsiooni vahetamise stsenaariumile ning samas defineeriks kommunikatsiooni protsessi etappe projekti osapoolte vahel. (Jeffrey, 2007). Arvutiga infotöötlusel on möödapääsmatu standardiseeritud infosisu ning standardiseeritud protsessid (IDM).

4 MUDELPROJEKTEERIMISE JUHENDID

4.1 Mudelprojekteerimise juhenditest

Käesolevas peatükis antakse ülevaade erinevatest enimsiteeritud mudelprojekteerimise juhendmaterjalidest. Üldiselt võib jagada juhendid kahte suurde kategooriasse: standardid ning tellijate juhendid, mille on koostanud teadusasutused. Ameerika Ühendriikide näitel on näha, kuidas erinevad osariigid on loonud konkreetseid juhendmaterjalid lähtuvalt senistest praktikatest erinevates piirkondades. Suures juhendite hulgas on oluline, et põhilised näitajad juhendmaterjalides on kordusena kõikides juhendites esitatud, näiteks vastutuse maatriks, modelleerimise eesmärkide defineerimine, modelleerimise ulatus jne.

Joonisel 5 on toodud ülevaade erinevatest mudelprojekteerimise juhenditest Euroopas, Aasias, Austraalias, Kanadas ja USAs. Juhendeid on koostatud erinevatel tasemetel alates riiklikest dokumentidest kuni organisatsiooni taseme juhendmaterjalideni, näiteks Indiana University mudelprojekteerimise juhend.



Joonis 5. Mudelprojekteerimise juhendite ülevaade (Columbia, 2011)

4.1.1 EVS 811:2012 ülevaade

Peatükis tehakse ülevaade standardist EVS 811, et anda ülevaade tänastest sisulistest väljunditest 2D kujul koostatavale projektdokumentatsioonile. See on tänases mudelprojekteerimise tehnika ja tehnoloogia arengu hetkeseisus peamine määraja, mis annab juhised vajalikest koostatavatest dokumentidest, mis peavad minimaalselt tekkima modelleerimise protsessis.

Standardis EVS 811 antakse ülevaade hoone ehitusprojektist ja selle üksikute osade ning staadiumite **soovitavast** mahust. Standardiga määratletakse kavandatava hoone ehitusprojekti sisu ja dokumentide koosseis. Standard ei käsitle dokumente, mis kirjeldavad ehitustööde korraldust ega käsitle hoone projekteerimise tehnoloogia. Ehitusprojekti osade lahendamisel tuleb lisaks lähtuda vastava osa erialastandarditest.

EVS 865-1. Hoone ehitusprojekti kirjeldus. Osa 1: Eelprojekti seletuskiri

EVS 895-2. Hoone ehitusprojekti kirjeldus. Osa 2: Põhiprojekti ehituskirjeldus

EVS 907. Rajatiste ehitusprojekt

Ehitusprojekti üldnõuded

Ehitusprojekt määratleb kavandatava hoone ja seda ümbritseva maa-ala arhitektuuri ning konstruktsioonide ja tehnosüsteemide ehituslahenduse. Ehitusprojekt võib piirduda hooneosade või hoone tehnosüsteemidega. Põhinõuded ehitusprojektile on sätestatud ehitusseadustikus ja sellest

tulenevate õigusaktidega. Ehitusprojekt peab tagama kavandatava hoone vastavuse õigusaktidega sätestatud nõuetele. Ehitusprojektid, mis koostatakse kinnismälestiste, muinsuskaitse- või miljööalal paiknevate ehitiste või muude arhitektuuriväärtuslike osi sisaldavate ehitiste ümberehitamiseks, peavad vastama ka asjakohastele erinõuetele. Ehitusprojekti dokumendid peavad sisaldama andmeid projekti autori(te) kohta autoriõiguse seadusest tulenevatest nõuetest lähtuvalt. Joonised tuleb esitada mõõtkavas, mis vastab joonise detailsusele ja tagab loetavuse. Tellija nõuded esitatakse lähteülesandes.

Projekteerimise korraldus

Projekteerimist korraldab ja juhib peaprojekteerija või projekteerimise projektijuht, kelle tegevus hõlmab projekti kõiki osi ning projekteerimisega seotud osapooli. Peaprojekteerija vastutab lähteandmete piisavuse, projekti terviklikkuse ja projektiosade ühilduvuse eest. Peatükis tuuakse välja peaprojekteerija ja projekteerimise projektijuhi tegevuse sisu ja ulatus projekteerimise ettevalmistamisel ja käivitamisel, eelprojekti staadiumis, ning põhi- ja tööprojekti staadiumis.

Iga eriala piires korraldab ehitise kavandamist vastava eriala projekteerija, kellele on lähtedokumentideks tellija lähteülesanne ja/või ehitusprojekti eelmiste staadiumide projektdokumendid ning andmed ehitusprojekti teiste osade projekteerijatelt. Projekteerija vastutab oma projektiosa vastavuse eest seadustele, lähtedokumentidele ja nõuetele.

Projekteerimise lähtedokumendid

Ehitusprojekti lähtedokumendid on:

- tellija kirjalik lähteülesanne;
- kohaliku omavalitsuse projekteerimistingimused ning arhitektuurilised ja ehituslikud lisatingimused;
- kehtiv detailplaneering või üldplaneering;
- tehnovõrkude valdajate tehnilised tingimused;
- eritingimused, sh muinsuskaitse nõuded, nõuded liikluskorraldusele vms;
- uuringud, ekspertiisid ja mõõdistused.

Vajadusel täiendab või täpsustab projekteerija lähteülesannet koos tellijaga enne projekteerima asumist. Tellija soovi korral võib lähteülesande koostada projekteerija ja kooskõlastada tellijaga. Iga järgmise projektistaadiumi lähteülesandeks on eelmise staadiumi projekt koos tellija kooskõlastuse ja võimalike lisatingimustega. Kui see standard on vastuolus muude hoone projekteerimistöde mahtu käsitlevate standarditega, loetakse määravaks see standard.

Ehitusprojekti osad

Ehitusprojekt hõlmab nii kavandatavat hoonet kui krunti. Üldjuhul sisaldab ehitusprojekt järgmisi osi:

- asendiplaan,
- arhitektuur,
- sisearhitektuur,
- konstruktsioonid,
- küte, ventilatsioon, jahutus ja soojusvarustus,
- gaasivarustus,
- veevarustus ja kanalisatsioon,
- elektripaigaldis,
- tuleohutus,
- energiatõhusus,
- akustika,
- muud tehnosüsteemid.

Ehitusprojekti osad koostatakse lähtudes seadustes ja muudes õigusaktides sätestatud ning tehnilistest normidest, standarditest, projekteerimis- või muudest normidest ja kirjeldustest. Ehitusprojekti iga osa koosneb joonistest ja vastavalt staadiumile kas seletuskirjast, ehituskirjeldusest või tööseletusest ning muudest selgitavatest dokumentidest. Ehitusprojekti osi võib komplekteerida mitmeti, vastavalt vajadusele ja sõltuvalt hoone tüübist.

Ehitusprojekti koostamisele võib eelneeda eskiis. Ehitatava hoone terviklikkuse eesmärgil on enamasti otstarbekas korraldada kompleksne projekteerimine eskiisi alusel, mis tähendab seda, et (eelistatult) eskiisi autor projekteerib eel-, põhi- ja tööprojekti ning teeb autorijäreldust. Eskiis peab võimaldama hinnata kavandatava hoone visuaalset sobivust, sise- ja välisruumi seoseid ning projekteeritava maa-ala kasutamist, et võrrelda ja analüüsida erinevaid variante. Standardis on välja toodud põhilised eskiisistaadiumis lahendust vajavad teemad ning nõutavate materjalide esitamise loetelu.

Eelprojekt

Eelprojekt peab andma piisavat, selget ja õiget teavet kavandatava ehitise ja selle vastavuse kohta seadustes ning nende alusel kehtestatud õigusaktides sätestatud nõuetele. Eelprojekt peab võimaldama määrata energiatõhusust ja ehituse maksumust. Peatükis käsitletakse ehitusprojekti osade peatükis esitatud punkte. Alapunktides kirjeldatakse millised andmed lisanduvad töö käigus, milline on antud alapunkti töö sisu ja mis andmed tuleb esitada.

Põhiprojekt

Põhiprojektis arendatakse eelprojekti lahendusi edasi ja töötatakse välja hoone põhilahendused selliselt, et ehitusprojekti osad oleksid omavahel kooskõlas. Põhiprojekt peab sisaldama tehnilist

infot ja ehitise kvaliteedi kirjeldust mahus, mis võimaldab määrata ehituse eelarvelist maksumust ja korraldada ehitushanget.

Põhiprojektis tootjafirmat ja seadmete ning toodete kaubanduslikke nimetusi ja tähistusi ei esitata; materjale ja tooteid kirjeldatakse ehitusprojekti jaoks oluliste tehniliste parameetritega. Erandjuhul võib konkreetseid tooteid esitada näite või etalonina. Peatükk jätkub analoogselt eelmise peatükiga, selles kirjeldatakse põhjalikumalt ehitusprojekti osade töö sisu ja esitatavaid väljundeid.

Tööprojekt

Tööprojektis täpsustatakse eelprojektis ja põhiprojektis toodud lahendusi selliselt, et pärast ehitustööde organiseerimise kava, tootejooniste ja muude ehitusega seonduvate dokumentide koostamist (kui seda peetakse ehitustööde käigus vajalikuks) saaks ehitise nende järgi terviklikult valmis ehitada. Tööprojektis esitatud arhitektuurilised ja tehnilised lahendused ning kõik olulised tehnilised nõuded ehitustoodetele, ehitisele ja selle osadele peavad olema kontrollitud ja omavahel kooskõlas. Tööprojektis on tehniline info ja ehitise kvaliteedi kirjeldus sellises mahus, mis võimaldab ehituse maksumust täpsustada, ehitustöid teha ning seadmeid paigaldada ja seadistada. Tööprojektiga määratakse kindlaks konkreetsed tooted. Tööprojekti koostamisel eeldatakse, et ehitusel töötajad on kutseoskustega. Tööprojekti alusel peab olema võimalik teha materjalide, toodete jms kuluarvestust. Peatükk lõpeb projekti osade töö sisu ja esitatavate andmete kirjeldusega.

Sisend mudelprojekteerimise rakenduskavasse:

Standard määrab minimaalsed väljundid ning mudeli funktsioonid vastavalt projekti staadiumile.

4.1.2 Riigi Kinnisvara AS juhendi ülevaade ning kasutatavuse analüüs.

Nimi	Mudelprojekteerimise juhend	
Organisatsioon	Riigi kinnisvara AS	<div style="border: 1px solid black; padding: 20px; text-align: center;"> <p>Riigi Kinnisvara AS</p> <p>Mudelprojekteerimise juhend</p> <p>31.01.2013</p> </div>
Sihtgrupp	Projekteerijad	
Väljaandmise kuupäev	31.01.2013	
Sisu	<ul style="list-style-type: none"> • mudelprojekteerimise maht, • nõuded modelleerimise tehnoloogiale, • modelleerimise lähteandmed, • mahtude mudel, • eelmudel, • põhimudel, • mudelite integreerimine ja kontrollimine, • sisekliima ja energiavajaduse simulatsioon, • mahuarvutused ja maksumushinnangud, • infomudelite 3D visualiseerimine. 	

2009.a avaldas RKAS Mudelprojekteerimise juhendi esmaversiooni, 2013.a uuendati juhendit. Juhendi eesmärgiks on parandada projektlahenduste 3D visualiseerimist, muuta kasutajasõbralikumaks hoonete soojuslikku toimivust, energiatarve jms. Lisaks toetab juhend simulatsioonide teostamist, kiirendab ja täpsustab ehituslike mahtude arvutusi ning täiustab projektlahenduste vastuolude kontrolli tõhustamist. Mudelprojekteerimise juhend käsitleb ainult tingimusi, millele mudel peab vastama, välja on jäetud mudelprojekteerimise juhtimisega seonduv informatsioon.

Juhend on jaotatud kümneks peatükiks, mis käsitlevad mudelprojekteerimise mahtu, nõudeid modelleerimise tehnoloogiaid, modelleerimise lähteandmeid, mudeli erinevaid staadiumeid, nõudeid osamudelitele (arhitektuuri-, konstruktsiooni-, tehnosüsteemide mudelid jne), mudelite integreerimist ja kontrolli, sisekliima ja energiavajaduse simulatsioone, mahuarvutusi ja maksumushinnanguid ning infomudelite 3D visualiseerimist.

Mudelprojekteerimise maht

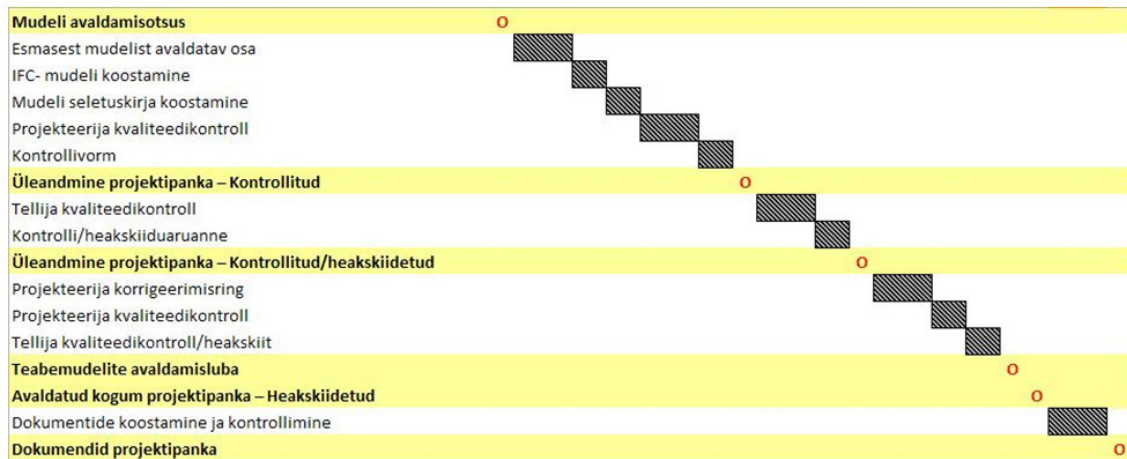
Mudelprojekteerimist ei ole veel võimalik kasutada kogu projekteerimistöõde mahus ega projektlahenduste menetlemisel. Sel põhjusel koostatakse mudelprojekteerimise projekteerimisprotsessis traditsiooniline dokumentatsioon, mis järgib kõiki kehtivaid juhiseid ja nõudeid, mis hankedokumentatsioonides esitatakse. Modelleeritava hoone projektdokumentatsioon peab vastama EVS 811 sätetele. Mudelprojekteerimine toimub kuni EVS 811 põhiprojekti staadiumini.

Nõuded modelleerimise tehnoloogiale

Modelleerimise tehnoloogile esitatavate nõuete alusel määratakse projekteerimisosade nõuded, millele projekteerimislepingu alusel tehakse ehitusinfo mudelid. Nõuded määratakse mudeli lähteandmetele, modelleerimise staadiumitele, kasutatavale tarkvarale, mõõtühikutele ja koordinaatsüsteemile, mudeli mõõtmete täpsusele, hoone osade modelleerimisele, joonise kihtidele, failide nimetamisele, mudelite kontrollimisele, avaldamisele ja ehitusinfo mudeli kaaskirjale. Nõuetest kinnipidamine on kohustuslik ja nendest kõrvalekaldumine on lubatud ainult projektijuhi ja tellija kirjalikul loal.

Infomudeleid peab saama kasutada oluliste tõrgeteta ja kohandamiseta projektiosade kokkusobitamisel. Infomudel koostatakse projekteerimisalade osamudelitest (arhitektuuri-, konstruktsiooni-, tehnosüsteemide mudelid jne), mis koondatakse ühtsesse mudelisse. Osamudelid antakse üle nii originaalmudelitena kui ka IFC-mudelitena (IFC2x3). Osamudelid peavad olema modelleeritud vastavalt erinevatele staadiumitele esitatud nõuetele. Vastavalt juhendile jagatakse modelleerimisstaadiumid kolmeks: mahtude mudel, eelmodell ja põhimudel. Modelleerimisel võib enne põhimudeli staadiumit kasutada nimimõõtmeid. Põhimudelis tuleb modelleerida tegelikud paigaldusvarud ja kõik mudeli osad peavad olema modelleeritud tegelike mõõtmetega. Ehitusosad modelleeritakse õige geomeetriaga ja need ei tohi omavahel lõikuda ning objektid peavad olema sidusad. Modelleerimise käigus antakse projekteerimisteavet tellijale üle nii mudeli kui ka dokumentide vormis. Info kasutamisel tekib tagasiside ja muutuvad nii mudelid kui ka dokumendid. Lõpptulemus on valmis dokumentatsioon .

Modelleerimiseks tuleb kokku leppida infomudelite kõikide esitatavate avaldamisetappide kalenderplaani ja varuda igaks avaldamiseks piisavalt aega mudelite eelneva kontrollimiseks ja analüüsiks (joonis 6).



Joonis 6. Mudelprojekteerimise etapid

Modelleerimise lähteandmed

Modelleerimise lähteandmete hankimiseks koostatakse vajadusuuring, millega kaardistatakse kinnistu omaniku ja tulevase kasutaja vajadused ja eesmärgid. Saadakse projekti lähteandmed: kalenderplaanilised ning mahulised eesmärgid, ruumiprogramm, netopinna ja kubatuuri hinnangud ja krundiga seotud nõuded. Vajadusuuringu alusel koostatakse nõuded projekteerimistegevuse alustamiseks. Nõuetemudeli minimaalnõue on tabelivormis ruumiprogramm. Ruuminõuded tuleb võimalikult täies mahus loetleda ja vormistada elektrooniliselt nii, et neid on hiljem lihtne uuendada ja võrrelda projektlahendusega. Järgnevalt modelleeritakse maa-ala kolmemõõtmeline pinnamudel (*DTM-digital terrain model*).

Mahtude mudel

Peale maa-ala mudeli modelleerimist koostatakse hoone mahtude mudel. Mahtude modelleerimise etapis kujundab arhitekt objekti detailsusega, mis on vajalik hoone põhimõttelise ruumilise mahu (sh ruumiprogrammi) ja välispiirete üle otsustamiseks. Koos esialgsete energiasäästu- ja sisekliima simulatsioonide teostamisega uuritakse alternatiivseid lahendusi ruumide rühmitamiseks ja hoone geomeetria kujundamiseks. Mahtude modelleerimist ja simulatsioone teostatakse igale erinevale lahendusele. Tellija ülesanne sellel etapil on alternatiivide võrdlemine ja parima lahendi valimine järgmisesse modelleerimisetappi.

Eelmodell

Eelmodeli etapis arendatakse edasi mahtude modelleerimise etapis valitud lahendust. Eelmodell peab katma kõrvuti käesoleva juhendi nõuetega EVS 811 kohase eelprojekti staadiumi, samuti MKM 17.09.2010 määrusega nr 67 „Nõuded ehitusprojektile“ nõutava informatsiooni mahu.

