



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Miro Pyykkö

Dalux-sovelluksen hyödyntäminen ta- lotekniikkaurakoitsijan projektinhallin- nassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

23.10.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Miro Pyykkö Dalux-sovelluksen hyödyntäminen talotekniikkaurakoitsijan projektinhallinnassa 35 sivua + 1 liite 7.10.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Talotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	lehtori Jarno Nurmio toimipistejohtaja Mikko Kaijalainen
<p>Insinööriyössä oli tavoitteena pohtia tietomallia hyödyntävien ohjelmistojen käyttöä talotekniikkaurakoitsijan toteutuksen projektinhallinnan työkaluna. Tarkoituksena oli löytää yrityksen käyttöön uusi työkalu osana firman sisäistä digi-uudistusta, joka yhdistäisi projektinhallinnan, tehtävienjaon, tietomallin ja tasokuvien käytön yhdessä ohjelmistossa. Tavoitteena oli myös pohtia valitun ohjelmiston käytännön kokeista saatuja kokemuksia ja sen soveltuvuutta tehokkaampaan projektinhallintaan taloteknisissä urakointiprojekteissa. Työssä otetaan tähän tarkasteluun Dalux-ohjelmiston tehokkaan käytön mahdolliset vaikutukset nykyajan Lean-rakentamiseen ja mietitään Dalux, tai vastaavan ohjelmiston käytön vaikutuksia esimerkiksi tahtituotannossa.</p> <p>Tutkimustyötä varten pyydettiin ohjelmiston maksullisista moduuleista kokeiluversiot yrityksen käyttöön ohjelmiston kehittäjiltä, ja tämän kokeilujakson aikana olemassa olevan rakennusprojektin rinnalle rakennettiin oma itsenäinen ala-projektinsa, jossa testattiin ohjelmiston eri moduulien toimintaa kentällä käytännössä.</p> <p>Koekäytön aikana laadittiin käyttökokemuksesta erillinen raportti, jossa kuvattiin tarkasti ohjelmiston käytön eri vaiheet, ja kirjattiin käytön aikana huomatu ongelmia, ja pohdittiin mahdollisia hyötyjä urakoitsijalle. Raportin teon yhteydessä saatujen kokemusten pohjalta pohdittiin ohjelmiston käytön vaikutuksia Lean-rakentamiseen. Käytännön kokeista saatiin tietoa ohjelmiston käyttökohteista projektin seurannassa ja eri työvaiheiden suunnittelussa ja siitä, miten ohjelmisto toimi työmaakäytössä olosuhteiltaan vaativassa kohteessa.</p> <p>Daluxin kaltainen ohjelmisto todettiin mahdollisesti hyödylliseksi työkaluksi parantamaan projektin aikaista tiedonvälitystä ja yhteistyötä urakoitsijoiden välillä. Dalux-moduulien todettiin hyödyntävän myös intuitiivisesti rakennuksen tietomallia osana jokapäiväistä projektin hallintaa. Tutkimuksessa saadut käyttökokemukset antoivat arvokasta tietoa Daluxin ja vastaavan sovelluksen käytön hyödyistä.</p>	
Avainsanat	Dalux, BIM, Lean-rakentaminen, RAIN2, tahtituotanto

Author Title Number of Pages Date	Miro Pyykkö Project Management Improvements for a Building Services Contractor Using Dalux Application. 35 pages + 1 appendix 7 October 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	Electrical Building Services Engineering
Instructors	Jarno Nurmio, Senior Lecturer office director Mikko Kajjalainen
<p>The purpose of this thesis was to contemplate the usage of digital applications utilizing a building information model during construction as a tool for a building services contractor, and to see how a digital platform can enforce Lean and takt construction. A secondary goal was to find a new digital tool for the company that could bring multiple aspects of project management into one platform.</p> <p>For the thesis, a Dalux software was chosen as the application to explore and test. The research methods included learning to use the software, forming a new project from an active one as a sub-project, and getting to know the application as a new user. Practical studies were conducted on site, from which the sub-project was isolated. The findings were compared to the principles of Lean- and takt construction.</p> <p>It was found that applications like Dalux combining a building information model, document- and project management, suit the Lean construction methodology, and make the observability of takt construction more efficient.</p> <p>This thesis offers useful insights to what new digital tools can provide for project management. The company continues to search for new innovative digital platforms for it's future use.</p>	
Keywords	Dalux, BIM, Lean construction, RAIN2, takt production

