

Juuso Niemi

## **4D-aikataulun hyödyntäminen työmaalla**

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työjohto

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Juuso Niemi

Työn nimi: 4D-aikataulun hyödyntäminen työmaalla

Ohjaaja: Veli Autio

Vuosi: 2019 Sivumäärä: 33 Liitteiden lukumäärä: 0

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli pilotoida 4D-aikataulun hyödyntämistä Lehto Remonttien korjausrakentamisen hankkeessa ja oppia tietomallipohjaisen rakennushankkeen kannalta keskeisimmät asiat. Työn tarkoituksena oli luoda 4D-aikataulu Helsingissä sijaitsevan kohteen uudis- ja korotusosan tärkeimmistä työvaiheista sekä toteuttaa aikataulusta tarkastuspisteitä, millä verrattiin visuaalisesti hankkeen suunniteltua aikataulua toteumaan.

Työssä käydään läpi tietomallipohjaisen rakennushankkeen kannalta keskeisimpiä asioita sillä tarkkuudella, mikä koettiin oleelliseksi näiden asioiden ymmärtämisen kannalta. Opinnäytetyön tutkimus toteutettiin Synchro Pro -ohjelmalla. Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää tietomallipohjaisen aikataulun käyttöönoton tukena työmaalla.

Avainsanat: Tietomalli, 4D, aikataulu, BIM

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Author: Juuso Niemi

Title of thesis: Utilization of 4D-model at construction site

Supervisor: Veli Autio

Year: 2019      Number of pages: 33      Number of appendices: 0

---

The objective of the thesis was to examine the utilization of 4D-modeling in a renovation project, and to learn the most essential concepts about BIM-based construction projects. The purpose of the thesis was to create a 4D-schedule of the most important stages of the work and to make checkpoints which were used to visually compare the planned schedule to actual realization.

The thesis presented the basic information about BIM based construction projects on a level which was deemed necessary for understanding the essential concepts about BIM-based construction projects. The research in the thesis was made with Synchro Pro -software. The thesis can be used as a support for implementing 4D-modeling at a construction site.

Keywords: Information model, 4D, schedule, BIM

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract .....	2
SISÄLTÖ .....	3
Kuvioluettelo .....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	6
1 JOHDANTO .....	8
2 TIETOMALLI .....	9
2.1 Arkkitehtimalli .....	10
2.2 Rakennemalli .....	11
2.3 Talotekniikkamalli .....	12
2.4 Yhdistelmämalli .....	13
2.5 Tietomallistandardit .....	14
3 RAKENNUSHANKKEEN AIKATAULUSUUNNITTELU .....	16
3.1 Aikatauluttaminen .....	16
3.2 Tietomallipohjainen aikataulu .....	16
3.3 Korjausrakentamisen erityispiirteet .....	18
4 TIETOMALLIOHJELMISTOT .....	19
4.1 Ohjelmistot .....	19
4.2 Synchro Pro .....	19
4.3 Trimble Connect .....	20
4.4 Solibri Model Checker .....	21
5 TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN AIKATAULUTUKSESSA .....	23
5.1 Kohde-esittely .....	23
5.2 4D-aikataulun luomisen vaiheet .....	24
5.2.1 Tietomallin tuonti .....	24
5.2.2 Tietomallin karsinta .....	25
5.2.3 Aikataulun sarakkeet .....	26
5.2.4 Tietomallin liittäminen aikatauluun .....	27
5.2.5 Aikataulun viimeistely .....	28
5.3 Aikatauluseuranta .....	28

5.3.1 Ensimmäinen toteuman päivitys .....	29
5.3.2 Toinen toteuman päivitys .....	30
6 YHTEENVETO.....	31
LÄHTEET .....	32

## Kuvioluettelo

Kuvio 1. Tietomallipohjaisen hankkeen vaiheet .....	9
Kuvio 2. Arkkitehtimalli .....	11
Kuvio 3. Rakennemalli .....	12
Kuvio 4. Iv-malli .....	13
Kuvio 5. Yhdistelmämalli .....	14
Kuvio 6. Runkovaihe aikataulu .....	17
Kuvio 7. Synchro Pro käyttöliittymä .....	20
Kuvio 8. Trimble Connect -käyttöliittymä .....	21
Kuvio 9. Solibri Model Checker käyttöliittymä .....	22
Kuvio 10. Esimerkkikohteen tietomalli.....	23
Kuvio 11. Aikataulun tuontiasetukset .....	25
Kuvio 12. Ohjelman 3D-suodatin .....	26
Kuvio 13. Aikataulu työkalu .....	27
Kuvio 14. Tietomallin liittäminen aikatauluun. ....	28
Kuvio 15. Suunnitellun aikataulun ja ensimmäisen tarkastuspisteen vertailu.....	29
Kuvio 16. Suunnitellun aikataulun ja toisen tarkastuspisteen vertailu. ....	30

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>3D</b>	Kolmiulotteinen suunnitelma.
<b>4D</b>	Kolmiulotteinen suunnitelma, joka sisältää lisäksi ajallisen ulottuvuuden.
<b>BIM</b>	Lyhenne englannin kielen sanoista Building Information Modelling, joka tarkoittaa rakentamisen tietomallintamista.
<b>IFC</b>	Lyhenne englannin kielen sanoista Industry Foundation Classes. Tietomallintamisen kansainvälinen tiedonsiirtoformaatti, jonka avulla voidaan siirtää tiedostoja ohjelmistojen välillä muuttamatta sisältöä.
<b>Inventointimalli</b>	Malli tehdään olemassa olevasta rakennuksesta korjausrakentamisen suunnittelun tueksi. Sisältää tontin muodon, tontilla olevien rakennusten geometriatiedon ja rakennuksen osat.
<b>Järjestelmämalli</b>	Talotekniikan malli, jota hyödynnetään muun muassa taloteknisten järjestelmien toiminnan analyysihin.
<b>Rakennusosamalli</b>	Sisältää rakennusosat siinä muodossa, missä ne on tarkoitettu toteuttaa. Mallia voidaan hyödyntää esimerkiksi määrälaskennassa ja suunnitelmien yhteensovittamisessa.
<b>Tietomalli</b>	Rakennuksen tietojen kokonaisuus, joka sisältää kolmiulotteisen digitaalisen suunnitelman rakennuksesta sekä tiedot käytetyistä tuotteista ja niiden ominaisuuksista.
<b>Tilamalli</b>	Arkkitehdin luoma malli, josta saadaan tietoa rakennuksen koosta, huonejaoista, tiloista, massoituksesta ja sijainnista tontilla.

<b>Tilaryhmämalli</b>	Malliin on määritelty tilaryhmien muoto, koko, pinta-ala ja tilavuus.
<b>Toteumamalli</b>	Malli, joka kattaa rakennuksen suunnitelmien ja toteutuksen lopullisen toteuman.
<b>Tuotantomalli</b>	On malli, jossa tulisi olla kaikki tarvittava tieto rakennuksen rakentamista varten. Tyypillistä sisältöä mallille ovat rakennusosat, liittymät, materiaalit ja työmenetelmät.
<b>Vaatusmalli</b>	Sisältää tila- ja ryhmäkohtaiset pinta-ala- ja mahdolliset erityisvaatimukset. Voidaan hyödyntää suunnitelmaratkaisujen vertailemisessa.
<b>Yhdistelmämalli</b>	Eri tekniikkalajien yhdistetty tietomalli, jota voidaan käyttää esimerkiksi törmäystarkasteluihin suunniteltujen ja nykyisten objektien välillä.
<b>Ylläpitomalli</b>	Rakennuksen tietomalli, jota käytetään rakennuksen ylläpitoon.



## 1 JOHDANTO

Tietomallien käyttö on yleistynyt erityisesti isoissa rakennushankkeissa, mutta myös pienempiä kohteita toteutetaan yhä useammin tietomallipohjaisena. Tietomallit ovat oleellinen osa rakentamisen digitalisaatiota, jonka avulla voidaan parantaa rakentamisen tuottavuutta. Tietomallin potentiaalia voidaan hyödyntää pienillä ponnistuksilla esimerkiksi työmaalla 4D-aikataululla. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 32, 102-103.) 4D-aikataulun avulla on helpompi suunnitella tulevia työvaiheita, suoritusjärjestystä ja aikataulusta poikkeavien työvaiheiden vaikutusta kokonaisuuteen (Parkkinen 2013, 128).

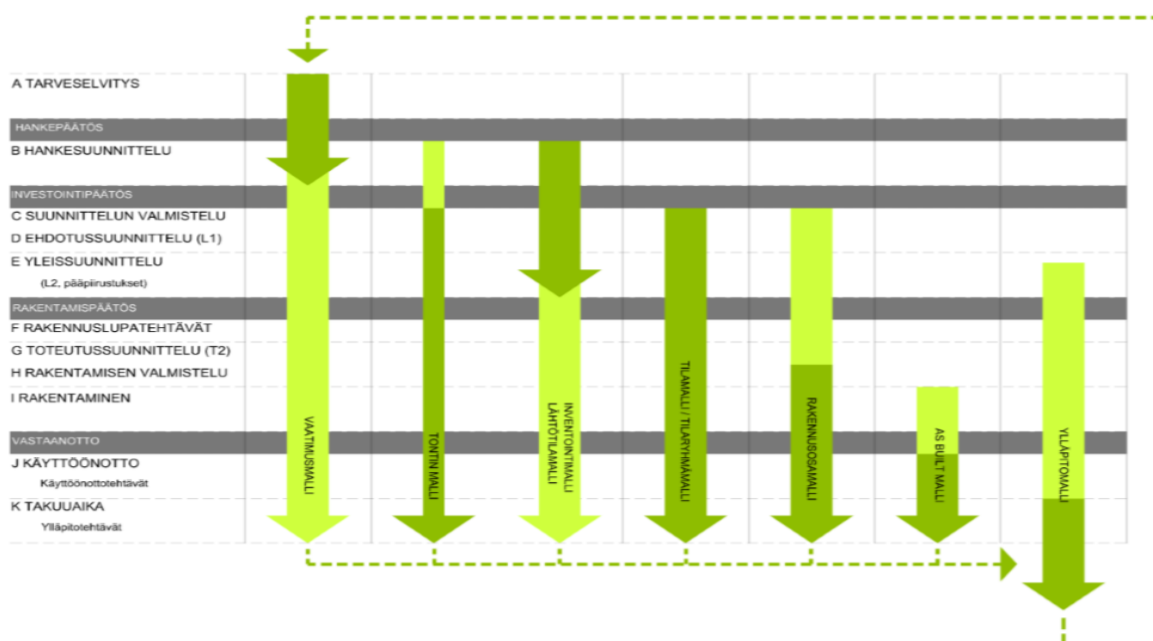
Opinnäytetyön tavoitteena on pilotoida 4D-aikataulun hyödyntämistä Lehto Remonttien rakennushankkeessa ja oppia tietomallipohjaisen rakennushankkeen kannalta keskeisimmät asiat. Työn tarkoituksena on luoda 4D-aikataulu Helsingissä sijaitsevan kohteen uudis- ja korotusosan tärkeimmistä työvaiheista sekä toteuttaa aikataulusta tarkastuspisteitä, joiden avulla verrataan visuaalisesti hankkeen suunniteltua aikataulua toteumaan.

