

# Visuaalinen aikataulun esittäminen

Kujala Joonas

Opinnäytetyö

Huhtikuu 2021

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Tekijä(t) Kujala, Joonas	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2021
	Sivumäärä 42	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Visuaalinen aikataulun esittäminen</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
Työn ohjaaja(t) Seppo Pitkänen ja Marko Viinikainen		
Toimeksiantaja(t) YIT Suomi Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi YIT Suomi Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Solibri Office -ohjelmalla tehdyn 4D-aikataulun ominaisuuksia ja selvittää sen hyötyjä työmaan sisävalmistusvaiheessa töiden yhteensovituksessa ja aikataulun seurannassa sekä selvittää miten muuten sitä voisi hyödyntää työmaalla.</p> <p>Opinnäytetyössä keskitytään rakennustyömaan aikatauluihin sekä tieto- ja 4D-malleihin. Tutkimusmenetelmänä opinnäytetyössä käytettiin soveltavaa tutkimusta yhdistettynä strukturoimattomaan, eli avoimeen haastatteluun. Aineisto työtä varten kerättiin aikatauluihin ja tietomalleihin liittyvistä kirjoista, aiheita sivuavista opinnäyte- ja diplomitöistä, muista internetin julkaisuista sekä haastatteleamalla 4D-aikataulun käyttäjiä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin selville, että työssä käytetyllä menetelmällä luotu 4D-aikataulu vaatii vielä kehittämistä toimiakseen hyvänä apuvälineenä työmaan aikataulun hallinnassa. Visuaalisuutensa ansiosta se toimi kuitenkin hyvin tilanteissa, joissa oli tarvetta havainnollistaa tulevia työsaavutuksia.</p> <p>Johtopäätöksenä oli, että viemällä aikataulutietoja tietomalliin on mahdollista kehittää rakennushankkeen läpiviemistä. 4D-aikataulun potentiaalista saatiin esimakua ja kehitystyö niiden parissa jatkuu ja tulevaisuudessa ne yleistyvät varmasti.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> )		
Aikataulu, tietomalli, 4D-aikataulu, Solibri		
Muut tiedot		

Author(s) Kujala, Joonas	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2021 Language of publication: Finnish
	42	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Visual presentation of the schedule</b>		
Degree programme Construction and Civil Engineering		
Supervisor(s) Pitkanen Seppo and Marko Viinikainen		
Assigned by YIT Suomi Oy		
Abstract  <p>The client of the thesis was YIT Suomi Oy. The objective of the thesis was to study the features of the 4D schedule made with Solibri Office-program and to clarify its benefits for coordination of the work during the internal manufacturing stage and for monitoring the schedule and also to find out if the program could be used in additional ways in the building site.</p> <p>Thesis concentrates on the scheduling of the construction site and to the information and 4D models. The research method used was applied research method together with unstructured interviews. Material was gathered from written sources about information models and scheduling, theses about the mentioned themes, and other sources collected from internet and also by interviewing users of the 4D schedules.</p> <p>As a result it was discovered that in order to use the 4D schedule created with the method used in the work more development is needed for this 4D schedule to work as an aid to control the schedule of the construction site. Because of the visibility of the mentioned schedule, it can work well in a situation where there is a need to demonstrate the coming achievements.</p> <p>As a conclusion the 4D schedule can be developed by exporting the schedules of the construction site to the data model. The potential that this 4D schedule has to offer has been noticed and as the development still continues, this type of schedule will become more common in the future.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Schedule, BIM, 4D-schedule, Solibri		
Miscellaneous ( <a href="#">Confidential information</a> )		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Opinnäytetyön lähtökohdat.....</b>	<b>3</b>
2.1	Tehtävä ja tausta, tietoperusta ja tutkimismenetelmät .....	3
2.2	Opinnäytetyön aiheen rajaus .....	4
2.3	Työn tavoite .....	4
2.4	Toimeksiantaja.....	5
<b>3</b>	<b>Rakennushankkeen aikataulut.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Tietomalli .....</b>	<b>10</b>
4.1	Tietomallinnushankkeen edellytykset.....	12
4.2	Tietomallien määrittely urakka-asiakirjoissa.....	13
4.3	Tietomallien hyödyntäminen tuotannossa .....	14
4.4	Tietomallien käyttö Suomessa ja kansainvälisesti.....	15
4.5	Tietomallien historia.....	16
4.6	Tietomallien tulevaisuus.....	17
4.7	Tietomallintamisessa käytettävät ohjelmistot .....	20
4.8	Tietomallin ulottuvuudet.....	21
<b>5</b>	<b>4D-mallintaminen.....</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>Tietomallin hyödyntäminen aikataulutuksessa tutkimuskohteessa .....</b>	<b>28</b>
6.1	Kohde-esittely.....	28
6.2	Käytettävä ohjelmisto.....	29
6.3	4D-aikataulun luominen Solibri Officella.....	30
6.3.1	Luokittelujen tekeminen .....	31
6.3.2	4D-aikataulun käyttäminen.....	34
6.4	Työmaatiedote.....	35
<b>7</b>	<b>Tulokset .....</b>	<b>36</b>
<b>8</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>37</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>39</b>

## Kuviot

Kuvio 1	Esimerkki rakennushankkeen aikataulusuunnittelun etenemisestä. ....	8
Kuvio 2	Esimerkki jana-aikataulusta.....	9
Kuvio 3	Tietomallin ominaisuuksia.....	11
Kuvio 4	Matka pienestä BIMstä isoksi.....	19

Kuvio 5 Tiivistelmä nD-BIM toiminnoista.....	22
Kuvio 6 Helmisen (2016, 74) näkemys tietomallipohjaisessa toteutusprosessissa 4D-aikataulusta. ....	24
Kuvio 7 Esimerkki runkovaiheen tietomallipohjaisesta aikataulusta, jossa eri värit edustavat omaa aikataulutietoaan. ....	26
Kuvio 8 Kohteen yhdistelmämallin yleisnäkyminen.....	29
Kuvio 9 Luokittelusäännöt.....	32
Kuvio 10 4D-aikataulun luokittelunimet .....	33
Kuvio 11 Mallipuu ja 7. kerroksen kaapelihyllyt .....	34
Kuvio 12 Kuvan oikeassa reunassa sinisenä näkyvät seinät on valittu yksitellen ja niille annetaan luokittelunimeksi "Viikko 5".....	34
Kuvio 13 Esimerkki 4D-aikataulun näkymästä. Jokainen väri edustaa omaa asennusviikkoa. ....	35
Kuvio 14 Kuva työmaatiedotteesta. ....	36

## Taulukot

Taulukko 1 Rakennusalan kaupallisia tietomalliohjelmia. ....	21
Taulukko 2 Joitakin työkaluja, jotka soveltuvat 4D-mallintamiseen .....	28

# 1 Johdanto

Rakennuksen tietomallit alkavat olla jo arkipäivää rakennustyömailla aivan pienimpiä hankkeita lukuun ottamatta. Myös YIT:llä on päätetty, että kaikki omaperustaiset asuin kohteet tehdään tietomallipohjaisina. Tietomallien yleistyttyä myös niiden hyödyntämistä halutaan laajentaa ja kehittää. Yksi melko uusi asia on tietomallien hyödyntäminen rakennushankkeen aikataulutuksessa.

Aikataulujen esitystavat eivät ole muuttuneet merkittävästi lähihistoriassa. Pitkään käytössä olleet jana- ja vinoviiva-aikataulut ovat edelleen toimivia, mutta niiden rinnalle kaivataan jo uusia, paremmin havainnollistavia sekä visuaalisesti näyttävämpiä aikataulun esitysmuotoja. Tässä opinnäytetyössä pilotoidaan talonrakennustyömaan sisätyövaiheesta tehtyä tietomallipohjaista aikataulua.

Työssä perehdytään yleisesti rakennuksen tietomalleihin, rakennushankkeen aikatauluihin sekä näiden yhdistämiseen. Tietomalleilla on vielä valtavasti käyttämätöntä potentiaalia rakennushankkeen läpiviemisen helpottamiseksi ja parantamiseksi. Työssä tuodaan esille myös muutamia muitakin asioita, joita tietomallit mahdollistavat.

## 2 Opinnäytetyön lähtökohdat

### 2.1 Tehtävä ja tausta, tietoperusta ja tutkimismenetelmät

Tässä opinnäytetyössä pilotoidaan tietomallipohjaista aikataulua talonrakennustyömaalla. Työn tilaaja on YIT Suomi Oy ja valmiin opinnäytetyön lopputuloksena on Solibri Office - tietomallin tarkasteluohjelmaan pohjautuva sisävalmistusvaiheen aikataulu, eli niin kutsuttu 4D-aikataulu, jota koekäytetään Jyväskylään rakenteilla olevassa toimitilahankkeessa. Kyseinen ohjelma valikoitui käytettäväksi ohjelmaksi, sillä se on valmiiksi kohdetyömaan käytössä ja ennakkotestauksissa se osoittautui sopivaksi työn tekemiseen.

Lähtökohdat tutkimuksen tekemiselle olivat erinomaiset. Työskentelin YIT Suomi Oy:n (jäljempänä YIT) palveluksessa kesällä 2018, 2019 ja 2020

työnjohtoharjoittelijana ja viimeisimmän harjoittelun päätteeksi sain myös tämän toimeksiannon. Idea kyseiseen aiheeseen tuli YIT:ltä, kun kohteen rakentamisen alkuvaiheessa vieraskieliselle runkotoimittajalle piti toimittaa tietomallista otettuja kuvia, missä havainnollistettiin haluttuja viikkosaavutuksia ennen asennustöiden aloitusta. Aiheen valinnassa tärkeää oli myös se, että koen aiheen äärimmäisen mielenkiintoiseksi ja sopivan haastavaksi. Käytin työnjohtoharjoittelijan työssäni melko paljon tietomallia ja sen pohjalta halusin syventää osaamistani ja tietämystäni tietomallien hyödyntämisestä työmailla.

Tietopohjana opinnäytetyössä toimii tietomalleihin, rakennushankkeen aikatauluihin sekä tuotannonohjaukseen liittyvä kirjallisuus, aiheita sivuavat opinnäyte- ja diplomityöt sekä internetin tietomallintamiseen ja rakennusalan digitalisaatioon liittyvät verkkosivustot- ja julkaisut. Aikataulun ja tietomallin yhdistäminen on vielä melko uusi asia, joten kirjallisuutta aiheesta on vielä melko niukasti.

Tutkimusmenetelmänä opinnäytetyössä käytetään soveltuvaa tutkimusta yhdistettynä strukturoimattomaan, eli avoimeen haastatteluun. Haastattelumuoto on joustava ja mahdollistaa myös ennakoimattomienkin asioiden esiin nousemisen.

## 2.2 Opinnäytetyön aiheen rajaus

Opinnäytetyö on rajattu siten, että työn teoriaosassa keskitytään pääasiassa tietomallintamiseen ja sen eri käyttömahdollisuuksiin talonrakennustyömaalla sekä erityisesti 4D-aikataulun käyttämiseen. Työstä on rajattu pois tarkemmalta tarkastelulta monia tietomallin tuomia muita mahdollisuuksia, vaikka joitakin niistä sivutaankin. Talonrakennushankkeen aikatauluasioita käydään yleisellä tasolla läpi. 4D-aikataulun tekeminen rajattiin esimerkkikohteen sisätyövaiheeseen.

## 2.3 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko tietomallipohjaisesta aikataulusta hyötyä työmaan sisävalmistusvaiheen töiden yhteensovituksessa ja aikataulun seurannassa sekä selvittää miten muuten sitä voisi hyödyntää työmaalla sekä perehtyä muuten 4D-mallintamiseen. YIT:n toteuttamista hankkeista suurin osa on

tietomallinnettuja, joten tietomallin hyödyntämistä halutaan kehittää ja laajentaa jatkuvasti.

## 2.4 Toimeksiantaja

YIT työllistää kymmenessä maassa noin 7400 ammattilaista, joista Suomessa työskentelee noin 4400 ammattilaista. Vuoden 2020 liikevaihto oli noin 3,1 miljardia euroa. YIT kehittää ja rakentaa asuntoja ja asumisen palveluja, toimitiloja ja kokonaisia alueita. YIT:n tavoitteena on luoda aiempaa toimivampia, houkuttelevampia ja kestävämpiä kaupunkeja ja elinympäristöjä. (YIT:n vuosiesite 2020)

YIT:n perustat ovat lähtöisin vuodesta 1912 kun ruotsalainen Ab Allmänna Ingeniörsbyrån avasi sen aikaiseen Suomen ruhtinaskuntaan Helsingin-sivutoimipisteen. Yrityksellä oli tarkoituksena päästä Helsingin sivutoimipisteen avulla Venäjän markkinoille, mutta sen aikaisen maailmantilanteen ja Suomen itsenäistymisen johdosta toiminta lopetettiin. (Yli 100-vuotinen YIT 2013.)

Suomalaiset liikemiehet käynnistivät toiminnan uudelleen muodostamalla vuonna 1920 Ab Allmänna Ingeniörsbyrån – Yleinen insinööritoimisto Oy:n. Näin yritys sai hyvän maineen ja YIT rakensi useita vesilaitoksia Suomen kaupunkeihin. (Yli 100-vuotinen YIT 2013.)

Tämänpäiväinen YIT on muovautunut kokonaisuudesta, jonka muodostivat Yleinen Insinööritoimisto Oy, sotien aikaan toimintansa aloittanut Pellonraivaus Oy (Vuodesta 1968 Perusyhtymä Oy) sekä Insinööritoimisto Vesto Oy. Pellonraivaus Oy hankki suurimman osan YIT:n ja Veston osakkeista 1960-luvun alussa ja siitä tuli näiden yhtiöiden emoyhtiö, mutta yritykset säilyivät kuitenkin itsenäisinä. Yhtiöt jatkoivatkin toistensa kilpailijoina rakentamisen eri aloilla. (Yli 100-vuotinen YIT 2013.)

Vuosina 1977 – 1982 yritykset panostivat paljon rakennusvientiin Neuvostoliittoon. Veston liiketoiminta yhdistettiin Yleiseen Insinööritoimistoon vuonna 1986 ja heti seuraavana vuonna Yleisen Insinööritoimiston toiminta liitettiin Perusyhtymään,



jolloin kaikki nykyisen YIT:n edeltäjäyhtiöiden toiminta oli siirtynyt samaan yhtiöön, jota kutsuttiin tuolloin YIT-Yhtymä Oy:ksi. (Yli 100-vuotinen YIT 2013.)

