

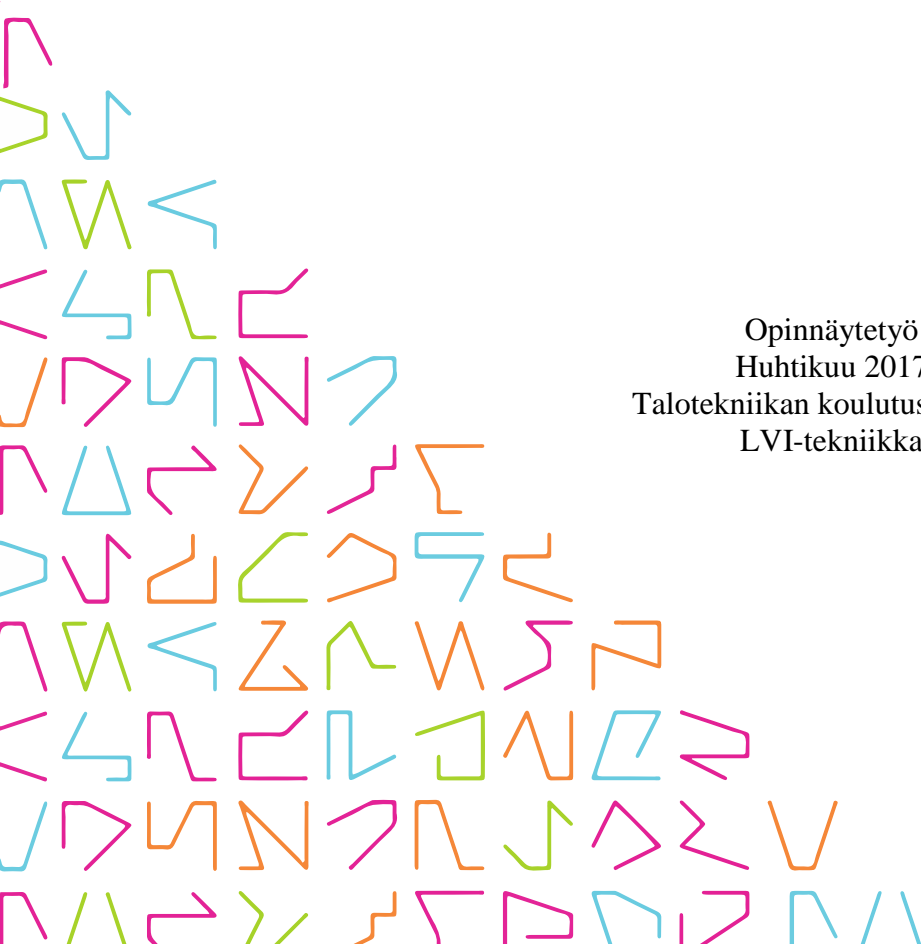


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# TIETOMALLIN HAVAINNOLLISTAMINEN

Saku Ruusunen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2017  
Talotekniikan koulutusohjelma  
LVI-tekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma  
LVI-tekniikka

RUUSUNEN, SAKU:  
Tietomallin havainnollistaminen

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Huhtikuu 2017

---

Niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa, rakentamisessa siirrytään koko ajan modernimpiin ratkaisuihin ja toimintatapoihin. Yksi jatkuvasti yleistyvistä käytännöistä on rakennushankkeen tietomallintaminen. Se antaa mahdollisuuden käsitellä ja tarkastella rakennusta sekä sen tietosisältöä aivan uudella tavalla. Rakentamisprosessin aikana ja sen jälkeen tietomallia havainnollistetaan eri osapuolille. Havainnollistamistapoja ja niiden käyttökohteita on useita erilaisia.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia rakennusalalla tapahtuvaa havainnollistamista sekä sen tuottamista ja erilaisia käyttökohteita. Lisäksi tutkittiin havainnollistamisessa olennaisia työskentely-ympäristöjä, joissa keskityttiin erityisesti virtuaaliympäristöjä tukeviin ratkaisuihin. Tutkimuksen aineistona on toiminut pääsääntöisesti Yleiset tietomallivaatimukset 2012, jotka ovat BuildingSMART Finland -yhteistyöfoorumin julkaisemia.

Tutkimustyön pohjalta oli tavoitteena muodostaa visuaalinen toimintamalli, jossa esitettiin virtuaaliympäristöjen käyttömahdollisuuksia rakennushankkeessa. Toimintamalli pohjautui uudisrakennettavan asuinkerrostalon elinkaariprosessiin. Virtuaaliympäristöjen käyttömahdollisuudet on esitetty vaiheittain aina hankesuunnittelusta rakennuksen luovutusvaiheen jälkeiseen käyttöön asti.

Tutkimusmenetelmien ja muodostetun toimintamallin avulla havaittiin, että virtuaaliympäristöjä tukevien havainnollistamistekniikoiden hyödyt palvelevat tällä hetkellä eniten tilaajia ja rakennuttajia. Lisäksi huomattiin, että tietomallia käytetään vielä melko vähäisesti sen sisältämiin havainnollistamismahdollisuuksiin nähden. Tulevaisuudessa tämä kuitenkin muuttuu, sillä virtuaalitekniikkaa käyttävien laitteiden hyödyntäminen rakennusalalla kasvaa koko ajan. Seuraavien vuosien aikana virtuaaliympäristöjä käyttävät tekniikat ja niiden erilaiset sovellukset kehittyvät merkittävästi. Muutosten avulla pystytään toteuttamaan täysin uudenlaisia tietomalliin pohjautuvia havainnollistamistapoja ja -materiaaleja.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
HVAC Building Services

RUUSUNEN, SAKU:  
Visualization of Building Information Models

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 2 pages  
April 2017

---

Nowadays it is more and more popular to use Building Information Modelling in construction projects. Building Information Modelling provides the opportunity to handle and examine the building and its information content in a new modern way. Building Information Models are visualized during and after the construction process. There are many of uses and methods for visualization.

The purpose of this thesis was to investigate this type of visualization in the field of construction, its production and its uses. Working environments in which visualization is done were also in the focus, especially ones that support virtual solutions. The methodology employed in this thesis consisted mainly of researching Common BIM Requirements 2012 which are published by the BuildingSMART Finland organization.

A further objective was to create a visual operating model that shows different ways to use virtual environments in construction projects. The model was based on the lifecycle process of newly constructed apartment buildings.

The results suggest that currently the benefits of using virtual environment based visualization methods are best suited for constructors. The findings also indicate that nowadays the usage of Building Information Model's is quite minimal compared to the Model's potential. This is going to change in the future, because of the increasing interest in the use of virtual environment technology in construction. In the next few years the technology and its applications are going to take huge leaps forward, which will present new possibilities for visualizing Building Information Models.

---

Key words: Building Information Model, Visualization, Virtual Environment

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TIETOMALLINNUS JA HAVAINNOLLISTAMINEN .....	8
2.1	Tietomalli.....	8
2.1.1	Yhdistelmämalli .....	9
2.1.2	Tietomallinnuksen päätavoitteet .....	9
2.2	Esittävä ja tekninen havainnollistaminen.....	10
3	HAVAINNOLLISTAMISEN TUOTTAMINEN .....	13
3.1	Tietomallin edellytykset .....	13
3.2	Ohjelmistot.....	13
3.2.1	Suunnitteluohjelmistot .....	13
3.2.2	Talotekniikan suunnitteluohjelmistot.....	14
3.2.3	Katselu- ja tarkasteluohjelmistot.....	15
3.2.4	Visualisointi- ja renderointiohjelmistot .....	18
4	HAVAINNOLLISTAMINEN TIETOMALLINNUKSELLA .....	19
4.1	Havainnollistamisen käyttökohteet ja tavoitteet .....	19
4.1.1	Ratkaisujen havainnollistaminen ja ymmärtäminen .....	19
4.1.2	Suunnittelun ja suunnitelmien tehokkuus .....	20
4.1.3	Vaatimusten hallinta.....	20
4.2	Havainnollistaminen ja visualisointi.....	21
4.2.1	Tekninen havainnollistaminen .....	21
4.2.2	Visualisointi .....	22
5	HAVAINNOLLISTAMISYMPÄRISTÖT .....	25
5.1	Työskentely-ympäristöt .....	25
5.1.1	Big Room-työskentely .....	26
5.2	Virtuaalinen ympäristö .....	28
5.2.1	CAVE-teknologia.....	28
5.2.2	VR-lasit .....	29
5.2.3	AR-lasit .....	31
5.3	Mobiiliympäristö .....	33
6	TOIMINTAVAT .....	34
6.1	Havainnollistaminen hankkeen aikana .....	34
6.2	Virtuaaliympäristöjen hyödyntämisen toimintamalli .....	35
6.2.1	Hankesuunnittelu.....	35
6.2.2	Ehdotus- ja yleissuunnittelu .....	35
6.2.3	Toteutussuunnittelu .....	36
6.2.4	Rakentaminen.....	37

6.2.5 Luovutusvaihe .....	38
6.2.6 Hankkeen valmistumisen jälkeinen aika .....	39
6.3 Pohdintaa virtuaaliympäristöjen käytöstä .....	40
LÄHTEET .....	43
LIITTEET .....	45
Liite 1. Vaiheittaiset havainnollistamistehtävät .....	45
Liite 2. Toimintamalli virtuaalitekniikoiden käytöstä uudisrakentamisessa ...	46

**ERITYISSANASTO**

2D	Kaksiulotteinen.
3D	Kolmiulotteinen.
BIM	(Building Information Model) Tietomalli.
IFC	(Industry Foundation Classes) Kansainvälinen standardoitu tiedonsiirtomuoto, jonka avulla tietomalleja voidaan siirtää ja yhdistellä toisiinsa.
CAVE	(Cave Automatic Virtual Environment) Virtuaaliseen koostuva virtuaaliympäristö.
VR	(Virtual Reality) Virtuaalitodellisuus.
AR	(Augmented Reality) Lisätty todellisuus.

## 1 JOHDANTO

Nykypäivänä rakennusalalla on yleistynyt rakennushankkeiden tietomallintaminen. Kyseessä on suunnittelun toimintatapa, jonka avulla on mahdollista tutkia rakennusta ja sen informaatioisisältöä tehokkaammin. Rakennuksen elinkaari-prosessin aikana tietomallia täytyy havainnollistaa eri osapuolille. Tietomallin havainnollistamisella tuetaan hankkeen päätöksentekoa ja havainnollistamistavoille löytyykin useita erilaisia käyttökohteita.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia rakennusalalla tapahtuvan tietomalliin pohjautuvan havainnollistamisen tuottamista. Havainnollistamisen tuottamisen tutkinnan lisäksi perehdytään havainnollistamisen käyttökohteisiin ja työskentely-ympäristöihin. Työskentely-ympäristöissä on keskitytty erityisesti virtuaaliympäristöjä tukeviin ratkaisuihin. Tietomallien katseluun ja tarkasteluun, sekä talotekniseen suunnitteluun käytettävien ohjelmistojen rajaukset on tehty niin, että työssä käsitellään vain tämän opinnäytetyön toimeksiantajan Rejlers Finland Oy:n käyttämiä ohjelmistoja. Rakentamiseen ja suunnitteluun liittyvissä viittauksissa painopiste on pyritty säilyttämään LVI-talotekniikan puolella.

Opinnäytetyön tavoitteena on muodostaa visuaalinen toimintamalli, joka perustuu virtuaaliympäristöjen käyttömahdollisuuksiin uudisrakennettavan asuinkerrostalon elinkaari-prosessissa. Tutkimustyöhön ja muodostettuun toimintamalliin perustuen esitetään myös pohdintaa, joka koskee virtuaaliympäristöjen käyttöä rakennusalalla.

## 2 TIETOMALLINNUS JA HAVAINNOLLISTAMINEN

### 2.1 Tietomalli

Tietomallilla (Building Information Model, BIM) tarkoitetaan digitaalista esitystä rakennuksesta, joka pitää sisällään niin visuaaliset, fyysiset ja toiminnalliset ominaisuudet. Informaatio on kerätty yhteen tiedostomuotoon, mikä mahdollistaa vaivattoman tiedon hyödyntämisen. Tietomallintaminen on suunnittelun toimintatapa, jonka tuloksena on rakennuksesta ja sen eri järjestelmistä koostuvan informaation muodostama 3D-malli. Mallintamisen pohjalta on mahdollista suorittaa myös erilaisia tarkasteluja ja analyysyjä. Näistä syistä tietomallinnusta hyödynnetäänkin usein ratkaisujen vertailuun ja analysointiin. Tarkastelut sisältävät yleensä investointikustannuksien tarkasteluja sekä toimivuustarkasteluja. Lisäksi tarkastelut voivat sisältää elinkaarikustannuksien ja ympäristövaikutuksien tutkintaa.