Lehto Group on voimakkaasti kasvava suomalainen rakennusliike, jonka visiona on olla alan innovatiivinen uudistaja unohtamatta talousohjatun rakennustavan merkitystä. Lehto Group koostuu asuntojen, toimi- ja hyvinvointitilojen sekä korjausrakentamisen yksiköistä. Opinnäytetyö on tehty Lehdon korjausrakentamisen yksikölle, joka on keskittynyt linjasaneerauksiin ja peruskorjauksiin. Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää tietomallipohjaisen aikataulun käyttöönoton tukena työmaalla.

## 2 TIETOMALLI

Tietomalli on digitaalisessa muodossa olevan rakennelman kolmiulotteinen esitystapa, jossa kuvaan on yhdistetty ominaisuustiedot. Tietomallia voivat hyödyntää rakennuksen suunnittelijat, rakentajat, käyttäjät ja ylläpitäjät hankkeen toteuttamisvaiheesta ylläpitoon. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 15.) Tietomallin merkittävimpana erona perinteisesti käytettyihin piirustuksiin voidaan pitää suunnitelmien visuaalisuutta, joka auttaa havainnollistamaan asioita huomattavasti piirustuksia tehokkaammin, mutta tietomalli ei kuitenkaan korvaa perinteisiä piirustuksia kokonaan (Henttinen 27.3.2012a, 5–6.)

Tietomallipohjaisen hankkeen malleja ovat vaatimusmalli, tontinmalli, tilamalli, rakennusosa- ja järjestelmämallit, tuotantomalli, toteumamalli ja ylläpitomalli. Näiden mallien lisäksi laaditaan tarvittaessa inventointimalli, joka sisältää tontin ja korjausrakentamisessa lisäksi olemassa olevan rakennuksen lähtötiedot. Erikoistapauksissa voidaan laatia tilamallin lisäksi tilaryhmämalli. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 18–26.) Kuvio 1 havainnollistaa tietomallipohjaisen hankkeen eri vaiheita ja mallien ajoittumista hankkeen eri vaiheisiin.

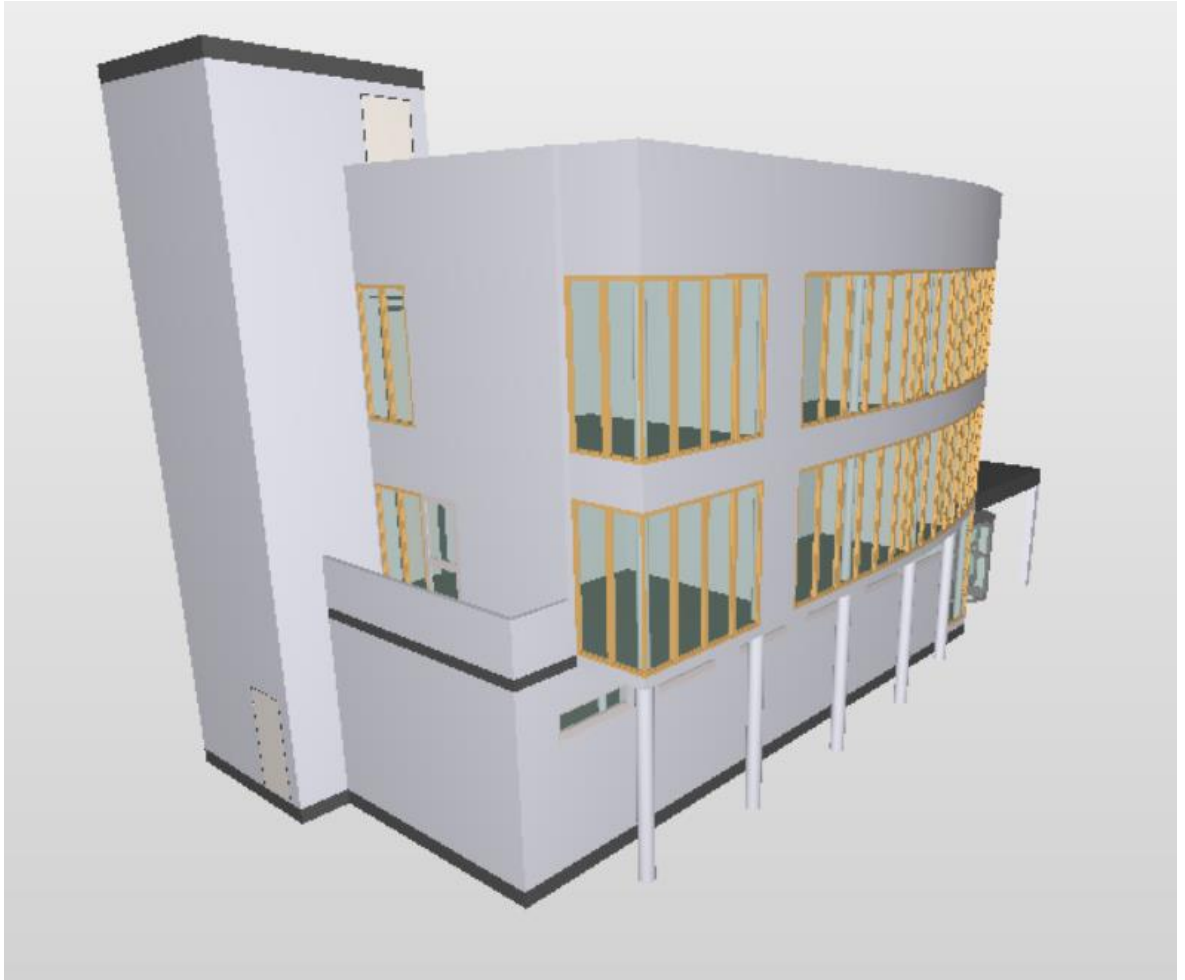


Kuvio 1. Tietomallipohjaisen hankkeen vaiheet (Henttinen 27.3.2012b, 10).

Hankkeen laatua ja tuottavuutta voidaan parantaa suunnittelijoiden tuottamien tietomallien avulla, mutta se kuitenkin edellyttää hankkeen osapuolilta tietomallintamiseen liittyvien käsitteiden ja prosessien ymmärtämistä sekä teknistä osaamista tietomallien käyttämiseen (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 8-9. Tietomallia voidaan hyödyntää monipuolisesti esimerkiksi analyyseissä, määrä- ja tarjouslaskennassa, työjärjestyksen suunnittelussa, rakennettavuus tarkastelussa ja hankinnoissa. Tietomallin visuaalisuutta voidaan hyödyntää kohteen esittelyssä, työmaa-alueen käytön suunnittelussa sekä työn toteuman seuraamisessa. (Karppinen ym. 27.3.2012, 10–13.)

## **2.1 Arkkitehtimalli**

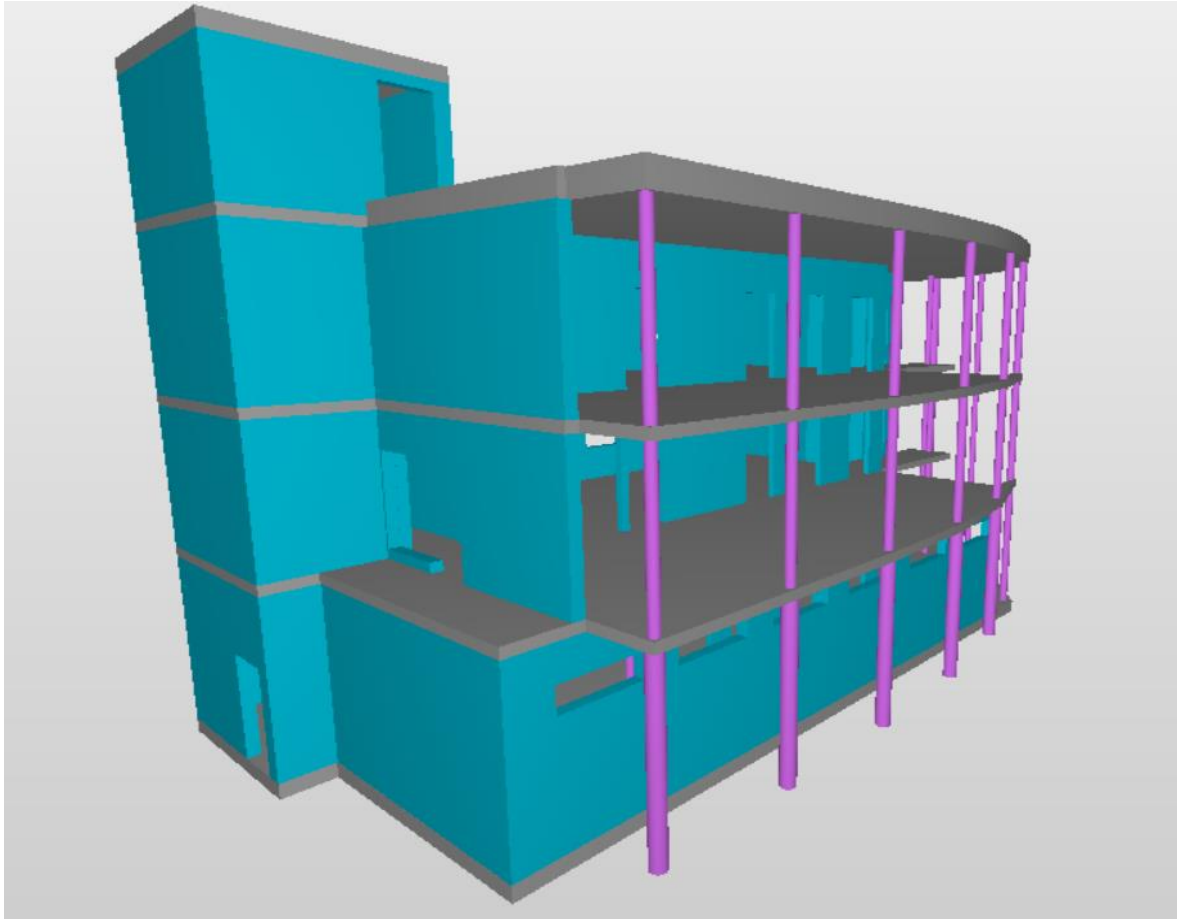
Arkkitehtisuunnittelulla tarkoitetaan yleensä rakennuksen yleissuunnittelua, joka sisältää rakennuksen muodon, tilojen, ulkoasun ja sijoittelun suunnittelun. Tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa arkkitehdin mallinnus on pakollista kaikissa hankkeen eri vaiheissa. Arkkitehdin luoma malli toimii pohjana kaikelle muulle suunnittelulle, joten on erityisen tärkeää, että malli on toteutettu huolellisesti, sillä näin vältetään mahdollisilta ongelmilta muussa suunnittelussa. Arkkitehtimallit laaditaan kerroksittain, koska usein analyysit, käyttäjä, tilaaja ja työmaa hyödyntävät malleja kerroksittain. Kuhunkin kerrokseen kuuluu kyseisen kerroksen alapuolinen laatta pintarakenteineen, alaslasketut sisäkatot ja tilaa vaativat akustiset rakenteet sekä kevyet väliseinät. (Henttinen 27.3.2012b, 5–7.) Kuviossa 2 on arkkitehtimalli, joka havainnollistaa arkkitehtimalleissa olevaa tyypillistä sisältöä.