Integreeritud eelmodelist teostatakse ehitusloa taotlemiseks vajalike jooniste väljatrükid. Eelmodeli peatükis on täpsemalt välja toodud nõuded, kuidas modelleerida: eelmodeli arhitektuuri osa, tehnosüsteemide ruumivajaduse mudelit ja eelmodeli konstruktsiooniosa.

Põhimudel

Põhimodeli modelleerimise etapi tegevus sarnaneb eelmodeli modelleerimise staadiumile, kuid tekkiva info detailsus on oluliselt suurem. Projekt täpsustatakse ehitustöövõtu pakkumiskutse koostamiseks vajalikule tasemele ja kõiki projekti koostatavaid mudeleid täiendatakse detailse tüübiinfoga.

Põhimodeli modelleerimise etapis on tellija ülesanne projekteerimise suunamine ja lahenduste lõplik heakskiitmine, kusjuures suhtlemist ja otsustamist toetavad 3D visualiseerimised ja analüüsid (sh simulatsioonid). Projekteerimisalade osamudelitest koostatakse ka IFC standardile vastavad osamudelid ning koostatakse vastav IFC-koondmudel, mida kasutatakse näiteks projektlahenduste vastuolukontrollide tegemiseks.

Etapi lõpus võetakse vastu nii projekteerimisalade põhimudelid (modelleerimistarkvara originaalformaadis mudelid) kui ka IFC-formaadis osamudelid ja IFC-formaadis koondmudel, mudelite kaaskirjad, samuti projektlahenduste spetsifikatsioonid ja töökirjeldused mahus, mis võimaldavad siirduda ehitustööde pakkumisetappi.

Põhimodelist tuleb teostada väljatrükid vastavalt EVS 811 põhiprojekti staadiumile esitatavatele nõuetele. Põhimodeli peatükis on täpsemalt välja toodud nõuded, kuidas modelleerida põhimodeli arhitektuuriosa ja tehnosüsteemide osamudeleid.

Mudelite integreerimine ja kontroll

Valminud osamudelid integreeritakse koondmodelisse ja teostatakse koondmodeli kontroll. Infomudelite integreerimine ja kontroll toimub peaprojekterija (või hankekohaselt määratud muude vastutavate isikute, näiteks osaliselt modelleerimise IT-juhi) juhtimisel ja vastutusel. Mudelite integreerimine tehakse reeglina IFC-formaadis, kuid erikokkuleppel võidakse kasutada ka originaalmudeleid. Mudelid kontrollitakse esmalt projekteerijate poolt ja seejärel tellija poolt.

Sisekliima ja energiavajaduse simulatsioonid

Hoone simulatsioonide eesmärk on hinnata projekti võimalikult varajases staadiumis tekkivat kasutusmugavust ja energiavajadust. Kasutusmugavusena hinnatakse näiteks lõunapoolsetes ruumides tekkivaid õhutemperatuure suvekuudel, töötasapindade valgustatust loomuliku valgusega, valgusräigust, piirete temperatuure, ventilatsiooni ja konvektiooni koosmõjust tekkivaid

õhuvoolusid jne. Hoone geomeetria, avade paigutuse ja suuruse ning tehnosüsteemide lahenduste otsuste langetamisel tuleks maksimaalselt analüüsida, kuivõrd hästi hakkab kavandatud hoone täitma oma funktsioone. Piirete ja tehnosüsteemide valikute põhjal antakse hinnang sellele, milline on tulevase hoone jooksev energiavajadus.

Hoonesimulatsiooni tulemused esitatakse vastavalt nende iseloomule arvnäitajate või graafilise materjalina. Need peavad võimaldama konkreetsetes uuritavas lõigus piisavalt täpse vastuse andmist, kas soovitud kvaliteeditase on saavutatud. Simulatsioonide teostamisel tuleb näidata millise tarkvara ja milliste lähteandmete (väliskliima, kasutusprofiil jne) kasutamisel konkreetset tulemused saadi.

Mahuarvutused ja maksumushinnangud

Projekteerija poolt tehtavad mahuarvutused sätestatakse hankekohaste dokumentidega, lisaks mudelitepõhiselt koostatud mahtude loenditele, peab olema võimalik teostada mahtude väljavõtte/koondeid ka tavapärasel viisil.

Mahtude modelleerimise staadiumis on eelarvestuse aluseks ruumala ja pinna ühikmaksumused ning arhitekti koostatud alternatiivsete mudelite pindalad ja ruumiklassid (nt büroo, auditoorium, sanitaarruumid), mille alusel saab võrrelda erinevate lahenduste maksumust.

Eelmudeli alusel peab hoone pinna ühikmaksumuse alusel koostatud maksumushinnangut täpsustama projektiosade täpsustatud lahenduste alusel.

Arhitektuuri eelmudeli ruumiklasside (nt büroo, auditoorium, sanitaarruumid) ja pindalade tulemusel saadud mahte täiendatakse arhitekti ja võimalike muude projekteerijate mahtudest (nt siseviimistlustabel, ruumitemperatuur jne) saadavate andmetega.

Põhimudeli staadiumis koostatakse mahtude loendid ehitiseosade tasemel nii, et nende alusel oleks võimalik luua objekti maksumushinnanguid ning töövõtjatel oleks võimalik koostada hinnapakkumisi.

Infomudelite 3D visualiseerimine

Mudeleid kasutatakse kõikides projekteerimishangetes ka 3D visualiseerimiseks, kindlustamaks projektis osalejate ühtseid arusaamu alternatiivsetest lahendustest. Nõutav visualiseerimise määr ja kvaliteet määratakse iga projekteerimishanke pakkumiskutses ja projekteerimislepingus, kuid sisaldab minimaalselt kvaliteetseid pilte hoone välisilmest ja peamistest siselahendustest (fuajee,

tüüpkorrus jms) ning videot/animatsiooni hoone seest ja väljast. Modelleerimise käigus mudelite täpsus ja visualiseerimise võimalus kasvab. Põhimudeli staadiumis on visualiseerimine märksa detailsem, kui varasemates etappides.

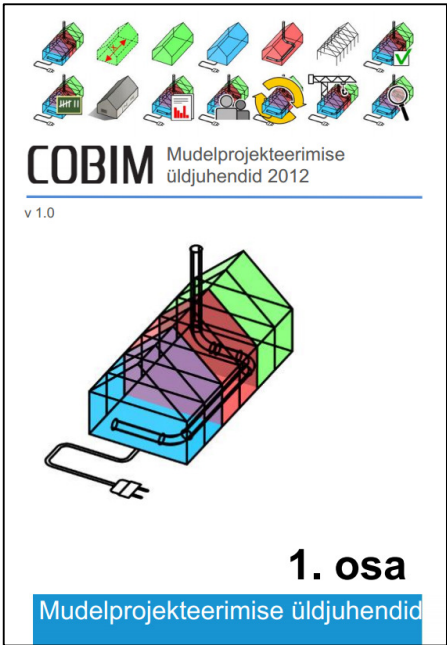
Sisend rakenduskavasse:

Juhend annab kontsentreeritud ülevaate peamistest projekteerimise toimingutest. Selgituste osas tuuakse välja peamised nõuded ja toimingud, kuid ei laskuta nende detailidesse. Sarnast teemakäsitlust võib leida detailsemalt käsitletult juhendites „*Singapore BIM Guide Version 2*“ ja „*Statsbygg BIM manual*“. Juhendi sisu täiendamiseks võib juurde lugeda [„COBIM mudelprojekteerimise üldjuhendit“](#). RKAS mudelprojekteerimise juhend on üks vähestest, milles on esitatud nimekiri vajalikest energia- ja sisekliima simulatsioonidest ning nende jaoks vajaminevatest andmetest. Nõutavad andmed on ära jaotatud vastavalt mudeli modelleerimise staadiumile. Riigi Kinnisvara AS mudelprojekteerimise juhend on ettevõtte korraldatud hangetele tehniline toetav materjal rakenduskava juurde.

4.1.3 Soome juhendid

4.1.3.1 COBIM „Mudelprojekteerimise üldjuhend 2012“

Nimi	Common BIM Mudelprojekteerimise üldjuhend 2012
Organisatsioon	BuildingSMART Finland
Sihtgrupp	Valdkonna erinevad osapooled (projekteerijad, insenerid, ehitajad, omanik, hoone haldajad)
Väljaandmise kuupäev	27.04.2012
Sisu	<ul style="list-style-type: none">• 1 osa – mudelprojekteerimise üldjuhend,• 2 osa – lähteolukorra modelleerimine,• 3 osa – arhitektuurne projekteerimine,• 4 osa – tehnosüsteemide projekteerimine,• 5 osa – konstruktsioonide projekteerimine,• 6 osa – kvaliteedi tagamine,• 7 osa – mahuarvutused,• 8 osa – visualiseerimine,• 9 osa – mudelite kasutamine tehnosüsteemide analüüsil,• 10 osa – energia analüüs,• 11 osa – mudelipõhise projekti juhtimine,• 12 osa – infomudelite kasutamine ehitise haldamisel,• 13 osa – infomudelite kasutamine ehitamisel,• 14 osa – mudelprojekteerimise kasutamine ehitusjärelvalves.



COBIM Mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012
v 1.0

1. osa
Mudelprojekteerimise üldjuhendid

Juhendisari „Mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012“ hõlmab ehitus- ja renoveerimisobjekte ning ehitiste kasutamist ja haldamist. Mudelprojekteerimise juhendid hõlmavad miinimumnõudeid mudelitele ja infole. Miinimumnõuded on soovituslikud järgimiseks kõikide ehitusprojektide puhul. Juhendisari „Mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012“ koosneb 14. dokumendist:

1. Mudelprojekteerimise üldjuhendid – dokumendis kirjeldatakse mudelprojekteerimise (BIM-i) kasutamise põhinõudeid ja –kontseptsioone arhitektuursel projekteerimisel. Juhendid käsitlevad üksnes modelleerimisega seotud protsesse.
2. Lähteolukorra modelleerimine - lähteandmetega seotud nõuete käsitlemine, ehitise maa-ala ja olemasolevate ehitiste ruumide ja tarindite modelleerimise nõudeid, mudeli üleandmist, võimalike lisatöid ja kvaliteedi tagamist.
3. Arhitektuurne projekteerimine – käsitleb modelleerimispehõhimõtteid arhitektuursel projekteerimisel, modelleerimist renoveerimisprojektides ja modelleerimisnõudeid projekti erinevates staadiumites.
4. Tehnosüsteemide projekteerimine – dokumendis käsitletakse tehnosüsteemide modelleerimist ja tehnosüsteemide mudelite sisu. Kirjeldatakse tehnosüsteemide nõuetemudelit, ruumivajaduse mudelit, tehnosüsteemide-, elektri-, telekommunikatsiooni- ja automaatikapaigaldiste süsteemimudeleid, mudelite integreerimist ja teostusmudelit.
5. Konstruksioonide projekteerimine – dokument kirjeldab konstruksioonide ja renoveerimisprojektide modelleerimist, kirjeldab erinevaid projekteerimisstaadiume ning annab ülevaate ehitise haldamisest ja vastuvõtmisest.
6. Kvaliteedi tagamine – annab ülevaate osapoolte kvaliteedi kontrolli eesmärkidest, kvaliteedikontrolli korraldamisest, mudelite kontrollimisest ja kvaliteedi eest vastutamise osas.
7. Mahuarvutused – dokument käsitleb infomudelite mahuarvutusepõhiseid nõudeid. Mudelipõhiseid mahuarvutuse meetodeid ja nende seostamist projekti haldus-, otsustus- ja modelleerimisstaadiumitega. Lisaks kirjeldatakse mahuarvutuse tegemist, ja mudelipõhise mahuarvutuse kitsaskohtasid.
8. Visualiseerimine – selgitab projektipõhiseid visualiseerimise eesmärke, tehnilist illustreerimist ja fotorealistlikku visualiseerimist ning visualiseerimist hanke erinevates staadiumites.
9. Mudeli kasutamine tehnosüsteemide analüüsil – kirjeldab õhu ruumisisesse liikumise ja temperatuurikihistumise analüüsi, hoone elukaare analüüsi, keskkonnamõjude analüüsi, tehnoloogia ja valgustaseme visualiseerimist, tehnosüsteemide analüüsi ning tulemuste esitamist.
10. Energia analüüs – dokument annab ülevaate energiatarbimise analüüsist hanke erinevates staadiumites ja infomudeli ning energiatarbimise analüüsi tarkvarast.
11. Mudelipõhise projekti juhtimine – juhend kirjeldab mudelipõhise hanke juhtimispehõhimõtteid, modelleerimisprojekti juhtimisülesandeid staadiumite kaupa

12. Infomudeli kasutamine ehitise haldamisel – selgitatakse infomudelite rolli hoone ekspluatatsioonil ja haldamisel. Infomudelite kasutamist kinnisvara elukaare jooksul.
13. Infomudelite kasutamine ehitamisel – juhend annab kompaktse ülevaate infomudelite kasutamisest ehitustegevuses.
14. Infomudelite kasutamine ehitusjärelvalves – juhend annab ülevaate infomudelite kasutusvõimalustest ehitusjärelvalve töös erinevates toimingutes alates planeeringutest kuni hoone lammutamiseni.

Sisend rakenduskavasse:

COBIM Mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012 puhul on tegemist dokumendiga, mis käsitleb mudelprojekteerimise peamisi teemasid. Teemad on jaotatud eraldi dokumentideks ning sisaldavad hulgaliselt asjakohaseid nõudeid, selgitusi ja näiteid. Kõik dokumendid on hõlpsasti loetavad ja mõistetavad. Kokkuvõttes võib öelda, et üldjuhend annab hea aluse mudelprojekteerimise teostamiseks. Juhenditega on võimalik tutvuda järgneval veebiviitel: [Viide](#). Rakenduskava mudeli kaaskirja osas on COBIM oluliseks lähtekohaks, sest Riigi Kinnisvara AS ehitiste mudelprojekteerimise juhendis on esitatud info kompaktset ning vajalike selgituste saamiseks on võimalik leida detailsemat infot COBIM juhendist. Rakenduskava koostamisel on soovitatav juhendit järgida tehniliste nõuannete osas.

4.1.3.2 SKOL_TATE_protsessi kirjeldus

Nimi	SKOL TATE protsessi kirjeldus																												
Organisatsioon	Suunnittelu- ja konsultointiyritykset SKOL ry	<div style="text-align: right; font-size: small;"> MUDELPROJEKTEERIMISE EESMÄRGI JA NOUTAVAD LAHTEANDMISED Version 1.1 HOONE TEHNOÜSTEEMID </div> <div style="text-align: right; font-size: x-small;"> Koostatud 1.03.2014 Muudetud 19.06.2014 </div> <p>ÜLDIST</p> <p>Käesolev dokument lähtub juhendil „Mudelprojekteerimise üldnõuded 2012“ põhinevast projekteerimisprotsessist.</p> <p>Juhend toetub timmitud ehituse (<i>Lean Construction</i>) põhimõttele teha asju paremini, õigel ajal ja vajaduspõhiselt ning vähendada kadusid (ülemäärast tööd).</p> <p>Juhendi järgimine eeldab pooltelt teise poole töö mõistmist ja austamist.</p> <p>Juhendis kirjeldatud protsessid saavad toimida alles siis, kui kõik osalised lubavad teha oma osa juhendis esitatud järjekorras ja kalenderplaan kohaselt.</p> <p>Sisukord</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">1</td> <td style="width: 90%;">Sõnastik</td> <td style="width: 5%; text-align: right;">2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Origo määramine</td> <td style="text-align: right;">4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Riplagede projekteerimine ja modelleerimine ning horisontaalsuunalise tehnika ruumivajadused</td> <td style="text-align: right;">6</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Hoone tehnosüsteemide läbiviiguvade kavandamine</td> <td style="text-align: right;">10</td> </tr> <tr> <td>4.1</td> <td>Kapitaalremondiobjektid</td> <td style="text-align: right;">15</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Tehnosüsteemide modelleerimise alguseks nõutav konstruktsioonimudeli valmimisjärk</td> <td style="text-align: right;">17</td> </tr> </table> <p>Projektiühma tehtud muudatused, võrreldes esialgse protsessi kirjeldusega</p> <p>Muudatuse asukoht (lk): Muudatuse sisu:</p> <p>Käesoleva dokumendi muudatuste ajalugu: 19.06.2014 / TJJ Avade modelleerimist käsitlevasse osasse lisatud mudelprojekteerimise üldnõuded vastavad variandid 2D-jooniste koostamiseks</p> <p>LISAD</p> <p>Protsessi kirjeldused</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">Lisa 1.</td> <td style="width: 90%;">Riplagede projekteerimine</td> <td style="width: 5%;"></td> </tr> <tr> <td>Lisa 2.</td> <td>Hoone tehnosüsteemide läbiviiguvad</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lisa 3.</td> <td>Konstruktsioonimudeli valmimisjärk</td> <td></td> </tr> </table>	1	Sõnastik	2	2	Origo määramine	4	3	Riplagede projekteerimine ja modelleerimine ning horisontaalsuunalise tehnika ruumivajadused	6	4	Hoone tehnosüsteemide läbiviiguvade kavandamine	10	4.1	Kapitaalremondiobjektid	15	5	Tehnosüsteemide modelleerimise alguseks nõutav konstruktsioonimudeli valmimisjärk	17	Lisa 1.	Riplagede projekteerimine		Lisa 2.	Hoone tehnosüsteemide läbiviiguvad		Lisa 3.	Konstruktsioonimudeli valmimisjärk	
1	Sõnastik		2																										
2	Origo määramine		4																										
3	Riplagede projekteerimine ja modelleerimine ning horisontaalsuunalise tehnika ruumivajadused		6																										
4	Hoone tehnosüsteemide läbiviiguvade kavandamine	10																											
4.1	Kapitaalremondiobjektid	15																											
5	Tehnosüsteemide modelleerimise alguseks nõutav konstruktsioonimudeli valmimisjärk	17																											
Lisa 1.	Riplagede projekteerimine																												
Lisa 2.	Hoone tehnosüsteemide läbiviiguvad																												
Lisa 3.	Konstruktsioonimudeli valmimisjärk																												
Sihtgrupp	Valdkonna erinevad osapooled (projekteerijad, insenerid, ehitajad, omanik, hoone haldajad)																												
Väljaandmise kuupäev	01.03.2014																												
Sisu	<ul style="list-style-type: none"> • baaspunkti määramine, • ripplagede projekteerimine ja modelleerimine ning horisontaalsuunalise tehnika ruumivajadused, • hoone tehnosüsteemide läbiviikude kavandamine, • tehnosüsteemide modelleerimise alguseks nõutava konstruktsioonimudeli valmimisjärk. 																												


Käesolev juhend lähtub „Mudelprojekteerimise üldnõuded 2012“ põhinevast projekteerimisprotsessist. Juhend käsitleb baaspunkti määramist, ripplagede projekteerimist ja modelleerimist ning horisontaalsuunalise tehnika ruumivajadust, hoone tehnosüsteemide läbiviiguvade kavandamist ning tehnosüsteemide modelleerimise alguseks nõutava konstruktsioonimudeli valmimisjärku. Kõikide nende temade puhul on protsessi kirjelduses esitatud teemapunktid, mis käsitlevad protsessi eesmärke, protsessi vajalikust, vajalikke lahteandmeid, protsessi kirjeldust, protsessi käigus toodetud materjale, protsessi lõpptulemust, protsessi järgnevaid etappe ja protsessi iseärasusi.