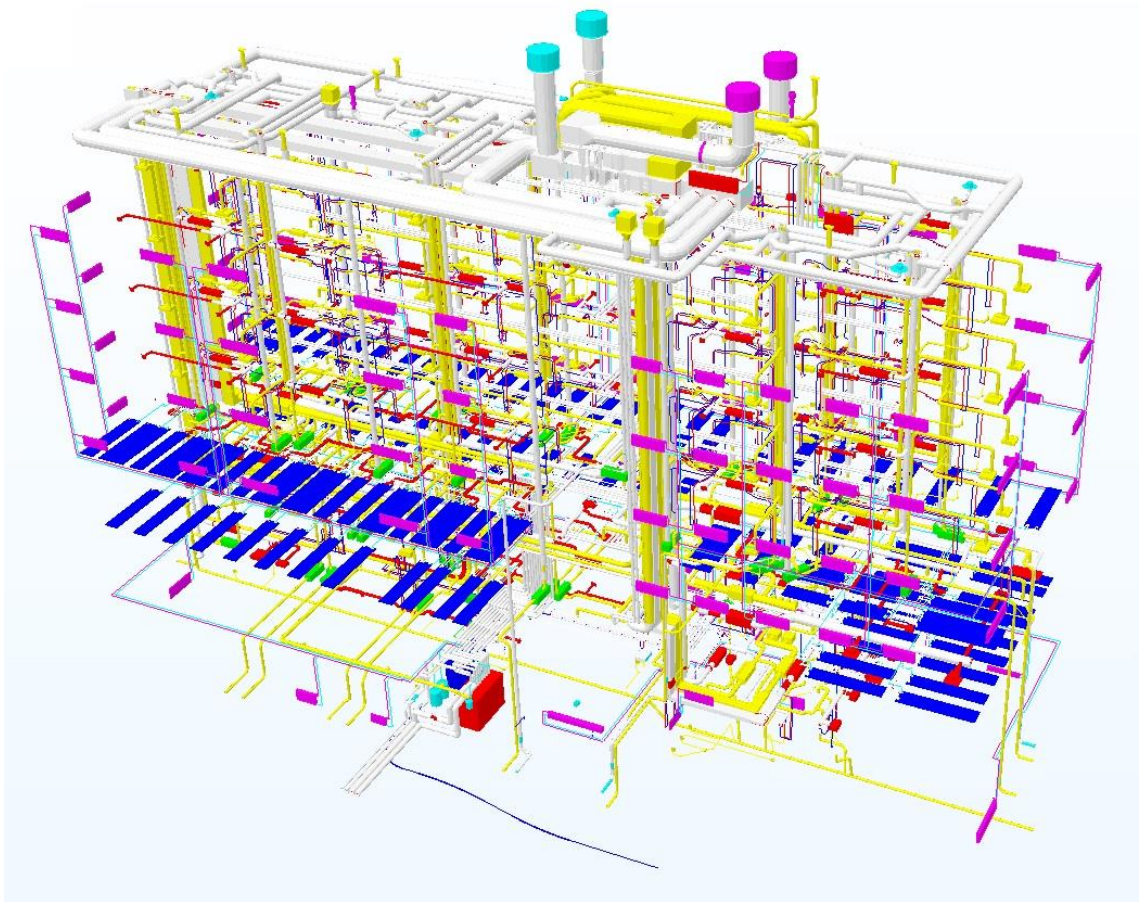
Tietomallinnushankkeissa on suositeltavaa käyttää niin kutsuttua avointa tietomallinnusta (Open BIM). Näin varmistetaan toimiva ja neutraali tiedonsiirto eri suunnittelualojen välillä. Käytännössä avoimen tietomallinnuksen käyttö antaa suunnittelijoille vapauden tehdä omat suunnitelmansa haluamallaan suunnitteluohjelmilla, ja vasta haluttuna ajankohtana muuttaa nämä alkuperäiset mallit sovittuun tiedonsiirtomuotoon. Muunnettua tiedonsiirtomuotoa voidaan tämän jälkeen tutkia toisilla suunnitteluohjelmilla tai mahdollisilla tietomallien käyttöä tukevilla sovelluksilla.

Avoimen tiedonsiirron perustana pidetään IFC-standardia. Sen tarkoituksena on määrittää etenkin talonrakennusalalla käytettävien mallinnus- ja suunnitteluohjelmistojen yhteisen tietomallien kuvaustavan. IFC (Industry Foundation Classes) kirjainyhdistelmällä voidaan tarkoittaa myös usein itse tiedonsiirtomuotoa (IFC-tiedosto). Tänä päivänä Suomessa eniten käytetyimmät mallinnus- ja suunnitteluohjelmat käyttävät lähes poikkeuksetta IFC 2x3 versiota, mutta maaliskuussa 2013 on julkaistu myös tuoreempi IFC 4 (IFC 2x4) versio. (BuildingSMART Finland 2017)



### 2.1.1 Yhdistelmämalli

Yhdistelmämallista puhuttaessa, tarkoitetaan samaan koordinaatistoon yhdistettyjä eri suunnittelualojen tietomalleja. Yhdistelmämalli on valitun suunnitelman tietosisällön näkymän ja geometrian näkymän yhdistelmä. Toisin sanoen kyseessä on siis yhdistetty tietomalli. Näiden mallien avulla ei pelkästään visualisoida hanketta eri osapuolille, vaan mahdollisuutena on myös saada tietoa eri järjestelmistä sekä niiden osista (koko, korkeus-asema, eristekoko, virtaama jne.). Nämä tiedot osoittautuvat hyödyllisiksi varsinkin sää-  
tötöissä ja materiaalilistauksissa. (Granlund Oy 2017)



KUVA 1. Erään uudisrakennuskohteen LVI-järjestelmien yhdistelmämalli.

### 2.1.2 Tietomallinnuksen päätavoitteet

Mallintamisen päätavoitteena on tukea hankkeen rakentamisen ja suunnittelun laatua. Tämän lisäksi edut näkyvät myös turvallisuudessa, tehokkuudessa sekä koko elinkaari-

sessin tukemisessa. Tietomalleja hyödynnetään suunnittelun alusta lähtien aina rakennusurakan jälkeiseen käyttöön ja ylläpitoon. Tietomallin tarkoituksena on siis palvella rakennusta ja sen käyttäjiä koko rakennuksen elinkaaren ajan. (Yleiset tietomallivaatimukset Osa 9 Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä 2012, 4)

Taulukkoon 1 on kerätty tietomallintamisen keskeisiä tavoitteita, sekä mitä sen avulla on mahdollista saavuttaa rakennushankkeessa.

**TAULUKKO 1.** Mitä tietomallintaminen mahdollistaa hankkeessa ja mitä tavoitteita hankkeen tietomallinnukselle voi asettaa. (Yleiset tietomallivaatimukset Osa 9 Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä 2012, 4, muokattu)

<b>Tietomallinnus mahdollistaa:</b>	<b>Tietomallinnuksen tavoitteita:</b>
➤ Rakennettavuuden analysoinnin	➤ Tukea suunnittelua ja järjestelmien yhteensovittamista
➤ Suunnitelmien havainnollistamisen	➤ Suunnitteluratkaisujen havainnollistaminen
➤ Investointipäätösten tukemisen	➤ Päätöksentekoprosessien tukeminen
➤ Ylläpidon ja suunnittelun tavoiteseurannan	➤ Korottaa ja varmistaa hankkeen laatua
➤ Elinkaari-, ympäristö- ja energia-analyyseiden tarkentumisen sekä niiden vertailun	➤ Rakennusaikaisten prosessien tehostaminen
➤ Tiedonsiirron ja laadunvarmistuksen parantumisen	➤ Turvallisuuden parantaminen rakennusaikana ja sen jälkeen
➤ Suunnitteluprosessin tehostamisen	➤ Tukea tiedonsiirtoa käyttöaikaiseen tiedonhallintaan

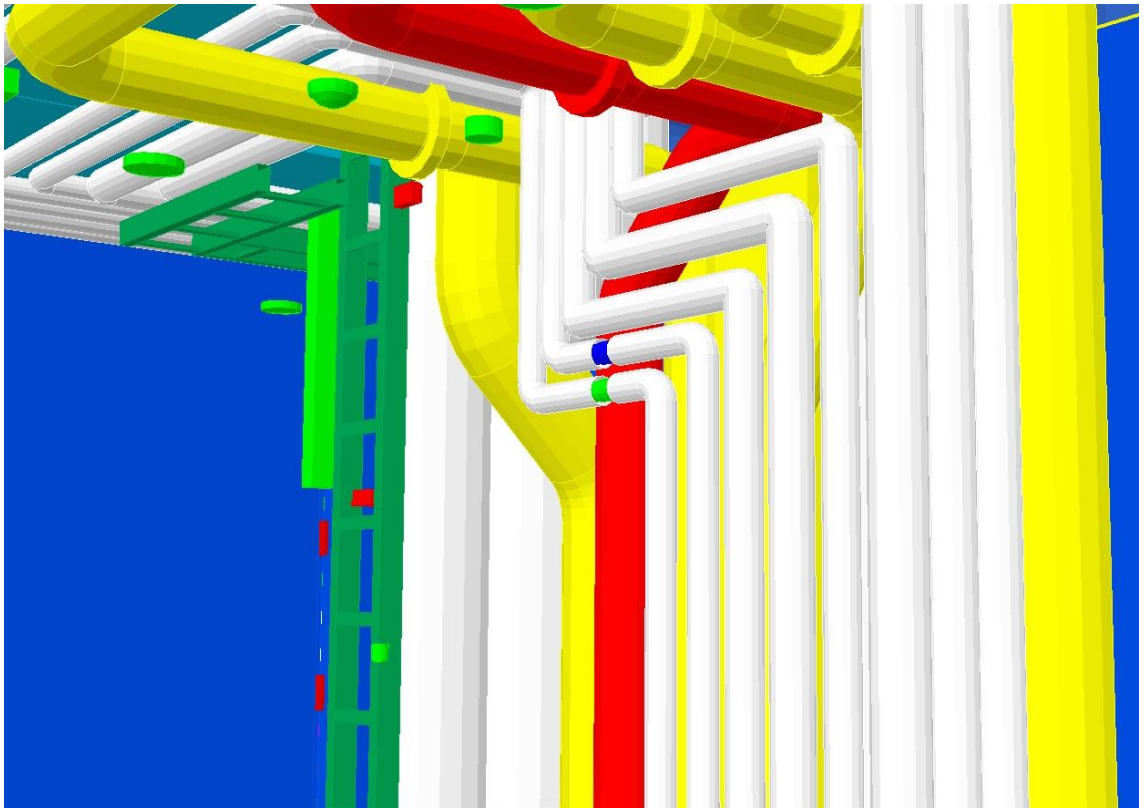
## 2.2 Esittävä ja tekninen havainnollistaminen

On olemassa kaksi erilaista havainnollistamisen päämuotoa. Ensimmäinen ja enemmän tunnetumpi muoto on esittävä havainnollistaminen. Yleensä puhutaan myös valokuvamaisesta visualisoinnista. Kyseinen visualisointi kuvaa suunnittelijan näkemyksen toteuttavasta hankkeesta ja sen erilaisista ratkaisuista. Tavoitteena on havainnollistaa kohde tai sen osa niin todenmukaisesti kuin vain mahdollista. Esittävien visualisointien valmiit kuvat ovat hyvin korkealuokkaisia, ja ovat tästä syystä usein laadultaan normaalien valokuvien tasolla.



KUVA 2. Tampereelle rakenteilla olevan Luminary I:n yhden asunnon esittävä visualisointi. (Skanska Oy 2017)

Toisena päämuotona on tekninen havainnollistaminen. Kyseessä on erilaisilla suunnittelu-, laadunvarmistus- tai katseluohjelmilla tehdyt mallit, jotka tukevat hankkeen eri osapuolia eräänlaisena kommunikaatiovälineenä. Nykypäivänä tuotettuja teknisiä tietomalleja ja niiden kuvia voi liikutella. Tällä tarkoitetaan sitä, että tietomallia voi pyöritellä haluamallaan tavalla esimerkiksi tietokoneelta käsin. Teknisten havaintomateriaalien laatuvaatimukset eivät ole niin korkeat kuin esitettävien visualisointien kuvilla. Hyvin usein havaintomallit sisältävätkin eri värejä, jotka kuvaavat hankkeessa esiintyviä järjestelmiä. Teknisten havainnollistamiskuvien tarkoituksena on keskittää huomio teknisiin yksityiskohtiin eikä esimerkiksi värimaailmaan tai valaistukseen. (Yleiset tietomallivaatimukset Osa 8 Havainnollistaminen 2012, 5)



KUVA 3. Tekninen havainnollistaminen, jossa on esitetty tekniikkakuilun järjestelmien reitityksiä.