Kuvio 2. Arkkitehtimalli (Solibri Model Checker [viitattu 1.1.2019]).

## 2.2 Rakennemalli

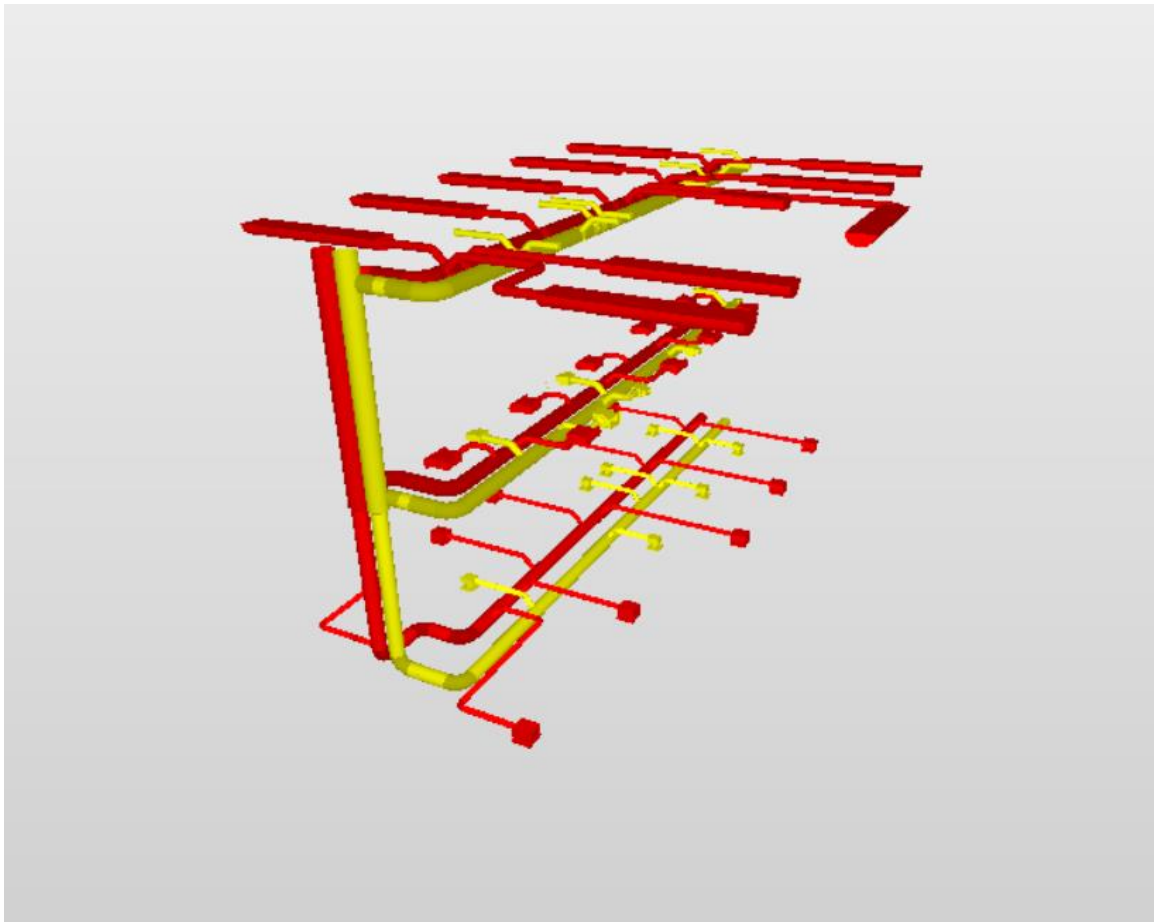
Rakennemalliin kuuluvat kantavat rakenteet sekä ei-kantavat betonirakenteet. Mallissa on myös oltava sellaiset rakennustuotteet, jotka ovat merkityksellisiä muille suunnittelijoille. Esimerkiksi palokatkotuotteet mallinnetaan, jotta talotekniikkasuunnittelijalla on tiedossa todelliset mitat, jotka vaikuttavat oleellisesti talotekniikan reitityksiin. Vaatimuksena on, että rakenteita siirrettäessä mallissa nimi, tyyppi, sijainti ja geometria siirtyvät rakennusosan mukana. Rakennemallin hyödyntämisen kannalta on oleellista, että mallin valmiusaste esitetään mallissa, jotta saadaan varmuus mittatietojen luotettavuudesta. (Kautto 27.3.2012, 6–7.) Kuvio 3 havainnollistaa rakennemallia, josta on piilotettu arkkitehti- ja talotekninen malli tarkastelun helpottamiseksi.



Kuvio 3. Rakennemalli (Solibri Model Checker [viitattu 1.1.2019]).

### 2.3 Talotekniikkamalli

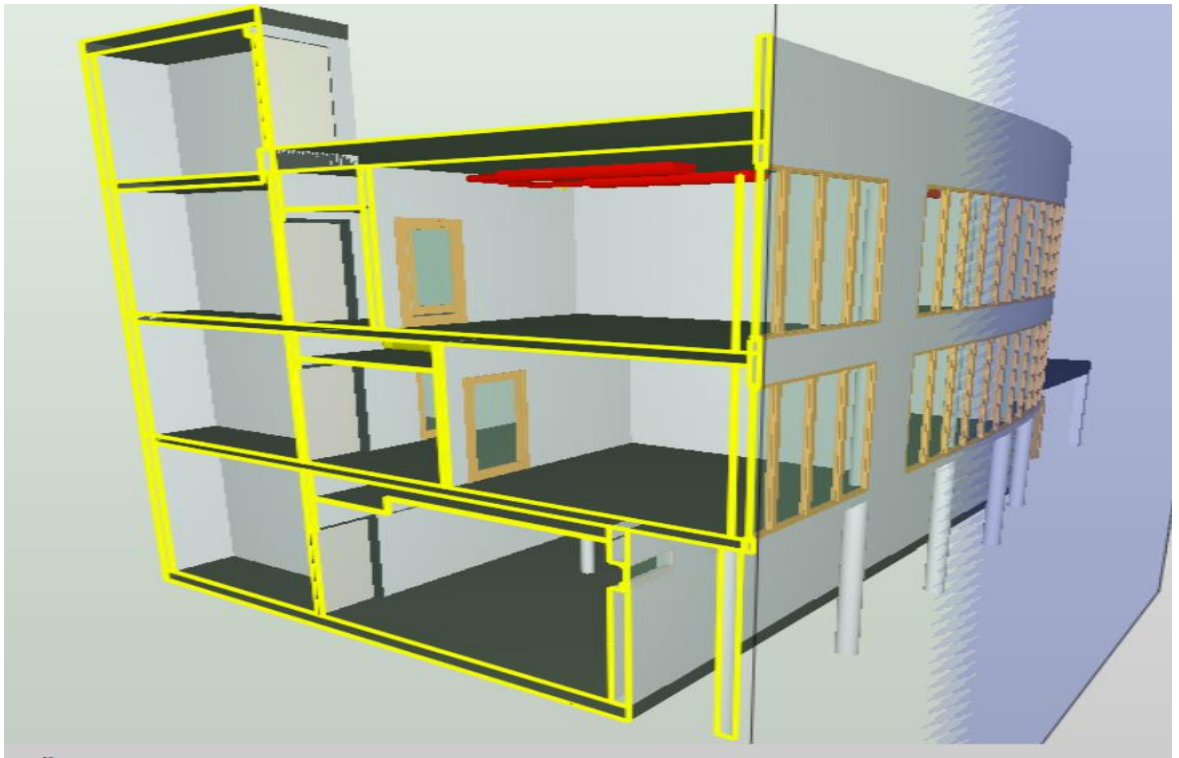
Talotekniikkamallin pääjärjestelmät voidaan jakaa kolmeen eri osa-alueeseen, joita ovat vesi- ja viemärijärjestelmät, ilmastointijärjestelmät sekä lämmitys-, jäähdytys- ja sähköjärjestelmät. Talotekniikan vaatimia tiloja ovat muuntamot, kuilut, keskustilat ja konehuoneet, joihin on myös varattava riittävät tilat asennukselle ja huoltamiselle. Tilavarauksia ja läpivientejä vaativat talotekniikan kerrosverkostot, kuten putket, kaapelihyllyt, kanavat ja johtokourut. (Järvinen ym. 27.3.2012, 23-24.) Kuviossa 4 on iv-malli, joka on eroteltu arkkitehti- ja rakennemalleista.



Kuvio 4. Iv-malli (Solibri Model Checker [viitattu 1.1.2019]).

## 2.4 Yhdistelmämalli

Yhdistelmämallissa suunnittelijoiden tuottamat IFC-mallit muodostavat yhden kokonaisuuden, jolloin kaikki keskeiset rakennusosat ja talotekniikan järjestelmät ovat nähtävillä samassa mallissa. Yhdistelmämallilla voidaan varmistaa huomattavasti perinteisiä piirustuksia tehokkaammin suunnitelmien yhteensopivuutta. Suunnitelmien laatua voidaan tarkastella ohjelmilla, joilla tarkastellaan, toteuttaako malli annetut ehdot, esimerkiksi käyttöikäsuositukset, ikkunakorot ja esteettömyysvaatimukset. Malleista voidaan tehdä myös törmäystarkastelu, josta voidaan havaita ristiriitaisia osia, kuten törmäävä palkki- ja ilmastointikanava. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 31, 37.) Kuviossa 5 on yhdistelmämallin leikkaus, josta on nähtävillä arkkitehti-, rakenne- ja talotekniset mallit samanaikaisesti.