2000-luvulla YIT laajeni kansainväliseksi konserniksi sekä kiinteistötekniikassa, että asuntorakentamisessa ostettuaan yrityksiä muun muassa Ruotsista, Venäjältä sekä Slovakiasta ja vuonna 2008 YIT olikin kasvanut Venäjän suurimmaksi ulkomaiseksi rakentajaksi. (Yli 100-vuotinen YIT 2013.)

Vuonna 2018 emoyhtiöt YIT Oyj ja Lemminkäinen Oyj yhdistyivät. Uudesta YIT:stä syntyi suurin suomalainen ja merkittävä pohjoiseurooppalainen rakennusyhtiö, jolla on noin 10 000 työntekijää ja toimintaa kymmenessä maassa. (YIT lyhyesti 2018)

### 3 Rakennushankkeen aikataulut

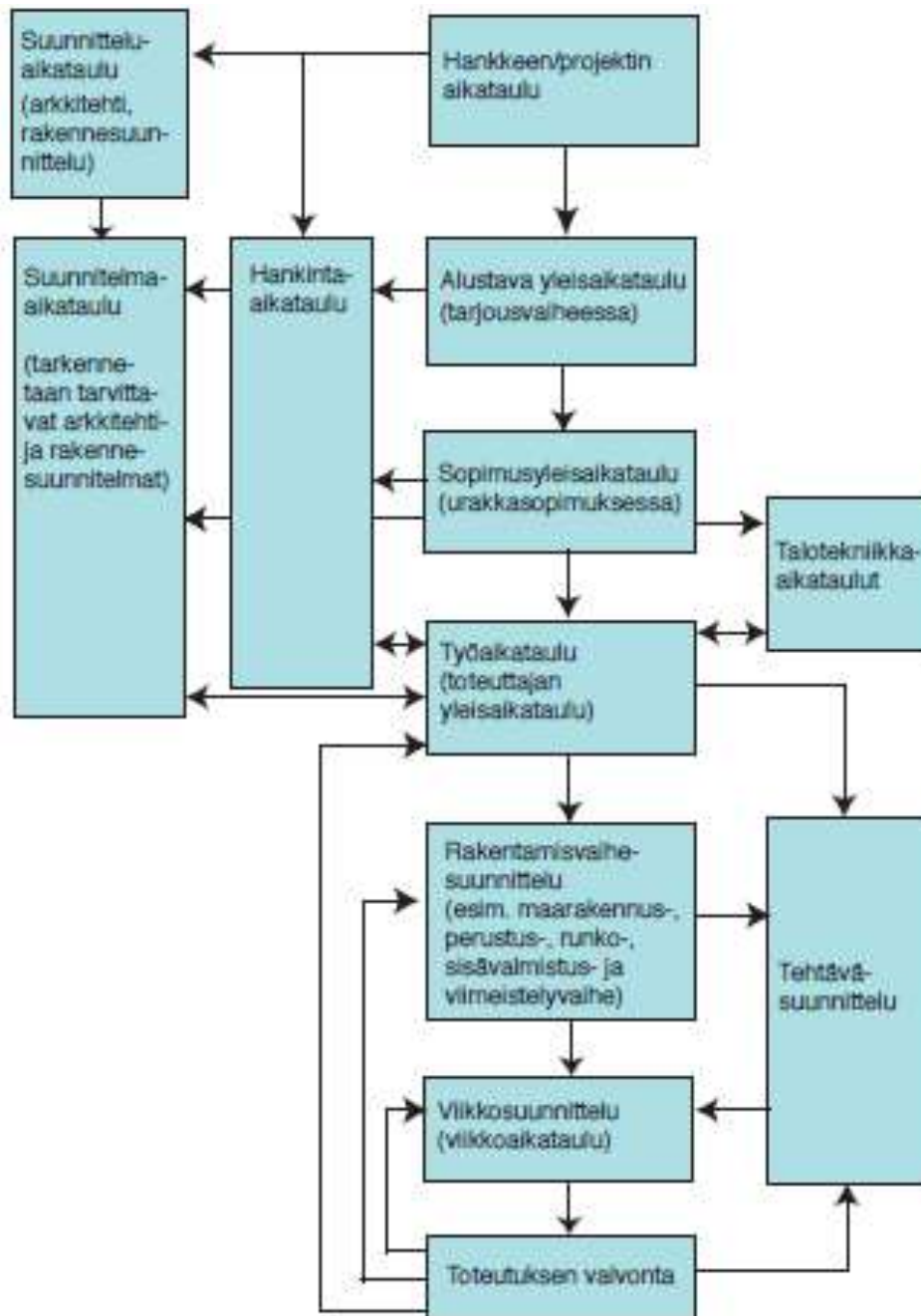
Solmittaessa urakkasopimusta rakennushankkeesta, sille asetetaan ajallisia ja taloudellisia tavoitteita ja laadullisia vaatimuksia. Junnoson (2010, 11) mukaan tuotannon ajallinen hallinta on kaikkein keskeisin ja tärkein tuotannonhallinnan osa-alue. Haasteet ajallisessa suunnittelussa näkyvät usein negatiivisesti myös tuotannon laadullisissa osatekijöissä ja myös kustannuksissa. Ajallinen suunnittelu ja suunnitelman mukainen ohjaus luo pohjan muulle tuotannosuunnittelulle sekä paljastaa epäkohdat ja suunnitelmista poikkeamiset. Tuotannon edetessä suunnitellusti ilman ylimääräistä kiirettä, on paremmat mahdollisuudet välttää aikataulun kiinni kuomisesta koituvista lisäkustannuksista sekä pitää laatu ja työturvallisuus hyvällä tasolla. (Junnonen 2010, 7–17; Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 21-38.)

Aikataulu toimii projektin toteutuksen mallina. Aikataulua eli tehtävien ajoitusta ja ajankäyttöä suunniteltaessa koitetaan löytää todenmukainen toteutusmalli saatavilla olevien tietämysten mukaan. Mallissa luodaan tavoitteet yksittäisille työtehtäville ja koko hankkeelle. Tavoitteet käsittelevät työvaiheiden aloittamista ja päättämistä aikataulun mukaisesti sekä työvoiman käyttöä. Asetettujen tavoitteiden täytyy olla realistisesti suunniteltuja sekä mittakaavassa aikaan ja tuotokseen sidottuina. (Lahtinen 2015, 18)

Aikataulusuunnittelun osalta hankkeen merkittävimmät ratkaisut tehdään hankesuunnitteluvaiheessa, kun rakennuttaja määrittää hankkeen ajalliset raamit sekä tavoitteet ja laatii hankeaikataulun (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 40). Hankeaikataulun tavoitteellisuus, realismi ja yhteys hankkeen muihin suunnitelmiin toimii perustana kaikelle muulle ajalliselle suunnittelulle. Hankeaikataulussa esitetään todenmukainen tulkinta rakennushankkeen vaiheiden aikajärjestyksestä ja kestosta. Rakennushankkeen aikataulusuunnittelu pitää sisällään työmaatoimintojen suunnittelun ohella myös suunnitelmien valmistumisen, hankintojen ja rakennuksen käyttöönoton sekä korjausrakennuskohteissa myös rakennusaikaisen käytön suunnittelun. (Lahtinen 2015, 18)

Suunnitelma-aikataulussa käsitellään rakennussuunnittelun sisältö ja suunnittelun ajankohta. Suunnitelma-aikataulussa esitetään ajankohdat, milloin arkkitehti, rakenne- ja erikoissuunnitelmien tulisi olla valmiina ja käytettävissä. Sen laadinta aloitetaan useasti ennen urakkasopimuksen laatimista ja se tarkistetaan, kun varsinainen rakentamisen yleisaikataulu hyväksytään. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 48).

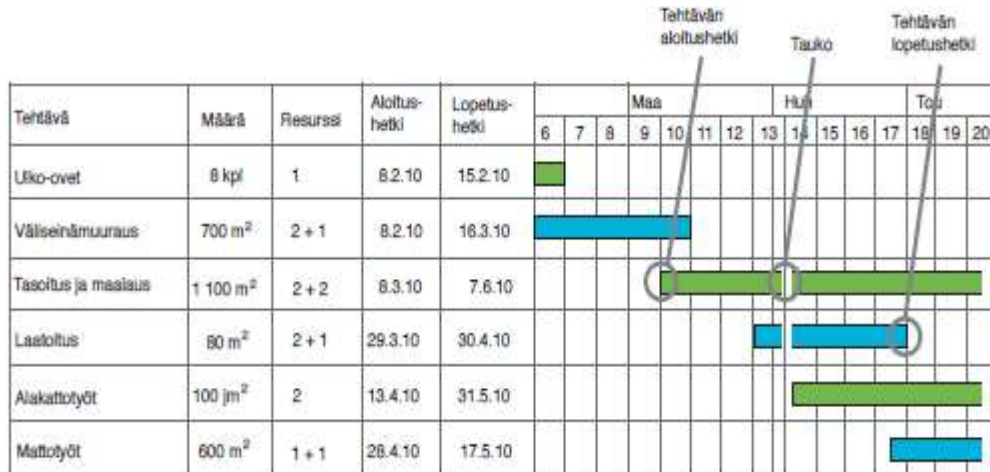
Suunnitelma-aikataulu on kytköksissä hankinta-aikatauluun, josta käy ilmi, milloin suunnitelmien on oltava käytettävissä kutakin hankintakokonaisuutta koskien. Osa rakennushankkeen hankinnoista tehdään heti hankkeen käynnistyessä, jotta rakentamisen aloitus ei viivästy. Tämän vuoksi hankintoja aikataulutetaan yleisellä tasolla jo aivan hankkeen alkumetreillä. Itse hankinta-aikataulu tehdään tarkemmin viimeistään, kun työmaan yleisaikataulu on saatu tehtyä. Hankintojen suunnittelun avulla varmistetaan, että tuotannon vaatimat resurssit eli materiaalit, rakennusosat ja aliurakoitsijat ovat oikeaan aikaan ja oikeansisältöisenä käytettävissä (Junnonen 2010, 87). Hankintatapahtumat suunnitellaan toimituksen aloituksesta taaksepäin niin, että tarjouspyynnölle, tarjouksen jättämiselle ja käsittelylle sekä neuvotteluille jää tarpeeksi aikaa. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 51).



Kuvio 1. Esimerkki rakennushankkeen aikataulusuunnittelun etenemisestä. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 40.)

Rakennustyömaata varten laaditaan paljon erilaisia aikatauluja (kuvio 1). Ajalliset suunnitelmat tehdään koko ajan tarkemmaksi tuotannon edetessä. Työmaan alussa laaditaan yleisaikataulu, jonka rinnalle tehdään tarvittaessa rakentamisvaihe aikatauluja. Yksittäisen tehtävän toteutus huolehditaan tehtäväsuunnitelmien sekä viikkoaikataulujen avulla. Aikataulujen esittämiseen on

useita eri tapoja, joista yleisimpiä ovat: jana-aikataulut, vinoviiva-aikataulut, valvontavinjetit ja lukujärjestys. Näistä eniten käytetään jana-aikatauluja, joita pidetään helppolukuisena. (Junnonen 2010, 17.)



Kuvio 2. Esimerkki jana-aikataulusta. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 21)

Yleisaikataulu (joissakin lähteissä työaikataulu) sovittaa yhteen eri urakoitsijoiden aikataulut. Yleisaikataulun tarkoituksena on toimia rakennuskohteen toteuttamisprosessin punaisena lankana ja se toimii myös rakennuttajan hyväksymänä yleisten sopimusehtojen (YSE98) mukaisena urakkasopimuksen työaikatauluna (Lahtinen 2015, 18). Yleisaikataulussa mitoitetaan työmaan pääresurssit, joten se toimii pohjana erilaisille resurssisuunnitelmille, kuten työvoima-, hankinta- ja kalustosuunnitelmille (Lahtinen 2015, 30). Se on koko rakennushankkeen ajalle suunniteltu aikataulu, mistä hankkeen kaikki osapuolet saavat tärkeimmät tiedot hankkeen keskeisimmistä työvaiheista. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 45.)

Rakentamisvaiheaikataulu tehdään rakentamisvaiheille, kuten maanrakennus- ja perustus, runko-, sisävaihe-, sekä luovutusvaiheelle tai 2–6 kuukauden pituisille ajanjaksoille. Rakentamisvaiheaikataulu pohjautuu yleisaikatauluun ja vastaavasti toimii perustana viikkoaikataulujen laatimisessa (Lahtinen 2015, 31). Sen tavoitteena on varmistaa yleisaikataulun tavoitteiden saavuttaminen. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 55.)

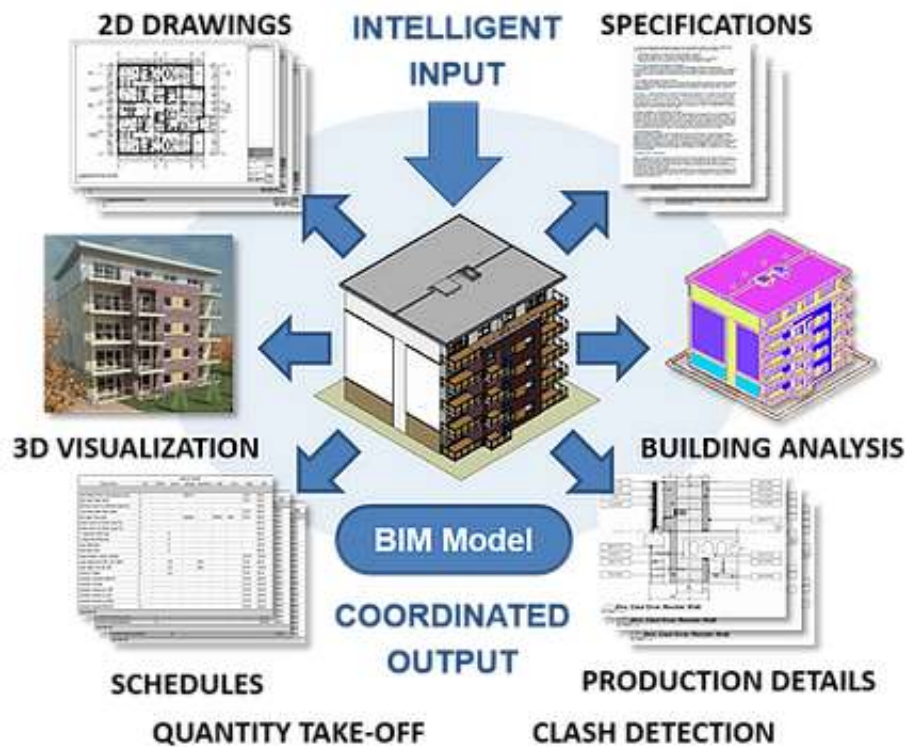
Viikkoaikataulu on tarkin työmaalla suunniteltava aikataulu ja niitä suunnitellaan 1–3 viikon ajalle. Se toimii läpileikkauksena suunnittelujaksolle ajoittuvista tehtävistä. Työskentelyn alla tai sitä seuraava viikko on suunnittelutarkkuudeltaan tarkin. Myös sitä seuraava viikko mietitään melko tarkasti, jotta mahdollisiin ongelmiin tai resurssipuutteisiin ehditään varautua paremmin. Viikkoaikataulu toimii lisäksi sivu- ja aliurakoitsijoiden toimintaohjeena ja työryhmien nokkamiesten tiedonlähteenä (Lahtinen 2015, 34). Viikkoaikataulujen avulla halutaan varmistaa työn tavoitteiden täyttyminen ja resurssien tehokas hyödyntäminen sekä riittävyys. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017, 58.)