## **3 HAVAINNOLLISTAMISEN TUOTTAMINEN**

### **3.1 Tietomallin edellytykset**

Ennen kuin voidaan edes haaveilla hankkeen visualisoinnista, on siitä tuotettava ensin tietomalli. Tämän saavuttamiseksi olennaisinta on se, että eri suunnitteluryhmät käyttävät oikeita ohjelmistoja. Tärkeimpänä kriteerinä ohjelmistoille on se, että ne tukevat ja pystyvät tuottamaan avointa tiedonsiirtoformaattia eli IFC-tiedostoa. Ilman tätä ominaisuutta havainnollistaminen tai edes tietomallipohjaisen hankkeen läpivieminen on täysin mahdotonta. Lisäksi jokaisen suunnitteluryhmän muodostaman tietomallin on täytettävä suunnitteluohjeissa määritetyt osapuolikohtaiset vaatimukset.

### **3.2 Ohjelmistot**

#### **3.2.1 Suunnitteluohjelmistot**

Eri suunnittelualoilla toimivat suunnittelijat mallintavat lähes poikkeuksetta omat tietomallinsa omilla suunnitteluohjelmillaan. Tämä johtuu siitä, että eri suunnittelualojen käyttämillä ohjelmistoilla on omat yksityiskohtaiset vaatimuksensa ja ominaisuutensa. On välttämätöntä, että ohjelma pystyy tuottamaan avoimessa tiedonsiirrossa käytettävää IFC-tiedostoa. Kyseisen tiedostomuodon tuominen suunnitteluohjelmaan tehostaa myös suunnittelua. Näin on mahdollista eri yhdistää suunnittelualojen tietomallit niin kutsuksi referenssitiedostoksi eli yhdistelmämalliksi.

Parhaimman tehokkuuden saavuttamiseksi suunnitteluohjelmat sisältävät lisättäviä laitevalmistajien kirjastoja, joihin on lisättyä yksityiskohtaiset komponentit sekä niiden tiedot. Näiden ominaisuuksien avulla saavutetaan kattavia tietomalleja, jotka sisältävät Suomessa yleisesti käytössä olevia komponentteja. Lisäksi yleisimpiin suunnitteluohjelmiin on olemassa lisättäviä sovelluksia, jotka tukevat suunnittelutyöskentelyä yhdessä valmistajien lisäkirjastojen kanssa.

Nykyään on mahdollista tuottaa todella laadukkaita visualisointeja jo suoraan suunnitteluohjelmista. Koska suunnitteluohjelmistoja kehitetään koko ajan, on suunnittelijan pysyttävä ajan tasalla siitä, miten tarvittavat visualisoinnit voidaan toteuttaa. Eniten ratkaisee suunnittelijan työskentelytapa, mutta ohjelmistokohtaisiakin eroja on olemassa. Suurimmat erot ohjelmistojen välillä ovat yleensä materiaalien käsittelyssä ja määrittämisessä. Hyvin usein suoraan suunnitteluohjelmasta tuotettua visualisointia parannellaan erilaisilla valokuvankäsittelyohjelmilla.

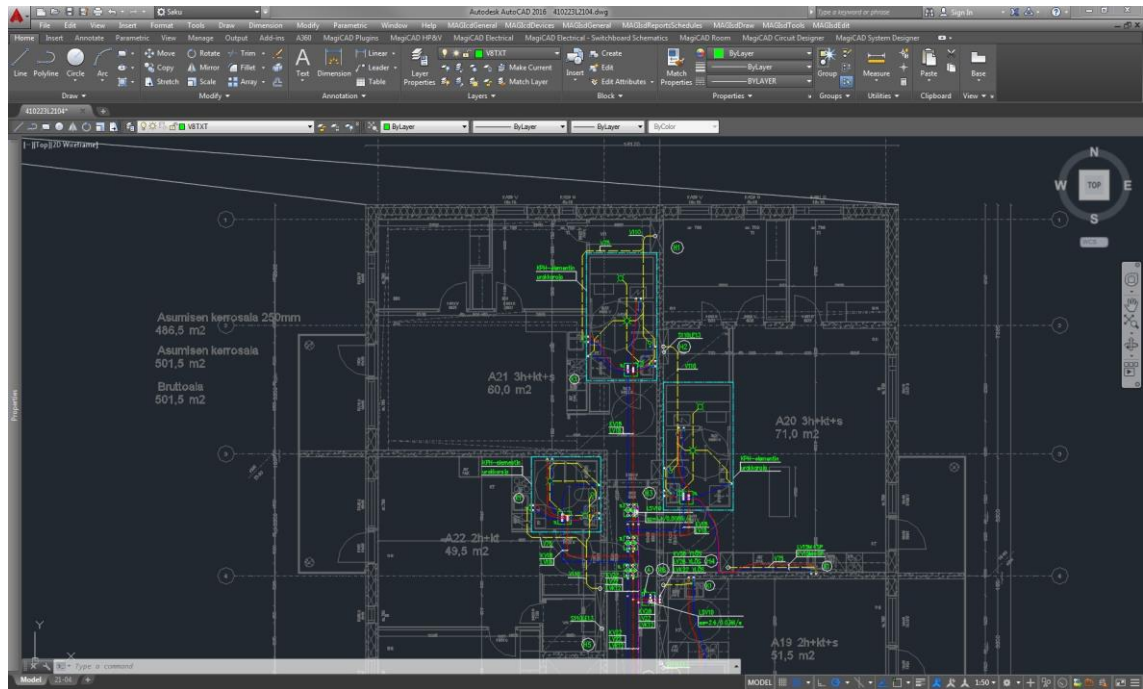
### **3.2.2 Talotekniikan suunnitteluohjelmistot**

Kun puhutaan yleisesti Suomessa käytettävistä talotekniikkasuunnitteluun tarkoitettuista ohjelmista, nousee suosionsa puolesta kaksi ohjelmaa selkeästi ylitse muiden. Ne ovat Progman Oy:n MagiCAD ja Kymdata Oy:n CADS Planner.

MagiCAD on tällä hetkellä yksi käytetyimmistä talotekniikan suunnittelu- ja laskentaohjelmistoista. Se on monipuolinen ja kattava suunnittelualusta talotekniikkasuunnittelulle, joka sisältää LVI-järjestelmien lisäksi myös sähkö- ja datajärjestelmien suunnittelumahdollisuudet. MagiCAD tarvitsee toimiakseen pohjalleen AutoCAD- tai Revit MEP-ohjelmiston. Laajan tietokantansa ansioista MagiCAD -ohjelmalla suunniteltaessa voidaan toteuttaa ratkaisut aidoilla tuotteilla. Tietokannan tuotteet on mallinnettu valmistajien toimesta erittäin tarkasti ja komponentit sisältävät kaikki valmistajan antamat tekniset tiedot. (Progman Oy 2017)

Varsinaisen suunnitteluprosessin aikana MagiCAD -ohjelmalla on mahdollista käyttää 2D- tai 3D-näkyä. Lisäksi ohjelmisto luo suunnittelun aikana automaattisesti 3D-mallia. Tehokasta suunnittelua tukee myös monet muut ominaisuudet kuten eri LVI-järjestelmien mitoitus- ja tasapainotustoiminnot, sekä lämpöhäviö- ja melulaskelmat. Ohjelman monipuolisten käyttömahdollisuuksien vuoksi MagiCAD on hyvin yleisessä käytössä niin suomalaisissa kuin ulkomaalaisissakin suunnittelutoimistoissa.





KUVA 4. AutoCAD teknologiaan pohjautuvan MagiCADin käyttöliittymä.

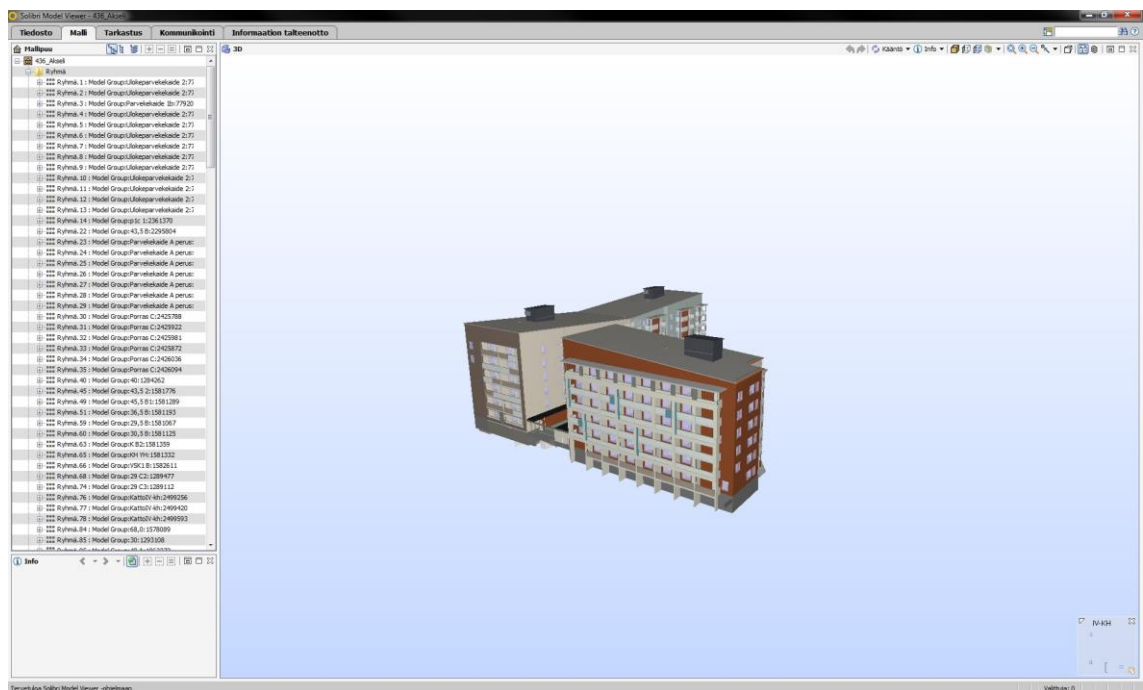
CADS Planner -suunnitteluohjelmasta on olemassa kaksi versiota. Ensimmäinen niistä on CADs Planner Electric, joka on tarkoitettu automaatio- ja sähkösuunnitteluun. Toinen versio, CADs Planner Hepac on keskittynyt LVIA-suunnitteluun. Molemmilla ohjelmilla suunnittelu tapahtuu 2D-tasossa, mutta kuten kilpailijansa tavoin, myös CADs Planner luo automaattisesti suunnitelluista järjestelmistä 3D-mallia. CADs Planner sisältää myös eri valmistajien tarkkaan mallinnettuja komponentteja ja niiden tietoja. (Kyndata Oy 2017)

### 3.2.3 Katselu- ja tarkasteluohjelmistot

Eri suunnittelualueiden ohjelmilla tuotettujen tietomallien IFC-tiedostoja täytyy pystyä yhdistelemään ja tarkastelemaan. Näitä toimintoja varten on olemassa erilaisia ohjelmistoja, jotka on kehitetty juuri näitä toimenpiteitä varten. Yksi suosituimmista lisenssiä vaativista ohjelmistoista on Solibri Model Checker. Yleisimmin käytettyjä maksuttomia ohjelmia, jotka eivät vaadi lisenssiä ovat Tekla BIMsight sekä Solibrin Model Checkerin riisutumpi versio Solibri Model Viewer.

Solibri Model Checker on maksullinen, mutta silti yksi suosituimmista tietomallien käsittelyyn erikoistuneista ohjelmista. Ohjelmalla on mahdollista yhdistää eri suunnittelu-alojen tuottamia tietomalleja yhdeksi yhdistelmämalliksi. Yhdistelmämallia on mahdollista tutkia erilaisten säännöksiä pohjalta ja suorittaa niiden kautta useita tarkastuksia. Lisäksi säännöksiä voi muokata tai muodostaa itse. Mallinnetun kohteen sisällä on mahdollista liikkua vaivattomasti ja esimerkiksi seinistä on mahdollista tehdä läpinäkyviä tarkempaa tarkastelua varten. Törmäystarkastelujen lisäksi ohjelmalla voidaan mm. tarkastaa rakennusosien etäisyyksiä, olemassaoloa ja tietosisältöä. Ohjelmalla voidaan myös tuottaa yksityiskohtaisia määräluetteloita kohteen rakennusosista tai taloteknisistä järjestelmistä. (Solibri Inc 2017)

Solibri Model Viewer on käyttöliittymältään täysin samanlainen kuin sen maksullinen Model Checker versio. Erona näiden ohjelmien välillä on kuitenkin se, että Model Viewerissä kaikki toiminnot eivät ole käytettävissä. Tämä johtuu luonnollisesti siitä, että kyseessä on riisuttu ilmaisversio. Ohjelmalla voidaan kuitenkin tarkastella rakenneosia ja niiden etäisyyksiä. Ohjelmalla ei ole mahdollista luoda yhdistelmämallia, jonka vuoksi ohjelman päätarkoituksena onkin toimia yksinkertaisempuna ohjelmana Model Checkerillä suoritettujen toimenpiteiden jälkeisissä tarkasteluissa.