Sisend rakenduskavasse:

Juhendi sisu on loogilise ülesehitusega. Protsessikirjeldused on konkreetset ja piisavalt informatiivsed. Rakenduskava koostamise kontekstis on tegemist hea näitega juhendi struktuurist. Tehnosüsteemide projekteerijatele on juhend tehniliseks lisamaterjaliks rakenduskava täitmisel.

4.1.4 USA juhendid

4.1.4.1 BIM Project Execution Planning Guide V2.1

Nimi	BIM Project Execution Planning Guide V2.1	
Organisatsioon	Penn State Computer Integrated Construction Research Program – BIM rakenduskava, BuildingSMART alliance	
Sihtgrupp	Omanikud, projekteerijad, ehitajad, hoone haldajad, ja omaniku konsultandid	
Väljaandmise kuupäev	Mai 2011	
Sisu	<ul style="list-style-type: none"> • projekteerimise rakenduskava planeerimise protsess, • mudelite kasutamise eesmärgid ja saadav kasu, • projekteerimise rakenduskava koostamine, • teabevahetuse arendamine, • ehitusinformatsiooni juurutamist toetav raamistik ja projekti rakenduskava, • rakenduskava planeerimise protsessid, • organisatsiooni rakenduskava planeerimine • soovitud ja järelused. 	

BIM Project Execution Planning Guide V2.1 on *BIM Execution Planning buildingSMART alliance Project*'i poolt väljatöötatud juhend. Juhend pakub kindlat metoodikat, kuidas luua ja täita mudelprojekti rakenduskava. Mudelprojekti rakenduskava (*BIM Project Execution Plan*) määratleb projektis kasutatavad mudelprojekteerimise kasutusviisid (nt projekteerimisel, projekti kontrollimisel ja 3D koordineerimisel), põhjalik projekt ja dokumentatsioon on aluseks, et teostada mudelprojekteerimist ehitise kogu elutsükli vältel. Kui plaan on loodud saab meeskond jälgida ja kontrollida protsessi arengut mudelprojekteerimise rakenduskava suhtes, et saada maksimaalne kasu mudelprojekteerimise rakendamisest.

Antud metoodika koosneb järgnevalt neljast sammust:

- leida mudelprojekti parimad kasutusviisid projekti plaanimisel, projekteerimisel, ehitamisel ja ehitise kasutamise faasis;
- luua protsessiskeemide abil mudelprojekti rakendamise protsess;
- määrata mudelprojekti teabevahetuse väljundid (teabe sisu, detailsus, teabevahetuse eest vastutajad);
- luua raamistik, mis määrab lepingute vormi, teabevahetusprotseduurid, rakendamist toetavad tehnoloogiad ja kvaliteedikontrolli.

Esimeses peatükis antakse ülevaade mudelprojekteerimise rakenduskava planeerimise protsessist. Selgitatakse, mis on ehitusinfo modelleerimine. Tuuakse välja selle rakendamisega kaasnev kasu. Antakse soovitusi, kuidas meeskond peab mudelprojekteerimist juurutama. Kirjeldatakse, mis kasu saab mudelprojekteerimise rakenduskava koostamisest ja kuidas toimub osapoolte infovahetus. Antakse ülevaade mudelprojekteerimist toetava infrastruktuuri juurutamisest ning millisest informatsioonist koosneb mudelprojekteerimise rakenduskava. Peatükis kirjeldatakse, kes peaks arendama mudelprojekteerimise rakenduskava ja milliseid nõupidamisi peab korraldama selle arendamiseks. Peatüki viimases osas uuritakse, kuidas ühildub mudelprojekteerimise planeerimise metoodika riikliku mudelprojekteerimise standardiga.

Teises peatükis uuritakse projekti mudelprojekteerimise eesmärgi ja kasutust. Kirjeldatakse põhimõtet „Alusta lõppeesmärgi silmas pidades“. Lisaks uuritakse millist mudelprojekteerimise otstarvet soovitakse kasutada.

Kolmas peatükk käsitleb mudelprojekteerimise rakenduskava koostamist. Alustuseks kaardistatakse projekti teostamise protsessid, seejärel koostatakse mudelprojekteerimise ülevaate kaart. Sellele järgnevalt valmistatakse detailne mudelprojekteerimise eesmärkide kaart. Peatüki lõpus antakse ülevaade sümbolitest, mida kasutatakse protsessiskeemidel.

Neljas peatükk käsitleb teabevahetuse arendamist. Mudelprojekteerimise edukaks juurutamiseks peab olema määratud teabevahetus projekti alamprotsesside vahel. Peatükis selgitatakse, kuidas määratakse mudelprojekteerimise otstarbe jaoks olulist infot. Lisaks antakse ülevaade teabevahetuse töölehest.

Viiendas peatükis kirjeldatakse mudelprojekteerimise juurutamist toetavat raamistikku ja projekti rakenduskava.

Põhjaliku selgitusena antakse ülevaade mudelprojekteerimise projekti informatsioonist, ülesehitusest ja eesmärkidest. Sealhulgas antakse ülevaade organisatsiooni rollist ja personalist ning kontaktisikutest ja meeskondadevahelisest teabevahetusest. Täiendavalt selgitatakse kvaliteedi

kontrolli, tarkvara nõudeid, mudeli struktuuri ja projekti tulemust. Peatüki lõpus käsitletakse lepingu erinevaid tüüpe.

Kuuendas peatükis antakse ülevaade mudelprojekteerimise projekti rakenduskava planeerimise protsessist. Peatükk käsitleb koosolekute struktuuri, mille käigus arendatakse välja mudelprojekteerimise projekti rakenduskava. Lisaks kirjeldatakse, kuidas planeeritakse koosolekute ajakava ja võrreldakse projekti vastavust mudelprojekteerimise täitmist kavas määratud valmidusastmega.

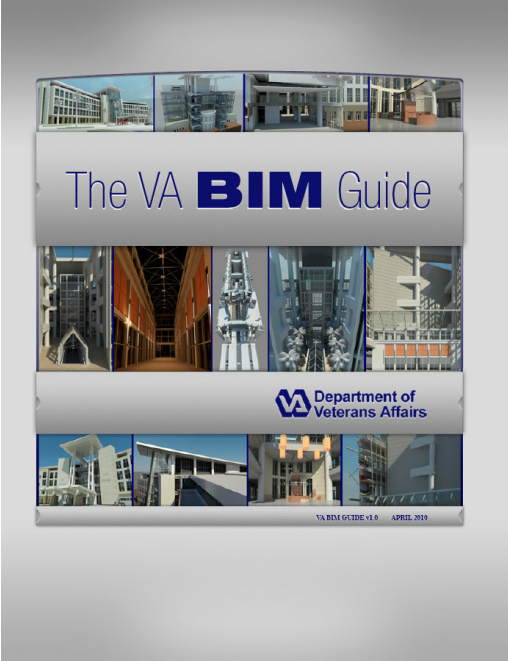
Seitsmes peatükk käsitleb organisatsioonide mudelprojekteerimise rakenduskava planeerimist. Peatüki alguses antakse ülevaade organisatsiooni mudelprojekteerimise missioonist ja eesmärgist, organisatsiooni mudelprojekteerimise otstarbest ning protsessiskeemist. Veel selgitatakse organisatsiooni mudelprojekteerimise teabevahetust, infrastruktuuri ja projekti rakenduskava väljatöötamist.

Viimases peatükis antakse ülevaade soovitustest ja järeldustest, mille abil on võimalik mudelprojekteerimist edukalt juurutada.

Sisend mudelprojekteerimise rakenduskavasse:

„BIM Project Execution Planning Guide“ annab väga põhjaliku ja arusaadava ülevaate mudelprojekteerimise rakenduskava koostamisest ja rakendamisest. Juhend on ülesehitatud nii, et teemad kulgevad vastavalt mudelprojekteerimise rakenduskava koostamise ja rakendamise järjekorrale. Kõik juhendis olevad teemad on põhjalikult lahti seletatud, sisaldavad näidiseid ning illustratiivseid jooniseid. Lõpetuseks on välja toodud peamised punktid, mida tuleb arvestada, et edukalt mudelprojekteerimist juurutada. Juhendiga on kaasas doc. ja xls. formaadis alusfailid, mida saab kasutada, et ettevõtte mudelprojekteerimise rakenduskava juurutada. Lisaks sisaldab juhend kergelt mõistetavaid protsessiskeeme, mis kirjeldavad erinevate protsesside järjekorda ja sõltuvust. BIM Project Execution Planning Guide on kindlasti üheks alusmaterjaliks, millele tugineda rakenduskava struktuuri loomisel.

4.1.4.2 VA BIM Guide v1.0

Nimi	VA BIM Guide v1.0	
Organisatsioon	United States Department of Veterans Affairs (VA)	
Sihtgrupp	Arhitektid, insenerid, konsultandid, ehitajad	
Väljaandmise kuupäev	Aprill 2010	
Sisu	<ul style="list-style-type: none"> • VA mudelprojekti elutsüklil, mudelprojekteerimise rakendamise seonduvad tegevused, • mudelprojekteerimise rakenduskava, • meeskonnaliikmete ülesanded, • mudeli jagamine, • meeskondadevaheline koostöö, • mudelprojekteerimise kasutusviisid • 3D mudelid, formaadid ja mudeli ülesehitus, • kasutatavad tarkvarad, • modelleerimise nõuded, • failid, turvalisus ja andmete esitamine, • nõuded jooniste printimiseks. 	

Veterans Affairs (VA) BIM Guide v1.0 on The U.S Department of Veterans Affairs Office of Construction and Facilities Management'i poolt loodud mudelprojekteerimise kava, mille eesmärk on parendada ehitise toimimist tema elutsükli vältel, kasutades selleks ehitusinfo modelleerimist. Kavas keskendutakse meditsiiniaosutuste kavandamisele, ehitamisele ning haldamisele.

Esimeses peatükis kirjeldatakse ehitusinfo modelleerimise rakendamise seonduvaid tegevusi. Alustuseks tuuakse välja mõned näited, kuidas erinevad lepinguvormid mõjutavad ehitusinfo modelleerimise läbiviimist. Üldsõnaliselt esitatakse ehitusinfo modelleerimise elluviimiseks vajalikud tegevused ja vastutusalad. Kirjeldatakse VA soovi omada kogu ehitusinfot ehitise

elutsükli vältel. Seletatakse VA nõuet kasutada modelleerimise käigus avatud standardeid (mudelite jaoks IFC ja dokumentide jaoks PDF)

Järgnevatel peatükkides käsitleb VA mudelprojekteerimise rakenduskava sisu. Rakenduskava on jaotatud kaheks osaks: mudeli kavandamise osa ja mudeli toel ehitamise osa. Mudeli kavandamise osas pannakse paika põhimõtted nagu lepinguvorm, andmevahetuse korraldamine, projekti ajagraafik, kasutatavad tarkvarad jms. Ehitamise osas käsitletakse projekti koordineerimist ja ehitamise käigus kasutatavate mudelprojekteerimise tehnoloogiate kasutamist.

Neljandas peatükis käsitletakse ehitusinfo modelleerimise protsessis osalevate meeskonnaliikmete ülesandeid. Selles kirjeldatakse mudeli projekteerimise projektijuhi, mudelprojekteerimise tehnikute ja ehitustegevuse mudelprojekti projektijuhi ülesandeid. Peatükk lõpeb tabeliga, kus on kirjas erinevate meeskonnaliikmete ülesanded.

Viies peatükk annab ülevaate ehitise mudeli jagamisest. Peatükis käsitletakse mudeli jagamise kavandamist, ehituse hinnapakkumise läbiviimist ja ehitamist.

Kuues peatükis antakse põgus ülevaade meeskondadevahelise koostöö protseduuridest. Protseduurides käsitletakse VA poolt korraldatavat esimest nõupidamist ja mudelprojekteerimise nõupidamisruumi tehnilist võimekust.

Seitsmes peatükk selgitab ehitusinfo modelleerimise kasutusviise. Kirjeldatakse ruumelementide ja seadmete informatsiooni kogumist ja arhitektuurse mudeli detailsust vastavalt nõutud staadiumile. Lisaks veel energiaanalüüse, visualiseerimist, 4D, COBie kasutamist, vastuolude tuvastamist/koordineerimist ning arhitektuurse mudeli toimivuse katsetamist ja tasakaalustamist.

Kaheksas peatükk keskendub 3D mudelitele, formaatidele ja mudeli ülesehitusele. Peatükis tutvustatakse põhimõtteid, milles modelleerimise juht peab modelleerimise meeskonnaga kokku leppima, enne modelleerimise alustamist. Üldiselt kirjeldatakse alltöövõtjate koordineerimist. Peatüki lõpus tuuakse välja ehitustööd, mis peavad olema mudelis esindatud.

Üheksandas peatükis nimetatakse tarkvarad, millega saab luua ehitusinfo modelleerimise erinevad osad.

Kümnes peatükk käsitleb modelleerimise nõudeid. Alustuseks tuuakse välja modelleerimise üldised nõuded, seejärel modelleeritavate elementide tüübid, mudeli geograafilise asukoha seadistamine ja baaspunkt kasutamise. Sellele järgnevalt keskendutakse ruumelementidele esitatud nõuetele, metaandmetele, ruumelementide nimetamisele ja kodeerimisele, meditsiinitehnika ja mehaaniliste seadmete kodeerimisele ning mudelprojekti väljunditele.

11. peatükk selgitab projekti kaustade ülesehitust, andmete turvalisust ja andmete esitamisest loobumist.

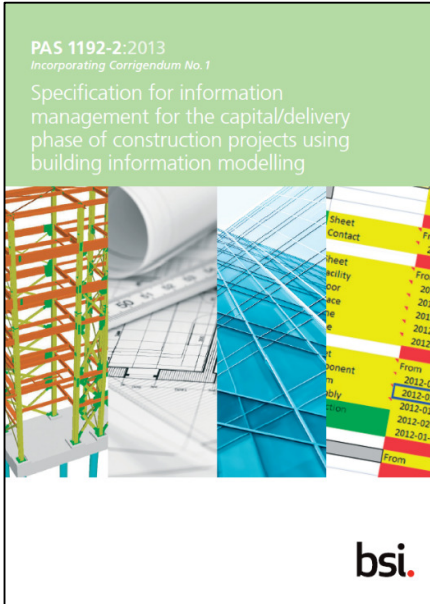
12. peatükk annab ülevaate printimisele esitatud nõuetest. Kirjeldatakse kasutatavaid sümboleid, fonte, joonte stiile jms. Antud peatükk on illustreeritud Autodesk Revitist võetud näidete abil.

Juhendiga on kaasas Excelis koostatud *Object Element Matrix* tabelid, selle abil on võimalik tuvastada ja järgida projekti modelleeritavat informatsiooni. Tabelites on esitatud hoone elementide tüübid vastavalt nende detailsuse astmele (Level of Development LOD) hoone elutsükli vältel.

Sisend mudelprojekteerimise rakenduskavasse:

VA BIM Guide v1.0 kava on üldiselt analoogne teiste maade kavadega, mis käsitlevad ehitusinfo modelleerimise korraldamist. Kava omapäraks on modelleerimise nõuded/soovitused, mis käsitlevad meditsiiniastutusi. Üldiselt vähe käsitletud teemana on siinses juhendis kirjeldatud koosolekute korraldamist mudelprojekteerimise nõupidamiste ruumis. Kõige olulisem osa selle juhendi puhul on juhendiga kaasas käiv *Object Element Matrix tabel*, millega on võimalik väga põhjalikult kirjeldada modelleeritavate elementide detailsust ning modelleerimise ulatust. Tabelites on esitatud konstruktsioonelemendid ArchiCAD 12 ja Revit 2010 eeltäidetud vormidena. *Object Element Matrix tabel* on üks põhjalikumatest ja detailsematest, mida võib leida erinevate maade juhenditest. Samuti on esitatud tabel erinevate meeskonnaliikmete ülesannetest. Praktilise lähenemisena on sisse toodud modelleerimisprogrammide soovituslik loend ning väljastatavad failiformaadid. VA juhend kirjeldab ühe avataud formaadina PDFi, mis on tänapäevast tehnika ja tehnoloogia taset arvestades igati põhjendatud.

4.1.5 UK juhendid

Nimi	PAS1192-2:2013	
Organisatsioon	British Standard Institution,	
Sihtgrupp	Arhitektid, insenerid, konsultandid, ehitajad ja omanik	
Väljaandmise kuupäev	Veebruar 2013	
Sisu	<ul style="list-style-type: none"> • informatsiooni edastamine, infovajadus • hanke korraldamine, • olukord peale hanke korraldamist, • teabekorralduse toimimise kontrollimine, • projekti infomudeli arendamine, • mudeli projekteerimisetapid ja nende sisu, • valminud ehitise infomudel. 	

„PAS1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling“

PAS1192-2:2013 on Briti Standardi Instituudi poolt välja antud standard. Juhend keskendub peamiselt projekti koostamisele, milles enamik graafilisest ja mitte-graafilisest informatsioonist ning dokumentidest kogutakse projekteerimise ja ehituse käigus. Liikudes järk-järgult läbi informatsiooni erinevate koostamise etappide, kulmineeruvad antud standardi nõuded reaalsele ehitustingimustele vastava mudeli valmimisega. Töövõtja annab mudeli üle tööandjale, kui on kindlaks tehtud, et projekti informatsiooni mudel vastab realselt ehitatud hoone tingimustele.

Peatükis neli antakse ülevaade lepingu ja sellega seotud dokumentide vahelisest seosest teabekorralduses kasutatavate dokumentidega.

Peatükk viis käsitleb informatsiooni edastamist, info vajadust ja selle hindamist. Peatükis uuritakse, milline on tööandja informatsiooni vajadus (*EIR-employer's information requirements*).

Peatükis kuus kirjeldatakse hanke korraldamist. Lisaks iseloomustatakse lepinguelse mudelprojekteerimise rakenduskava (*BIM execution plan-BEP*) koostamist, projekti ellu viimise

kava (*project implementation plan-PIM*), töövõtja mudelprojekteerimise hindamise vormi, töövõtja infotehnoloogia hindamise vormi, töövõtja ressursside hindamise vormi ja tarneahela võimekuse kokkuvõtte vormi.

Seitsmes peatükk käsitleb olukorda peale hanke võitmist. Hanke võitmise puhul koostatakse mudelprojekteerimise täitmise kava. Lisaks koostatakse peamise informatsiooni edastamise ja ülesande informatsiooni edastamise kavad. Määratakse projekti koostava meeskonna rollid, kohustused ja volitused. Peatükis antakse tabelikujul ülevaade meeskondade vahelisest teabevahetusest ja mudeli osamudeliteks jagamisest.

Peatükis kaheksa kirjeldatakse, kuidas projekteerimismeeskond kontrollib enne projekteerimise alustamist valitud teabekorralduse toimivust.