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Digitalisaation vaikutukset talotekniikkaurakoinnissa	4
2.1	Digitaalisuuteen siirtyminen rakennusprojekteissa	4
2.2	Digitaalinen toiminta Amplit Oy:ssä	8
3	Lean-rakentaminen ja projektinhallinnan uudet ajattelutavat	10
3.1	Rakennusteollisuus ja Lean Suomessa	11
3.2	Tahtituotanto	14
4	Dalux	18
4.1	Dalux BIM Viewer	19
4.2	Dalux Box	21
4.3	Dalux Field	22
5	Dalux ja Lean-rakentaminen	23
5.1	Daluxin kaltaisen ohjelmiston vaikutukset projektityöskentelyyn	23
5.2	Aluejaon tahdissa	26
5.3	Mahdolliset ongelmat ja haasteet	29
6	Yhteenveto	32
	Lähteet	34

Liitteet

Liite 1. Työn tilaajan käyttöön tarkoitettu raportti

Lyhenteet ja keskeiset käsitteet

AR	Lisätty todellisuus. Näkymä, jossa tietokonegrafiikalla tuotettuja elementtejä lisätään katseltavaan näyttöön tai läpikatseltaviin linsseihin.
BIM	Rakennuksen tietomalli.
IFC	Rakennusalan standardi oliopohjaiseen tiedon siirtoon tietokonejärjestelmästä toiseen
IoT	Esineiden internet. Termi, joka kuvaa järjestelmiä ja esineitä, jotka suorittavat automaattista tiedonsiirtoa toistensa välillä internet-yhteyden välityksellä.
Lean	Toimintafilosofia, jolla pyritään vähentämään prosesseissa tapahtuvaa hukkaa ja parantamaan laatua.
LPS	Toiminnanohjausmenetelmä, jolla pyritään tekemään työn kulusta ennustettavampaa, ja jossa oppimisella pyritään parantamaan tuotannon ohjausta.
P.I	projekti-insinööri.
RAIN	Lean Construction Institute Finlandin ylläpitämä hanke, jolla yritetään jalkauttaa Lean-rakentamisen toimintatapoja nykyaikaiseen rakentamiseen.

1 Johdanto

Yleistä

Rakennusalalla sanaa Lean ei mielellään käytetä, mutta tätä toimintafilosofiaa hyödynnetään entistä enemmän rakennusprojektien suunnittelussa ja toteutuksen projektinhallinnassa. Projekti aikataulut pyritään suunnittelemaan mahdollisimman tiukoiksi ja työntekemisen kohteiden, niin sanottujen ”mestojen” käyttöprosentin kannalta mahdollisimman aktiivisiksi. Työtehokkuutta pitäisi lisätä koko ajan ja hukkaa vähentää, rakentamisen laadusta tinkimättä. Projektin eri urakoitsijoiden ja osapuolten välinen kommunikatio on entistä merkittävämmässä roolissa.

Rakennusprojektin aikataulunhallinta ja tiedon välitys urakoitsijoiden välillä on kaikista uusista rakentamisen mukaan otetuista rajapinnoista huolimatta edelleen kovin jäykkää. Hyvin usein koetaan erityisen haasteellisena se, miksi aikataulut ovat jatkuvasti epätahdissa, toinen urakoitsija on aikataulussa etujassa ja toinen myöhässä. Kolmannen työt eivät etene siksi, että suunnittelija ei ole saanut tarpeeksi ajoissa tietoa rakentamisen aikana huomatuista mahdollisesti merkittävistä muutoksista, ja tasokuvien päivitys jää jälkeeseen. Tiedon vaihto ei ole sujuvaa, läpinäkyvyyttä tulisi lisätä. Eri urakoitsijoilla on käytössään useita omia ohjelmia eri ohjelmistokehittäjiltä, sekä omia käytäntöjä niiden suhteen. Eri urakoitsijoiden ohjelmat voivat aiheuttaa melko paljonkin ristiriitoja keskenään, ja tällöin joudutaan muokkaamaan ja soveltamaan eri alustojen välillä. Kun kaikki toimijat käyttävät eri ohjelmia ja erilaisia työtapoja, tämä aiheuttaa sekavuutta ja arvokasta työaikaa menee turhassa selvittelyssä hukkaan.