## 4 Tietomalli

Tietomallit muuttavat rakennusalaan nopealla tahdilla. BIM tulee englannin kielen sanoista Building Information Modeling (rakennuksen tietomalli). Eastmanin (2008, 1) mukaan se on yksi lupaavimmista kehitysmalleista arkkitehtuurin, tekniikan ja rakentamisen alalla. Se on merkittävä edistysaskel teknologiassa verrattuna CAD (computer-aided design) suunnitteluun, joka on ollut käytössä yli 20 vuotta.

Tietomalli tarjoaa visuaalisen ja mittatarkan digitaalisen esityksen rakennuksesta. Se on prosessi, jossa laaditaan ja hallitaan rakennushankkeeseen liittyviä tietoja koko projektin elinkaaren ajan. Tietomallin avulla useat sidosryhmät voivat tehdä yhteistyötä rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa yhden 3D-mallin sisällä. Rakennuksen valmistuttua tietomallin seuraava versio voi tarjota tietoa kiinteistönhallintaa varten ja mahdollistaa siten ehkäiseviä huolto- ja korjaustoimenpiteitä. (Teicholz 2013, 17; Trimble 2021.)

BIM-tekniikalla rakennuksesta tehdään digitaalisesti yksi tai useampi totuudenmukaisuutta vastaava virtuaalimalli. Tehdyt mallit auttavat rakennuksen suunnittelun ja rakentamisen jokaisessa vaiheessa ja antavat mahdollisuuden laadukkaampaan ja monipuolisempaan analytiikkaan ja hallintaan kuin manuaaliset prosessit. Digitaalisesti luodut mallit pitävät sisällään rakennuksen tarkkan geometrian ja tiedot, joita hyödynnetään rakentamisen, hankintatoimen ja osien valmistuksen apuna rakennushankkeessa. (Tekla n.d.)



Kuvio 3. Tietomallin ominaisuuksia (Arcdox, n.d.)

Kaikki rakennusta esittävät mallit eivät kuitenkaan ole tietomalleja. Mallit, jotka sallivat kohteiden muokkauksen yhdessä näkymässä, mutta eivät siirrä automaattisesti muutosta toisiin näkymiin, eivät ole tietomalleja. Myöskään mallit, jotka sisältävät ainoastaan visuaalista tietoa 3D-muodossa ilman attribuuttitietoja, eivät ole tietomalleja. Nämä esimerkitapaukset eivät pidä sisällään edellä mainittua rakentamista, osavalmistusta tai hankintaa tukevaa tietoa. (Tekla n.d.)

Nykyään talonrakennusalalla on hyvin yleistä se, että rakennuksen suunnittelu tehdään tietomallipohjaisilla ohjelmilla ja suunnittelijat ovat kykeneviä mallintamaan sekä tuottamaan malleja rakennushankkeiden eri osapuolten käyttöön. Suunnittelijat mallintavat rakennukset usein itse suunnittelussa saatujen hyötyjen vuoksi, vaikka tilaaja ei tietomallintamista edellyttäisikään. Piirustuksien tarve ei ole kokonaan poistunut, mutta nekin saadaan tietomallista aiempaa helpommin ja nopeammin. (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 8.)

Mallien hyödyntäminen vaatii projektin osapuolilta tietomallintamiseen kuuluvien perusasioiden ja prosessin ymmärtämistä, tietomallin käytön edellyttämää teknistä taitoa ja omien toimintatapojen kehittämistä siten, että tietomalleja pystytään käyttämään projektin eri vaiheissa ja tilanteissa. Teknologisen osaamisen ohella on hyvä käsittää tietomallinnuksen käytön seuraukset koko projektin ja kaikkien osapuolten omiin toimintatapoihin. (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 9.)

Rakennukset ovat monisäikeisiä kokonaisuuksia, joiden toimivuuteen vaikuttavat useat eri asiat. Rakennuksen toimivuutta on erittäin haastavaa arvioida ennen sen valmistumista, sillä aiemmassa toimintamenetelmässä rakennuksen prototyyppi rakennetaan rakennuspaikalle ja vasta rakennuksen käyttäjät pystyvät toteamaan kuinka rakennus oikeasti toimii. Rakennuksen tietomallista pystytään tulostamaan valtaisa määrä piirustuksia, kuten esimerkiksi leikkauksia ja havainnekuvia tulevasta rakennuksesta. Tietomalli helpottaa ymmärtämään miltä lopullinen rakennus tulee näyttämään sekä millainen se on toimivana kokonaisuutena. (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 29.)

Rakennuksen tietomallia voisi verrata virtuaaliseen rakennukseen ja prototyyppiin, joka kätkee sisälleen kaiken informaation suunnittelun eri alueilta: rakenteista, talotekniikasta, arkkitehtuurista ja rakennusta ympäröivästä alueesta. Myös tietomallin visuaalinen selväpiirteisyys sekä sen sisältämä täsmällinen tietosisältö rakennuksesta, materiaaleista ja niiden ominaisuuksista tuovat merkittävää lisäarvoa rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana. (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 29.)

#### 4.1 Tietomallinnushankkeen edellytykset

Tietomallipohjaista hanketta aloittaessa on aluksi sisäistettävä tietomallin tuomat edut ja mahdollisuudet omien toimintatapojen kehitykselle ja muille osapuolille sekä koko rakennushankkeelle. Siirryttäessä tietomallipohjaiseen hankkeeseen vaaditaan kaikilta hankkeen osallisilta uusien toimintatapojen opettelemista, sillä hankkeen kulku ja prosessi itsessään poikkeaa siitä mihin on aiemmin totuttu. Avainasemassa ovat rakennuttaja ja rakentaja, jotka voivat omalla yhteistoiminnallaan kehittää toimintoja. Varsinkin rakennuttajien tulisi vaatia tätä toimintatapaa, jotta

suunnittelijat ja rakentajat pakotettaisiin muutokseen. Kaiken lähtökohtana onkin suunnittelijoiden osaaminen ja kokemus mallintamisessa. (Moisio 2011, 56–57.)

Jotta tietomallien käyttö hankkeissa saataisiin maksimoitua, tulisi tietomallinnuksessa soveltaa niin kutsuttua avoimen tietomallinnuksen periaatetta (Open BIM). Tällöin eri suunnittelijoiden ja arkkitehtien luomia tietomalleja annetaan toisten käytettäväksi neutraalina tiedonsiirtona. Eri suunnitteliijaosapuolet luovat aluksi omat mallit mallintavilla suunnitteluohjelmilla ja muokkaavat alkuperäismallit yhdessä päätettyyn tiedostomuotoon, jota pystytään lukemaan muilla suunnitteluohjelmilla sekä malleja käyttävillä ohjelmaversioneilla. Projekteissa on usein satoja osapuolia, kuten suunnittelijoita, arkkitehtejä ja urakoitsijoita, joiden täytyy pystyä käyttämään samoja tietomalleja erilaisilla ohjelmilla (Lammi 2019, 9), joten tiedon siirtyminen on oltava vaivatonta. Rakennusteollisuudessa avoimen tiedonsiirron perustana käytetään IFC-standardia (Industry Foundation Classes), joka asettaa tietomalliohjelmistojen yhteisen mallien kuvaustavan. Lyhenteellä IFC tarkoitetaan monesti myös avointa tiedonsiirtomuotoa (ifc-tiedosto), jolla malleja pystytään siirtämään ohjelmistojen välillä. Nykyään ohjelmistoissa yleisimmin käytetään IFC 2x3 versiota, vaikka sen seuraaja IFC 4 on jo olemassa. (Kempfi, Kainulainen & Lehtoviita 2015, 16)

## 4.2 Tietomallien määrittely urakka-asiakirjoissa

Urakka-asiakirjoissa tulisi täsmentää, että rakennushanke on tietomalleja käyttävä hanke, missä määrättyjen suunnittelualojen suunnittelu on suoritettu mallintamalla. Ei siten, että mallit olisivat toisista suunnitelma-asiakirjoista erillisiä. Parempi tapa olisi määrittää luovutettavat tietomallit urakkasopimuksen teknisiksi asiakirjoiksi ja kirjata niiden välinen pätevyysjärjestys suhteessa toisiin asiakirjoihin. Tietomallit ja niihin kuuluvat asiakirjat, kuten tietomalliselostus ja tietomallinnussuunnitelma yksilöidään aivan kuten muutkin tekniset asiakirjat. Tärkeää onkin, että käytännöt ovat selkeästi kirjattu urakka-asiakirjoihin. Sopimuksissa täytyy olla tarkasti määritettynä IFC-mallin paikka asiakirjojen pätevyysjärjestyksessä. Mahdolliset vaatimukset ja veloitteet täytyy myös listata selkeästi esimerkiksi urakkaohjelmassa. Eri osapuolten on tiedettävä mitä tietoa löytyy IFC-mallista, mitä



suunnittelukohtaisista selostuksista ja mitä tarkentavista piirustuksista. Jotta tietomallin voisi määrittää urakkasopimusasiakirjaksi, se tulisi jäädyttää sopimushetkellä ja säilöä samoin kuin muut sopimusasiakirjat. Mikäli tietomallista voidaan laskea samat asiat kuin perinteisistä tasokuvista, se sopii urakkalaskenta-asiakirjaksi. Tilaaja voi sitoutua tietomallin sisältämään määrätietoon ja antaa malleista saadut massaluettelot urakkalaskentaan. Tämän nähdään selkeyttävän urakkalaskentaa ja tasavertaistavan urakkakilpailua. Halutessaan tilaaja voi myös asettaa urakkasopimuksissa vaateita tietomallin käyttöön liittyen. Vaateena voi olla esimerkiksi tietomallin hyödyntäminen suunnitelmien rakennettavuuden tarkistamisessa tai yhtenä urakkatarjouksen arviointikriteerinä saattaa olla selvitys siitä, miten urakoitsija hyödyntää tietomalleja rakennusvaiheessa. (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 58–59.)

### 4.3 Tietomallien hyödyntäminen tuotannossa

Lähtökohtaisesti tietomallipohjaisella suunnittelulla saadaan karsittua merkittävä määrä normaalisti vasta työmaalla havaittavia ongelmatilanteita, kun eri suunnittelualojen suunnitelmat tuodaan etukäteen yhteen tietomalliin. 3D-pohjainen suunnittelu tekee myös esimerkiksi korkeusasemien, rakenteiden liittymien ja detaljien suunnittelusta helpompaa ja tarkempaa. (Osa 13. Tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa 2012, 5.)

Urakoitsijat pystyvät hyödyntämään tietomalleja rakentamisen valmistelu- ja rakentamisvaiheissa muun muassa seuraavissa asioissa:

- kohteeseen ja suunnitelmiin tutustuessa ja tiedonhaussa tarjousvaiheessa
- määrälaskennassa hankkeen eri vaiheissa
- yleisten rakentamisaikaisten toimintojen koordinoinnissa
- tuotannon 4D-aikataulutuksessa ja työnsuunnittelussa sekä työetenemän havainnoinnissa
- sijaintitietojen jakamisessa mittalaitteisiin

- työmaa-alueen käytön suunnittelussa, kuten esimerkiksi 3D- aluesuunnitelmassa. (Osa 13. Tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa 2012, 5.)

Tuotannon kannalta kaikkein tärkeintä on mallien luotettavuus. Tietomallit on tehtävä teknisesti tarkoituksenmukaisella tavalla ja tarkastettava suunnittelijan toimesta sekä sovitettava yhteen muiden suunnittelualojen kanssa. Mallinnettujen objektien tunnuksot, dimensiot ja sijainnit täytyy olla oikein ja ne tulee mallintaa oikeilla menetelmillä. Mallissa ei saa esittää vaihtoehtoratkaisuja. (Osa 13. Tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa 2012, 5.)

Tietomallit eivät poista perinteisten piirustusten tai muiden suunnitelma-asiakirjojen käyttöä. Tärkeää on, että suunnitelma-asiakirjat vastaavat sisällöltään tietomallien kanssa ja piirustukset tulostetaan tietomallista. Tarpeen tullen piirustuksia voi modifioida vastaamaan piirustusstandardeja, kuitenkin niin, etteivät tiedot poikkea tietomallista. Urakoitsijat tekevät omat tuotannon mallinnustehtävät käyttäen pohjana suunnittelijoiden laatimia malleja. Tuotantomalli toimii yleisnimityksenä malleille, joihin on lisätty jokin tuotannonohjauksen näkökanta. Tällöisiä ovat esimerkiksi 4D-aikataulumallit sekä 3D-pohjainen työmaan aluesuunnitelma. (Osa 13. Tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa 2012, 5.)

#### 4.4 Tietomallien käyttö Suomessa ja kansainvälisesti

Suomessa tietomalleja käytetään paljon erityisesti suurissa talonrakennushankkeissa, mutta tietomallintaminen lisääntyy koko ajan myös pienemmissä rakennushankkeissa. Myös infrarakentamisessa tietomallien käyttö on lisääntynyt. (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 32.)

Myös muualla maailmassa mielenkiinto tietomallien käyttöön ja hyödyntämiseen on lisääntynyt merkittävästi lähiaikoina. Suomessa on laadittu tietomallintamisen avuksi yhteisiä kansallisia ohjeistuksia, eli Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012) talonrakennushankkeisiin sekä Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV2015) infrahankkeisiin. Nämä ovat erinomainen perusta aiempaa laajempaan mallinnuksen hyödyntämiseen, mutta vaativat jo uutta päivitystä. Suomessa onkin suunnitteilla YTV2020 -päivitys (Buildingsmart 2021). Suomessa laaditut ohjeistukset eivät

kuitenkaan ole ainoita maailmassa vaan hyvin vastaavia ohjeistuksia on tehty myös Yhdysvalloissa, Norjassa ja Isossa-Britanniassa. Britanniassa onkin vaadittu laajaa tietomallien käyttöä kaikissa valtion rahoittamissa projekteissa sekä talon- että infrarakentamisessa vuodesta 2016 lähtien. (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 32, 85.)