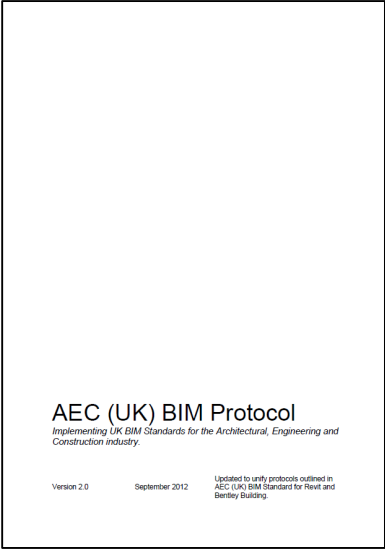
Eelviimane peatükk selgitab projekti infomudeli arendamist ja annab ülevaate läbi milliste infovahetuste esitatakse projekti infomudel tellijale. Infovahetuse pidamiseks on loodud tellija ja projekteerimismeeskonna jaoks ühine andmekeskond. Infovahetuse arusaadavuse tagamiseks määratakse ära failide ja modelleerimisel kasutatavate kihtide nimetamise viisid, mudeli ruumiline koordineerimine, mudeli informatsiooni klassifitseerimine ja informatsiooni avaldamise viisid. Peatüki lõpus käsitletakse mudeli erinevaid projekteerimise etappe ja nende sisu.

Viimane peatükk selgitab, millest koosneb valminud ehitise infomudel.

Sisend mudelprojekteerimise rakenduskavasse:

Juhend on üles ehitatud info tarnetsükli skeemi ümber. Skeemil kirjeldatud protsesside alusel on juhend jaotatud peatükkideks, mis käsitlevad teemasid alates tellija andmete vajadusest kuni hoone kasutamise seotud toiminguteni. Iga tsükli protsess puhul on kirjeldatud, protsessi teostamiseks vajalikke toiminguid ja nende piire, näiteks millist informatsiooni on tellijal tarvis, et valida sobilikud projektimeeskonna liikmed. Juhend kirjeldab hästi andmevahetusega seotud meeskonnaliikmete ülesandeid. Selgitatud on üldiseid samme, kuidas kontrollida erinevate mudelite (konstruktsiooni-, eriosade mudel) korrektsust. Konkreetsetes juhendis on antud väga hea ülevaade modelleerimisest, erinevates staadiumites toimuvatest tegevustest, seejuures on käsitletud nii ehitiste kui ka rajatiste modelleerimise staadiumeid. Juhend on rakenduskava koostamise sobilik sisendmaterjal, et saada parem ülevaade hoone valmistamisega seotud protsessidest ning nende protsesside kirjeldustest.

4.1.6 AEC (UK) BIM Protocol ver. 2.0

Nimi	AEC (UK) BIM Protocol ver 2.0	
Organisatsioon	AEC (UK)	
Sihtgrupp	Projekteerijad	
Väljaandmise kuupäev	September 2012	
Sisu	<ul style="list-style-type: none">• sissejuhatus,• parimad praktikad,• mudelprojekteerimise rakenduskava,• koostöö korraldamine ehitusinfo modelleerimisel,• tarkvarade koostalitusvõime,• mudeli andmehaldus,• modelleerimise metoodika,• mudelprojekteerimise kaustad ja nende nimetamine,• jooniste vormistamine,• mudelprojekteerimise ressursside jagamine.	

AEC (UK) BIM Protocol ver. 2.0 moodustab kompleksse tarkvarapõhise lahenduse, mis keskendub Briti Standardite kohandamisele projektide ehitusinfo modelleerimisel. Juhendi eesmärkideks on:

- Kasutada ehitusinfo modelleerimisel koordineeritud ja järjepidevat lähenemist, et suurendada efektiivsust.
- Määrata standardid, seadistused ja parimad meetodid, mis tagavad kvaliteetsete andmete ja ühtsete jooniste väljastamise kogu projekti raames.
- Tagada, et digitaalsed ehitusinfo modelleerimise failid on üles ehitatud õigesti, et võimaldada tõhusat andmete jagamist töötamisel multidistsiplinaarsete meeskondade nii sisemistes kui välistes ehitusinfo modelleerimise keskkondades.

AEC (UK) BIM Protocol'i alusel on loodud ka tarkvarapõhised juhendid: [Autodesk Revitile](#), [Graphisoft ArchiCAD'ile](#) ja [Bentley AECOSim Building Designer'ile](#).

Juhendi alguses antakse ülevaade parimatest meetoditest, täpsemalt käsitletakse soovitusi ehitusinfo modelleerimise ja jooniste koostamise kohta.

Kolmas peatükk käsitleb projekti ehitusinfo modelleerimise rakenduskava koostamist. Selles selgitatakse osapoolte rolle ja ülesandeid, kirjeldatakse täpsemalt modelleerimise rakenduskava ülesehitust ning seletatakse kuidas korraldada ehitusinfo modelleerimise nõupidamisi.

Neljas peatükk annab ülevaate, kuidas korraldatakse poolte vahelist koostööd ehitusinfo modelleerimisel. Antakse ülevaade meeskondade vahel andmete vahetamisest ühises andmekeskonnas, ettevalmistusest, mis tuleb teha enne mudeli avaldamist ja ehitusinfo modelleerimisandmete ülevaatuses.

Viies peatükk selgitab tarkvarade koostalitlusvõimet. Selles vaadeldakse modelleerimise informatsiooni juhtimist, kuidas seda talletatakse ja kasutatakse. Kirjeldatakse mudeli kasutamise otstarvet ja kuidas toimub erinevate tarkvarade vahel andmevahetus.

Kuues peatükk selgitab, kuidas kasutatakse ehitusinfo modelleerimisel andmehaldust. Peatüki alguses tuuakse välja üldised põhimõtted nagu mudeli jaotamine osadeks ning fakt, et fail võib sisaldada ainult ühte mudelit. Veel kirjeldatakse mudeli jaotust ehk kuidas saavad samaaegselt ühe mudeliga töötada mitu inimest. Õigesti jaotatud mudel võimaldab suurendada projekteerimise efektiivsust. Teise variandina andmete eraldamise kõrval kasutatakse viitamist. Viitamine võimaldab mudeliga siduda mahukaid faile, mis ei koorma mudelit.

Seitsmes peatükk käsitleb modelleerimise meetodikat. Alustuseks kirjeldatakse mudeli arendamise meetodikat, kuidas valmistada mahukaid mudeleid, millel on madalad nõuded riistvarale. Seejärel hinnatakse ja liigitatakse kõik valmistatud komponendid, neile antakse nimed ning neid talletatakse vastavalt projekti ülesehitusele määratud kohas. Modelleerimise meetodika all käsitletakse jooniste koostamist, mudeli ruumilist paiknemist ja orienteerimist ning projekteerimisel kasutatavaid mõõtühikuid ja mõõtusid.

Peatükk kaheksa kirjeldab, kuidas on üles seatud ehitusinfo modelleerimise kaustade süsteem ja selgitatakse, mis põhimõtete alusel käib nende nimetamine.

Eelviimane peatükk seletab, kuidas vormistada ja printida joonist nii, et väljaprintitud tulemus näeks välja võimalikult kvaliteetne.

Viimane peatükk annab ülevaate, kuidas ja millist infot peaksid projekteerimismeeskonnad omavahel jagama, et hõlbustada ehitusinfo modelleerimist.

Sisend mudelprojekteerimise rakenduskavasse:

Juhendi *AEC (UK) BIM Protocol* annab põgusa ülevaate kogu ehitusinfo modelleerimisega seotud tegevustest. Juhendi teemad on varustatud illustratsioonide, näidete ja hulgaliste märkustega, mida tuleb ehitusinfo modelleerimisel silmas pidada. Juhend on keskendunud igas peatükis märkuste esitamisele. Modelleerimise osad, mis käsitlevad failide nimetamist, modelleerimise erinevaid

staadiume, vormistamist ja printimist on hästi lahti seletatud. Ehitusinfo modelleerimise rakenduskava seletus on juhendi alguses välja toodud nii tabelina kui rollide ja ülesannete järgi, kuid on jäädud üldsõnaliseks. Antud juhend ja selle tarkvara spetsiifilised versioonid (Autodesk Revit ja Graphisoft ArchiCAD) annavad põhjaliku ülevaate, millega tuleb arvestada modelleerimisel. Mudelite ülesehituse tehniline pool ning programme kasutamise üksikasjalik selgitus on oluliseks sisendiks rakenduskava koostamisel.

4.1.7 Norra Statsbygg

Nimi	Statsbygg Building Information Modelling Manual 1.2.1	
Organisatsioon	Statsbygg	
Sihtgrupp	Projekteerijad	
Väljaandmise kuupäev	17.12.2013	
Sisu	<ul style="list-style-type: none"> • sissejuhatus, • üldised nõuded, • erialased nõuded, • modelleerimise kvaliteet ja parimad praktikad, • klassifitseerimine. 	

(*Statsbygg Building Information Modelling Manual 1.2.1*) BIM Manual 1.2.1 on Norra Statsbygg'i poolt koostatud juhendmaterjal, mis käsitleb mudelprojekteerimise üldnõudeid projektide koostamiseks ja hoonete haldamiseks. Juhendmaterjal on koostatud juhendi eelnevatest versioonidest (ver. 1.0, 1.1 ja 1.2), Statsbygg'i ehitusprojektidega ja teadus- ning arendusprojektidega omandatud kogemustest. Juhendi eesmärk on kirjeldada Statsbygg'i mudelprojekteerimise nõudeid tuginedes avatud IFC formaadile ja lähtudes üld- ja erialaspetsiifilistest nõuetest.

Statsbygg'i juhendis on esitatud mudelprojekteerimise põhinõuded, mis kehtivad kõikidele mudelprojekteerimise väljunditele. Põhinõuetes käsitletakse: mudelprojekteerimise eesmäärke,

avatud mudelprojekteerimise standardite/formaatide kasutamist, objektipõhist projekteerimist, projekteerimisel kasutatavat tarkvara, projekteerimise käigus tekkivat andmete säilitamist, failide nimetamist, ehitusplatsi mudelit, hoone mudelit, korrustele esitatavaid nõudeid, ruumielementidele esitatavaid nõudeid, seadmetele esitatavaid nõudeid ja objektide nimetamist.

Statsbygg on koostanud tellija jaoks mudelprojekteerimise nõuete blanketi, mis käsitleb projekteeritava hoone ruumiprogrammi, tsoonide grupeerimist, ruumielementidele kehtivaid nõudeid, mööblit ja seadmeid. Juhendis on välja toodud kohustuslik ja soovituslik informatsioon, mis tuleb tellijale esitada.

Mudelprojekteerimisel on põhimudeliks arhitektuurne mudel, mis tavaliselt sisaldab enamike teiste valdkondade elemente, näiteks konstruktiivseid elemente, elektriseadmeid ja tehnosüsteeme. Juhendi arhitektuurse mudeli modelleerimise osas esitatakse täpsed nõudmised, mis käsitlevad mudeli geomeetria täpsust, modelleeritavaid elemente (välisseinad, trepid, vahelaed, jms) ja elementide ning ruumide nimetamist.

Juhendis antakse ülevaade ehitusinfo modelleerimise eesmärkidest, mis aitavad parandada meeskondade vahelist suhtlust ja informatsiooni vahetust. Enne modelleerimise alustamist hangitakse lähteandmed, milles analüüsitakse kindlasti asukohta ja hoone paiknemist kindlalt. Koostatakse hoone ülevaade (olemasoleva hoone korral), valmistatakse ruumi-, hoone funktsionaalsuse programm, ruumivajaduse programm ja hoone tehnilised nõuded (*Building Technical Program*).

Konstruksioonide osa modelleerimisel tuleb valmistada kõik koormuskandvad elemendid nagu betoon-, puit- ja teraskonstruksioonid ja mittekandvad betoonkonstruksioonid. Konstruktor valmistab konstruksioonide osamudeli ja selle analüüsitud mudeli. Mõlemad mudelid tuleks valmistada paralleelselt. Modelleeritavad elemendid peavad olema piisavalt täpse geomeetriaga, peavad sobima arhitektuurse mudeliga ja eriosade elementidega ning peavad olema korrektselt tähistatud.

Eriosade osamudelis modelleeritakse torustik, tuletõrje-, kütte-, ventilatsiooni-, õhu konditsioneerimis-, jahutus-, energiatarbe mõõtmis- ja juhtimissüsteem. Norra praktikas arvestatakse selle juurde veel gaasi- ja suruõhusüsteem, veepuhastusseadmed, jäätmekäitlus ja kesktolmuimeja süsteem. Modelleeritavad komponendid peavad kandma sobivat nimetust. Elementide geomeetria ja detailsus peab vastama projekteerimise etapile.

Juhendis antakse ülevaade elektrisüsteemi, kommunikatsioonide, akustika, tuletõrjesüsteemide modelleerimisest.

Kui hoone on valmis modelleeritud antakse ehitajale IFC formaadis mudel. Ehitaja teatab projekterijale ehituse käigus tekkivatest muudatustest ja projekterija uuendab hoone põhimudelit vastavalt muudatustele, kuni hoone mudel vastab reaalsele ehitustingimustele.

Modelleerimisstaadiumis korraldatakse arhitektuurse mudeli projekteerimise konkurss, esitatakse esialgne ruumiprogramm, analüüsitakse ehitusinfo modelleerimise ja geoinfosüsteemi (BIM-GIS) integreerimist, kontrollitakse ehitusinfo modelleerimise süsteemi toimivust, teostatakse mahuarvutused, teostatakse vajalikud analüüsid (konstruktsiooni analüüs, energiatõhususe analüüs jms). Juhendis tuuakse veel välja ehitusfaasi ja hoone haldamisega seotud põhipunktid, kuid need on jäetud üldsõnaliseks.

Juhendi teises pooles kirjeldatakse, kuidas Statsbygg kontrollib, et modelleeritud mudel vastaks seatud nõuetele. Põhinõuded, millele mudeli vastavust kontrollitakse:

- modelleerimise struktuur (kas mudel on koostatud ja eksporditud korrektselt?);
- modelleerimise järjepidevus (kas mudel on õigesti modelleeritud?);
- mudelis olevatele objektidele esitatud nõuded;
- nõuded, mis on seotud objektide informatsiooniga (parameetrid, suhted jms), nimetuse viisid/liigitus ja tüüpide informatsioon.

Mudeli kontrollimiseks kasutatakse programmi Solibri Model Checker, millega kontrollitakse mudeli struktuuri, komponente/objekte, komponentide mõõtmeid, komponentide paiknemist, komponentide kokkupõrkeid, komponentide üleulatumist ja ruumielemente.


Juhendi lõpus tuuakse välja modelleerimise parimad praktikad. Antakse ülevaade tegevustest, mida tuleb teha enne modelleerimise alustamist ja kuidas valmistada töökorras mudel. Lisaks tuuakse välja levinumad modelleerimise vead ja valearusaamad.

Sisend mudelprojekteerimise rakenduskavasse:

„Statsbygg'i BIM manual“ annab detailse ülevaate, kuidas modelleerida ehitise mudelit IFC formaadis. Mudelprojekteerimise rakenduskava antud juhend ei käsitle. Modelleerimise nõuded on juhendis esitatud tabelina. Tabeli teemad on jaotatud kohustuslikuks informatsiooniks, soovituslikuks informatsiooniks ja täpsustavaks informatsiooniks. Selline jaotus võimaldab vajalikku informatsiooni kiirelt ja hõlpsalt leida. Tabelis esitatud info on konkreetne ja sisaldab piisavalt selgitavat osa. Teatud teemade puhul ei ole koostatud spetsiifilisi nõudeid, vaid on esitatud ainult modelleerimise soovitused. Juhendi lõpus on esitatud vastavalt ehituse etapile olulisemad teemad, mida modelleerimise käigus on soovitatav järgida. Eskiisi ja eelprojekti projekteerimise osad sisaldavad selgitust, kuid ülejäänud modelleerimise etappide teemad ei sisalda täiendavaid

selgitusi. Juhendi lõpus antakse põhjalik ülevaade kuidas ja mida kontrollida, et lõplik mudel oleks töökorras ja korrektne. Kontroll tehakse programmiga Solibry Model Checker, juhend annab põgusa ülevaate selle programmi kasutamisest. Ühes viimases peatükis on välja toodud Statsbygg'i nõuanded, mida teha enne modelleerimise alustamist ning kuidas valmistada head mudelit. Antud juhend on üks vähestest, mis annab edasi ehitusinfo modelleerimisega kogutud kogemusi. Tehtud ülevaade võimalikest puudustest ning soovitustest, mida kontrollida erinevate etappide lõpus, on oluliseks sisendiks rakenduskava koostamisel.

4.1.8 Singapur

Nimi	<u>Singapore BIM Guide Version 2</u>		
Organisatsioon	Building and Construction Authority		
Sihtgrupp	Projekteerijad		
Väljaandmise kuupäev	August 2013		
Sisu	<ul style="list-style-type: none"> • sissejuhatus, • mudelprojekteerimise rakenduskava, • ehitusinfo modelleerimise tulemused, • ehitusinfo modelleerimise protsess • mudelprojekteerimise projektijuhi ja koordinaatori ülesanded, • lisa A: mudelprojekteerimise elemendid vastavalt valdkonnale, • lisa B: mudelprojekteerimise objektid ja vastutuse maatriks, • mudelprojekteerimise suunised. 		

Juhendi „*Singapore BIM Guide Version 2*“ eesmärk on kirjeldada ehitusinfo modelleerimisega saavutatavaid tulemusi, protsesse ja selles osalevaid erinevaid osapooli. Selles selgitatakse, millised on ehitusprojektis osalevate meeskonnaliikmete funktsioonid ja kohustused. Funktsioonide ja kohustuste täpsemalt jaotus on välja toodud juhendi mudelprojekteerimise rakenduskavas.

Teises peatükis selgitatakse, miks tuleb mudelprojekteerimise rakenduskava välja töötada ja millistest osadest see koosneb.

Kolmandas peatükis kirjeldatakse ehitusinfo modelleerimise tulemusi ning modelleerimise käigus valmivate mudelite (arhitektuuri ja konstruktsiooni osamudel) ülesehitust. Selgitatakse millistest elementidest need koosnevad ja mis on nende elementide parameetrid (suurus, hind, maht jms). Vaadatakse kuidas muutub elementide detailsus vastavalt modelleerimise etapile, kõik selgitused on varustatud põhjalike illustatsioonidega. Peatükis kirjeldatakse ehitusinfo modelleerimise ja vastutuse tabelit, kirjeldatakse erinevaid modelleerimise ülesandeid ja määratakse nende täitmise eest vastutav osapool. Antakse ülevaade, mis on mudeli modelleerija ülesanded ja kuidas kasutada valminud mudeleid. Põgusalt selgitatakse, millised kulud suurenevad ja millised vähenevad seoses ehitusinfo modelleerimise kasutamisega. Peatüki lõpus on nimekiri erinevatest analüüsides, mida saab teostada ehitusinfo modelleerimise kasutamise tulemusena, näiteks mudeli alusel teostatud energiatarbe analüüs või mahumudeli põhjal koostatud maksumuse analüüs.