Kuvio 5. Yhdistelmämalli (Solibri Model Checker [viitattu 1.1.2019]).

## 2.5 Tietomallistandardit

Yleiset tietomallivaatimukset, eli YTV2012, toimivat Suomessa talonrakennushankkeiden epävirallisena tietomallinnuksen standardina, joiden tarkoituksena on antaa hankkeille yhteiset pelisäännöt, levittää tietoa tietomallintamisesta ja tukea tietomallipohjaisen prosessin käyttöönotossa. Standardit on luotu nopeasti yleistyvän tietomallipohjaisen rakentamisen tueksi, ja ne pyrkivät vastaamaan kysymyksiin, miten ja miksi mallinnetaan, mitä mallinnetaan eri vaiheissa ja miten mallia voidaan hyödyntää. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 34.)

Yleisiä tietomallivaatimuksia voidaan hyödyntää uudis- ja korjausrakentamisessa sekä käytön ja ylläpidon aikana. Tietomallivaatimukset määrittelevät mallintamisen ja tietosisällön vähimmäisvaatimukset rakennushankkeissa, joiden lisäksi voidaan esittää lisävaatimuksia. (Kautto 27.3.2012, 5.) Seuraavat dokumentit muodostavat YTV2012-standardit, joita on myöhemmin täydennetty talotekniikan mallinnusvaatimuksilla ja määrälaskentaohjeella sekä tilaajan arkkitehti- ja rakennesuunnitteluohjeilla.

Yleisten tietomallivaatimusten osia ovat:

1. Yleinen osuus
2. Lähtötilanteen mallinnus
3. Arkkitehtisuunnittelu
4. Talotekninen suunnittelu
5. Rakennesuunnittelu
6. Laadunvarmistus
7. Määrälaskenta
8. Mallien käyttö havainnollistamisessa
9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
10. Energia-analyysit
11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa



### **3 RAKENNUSHANKKEEN AIKATAULUSUUNNITTELU**

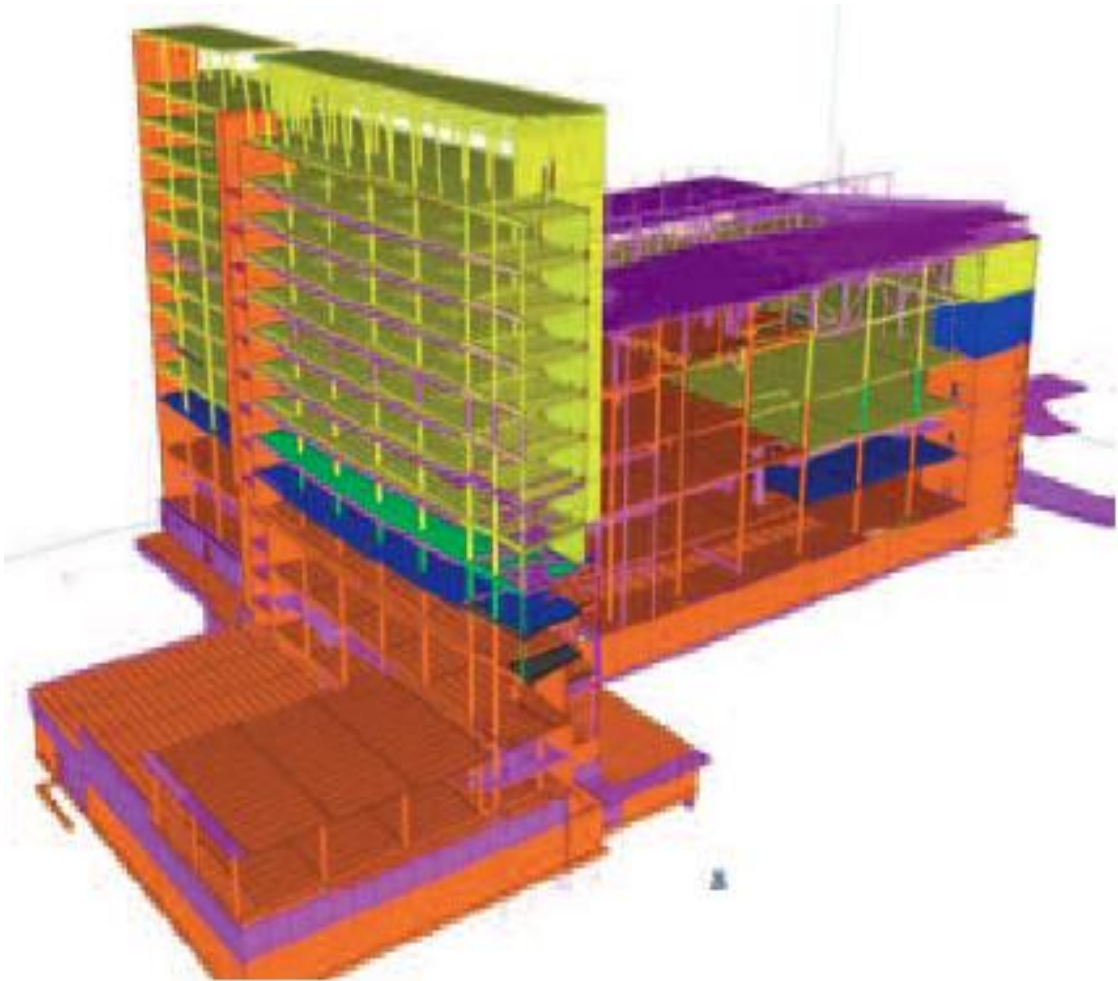
#### **3.1 Aikatauluttaminen**

Rakennushankkeen aikataulusuunnittelu aloitetaan alustavalla yleisaikataululla, jolla selvitetään muun muassa tärkeimmät työvaiheet, resurssien tarve ja hankkeen kesto. Aikataulu tarkentuu hankkeen edetessä ajallisesti ja työsisällöltään hyvinkin tarkaksi tehtäväkohtaiseksi aikatauluksi. Hankkeen ja yksittäisten työtehtävien toteutuskelvollisuuden kannalta on oleellista, että aikataulussa on huomioitu työn vaatimat resurssit todenmukaisesti. Realistisia tavoitteita suunniteltaessa tarvitaan tietoa työsaavutuksista, työmenekeistä, kapasiteeteista ja työryhmän koosta. Aikataulun vaatimat tiedot saadaan tavoitearvioista ja kokemuksen perusteella. (Ratu KI-6028, 2016, 8, 19, 30.)

Yleisaikataulu kuvaa koko hankkeen kulkua, mutta rakennusvaiheittain laaditun aikataulun avulla suunnitellaan työmaan keinot tavoitteiden saavuttamiseksi. Rakentamisvaiheita tarkennetaan viikkosuunnitelmilla, joiden tarkoitus on varmistaa tavoitteiden toteutuminen ja resurssien tehokas käyttö sekä riittävyys lyhyellä aikavälillä. Tehtäväsuunnitelmilla tarkennetaan tuotannon suunnitelmat hyvin yksityiskohtaiselle tasolle ja ne toimivat työmaanjohdolle valvonnan, johtamisen ja ohjauksen työkaluina. Tehtäväsuunnittelu keskittyy yleisesti kustannuksiltaan merkittäviin, ajallisesti kriittisiin sekä yleisesti ongelmia aiheuttaneisiin työvaiheisiin. (Ratu KI-6028, 2016, 8.)

#### **3.2 Tietomallipohjainen aikataulu**

Tietomallipohjaisella aikataululla, eli 4D-aikataululla, voidaan täydentää rakentamis-aikataulua ja ohjata täydentävää suunnittelua. Tilaajan kannalta aikataulussa pysyminen ja aikataulun seuranta ovat rakennushankkeen oleellisimpia ja seuratuimpia asioita. (Karppinen ym. 27.3.2012, 11-12.) Kuviossa 6 on runkovaiheen aikataulu toteutettuna värikoodeilla, missä oranssi vastaa valmistunutta työvaihetta, sininen kuluva viikkoa, vihreä seuraavaa viikkoa, keltainen aikataulutettua ja violetti eri urakoitsijan aikataulutettua työvaihetta.



Kuvio 6. Runkovaiheen aikataulu (SRV, Flamingo, Vantaa Karppisen ym. 27.3.2012X mukaan).

Työmaan toteuman ja aikataulun ollessa visuaalisesti havaittavissa on helpompi suunnitella tulevia työvaiheita ja niiden suoritusjärjestystä yhdessä urakoitsijoiden kanssa. Aikataulusta mahdollisesti poikkeavien työvaiheiden vaikutusta kokonaisuuteen on helpompi havainnollistaa, mikä helpottaa korjaavien toimenpiteiden kohdistamista (Parkkinen 2013, 128.)

Tietomallipohjainen aikataulu on mahdollista toteuttaa vain niiltä rakennusosilta, jotka ovat mallinnettuna ja niissäkin vain sillä erittelytarkkuudella, millä rakenneko-konaisuudet ovat mallinnettu. Aikataulun toteuman päivittämiselle ja jakelulle sovi-taan hankekohtaiset pelisäännöt, joilla varmistetaan aikataulun tehokas käyttö. Esi-merkiksi toteuman päivittäminen voi olla päivittäistä tai tapahtua kerran viikossa en-nalta sovittuna päivänä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 65.)

### 3.3 Korjausrakentamisen erityispiirteet

Uudis- ja korjausrakentamisella on yhteneviä tavoitteita työ- ja tuotannonsuunnittelussa, mutta korjausrakentamisella on kuitenkin erityispiirteensä, jotka luovat omat haasteensa rakentamiseen. Yhtäläisyyksiä uudis- ja korjausrakentamisella on muun muassa kustannus- ja aikataulutavoitteiden lisäksi laatuvaatimuksissa. Korjauskohteille erityispiirteet aiheutuvat korjauskohteen mahdollisesta käytöstä rakentamisen aikana, olemassa olevasta rakennuksesta ja sen sijainnista rakennetussa ympäristössä. Korjauskohteille on tyypillistä, että ne sisältävät purkamisen, kunnostuksen ja uuden rakentamisen. (Ratu KI-6028, 2016, 45.)

Korjauskohteen aikataulusuunnittelun menetelmiä ovat mm. kokonaistilajärjestelyt, käyttäjän ajoittama korjauskohde, toistuva tilakorjaus ja pieni korjauskohde. Tuotantomenetelmän valintaan vaikuttavat kohteen koko, korjausaste ja mahdollinen käyttö korjauksen aikana. Rakentamisaikatauluun vaikuttavat hankkeen aikana tehty täydentävä kuntoseuranta, tutkimus ja suunnittelu, jotka aiheuttavat muutoksia työn laajuuteen. Rakennushankkeen läpimenoaikaa voidaan lyhentää valitsemalla matala korjausaste eli korjaamalla vain välttämättömät rakennusosat ja järjestelmät. Töiden esivalmistelulla ja siirtämällä työt pois remontoitavista tiloista voidaan lyhentää hankkeen kokonaiskestoa. (Ratu S-1231, 2012, 5-7.)