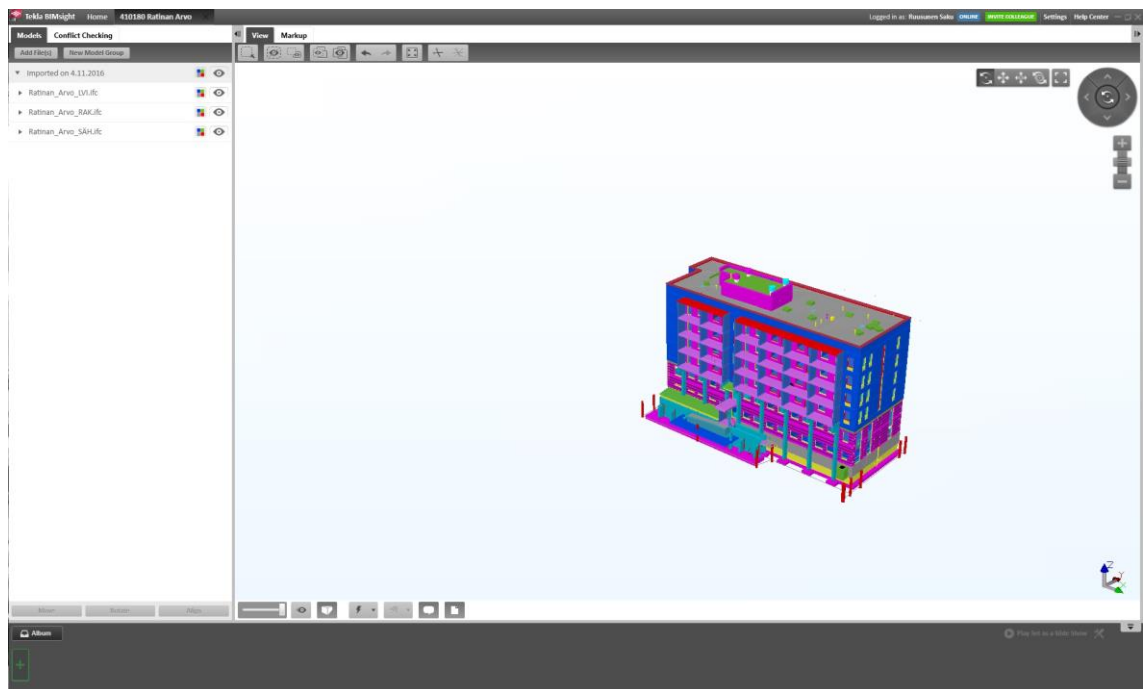


KUVA 5. Solibri Model Viewerin käyttöliittymä.



Tekla BIMsight on ilmainen, mutta lyhyen käytön jälkeen rekisteröitymisen vaativa katseluohjelma. Lisenssiä ohjelma ei kuitenkaan vaadi. Tekla BIMsight tukee useita tietomallien tiedostomuotoja. Sillä voidaan katsella joko yksittäisiä tietomalleja tai yhdistää useampia tietomalleja yhdeksi projektiksi. Luodut projektit ohjelma tallentaa TBP-tiedostomuotoon, jossa on vaihtoehtona erotella erilliset IFC-tiedostot omiksi tiedostoiksi.

Tekla BIMsightilla on mahdollista hakea IFC-tiedostojen sisältämää informaatiota, mutta määrälistoja ohjelmalla ei voida tuottaa. Pääsääntöisesti ohjelma on tarkoitettu vain katseluun ja tarkasteluun. Ohjelma voi suorittaa törmäystarkasteluja objektien välillä. Lisäksi tietomalleihin pystytään lisäämään ohjelman avulla viestejä esimerkiksi mahdollisiin ongelmakohtiin. Viestit pystytään lähettämään helposti eteenpäin sähköpostilla muiden suunnitteluryhmien kommentoitaviksi. Viestien lisäksi Tekla BIMsightilla voidaan lisätä dokumentteja ohjelman luomaan TBP-tiedostoon. Näin on mahdollista lisätä esimerkiksi erilaisten laitteiden teknisiä tulosteita suoraan tietomalliin. (Trimble Solutions Corporation 2017)



KUVA 6. Tekla BIMsightin käyttöliittymä.

### 3.2.4 Visualisointi- ja renderointiohjelmit

Visualisointiohjelmien tarkoituksena on tukea ratkaisuvaihtoehtojen tarkastelua. Ohjelmistojen avulla on mahdollista määrittää mm. valaistus-, sävytys- ja materiaalivalintoja. Nämä ovat niin kutsuttuja renderointivalintoja. Renderointi on prosessi, jossa tietomallista luodaan ohjelman avulla kuvaa. Itse prosessissa ohjelma käsittelee mm. katselukulmista, materiaaleista, varjostuksista ja valaistuksesta saamaansa dataa, sekä tuottaa näitä muokkaamalla lopputulokseksi valmiin kuvan. Nämä toiminnot tekevät visualisointikuvien tuottamisesta hyvin tehokasta, vaikka tietomalli kokisikin pieniä muutoksia suunnitteluprosessin aikana. Monella visualisointiohjelmilla on mahdollista suorittaa renderointia, mutta poikkeuksiakin löytyy. Yksityiskohtaisempaa renderointia varten on olemassa niihin erityisesti kehitettyjä ohjelmia.

## **4 HAVAINNOLLISTAMINEN TIETOMALLINNUKSELLA**

### **4.1 Havainnollistamisen käyttökohteet ja tavoitteet**

Tietomallien pohjalta havainnollistettu esitystapa tukee suunnittelijaryhmien ja projektin osapuolien yhteistyötä. Lisäksi se parantaa kommunikointia kaikkien hankkeen osapuolten kanssa. Havainnollistamisen käytön suurimpia etuja ovat suunnitelmien ratkaisuvaihtoehtojen vertailun vaivattomampi tarkastelu, laadun optimointi, sekä markkinointi- ja kiinteistökehitysprosessin vahvistaminen. (Yleiset tietomallivaatimukset Osa 8 Havainnollistaminen 2012, 5)

Suunnitteluryhmien mallinnusosaamisen kehittyessä, simuloinnin, havainnollistamisen ja niiden erilaisten käyttötapojen hyödyntämisen tärkeys kasvaa hankkeessa. Nykyään kun tietomallipohjainen suunnittelu ja tekniset mahdollisuudet ovat lisääntyneet ja levinneet ympäri Suomea, ovat muutkin suunnittelualat lisänneet teknisten havaintokuvien ja visualisointien käyttöä suunnittelemissaan hankkeissa.

#### **4.1.1 Ratkaisujen havainnollistaminen ja ymmärtäminen**

Rakennettavan hankkeen ja sen ympäristökijöitä voidaan havainnollistaa tietomalleilla, sekä niistä jatkopalostetuilla esittäville visualisoinneilla. Havainnollistaminen ja visualisointi helpottavat pääasiassa käyttäjiä ja projektiryhmää, mutta niitä on myös mahdollista hyödyntää ulkopuolisten sidosryhmien kanssa, kuten esimerkiksi viranomaisen. Jos hankkeella on suuri havainnollistamistarve, on mahdollista ja jopa suositeltavaa sisällyttää projektiryhmään kommunikaatiosta ja visualisoinnista vastaava konsultoiva osapuoli. (Yleiset inframallivaatimukset Osa 10 Havainnollistaminen 2015, 14)

Mallien havainnollistamisen suurimpia päätavoitteita on tarkastella eri ratkaisuvaihtoehtoja. Oli kyseessä sitten suoraan suunnitteluohjelmasta tuotettu asuintilamalli tai esimerkiksi rakennusosamalli, pohjautuu näiden tarkastelu usein visualisointiohjelmilla tuotettuihin kuviin ja simulaatioihin. Suuremmissa hankkeissa ratkaisuja tutkitaan yleensä myös virtuaalisessa ympäristössä.

Hankkeen eri tietomallit mahdollistavat havainnollisen ja nopean visualisoinnin, sekä malleista saatavat erilaiset analyysit tukevat projektiryhmän sujuvampaa päätöksentekoa ja kommunikointia.

#### 4.1.2 Suunnittelun ja suunnitelmien tehokkuus

Tietomallien avulla hankkeesta voidaan generoida tilamalleja. Tilamallina voi toimia esimerkiksi kerrostalon yksi asuinkerros. Näistä malleista voidaan muodostaa raportteja mm. tekniikoiden tilantarpeen suhteesta asuntojen pinta-alaan tai tilavuuteen. Kyseessä olevia raportteja kutsutaan myös tehokkuusraporteiksi. Tehokkuusraporttien ja ratkaisuvaihtoehtojen vertailun pohjalta voidaan suorittaa laadullista (kvalitatiivista) ja määrällistä (kvantitatiivista) suunnitteluratkaisujen toimivuuden arviointia. 3D-tilamalleilla ja tilakaavioilla on myös mahdollista arvioida visuaalisesti suunnittelun tehokkuutta. Koska tietomallit palvelevat kaikkia hankkeen osapuolia ja etenkin suunnitteluryhmiä, on mallien havainnollistaminen hyvä työkalu niin suunnittelun ohjaukseen kuin johtamiseenkin. (Yleiset tietomallivaatimukset Osa 8 Havainnollistaminen 2012, 7)

#### 4.1.3 Vaatimusten hallinta

Vaatimusten havainnollistaminen tietomallin avulla tapahtuu esimerkiksi referenssi-, moduuli- tai tyyppiratkaisujen avulla. Tietomallin suunnitteluratkaisujen havainnollistamisessa voidaan keskittyä useisiin erilaisiin vaatimustarkasteluihin. Erilaisia vaatimustarkasteluja on lueteltu taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Vaatimustarkasteluiden käyttökohteet. (Yleiset tietomallivaatimukset Osa 8 Havainnollistaminen 2012, 8, muokattu)

<b>Vaatimustarkasteluilla tutkitaan esimerkiksi:</b>
➤ Tilojen käyttöä ja keskinäisiä yhteyksiä
➤ Esteettömyyttä
➤ Valaistusta
➤ Määräystenmukaisuutta
➤ Turvallisuutta (esim. poistumisreitit)

Tärkeintä vaatimusten hallinnan kannalta on se, että kaikki havainnollistamisessa hyödynnettävä materiaali perustuu päivitettyyn tietomalliin. Päivitettyjä tietomalleja käytettäessä voidaan tutkia erityisesti energiankulutusta sekä laajuus- ja määrätietoja.

## **4.2 Havainnollistaminen ja visualisointi**

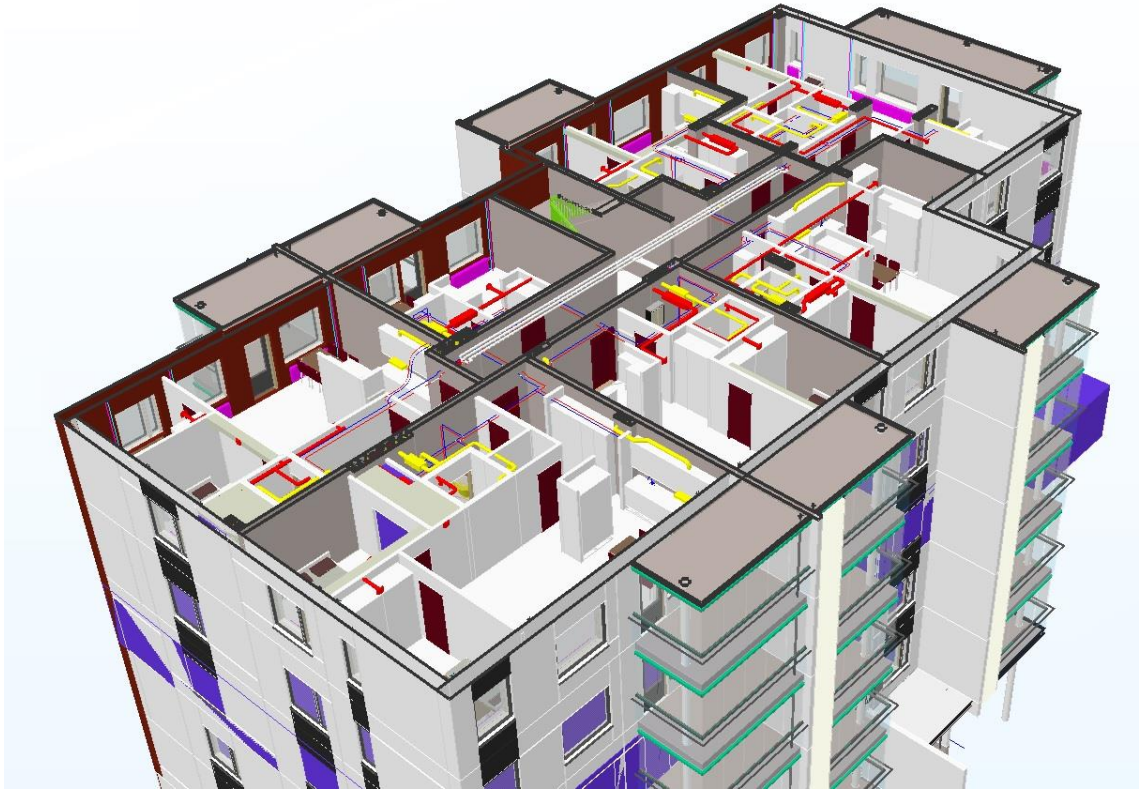
Suunnitteluohjelmien kehittyminen on mahdollistanut sen, että tietomallinnettavasta hankkeesta on aina mahdollista tuottaa tietyn tasoista 3D-havainnollistamismateriaalia. Tällä materiaalilla ja havainnollistamisella voidaan parantaa tapahtuvaa päätöksentekoa jo suunnitteluvaiheessa.