Peatükk neli selgitab, millistest osadest koosneb ehitusinfo modelleerimise protsess. Üldsõnaliselt kirjeldatakse, mis põhimõtteid tuleks kasutada elementide modelleerimisel, mudeli paigutuse määramisel, ülesehitusel, vahetähtaegade esitamisel ja ülevaatamisel. Peatükis antakse tabelina ülevaade erinevate osapoolte ülesannetest projekti eri etappides. Jagatakse soovitusi osapoolte mudelite omavahelise koordineerimise osas, et vähendada modelleerimise käigus tekkivate vigade hulka. Kirjeldatakse kuidas dokumenteerida ja säilitada modelleerimise tulemusi, et need oleksid osapooltele mugavalt kättesaadavad. Peatüki lõpus selgitatakse, millega peab arvestama, kui teostada mudeli kvaliteedikontrolli.

Juhendi viimases peatükis selgitatakse, millised on mudelprojekteerimise projektijuhi ja mudelprojekteerimise koordinaatori ülesanded ehitusinfo modelleerimise protsessis.

Juhendi lisad koosnevad peamiselt tabelitest, mis kirjeldavad mudelprojekteerimise elemente, objekte ja erinevate osapoolte ülesandeid. Lisades on soovitusi ehitusinfo modelleerimiseks.

Sisend mudelprojekteerimise rakenduskavasse:

„*Singapore BIM Guide*“ juhend käsitleb kõiki peamisi ehitusinfo modelleerimisega ja rakenduskavaga seotud teemasid, kuid jääb oma selgitustes üldsõnaliseks. Juhendi tugevaks küljeks on lisades esitatud põhjalikud tabelid. Tabelites esitatakse hoone osade ja nende võimalike elementide nimekiri, mudelprojekteerimise eesmärkide ja osapoolte ülesannete nimekiri ning soovitusid mudelite modelleerimiseks vastavalt erialale. Rakenduskava olulise sisendina on toodud modelleerimise soovitusid vastavalt erialale ja projekteerimise etapile. Lisaks on oluline sisendinfo Singapuri lähenemine mudelite detailsuse astmele vastavalt modelleerimise etapile.

4.2 Praktilisi soovitusi erinevate riikide juhenditest

4.2.1 USA: Building Information Modeling Project Execution Planning Guide

Käesolev juhend kirjeldab neljaastmelist mudelprojekteerimise rakenduskava planeerimisprotsessi koos asjakohaste suunistega. Seda protsessi on rakendatud kolmes organisatsioonis ja seitsmes projektis. Analüüsidest nende kümne rakendusuringu edusamme ja väljakutseid saab teha järgmised soovitusel:

- **Igas projektimeeskonnas peab olema mudelprojekteerimise spetsialist.** Projekt, mis kasutab mudelprojekteerimise rakenduskava planeerimisprotsessi on tõenäoliselt edukam, kui meeskonnas on vähemalt üks inimene, kellel on kindel soov arendada mudelprojekteerimise rakenduskava. Mudelprojekteerimise meistrid pühendavad oma aega, et omandada vajalikud oskused, et aidata koostada lõplik mudelprojekteerimise rakenduskava. Nad aitavad teistel projektimeeskonna liikmetel mõista selle protsessi väärtust ja vajalikkust. On oluline, et mudelprojekteerimise spetsialist/spetsialistid toetab/toetavad meeskonda, et teostada vajalikud plaanid, isegi juhul, kui on suur ajaline surve alustada modelleerimisega enne, kui rakenduskava planeerimisprotsess on valmis. Mudelprojekteerimise spetsialistid võivad tulla erinevatest organisatsioonidest ja olla kolmas osapool protsessis. Üldiselt on levinud, et spetsialist tuleb peatöövõtja poolt.
- **Omaniku osalus kogu protsessi vältel on otsustava tähtsusega.** Andes suunised mudeli ja andmete väljunditele saab omanik rõhutada mudelprojekteerimise rakendamise olulisust, et jõuda ehitisele seatud lõppeesmärkideni. Omaniku osalus ja initsiatiiv mudelprojekteerimise protsessi suhtes julgustab projektimeeskonna liikmeid otsima parimaid protsesse, mis toovad kasu kogu projektile. Omanikud peaksid kaaluma mudelprojekteerimise rakenduskava nõude lisamist lepingusse, et planeerimine teostatakse vastavalt nende soovitud tasemele.
- **Projektimeeskond peab soodustama avatud ja koostööalt keskkonna kujunemist.** Mudelprojekteerimise rakenduskava planeerimisprotsess nõuab, et ettevõtte esitavad informatsiooni oma tavapraktika ja teabevahetuse nõuete kohta. Kuigi teatud lepingu tüübid võivad viia koostööraskusteni on selle metoodika eesmärk koostöö arendamine. Selle eesmärgi täitmiseks peaks saama üksteisega avatult suhelda. Meeskonnaliikmed peavad olema valmis riskima ja jagama oma teadmisi teiste meeskonnaliikmetega.

- **Mudelprojekteerimise rakenduskava planeerimisprotsessi saab kohandada erinevate lepingutüüpidega.** Mudelprojekteerimise protsessi on võimalik ulatuslikumalt kohandada projektides, kus on kasutusel integreeritud lepinguvormid (IPD). Protseduuri põhilistest punktides on kasu olenemata, millist lepingu tüüpi kasutatakse. Raskused tekivad siis, kui meeskonnaliikmeid ei kaasata kohe projekti alguses. Sõltuvalt lepingu ülesehitusest võib olla tarvis rakendada lisameetmeid tagamaks, et projekti planeerimine oleks edukas. Varakult tuleb ette planeerida tulevaste meeskonnaliikmete vajadused.
- **Väga oluline on alustada varakult planeerimisega.** Vastasel korral kulub lisaajaga, et kõrvaldada protsessis tekkivaid vastuolusid. Selle tulemuseks on planeeritust suurem aja- ja ressursikulu.
- **Mudelprojekteerimise rakenduskava tuleb käsitleda, kui ajas muutuvat dokumenti.** Alustades mudelprojekteerimise rakenduskava planeerimisprotsessiga on oluline mõista, et mudelprojekteerimise kava peab olema paindlik ja seda tuleb üle vaadata ning ajakohastada perioodiliselt. Ebareaalne on eeldada, et projektimeeskonnal on projekti planeerimise alguses olemas kogu vajalik informatsioon, et välja töötada mudelprojekteerimise kava. Andmete kasvatamiseks kulub aega, sest täiendavat teavet tuleb lisada, kui projektimeeskonda lisatakse uusi liikmeid.
- **Kui esialgne kava on välja töötatud, tuleb seda regulaarselt üle vaadata.** Meeskond peab määrama kava läbivaatamise sageduse. Kogu projekti kestel tuleb silmas pidada, et meeskond töötaks projekti alguses püstitatud eesmärkide nimel. Kui nendest eesmärkidest hakatakse kõrvale kalduma, tuleb meeskond uuesti eesmärkidele tagasi suunata.
- **Asjakohased ressursid peavad olema kättesaadavad, et tagada planeerimise edu.** Oluline on mitte alahinnata planeerimisele kuluvat aega ja töö hulka. Projektimeeskonnad peavad arvestama planeerimisele kuluvat aja hulka projekti ajakava ja eelarve koostamisel. Mudelprojekteerimise rakenduskava koostamisel peaksid meeskonnad realistlikult hindama koostamisele kuluvat aega ning ette nägema reservaja rakenduskava juurutusfaasis. Mudelprojekteerimise rakenduskava koostamiseks kuluvat aega on võimalik vähendada, kui eelnevalt koolitada meeskonnaliikmeid. Ilma korraliku plaanita enne projekti koosolekute algust võivad koosolekutes tekkida mitmed ootamatud probleemid, mida oleks saadud ette planeerides vältida.
- **Arendades organisatsiooni mudelprojekteerimise rakenduskava enne projekti algust, on võimalik vähendada projekti planeerimisele kuluvat aega.** Planeerides organisatsiooni tasandil, saab meeskond vähendada planeerimisprotsessi igale sammule

kuluvat aega ja hoida planeeritavad eesmärgid kontrolli all. Selleks tuleb määratleda meeskonna eesmärgid, kasutusviisid, protsessid ja teabevahetus.

- **Mudelprojekteerimise rakenduskava planeerimisprotsessi on võimalik kohendada mitmele otstarbele ja olukorrale, mis on väljaspool projekti algset ulatust.** Isegi kui projektimeeskonnad võtavad sellest protsessist ainult neile vajaliku ja ei täida kogu protsessi, on nende projektide põhjal võimalik luua detailseid mudelprojekteerimise kavasisid. Meeskondadel on võimalik kohendada alusdokumente, lähtuvalt projekti eripärast, ilma et nad muudaksid planeerimisprotsessi põhilisi punkte. Meeskondadel on võimalus protsessile hiljem juurde lisada teisi osasisid, mis toetab planeerimist. Mudelprojekteerimise rakenduskava planeerimisprotsess on aidanud projektimeeskondadel välja arendada projektide detailseid kavasisid, mis määratlevad mudelprojekteerimise rakendamise eesmärgid, protsessid, teabevahetuse ja infrastruktuuri. Arendades ja järgides neid kavasisid suureneb meeskondade võime edukalt mudelprojekteerimist juurutada. See protsess on aja- ja ressursimahukas, eriti esimene kord, kui ettevõtte osaleb detailsel planeerimisel. Kuid kaasnev kasu on suurem, kui selle protsessi jaoks kulutatud ressursside väärtus.

4.2.2 UK: BIM Protocol

Selleks, et saavutada tehnilist tippset ja hästi koostatud projekti on esmatähtis, et mudelprojekteerimise toimivus ja sellest tekkivad andmed ning valmiv projektdokumentatsioon on hoolikalt planeeritud. Väga oluliselt mõjutavad seda juhtkond, projektiandmete visuaalne osa ning kvaliteet. Allpool on välja toodud parimad meetodid, mis aitavad parandada töö kvaliteeti ja tootlikust.

- tuleb koostada mudelprojekteerimise rakenduskava, mis määrab ära projekti olulised ülesanded, väljundid ja mudeli seadistused;
- tuleb kokku leppida mudelprojekteerimise projekti ülevaatuste toimumiste sageduses ja kohad, et säilitada mudeli terviklikkus ja projekti töövoog;
- kujundada suunised sise- ja väliskoostööle, mis tagaksid elektroonsete andmete õigsuse;
- mudeli elementide kuuluvus peab olema määratud kogu projekti eluea vältel;
- mudeleid on soovitatav jaotada osadeks erialade vahel kui ka ühe eriala siseselt, et failid ei muutuks liiga mahukaks ega liiga aeglaseks;
- tuleb mõista ja konkreetselt dokumenteerida, mida tuleb ja mis detailsuse astmeni tuleb modelleerida. Ülemodelleerimist tuleb vältida;

- kõik mudelis tehtavad muudatused tuleb teostada 3D muudatustena, 2D muudatuste tegemist tuleb vältida;
- märkimisväärsed hoiatused vaadatakse üle regulaarselt ja olulised küsimused lahendatakse.

Joonised

Ehitusinfo modelleerimise käigus valmivatele joonistele kehtivad tavapärased joonistele esitatud tingimused:

- joonisel ei tohiks kanda ebaotstarbekat informatsiooni;
- määratakse minimaalne detailsuse aste ja kõrvaldatakse korduvad detailid;
- jooniste arv tuleks hoida vajalikus piires ja nad peaksid olema loogiliselt järjestatud;
- tagamaks jooniste terviklikkust, tuleb vältida modelleerimisel vaadete dubleerimist.

4.2.3 Norra: Statsbygg BIM Manual 1.2.1

Selleks, et saada ehitusinfo modelleerimisest piisavalt kasu ehitusjärgus peaks mudel olema valmistatud nii nagu hoone tegelikkuses ehitatakse, näiteks seinad ehitatakse korruste kaupa ja neid ei tohiks modelleerida korruga üle mitme korruse. Ehitaja jaoks on väga oluline saada mudelist hoone mahud ja geomeetria andmed.

Enne modelleerimise alustamist:

- tutvuda projekti mudelprojekteerimise rakenduskavaga;
- koostada plaan mudeli kasutamiseks vastavas etapis. Projekteerimise käigus keskenduda sellele, mis on projekti jaoks oluline. Kokku leppida, millist mudeli sisu kontrollitakse mudeli ülevaatusel;
- kontrollida, et mudelprojekteerimise tulemused ja nõuded mudelitele on vastavuses projekti eesmärkidega;
- kontrollida, et kõik osalised mõistavad ehitusinfo modelleerimise eesmärgi;
- kontrollida, et modelleerimisvahendid (CAD tarkvara) suudavad täita mudelprojekteerimise nõudeid;
- korraldada kohtumine, kus kõikide erialade esindajad on kohal ja saavad infot mudelite versioonide kohta ning kehtivate versioonide osas, vajadusel on võimalik mudeleid vahetada;

- valmistada katsemudel, mis koosneb kõikide erialade mudelitest. Kontrollida, kas on võimalik modelleerida vastavalt modelleerimistarkvara nõuete järgi. Leida alternatiivseid lahendusi nõuetele, mida on antud tarkvaraga raske täita;
- kohtumise tulemusena selguvad modelleerimise tehnilised probleemid ja sellega tagatakse, et osapooled saavad alustada modelleerimisega. Oluline on vahetada eelnevatest kogemustest saadud teadmisi;
- luua nimekiri projektis kasutatavtest tarkvaradest, et tagada tarkvara eesmärgipärane kasutus ja pidev tehniliste vigade ja puuduste ülesmärkimine;
- luua keskkond, kus kõik projektis osalejad saavad ligipääsu mudeli(te) viimasele versioonile. Keskkond võib olla failipõhine läbi failiserveri või mudeliserveri põhine;
- selgitada kõigi erialade-/osalejate vahelisi liideseid, sealhulgas iga eriala mudeli andmete sisu;
- luua tõhusamaid tööprotsesse kasutades ehitusinfo modelleerimist;
- Kindlaks teha, millised tööprotsessid võib ehitusinfo modelleerimist kasutades projektist ära jätta. Mahtude võtmine ja pindalade kontroll on head näited protsessidest, mida ehitusinfo modelleerimine tõhustab.

Kuidas valmistada head mudelit:

- tuleb läbi mõelda, milline on mudeli ülesehitus;
- mudeli ülesehitus on võti, mis teeb mudeli kasutajasõbralikuks järgnevates protsessides. Kui mudelis on kriitilised struktuurivead, siis ei ole võimalik selle mudeli informatsiooni usaldada;
- kõik mudelis olevad objektid tuleb mõistlikult grupeerida;
- mudelis peab eristama tüüpobjekte ning üksikjuhtumeid;
- mudel peab eristama üldist ja toote spetsiifilist informatsiooni (omadused jne);
- mudel peab olema ilma „lahtiste otsteta“ või objektideta, mis ei ole seotud teiste objektidega;
- dubleeritud ja kattuvaid objekte tuleb vältida. Seda peaks eelnevalt kontrollima modelleerimistööriistas enne ehitusinfo modelleerimise eksportimist;
- mudeli uuendamisel säilitatakse iga elemendi GUID (globaalse kordumatuse tunnus). Näiteks kui üks objekt liigutatakse ühest punktist teise või kui muudetakse objekti asukohta;
 - a. see lihtsustab mudelite versiooni määramist ja tehtavate muutuste jälgimist. Mõned CAD tarkvarad ei pruugi veel täielikult vastata neile nõudmistele. Tuleb planeerida meetmed, mis väldiks projektis sellist olukorra;

- objekti tunnustes ja omadustes tuleb jälgida tekstiväljade kasutamist. Kui projektis järgitakse kindlat objektide nimetamise meetodit, siis tuleb hoolikalt järgida kehtestatud standardite ja loetelude nimekirjasid, tagamaks mudelprojekteerimise kasutamise järgnevates etappides;
- piirata objektide omaduste kasutamist vastavalt projekti etapile. Liigne omaduste kasutamine projekti modelleerimise alguse etappides „ummistab“ mudeli. See muudab mudeli ebavajalikult suureks ja keerukaks, mis võib põhjustada tarbetud ümbermodelleerimist;
- enne mudeli eksportimist ja teiste erialade meeskondadega jagamist, tuleb mudelit meeskonnasiseselt kontrollida. Enamikel CAD tööriistadel on olemas mudeli kvaliteeti kontrolliv funktsioon. Tuleks kasutada spetsiaalseid mudeli vaatamise (model viewer) või mudeli kontrollimise (model checker) programme, mis aitavad kõrvaldada suuremad vead.

4.2.4 Singapur: BIM Guide

Arhitektuurse mudeli modelleerimise suunised:

- arhitektuurne modelleerimine viiakse läbi järgmistes etappides: eskiis, eelmodell, põhimudel, töömudel ja teostusmodell. Igas etapis valmistatud mudeli tüübid sõltuvad mudelprojekteerimise väljunditest;
- monteeritavaid elemente võib modelleerida kui objekte (*Objects*);
- hoone elemendid tuleb valmistada kasutades õigeid tööriistu (*Wall tool, Slab tool* jne). Kui mudelprojekteerimise tarkvara tööriistad ei suuda elementi modelleerida, siis võib vajaliku hoone elemendi luua kasutades muid sobivaid objekte. Sellisel juhul tuleb korrektselt defineerida elemendi tüüp (*Type*);
- 2D saab kasutada mudelprojekteerimise mudeli täiendamiseks, kui elemendid on väiksemad kui kokkulepitud suurus;
- 2D standardi detaile saab kasutada mudelprojekteerimise mudeli täiendamiseks;
- hoone elemendid peavad olema modelleeritud iga korruse jaoks eraldi;
- vajalikud parameetrid: tüüp (*Type*), materjal (*Material*), ID, suurus (*Size*). Tüüpparameetrit on vaja mahtude võtmiseks;
- kui kasutatakse rohkem kui ühte tööriista elementide modelleerimiseks, siis neid elemente tuleks grupeerida ja tuvastada tüübi (*Type*) alusel. Näiteks plaate ja talasid (*Slabs and Beams*) saab kasutada tee (*Road*) modelleerimiseks. Elemendid tuleb grupeerida üheks ja saadud elemendi tüübiks tuleb määrata „Tee“;

- konstruktsioonelemendid tuleks modelleerida konstruktorilt saadud informatsiooni põhjal. Alternatiivne variant on linkida või töötada koos konstruktoriga jagatud mudeliga.