## 4 TIETOMALLIOHJELMISTOT

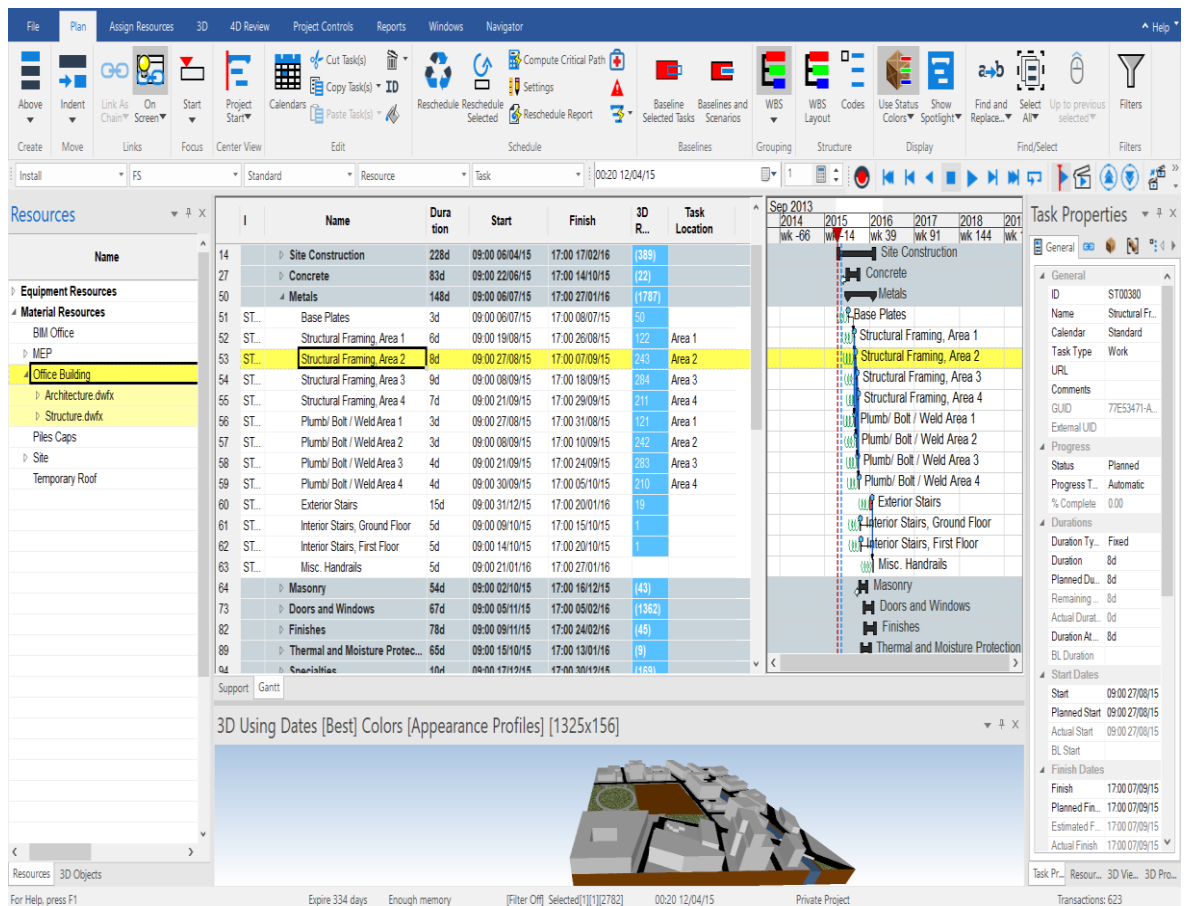
### 4.1 Ohjelmistot

Ohjelmistot voidaan jakaa käyttötarkoituksen mukaan esimerkiksi neljään eri ryhmään, joita ovat mallipohjaiset suunnitteluohjelmat, katselu- ja tarkasteluohjelmat, projektinhallintaohjelmat sekä simulaatio- ja analysointiohjelmat. Ohjelmistojen yhteensopivuuden varmistamiseksi on kehitetty IFC-tiedostomuoto, jota hyödyntää merkittävä osa tietomalli ohjelmistoista mutta poikkeuksiakin on, joten ohjelmistojen yhteensopivuus on syytä varmistaa ennen hankkeeseen ryhtymistä. IFC malliin geometriatiedon lisäksi voidaan tallentaa tietoa rakennusosien ja tilojen ominaisuuksista. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 21, 38.)

Ohjelmistojen päivittäminen saattaa aiheuttaa tiedonsiirrossa ongelmia, joten päivitykset ja ohjelmistoversioiden vaihtaminen tulisi aina sopia hankkeen osapuolten kanssa, ja ennen uuden version tai päivityksen käyttöönottoa tulisi tehdä tiedonsiirron testaus, jotta voidaan varmistua ohjelmien yhteensopivuudesta (Henttinen 27.3.2012b, 6).

### 4.2 Synchro Pro

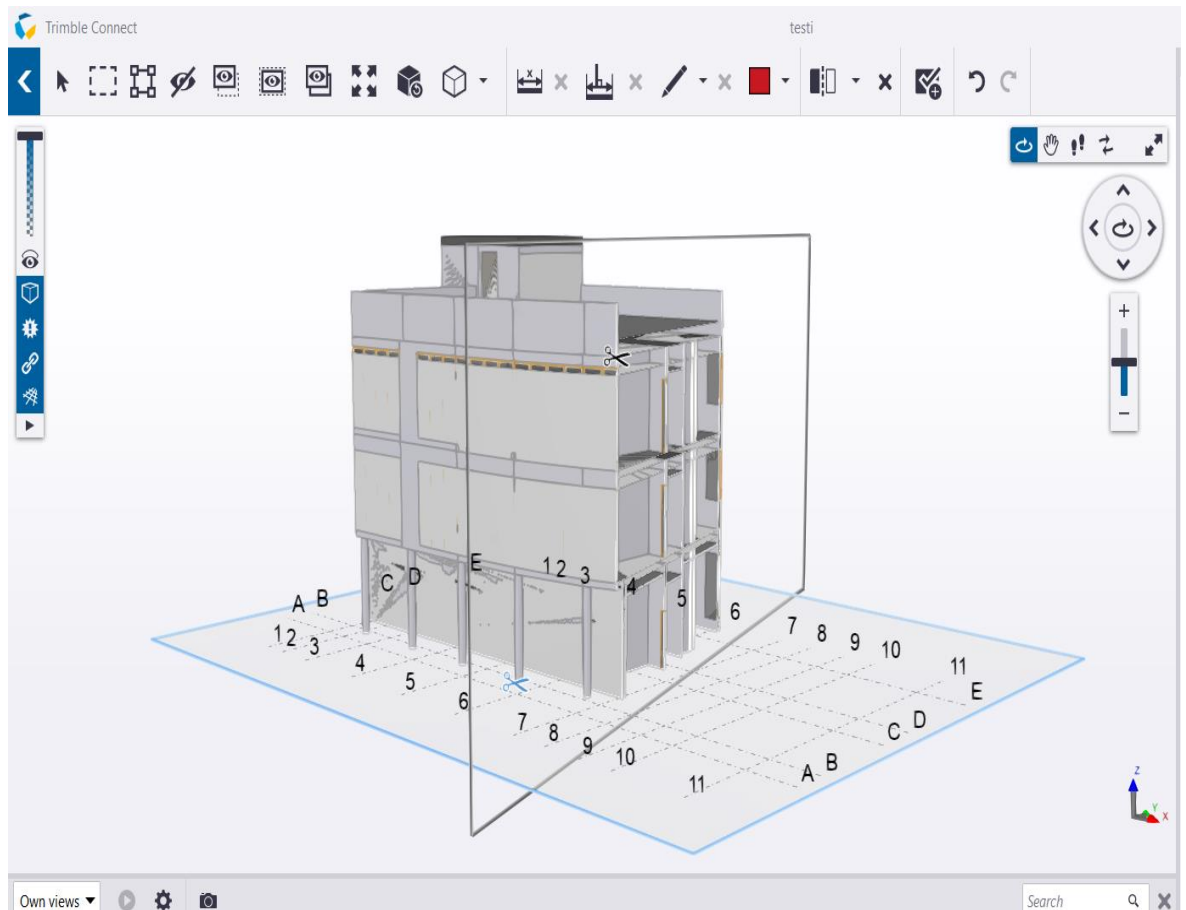
Synchro Pro ohjelmistolla voidaan suunnitella ja hallinnoida rakennushankkeita 4D ympäristössä. Ohjelman pääpaino on aikataulussa ja rakentamista edeltävässä suunnittelussa, joka tehdään 3D ympäristössä. Aikataululla voidaan havainnollistaa visuaalisesti hankkeen toteumaa ja siitä voidaan luoda tarkastuspisteitä, joihin on mahdollista palata myöhemmin. Aikataulun toteumaa on mahdollista päivittää mobiililaitteilla Synchro Site-sovelluksella suoraan työmaalta. Ohjelmalla voidaan myös suunnitella muun muassa työmaan turvallisuutta ja logistiikkaa. (Synchro Pro, [viitattu 29.10.2018].) Kuviossa 7 Synchro Pron käyttöliittymä tietokoneella.



Kuvio 7. Synchro Pro käyttöliittymä (Synchro Pro, [viitattu 1.1.2019]).