Yksi ohjelmista, joka on suunniteltu helpottamaan projektinhallintaa ja osapuolten välistä tiedonkulkua, on Tanskassa kehitetty Dalux. Dalux-sovellus hyödyntää olennaisesti yhdistelmätietomallia osana sovelluksen toimintaa, ja se on otettu tässä opinnäytetyössä testattavaksi käytännön kokeita varten.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Amplit Oy. Amplit Oy on pääkaupunkiseudulla toimiva talotekniikka-alan urakoitsija. Yrityksellä on toimipisteet Helsingissä Malmis ja Espoossa Haukilahdessa. Amplit Oy työllistää vuonna 2020 kaiken kaikkiaan 230 henkilöä, ja yrityksen liikevaihto oli vuonna 2019 n.32 miljoonaa euroa. Amplitilla on kolme eri toimintaosa-aluetta: LVI -urakointi, sähköurakointi sekä Huolto ja Kunnossapito. (Amplit Oy 2020.)

Dalux on jo muutamia vuosia vanha sovellus, mutta jotenkin hyvin vähäisessä käytössä ja tiedossa Suomessa. Amplitissakin työntekijät ovat kuulleet kyseisestä ohjelmasta vasta viime aikoina, joten tämä opinnäytetyö selkeyttää miten kyseistä ohjelmistoa käytetään.

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena oli tutkia Dalux Bim Viewer-, Dalux Box- ja Dalux Field-moduulien toimivuutta ja soveltuvuutta talotekniikkaurakoitsijan toteutuksen näkökulmasta katsottuna. Saatujen käyttökokemusten pohjalta pohdittiin myös ohjelmiston käytöstä saatavia hyötyjä ja mahdollisuuksia nykyaikaiseen Lean-rakentamiseen ja tah-tituotantoon.

Työmenetelmät

Dalux-moduulien käytännön kokeet tehtiin käynnissä olevalla Espoonlahden metroaseman työmaalla. Dalux-ohjelmiston toiminnan tutkimisen kannalta työmaa oli mainio, sillä kyseisellä työmaalla oli käytössä kattava yhdistelmä tietomalli ja kohteessa LVIS-urakoinnista vastasi kokonaan Amplit Oy. Kohteen pääurakoitsijana toimi SRV Oy. Länsimetro on Helsingin ja Espoon kaupungin yhteinen hanke, jossa vanhaa metrolinjaa jatketaan Ruoholahdesta länteen Espooseen päin kolmentoista aseman verran, aina Espoon Kivenlahteen asti. Länsimetron ensimmäisen vaiheen, joka kattaa metron Ruoholahdesta Matinkylään, rakennustyöt aloitettiin marraskuussa 2009. Hankkeen toisen vaiheen, joka sisältää asemat Matinkylästä Kivenlahteen, on tätä opinnäytetyötä kirjoittaessa vuonna 2020 suunniteltu valmistuvan silloin, kun Kivenlahden metroasema otetaan käyttöön liikennöintiä varten vuonna 2023. Ensimmäisen vaiheen asemien välinen liikennöinti aloitettiin vuonna 2017, ja se lisäsi metron ulottuvuutta Espooseen päin kahdeksalla uudella asemalla. Länsimetro Oy on Espoon ja Helsingin kaupunkien omistuksessa oleva osa-

keyhtiö, jonka tehtävänä on olla rakentamassa, ylläpitämässä ja kehittämässä Länsimetron metrojärjestelmää, rataa ja metroasemia Helsingin Ruoholahdesta länteen laajenevalla metrolinjalla. (Länsimetro 2020.)

Ohjelmiston käytännön tarkasteluista ja ohjelman eri toiminnoista luotiin erillinen raportti, joka on tehty tämän opinnäytetyön liitteeksi 1. Projektia varten luotiin oikeasta työmaaprojektista täysin erillinen, oma pienimuotoinen alaprojektinsa Dalux-ohjelmaan, ja sinne eristettiin pieni osa metroaseman työmaasta, jossa suoritettiin käytännön kokeiluja ohjelman avulla työmaakäytössä. Näin saatiin myös kokemusta ohjelman aloittamisesta uutena käyttäjänä ja päästiin tutustumaan siihen, miten Dalux-ohjelmistossa toimitaan ja mitä työkaluja ohjelma pitää sisällään.

Ohjelman kokeellisen käytön vuoksi pitempiaikaisempi datan kerääminen toimintatapojen vaikutuksista projektin kulkuun ei ollut mahdollista, joten tämä työ keskittyy pohtimaan ohjelmiston kokeilun kautta saatuja havaintoja, ja esittää niihin ajatuksia.