Mudelprojekti konstruktsioonide modelleerimise suunised:

- konstruktor valmistab konstruktsiooni ja analüüsi mudeli, millel elemendid on tegelike mõõtudega ja õige asukohaga. Seda mudelit kasutatakse dokumenteerimisel. Need dokumendid käsitlevad ainult konstruktsiooni mudelprojekteerimise osa;
- konstruktsiooni modelleerimine viiakse läbi järgnevates etappides: eskiis, eelmodell, põhimudel, töomudel ja teostusmodell. Igas etapis valmistatud mudeli tüübid sõltuvad mudelprojekteerimise väljunditest;
- kui projektis on monteeritavaid elemente, siis võib neid projekteerida ja modelleerida spetsialist ja viitamise eesmärgil kaasata/linkida mudelisse;
- mudelprojekteerimise konstruktsiooni osa käsitleb kõiki koormust kandvat betoon-, puit- ja teraskonstruktsioone ning mittekanvaid betoonkonstruktsioone. Põhilised konstruktsioonelemendid on sein (*Wall*), plaat (*Slab*), tala (*Beam*), post (*Column*) ja sõrestik (*Lattice*). Hoone elemendid tuleb luua kasutades õigeid tööriistu, näiteks seina tööriist (*Wall Tool*) jne. Kui mudelprojekteerimise tarkvara tööriistad ei suuda elementi modelleerida, siis võib vajaliku hoone elemendi luua kasutades muid sobivaid objekte. Sellisel juhul tuleb korrektselt defineerida elemendi tüüp (*Type*);
- mudeli ülesehitus (nimetused, jagamise loogika) lähtub projekti osapoolte vajadusest;
- sarrusvarraste ja ühenduskohtade detailid saab määrata projekteerimise järgus, vastavalt mudelprojekteerimise tarkvara võimalustele;
- 2D standardi detaile saab kasutada mudelprojekteerimise mudeli täiendamiseks, kui elemendid on väiksemad kui kokkulepitud suurus;
- 2D jooniseid võib kasutada montaaži plaanil;
- hoone elemendid peavad olema modelleeritud iga korruse jaoks eraldi;
- vajalikud parameetrid: tüüp (*Type*), materjal (*Material*), ID, suurus (*Size*). Tüüp parameetrit on tarvis mahtude võtmiseks;
- kui kasutatakse rohkem kui ühte tööriista elementide modelleerimiseks, siis neid elemente tuleks grupeerida ja tuvastada tüüpi (*Type*) alusel.

4.2.5 Kokkuvõte ja soovitused

Allolevas tabelis 3 on tehtud ristanalüüs erinevatele mudelprojekteerimise juhendmaterjalide funktsionaalsusele. Tabelis on võrreldud erinevate juhendite käsitusala tehnoloogia, protsesside ja organisatsiooni seisukohast lähtuvalt.

		CIC+PennState-BIM execution planning guide	VA-Veteran Affairs BIM Guide	PAS1192-2:2013	AEC(UK) BIM Protocol ver 2.0	Norra - Statsbygg	Eesti - RKAS	COBIM 2012	Soome - SKOL	Singapur
		USA		UK			Eesti			
	Üldine									
	Mudelprojekteerimise teooria									
	Mudelprojektist saadav kasu	x				x				x
	Seisukoht (omanik, spetsialistid, ehitaja)									
Tehnoloogia	Tehnoloogia (tarkvara, infrastruktuur)	x	x		x			x	x	x
	Nõuded									
	Modelleerimise nõuded	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	(Mudelprojekteerimise rakendamine, hierarhia, objektid+omadused, täpsus, kihid)			x		x		x		x
	Väljundid	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Kvaliteedi kontroll ja eelistatud mõõtmised	x		x	x		x	x	x	
	Andmed									
	Andmevahetus	x		x	x		x	x	x	x
	Failid, nimed, kaustade ülesehitus		x	x	x	x	x	x		
	Metaandmed									
	Andmete koostalitusvõime (<i>data interoperability</i>)	x		x	x		x		x	x
	Andmete jagamine ja talletamine	x	x	x	x		x		x	x
	Mudeli sisu vastavalt hoone osale:									
	Arhitektuur	x	x	x			x	x	x	x
	Konstruksioon	x	x	x			x	x	x	x
	Ruumiprogramm		x				x	x	x	
	Visualiseerimine		x				x	x	x	
	Ehituslikud nõuded	x					x			x
	4D graafik	x	x				x		x	
	Energiatõhusus	x	x				x	x	x	
	Jätkusuutlikus									
	Kokkupõrgete avastamine	x	x				x			x
	5D eelarvestamine	x					x			x
	Tööohutus						x			x
	Sisu vastavalt erialale + maastik, interjäär, akustika						x			
	Sisu vastavalt projekti etapile: esmane ülevaatus, kontseptsioon, arendamine, projektlahendus, ehitamine, haldamine, taaskasutamine									
	Konstruksioon		x				x			x
	Alltöövõtjad, tootjad		x							
Ehitise kasutamine						x		x		
Organisatsioon	Mudelprojekteerimise juurutamine ettevõttes	x	x							x
	Mudelprojekteerimise tase (maatriks, meede, sertifikaadid)									
	Mudelprojekteerimise rakenduskava	x	x	x	x					x
	Juhendi kavandamine ja rakendamine									x
	Riskijuhtimine									
	Tagasiside									
Õiguslikud punktid										
Protsess	Projekt									
	Protsess (projekt, ehitus)	x	x			x			x	x
	Projekti elluviimise meetod	x	x							
	Koostöö			x	x				x	x
	Projektimeeskond	x	x	x	x				x	
Standardi valmistamise protsess			x							

Tabel 2. Mudelprojekteerimise juhendite ristanalüüs

Olemasolevate juhendite ülevaatest on tehtud täna enimsiteeritud juhendmaterjalide kokkuvõte. Enimkasutatud juhendite seas on valdavalt USA päritolu juhendid, seda põhjusel, et mudelprojekteerimise tehnoloogia juurutamisega on tegeletud aktiivselt ärikasutuses alates eelmise kümnendi keskpaigast. Järgnenud juhendite versioonid nii USAs kui mujal maailmas on oluliste algmaterjali mõjutustega. Näiteks Austraalia juhend NATSPEC on koostatud USA VA juhendi põhjal. Oluliste märksõnadena võib erinevates juhenditest tuua välja järgmise:

- Nõuded mudelitele
- Mudelite jagamine
- Modelleerimise rakendamine
- Mudelprojekteerimise rakenduskava
- Koostöö ja koordineerimise protsess
- Infovahetuse nõuded ja tarkvarade koostoimivus
- Mudelprojekteerimise kasutamisel meeskonna funktsioonid ja vastutus
- Nõuded protsessi väljunditele
- Protsessi planeering
- Nõuded infosüsteemidele
- Andmete kasutamise turvalisus ning andmete omandiküsimused
- Mudelite kasutusotstarbe kirjeldamine
- Riskide haldamine
- Nõuded 2D joonistele
- Projektifailide struktuur ning nimetamine
- Minimaalne mudelprojekteerimise maatriks
- Objektide/ Elementide maatriks
- Lepingu küsimused

Käesoleva töö juhendmaterjali erinevates osades on oluline katta valdav enamus temaatikat, mis on märksõnadena välja toodud eelmises lõigus. Sisuliselt on seda võimalik teha läbi projekti rakenduskava (*BIM Execution Plan*) ning modelleerimise maatriksi, mis võimaldab liigitada mudelite detailsust vastavalt projekti staadiumile koos vastutusega. Projekti planeerimisel on lisaks harjumuspärastele kalendergraafikutele vajalik koostada protsessi skeem, mis selgitab erinevaid toiminguid ning protsessi sisendeid ja väljundeid. Töös koostatud protsessi näidisskeem on toodud

Lisas 6, protsessi rakenduskava alusfail on toodud Lisas 2 ning modelleerimise ulatuse tabel Lisas 3, näitena on Lisas 7 esitatud modellerimisulatuse näidiskirjeldused.

5 ÄRITARKVARA LIIDU UURING: EESTIS ENAMKASUTATAVAD TARKVARAD

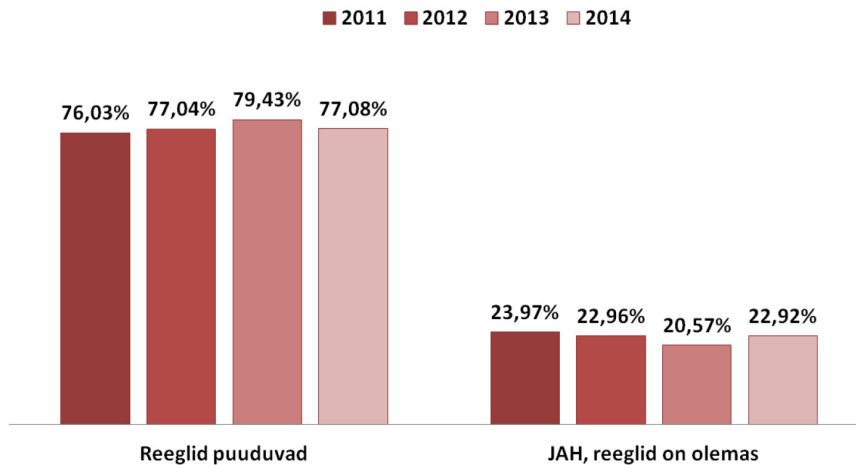
Peatükk on koostatud Eesti Äritarkvara Liidu uuringu kokkuvõtte põhjal.

5.1 Uuringu meetodika

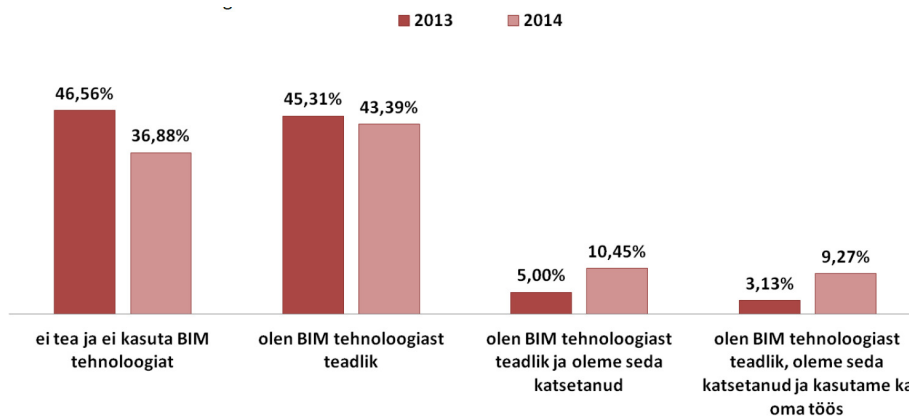
2014 aasta mai kuus viis Eesti Äritarkvara Liit läbi uuringu „Projekteerimistarkvara ja mudelprojekteerimise tehnoloogia kasutuse uuring Eestis aastal 2014“. Uuringu eesmärgiks oli saada ülevaade valdkonnas kasutatavast tarkvarast ning selgitada ettevõtete arusaama mudelprojekteerimise tehnoloogiast ning ka tehnoloogia kasutamisest. Uuringumeetodina kasutati veebipõhist küsimustiku. Valimisse kuulus 2400 ehitusliku projekteerimisega tegelevat ettevõtet MTR registrist. Küsimustikule vastas 559 ettevõtet.

5.2 Uuringutulemuste kokkuvõte

Üsna ootuspärase faktina selgus uuringust, et valdavas enamuses ettevõtetes puuduvad protseduurireeglid tarkvara kasutamisel. 397-st ettevõttest vastas 22,92% (joonis 7), et ettevõttes on tarkvarakasutus protseduuri reeglitega määratud. Nagu allolevalt skeemilt näha on läbi nelja aasta olnud trend sarnane.

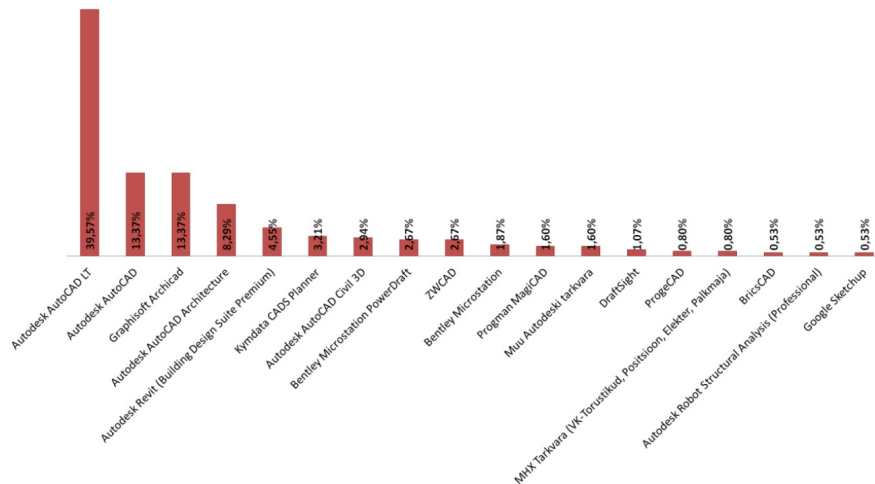


Joonis 7. Kas ettevõttes on kirjalikus vormis tarkvarahalduse protseduurireeglid (EestiÄritarkvaraLiit, 2014)



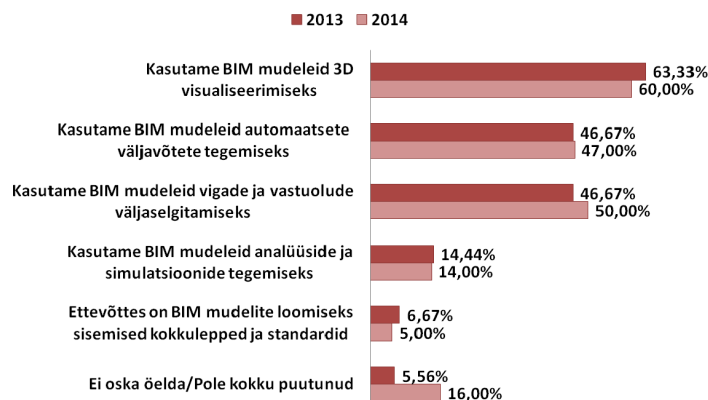
Joonis 8. Kokkupuude mudelprojekteerimise tehnoloogiaga (EestiÄritarkvaraLiit, 2014)

Vastanute hulgast omab kokkupuudet mudelprojekteerimise tehnoloogiaga 43,39% (joonis 8). Kokkupuudet ei oma 36,88% projekteerimisega tegelevat ettevõtet. Positiivse faktina võib tuua välja kahe aastate jooksul teadlikkuse kasvu mudelprojekteerimise osas.



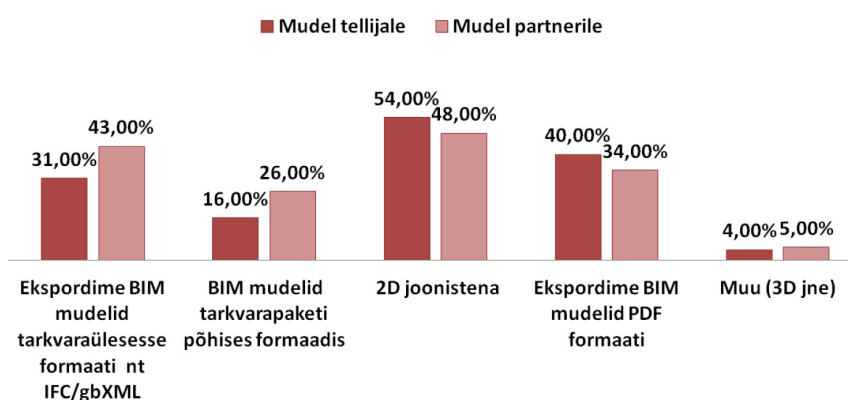
Joonis 9. Ülevaade ettevõtetes kasutatavatest tarkvaradest (EestiÄritarkvaraLiit, 2014)

Tarkvaratootjatest on Eestis ülekaalukas liider Autodesk kelle tarkvarad moodustavad 70,76% Eestis kasutatavatest projekteerimistarkvaradest. Mudelprojekteerimistarkvaradest kasutatakse enim Graphisofiti ArchiCAD-i (13,37%), Autodeski Revit-it (4,55%) ja Kymdata CADs Planner tarkvara (3,21%), mööndustega võib pidada mudelprojekteerimise programmiks ka Autodesk AutoCAD Architecture, mida kasutab kõigist küsitletust 8,29%. Tulemustest selgub, et erinevad juhendid nii protsessi kui tehnoloogiat silmas pidades tuleks esmalt koostada Autodeski ja Archicadi platvormile.



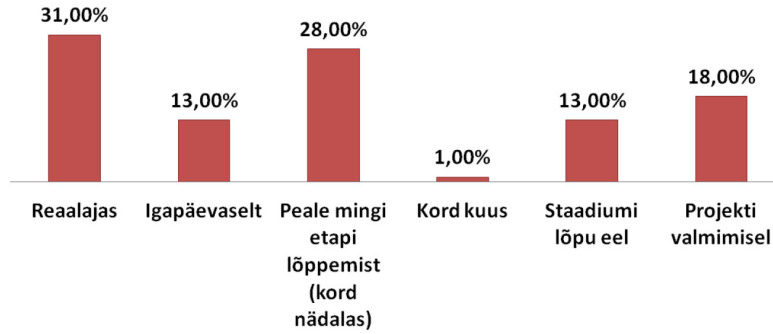
Joonis 10. Mudelprojekteerimise kasutamise eesmärk ettevõtetes (EestiÄritarkvaraLiit, 2014)

Enim kasutatakse mudelid 3D visualiseerimiseks (60%), millele järgneb mudelite vigade ja vastuolude kontroll (50%). Lisaks kasutatakse mudeleid automaatsete materjali mahtude väljavõtet tegemiseks. Oluliselt vähem kasutatakse mudeleid simulatsioonide tegemiseks, milles tegelikult peitub mudelprojekteerimise üks eeliseid ning mis annab olulise sisendinfo rajatav hoone toimivuse hindamiseks. Positiivse trendina on aasta jooksul kasvanud mudelite kasutamine vastuolude tuvastamiseks ning on vähenenud visualiseeringu osakaal, see annab alust arvata et mudelid kasutatakse üha enam sisulise töö teostamiseks.