### 4.3 Trimble Connect

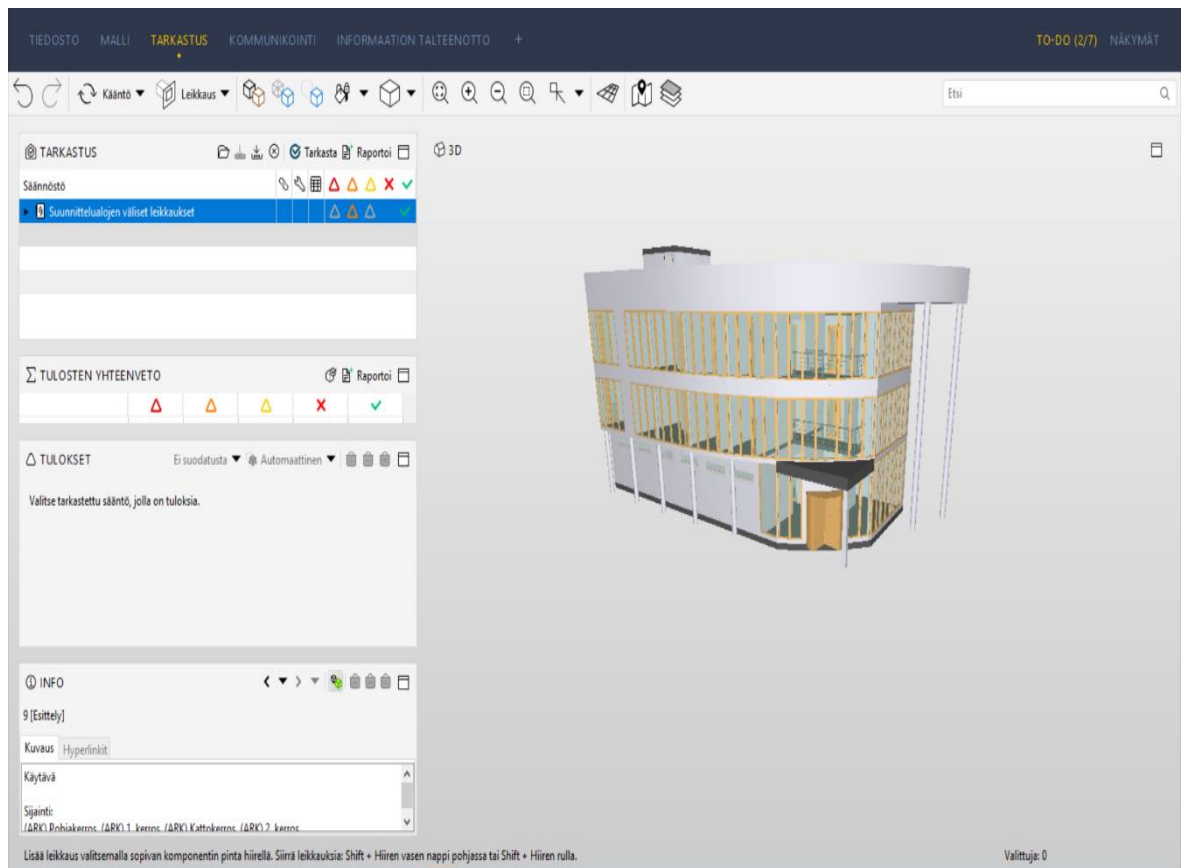
Trimble Connect on rakentamiseen suunnattu pilvipohjainen alusta, jossa viimeisin tieto on aina saatavilla. Projektin osapuolet voivat vaivattomasti hallita, jakaa ja kommentoida hankkeeseen liittyviä kuvia, dokumentteja, piirustuksia ja 3D-malleja pilvipalvelussa. Sovellusta voidaan hyödyntää tietokoneella, selaimella ja mobiililaitteilla, joihin voidaan ladata tiedostoja, joita on mahdollista käyttää myös silloin kun internetyhteys ei ole saatavilla. Tietokoneella on mahdollista tehdä esimerkiksi törmäystarkasteluja tai tarkastella mittoja, kun taas mobiililaitteilla sovellus on tarkoitettu käytettäväksi työmaalla, jolloin lähinnä tiedostojen tarkastelu on mahdollista. (Trimble Connect, [viitattu 26.12.2018].) Kuviossa 8 Trimble Connectin käyttöliittymä tietokoneella.



Kuvio 8. Trimble Connect -käyttöliittymä (Trimble Connect, [viitattu 1.1.2019]).

#### 4.4 Solibri Model Checker

Solibri Model Checkerillä on mahdollista tehdä suunnittelijoiden IFC-malleista yhdistelmämalli, jolle voidaan tehdä visuaalisia tarkasteluja. Lisäksi ohjelmalla malli voidaan tarkastaa ennalta asetettavien sääntöjen avulla. Esimerkiksi ohjelman tarkastussääntönä voi olla palopoistumistien vähimmäisleveys, jolloin ohjelma tarkastaa, täyttääkö malli asetetun kriteerin. Ohjelmaa voidaan myös hyödyntää eri suunnittelijoiden mallien vertailemiseen, laadunvarmistukseen ja törmäystarkasteluihin, ja mallien osista voidaan myös tulostaa määrälaskennan tarpeisiin taulukkomuotoisia dokumentteja. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 42–43.) Kuviossa 9 on Solibri Model Checkerin käyttöliittymä.



Kuvio 9. Solibri Model Checkerin käyttöliittymä (Solibri Model Checker, [viitattu 1.1.2019]).

## 5 TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN AIKATAULUTUKSESSA

### 5.1 Kohde-esittely

Tutkimuksen kohteena on Helsingissä sijaitseva korjausrakentamisen hanke, joka koostuu kolmesta erillisestä rakentamisen osa-alueesta. Kuviossa 10 violetti väri kuvastaa rakennuksen uusia osia ja harmaa olemassa olevaa rakennusta, miltä osin rakennus tulee säilymään ennallaan. Rakennuksen violetilta korkealta osalta on purettu yksikerroksinen rakennuksen osa, jonka tilalle nousee viisikerroksinen asuin-kerrostalo. Rakennuksen harmaalle osalle on toteutettu linjasaneeraus ja muutostöitä sekä rakennusta korotetaan yhdellä kerroksella. Rakennuksen tietomallin tarkkuus on riittävä, jotta sitä voidaan hyödyntää 4D-aikataulun avulla kohteen toteuman seurantaan.



Kuvio 10. Esimerkkikohteen tietomalli.

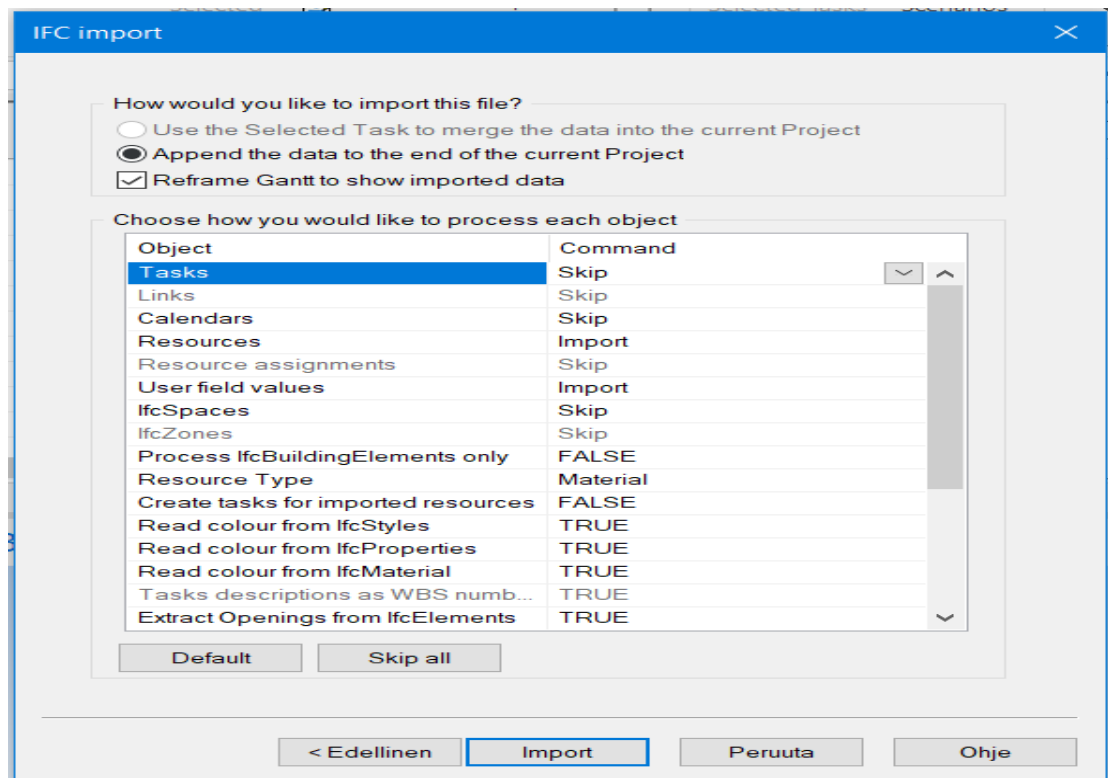


## **5.2 4D-aikataulun luomisen vaiheet**

4D-aikataulu toteutettiin Synchro Pro opiskelijalisenssillä, joka rajoittaa aikataulun sarakkeiden määrän 125 riviin. Ennen varsinaisen työn aloittamista luotiin yksinkertainen havainnollistava 4D-aikataulu, johon liitettiin arkkitehti- ja rakennemallit, joilla havainnollistettiin työmaavierailun yhteydessä 4D-aikataulun mahdollisia hyötyjä ennen lopullisen aikataulun tekemistä. Työmaalla käytiin läpi 4D-aikatauluun sisällytettävät asiat ja päädyttiin valitsemaan tärkeimmät työvaiheet, kuten julkisivumuraus, väliseinät ja lattian pintavalut. Aikataulusta rajattiin paljon työtä vaativa talotekniikka malli kokonaisuudessaan, jotta 4D-aikataulun tekemiseen vaadittava aika lyhenisi ja tutkimus saataisiin toteutettua sille suunnitellussa aikataulussa.