### **4.2.1 Tekninen havainnollistaminen**

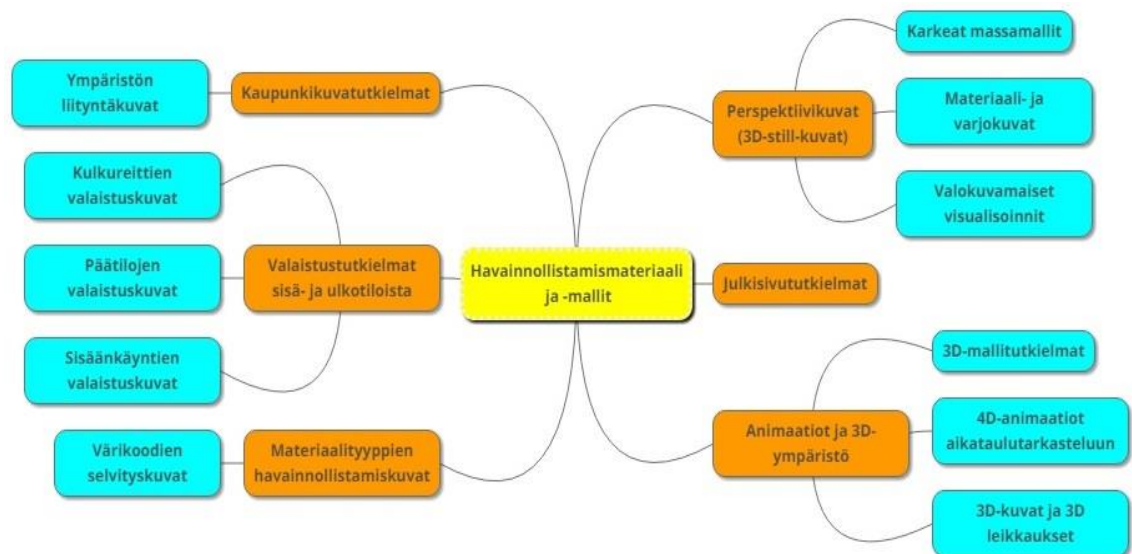
Tietomalli mahdollistaa suunnitelmien tarkkailun 3D-ympäristössä. Malleissa esiintyvää informaatiota voi hallita esimerkiksi muuttamalla perspektiiviä tai tekemällä erilaisia leikkauksia tietomallista. Lisäksi on myös mahdollista säädellä, minkä suunnittelualan komponentit ovat näkyvissä.

Kun hanketta mallinnetaan, on tärkeää käyttää rakennusosissa niille määritellyjä värikoodoja. Tietomallista on tunnistettavissa katseluohjelmien avulla mm. eri osien muodot, tyyppitiedot ja sijainnit. Siksi onkin tärkeää, että jokaisesta mallinnusosasta löytyy tieto suunnittelijaosapuolesta, etteivät mallinnusosaryhmät sekoitu keskenään. Kaikki tämä informaatio välittyy IFC-tiedostoon. Useimmissa talotekniikan suunnitteluohjelmissa väri- ja tekijäinformaatiot välittyvät automaattisesti tietomalliin jo suunnittelun aikana, eikä niitä tarvitse erikseen muuttaa. (Yleiset tietomallivaatimukset Osa 8 Havainnollistaminen 2012, 10)

Kuvassa 8 on esitetty mahdollisia rakennushankkeessa tuotettavia havainnollistamiskumentteja ja -malleja.



KUVA 7. Yhdistelmämallista erottuvat LVI-talotekniikan eri järjestelmät niiden värikoodien perusteella.



KUVA 8. Havainnollistamismateriaalit ja -mallit.

#### 4.2.2 Visualisointi

Mallinnustarkkuutta määrittäessä on hyvä ottaa huomioon, että tietomallin tarkkuus ei aina yksin riitä vastaamaan realististen visualisointien tarpeita. Esimerkiksi jos hankkeen

tietomallin tuottamisen pääsyynä on energiasimulointi, ei silloin tarvitse keskittyä tarkemmin rakenteiden väreihin tai kalusteiden sijoitteluihin. Esittäviä visualisointeja tehdessä on suositeltavaa mallintaa tarkemmin vain ne tietomallin alueet, jotka ovat tuotettavalle visualisoinnille tarpeellisia. Näin vältetään tietomallin tietosisällön ylikuormittamiselta. (Yleiset tietomallivaatimukset Osa 8 Havainnollistaminen 2012, 12)

Rakennushankkeen alkuvaiheessa on visualisointien käyttötarkoituksena määritellä arkkitehtuuriin liittyviä tavoitteita. Kun suunnitteluryhmät ovat tuottaneet tarkennetut suunnitelmat, voidaan niiden pohjalta tehtyjä esittäviä visualisointeja käyttää tilaesittelyissä ja markkinoinnissa. Hankkeen loppuvaiheessa visualisointien tavoitteena on kuvata mahdollisimman realistisesti syntyvää lopputulosta. Hankkeen tietomallin jatkuva päivittäminen visualisestisesti realistiseen tuotokseen on tarpeetonta, ellei esittäviä visualisointeja ole erikseen vaadittu jokaisesta hankkeen vaiheesta.

Projektikohtaisesti on mahdollista määritellä, että markkinointi- ja esittelymateriaaleja varten muodostetaan hankkeen tietomallin rinnalle toinen visualisointia palveleva visualisointimalli. Sen tarkoituksena on helpottaa tarpeenmukaista päivittämistä, joka on visualisointimallilla nopeampaa ja kevyempää. Visualisointimalli eroaa normaalista tietomallista siten, että siinä ei ole pintamateriaalien ja muotojen tietojen lisäksi mitään muuta informaatioisisältöä. Suositeltavaa on kuitenkin käyttää visualisoinnin aikana alkuperäistä tietomallia, jotta huomataan ajoissa, jos jokin yksityiskohta hankkeessa on muuttunut. (Yleiset tietomallivaatimukset Osa 8 Havainnollistaminen 2012, 12)

Kuvassa 9 on esitetty esimerkki hyvin esteettisestä visualisoinnista. Visualisointi on pyritty esittämään niin realistisesti kuin mahdollista. Kuvasta pystyy selkeästi havaitsemaan ympäristötekijät ja käytettävät materiaalit.



KUVA 9. Helsingin Sompasaaren rakenteilla olevan asuinrakennuksen esittävä visualisointi. (Cederqvist & Jäntti Architects 2017)



## 5 HAVAINNOLLISTAMISYMPÄRISTÖT

Tietomallipohjaisten hankkeiden suunnittelu keskittyy lähes poikkeuksetta toimistotyökentelyyn. 3D-ympäristön käyttö luo kuitenkin mahdollisuuksia ja haasteita niin uusien työtapojen keksimiseen kuin vanhojen kehittämiseen. Suunnitteluryhmien välille on kehitetty hankkeiden ajaksi yhteisiä työtiloja tehokkuuden ja laadun takaamiseksi. Lisäksi havainnollistamisen käyttöä on paranneltu tuomalla markkinoille ratkaisuja, joilla mallinnusympäristö voidaan visualisoida konkreettisemmin. Nykypäivänä tietomalleja voidaan tarkastella mobiililaitteilla sekä pelimaailmasta tutuilla laitteilla.

### 5.1 Työskentely-ympäristöt

Tietomallipohjainen rakennushanke ja sen suunnittelu vaativat yleisten tietomallivaatimusten mukaisesti mallien törmäystarkasteluja ja yhteensovittamista. Suunnittelijat sekä mahdolliset koordinaattorit tarkastelevat ja sovittelevat malleja usein ensin itsenäisesti omilla työpisteillään. Suunnittelukokouksissa- ja palavereissa osallistujia on enemmän, mikä asettaa työskentelytilalle enemmän tarpeita. Yksi tärkeimpiä yhteistyötilojen perusvarusteisiin kuuluvista laitteista on videoprojektori, josta on hyötyä niin toimistotiloissa kuin työmaillakin. Projektorin päätavoitteena on heijastaa tietokoneella sijaitsevasta tietomallista kuva kaikkien osallistujien nähtäväksi. Projektoreista on useita erilaisia malleja aina perusmalleista 3D-projektoreihin, joilla voidaan luoda kolmiulotteinen havaintokuva osallistujille. On myös yleistä, että projektori on korvattu suurella televisiolla tai tietokonenäytöllä.

Tietomallien visuaalisen tarkastelun mahdollisuus helpottaa hankkeen osallisia hahmottamaan kohdetta ja sen tarkempia yksityiskohtia. Suuremmissa ja normaaleista rakennushankkeista poikkeavissa projekteissa tämä on erittäin suuri etu. Tärkeää on muistaa, että tietomallien havainnollistaminen ei palvele pelkästään vain suunnittelijoita tai tilaajaa. Mallista on suurta hyötyä myös itse rakennustöitä tekeville työntekijöille. Heille tietomalli mahdollistaa esimerkiksi ennenaikaisen pohdinnan rakennusosien asennusjärjestyksestä. Lisäksi kun puhutaan taloteknisistä asennuksista, on tietomallista tarkemmin

nähtävissä tilojen suunniteltu lopputulos. Asentajat näkevät mm. kuinka paljon taloteknisiä laiteita tilaan tulee. Tämän tiedon ansiosta voidaan välttää aikataulullisia ja asennuksiin liittyviä päällekkäisyyksiä.

Työmailla tietomallien tarkastelu on usein toteutettu niin, että rakennusmiehet ja asentajat voivat tutkia malleja työmaatoimistossa. Mallit näyttää yleensä vastaava mestari. On myös yleistä, että työmailla on muutama tietokone tai mobiililaitte, joita työntekijät voivat käyttää tietomallien tarkasteluun.

### **5.1.1 Big Room-työskentely**

Big Roomilla tarkoitetaan fyysistä työskentelytilaa tai -tapaa, jossa useat projektin osapuolet (esim. rakennuttaja, urakoitsijat ja eri alojen suunnittelijat) työskentelevät samanaikaisesti yhteisessä tilassa säännöllisin väliajoin. Paremman osapuolten välisen kommunikoinnin ansiosta Big Room -työskentely on osoittautunut tehokkaammaksi työskentelymenetelmäksi tavanomaiseen toimistotyöskentelyyn verrattuna. Tehokkuus näkyy mm. ajankäytössä, jossa turhaa aikaa ei haaskata esimerkiksi pitkien sähköpostikeskusteluiden vaihtoon, vaan palautteet ja vastaukset saadaan välittömästi. Big Room -toimintatapaa voidaan käyttää niin pienissä kuin suuremmissakin hankkeissa, koska kokoontumisaikojen kestot voidaan määrittää tapauskohtaisesti. Kokoontumisajat voivat vaihdella kestoltaan aina muutamasta tunnista moneen kuukauteen.

Toimiva Big Room -työskentely-ympäristö koostuu hankkeen eri osa-alueiden työskentelijöistä, joilla on myös päätöksentekovaltaa oman vaikutusalueensa päätöksiä koskien. Aktiivisen henkilöryhmän kokoonpano voi kuitenkin vaihdella tilanteesta riippuen. On normaalia, että osapuolet keskittyvät omiin tehtäviinsä hankkeen passiivisissa vaiheissa, mutta ovat silti valmiina palaamaan toimintaan mukaan heti kun tilanne niin vaatii.



KUVA 10. Big Room -työskentelytila Yhdysvalloissa. (Skanska USA 2017)

Yhteistila on usein varustettu jollain havainnollistamislaitteella, joka palvelee koko ryhmää tietomallien käsittelyssä. Suuremmissa ryhmissä laitteita voi olla useita, jolloin on mahdollista käsitellä useampaa tietomallia kerrallaan, saavuttaen näin tehokkaampi työskentely-ympäristö.

Kuvassa 11 on esitetty diagrammi, josta voidaan nähdä Big Room -työskentelyn etuja ja mahdollisia kompastuskiviä.



KUVA 11. Big Room -työskentelyn hyötyjä ja vaikeuksia.

## 5.2 Virtuaalinen ympäristö

Tietomallien käyttö on mahdollistanut niin suunnittelu- kuin rakennusprosesseissa uusien havainnollistamistekniikoiden syntymisen. Kaiken tämän pohjana on 3D-ympäristö, jota voidaan hyödyntää virtuaalisessa ympäristössä hankkeen kaikissa eri vaiheissa. Virtuaalista ympäristöä hyödyntävät havainnollistamistekniikat ovat yleistymässä kaikilla suunnittelualoilla, ja sen vuoksi tekniikat kehittyvätkin jatkuvasti.