Maailmanlaajuisesti Suomi kuuluu yhä tietomallinnuksen osalta huippumaihin, vaikka viime vuosina monet muut maat ovatkin ottaneet valtaisia askeleita eteenpäin. Joidenkin mielestä Suomi on jopa jäämässä kehityksestä jälkeen muihin maihin verrattuna. Yleisesti Suomen tietomalliosaamista pidetään kuitenkin hyvänä. Rakennusalan hankkeita on silti jatkuvasti kehitettävä kansallisten ohjeistuksien pohjalta siten, että niissä huomioidaan tietomallipohjaisen toimintatavan vaikutukset. (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 32.)

#### 4.5 Tietomallien historia

Tietomallinnukseen johtaneita mietteitä esiintyi jo 1970-luvulla. Jo silloin mietittiin, että piirustukset eivät ole paras tapa kommunikoida rakennushankkeessa. Tuolloin ratkaisuksi ehdotettiin tietokoneohjelmistoa, jossa rakennus koostuu rakennusosista aivan kuten oikeat rakennukset. Aikomuksena oli, että 3D-mallista tuotetaan rakennuspiirustukset. Näin suunnitelmiin tulevat päivitykset olisi vaivattomampi muuttaa piirustuksiin, kun se tapahtuisi automaattisesti. Tämän ohella ajateltiin, että tietomallia voisi käyttää tulevaisuudessa määrätietoraporttien tuottamiseen, jolloin urakoitsijat voisivat käyttää tietomallia esimerkiksi hankkeiden aikataulutukseen ja materiaalien tilauksiin. Pittsburgilaisessa Carnegie Mellon – yliopistossa käytettiin jo vuonna 1975 Building Description System (BDS) järjestelmää, jossa oli samoja piirteitä kuin nykyhetken 3D-malleissa, joskin sen aikainen järjestelmä oli enemmänkin vain visio siitä, mitä ohjelmistovalmistajat voisivat tulevaisuudessa tuottaa. Tiettävästi ensimmäinen arkkitehdeille tarkoitettu tietomallinnusohjelmisto tuli markkinoille vuonna 1984. (Kallio 2017, 38)

Suomessa tietomallintamisen kehitystä on nopeutettu muun muassa Tekes-rahoitteisella ProIT-ohjelmalla vuosina 2002 – 2005 sekä strategisen huippuosaamisen keskittymän SHOK tutkimusohjelma PRE (Built Environment Process

RE-engineering) vuosina 2010 – 2013. Lisäksi yksi merkittävimmistä kehitysaskeleista on ollut jo aiemmin mainittu YTV2012, jonka koostamisesta vastasi BuildingSMART Finland, joka on suomalaisten kiinteistö- ja infra-alan omistajien ja palveluntuottajien muodostama yhteisöfoorumi. Toiminnassa on mukana myös laaja joukko rakennusalanammattilaisia usealta eri rakennusalan sektoreilta. (Lehtoviita & Jäväjä, 8; buildingsmart 2021)

#### 4.6 Tietomallien tulevaisuus

Tietomallit ovat tärkeä ja jopa pakollinen palanen rakennusalan digitalisaation alustassa. Ilman tietomalleja on haastavaa ottaa huomattavia kehitysloikkia digitalisaation hyödyntämisessä rakennusalalla. Rakennusalan tuottavuus on ollut hidasta verrattuna muihin teollisuuden aloihin, mutta tietomallien avulla asiat pystytään hoitamaan aiempaa järkevämmiin, tehokkaampiin ja laadukkaampiin. Merkittävimmät edut saadaankin, jos tietomalleja hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan tarveselvityksestä aina ylläpitoon asti. Tietomallien käytössä on valtava potentiaali, joka voidaan hyödyntää yllättävän pienillä panostuksilla esimerkiksi työmailla. Uusien toimintamenetelmien ja teknologioiden kanssa täytyy olla päättäväinen ja määrätietoinen. Tietomallien hyödyntämistä rakennusalalla edistävät seuraavat kehitystrendit: (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 102-103)

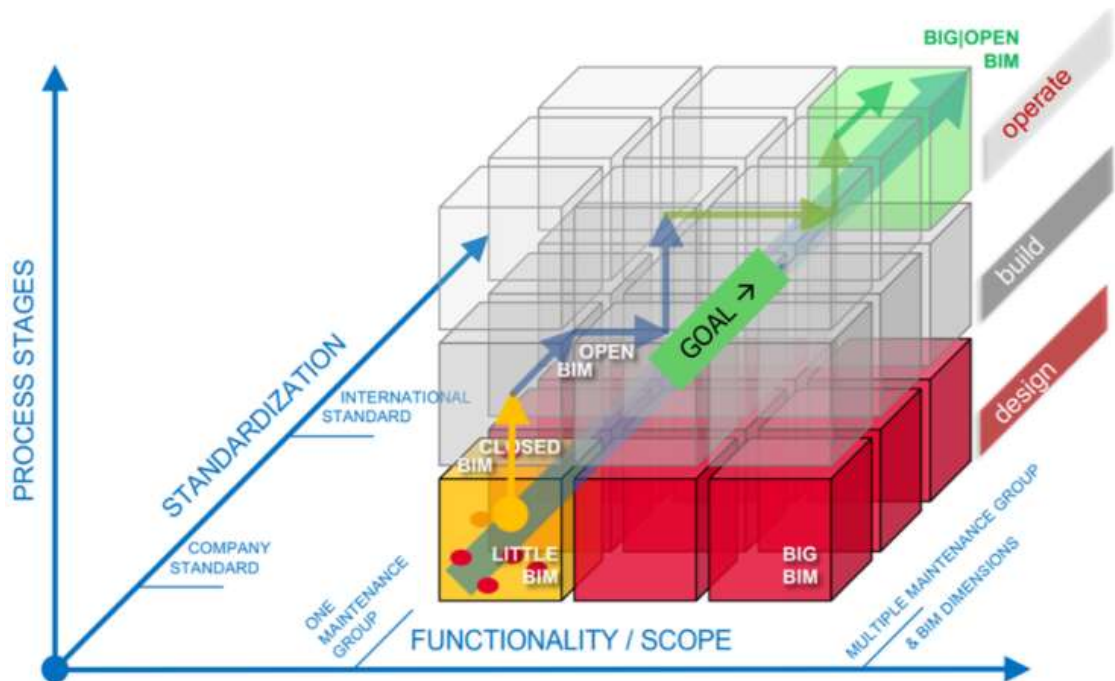
- Tietomallipohjaiset suunnitteluohjelmat kehittyvät entistä paremmiksi, jolloin myös suunnitelmamallien tietosisällöt palvelevat aiempaa paremmin rakennustuotantoa
- YTV2012 kehitystyö jatkuu yhä
- Suunnitteluohjelmien komponenttikirjastot ovat aiempaa enemmän käytettävissä tuotantomallien tarpeisiin
- Mallien ja muun tiedon jakamisen mahdollistavat pilvipalvelut kehittyvät jatkuvasti
- Kaikkien osapuolten tietomalliosaaminen kasvaa kiihtyvästi lisääntyvän käytön ja koulutuksen myötä myös pienemmissä ja tavanomaisissa hankkeissa
- Talonrakentamisen tietomallinnuksen liittäminen georakentamiseen ja infrarakentamiseen kehittyä

- Tietomallien käytön perustaso alkaa olla arkipäivää, mutta samaan aikaan keksitään uusia tietomallien käyttömahdollisuuksia, joiden kehitys ja käyttöönotto vaativat lisäpanoksia. (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 102-103)

Tällä hetkellä tietomallien käyttö on sekä infra- että talonrakennustyömailla hyvin yleistä suunnittelussa ja työnohtajien työssä, mutta työntekijät käyttävät yhä pääasiassa paperikuvia. Digitalisaatio optimoi jo koneiden käyttöä, mutta se voi tehostaa myös työntekijöiden työskentelyä. Tulevaisuudessa ammattimies kykenee itse tulkitsemaan tietomallia ja etsimään sieltä tarvitsemansa tiedon. (Mölsä & Tompuri 2018).

EU BIM Task Group, eli EU-valtioiden julkishallinnon organisaatioiden yhteistyöryhmä on arvioinut aiemmin mainitun avoimen tietomallintamisen eli Open BIMin säästöpotentiaalin olevan erittäin suuri koko Euroopan rakennusteollisuuden osalta. On ennustettu jopa 15 – 25%:n säästöjä globaaleihin inframarkkinoihin lähivuosina, mikä tarkoittaisi 1,3 triljoonan euron volyymissa jo 5%:n säästöillä 75 miljardin euron säästöä. (Perttula & Savolainen 2019)

Tietomallintaminen aloitetaan usein ”pienestä tai suljetusta” BIMistä, jolla tarkoitetaan esimerkiksi yrityskohtaisia standardeja tai yhden suunnitteluosa-alueen läpikäyntiä. Maksimaaliset hyödyt saadaan vasta kun aletaan tavoitella ”isoa ja avointa” BIMiä, jossa työskennellään kansainvälisten standardien mukaan, mietitään koko elinkaaren kattavaa prosessia ja kaikki hankkeen osapuolet ovat mukana. ”Iso ja avoin” BIM edellyttää paljon työtä ja pitkäjänteisyyttä, sillä matka maaliin voi viedä useita vuosia. (Perttula & Savolainen 2019)



Kuvio 4. Matka pienestä BIMstä isoksi. (Perttula & Savolainen 2019)

Tietomallinnuskoulutus alkaa monille rakennusalan ammattilaisille korkeakouluissa. Erityisesti yliopistot ovat täydellinen ympäristö haastaa teollisuuden normit, kokeilla uusia toimintatapoja sekä tutkia mitä mahdollisuuksia tulevaisuudessa on. Arkkitehtuuria ja rakennustekniikkaa opettavilla kouluilla on valtava vastuu ja haaste esitellä opiskelijoilleen tekniikkaa ja prosesseja, jotka ovat merkityksellisiä ympäristölle, jolle he altistuvat valmistumisensa jälkeen. Näiden laitosten on ymmärrettävä, että kriittisen ajattelun opettaminen ja luovuuteen kannustaminen on yhtä tärkeää kuin ohjelmistot ja tekniikat nykyisillä tietomallinnuskursseilla. Uusien ohjelmistojen ja erilaisten prosessien esittely tulisi tehdä tällä tasolla, koska se ajaa opiskelijoita oppimaan muotoilla omia näkemyksiään ja ratkaisujaan. (Hardin & McCool 2015, 349–350)

Tulevaisuudessa tietomallien sisältämä tieto tulee kasvamaan entisestään. Esimerkiksi toteutusvaiheessa materiaalien toimitusten jälkeen malliin lisätään tarkemmat tiedot käytetyistä materiaaleista, kuten sen toimitusajankohdan ja mitä aineita se tarkalleen ottaen on. (Mannila 2020)

#### 4.7 Tietomallintamisessa käytettävät ohjelmistot

Markkinoilta löytyy jo erittäin suuri määrä tietomallintamisessa käytettäviä ohjelmistoja. Kolarin (2012, 32) mukaan yleisimmin tietomallintamiseen käytettyjä ohjelmia ovat: Revit Architecture, Revit Structure, Tekla Structures ja Archicad. Tietomalliohjelmat jaetaan usein neljään eri ryhmään: suunnitteluohjelmat, tietomallipalvelimet, tietomallien tarkastusohjelmat ja tietomallien analysointi- ja simulointiohjelmat. Simuloinnilla tai simulaatiolla tarkoitetaan todellisuuden jäljittelyä usein tietokoneen avustuksella. Taulukossa 1 on esitetty rakennusalalla tunnetuimpia ja käytetyimpiä ohjelmia.

Sovellustyyppi	Käyttökohde	Tuotenimi	Kehittäjä
Suunnittelu	ARK-suunnittelu	ArchiCAD	Graphisoft
Suunnittelu	ARK- ja RAK-suun.	Revit	Autodesk
Suunnittelu	GEO-suunnittelu	Novapoint	Novapoint
Suunnittelu	GEO- ja infrasuun.	Tekla Civil	Tekla / Trimble
Suunnittelu	RAK-suunnittelu	Tekla	Tekla / Trimble
Suunnittelu	RAK-suunnittelu	Vertex	Vertex
Suunnittelu	TATE-suunnittelu	AutoCAD	Autodesk
Suunnittelu	TATE-suunnittelu	MagiCAD	Progman
Suunnittelu	TATE-suunnittelu	Revit MEP	Autodesk
Tietomallipalvelin	Tietomallien yhteiskäyttö	BIM Server	BIMserver.org
Tietomallipalvelin	Tietomallien yhteiskäyttö	Graphis BIM server	Graphisoft
Tarkastus	Määrä- ja kustannuslaskenta	Express	Tocoman
Tarkastus	Mallien tarkastus ja määrälaskenta	Solibri model checker	Solibri
Tarkastus	Mallien tarkastus ja viimeistely	Simplebim	Datacubist Oy
Tarkastus	Mallien tarkastus	Tekla BIMsight	Tekla / Trimble
Analyysi / simulointi	Määrälaskenta	iLink	Tocoman
Analyysi / simulointi	Yhteinen 4D-suunnittelu	Visitlean	Visitlean Ltd
Analyysi / simulointi	Olosuhteet ja energia	Riuska	Granlund
Analyysi / simulointi	Olosuhteet ja energia	IDA ICE	Equa
Analyysi / simulointi	Rakenteiden statiikka	STAAD	Bentely
Analyysi / simulointi	Rakenteiden statiikka	Robot	Autodesk

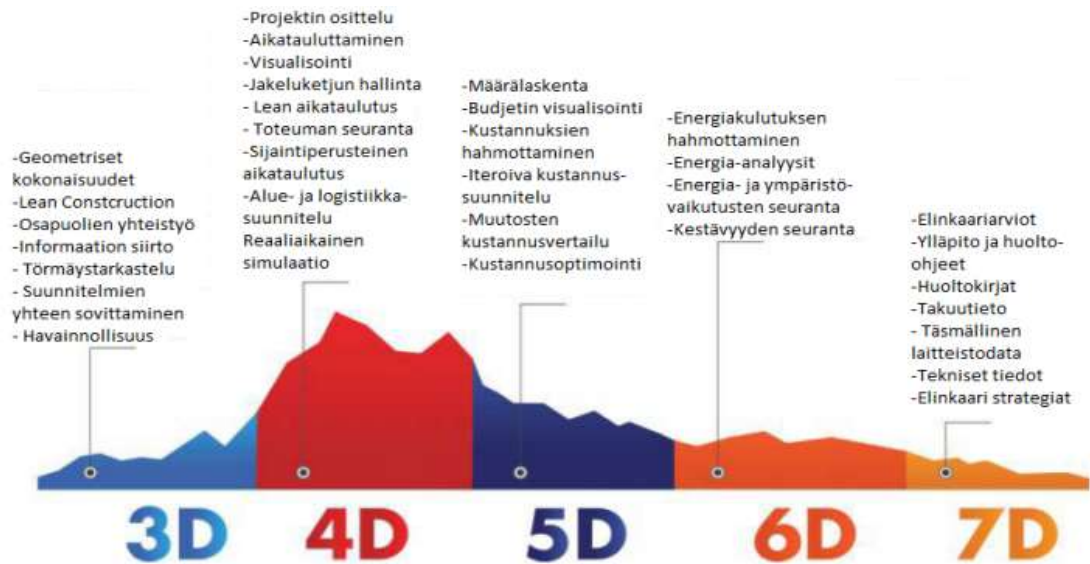
Taulukko 1. Rakennusalan kaupallisia tietomalliohjelmia. (Puranen, 2015, 32.)