### **5.2.1 Tietomallin tuonti**

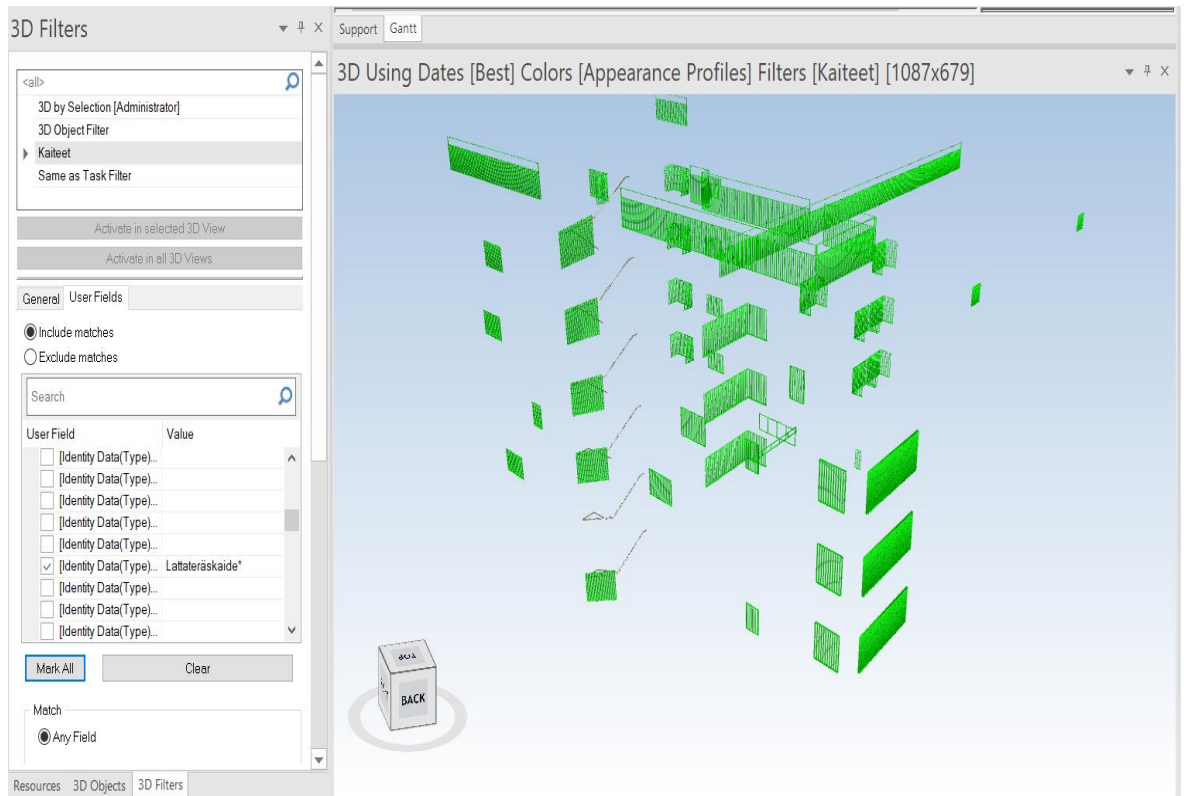
4D-aikataulun tekeminen aloitettiin tuomalla IFC-muodossa olevat arkkitehti- ja rakennemallit pilvipalvelusta tietokoneelle. Tuonnin jälkeen tiedostot purettiin, minkä jälkeen ne voitiin viedä Synchro Pro -ohjelmaan. Ohjelman tuontityökalulla arkkitehti- ja rakennemalleista haluttiin poistaa kaikki asetukset, mitkä voisivat aiheuttaa yllättäviä ongelmia työn myöhemmissä vaiheissa. Malleista päädyttiin poistamaan tehtävät, kalenterit ja riippuvuudet, koska ne koettiin epäoleelliseksi työn kannalta. Kuviossa 11 on Synchro Pron tuontityökalu, jolla valittiin tuontiasetukset malleille.



Kuvio 11. Aikataulun tuontiasetukset.

## 5.2.2 Tietomallin karsinta

Mallin tuonnin jälkeen seuraavaksi tehtiin mallin karsinta, missä haluttiin poistaa mallista aikataulutuksen kannalta kaikki epäoleelliseksi koetut tietomallin osat eli objektit, joita ei 4D-aikatauluun haluttu sisällyttää. Malleista poistettiin keittiön kalusteet, kylpyhuoneiden kalusteet, sähkölaitteet sekä muita pieniä objekteja, jotka eivät vaikuta oleellisesti tietomallin näkymään. Mallista haettiin poistettavia objekteja manuaalisesti sekä ohjelman 3D-suodattimen avulla. 3D-suodattimella haettiin mallista samalla logiikalla nimettyjä objekteja, jotka poistettiin mallista valinnan tarkastelun jälkeen. Kuviossa 12 ohjelman 3D-suodatintyökalu, jossa on suodatettu lattateräskaiteet erilleen muusta mallista, jolloin valintaa on helppo tarkastella.



Kuvio 12. Ohjelman 3D-suodatin.

### 5.2.3 Aikataulun sarakkeet

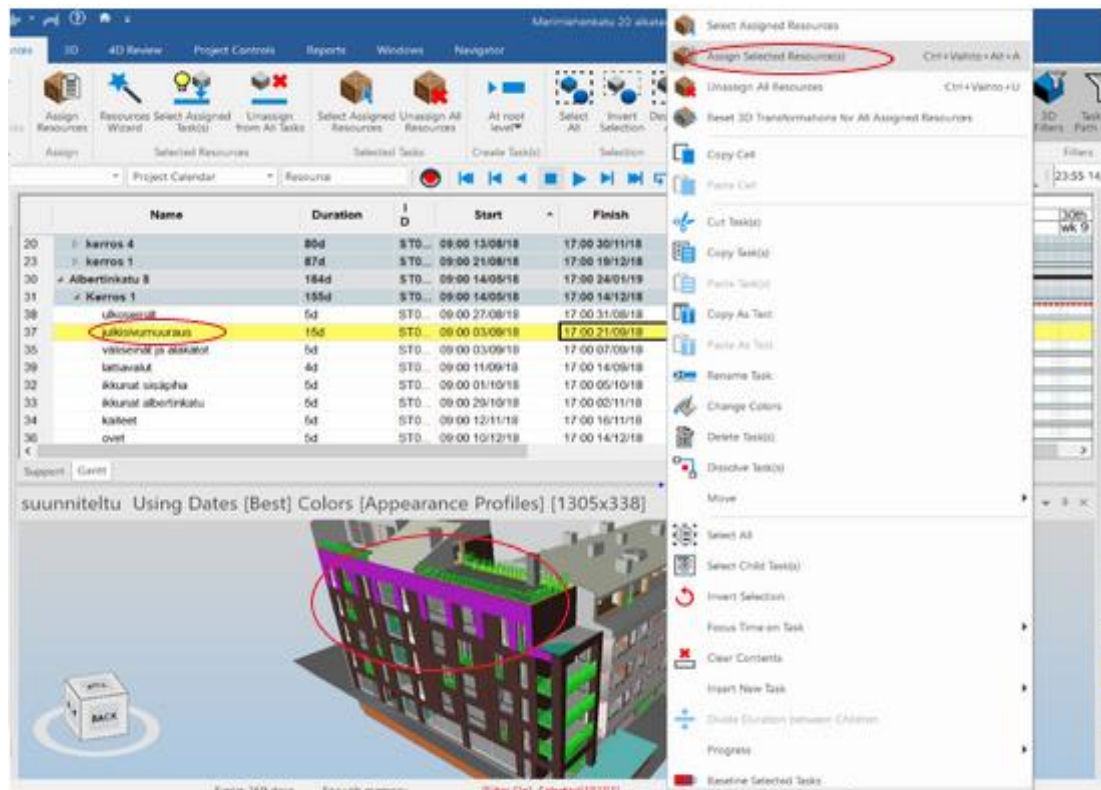
Opinnäytetyössä käytetty aikataulu toteutettiin olemassa olevan työmaan yleisaikataulun pohjalta, mutta aikataulun sarakkeita jouduttiin yhdistelemään isommiksi kokonaisuuksiksi opiskelijalisenssirajoitteiden takia. Työssä yhdistettiin muun muassa väliseinät ja alakatot yhdeksi kokonaisuudeksi. Yhdistäminen pidentää työvaiheen vaatimaa aikaa ja antaa virheellisen kuvan työvaiheen valmiusasteesta, kun työssä käytettyä 4D-aikataulua verrataan työmaan yleisaikatauluun. Kuviossa 13 näkyy Synchro Pron aikataulut työkalu, jolla toteutettiin aikataulun sarakkeet.

	I D	Name	▲	Duration	Start	Finish
7	ST0...	alaslasketut katot		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
13	ST0...	hormit		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
3	ST0...	ikkunat		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
6	ST0...	kaiteet		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
10	ST0...	kattoterassin vesieriste		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
12	ST0...	lattiavalut		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
4	ST0...	ovet		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
8	ST0...	parvekkeen vesieriste		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
5	ST0...	parvekkeiden jakoseinät		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
9	ST0...	ulkoseinät		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
11	ST0...	vesikatto		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
14	ST0...	väliseinät		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
15	ST0...	▷ kerros 2		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
17	ST0...	▷ kerros 3		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18
19	ST0...	▷ kerros 4		1d	09:00 26/11/18	17:00 26/11/18

Kuvio 13. Aikataulutyyökalu.

#### 5.2.4 Tietomallin liittäminen aikatauluun

Rakennuksen valmiusaste selvitettiin työmaakäynnillä, koska haluttiin erotella valmistuneet työvaiheet muista. Valmistuneita työvaiheita vastaavat objektit siirrettiin aikataulun "valmis"-sarakeelle, jolle asetettiin päivämäärä menneisyydestä, jotta voitiin piilottaa valmistuneet objektit aikataulun liittämisen ajaksi. Aikatauluun liitettävät objektit valittiin niitä vastaaville aikataulun sarakkeille hiirellä yksitellen, koska mallin karsinnan jälkeen ei ollut jäljellä kohtuutonta määrää objekteja. Objektit piilotettiin tietomallista sitä mukaan, kun ne olivat lisätty aikatauluun, jotta aikataulun tekeminen helpottuisi ja välttyttäisiin valitsemasta samaa objektia usealle eri aikataulun sarakkeelle. Kuviossa 14 violetilla värillä korostettua objektia liitetään aikataulusarakkeelle ohjelman "assign selected resources"-toiminnon avulla.



Kuvio 14. Tietomallin liittäminen aikatauluun.

### 5.2.5 Aikataulun viimeistely

Aikataulun sarakkeille päivitettiin ensimmäiseksi työvaiheiden vaatima aika ja aloituspäivämäärä, minkä jälkeen tarkistettiin objektien valintojen oikeellisuus tarkastelemalla aikataulua ohjelman simulointitoiminnolla. Simulointia tarkasteltaessa havaittiin muutamia virheitä objektien valinnoissa sekä puutteita 4D-aikataulun tarkkuudessa. Tietomalli on laadittu kerroksittain, ja osalle työmaan yleisaikataulussa oleville työvaiheille vaadittu aika oli laskettu isompina kokonaisuuksina, kuin miten ne on malliin laadittu. Esimerkiksi julkisivumuuraus päädyttiin jakamaan työmaan yleisaikataulusta poiketen kerroksittain, jotta 4D-aikataulu vastaisi paremmin toteumaa.

### 5.3 Aikatauluseuranta

Aikatauluseuranta toteutettiin kahdella työmaakäynnillä, joista tehtiin erilliset tarkastuspisteet, joiden avulla aikataulua verrattiin toteumaan. Valmistuneita työvaiheita

vastaavien objektien tila päivitettiin valmistuneeksi, minkä jälkeen luotiin ohjelman 3D-suodattimeen ehto, jolla voitiin suodattaa valmistuneet työvaiheet erilleen muista. Aikataulun vertailussa hyödynnettiin ohjelman 3D-ikkunoita, joista toiselle asetettiin suodattimen ehto ja toinen asetettiin näyttämään suunniteltua aikataulua, minkä jälkeen verrattiin visuaalisesti näkymiä toisiinsa.