### 5.2.1 CAVE-teknologia

Virtuaaliseen eli CAVE-tilaan (Cave Automatic Virtual Environment) ja niiden käyttö on yleistynyt niin eri suunnitteluryhmien kuin muidenkin hankeosapuolten käytössä. CAVE-tilalla tarkoitetaan virtuaaliympäristöä, joka muodostuu usealle seinälle heijastettavasta kuvasta ja virtuaalilasien yhtäaikaisesta käytöstä. Virtuaalilasien avulla tilasta saadaan 3D-vaikutelma. CAVE-teknologian etuna on se, että se voi palvella yhtäaikaisesti useampaa käyttäjää. Lisäksi tilassa liikkuminen on mahdollista jalkaisin, seisomisen tai pelkätään istumisen sijaan. Ympäristössä mittasuhteet ovat aina oikeat, käyttäjän koosta huolimatta. Täytyy muistaa, että virtuaaliseen ovat melko suuria, joten laadukkaat CAVE-tilat vievät merkittävästi tilaa. Suuren tilatarpeen vuoksi CAVE-tilojen käyttö ei ole lisääntynyt hirveästi, vaikka kasvua niiden käytössä on silti havaittavissa.



KUVA 12. CAVE-tilan hyödyntämistä Yhdysvalloissa (Kuva: Marianne English 2013)

CAVE-teknologiasta on mahdollista toteuttaa myös pelimaailmasta tuttu pienempi versio, jossa tarkastelijan silmien korkeudelle asetetaan kolme näyttöä tai pientä valokangasta. Tämä on normaalia CAVE-tekniikkaa edullisempi ratkaisu, eikä sen toteuttaminen vie niin suurta tilaa.

Virtuaaliseen päätarkoituksena on kohteen visuaalinen tarkastelu. Seinien avulla voidaan myös saada tietoa loppukäyttäjiltä, joiden mielipiteiden ja käsitysten muodostuessa kohteen lopputulos selkenee. Näitä tärkeitä huomioita on vaikea saada pelkkien 2D-piirustusten avulla, jonka vuoksi 3D-ympäristön käyttö tukee erityisen hyvin suunnitelmien hahmottamista.

### 5.2.2 VR-lasit

VR-lasit saavat nimityksensä englannin kielen sanoista virtual reality (VR). Lasit muodostavat käyttäjän näkökenttään täysin virtuaalisen 3D-ympäristön esimerkiksi suunniteltavasta rakennuksesta. Lasien avulla käyttäjä voi liikkua rakennuksen sisällä missä tahansa ja tarkastella haluamiaan asioita mistä tahansa suunnasta. VR-laseista on saatavilla

puhelin- ja tietokonekäyttöisiä malleja. Rakennusalalla suosiossa ovat tietokonekäyttöiset langalliset mallit, niiden tehokkuuden ja kuvanlaadun takia. Malleja on myös langattomia, mutta ainakin toistaiseksi niiden tuottamat virtuaaliympäristöt eivät ole yltäneet laadullisesti langallista tekniikkaa käyttävien VR-lasien tasolle.



KUVA 13. Google Daydream -virtuaalilasit yhdistettynä Google Pixel -matkapuhelimen kanssa.

Kokonaisen virtuaaliympäristön muodostavat VR-lasit sisältävät näytöt käyttäjän molempia silmiä varten. Näin saadaan aikaiseksi ympäristön syvyysvaikutelma. Käyttäjän pään asentoa havaitsevat erilaiset anturit, joiden ansiosta ympärilleen katsominen on mahdollista myös virtuaalimaailmassa. Liikkuminen ympäristössä tapahtuu joko normaalilla peliohjaimella, erillisillä liikeohjaimilla tai infrapunakameralla. Virtuaaliympäristössä liikkumisen aikana on myös mahdollista käyttää kuulokkeita, jotka tekevät ympäristöstä realistisemman tuntuisen.





KUVA 14. Tietokonekäyttöisten HTC Vive VR-lasien käyttöä liikeohjaimien kanssa.

### 5.2.3 AR-lasit

AR-lasit ovat laitteisto, jonka sisällä toimii pieni tietokone hologrammien esittämistä ja tuottamista varten. Lasien avulla tarkasteltavaan tilaan voidaan projisoida virtuaalista 3D-ympäristöä. Tästä tekniikasta käytetään nimitystä lisätty todellisuus, joka saa nimensä englannin kielen sanoista augmented reality (AR). Tekniikasta tekee mielekkään sen pieni koko, ja se etteivät lasit vaadi niiden käytön aikana muita komponentteja toimiakseen. Optiikan rajoitteena on kuitenkin sen kapea kuva-ala, sillä hologrammit eivät näy kuin pienessä osassa käyttäjän näkökenttää. Hologrammit myös katoavat, jos käyttäjä kääntää katsettaan.



KUVA 15. Microsoft Hololens AR-lasien käyttöä.

AR-lasien toimintaperiaate perustuu läpinäkyviin linssihin, joiden väliin on sijoitettu kaksi pikaprojektorita. Projektorit lähettävät valojohteiden välityksellä hologrammit linssihin, jolloin ne näkyvät käyttäjän näkökentässä. Linssit pystyvät hilan avulla tuottamaan hologrammeissa kolmea eri väriä. Hila on linssin päälle lisätty päällyste. AR-lasien on pakko hahmottaa ympäristöä kolmiulotteisesti, jotta hologrammit näkyvät realistisina käyttäjälle. Ympäristön hahmottaminen tapahtuu usean kameran avulla. Koska kameroita on useita, voi käyttäjä liikkua ympäristössä vapaasti ilman, että hologrammien laatu heikenee. Erilaisten toimintojen suorittaminen laseilla tapahtuu katseen suuntaamisella ja käsiliikekomennoilla.

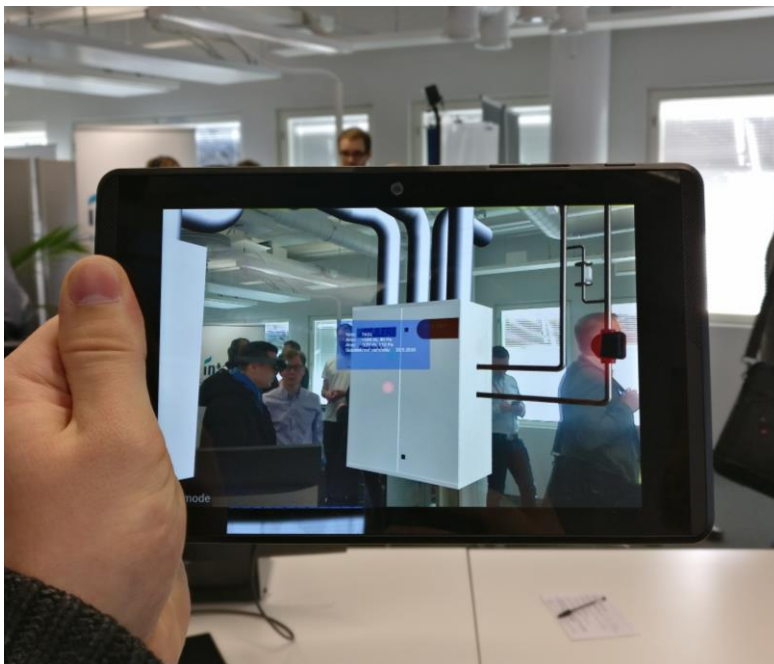


### 5.3 Mobiiliympäristö

Kun puhutaan mobiililaitteista, tarkoitetaan laitteita, jotka soveltuvat mukana kannettaviksi sekä informaation langattomaan vastaanottamiseen ja lähettämiseen. Tämä määritelmä rajaa laitteiksi esimerkiksi langattoman tiedonsiirron mahdollistavat kannettavat tietokoneet, tablettitietokoneet ja matkapuhelimet. (Tietotekniikan termitalkoot 5/2005)

Mobiililaitte tarjoaa käyttäjälleen mahdollisuuden tarkastella tietomalleja, ilman toimistotilan rajoittavia tekijöitä. Mobiililaitteiden suurin etu on niiden pieni koko. Pienestä koostaan huolimatta laitteet ovat kuitenkin tarpeeksi tehokkaita laajempienkin tietomallien tarkasteluun. Malleja tarkastellaan niiden katseluun kehitettyjen mobiilisovellusten avulla.

Normaaliin käyttöön soveltuvien mobiililaitteiden lisäksi markkinoilla on myös esitelty edistyneempiä laitteita, jotka palvelevat paremmin rakennusalan havainnollistamistarpeita. Hyvänä esimerkkinä näistä toimivat tablettitietokoneet, joiden useat edistyneet kamerat pystyvät yhdessä jäljittämään ja kartoittamaan 3D-ympäristöä. Näillä tableteilla on mahdollista käsitellä lisätyn todellisuuden toimintoja (kuva 16). Lisäksi laitteet pystyvät tunnistamaan ja skannaamaan ympäristöä, jossa niitä käytetään. Ympäristön 3D-informaation langattomasta keräämisestä käytetään myös nimitystä laserkeilaus. Laserkeilaukseen erikoistuneita laitteita kutsutaan laserkeilaimiksi.

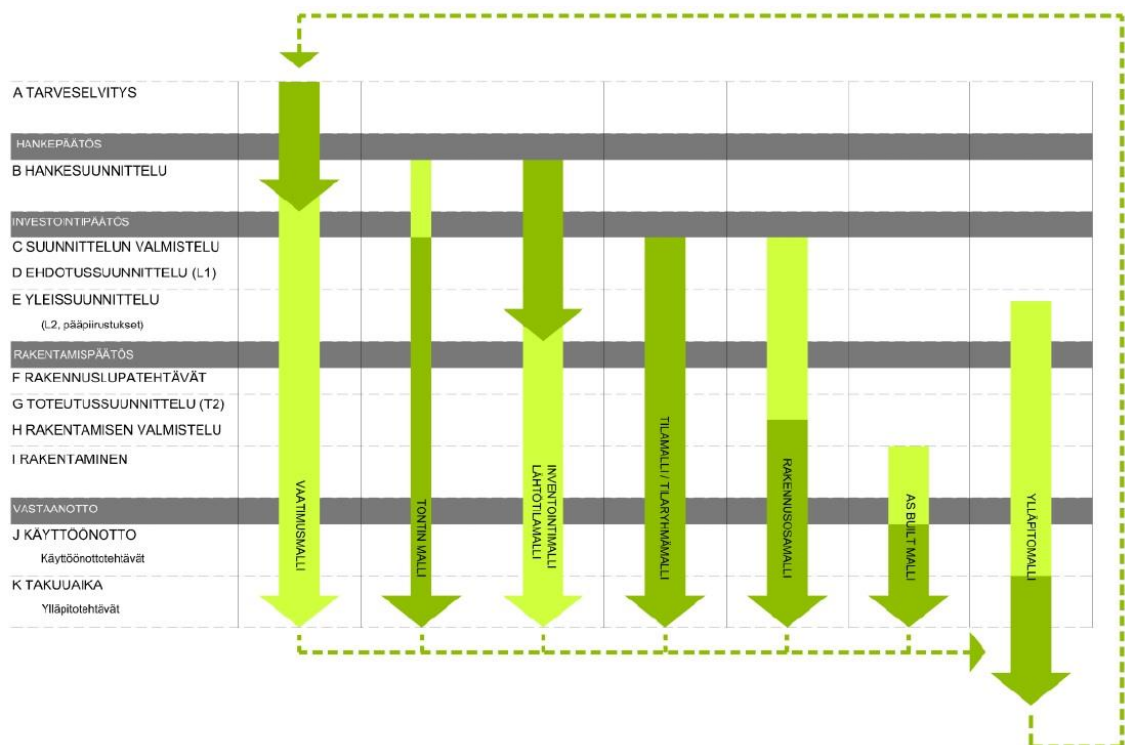


KUVA 16. AR-tekniikan esittelyä Google Tango -tablettitietokoneella.

## 6 TOIMINTAVAT

### 6.1 Havainnollistaminen hankkeen aikana

Koska havainnollistamistarpeet ovat aina hankekohtaisia, ei niistä ole laadittu suunnitelualojen tyyppisiä tietomallivaatimuksia. Tästä huolimatta havainnollistaminen on silti erittäin kriittinen apuväline hankkeen kommunikaatiossa ja päätöksenteossa. Kuvassa 17 on esitetty tietomallirakenteen kehitys hankkeen aikana.