#### 4.8 Tietomallin ulottuvuudet

Tietomallin ulottuvuudet ovat epävirallisia mallia laajentavia ja selittäviä ulottuvuuksia. Niillä on tarkoituksena havainnoida valittua suuntaa, mitä kyseisellä ulottuvuudella on tarkoitus hakea. Se voi olla 3D-, 4D- (aikaulottuvuus) tai 5D-malli (kustannustieto) – aina nD-malleihin asti. Termi nD – käsittää tietomallien muut informaatioulottuvuudet. Kuviossa 5 esitetään tietomallien toimintoja informaatioulottuvuuksien mukaan. Kuvion y-akseli esittää tietomallintamisen tämän



hetken kehityksen painottumista eri informaatioulottuvuuksille. (Sipola 2019, 4; Puranen 2015, 21)



Kuvio 5. Tiivistelmä nD-BIM toiminnoista. (Mubarak 2015, 396; Puranen 2015, 21)

## 5 4D-mallintaminen

Usein puhuttaessa 4D-malleista, sillä tarkoitetaan 3D-mallia, johon on kytketty aikaulottuvuus. 4D-malli tarvitsee rakennusaikataulun liittämisen 3D-malliin, joka sallii rakennuksen ja työmaan visualisoinnin näkyvään asetelmaan milloin vain rakennusprosessin aikana. 4D-työkalut antavat mahdollisuuden suunnittelijoille viestiä visuaalisesti ja suunnitella tehtäviä tilan sekä ajan ehdoilla. 4D-mallia voisi kuvailla rakennushankkeen virtuaaliseksi simulaattoriksi, joka pitää sisällään informaatiota hankkeen sijainneista, resursseista sekä edistymisestä. Aikataulun visualisointi sallii rakennushankkeen eri sidosryhmien seurata ja havainnollistaa miten hanke edistyy sille suunnitellussa määräajassa. (Puranen 2015, 21–22.)

Mallia voidaan käyttää työmaan toteutussuunnittelussa, koska sieltä on helppo havaita työvaiheiden järkevin etenemisjärjestys. Samalla mahdolliset töiden päällekkäisyydet saadaan kitkettä tehokkaammin pois ja työt saadaan edistymään jouhevammin oikeassa järjestyksessä. Mallista kriittiset kohdat ovat helpommin havaittavissa ja niihin voidaan varautua paremmin. (Latvala 2012, 30.)

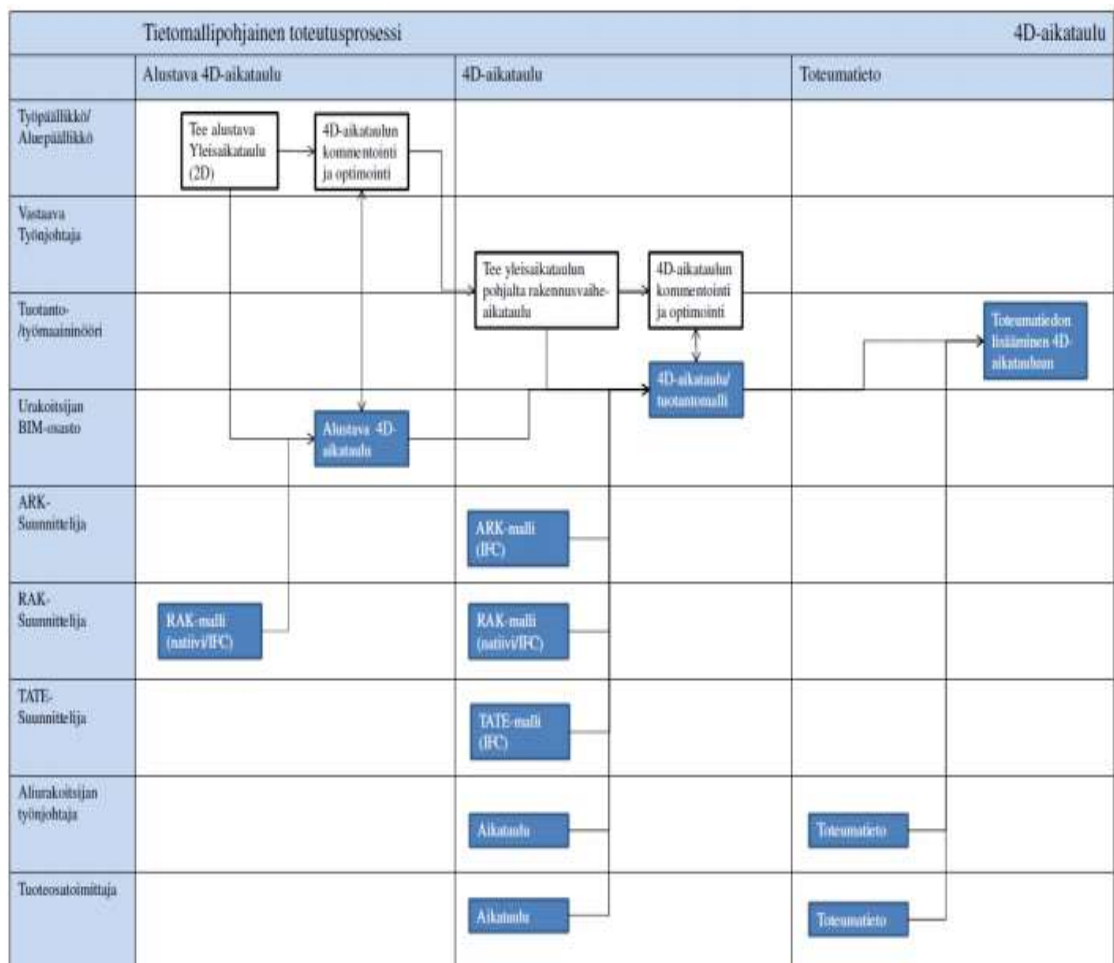
Rakennushankkeen tilaajan kannalta hankkeen pysyminen aikataulussa on yksi seuratuimpia ja tärkeimpiä asioita. 4D-aikataulu tarjoaa mahdollisuuden rakentamisen simulointiin animaation avulla. Animaatiot ovat liikkuvaa visualisointia ja ne ovat erinomaisia havainnollistamaan työn etenemistä. 4D-aikataulun ja sen toteuman osoittaminen esimerkiksi työmaakokouksissa on perinteiseen esitystapaan verrattuna selkeästi havainnollisempaa (Hardin & McCool 2015, 72). Useimmiten aikataulu on esitetty viivoina paikka-aikakaavioissa tai jana-aikataulussa. (Helminen 2016, 21; Osa 13. Tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa 2012, 5.)

Mallin avulla voidaan seurata myös toteutusaikataulua ja häiriöt ovat helpommin havaittavissa ja niihinkin pystytään reagoimaan ajoissa. Tosin tälle on edellytyksenä se, että työmaalla on henkilö, jolla on osaamista ja aikaa päivittää tuotantotilanne säännöllisesti. Työmaaorganisaation tulee pohtia, saadaanko mallipohjaisesta aikatauluseurannasta riittävästi hyötyä verrattuna sen ylläpidon vaatimaan työmäärään. (Latvala 2012, 30.)

4D-aikataulu mahdollistaa eri toteutusmenetelmien vertailun esimerkiksi aikataulun ja lohkojaon osalta sekä sallii aikataulutehtävien määrittämisen täsmällisesti työsaavutuksen ja sijainnin osalta. Kehittämällä työmenetelmiä, erityisesti usein toistuvien tehtävien osalta voidaan saada huomattavia tehokkuusetuja. Simulaation avulla rakennushankkeen eteneminen tulisi tutkittua huomattavasti tarkemmin, jonka seurauksena mahdolliset ongelmat tai puutteet voisi selvittää aiemmin. Tämänkaltaista analyysiä ei tehdä perinteisesti paperidokumenteista. Rakennusosien ohella aikataulutehtävissä pystyisi selvittämään rakennusaikaisten objektien, kuten torninosturin tai rakennustelineiden vaikutusta töiden etenemiseen liittämällä niitä aikatauluihin. (Mubarak 2015, 397; Puranen 2015, 21–22.)

4D-aikataulu helpottaa rakennettavuutta edistämällä rakennusjärjestystä ja aikataulua sekä helpottaen aikataulun ohjausta ja valvontaa. 4D-aikataulusta on helppo havaita työjärjestyksen ja rakenteiden väliset riippuvuudet, mikä mahdollistaa aikataulun suunnittelemisen erittäin tarkalle tasolle. Myös mahdolliset ajatusvirheet alkuperäisessä aikataulussa saattavat löytyä sen avulla. 4D-aikataululla kyetään valvomaan ja ohjaamaan rakennustöiden etenemistä, mikä helpottaa aikataulussa

pysymistä. Sillä voidaan havainnollistaa selkeästi työntekijöille mitä milloinkin on tarkoitus tehdä, missä kohteet sijaitsevat sekä miten ne liittyvät ympäröiviin rakenteisiin. 4D-aikataulu näyttää tavoitellun lopputuloksen ennen itse rakentamista, mikä vähentää väärinymmärryksiä ja helpottaa työntekijöitä ymmärtämään paremmin rakennettavan kokonaisuuden. 4D-aikataulu auttaa myös hankinnoissa helpottaen rakenneosien jakoa tilauksiksi ja tilauksien oikeaa ajoitusta. (Helminen 2016, 69)

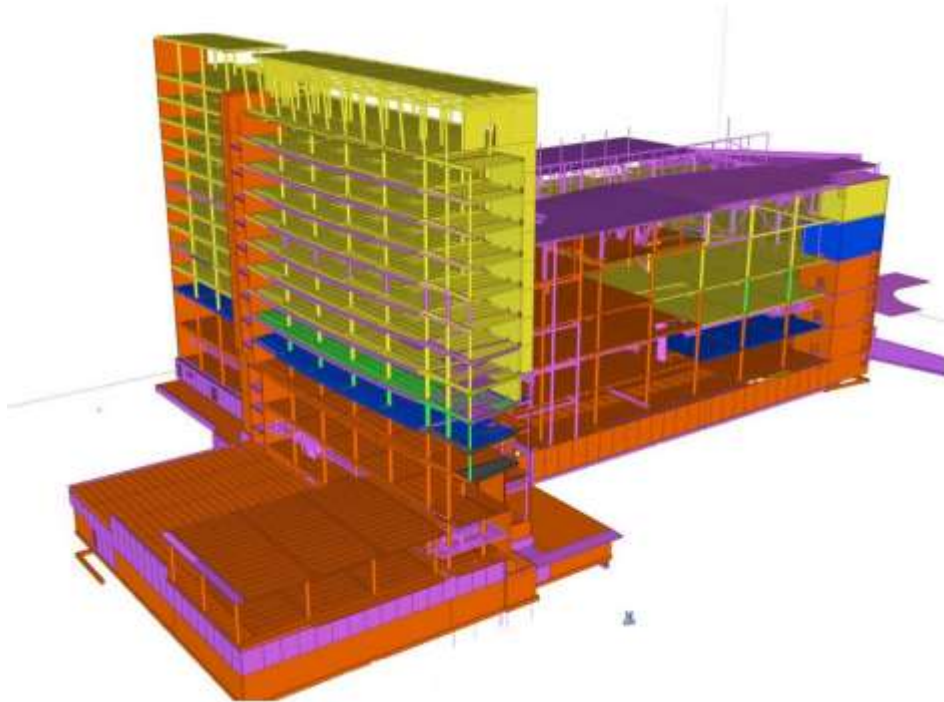


Kuvio 6. Helmisen (2016, 74) näkemys tietomallipohjaisessa toteutusprosessissa 4D-aikataulusta

Kolari (2021) arvioi, että esimerkiksi allianssimallilla toteutettavissa hankkeissa on hyvät edellytykset 4D-aikataulujen käytölle, kun suunnittelu ja tuotanto ovat tiiviissä yhteistyössä. Allianssimallilla tarkoitetaan hanketta, jossa hankkeen osapuolet

vastaavat yhdessä projektin suunnittelusta ja rakentamisesta sekä jakavat onnistumiset, huolet ja riskit (Allianssi hankkeen toteutusmuotona, n.d).

Rakennushankkeen aikataulun osalta tärkeimpiä rakennusosia/työvaiheita, joita käsittelevä aikataulutieto viedään malliin, voisi olla esimerkiksi perustukset ja runko. Myös Kolarin (2021) mielestä runkovaiheen esittäminen 4D-aikataulussa on luonteva rakentamisen vaihe rakennushankkeessa. Rakennusjärjestyksen ja aikataulun mallintamisessa on syytä pohtia millä ajan ja osien tarkkuudella rakentamisen simulointi on järkevää. Pitkäkestoisissa ja muutoksille alttiissa hankkeissa esimerkiksi liitoskomponenttien kiinnikkeiden asennuksen erotteleminen minuuttien tarkkuudella ei ole järkevää. Rakentamisaikataulun jakelumuodosta- ja tavasta eri osapuolten käyttöön on sovittava hankekohtaisesti. Yksi tapa jakelulle voisi olla esimerkiksi 4D-aikataulusta otettu staattinen mallinäkyvä, missä eri viikkoina toteutettavat rakennusosat ilmenevät mallista värikoodein. Kuviossa 7 on esitetty runkovaiheen aikataulu värikoodein toteutettuna, jossa oranssi merkitsee valmista työvaihetta, sininen käynnissä olevaa viikkoa, vihreä tulevaa viikkoa, keltainen aikataulutettua ja violetti muun urakoitsijan aikataulutettua työvaihetta. (Helminen 2016, 23; Osa 13. Tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa 2012, 11.)