Haasteelliseksi työksi tämän teki se, että yrityksellä ei ollut testauksen kohteena olleen ohjelmiston täysimittaista versiota omassa käytössään. Kaikki käytännön testaus täysien työkalupakettien omaavista moduuleista tuli tehdä rajatun aikarajan puitteissa ohjelmiston kokeilujakson aikana. Ohjelmiston käytöstä ei löytynyt juurikaan oppaita, ja opastusvideot olivat Daluxin puolelta jo joissakin tapauksissa vanhenneet ohjelmiston päivitysten myötä, ja Daluxin käyttöliittymä oli ehtinyt kokemaan versioiden välillä muutoksia. Lisäksi työmaa, jolla käytännön tutkimustyötä tehtiin, oli projekti, jonka osasta luotu raportti sisälsi runsaasti arkaluontoista materiaalia, joten kaikki kuvamateriaali ja esimerkit, joita työn aikana tehtiin, ovat salassapitosopimuksen alaista materiaalia eikä niitä tulla esittelemään tässä opinnäytetyön julkisessa osassa.

Kiitokset annan Länsimetro-projektin tiimille, joka antoi luvan tutkimustyön tekemiselle heidän kohteessaan, sekä lukuoikeudet kohteessa käytettävään yhdistelmätietomalliin.

Kiitos lisäksi Daluxin myyntikonsultille Lina Bergille, joka antoi Amplit Oy:n käyttöön testattavaksi ohjelmiston täyden version tätä tutkimustyötä varten.

Ja vielä erityinen kiitos Mika Heinolle ja Arto Ikoselle; työkavereille, jotka tukivat vahvasti työn tiimellyksessä ääneen lausuttuja ajatuksia lähteä tekemään opinnäytetyötä tämänkaltaisesta aiheesta.

2 Digitalisaation vaikutukset talotekniikkaurakoinnissa

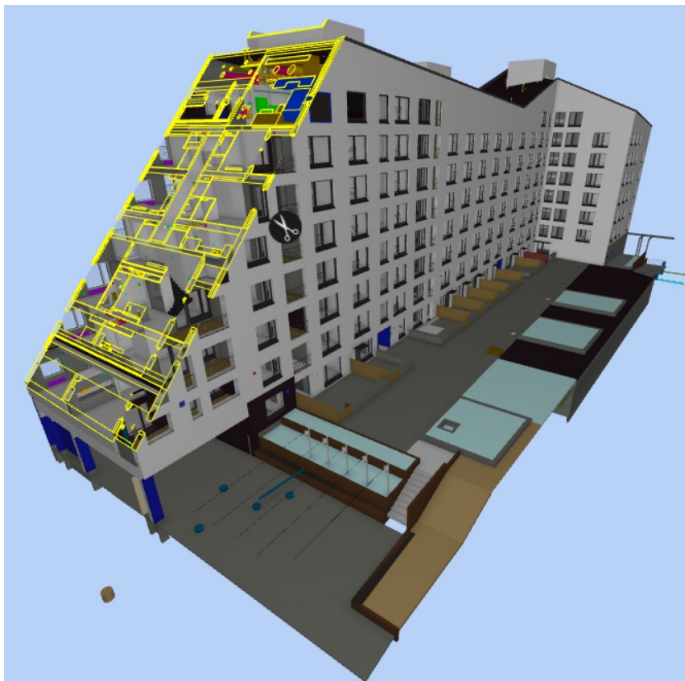
2.1 Digitaalisuuteen siirtyminen rakennusprojekteissa

Kun nykyajan ja tulevaisuuden rakentaminen suuntaa kohti digiaikaa, pitää rakennettavaan ja suunniteltavaan rakennukseenkin sisällyttää kaikenlaisia älykkäitä energianhallintaratkaisuja ja kysynnänjoustojärjestelmiä. Modernit rakennuskohteet pitävät sisällään runsaasti niin sanottua ”Älyrakentamista”. Rakennusalan digitalisaatio tuo rakennuksia lähemmäksi myös Internet of Thingsin, (IoT), mikä tarkoittaa sitä, että kaikki rakennuksen laitteet ja järjestelmät ovat enemmän tai vähemmän yhteydessä internetiin ja välittävät tietoa keskenään langattomien yhteyksien välityksellä. Tietoa tahdotaan kaikkialta reaaliajassa valvontaa varten, ja juuri esimerkiksi kysynnänjousto sähköverkoissa on tällaista toimintaa. Rakennus tai asunto tarvitsee tiettyä hetkenä tietyn määrän energiaa, eli tällöin asunnolla on ”kysyntää” ja tällöin sähköverkon on ”tarjottava” juuri silloisella hetkellä oikea määrä energiaa asunnon tarpeisiin. Älyrakentaminen vaatii nykyajan talotekniikalta paljon, ja talotekniikkaurakoitsijoiden täytyy olla vahvasti ajan hermolla tässä asiassa. (Ahola ym. 2019.)