KUVA 17. Tietomallirakenteet hankkeen aikana. (Yleiset tietomallivaatimukset Osa 8 Havainnollistaminen 2012, 13)

Liitteessä 1 on esitetty esimerkkitaulukko, johon on koottu havainnollistamistehtäviä rakennusvaiheen ja päätöksenteon näkökulmista. Taulukon päätarkoituksena on näyttää, mihin kaikkeen havainnollistamista voidaan hyödyntää hankkeen aikana ja sen valmistuksen jälkeen. Esimerkkitaulukko ei kuitenkaan sovellu kokonaisuudessaan kaikenlaisiin hankkeisiin, koska se sisältää useita eri vaiheita, jotka eivät ole tarpeellisia kaikkien hankkeiden kannalta.

## 6.2 Virtuaaliympäristöjen hyödyntämisen toimintamalli

Virtuaaliympäristöjen hyödyntämisestä tuotettiin visuaalinen toimintamalli perustuen uudisrakennettavaan rakennushankkeeseen. Toimintamalli sisältää nykyisiä toimintatapoja ja uusia ideoita, joita on pyritty tuomaan esille erityisesti LVI-alaa käsittelevistä toimenpiteistä. Tuotettu toimintamalli pohjautuu tyypillisen uudisrakennettavan asuinkerrostalon elinkaariprosessiin. Virtuaaliympäristöjen hyödyntämisen toimintamalli on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 2.

### 6.2.1 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelussa virtuaaliympäristöjen käyttömahdollisuudet ovat varsin vähäiset. Koska hankkeen tarpeet ja toiveet ovat vasta määrittämisen alla, eivät hankkeen eri osapuolet pysty tarjoamaan tarkkoja havainto- tai visualisointimateriaaleja. Eri suunnittelijaryhmät voivat kuitenkin esitellä omia referenssikohteitaan tilaajalle VR-tekniikan avulla, jolloin tilaajan omat tarpeet ja mahdolliset hankkeeseen liittyvät toiveet konkretisoituvat.

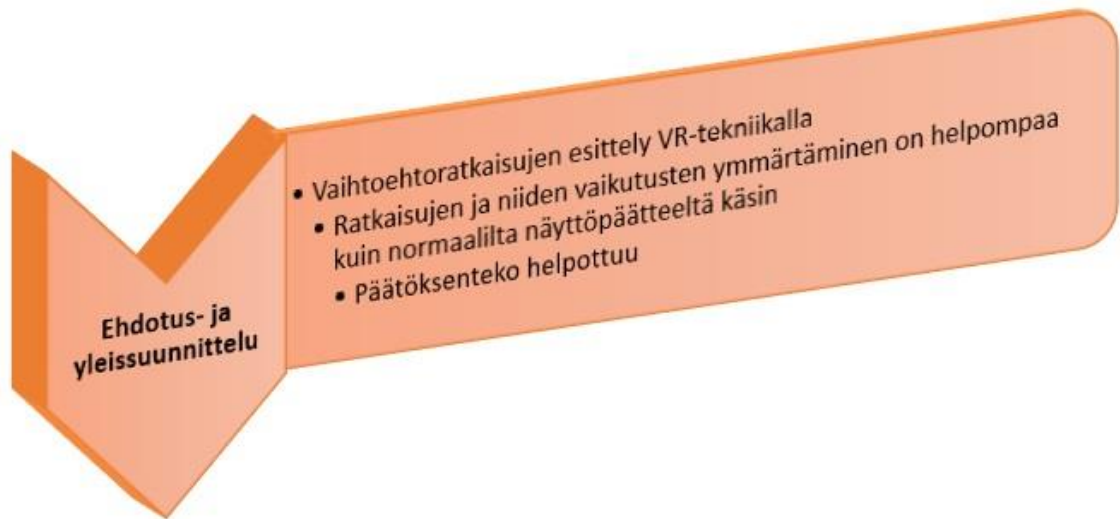


KUVA 18. Virtuaalitekniikan käyttömahdollisuudet hankesuunnittelussa.

### 6.2.2 Ehdotus- ja yleissuunnittelu

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheen aikana virtuaaliympäristöjen käytön edut alkavat kasvaa. VR-tekniikalla voidaan tässä vaiheessa havainnollistaa hankkeeseen liittyviä

vaihtoehtoratkaisuja. Normaalisti vaihtoehdot esiteltäisiin 2D-piirustuksilla tai näyttöpäätteeltä käsin. Virtuaaliympäristöjen käytön etuna on se, että eri osapuolille pystytään havainnollistamaan paremmin vaihtoehtoratkaisuiden vaikutukset ja eroavaisuudet. Koska suunniteltavassa ympäristössä on mahdollista liikkua aivan kuten jalkaisinkin, pystytään ratkaisut ja niiden vaikutukset ymmärtämään paremmin. Virtuaaliympäristöjen käyttö parantaa näin hankkeen päätöksentekoa.



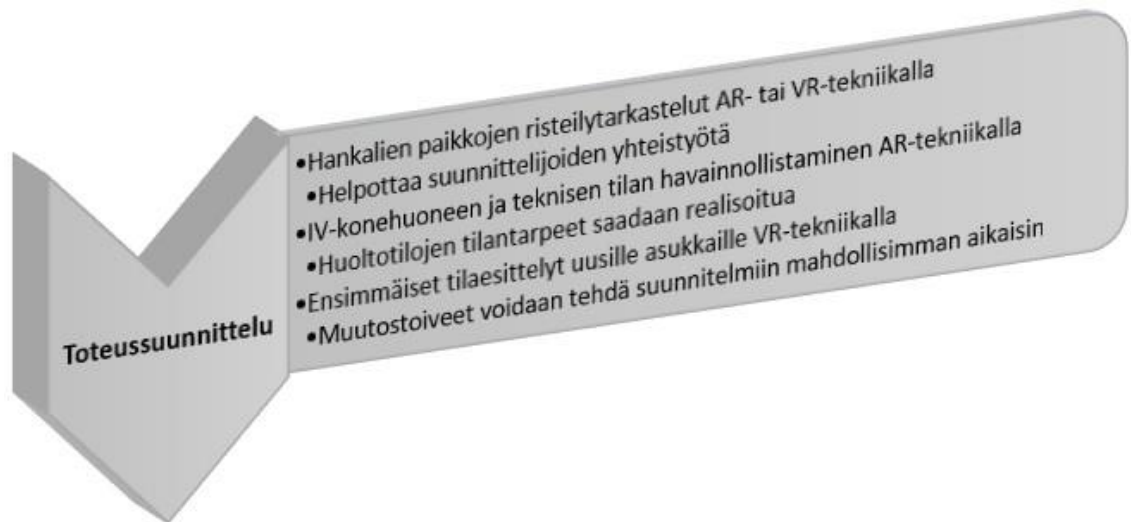
KUVA 19. Virtuaalitekniikan käyttömahdollisuudet ehdotus- ja yleissuunnittelussa.

### 6.2.3 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa AR- ja VR-tekniikalla on monia hyviä käyttökohteita. Tarpeita tekniikoiden käytölle löytyy erityisesti ahtaista tiloista kuten ilmanvaihdon konehuoneesta, sähköpääkesuksesta tai teknisestä tilasta. Normaalisti nämä tilat ovat täynnä tekniikkaa, jonka sijoittelu on hankalaa ilman perusteellisia risteilytarkasteluja. Näissä tarkasteluissa olisi suositeltavaa käyttää esimerkiksi AR-tekniikkaa, jonka avulla tilojen järjestelmäkomponenttien tarkat sijainnit olisi helpompi kohdistaa. Tämä helpottaa suunnitteluryhmien yhteistyötä. Virtuaaliympäristöjen avulla voidaan myös visualisoida asennus- ja huoltotilojen riittävydet. Usein järjestelmien sijoittaminen vie niin paljon tilaa, että esimerkiksi huoltotoimenpiteisiin vaadittava tila pienenee lähes mahdollottoman koiseksi. Virtuaaliympäristöjen avulla näiltä virheiltilta voidaan välttyä ajoissa.

Toteutussuunnittelun aikana ja erityisesti sen loppupuolella suunnitelmia olisi suositeltavaa havainnollistaa myös tuleville asukkaille. Asukkaat voisivat nähdä VR-tekniikan

avulla mahdollisia muutostarpeita esimerkiksi kalustesijoittelussa tai niiden valinnassa. Muutostarpeet ymmärretään paremmin virtuaaliympäristöjen avulla, jolloin toiveista tulee selkeämpiä ja niiden vaikutus ymmärretään paremmin. Kun muutostoiveet saadaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa selville, vältetään suurten suunnittelutoimenpiteiden kerääntymiseltä etenkin toteutussuunnitelmien palautusta edeltäville päiville.



KUVA 20. Virtuaalitekniikan käyttömahdollisuudet toteutussuunnittelussa.

#### 6.2.4 Rakentaminen

Rakennusvaiheessa virtuaaliympäristöjen käytön vahvuudet näkyvät erityisesti ahtaita tiloja tarkastellessa. Tekniset asennukset voidaan hahmottaa paremmin AR-tekniikan avulla, jolloin asentajat saavat tarkan käsityksen siitä, mille sijainnille asennuskomponentit pitää sijoittaa ja mikä niiden looginen asennusjärjestys on.

Kantavien rakenteiden läpi kulkevat järjestelmät täytyy merkitä työmaalla todella huolellisesti. Apua tähän tehtävään saadaan lisätyn todellisuuden avulla, jolloin reikien paikat voidaan merkitä tarkemmin. Normaalisti reiät merkitään 2D-piirustusten avulla, tällöin esimerkiksi vierekkäin tai päällekkäin sijaitsevien reikien paikantaminen on vaikeampaa.

Rakennusprosessin etenemistä voidaan myös havainnollistaa VR-tekniikalla hankkeen eri osapuolille. On tärkeää muistaa, että tässä tapauksessa tietomallin täytyy sisältää vain ne osuudet, jotka työmaalla on saatu valmiiksi. Tämän mallin muodostaminen on usein hankalaa ja työlästä, jonka vuoksi käytäntöä käytetään harvoin.

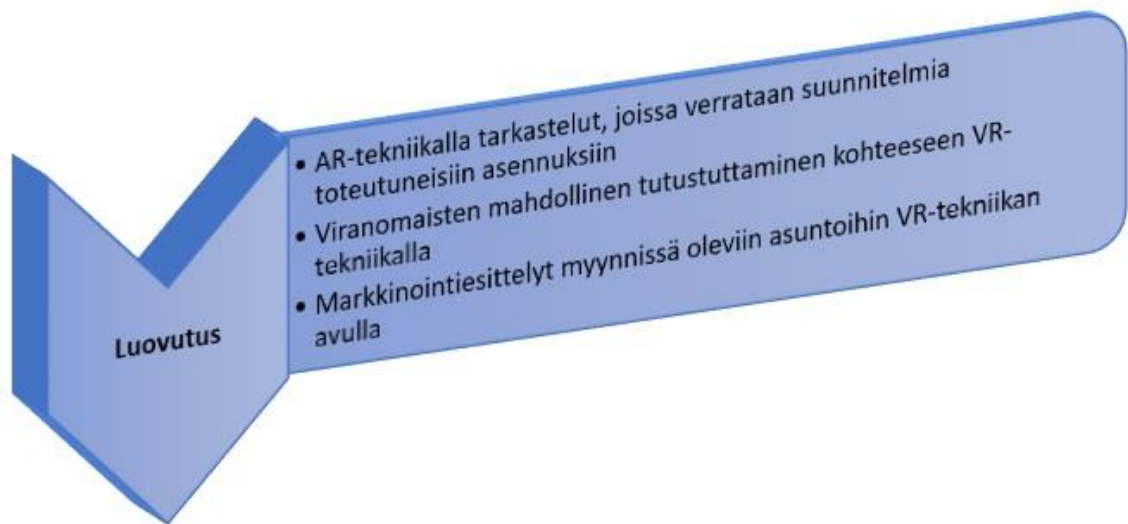


KUVA 21. Virtuaalitekniikan käyttömahdollisuudet rakentamisen aikana.

### 6.2.5 Luovutusvaihe

Luovutusvaiheessa rakennuksen tietomallilla voidaan suorittaa tarkemmat tilaesittelyt ostajaehdokkaille. Virtuaaliympäristössä tilat muistuttavat tässä vaiheessa jo täysin rakennettua tilaa. VR-tekniikalla voidaan esitellä valmistunutta hanketta esimerkiksi pitkien välimatkojen päässä oleville asiakkaille. Näin matkustuksen tarve pienenee, koska asunnon voi nähdä esimerkiksi rakennuttajan konttorilla. Yksityiskohtaiset virtuaaliesittelyt voivat palvella myös viranomaisia, jotka voivat tutustua kohteeseen ennen varsinaista käyttöönottotarkastusta.

Mahdollista on myös tarkastella, miten hankkeen suunnitelmat on todellisuudessa toteutettu. Tässä tapauksessa suunnitelmien tietomallit yhdistetään AR-tekniikkaa tukevaan laitteeseen. Laiteella voidaan tarkastella, onko valmistuneissa tiloissa suunnitelmista poikkeavia ratkaisuja.