Kuvio 7. Esimerkki runkovaiheen tietomallipohjaisesta aikataulusta, jossa eri värit edustavat omaa aikataulutietoaan. (Osa 13, Tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa 2012, 11)

#### **4D-mallintamisen prosessit**

Suunnittelijat ovat jo jonkin aikaa tehneet yhteistyötä kolmannen osapuolen kanssa saadakseen esitettävässä muodossa olevia animaatioita visualisoidakseen aikataulua. Tietomallissa voidaan luoda erilaisia näkymiä kytkemällä päälle tai pois eri rakennusosia ja sitten ottaa näistä erilaisista näkymistä kuvakaappauksia, joihin voidaan liittää aikataulutietoa. Nämä animaatiot ovat visuaalisesti näyttäviä ja siten ovatkin hyvää markkinointimateriaalia. Ne kuitenkin tuotetaan manuaalisesti eivätkä tästä syystä ole kovinkaan tarkoituksenmukaisia työsuunnittelussa tai aikatauluttamisessa. Aikataulujen tai suunnitelmien muuttuessa suunnittelijan täytyy synkronoida 4D-esitys manuaalisesti aikataulun kanssa ja tehdä uusia kuvakaappauksia tai animaatioita. (Puranen 2015, 27–28)

Toinen keino simuloida 4D kuvankaappauksia on sovelluksien avulla, joiden ominaisuuksilla voidaan lajitella tietomallin komponentteja automaattisesti niiden

parametrien tai ominaisuuksien mukaan. Esimerkiksi tässäkin työssä käytetty Solibri Office – ohjelma mahdollistaa objektien määritettävän kuuluvaksi johonkin ”vaiheeseen”, joka voidaan nimetä esimerkiksi ”asennetut osat” tai ”viikko 10” ja järjestää nämä vaiheet haluttuun järjestykseen. Tämän kaltaiset toiminnot tarjoavat mahdollisuuden simulointiin kuvankaappausten avulla, mutta aikataulutieto ei kuitenkaan suoraan linkity tietomallin objekteihin. Tästä kehittyneempi ohjelma on esimerkiksi Tekla Structures, johon on sisäänrakennettuna aikatauluominaisuudet (Task Manager -työkalu). Tekla Structuresin tyyppiset ohjelmat mahdollistavat tietomallin rakenneosien ja aikataulutiedon keskinäisen linkittämisen, joka taas mahdollistaa rakennuskohteen etenemisen simuloimisen. (Puranen 2015, 28)

Markkinoilla on myös simulointiin keskittyviä sovelluksia, joilla pystytään tuottamaan 4D-malleja 3D-malleista ja aikataulutiedosta. Tällaiset 4D-työkalut tekevät 4D-mallien luomisesta ja editoinnista helpompaa sekä mahdollistavat aikataulun tekijälle monia ominaisuuksia muokata ja automatisoida 4D-mallien tuotantoa. Ohjelmat, kuten Navisworks tai Synchro voivat myös havaita virheellisen aikataululogiikan sekvensoidun törmäystarkastelun avulla. Simulaatiot voivat korostaa visuaalisesti epäloogisia asioita, kuten palkkirakenteita ilman tukipylväitä (Hardin & McCool 2015, 21). Yleensä tällaiset sovellukset tarvitsevat 3D-mallin IFC muodossa ja 3D-malli on rajoittunut geometriaan ja vähäiseen joukkoon attribuutteja kuten nimi tai väri. Aikataulutieto pystytään tuomaan suoraan aikatauluohjelmistoista kuten Vico, Primavera tai MS Project. Aikataulun tekijä yhdistää 3D-mallin komponentit aikataulun tehtäviin ja määrittää niille visualisointisäännöt. (Puranen 2015, 28; Mubarak 2015, 398)

Korhonen (2017) tutki opinnäytetyössään kolmea 4D-mallintamiseen soveltuvaa ohjelmaa. 4D-mallintamiseen soveltuvia ohjelmia on listattu enemmän taulukossa 2. Hänen työssään käytetyt ohjelmat olivat Tekla Structures, Navisworks Simulate ja Synchro Pro. Ohjelmat eroavat jossain määrin toisistaan ja jokaiselle käyttäjälle parhaiten soveltuvan ohjelman ratkaisee tarkempi käyttötarkoitus. 4D-mallintamisen osalta monipuolisin ohjelma näistä on Synchro Pro, mutta sen käyttäminen vaatii eniten perehtymistä. Navisworks Simulate – ohjelmaa pidetään helppokäyttöisenä

erityisesti aikataulujen visualisointiin, kun taas Tekla Structuresin visualisointi mahdollisuudet eivät ole niin sujuvia. (Korhonen 2017, 36-39)

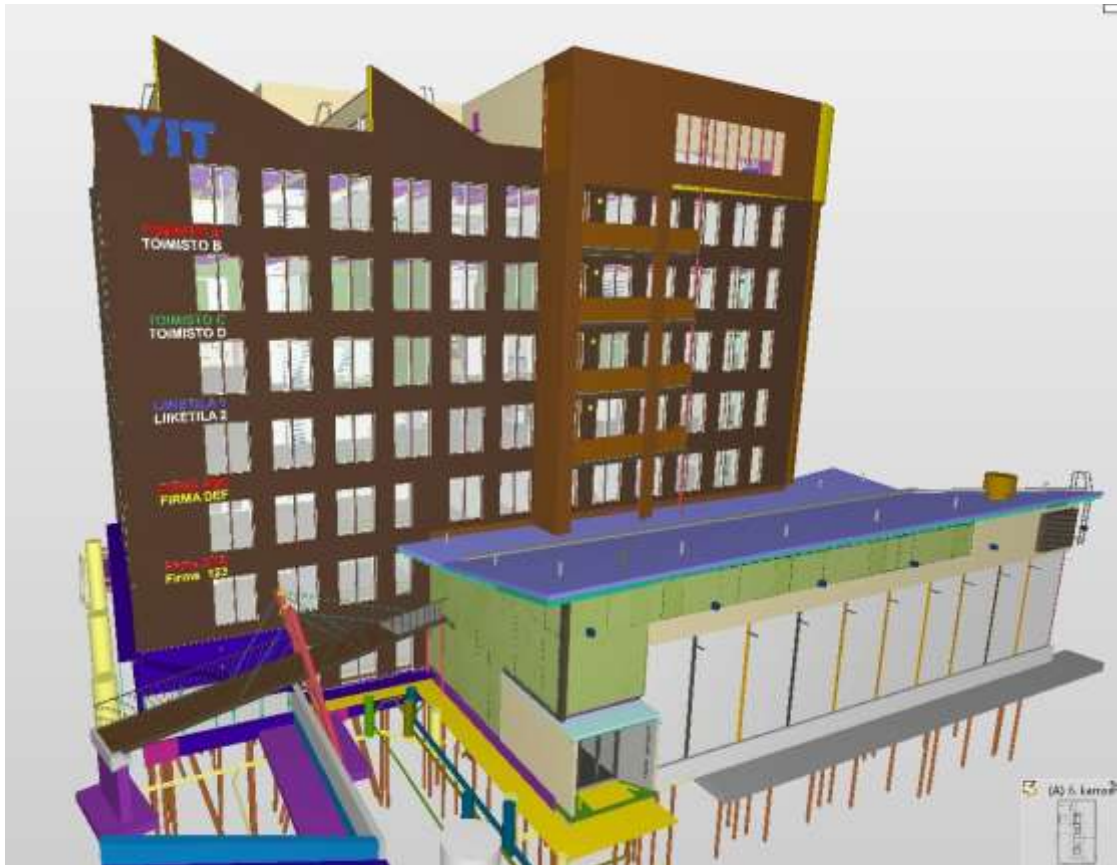
Yritys	Tuote
Autodesk	Revit Architecture
Tekla	Tekla Structures
Gehry Technologies	Digital Project
Bentley	ProjectWise Navigator V8i
Innovaya	Visual Simulation
Autodesk	Navisworks Simulate
Autodesk	Navisworks Manage
Synchro Ltd.	Synchro Professional
Vico Software	Visual Construction

Taulukko 2. Joitakin työkaluja, jotka soveltuvat 4D-mallintamiseen (Mubarak 2015, 400-401).

## 6 Tietomallin hyödyntäminen aikataulutuksessa tutkimuskohteessa

### 6.1 Kohde-esittely

Tutkimuksen kohteena on Jyväskylään rakenteilla oleva uusi toimitilarakennus, jonka on tarkoitus valmistua maaliskuussa 2021. Kyseessä on seitsemänkerroksinen kokonaispinta-alaltaan yli 7000 neliön kiinteistö, johon muuttaa muun muassa YIT:n Jyväskylän ja Mikkelin alueyksikkö.



Kuvio 8. Kohteen yhdistelmämallin yleisnäkymä

## 6.2 Käytettävä ohjelmisto

Solibri Office on maksullinen ohjelma, jolla voidaan kerätä tietomallista määrätietoja, tarkastella mallia yleisesti sekä suorittaa mallien välisiä törmäystarkasteluja.

Ohjelmalla voidaan luoda niin kutsuttu yhdistelmämalli yhdistelemällä useita IFC-tiedostoja. Yhdistelmämallissa yhdistyy yleensä eri suunnittelualojen tietomallit.

Ohjelma lukee IFC-tiedostojen ohella myös dwg- ja smc-tiedostoja, joka on Solibrin oma natiivitiedostomuoto. (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 42.)

Markkinoilla on myös ilmainen mallienkatseluohjelma (Solibri Anywhere), joka on pääosin tarkoitettu Solibri Officella tehtyjen yhdistelmämallien tarkisteluun.

Ohjelmat ovat hyvin samankaltaisia keskenään, mutta Solibri Anywhere:stä on karsittu joitakin ominaisuuksia pois. Esimerkiksi määrälaskentaa ei pysty suorittamaan eikä malleja voida yhdistää Anywhere:llä. Solibri Anywhere soveltuu



kuitenkin mainiosti työmaakäyttöön tietomallien tarkastelun perustyökaluksi. (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 44.)

Malleja pystytään tarkistelemaan, liikuttelemaan ja mallien sisällä pystytään liikkumaan monin eri tavoin kolmiulotteisina graafisessa näkymässä. Mallien eri osien ominaisuustietojen tutkiminen on myös vaivatonta. Myös rakennusosien mittaaminen onnistuu graafisen näkymän avulla. Erityisen hyvin ohjelma soveltuu suunnittelumallien laadunvarmistukseen sekä niiden keskinäisen yhteensopivuuden takaamiseen. Ohjelmalla voidaan luoda mallien tarkastustuloksista sekä esimerkiksi määrälaskennasta teksti- ja kuvaraportteja. (Lehtoviita & Jäväjä 2016, 43-44.)

Mallin tarkastelua helpottavat useat erilaiset aputoiminnot. Mallia voidaan leikata halutusta suunnasta, komponentteja voidaan piilottaa tai asettaa läpinäkyviksi tai voidaan luoda sääntöpohjaisia tarkasteluja. Tarkastuksia voidaan tehdä ohjelmasta valmiiksi löytyvillä säännöksillä tai luomalla kokonaan uusia sääntöjä esimerkiksi yrityksen oman laatu järjestelmän mukaisesti. Tällä menetelmällä voidaan etsiä virheellisiä komponentteja mallista. Tällaisia virheitä voivat olla esimerkiksi rakennemallissa olevat oviaukot, jotka eivät kohtaa arkkitehdin määrittelemien ovien kanssa tai komponentit, joille ei ole määritetty rakennetyyppiä lainkaan. (Solibri 2016, 1, 9-11,)

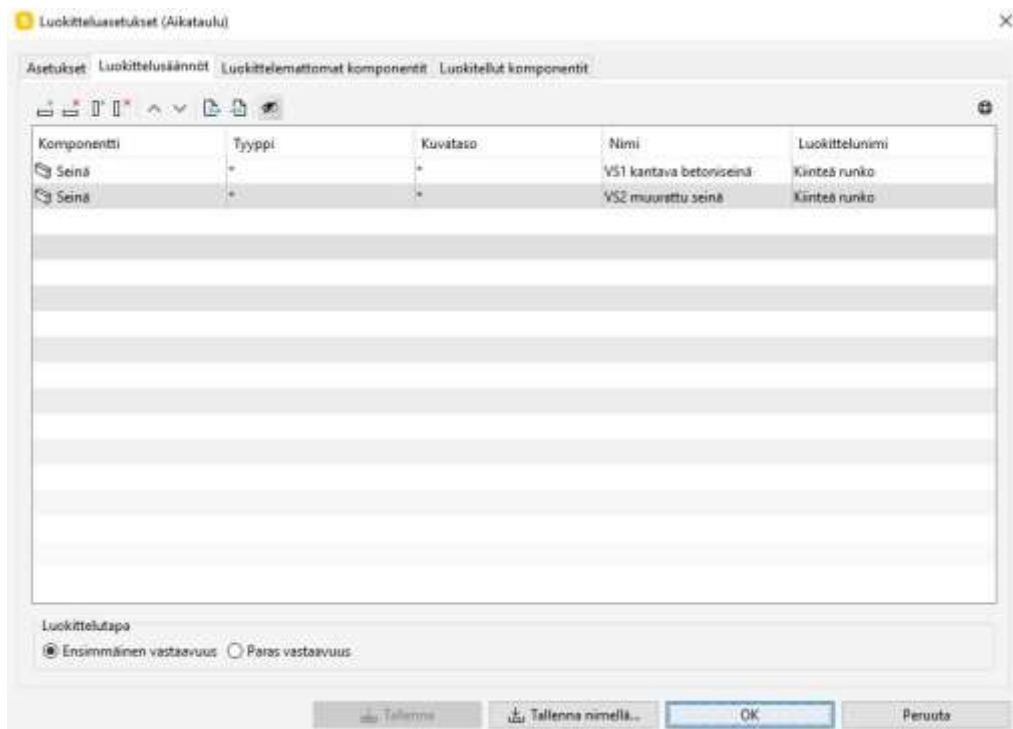
### 6.3 4D-aikataulun luominen Solibri Officella

4D-aikataulun toteuttaminen päädyttiin tekemään Solibri Office – ohjelmalla. Kyseinen ohjelmisto valikoitui käytettäväksi, koska se on yleisesti YIT Suomi Oy:n työmailla käytössä ja ennakkoselvityksissä ohjelmisto osoitti soveltuvansa tähän käyttötarkoitukseen. Solibri Office - ohjelmistossa ei varsinaisesti ole aikataulujen tekoon suunniteltuja työkaluja, mutta työ pystyttiin suorittamaan ohjelmasta löytyvän informaation talteenotto – välilehden ominaisuuksia hyödyntäen. Solibrilla ei kuitenkaan pysty tekemään samankaltaisia simulointeja kuin joillakin 4D-aikataulujen luomiseen tarkoitetuilla ohjelmilla, mitä voidaan pitää merkittävänä puutteena mietittäessä Solibrin soveltuvuutta tähän käyttötarkoitukseen.