Digitalisaatio on tuonut rakennuksen suunnitteluunkin viime aikoina jo melkein normikäytännöksi sen, että suurimmista rakennuksista ja asuntokohteista suunnitellaan yhdistelmä-tietomalli, jolla tavallaan rakennetaan rakennus ensin digitaalisesti, jonka jälkeen aletaan vasta siirtymään fyysiseen rakentamiseen. Tietomalli, eli BIM on lyhenne englannin kielen termistä Building Information Model. Tietomalli on virtuaalinen 3D-malli rakennuksesta, ja se sisältää tarkat geometriset tiedot rakennuksesta kaikkine käytettävine materiaaleineen ja ominaisuuksineen.

Rakennusten tietomallintamisella pyritään muun muassa analysoimaan rakennushankkeen kustannuksia, suunnitelmien yhteensopivuuksia, sekä rakennettavuuden onnistumista jo ennen rakentamisen aloittamista, ja tietomalliin sidottuja tietoja pyritään hyödyntämään rakentamisen aikana ja jatkaa näiden tietojen hyödyntämistä käytön ja ylläpidon aikaiseen elinkaarivalvontaan. (YTV2012 osa 1: 5.)

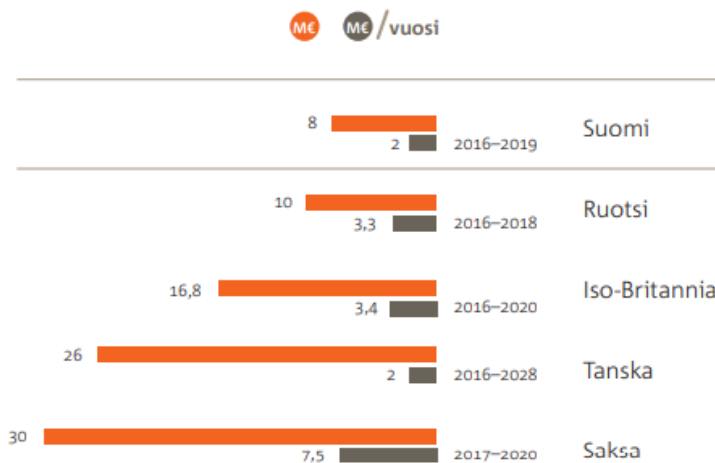
Hyvin tehty ja suunniteltu yhdistelmä-tietomalli voi olla alla olevan (Kuva 1) mukainen. Tietomalli esittää uudis- asuinrakennuskohdetta Vantaan Tikkurilassa, ja sen on suunnitellut A-insinöörit yhdessä Ramboll Finland Oy:n kanssa.



Kuva 1. Esimerkki tietomallinnetusta kerrostalokohteesta Vantaan Tikkurilassa. Tietomalli avattu käyttäen Dalux BIM-Viewer -työpöytäsovellusta.

Suomi on valtioista yksi tietomallipohjaisen suunnittelun edelläkävijöistä (kuva 2) Suomessa on ollut esimerkiksi vuonna 2018 käynnistetty KIRA-digi-hanke, jossa on ollut tavoitteena kehittää rakennusalan digitalisaatiota osaksi valtionrahoitteisena projektina. Tavoitteina tässä projektissa on ollut esimerkiksi helpottaa tiedon saatavuutta avaamalla rakentamisen ja kaavoituksen tietoa julkisesti saatavaksi, ja käynnistää erilaisia kokeiluhankkeita suoraan työelämään. Hanke on tuonut alalle uutta osaamista ja toimintatapoja, ja KIRA-digin tutkimustulokset ovat kaikille avoimia. KIRA-digi-hankkeen käynnistämiä töitä jatkamaan on luotu KIRA-InnoHub, joka jatkaa tätä työtä varsinaisen projektin päätyttyä. (ROTI 2019.)

PANOSTUKSET DIGITAALISEEN LIIKETOIMINTAAN



Kuva 2. Teknologiamaisissa digitaalisiin hankkeisiin käytetyt resurssit vuosien 2016 ja 2019 välisenä aikana (ROTI_2019: 39).