Joonis 11. Mudelprojekteerimise mudelite väljastamise formaat (EestiÄritarkvaraLiit, 2014)

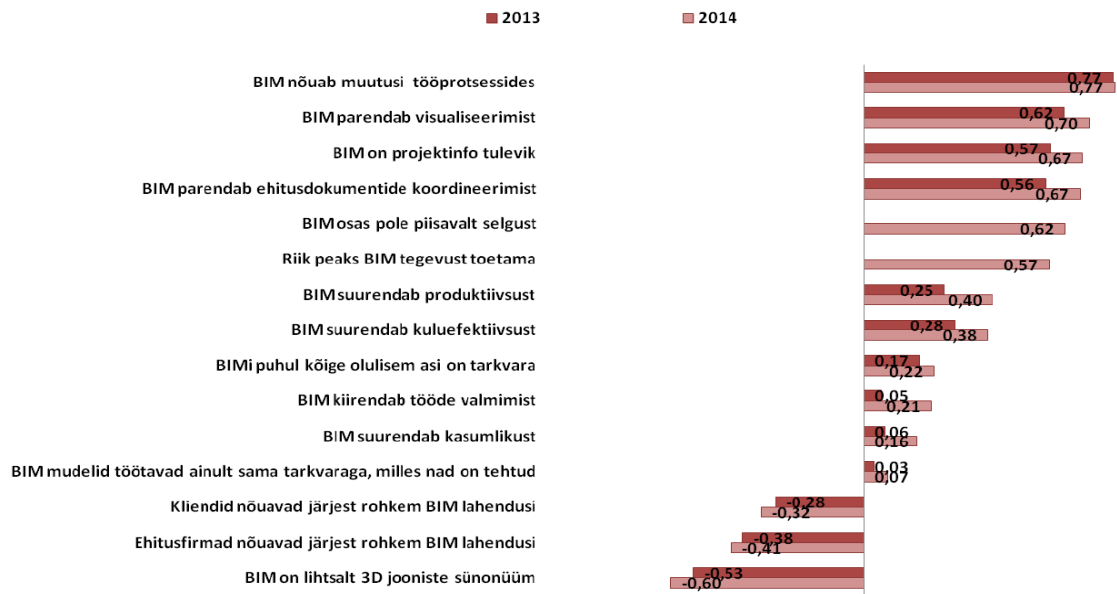
Mudelprojekteerimisele üleminekul peab kindlasti arvestama originaalformaatide kasutamise kõrval ka avatud failiformaatide kasutamise vajadusega. Levinud on avatud formaadi IFC kasutus, seda 43% juhtudel (joonis 11), samas on jätkuvalt vajalik mudelite info edastamine 2D joonistena ning ka mudeli esitamine PDF formaadis. Põhjused selleks on üldiselt seotud mudelite vaatamise tarkvara piirangutega. Vähesel määral on Eestis levinud vaatamistarkvarad, mis toetavad IFC formaati, PDF formaat on aga paljudele tuttav ning 3D info edastamisvõimalused on PDF formaadis piisavalt head. Kindlasti on oluline tänaseid info kasutajaid (tellija, koostööpartner) teavitada erinevatest vabavaralistest vaaturprogrammidest.



Joonis 12. Mudelprojekteerimise mudeli uuendamise sagedus ettevõttes (EestiÄritarkvaraLiit, 2014)

Joonisel 12 on toodud mudelite uuendamise sagedus ettevõtetes. Positiivse indikaatorina kasutatakse ettevõtte siseselt mudeli uuendamist reaalajas (31%), samuti on levinud mudelite uuendamine peale teatud etapi lõpetamist (28%). Juhul kui ei eksisteeri protseduuri reegleid mudelite kasutamise osas nii ettevõtte siseselt kui ka koostööpartnerite vahel, võib uuendamine osutuda probleemseks ning puudub info hetke seisuga ning selle suhtes, milline on hetkel viimane versioon ning milliste versioonidega erinevad osapooled teevad tööd.

Peatüki kokkuvõtteks saab tuua välja trendid, et Eestis tervikuna võetakse aasta-aastalt enam kasutusse mudelprojekteerimise tarkvara ning samuti muutub tarkvara kasutamine enam erialast tööd toetavaks, näiteks vastuolude kontrolli teostamine. See aga omakorda annab olulise signaali, et protseduure peab toetama erinevate riiklike ja tellija poolt toodetud juhendmaterjalidega. Väidet toetab ka alloleva joonis 13, kus tuuakse välja, et mudelprojekteerimise osas ei ole veel piisavat selgust.



Joonis 13. Hoiakud seoses mudelprojekteerimise tehnoloogia kasutamisega (EestiÄritarkvaraLiit, 2014)

6 PROJEKTI RAKENDUSKAVA

6.1 Projekti rakenduskava ülevaade

Käesolev peatükk on projekti rakenduskava teoreetiline osa, mis on mõeldud kasutamiseks paralleelselt konkreetse projekti rakenduskava väljatöötamisega. Peatüki eesmärgiks on anda lisaselgitusi rakenduskava erinevate peatükkide kohta. Põhirõhk on selgitustel mudelprojekteerimise kasutamiseks, traditsioonilised toimingud on selgitustes kaetud üldiselt.

Peatükki toetab Lisa 1 Projekti rakenduskava koostamise juhised ja Lisa 2 Projekti rakenduskava alusfail. Peatüki numeratsioon järgib Lisade numeratsiooni struktuuri.

6.2 Projekti üldandmed

Peatükk sisaldab üldist informatsiooni projekti kohta, mis on abiks uute projektiliikmete kaasamisel projekti ning samuti tulevikus referentsina kasutamiseks. Lõik koosneb järgnevatest osadest: projekti tellija/omanik, projekti nimi, projekti asukoht ja aadress, lepingu tüüp, üldine projekti kirjeldus. Peatükis on toodud vajalik lähteinformatsioon projekti koostamiseks: detailplaneering ja projekteerimistingimused, tellija lähteülesanne, ehitusuuringute info, viited normdokumentidele. Sõltuvalt projekti eripärast võib lisada peatükki täiendavat infot.

6.3 Projekti eesmärk, maht ja ajakava

6.3.1 Kliendi eesmärgid

Tulenevalt omanike erinevatest mudelprojekteerimise nõudmistest on oluline dokumenteerida omaniku mudelprojekteerimise nõuded ning ka planeeritud mudelite kasutus, et projektimeeskond oleks nõuetest teadlik ning saaks planeerida tööd vastavalt nõudmistele.

Tellijal lähteülesandest tuua välja eesmärkide kirjeldused

Mudelprojekteerimise puhul:

- Elementide modelleerimise ulatus ja detailsusaste (LOD) (vt. näitena Lisa 7)
- Elementide asukoha (paigutuse) täpsus
- Elementide lubatav kattuvus vastuolude kontrollil
- Lähtuvalt hoone tasemest (energiaklass, kasutusotstarve, ...) lepitakse kokku vajalikud simulatsioonid

Kirjeldada, kuidas ehitusinformatsiooni mudeleid ja hoone/rajatise andmeid kasutades võimendada projekti lõppväärtust, näiteks võrrelda erinevaid projekteeritud alternatiive, teostada hoone/rajatise kasutuse analüüsi, hoone elementide eeltootmise võimalused jne.

6.3.2 Peamised mudelprojekteerimise eesmärgid ja ülesanded

Selles lõigus peaks andma informatsiooni, miks võeti kasutusele mudelprojekteerimise lahendused, kas selle eesmärgiks oli võrrelda erinevaid alternatiivseid projekte, teostada analüüsi vms. Kirjeldada, millised mudelprojekti kasutusalasid (erinevad analüüsid, 3D koordineerimine) on plaanis antud projektis kasutada.

6.3.3 Mudelprojekteerimise kasutusala

Rakenduskava alusfailis märkida, millist mudelprojekteerimise kasutusala projektis kasutatakse. Tegevuse käigus peaks ette nägema võimalikud kasutusala kogu projekti jooksul, et loodavad mudelid oleksid sobivad koos soovitud väljunditega erinevatel kasutusosaladel.

6.3.4 Projekti maht ja vastutajad

Esitada töö kirjeldused ja töö eest vastutavad osapooled. Rakenduskava alusfailis määrata konkreetsed osamudelid, sisu, mida mudelis eeldatakse, samuti ka projekti staadium, milles info esitatakse. Lisaks anda info, milline projekti osapool on vastutav ning milline on kasutatav tarkvara. Alusfailis jätta tühjaks või lisada ridu vastavalt projekti eripärale.

6.3.5 Projekti staadiumid

Esitada projekti staadiumid, mis on planeeritud projekti mahtu, samuti kirjeldada võimalikud erisused EVS 811-ga.

6.4 Projekti koosseis

6.4.1 Faili nimetamise struktuur

Määrata faili nimetuste üldine struktuur. Nimetuste sümbolite ja kirja pildi määramisel lähtuda koostamise hetkel kehtivatest üldistest nõuetest (Määrus vms.).

6.4.2 Mudelite struktuur

Kirjeldada kuidas erinevate valdkondade mudelid on eraldatud. Näiteks: Hoonete kaupa, korruste kaupa, tsoonide kaupa, alade kaupa ja/või osamudelite kaupa.

6.4.3 Mõõtühikud ja koordinaatsüsteemid

Kirjelda projektis kasutusel olevaid mõõtühikuid ja kasutatavat koordinaatsüsteemi. **NB! Kokku tuleb leppida mudeli baaspunkti asukohas ning mudeli paiknemises baaspunkti suhtes.** Peaks selgitama lähtuvalt projekti eripärast, kas projekteerimine on põhjendatud suhtelises- või absoluutsüsteemis. Baaspunktina on soovitus kasutada geomeetrilist kujundit (näiteks risttahukas), mille abil on võimalik osamudeleid ühildada vajadusel ka „visuaalselt“ (Näites programmis Tekla BIMsight).

6.4.4 BIM ja CAD standardid ja juhendid

Määrata BIM ja CAD standardid ja juhendid, millest lähtuvalt projekti teostatakse, millisest allikast võetakse alusandmeid, määrata kasutatav IFC versioon jne. Samuti ka IFC toel üle kantav informatsiooni hulk mudelite tööversioonides.

6.5 Organisatsioon

6.5.1 Projekti juhtimisstruktuur

Esitada projekti juhtimise struktuur. See on oluline juhis projektimeekonnale suhtluse korraldamisel.

6.5.2 Projekti meeskond

Esitada projekti meeskonna kontaktid.

6.5.3 Mudelprojekteerimise kasutusala vastutajad

Määrata ettevõtte sisesed rollid ning nende vastutusala. Iga mudelprojekteerimise kasutusala jaoks peab mudelprojekteerimise projektimeeskond (näiteks peatöövõtja) määrama osapooli, kelle töötajad antud osa mudelprojekteerimisega tegelema hakkavad. See sisaldab vajalikku töötajate arvu iga mudelprojekteerimise kasutusala teostamiseks, asukohta, kus ettevõtte töötaja töötama hakkavad ning ettevõtte vastutava isiku kontakte. Kuna alati ei ole kõik projekti osapooled mudelprojekteerimise rakenduskava koostamise ajal teada, tuleb kontaktid rakenduskavasse lisada jooksvalt.

Alljärgnev vastutusala loetelu on soovitatav, vajadusel lisada vastutusalasid:

- mudelite üleandmine ühelt osapoolelt teisele;
- iga projekti staadiumi jaoks mudeli detailsuse kirjeldamine;
- iga projekti staadiumi mudeli sisu kinnitamine;
- erinevate osamudelite koondamine ning koondmudeli loomine;
- projekteerimise ülevaastustel ja koordineerimise koosolekutel osalemine;
- tagasiside andmine erinevatele projekti osapooltele;

- faili nimestruktuuri järgimine;
- tarkvara versioonide kontrollimine;
- dokumentatsiooni haldamine projektipangas.

6.6 Projekteerimise protsessiskeemide loomine

Koostada iga projekteerimise kasutusala (näiteks projekteerimine, maksumushinnang, 3D koordineerimine) jaoks protsessi kaart, kus on näidatud detailne plaan, kuidas on planeeritud projekteerimise kasutusala täide viia. Protsessiskeemid kirjeldavad iga tegevuse juurde kuuluvat informatsiooni vahetust. Protsessiskeemid koosnevad kahest astmest. Esimene aste näitab projekteerimise kasutusalade üldist ülevaadet, kuidas on need omavahel seotud ning millist sisendinformatsiooni vajavad. Teine aste on iga projekteerimise kasutusala kohta eraldi teostatud skeemid. (Antud dokumendi Lisas 5 on toodud juhised mõlema astme näidisprotsessiskeemid, mida on vaja vastavalt projekti informatsioonile ning nõuetele). Lisas 6 on protsessiskeemi alusfail/näidisfail, mida peab muutma vastavalt projekti eripärale, loodava informatsiooni hulgale ning kasutajatele.

6.7 Tööde korraldamine

6.7.1 Projekti ajagraafik

Esitada projekti ajagraafik ja vahetähtajad ning vastutavad osapooled.

Kui on koostatud mudelprojekt, siis sellel juhul esitada kava, millises formaadis mudelid esitatakse. Formaatide ja mudelite määramisel tuleks alustada paralleelselt protsessikaardi koostamist, et selgitada formaatide sobivus nii sisendite kui väljunditena. Kõik informatsiooni vahetamisega seotud andmed peab koguma ühte kohta. Informatsioon, mida ajakava koondvorm peaks sisaldama on:

- informatsiooni nimetus (konstruktsiooni osade mudel – 3D koordineerimiseks);
- informatsiooni ehk faili saatja;
- informatsiooni ehk faili vastuvõtja;
- kas informatsiooni vahetamine on ühekordne tegevus või korduv tegevus, kui korduv siis milline on sagedus (näiteks iganädalane);

- faili saatmise alguskuupäev või faili saatmise tähtaeg;
- mudeli faili tüüp (näiteks .rvt .ifc);
- mudeli originaaltarkvara nimetus (näiteks Revit, Bentley jne) + programmi versiooni number;
- algne mudeli failitüüp (näiteks .rvt);
- failitüüp informatsiooni vahetamiseks (näiteks .ifc .rvt).

Andmete parema jälgitavuse huvides esitada andmed tabeli kujul.

6.7.2 Infovahetus

Allolev peatükk peab selgitama kommunikatsiooni põhimõtteid kõikide projekti osapooltele. Elektroonne kommunikatsioon peaks toimuma võimalusel läbi ühtse projektijuhtimise süsteemi. Dokumentide haldus (failide kaustade struktuur, load ning ligipääsud kaustadele, kaustade haldus, kaustade teated, failide nimetamine) peab olema läbimõeldud ja kirjeldatud.

6.7.2.1 Lähteandmete edastamine

Kirjeldada lähteandmete edastamise infokandjad ja edastamise põhimõtted.

6.7.2.2 E-posti aadressid

Esitada erinevate projekti juhtimistasemete ja osapoolte e-posti aadressid. Oluliste kontaktide nimekirjas peab olema vähemalt üks kontakt igast projektiga seotud osapoolest, sealhulgas omanikud, projekterijad, konsultandid, peatöövõtjad, alltöövõtjad, tootjad, tarnijad jne. Kõikide osapoolte kontaktide informatsiooni peab koguma ning vahetama kõikide osapooltele kättesaadavasse keskkonda.

6.7.2.3 Kirjavahetus

Esitada kirjavahetuse reeglite kirjeldus koos vajalike viidetega konfidentsiaalsusele jms.

6.7.2.4 Projekteerimisnõupidamised

Kirjelda korralised koosolekutüübid, mida on kavas projektis kasutada, vajadusel lisada tüüpe vastavalt projekti eripärale. Sõltuvalt rakenduskava tasemest kirjeldada täiendava peatükina meekonna nõupidamised.

Koordineerimise koosolekute puhul peaks olema rakenduskavas toodud:

- kõik koordineerimise koosolekud;
- projekti staadiumid, millal koosolekud aset leiavad;
- koosolekute toimumise sagedus;
- vajalikud osapooled koosoleku läbiviimiseks;
- koosolekute asukoht.

6.7.2.5 Projektipank

Esitada detailid projektipanga osas: Millisel aadressil asub, milline on projektipanga struktuur, millised on ligipääsu taotlemise reeglid, samuti kirjeldada, kellel on muutmis- ja vaatamisõigused.

6.7.2.6 Mudelite jagamise ajakava informatsiooni vahetuseks ja heakskiitmiseks

Kirjeldada koos ajakavaga informatsiooni vahetuse- ning failide jagamise põhimõtted projektis, tuginedes protsessikaartidel.

6.7.2.7 Mudelprojekteerimise info vahetamine

Erialade mudeli elemendid, mida modelleeritakse erinevates staadiumites, on toodud modelleerimisulatuses tabelis Lisas 3. Samuti on infovahetuse jaoks vajalik koostada protsessiskeem vt Lisa 5 ja Lisa 6. Modelleerimise detailsust (LOD) ja ulatust on soovitatav koostada kirjeldustena vt. näiteid Lisa 7.

Informatsiooni vahetamine näitlikustab mudeli elemente vastavate erialade järgi, nende täpsusastet ja muid spetsiifilisi omadusi, mis on projektis olulised. Projekti mudelid ei pea sisaldama kõiki projektis olevaid elemente, aga meeskonna jaoks on oluline kirjeldada mudeli komponendid ja erialaspetsiifilised nõudmised, et saavutada projektist tulenevat väärtust ning vähendada ebavajalikku modelleerimist.

6.7.2.8 Interaktiivsed töökohad

Projektmeeskond peaks ette valmistama füüsilise keskkonna, kus meeskond hakkab tööd tegema, et teostada vajaliku koostööd, suhtlust ja ülevaatusi, mis parandavad otsustusprotsesse projektis. Kirjeldada, kus projektmeeskond asub. Oluliste küsimustele tuleks leida lahendus, nagu näiteks: Kas projektmeeskonnal on olemas kõik vajalikud infotehnoloogilised vahendid ning tarkvarad? Kus ja kuidas hakkavad toimuma erinevad projekti osapooli hõlmavad koordineerimise koosolekud?

6.8 Vormistamine

Kirjeldada ühtse vormituse põhimõtteid järgnevale loendile:

- keel ja tõlkimine;
- valmis projekt;
- tiitelleht;
- kehtivate jooniste nimekiri;
- dokumentide tähised ja failinimed;
- kirjanurgad;
- muudatuste tabel kirjanurgas;
- muudatuste tegemine joonisel.

6.9 Kvaliteedi kontroll

Projektmeeskond peab määrama ning dokumenteerima üldise strateegia mudelite kvaliteedi kontrollimiseks. Tagamaks mudelite kvaliteeti igas projektistaadiumis ja enne informatsiooni vahetamist, peavad protseduurid olema kirjeldatud ja järgitud. Iga mudelprojekteerimise mudel, mis on loodud, peab olema eelnevalt planeeritud, arvestades mudeli sisu, täpsusastet, formaati ja osapoolt, kes vastutab mudeli uuendamise eest ning mudeli jagamist projekti osapoolte vahel. Igal projekti osapooltel, kes tegeleb teatud mudeliga, peab olema vastutav isik, kes tegeleb mudeli koordineerimise küsimustega. Isik vastutab probleemide lahendamise eest, mis võivad tekkida andmete ja mudelite uuendamisel, täpsustamisel. Kvaliteedi kontrollid peavad olema tehtud

kõikidele suurematele mudelprojekteerimise tegevustele, näiteks nagu projekteerimise ülevaastusel, koordineerimise koosolekul.

6.9.1 Üldine strateegia kvaliteedikontrolliks

Kirjeldada kvaliteedi kontrollimise põhimõtteid. Peatükki on soovitatav siduda protsessikaardiga koos vajalike vahetähtaegade välja toomisega.

Kõik projekti osapooled peavad teostama kvaliteedi kontrolli ülevaatused oma projekteeritud mudelile, andmehulgale või mudeli omadustele enne nende jagamist teistele osapooltele. Mudelprojekteerimise projektijuht kinnitab mudeli kvaliteedi pärast ülevaastust. Järgnevad kvaliteedikontrolli ülevaatused peaksid projektis olema tehtud:

- visuaalne kontroll: veenduda, et mudelis ei oleks mittevajalikke komponente;
- vastuolude kontroll: leida vastuolusid mudelis, kus näiteks kaks hoone osa omavahel ristuvad. Vastuoluna mõistetakse ka funktsionaalseid vastuolusid, näiteks aknal puudub avanemise ruum;
- standardite kontroll: Veenduda, et on järgitud mudelprojekteerimise standardeid modelleerimisel;
- elementide info sisaluduse kontroll: Veenduda, et andmehulgas ei ole elemente, mida ei ole kirjeldatud või on valesti kirjeldatud.