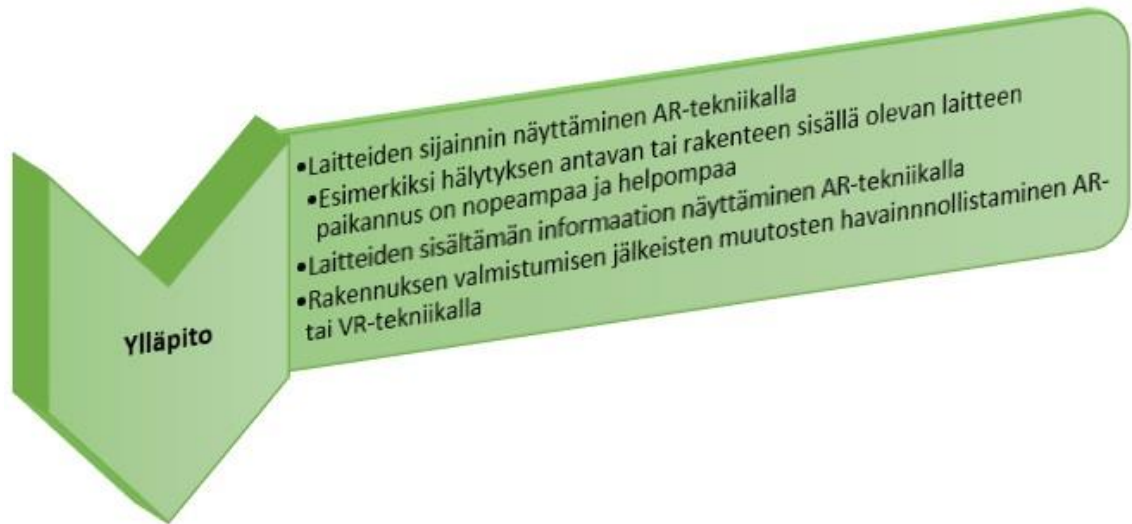
KUVA 22. Virtuaalitekniikan käyttömahdollisuudet luovutusvaiheessa.

### 6.2.6 Hankkeen valmistumisen jälkeinen aika

Virtuaaliympäristöjä on mahdollista käyttää myös rakennusprosessin jälkeen. Suurimmat edut näkyvät erityisesti ylläpitoa koskevissa toimenpiteissä. AR-tekniikkaa voidaan käyttää näissä tapauksissa mm. laitteiden paikantamiseen. Lisätyssä todellisuudessa voi olla paikantamisohjeiden lisäksi laitteen informaatio sisältöä. Esimerkiksi kun lisätyssä todellisuudessa kosketetaan kiertovesipumppua, ilmestyy näkökenttään mm. pumpun merkki, malli, virtausnopeus jne. Nämä monipuoliset mahdollisuudet tekevät huoltotyöskentelestä tehokkaampaa. Jos kohteessa on tapahtunut jotain muutoksia komponentteihin liittyen, on tärkeää huolehtia siitä, että nämä muutokset päivitetään olemassa olevaan tietomalliin tulevia huoltotoimenpiteitä silmällä pitäen.

Kun ajatellaan rakennuksen elinkaari prosessia, on tulevaisuudessa mahdollista ja jopa todennäköistä, että rakennukseen tehdään erilaisia muutostöitä tai korjaustoimenpiteitä. Muutostöitä suunnitellessa ja niitä toteutettaessa AR- ja VR-tekniikasta on hyötyä. Esimerkiksi suunnittelun aikana muutostöiden vaikutuksia voidaan visualisoida eri osapuolille, jonka kautta niin työntekijälle kuin asukkaallekin selviää, mitä ollaan tekemässä ja miten.





KUVA 23. Virtuaalitekniikan käyttömahdollisuudet hankkeen valmistumisen jälkeen.

### 6.3 Pohdintaa virtuaaliympäristöjen käytöstä

Tavallisissa tietomallinnuspohjaisissa uudisrakennushankkeissa on tietomallin hyödyntäminen sen sisältämiin mahdollisuuksiin nähden vielä melko pienessä käytössä. Malliin on mahdollista lisätä paljon erilaista informaatioisisältöä, esimerkiksi komponenttien teknisiä tietoja. Näin tehdään kuitenkin harvoin. Suurin syy tähän on se, että modernimpien ja yksityiskohtaisempien havainnointisisältöjen lisääminen tietomalliin maksaa tilaajalle enemmän normaalikäytäntönä pidettävään tietomalliin verrattuna. Koska näitä perinteisiä tietomalleja ollaan jo totuttu ja tyydytty käyttämään, ei visuaalisemmille tietomalleille nähdä tarvetta. Todellisuudessa visuaalisempi tietomalli voisi kuitenkin osoittautua hyödylliseksi. Näiden visuaalisempien ja informatiivisempien tietomallien mahdollisuuksista ei kuitenkaan aina olla tietoisia. Tästä syystä tarvittavat toimenpiteet jätetään tekemättä, vaikka ne olisikin täysin mahdollista toteuttaa.

Perinteisinä pidettäviin tietomalleihin tyytyminen koskee erityisesti pienikokoisia rakennusprojekteja, joissa virtuaaliympäristöjen käytön eduista ei ole tietoa tai niiden käyttöä ei koeta tarpeelliseksi. Tästä huolimatta havainnollistaminen virtuaalitekniikan avulla on lisääntynyt. Ilmiö on havaittavissa erityisesti suurissa ja komplekseissa rakennushankkeissa. Kyseisissä hankkeissa tilaajat ovat huomanneet, että AR- ja VR-tekniikan erilaisilla sovelluksilla saavutetaan uudenlaisia hyötyjä koko rakennuksen elinkaaren aikana.



Virtuaaliympäristöjä tukevien havainnollistamistekniikoiden hyödyt palvelevat tällä hetkellä eniten tilaajaa ja rakennuttajaa. Elinkaariprosessin kannalta suurimmat virtuaaliympäristön käyttökohteet sijoittuvat rakennusprosessin loppuvaiheeseen ja sen jälkeiseen käyttöön. Suurin VR-tekniikan käyttökohde on tilaesittelyt.

LVI-talotekniikkaa koskevissa tapauksissa hyödyt ovat ainakin toistaiseksi melko pieniä. VR-tekniikan edut näkyvät etätyöskentelyn mahdollisuuksissa. Hankkeen eri osapuolia voidaan esimerkiksi perehdyttää kohteeseen ilman, että heidän täytyy tulla työmaalle. Etätyöskentelyn edut virtuaaliympäristöjen avulla korostuvat saneerauskohteissa, joissa tarkoilla laserkeilauksilla tuotetut mallit ovat osoittautuneet erittäin hyödyllisiksi. Myös työmaalla käytettävät AR-tekniikkaa tukevat laitteet ovat osoittautuneet suosituiksi, mutta ne voivat pahimmassa tapauksessa muuttua jopa rajoittavaksi tekijäksi. Laitteiden kapeat katselualueet voivat estää työmaalla esimerkiksi erilaisten kokonaisuuksien havainnollistamisen tai tarkastelun.

Virtuaalitekniikkaa hyödyntävien laitteiden kysyntä on koko ajan kasvussa. Tästä syystä laitteiden kehitys on niin edistynyttä, että vuoden vanhoja virtuaaliympäristöjä käyttäviä laitteita ja sovelluksia voidaan käytännössä pitää jo vanhana tekniikkana. Edistymisen ansiosta laitteita kehitetään myös erityisesti rakentamiseen liittyviin käyttötarkoituksiin. Markkinoilla on jo saatavavilla esimerkiksi työmaakäyttöön soveltuvia ja sertifioituja AR-kypäriä (kuva 24). Lisäksi kehitteillä on myös työmaakäytössä suojalaseiksi soveltuvia AR-laseja.



KUVA 24. Työmaakäyttöön soveltuva DAQRI Smart Helmet AR-kypärä.

Seuraavien vuosien aikana virtuaaliympäristöjä käyttävät tekniikat ja sovellukset tulevat kokemaan suuria muutoksia. Lähes päivittäin syntyy uusia ideoita, joita pyritään toteuttamaan. Tällä hetkellä keskitytään tietomallin sisäisiin simulaatioihin. Niillä voidaan havainnollistaa mm. laitteiden toimintaperiaatteita, virtaussuuntia tai erilaisten hätätilanteiden toimintatapoja. Nämä tietomallin sisäiset simulaatiot tai videot mahdollistavat virtuaaliympäristössä tapahtuvan kouluttamisen ja ohjeistuksen. Tekniikan kehittyessä mahdollista on luoda esimerkiksi palotilanteiden toiminta- ja koulutussimulaatioita.

## LÄHTEET

Autodesk Inc. Autodesk Inc:n nettisivut. Luettu 16.2.2017.

<http://www.autodesk.fi/>

BuildingSMART. 2016. BuildingSMART nettisivut. Luettu 17.12.2016.

<http://www.buildingsmart.org/>

BuildingSMART Finland. 2017. BuildingSMART Finland nettisivut. Luettu

15.12.2016. <https://buildingsmart.fi/>

Cederqvist & Jäntti Architects Oy. Cederqvist & Jäntti Architects Oy:n nettisivut. Lu-

ettu 28.2.2017. <http://www.cej.fi/>

English, M. 2013. UW-Madison team probes home health environments with virtual reality. University of Wisconsin-Madison. Luettu 15.3.2017. <http://news.wisc.edu/uw-madison-team-probes-home-health-environments-with-virtual-reality/>

Granlund Oy. Granlund Oy:n nettisivut. Luettu 4.1.2017.

<http://www.granlund.fi/>

Granlund Consulting Oy. Granlund Consulting Oy:n nettisivut. Luettu 9.3.2017.

<http://www.granlundconsulting.fi/>

Koivukorpi, J. LVI-suunnittelija. Rejlers Finland Oy. Puhelinhaastattelu 30.3.2017.

Kosonen, K. 2014. Big Room kokonaissuunnittelussa ja energialaskennassa. Optiplan Oy. Luettu 9.3.2017. <http://rym.fi/wp-content/uploads/2014/03/Model-Nova-BIG-ROOM-KKosonen-20140227-2.pdf>

Kymdata Oy. Kymdata Oy:n nettisivut. Luettu 16.2.2017.

<http://cads.fi/fi>

Laitila, T. 2017. Microsoftin Hololens-lasien tekniikka on kiehtovaa – näin lasit toimivat. Mikrobitti. Luettu 22.3.2017. <http://www.mikrobitti.fi/2017/03/microsoftin-hololens-lasien-tekniikka-on-kiehtovaa-nain-lasit-toimivat/>

Noranta, T. 2016. Lasit toiseen todellisuuteen. Tietotaituri. Luettu 22.3.2017.

<http://www.tietotaituri.fi/yleinen/lasit-toiseen-todellisuuteen/>

Pesonen, S. 2014. BIM perusteinen Big-Room prosessi suunnittelussa. Fira Oy. Luettu

9.3.2017. [http://www.ril.fi/media/files/tapahtumat/tietomallit\\_sakari-pesonen.pdf](http://www.ril.fi/media/files/tapahtumat/tietomallit_sakari-pesonen.pdf)

Program Oy. 2017. Program Oy:n nettisivut. Luettu 14.2.2017.

<https://magicad.com/fi>

Rejlers Finland Oy. Rejlers Finland Oy:n kotisivut. Luettu 9.3.2017.

<http://www.rejlers.fi/>

Sanastokeskus TSK Ry. 2017. Tietotekniikan termitalkoot 5/2005.

<http://www.tsk.fi/tsk/termitalkoot/>

Schiesser, T. 2015. Google now selling Project Tango 3D-sensing tablet for \$512. Techspot. Luettu 23.3.2017. <http://www.techspot.com/news/60831-google-now-selling-project-tango-3d-sensing-tablet.html>

Skanska Oy. Skanska Oy:n nettisivut. Luettu 7.1.2017  
<http://www.skanska.fi/>

Skanska USA Skanska USA:n nettisivut. Luettu 9.3.2017  
<http://www.usa.skanska.com/>

Solibri Inc. 2017. Solibri Inc:n nettisivut. Luettu 20.2.2017  
<https://www.solibri.com/>

Trimble Solutions Corporation. 2017. Trimble Solutions Corporationin nettisivut. Luettu 21.2.2017. <http://www.teklabimsight.com/>

Yleiset inframallivaatimukset 2015. Osa 10. Havainnollistaminen. BuildingSMART Finland. Tulostettu 18.12.2016. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/02/YIV2015\\_OSA\\_10\\_Havainnollistaminen\\_250216.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/02/YIV2015_OSA_10_Havainnollistaminen_250216.pdf)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 8. Havainnollistaminen. BuildingSMART Finland. Tulostettu 18.12.2016. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_8\\_havainnollistaminen.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_8_havainnollistaminen.pdf)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä. BuildingSMART Finland. Tulostettu 18.12.2016. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_9\\_tate\\_analyysit.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_9_tate_analyysit.pdf)



## Liite 2. Toimintamalli virtuaalitekniikoiden käytöstä uudisrakentamisessa