Digitaalisten työkalujen kasvava vaikutus projektin hallinnassa näkyy muun muassa siten, että eri tavarantoimittajat ovat alkaneet kehittämään tuotteisiinsa sisäänrakennettua logistiikkaa ja seurantaan helpottavaa tekniikkaa. Yksi hyvä esimerkki tällaisesta on Prysmian Groupin Suomeen vähän aikaa sitten tuotu Prysmian Alesea-palvelu, joka valvoo kalliiden ja isojen kaapelikelojen sijaintia, jäljellä olevaa kaapelimäärää sekä muuta tietoa kaapelikelaan rakennetulla lähettimellä (Kuva 3). Palvelulla voi seurata tarkemmin kaapeleiden toimituksia ja tarkastella jopa kaapelikelan kuntoa internetiin yhdistetyn lähettimen ansiosta. Tämä on hyvä esimerkki digitalisaation ja IoT:n saapumisesta rakennusosalalle. (Marino 2020; Kaapelikelasta avautuu arvokas tietolähde 2020.)



Kuva 3. Prysmian Alesea-palvelussa kaapelikelaan kiinnitetään NFC lähetin (hopea kiekko kaapelikelan kyljessä), joka on yhteydessä mobiiliverkkoon. Kuva: Prysmian Group

Projektinhoidossa logistiikka ja tavarantoimitus täsmällisesti on erittäin tärkeässä roolissa, ja tätä varten on hyvä kehittää digitalisaation kasvaessa yhteistyötä helpottavia ratkaisuja. Tähän tarpeeseen ovat jotkin kauppiatkin alkaneet toimia enemmän yhteistyössä urakoitsijoiden kanssa, ja yksi hyvä esimerkki tehokkaasti toteutetusta yhteistyöstä tavarantoimittajan ja urakoitsijan välillä on tullut SLO:n Tilauslajittelu-palvelusta, jota käytettiin Espoon Tapiolassa kauppakeskus Ainoan 3. vaiheen tavarantoimituksissa. Amplit Oy oli toiminut tässäkin kohteessa sähköurakoitsijana ja kauppakeskukseen tilattujen tuotteiden toimitukset suunniteltiin Amplitin projektihenkilöstön kanssa tarkkaan. Ison kauppakeskuksen tavaroiden toimituksessa tavaraa jaettiin positiokohtaisesti ajatusperiaatteella ”Oikea tavara, oikeassa paikassa ja oikeaan aikaan”, ja tavaroiden toimituksessa hyödynnettiin myös välivarastointia, jotta toimitukset voisivat tapahtua juuri silloin kun tavaralle oli oikea tarve työmaalla. Tämän kaltainen toimintatapa noudattaa hyvin Lean-rakentamisen ajattelutapaa. (SLO 2020.)

2.2 Digitaalinen toiminta Amplit Oy:ssä

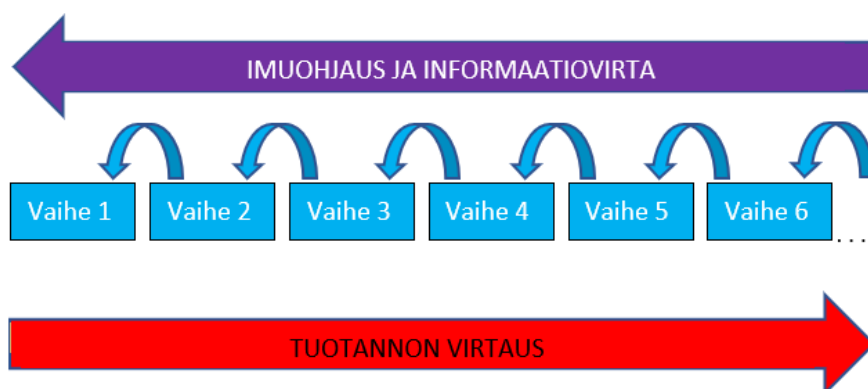
Edellisessä kappaleessa mainitun, tukkurin ja urakoitsijan välisen yhteistyön parantamisen lisäksi digitaalisiin palveluihin panostaminen ja erilaiset digitaaliset työkalut ovat tulleet myös osaksi Amplitin jokapäiväistä toimintaa. Amplitilla on käytössä useita eri tasokuvien käsittelyyn ja aikataulujen laadintaan tarkoitettuja ohjelmia, ja niin projektihenkilöstöltä kuin osalta asentajistakin on alettu vaatia jo näiden digitaalisten työkalujen hallitsemista osana heidän jokapäiväistä työntekoaan. Yritys luopui vuonna 2019 keväällä kokonaan paperisten tiedotteiden jakamisesta yrityksen sisällä, ja siirtyi täysin digitaaliseen sisäiseen viestintään ja tiedottamiseen. Amplit käyttää omassa toiminnassaan paljon verkkoon tallennettavia pilvipalveluita ja pyrkii viemään omaa toimintaansa vahvemmin nykyaikaan ja vähentämään turhaa paperityötä. Määrälaskentaa suoritetaan jo osin täysin sähköisillä massoitteilytyökaluilla, joskin näiden ohjelmien käyttämiseen tarvittaisiin laajempaa kouluttamista yrityksen henkilöstölle. LVIS-suunnittelussa käytetään CAD-pohjaisia ohjelmia, joista saadaan myös tulostettua IFC-tiedostoja tietomalleja varten, ja yrityksellä on tavoitteena löytää tulevaisuudessa jokin kokonaisvaltainen ratkaisu, joka yhdistäisi näitä monia eri osa-alueita yhteen ohjelmistoon.