6.9.2 Kvaliteedi kontrolli ülevaated

Loetleda kontrole, mida tuleks teostada, et tagada mudeli/projektlahenduse kvaliteet, vajadusel lisada kontrolli tüüpe.

Allolevas näidiskirjelduses on käsitletud projekteerimise koordineerijana arhitekti. Koordineerivaks osapoolaks võib olla ka kolmas osapool: konsultant, peaprojekteerija vms.

Iga projekti staadiumi jaoks peaks projektimeskond koostama detailse modelleerimise plaani, mis peaks sisaldama modelleerimise eesmärgi, modelleeritavaid mudeleid ning modelleerijate rolle ja vastutusalasid. Vastavad sisud on projekti staadiumite kaupa väljatoodud järgnevalt:

1. Eskiis

Eesmärgid: Luua eskiis, mis baseerub esialgsetele kokkulepitud parameetritele, mis on kehtestatud omaniku/tellijaja poolt. Üle vaadata, et kodeerimise ja tsoonide jagamise nõuded vastavad projekti

eesmärkidele ning ühtne baaspunkt on määratud erinevate osamudelite jaoks. Lisada mudelisse ruumiprogrammi nõuded kõikide ruumide kohta.

Mudeli roll: Selles projekti staadiumis võib, aga ei pea mudelit modelleerima. Kui aga mudel luuakse, siis selle rolliks on kujutada ja visualiseerida esialgseid lahendusi ning üldiseid hoone plaane, kuhu on lisatud ka ruumiprogrammi nõuded.

Vastutused: Arhitekt loob esialgse ehk baasmudeli, mida hakkavad projekti teised osapooled oma töös aluseks võtma. Selles projekti staadiumis lepivad projekti osapooled kokku ühtsetes modelleerimise standardites ning juhendites, millele hakatakse töös tuginema.

2. Eelprojekt

Eesmärgid: Luua ruumiline mudel, mis baseerub eskiisis loodud esialgsetele lahendustele. Luua esialgne mudel hoonesüsteemidest ja nende omadustest, mis sisaldab arhitektuuri, konstruktsiooni osasid ja hoone eriosasid. Koordineerida erinevate hoonesüsteemide sobivusi omavahel. Saada esialgset sisendinformatsiooni tarnijatelt ning tootjatelt hoonesüsteemide kulude, paiknemiste, tootmise ja tarnegraafikute kohta.

Mudeli roll: Arhitektuurne mudel näitab üldist hoone lahendust/vormi ja plaani hoone konstruktsioonide osas ning on aluseks kõikidele teistele hoonesüsteemide modelleerimistele, nagu näiteks hoone eriosade mudel ja konstruktsiooni osade mudel. Neid kasutatakse näitamaks, millised on esialgsed hoone osad ja nende paiknemine projektis. Arhitektuurset mudelit kasutatakse energiatarbimise analüüside läbiviimiseks.

Vastutused: Kui esialgne arhitektuurne mudel on loodud, saadab arhitekt mudeli teistele projekti osapooltele, et nad saaksid võtta mudeli aluseks ning sellest lähtuvalt valdkonna osamudelid modelleerida. Loodud osamudelid saadetakse tagasi arhitektile, kelle ülesandeks on kontrollida, et loodud osamudelid vastaksid antud projekti staadiumi jaoks kokkulepitud nõuetele. Pärast seda tõstab arhitekt loodud osamudeli kokku ning loob koondmudeli. Koondmudelist eemaldab arhitekt, koostöös osamudelite loojatega, kõik dubleerivad ning üleliigsed elemendid mudelist.

3. Põhiprojekt

Eesmärgid: Luua lõplik mudel hoonest ja selle süsteemidest. Lahendada erinevate hoonesüsteemide vahelised vasturääkivused. Luua ehitusmudel, mille põhjal on võimalik luua ajagraafikuid, maksumushinnanguid ning ehitatavuse analüüse.

Mudeli roll: Arhitektuurne mudel on ka siin projekti staadiumis aluseks teistele hoonesüsteemide mudelitele. Projekti staadiumis täiustatakse osamudeleid vastavalt projekti osapoolte vahelistel läbirääkimistel kokkulepitule.

Vastutused: Osamudelite loojad kasutavad arhitektuurset mudelit, et üle vaadata ning lõpetada valdkonna mudelid. Pärast seda, kui osamudelid on valmis, saadetakse need arhitektile. Arhitekt

kontrollib osamudelid, et veenduda osamudelite vastavuses projekti staadiumis kokkulepitud nõuetele. Arhitekt saadab arhitektuurse- ja osamudelid ehituse projektijuhile.

4. Tööprojekt

Eesmärk: Luua mudelitest viimased versioonid, ette valmistada dokumentatsiooni ülevaatuseks ning luua ehitusmudel, mis toetab ehitatavust, koordineerimist ja erinevate hoone elementide tootmist.

Mudeli roll: Mudeleid kasutatakse lepingu dokumentide loomiseks. Ehitusmudelit kasutatakse enamasti eelarvestamiseks, ajagraafikute koostamiseks ja ehitatavuse analüüsimiseks.

Vastutused: Arhitekt ja osamudelite looja valmistavad ette lepingu dokumendid ülevaatuseks.

5. Hange

Mudeli roll: Modelleeritud mudeleid kohandatakse vastavalt saadud tagasisidele. Ehitusmudelit täiustatakse ning kasutatakse eelarvestamiseks, ajagraafikute koostamiseks, koordineerimiseks ja ehitatavuse analüüsimiseks.

Vastutused: Arhitekt delegerib saadud tagasiside edasi oma modelleerimise meeskonnale. Osamudelite loojad vaatavad vastavalt tagasisidele oma mudelid üle ning saadavad muudetud mudelid tagasi arhitektile. Arhitekt saadab seejärel uuendatud arhitektuurse ning osamudelid edasi ehituse projektijuhile.

6. Ehitus

Eesmärk: Uuendada arhitektuurset- ja osamudeleid vastavalt esitatud muudatustele või omaniku/tellijaja poolt tulnud muudatustele. Hoida ehitusmudelit vastavuses ehitus tegevusega. Ehitusmeeskond esitab informatsioonipäringud (*RFI*) läbi projekti juhtimisesüsteemi.

Mudeli roll: Arhitektuurset- ja osamudeleid vaadatakse üle kogu ehituse aja, tegevus baseerub enamasti juba ehitatud süsteemidel. Mudelid kajastavad alati kontrollitud lepingu dokumente. Ehitusmudelit kasutatakse ehituse ajagraafikute analüüsimiseks, kontrollimiseks, muutmiseks ja koordineerimiseks.

Vastutused: Arhitekt koostöös osamudelite loojatega töötab informatsioonipäringutele vastamistega ning muudab mudeleid vastavalt nendele muudatustele. Ehituse projektijuht uuendab ehitusmudelit ning töötab koos arhitektiga, et täiendada nii arhitektuurset- kui ka osamudeleid.

7. Haldus

Eesmärk: Kasutada arhitektuurset mudelit ja osamudeleid hoone haldusjuhtimises.

Mudeli roll: Arhitektuurse- ja osamudeleid kasutatakse, et saada infot ehitatud hoonest.

Vastutused: Arhitekt edastab projekti lõppedes mudelid omanikule/tellijale.

Projektis teostatavate analüüside selgitamine projekti alguses tagab, et mudelid sisaldavad vajalikke elemente ja informatsiooni, mis teeb projektis analüüside tegemise lihtsamaks ning efektiivsemaks. Projekti töömahtu võib määrata erinevate analüüside tegemine. Enamustel juhtudel sõltub analüüsi kvaliteet analüüsitava mudeli kvaliteedist. Sellepärast on vajalik, et analüüsi teostav osapool suhtleks osapoolega, kelle vastutada on analüüsitava mudeli loomine.

1. Mahtude võtmine mudelist

Mudelilt mahtude võtmise eesmärk on kasutada mudelis olevat informatsiooni, et automatiseerida või lihtsustada mahtude võtmise protsessi. Mahtude võtmise tulemusena saadud informatsiooni on võimalik kasutada eelarvestamise tarkvaras. Mahtude võtmise automatiseerimiseks on vaja, et mudelisse oleks lisatud vajalik informatsioon ehituskulude hindamiseks, sealhulgas elementide klassifitseerimine.

2. Ehituse ajagraafikute analüüs

Ajagraafikute loomine mudelite abil võimaldab projektimeeskonnal kasutada mudeleid ehituse ajagraafikute analüüsimiseks. Informatsiooni saab edasi kasutada muutmaks või täpsustamaks ehituse ajagraafikut.

3. Visualiseerimise analüüs

Visualiseerimise tööriistad annavad projektimeeskonnale võimaluse vaadata projekteeritud mudeleid 3D-s, andes neile parema ülevaate lõpptulemusest.

4. Energiatarbimise analüüs

Energiatarbimise analüüsi tööriist aitab projektimeeskonnal hinnata projekteeritavate lahenduste mõju jätkusuutlikkusele ja energiatarbele. Analüüsimudel põhineb enamasti arhitektuursel mudelil, millele materjalide ja hoonesüsteemide lisamisega, saab hinnata projekti jätkusuutlikust ning energiatarvet.

5. Konstruktsiooni osade analüüs

Konstruktsiooni osade analüüsi programmid kasutava üldjuhul lõplike elementide meetodit (*FEM*). Et konstruktsiooni osade analüüs toimiks tõrgeteta, peab konstruktsiooni osade mudel olema kokkusobiv konstruktsiooni osade analüüsi tööriistaga ning konstruktsiooni osade mudel peab sisaldama vajalikku informatsioon konstruktsiooni osade elementide omaduste kohta.

6. Vastuolude analüüs

Vastuolude analüüs tehakse, et leida vastuolud erinevate detailide vahel, lisaks tuvastatakse nõuete täitmine (näiteks piisav ruum ukse avanemisele). Vähendamaks ehituse käigus muudatuste vajadust on vajalik vastuolude analüüsi läbiviimine alates projekti varajasest faasist ning sellega peab jätkama kogu projekti jooksul. Vastuolude analüüsi läbiviimiseks peavad kõik mudelid omama ühist baaspunkti ning mudelid peavad kokku sobima vastuolude kontrolli tarkvaraga.

Kõikide analüüside kohta, mida projektis kasutatakse, tuleb koostada nimekiri, milliseid mudeleid millisteks analüüsideks kasutatakse ning kes on analüüsi läbiviiv osapool, samuti peab olema selgelt välja toodud faili formaat analüüsi tarkvara jaoks, eeldatav projekti staadium ning analüüsi tarkvara, mida analüüsi läbiviimiseks kasutatakse.

6.9.3 Mudeli täpsus ja tolerantsid

Mudelid peaksid sisaldama kõiki vajalikke infot, mis on vajalikud projekteerimiseks, analüüsiks ja ehituseks. Projekti meeskond peab eelnevalt kokku leppima tolerantsid, rangelt soovituslik on tolerantsid kooskõlastada ehitusfaasi eksperdigaga. Detailsusaste ja sisalduvad mudeli elemendid on toodud näidismaterjalis Lisa 7.

6.10 Tehnoloogiline infrastruktuur

6.10.1 Tarkvara

Projekti alguses tuleb teha katsemudel, mille käigus selgitatakse tarkvarade koostoimimine. Vajalik on teha osapoolte näidismudel, et veenduda tarkvara versioonide ühildumises. **NB! Projekti jooksul ei tohiks tarkvara versioone vahetada, sest see võib põhjustada tõrkeid infovahetuses. NB! Kindlasti pöörata tähelepanu ühe tarkvara erinevate versioonide koostoimivusele.**

6.10.2 Arvutid / Riistvara

Koostada olemasoleva riistvara loend. Eesmärgiks on vältida takistusi, mis on põhjustatud riistvara vähesest võimekusest. Et kontrollida riistvara võimekust on soovitatav tarkvara tootja kodulehelt kontrollida „*best performance*“ soovitusi.

6.10.3 Modelleerimise sisu ja allikad

Eeldusel, et on kasutusel parameetrilised tootekataloogid, AutoCad blokid vms. tuleks kirjeldada materjalide allikad ja projekti meeskonnas anda hinnang lähtematerjali sobivusele. Näiteks USA kultuuriruumist pärit materjalide paigaldusvarud on lähtuvad tollmõõdust jms.

6.11 Info jagamise strateegia/Leping

6.11.1 Info jagamise- ja lepingu strateegia

Projektimeeskond peab planeerima koostöö meetodid ja koordineerimise reeglid. See sisaldab endas mudelite haldamist ja juhtimist (näiteks mudelite ülevaatused, kontrollimise protseduurid jne), ning koosolekute toimumist ja nende ülesehitus.

Koostöö strateegias tuleb kirjeldada, kuidas toimub projekti erinevate osapoolte vaheline suhtlus. Kommunikatsiooni planeerides, tuleb arvestada järgnevate teemadega:

- kommunikatsiooni meetodid;
- dokumentide haldus;
- dokumentide vahetus;
- protokollide säilitamine, hoidmine jms.

Kui projekti lepinguvorm ei ole veel määratud, on oluline kaaluda erinevate lepinguvormide mõju mudelprojekteerimise projekti läbiviimiseks. Kõikide lepinguvormide puhul on võimalik saavutada mudelprojekteerimise lähenemisega positiivset efekti. Planeerides mudelprojekteerimise mõju projektile vastavalt valitud lepinguvormile, tuleb kaaluda nelja peamist tegurit:

- ettevõtte struktuuri ja peamiseid lepinguvorme, mida on minevikus kasutatud;
- hanke vorm;
- makse meetod;
- tööjaotus.

Lepinguvormi valimisel ja lepingu sõlmimisel, tuleb arvestada kokkulepitud mudelprojekteerimise nõuetega. IPD- ja projekteerimis-ehitus lepingutel on suurem rõhk koostööl, mis lihtsustab informatsiooni jagamist. Paratamatult lisab see juurutamise faasis administratiivset koormust, millele tuleks näha ette täiendav ressurs.

Lepinguvorm mõjutab ning muudab oluliselt projekti läbiviimise protsesse ning tagab suuremat kontrolli võimalikes usaldusküsimustes. Omaniku/tellijaja ja meeskonnaliikmete vahel koostatavad mudelprojekteerimise lepingunõuded peavad olema koostatud koos projekti meeskonnaga, sest dokument määrab ära kõikide projekti osapoolte tulevased tegevused projekti raames.

Järgnevad teemad peaksid olema mudelprojekteerimise lepingu nõuetes käsitletud:

- mudelite arendamine (ülesehitamine) projekti vältel ja seotud osapoolte vastutused;
- mudelite jagamine ja mudelite usaldusväarsus (kontrollid);
- ühilduvus/failide formaadid;

- mudelite juhtimine/haldamine;
- intellektuaalse omandi õigused;
- nõuded mudelprojekteerimise rakenduskava planeerimisele.

Mudelprojekteerimisel võib standardseid lepinguid kasutada, kuid nendesse peab lisama vajalikud osad, mis on eelnevas loendis mainitud. Mudelprojekteerimise nõuded peavad olema lisatud konsultantide, alltöövõtjate, tarnijate jne lepingutesse. Näitena võib projektimeeskond nõuda kõikidelt alltöövõtjatelt modelleerimist määratud töömahu ulatuses, mida oleks võimalik kasutada 3D koordineerimiseks. Lisaks võib nõuda mudeleid ja andmeid tarnijatelt, mida oleks võimalik liita koondmudelitesse või teostusmudelitesse. Modelleerimine, mis on nõutud, peab olema lepingutes selgelt kirjeldatud, sisaldades töö mahtu, mudelite jagamise graafikut ja failide/andmete formate.

6.11.2 Projektimeeskonna valiku protseduur

Projektimeeskonna valikul peab planeerimismeeskond välja selgitama kriteeriumid ja protseduurid valiku läbiviimiseks, mis baseerub ettevõtte mudelprojekteerimise võimekusel. Luues kriteeriume, peab planeerimismeeskond üle vaatama ettevõtte kompetentsid kõikide mudelprojekteerimise kasutusvalade lõikes, mis projektis on planeeritud. Kui nõutud kompetentsid on määratud, peab määrama vastavalt kriteeriumile meeskonna koosseisu.

7 KASUTATUD KIRJANDUSE LOETLEU

AEC (UK) BIM Protocol (2013).

BIM Guide Workgroup. (2013). Singapore BIM Guide. Singapore, Republic of Singapore: Building and Construction Authority 2013.

BIMtaskgroup. (2011). *A report for the Government Construction Client Group*.

buildingSMART. (2011). *Information Delivery Manuals*. (buildingSMART International Ltd.)
Kasutamise kuupäev: 2014, allikas buildingSMART:
<http://www.iug.buildingsmart.org/idms/>

BuildingSMART Finland. (2012). COBIM Mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012. Helsingi, Soome.

Department of Veterans Affairs. (2010). The VA BIM Guide. USA: Department of Veterans Affairs.

EestiÄritarkvaraLiit. (2014). *Projekteerimistarkvara ja BIM tehnoloogia kasutuse uuring Eestis aastal 2014*. Tallinn.

EVS 811:2012 (Eesti Standardikeskus Märts 2012. a.).

IUG/DMC. (2010). *buildingSMART*. Kasutamise kuupäev: 2014, allikas
<http://www.iug.buildingsmart.org/idms/methods-and-guides>

Jeffrey, W. (8. January 2007. a.). *IDM Methodology : Process Mapping*. Kasutamise kuupäev: 5. September 2014. a., allikas Quick Guide to BPMN:
<http://iug.buildingsmart.org/idms/methods-and-guides/QuickGuideToBPMN.pdf/view>

Malleson, A., Watson, D., Heiskanen, A., Finne, C., & Huber, R. (2014). *NBS International BIM Report 2013*. London: NBS.

Mcgough, D. (19. March 2013. a.). *What is BIM? Part 2 – Building Information Modelling and BIM Maturity Levels*. Kasutamise kuupäev: 12. November 2014. a., allikas ArchiTECT-BIM:
http://www.architect-bim.com/what-is-bim-part-2-building-information-modelling-and-bim-maturity-levels/#.VGYbf_msV8F

McGrawHillConstructionResearch&Analytics. (2014). *Smart Market Report*. McGraw Hill Construction.

PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling (2013).

Riigi Kinnisvara AS mudelprojekteerimise juhend ver. 31.01.2013. (31. 01 2013. a.). Tallinn , Eesti. Statsbygg. (2013). Statsbygg Building Information Modelling Manual. Oslo, Norway: Statsbygg.

Team, P. S. (Mai 2011. a.). *www.bim.psu.edu*. Kasutamise kuupäev: 03. September 2014. a., allikas BIM Execution Planning: <http://bim.psu.edu/Project/resources/default.aspx>

Weygant, R. S. (2011). *BIM Content Development*. New Jersey: John Wiley&Sons.

Wix Jeff, J. K. (5. December 2010. a.). *IDM - Methods and Guides*. Kasutamise kuupäev: 1. September 2014. a., allikas buildingSMART International: <http://iug.buildingsmart.org/idms/methods-and-guides>