4D-aikataulun tekeminen rajattiin sisätyövaiheeseen, sillä opinnäytetyön aloitushetkellä rakennuksen runko oli jo lähes kokonaan pystyssä ja työssä haluttiin testata, toimiiko tietomallipohjainen aikataulu sisätyövaiheessa. Työn aloitushetkellä jo asennetut komponentit saivat saman luokittelunimen (asennetut) ja aloitushetken jälkeen asennettavat komponentit luokitellaan valmistumisajankohdan mukaan viikon tarkkuudella. Pohjana 4D-aikataululle käytettiin kohteesta tehtyä yhdistelmämallia ja aikataulutiedot otettiin vastaavan työnjohtajan tekemistä sisätyövaihe- ja yleisaikatauluista.

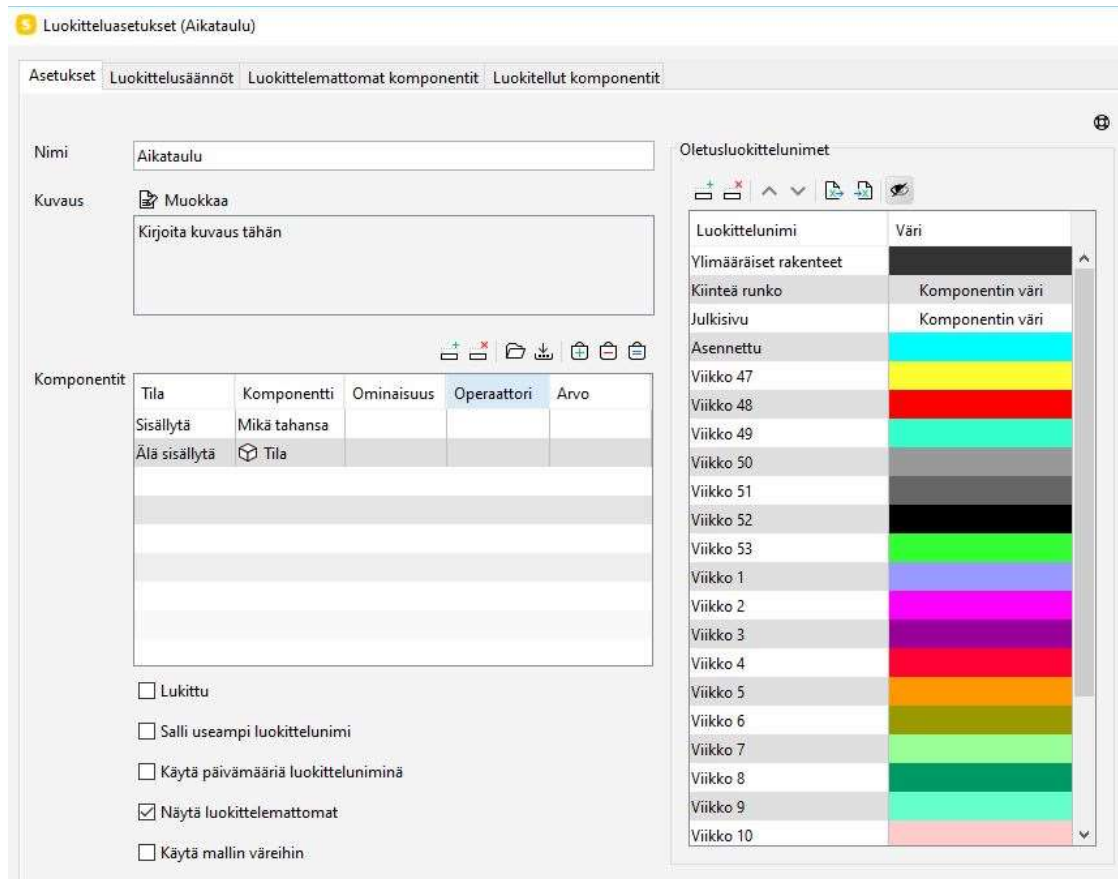
### 6.3.1 Luokittelujen tekeminen

Työ aloitettiin poistamalla yhdistelmämallista työn kannalta epäolennaiset pienet osat, kuten esimerkiksi betoniraidoitukset. Tämä tehtiin, jotta malli olisi kevyempi käsitellä eivätkä ne olisi myöhemmin tiellä mallia tarkasteltaessa. Sen jälkeen esimerkiksi kiinteä runko ja julkisivut luokiteltiin omiin luokkiin, jotta ne saadaan helposti piilotettua tai näkyviin tarpeen mukaan. Osa rakennusosista pystytettiin luokittelemaan luokittesääntöjen avulla (kuvio 9).



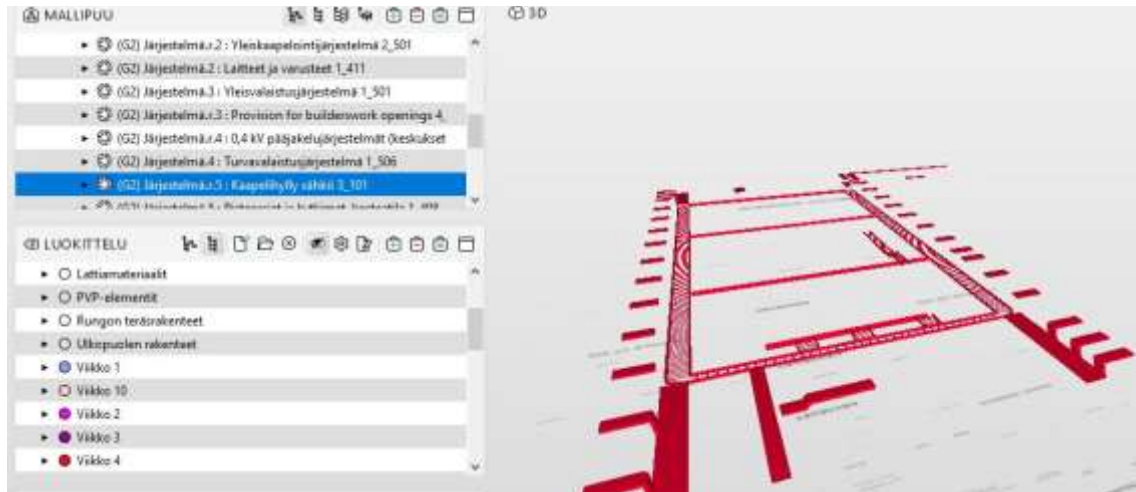
Kuvio 9. Luokittelusäännöt

Esimerkiksi ”VS1 kantava betoniseinä” -nimiset komponentit pystyttiin luokittelemaan suoraan Kiinteälle rungolle. Tämä oli mahdollista, koska yhdistelmämallin kaikki sen nimiset komponentit haluttiin luokitella samalle nimelle. Toisaalta tämä myös vaatii sen, että tietomallintaja on määrittänyt komponentit oikein.

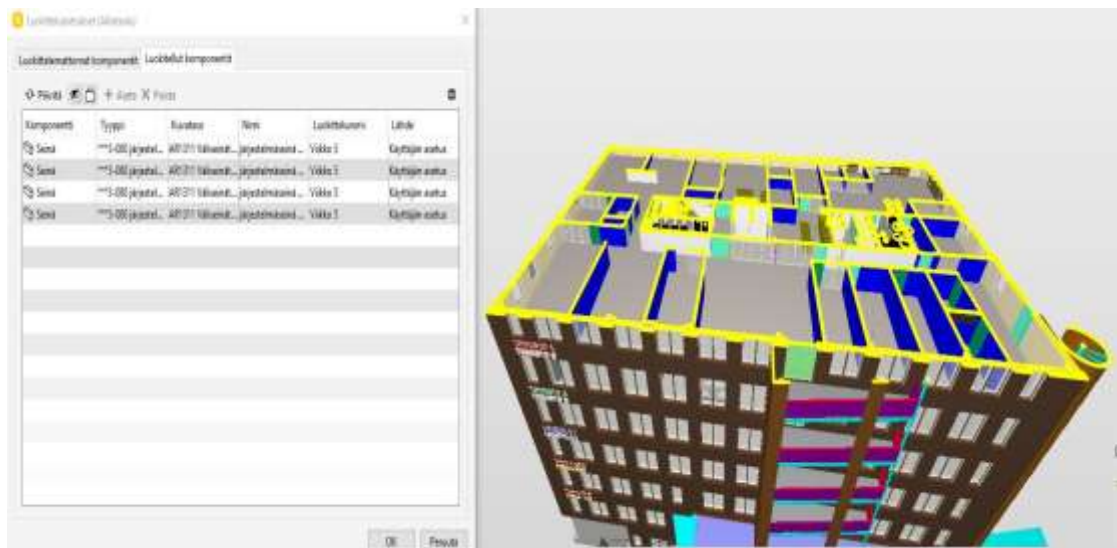


Kuvio 10. 4D-aikataulun luokittelunimet

4D-aikataulun tekeminen toteutettiin luokittelemalla jokainen rakenneosia sille viikolle, milloin sen oli tarkoitus valmistua. Jokaisella viikolla on oma värikoodi, josta voi huomata milloin mikäkin rakenneosia valmistuu. Luokiteltavia komponentteja oli kymmeniä tuhansia, mutta työtä nopeutti hieman ohjelman erilaiset näkymien rajaus mahdollisuudet. Esimerkiksi mallipuun kautta näkymän pystyi rajaamaan siten, että näkyvässä on vain 7. kerroksen kaapelihyllyt, jolloin ne pystyttiin valitsemaan ja luokittelemaan asennusviikolle muutamalla klikkauksella. Kuitenkin osa komponenteista oli valittava manuaalisesti yksitellen ja luokiteltava halutulle viikolle (kuvio 12).



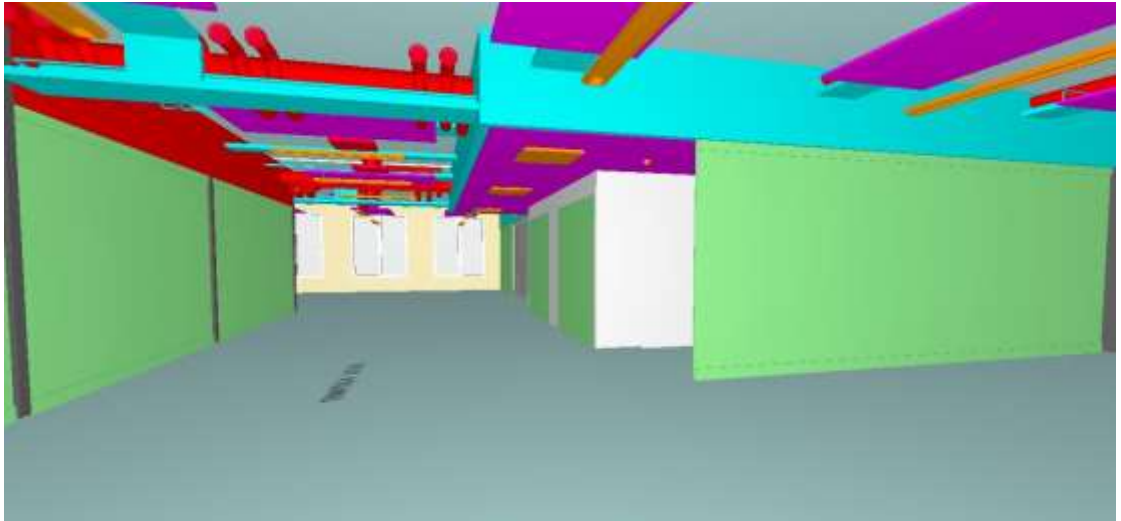
Kuvio 11. Mallipuu ja 7. kerroksen kaapelihyllyt



Kuvio 12. Kuvan oikeassa reunassa sinisenä näkyvät seinät on valittu yksitellen ja niille annetaan luokittelunimeksi "Viikko 5"

### 6.3.2 4D-aikataulun käyttäminen

4D-aikataulua käytettiin siten, että näkymän vasemmasta reunasta (kuvio 11) valittiin aktiiviseksi ne luokat, mitkä haluttiin nähdä. Eli esimerkiksi viikolla 5 aikataulua tarkisteltaessa aktiivisiksi valittiin ainakin kaikki sitä edeltävät viikot ja "asennetut" sekä halun mukaan esimerkiksi "Kiinteä runko" ja "Julkisivut". Valittuaan halutut luokat näkyviin, aikataulutieto oli saatavilla esimerkiksi kappaleessa 6.2 esitetyllä tavalla.



Kuvio 13. Esimerkki 4D-aikataulun näkymästä. Jokainen väri edustaa omaa asennusviikkoa

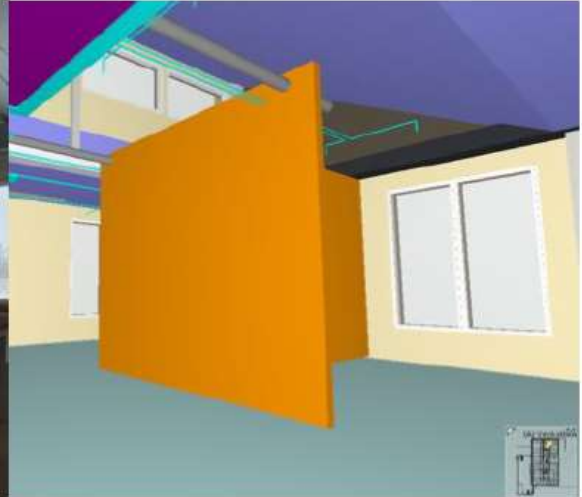
#### 6.4 Työmaatiedote

Työssä haluttiin kokeilla erilaisia keinoja hyödyntää tehtyä 4D-aikataulua. Tässä kohteessa oli tapana tehdä asiakkaille työmaatiedotteita, jossa kerrottiin lyhyesti työmaalla käynnissä olevista, alkavista ja valmistuvista työvaiheista muutaman työmaalta otetun kuvan kera. Tässä kokeilussa viikkotiedotteeseen lisättiin työmaalta otetun kuvan rinnalle 4D-aikataulusta otettu kuva, joka näytti miltä samassa paikassa tulee näyttämään viikon päästä. Työmaatiedotteen ensimmäisellä sivulla käytiin lyhyesti läpi myös 4D-aikataulun värien merkitys. Eli tässä tapauksessa esimerkiksi oranssi väri edustaa viikon 5 työsaavutusta.