Tätä opinnäytetyötä kirjoitettaessa Amplitilla oltiin aloittamassa sisäistä, muutaman hengen työpajaprojektia, jossa oli pyrkimys löytää uusia digitaalisia alustoja yrityksen käyttöön. Työpajaan osallistuneita henkilöitä kehoitettiin tutustumaan mahdollisiin ohjelmistokandidaatteihin, ja vertailemaan niiden toimintaa ja soveltuvuutta kokonaisvaltaisen talotekniikka urakoitsijan työkaluiksi. Omaksi osuudekseni tässä työryhmässä tuli selvittää Dalux-sovelluksen ominaisuuksia ja pohtia, olisiko kyseisestä ohjelmasta vastaamaan Amplit Oy:n tai vastaavan urakoitsijan tarpeisiin ja millä tavalla tämä ohjelma voisi edistää talotekniikkaurakoitsijaa aikataulujen hallinnassa ja tiedonhallinnan helpottamisessa, ja täten mahdollisesti vähentää hukkaa ja osaltaan parantaa työtehokkuutta.

3 Lean-rakentaminen ja projektinhallinnan uudet ajattelutavat

Lean on tiivistettynä toimintatapa ja johtamisfilosofia, jolla pyritään minimoimaan projektin aikana ilmeneviä hidastavia ja turhia vaiheita. Lean-toiminta pyrkii irtautumaan vanhasta ajattelutavasta, jossa työt hoidetaan resurssitehokkaasti käyttäen mahdollisimman vähän resursseja halutun lopputuloksen saamiseksi. Lean pyrkii muuttamaan resurssitehokkaan toiminnan virtaustehokkaaksi, eli päämääränä on saada eri vaiheiden välisessä tapahtumaketjujen virtauksessa virran mukana vietävä yksikkö mahdollisimman tehokkaasti loppuun saakka, eli toisin sanoen, miettiä prosessi asiakkaan näkökulmasta mahdollisimman tehokkaaksi. (Modig & Åhlsröm 2019.)

Lean-ajattelutapa on jo itsessään vanha, mutta Lean-ajattelu lähti jalostumaan nykyisen kaltaiseksi aikoinaan Toyotan autotehtaista 1900-luvun vaihteessa. Sen aikaisen toimitusjohtajan ajatukset aloittaa autojen valmistus vasta sitten kun asiakas on sen tilannut, oli askel kohti turhan varastoinnin ja ylituotannon poistamista. Autoja ei tehty enää odottamaan mahdollista ostajaansa, sillä aloitetulla autolla oli jo alusta asti omistaja tiedossa. (Modig & Åhlsröm 2019.) Näihin aikoihin Toyotan insinöörit kehittivät tehtailleen myös ns. ”imutuotannon”, jossa valmistusprosessin komponenttien tarve tuli aina ylempää linjalta aiemman työvaiheen tietoon, ja näin valmistusprosessi oli ”imussa”. Yksi tärkeä muutos autojen valmistuksessa oli myös Lean-ajatteluun olennaisesti liittyvä läpinäkyvyys, eli tuolloin tehtaan työvaiheet yms. olivat suuren joukon, eikä vain toimitusjohtajien, tai pienen ihmisryhmän päätettävissä ja nähtävissä. (Howell 1999.) Kuvassa 4 on esitetty yksinkertaistettu visualisointi imuohjauksesta.



Kuva 4. Imuohjauksen periaate yksinkertaistettuna

Toyotan tuotantoprosessin esimerkissä lähdettiin loppuvaiheesta alkuvaiheeseen päin suunnittelemaan mitä tarvittaisiin seuraavaksi. Esimerkiksi Vaiheen 6 tarpeet tehtiin edelliselle Vaiheelle 5 selväksi, Vaihe 5 ilmoittaa tarpeensa Vaiheelle 4 saadakseen oman osuutensa hoidettua ja niin edelleen. Tiedon tarve kulki ikään kuin vastavirtaan, ja jokaisella eri vaiheella oli tällöin tuotannossa kaksi roolia; sisäisen asiakkaan ja sisäisen toimittajan rooli. (Modig & Åhlström 2019.)