### 5.3.1 Ensimmäinen toteuman päivitys

Työmaan toteumasta luotiin aikatauluun tarkastuspiste työmaakäynnin yhteydessä työmaan henkilökunnan avustuksella. Tarkastuspisteen luomisen jälkeen kuviossa 15 olevan 4D-aikataulun työmaan suunniteltua aikataulua verrattiin toteumaan, josta on selvästi nähtävillä suunnitellun aikataulun ja toteuman poikkeavuus. Työvaiheista aikataulusta jäljessä ovat muun muassa vesikaton peltityöt, julkisivumuuraus, ikkunoiden, ovien sekä kaiteiden asennus. Kattotuolit päädyttiin erottelemaan vesikaton peltitöistä työmaan aikataulusta poiketen, jotta työmaan tilanne vastaisi 4D-aikataulussa paremmin toteumaa.



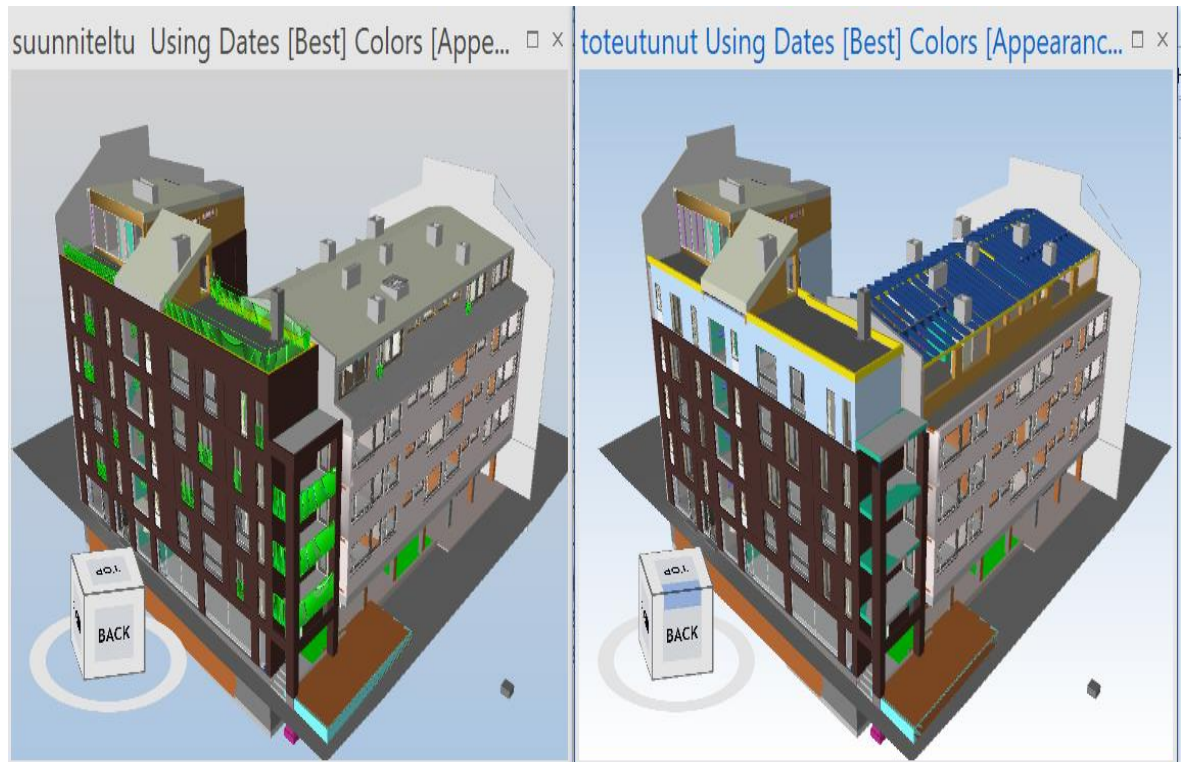
Kuvio 15. Suunnitellun aikataulun ja ensimmäisen tarkastuspisteen vertailu.



### 5.3.2 Toinen toteuman päivitys

Tarkastuskäyntien välille varattiin kolme viikkoa aikaa, koska haluttiin, että 4D-aikatauluun saadaan useita valmistuneita työvaiheita, jotka havainnollistavat työmaan toteuman etenemistä. Työmaakierroksella päivitettiin toteuma aikatauluun, jonka avulla vertailtiin ensimmäisen ja toisen tarkastuspisteen toteumaa sekä suunniteltua työmaan aikataulua toisiinsa. Valmistuneet työvaiheet painottuivat suurimmilta osin rakennuksen uudisosalle, joista aikataulun havainnollistamisen kannalta tärkein työvaihe on julkisivumuuraus.

Toteuman vertailussa kävi ilmi, että työmaalla on edelleen haasteita pysyä aikataulussa, ja osa työvaiheista jää edelleen jälkeen suunnitellusta aikataulusta. Eniten myöhässä aikataulussa ovat rakennuksen ulkopuoliset työvaiheet ja korotusosa kokonaisuudessaan. Suunnitellun ja toteutuneen aikataulun vertailussa kävi ilmi, että julkisivumuuraus oli saanut kurottua kiinni aikataulua rakennuksen julkisivun puolelta, mutta sisäpiha ei etene suunnitellusti. Kuviossa 16 on suunnitellun ja toteuman vertailu toiselta työmaan tarkastuskäynniltä.



Kuvio 16. Suunnitellun aikataulun ja toisen tarkastuspisteen vertailu.

## 6 YHTEENVETO

Tietomallintaminen luo paljon mahdollisuuksia rakentamiselle, eikä sen potentiaalia kannata jättää hyödyntämättä. Tämän työn tärkeimpänä tavoitteena oli tutustua tietomallipohjaisen rakennushankkeen keskeisiin asioihin ja 4D-aikataulun laatimiseen ja hyödyntämiseen osana rakennushankkeen aikataulusuunnittelua. Tällä pyrittiin siihen, että työn tekijällä olisi riittävä osaaminen ja tietotaito siirtää työn aikana saatu tieto ja osaaminen käytäntöön.

Opinnäytetyön toteutuksen aikana huomattiin, että tietomallin hyödyntämisen kannalta keskeisiä asioita ovat mallien tietojen luotettavuus ja tietomallin taso, jotka määrittelevät hyödyntämisen mahdollisuudet. 4D-aikataulun suunnitteluun ja toteutukseen on kannattavaa panostaa, koska sen avulla voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä. Tietomallipohjaisen aikataulun tekemisen yhteydessä käydään läpi kaikki rakennuksen osat, mikä luo aikataulun tekijälle kattavan kuvan rakennushankkeesta ja sen erityispiirteistä, mistä on huomattava hyöty kokonaisuuden hahmottamisen kannalta.

Tutkimus tehtiin keskeneräiseen hankkeeseen ja haasteeksi osoittautui tutkimuksen kohteeseen tutustuminen, aikataulun vertaileminen ja kohteen etäisyys, mikä hankaloitti tietomallien osien liittämistä aikatauluun. Tutkimuksen aikana työmaan aikatauluun tehtiin useita muutoksia, mikä hankaloitti aikataulun seuranta huomattavasti, kun arvioitiin, kirivätkö myöhässä olevat työvaiheet aikataulua kiinni. Mielestäni aikataulun seurannalla ei ollut tässä tapauksessa vaikutusta työmaan aikataulussa pysymiseen.

Opinnäytetyö on mielestäni onnistunut ja se saavutti työlle asetetut tavoitteet. Työtä voitaisiin jatkossa kehittää hyödyntämällä tutkimuksessa käytetyn ohjelman työmaan logistiikan ja työturvallisuuden suunnitteluun tarkoitettuja työkaluja. Mielestäni ohjelmistojen ja osaamisen kehittymisen myötä tietomallien hyödyntäminen saa tulevaisuudessa aivan uudet mittasuhteet.



## LÄHTEET

- Henttinen, T. 27.3.2012a. Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Yleinen osuus. [Verkkodokumentti]. BuildingSmart-sivusto. [Viitattu 28.12.2018]. Saatavana: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_1\\_yleinen\\_osuus.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf)
- Henttinen, T. 27.3.2012b. Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Arkkitehtisuunnittelu. [Verkkodokumentti]. BuildingSmart-sivusto. [Viitattu 28.12.2018]. Saatavana: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_3\\_ark.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_3_ark.pdf)
- Järvinen, T., Laine, T., Kaleva, K. & Heljomaa, K. 27.3.2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Talotekninen suunnittelu. [Verkkodokumentti]. BuildingSmart-sivusto. [Viitattu 28.12.2018]. Saatavana: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_4\\_tate.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_4_tate.pdf)
- Jävää, P. & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyö-maalla. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Karppinen, A., Törrönen, A., Lennox, M., Peltomäki, M., Lehto, M., Maalahti, J., Sillfors-Utriainen, S., Kiviniemi, M. & Sulankivi, K. 27.3.2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. [Verkkodokumentti]. BuildingSmart-sivusto. [Viitattu 28.12.2018]. Saatavana: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_13\\_rakentaminen.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_13_rakentaminen.pdf)
- Kautto, T. 27.3.2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Rakennesuunnittelu. [Verkkodokumentti]. BuildingSmart-sivusto. [Viitattu 28.12.2018]. Saatavana: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_5\\_rak.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_5_rak.pdf)
- Parkkinen, A. 2013. Rakennuksen tietomallien hyödyntämisen edellytykset rakentamisen valmistelu- ja rakennusvaiheessa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tuotantotalouden tiedekunta. Diplomityö. Julkaisematon.
- Ratu KI-6028. 2016. Aikataulukirja. Helsinki: Rakennustieto.
- Ratu S-1231. 2012. Korjausrakentamisen tuotannonsuunnittelu. Helsinki: Rakennustieto.
- Solibri Model Checker. 2019. [Kuvankaappaus]. Solibri Inc. [Viitattu 1.1.2019]. Saatavissa: <https://www.solibri.com/>
- Synchro Pro. 2019. [Kuvankaappaus]. Synchro Software. [Viitattu 1.1.2019]. Saatavissa: <https://www.synchrold.com/>

Synchro Pro. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 29.10.2018]. Saatavana: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/209864/Synchro%20PRO%202018%20-%20technical%20overview.pdf>

Trimble Connect. 2018. [Kuvakaappaus]. Trimble Inc. [Viitattu 1.1.2019]. Saatavissa: <https://connect.trimble.com/>

Trimble Connect. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.1.2019] Saatavana: <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/trimble-connect>