Kuva 1 Näkymä YIT:n toimistosta viikolla 4



Kuva 2 Näkymä kuvan 1 tilanteesta viikon 5 päätteeksi



Kuvio 14. Kuva työmaatiedotteesta

## 7 Tulokset

Opinnäytetyötä tehdessä havaittiin jo melko aikaisessa vaiheessa, että tässä työssä käytetyillä menetelmillä luotu 4D-aikataulu ei toimi täysin toivotulla tavalla. Varsinaisen aikataulutiedon saaminen 4D-aikataulusta koettiin melko työlääksi, sillä rakennuksen ”sisään näkeminen”, jossa varsinainen aikataulutieto on, edellyttää lähes poikkeuksetta mittavia komponenttien piilotteluja tai muita työlääksi koettuja toimia. Lisäksi 4D-aikataulun luominen sisätyövaiheesta kymmenientuhansien komponenttien kanssa oli erittäin työläs tehdä ja mahdollisten muutosten tekeminen olisi myös melko työlästä. Toinen ongelma oli aikataulutietojen epätarkkuus. Esimerkiksi 7. kerroksen järjestelmäseinien umpiosien asennuksen oli sisävaiheaikataulussa arvioitu alkavan viikon 3 alussa ja valmistuvan viikon 5 lopussa, eli kestävän kolme työviikkoa, mutta 4D-aikatauluun ne tulevat näkymään vasta viikon 5 kohdalla. Halutessaan suurempia työkokonaisuuksia voisi toki jakaa pienempiin osiin, mutta 4D-aikataulua tehdessä ei ollut tarkkaa tietoa mistä seinien

asennus aloitetaan, joten päädyttiin yllä esitettyyn ratkaisuun. 4D-aikataulussa nähtiin kuitenkin paljon potentiaalia ja 4D-aikataulujen kokeilut eivät jää tähän.

Viikkotiedotteen rikastaminen 4D-aikataulusta otetulla kuvalla koettiin hyväksi ja merkittävää lisäinformaatiota tuovaksi. Kaikki viikkotiedotteita lukevat eivät välttämättä hahmota tai ymmärrä tulevia työvaiheita kovinkaan hyvin lyhyen sanallisen viestin kautta, mutta yhdessä mallista otetun kuvan kanssa työmaan tilanne ja seuraavan viikon tavoitteet selkiytyvät paremmin myös niille, jotka eivät ole rakennusalan ammattilaisia.

Pidän opinnäytetyötä onnistuneena ja se saavutti sille asetetut tavoitteet. Mielestäni tässä työssä käytetyllä menetelmällä voisi luoda 4D-aikataulun talonrakennustyömaan runkovaiheesta, sillä sen luominen on merkittävästi nopeampaa kuin sisätyövaiheesta vähäisemmän komponenttien määrän vuoksi ja sen käyttäminenkin olisi vaivattomampaa. Tämän menetelmän etuna on se, että työmaalta löytyy valmiiksi ohjelma, jolla 4D-aikataulun voi tehdä, eikä henkilöstön tarvitse opetella uusien ohjelmien käyttöä tai yrityksen ostaa palvelua muualta.

## 8 Pohdinta

Tietomallit tarjoavat erittäin paljon mahdollisuuksia rakennusosalalle, eikä sen potentiaalia tule jättää käyttämättä hyödyksi. Tietomallinnus jatkaa kasvuaan uusien sovellusten ja kykyjen myötä. Viimeisen vuosikymmenen aikana tietomallinnussovellukset ovat lisääntyneet ja jotkut vanhoista työkaluista putoavat pois käytöstä. Tietomalleihin ja sen luomiin uusiin mahdollisuuksiin käytetyt resurssit maksavat varmasti itsensä takaisin ajan saatossa, joten niihin kannattaa panostaa jatkossakin. Myös 4D-aikataulut tulevat varmasti yleistymään tulevaisuudessa.

Tämän työn keskeisimpänä tavoitteena oli tutustua tietomalleihin ja erityisesti 4D-aikatauluun sekä sen käyttämiseen rakennustyömaan sisävalmistusvaiheessa. Siirtymistä niihin jarruttaa vähäiset käyttökokemukset 4D-aikatauluista, vanhojen toimintatapojen juurtuminen liian syväälle, tietomallien vaihteleva taso, työmaahenkilöstön osaamisen puute sekä osaltaan myös raha. Toimintamenetelmien kehitysprosseissa nähdään usein vain menetetyt rahat, mutta ei nähdä niiden



tuomia säästöjä myöhemmissä vaiheissa. Myöskään ohjelmistot eivät välttämättä ole sillä tasolla, että 4D:n hyödyntäminen olisi helppoa, mikä jarruttaa niiden yleistymistä.

Työmaiden siirtymistä 4D-aikatauluihin voisi jouduttaa lisäämällä henkilöstön tietomalliosaamista sekä varmistamalla, että työmaalla on henkilö, jolla on riittävästi aikaa ja osaamista ylläpitää 4D-aikataulua.

Rakennusala ei ole vielä saavuttanut toivottua tuottavuusloikkaa digitalisaation avulla. Tietomallien aiempaa laajempi käyttö antaa siihen kuitenkin erinomaiset mahdollisuudet. Jatkossa tulisikin panostaa aiempaa enemmän tietomalleihin liittyvään koulutukseen, jotta niistä saadaan enemmän hyötyä irti. Seuraava tutkittava aihe voisi olla YIT:n käyttötarpeisiin sopivimman 4D-ohjelman kartoitus.

## Lähteet

Allianssi hankkeen toteutusmuotona. N.d. Uutinen YIT Suomi Oy:n verkkosivulla. Viitattu 10.4.2021. <https://www.yit.fi/infrapalvelut/allianssi-hankkeen-toteutusmuotona>.

Arcdox. N.d. What is BIM. Viitattu 9.3.2021. <https://www.arcdox.com/bim>.

Aro, M. 2021. Projekti insinööri. YIT Suomi Oy. Haastattelu 17.2.2021

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011). BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey, Hoboken. John Wiley & Sons. Viitattu 2.3.2021

[https://www.academia.edu/3183272/BIM\\_handbook\\_A\\_guide\\_to\\_building\\_information\\_modeling\\_for\\_owners\\_managers\\_designers\\_engineers\\_and\\_contractors](https://www.academia.edu/3183272/BIM_handbook_A_guide_to_building_information_modeling_for_owners_managers_designers_engineers_and_contractors)

Hardin, B. & McCool, D. 2015. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods and Workflows, Second edition. Indianapolis, Indiana. John Wiley & Sons, Inc.

Helminen, J. 2016. Tietomallipohjainen rakennettavuuden hallinta koulurakennuksen tuotantovaiheessa. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 10.3.2021.

[https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/19966/master\\_Helminen\\_Joni\\_2016.pdf?sequence=1](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/19966/master_Helminen_Joni_2016.pdf?sequence=1).

Junnonen, J-M. 2010. Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Tampere: Suomen rakennusmedia.

Kallio, S. 2017. Rakentamisen määrätietojen hallinta tietomallihankkeessa. Tampere: Suomen Yliopistopaino Oy. Viitattu 2.3.2021

[https://tutcris.tut.fi/portal/files/13180623/kallio\\_1497.pdf](https://tutcris.tut.fi/portal/files/13180623/kallio_1497.pdf).

Kemppi, Kainulainen & Lehtoviita 2015. Pysyvää tietomalliosaamista rakennusalan toimijoille Etelä-Karjalassa, Tietomallien käyttömahdollisuuden rakennushankkeissa. Saimaan ammattikorkeakoulun julkaisu. Viitattu 9.2.2021

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/87581/Julkaisu1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Kolari, A. 2012. Rakennuksen tietomalli rakennusalan perustutkinnossa. Opinnäytetyö YAMK. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakentamisen koulutusohjelma. Viitattu 10.3.2021.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41880/Kolari\\_Antti.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41880/Kolari_Antti.pdf?sequence=1).

Kolari. S. 2021. Projektipäällikkö. Ramboll. Haastattelu 10.3.2021

- Korhonen, R. 2017. 4D-mallintaminen rakennushankkeen tuotantovaiheessa. Insinööritö AMK. Metropolia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Viitattu 12.3.2021.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125918/Ronja%20Korhonen\\_4D-mallintaminen%20rakennushankkeen%20tuotantovaiheessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125918/Ronja%20Korhonen_4D-mallintaminen%20rakennushankkeen%20tuotantovaiheessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Koskenvesa, A & Sahlstedt, S. 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Helsinki: Rakennustieto.
- Lahtinen, M., Kivimäki, C., Mäki, T. & Sahlsted, S. 2015. Aikataulukirja 2016, Rakennustuotanto-kirjasarja Ratu KI-6028, Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, Helsinki: Rakennustieto Oy
- Lammi, J. 2019. Tietomallintamisen nykykäytännöt ja tulevaisuudennäkymät. Kandidaatintyö. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma. Viitattu 2.3.2021  
<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/115655/Lammi.pdf?sequence=3>.
- Latvala, J. 2012. Tietomallinnuksen hyödyntäminen työmaatoiminnassa. Tutkielma, RAPS 34. Aalto University Professional Development – Aalto PRO. RAPS-koulutus. Viitattu 9.2.2021.  
[http://aaltopro2.aalto.fi/lomakkeet/tilaukset/Rakentaminen/r34/LatvalaJyrki\\_Tieto\\_mallinnuksen\\_hyodyntaminen\\_tyomaatoiminnassa.pdf](http://aaltopro2.aalto.fi/lomakkeet/tilaukset/Rakentaminen/r34/LatvalaJyrki_Tieto_mallinnuksen_hyodyntaminen_tyomaatoiminnassa.pdf).
- Lehtoviita, T. & Jäväjä, P. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto.
- Lorek, S. 2021. What is BIM. Trimble. Viitattu 4.2.2021  
<https://constructible.trimble.com/construction-industry/what-is-bim-building-information-modeling>.
- Mannila, M. 2020. Tulevaisuudessa tietomalli imee materiaalitietoa selvästi enemmän – se tuo uuden vaihteen kiertotalouteen. Rakennuslehti. 22.1.2020. Viitattu 4.3.2021. <https://www.rakennuslehti.fi/2020/01/tulevaisuudessa-tietomalli-imee-materiaalitietoa-selvasti-enemman-se-tuo-uuden-vaihteen-kiertotalouteen/>.
- Matilainen, H. 2021. Vastaava työnjohtaja. YIT Suomi Oy. Haastattelu 17.2.2021
- Moisio, V. 2011. Perinteisten työmaan tuotannon suunnitelmien tietomalliin integrointi ja vertailu. Opinnäytetyö AMK. Saimaan ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma. Viitattu 9.2.2021  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31754/Moisio\\_Ville.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31754/Moisio_Ville.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- Mubarak, S. 2015. Construction project scheduling and control third edition. New Jersey, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

Mölsä, S. & Tompuri, V. 2018. Näin digitalisaatio näkyy rakennustyömailla – asentaja katsoo suunnitelmat tabletilta ja konekuski saa mitat pistepilvestä. Rakennuslehti 23.5.2018. Viitattu 3.3.2021. <https://www.rakennuslehti.fi/2018/05/nain-digitalisaatio-nakyy-rakennustyomaila-asentaja-katsoo-suunnitelmat-tabletilta-ja-konekuski-saa-mitat-pistepilvesta/>.

Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Viitattu 9.2.2021. [https://buildingsmart.fi/wpcontent/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_13\\_rakentaminen.pdf](https://buildingsmart.fi/wpcontent/uploads/2016/11/ytv2012_osa_13_rakentaminen.pdf)

Perttula, T. & Savolainen, T. 2019. Kansainvälinen tietomallistandardointi tulee – ”pienestä” BIMistä isoon tornadoon? Buildingsmart Finlandin blogi. Julkaistu 16.5.2019. Viitattu 4.3.2021. <https://buildingsmart.fi/kansainvalinen-tietomallistandardointi-tulee-pienesta-bimista-isoon-tornadoon/>.

Puranen, E. 2016. Rakennushankkeen aikataulun visualisointi tarjousvaiheessa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Viitattu 21.1.2021 <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24072/Puranen.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

Rutanen, P. 2021. Työpäällikkö. YIT Suomi Oy. Haastattelu 17.2.2021

Sipola, M. 2019. Pientalon talotekniikan tietomalli ja VR-malli. Opinnäytetyö AMK. Karelia-ammattikorkeakoulu. Rakennus ja yhdyskuntatekniikan koulutus. Viitattu 10.3.2021. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/210228/Sipola%20matti.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

Solibri – Aloittelijan opas 2016. N.d. Viitattu 23.2.2021 <https://solibri-assets.s3.amazonaws.com/old-site/2016/03/9.6-Aloittajan-opas.pdf>.

Teicholz, P. 2013. BIM for facility managers. New Jersey, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

Tekla Structures. N.d. Tietoa meistä. Viitattu 21.1.2021 <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>.

Uutinen YTV2020 päivityksen merkityksellisyydestä. Buildingsmart 29.1.2021. Viitattu 9.2.2021. <https://buildingsmart.fi/julkilausuma-ytv2020-yleiset-tietomallivaatimukset-paivityksen-merkityksellisyydesta-on-julkaistu/>. Buildingsmart verkkosivun etusivu. N.d. Viitattu 4.3.2021. <https://buildingsmart.fi/>.

YIT:n vuosiesite 2020. N.d. Perustietoa YIT:stä. Viitattu 24.2.2021 [https://www.yitgroup.com/siteassets/investors/annual-reports/2020/yit\\_vuosiesite\\_2020\\_fi.pdf](https://www.yitgroup.com/siteassets/investors/annual-reports/2020/yit_vuosiesite_2020_fi.pdf).

YIT:n vuosiesite 2019. N.d. Perustietoa YIT:stä. Viitattu 24.2.2021  
[https://www.yitgroup.com/siteassets/investors/annual-reports/2019/yit\\_vuosiesite\\_2019\\_fi.pdf](https://www.yitgroup.com/siteassets/investors/annual-reports/2019/yit_vuosiesite_2019_fi.pdf) .

YIT:n vuosiesite 2018. N.d. Perustietoa YIT:stä. Viitattu 24.2.2021  
[https://www.yitgroup.com/siteassets/about-yit/yit-in-brief/yit\\_vuosiesite\\_2018\\_fi.pdf](https://www.yitgroup.com/siteassets/about-yit/yit-in-brief/yit_vuosiesite_2018_fi.pdf).

Yli 100-vuotinen YIT. N.d. Perustietoa YIT:stä. Viitattu 24.2.2021  
<https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta/historia>.