3.1 Rakennusteollisuus ja Lean Suomessa

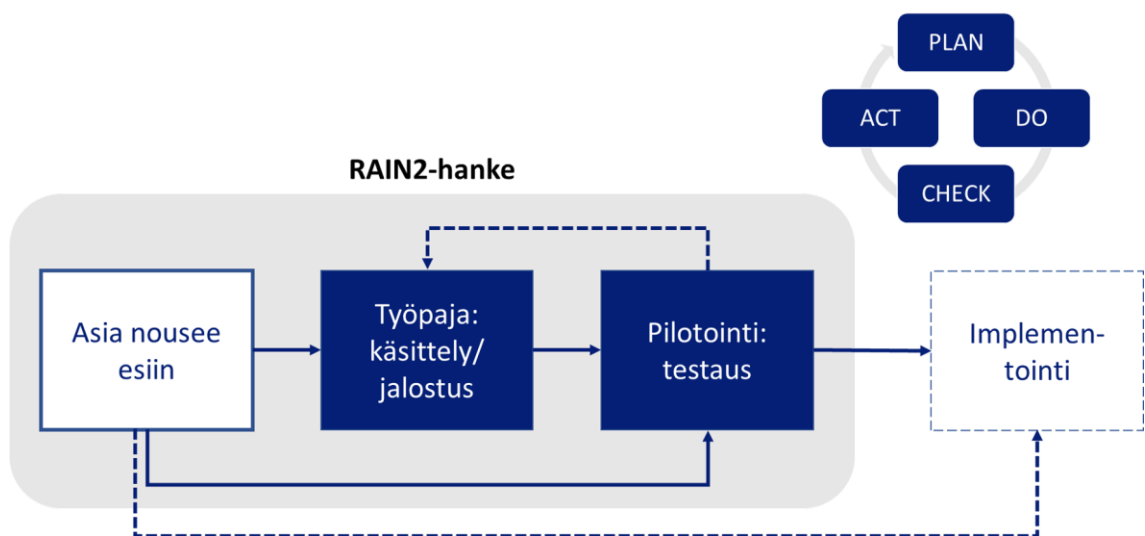
Rakennuttamisen Lean eroaa teollisesta autonvalmistuksen Leanista siten, että tuote, auto, kulkee valmistumisensa aikana tuotantolinjan läpi liikkuen, valmistuen matkalla, ja rakennuksen valmistuksessa resurssit ja tuotannotekijät kulkevat valmistuvan tuotteen, paikallaan pysyvän rakennuksen läpi. (Hyvärinen 2014.) Mutta, niin tuotteen valmistuksessa kuin rakennuksen rakentamisessa, molemmissa pyritään saamaan tuote mahdollisimman sulavasti valmiiksi, ja poistamaan kaikki tehoton ja arvoa tuottamaton aktiviteetti.

Rakennusalalla uutta Lean-ajattelua pyritään edistämään erilaisilla integroiduilla toteutus- ja tahtituotannon muodoilla. Integroidulla toimintamallilla tarkoitetaan toimintatapaa, joka yhdistää projektin eri osapuolet ajattelemaan projektia yhteisellä mielellä koko projektin hyväksi, eikä vain yrityksen etujen ajamiseksi. ja jossa korostetaan sopimuspuolten yhteistä vastuuta, riskien hallintaa ja hyötyjen jakamista koko projektista. Allianssimalli on hyvä esimerkki pitkälle viedystä projektin yhteistoimintamallista, ja siinä on yhteinen sopimus kaikkien osapuolten kesken. (Toteutusmuodot 2020.)

Last Planner System, eli lyhyesti LPS, eräänä esimerkkinä projekti aikataulujen valmistamisessa on hyvä esimerkki Leanin toiminnan integroimisesta rakennusprojekteihin, ja se on tullut Suomessakin enemmän mukaan rakennusprojekteissa. LPS on jo 90-luvulla Yhdysvalloissa keksitty menetelmä rakentamisen tuotannon ohjaukseen, ja sen tavoitteena on lisätä rakennusprojektien työnkulun ennustettavuutta ja tuoda parannuksia tuotannon ohjaukseen oppimisen kautta. LPS pyrkii luomaan häiriöttömän tuotannon edellytyksiä ottamalla projektin aikataulusuunnitteluun mukaan keskeisiä avainhenkilöitä projektista. Teoriassa tällä tavoin osallistamalla tietyistä vaiheista vastaavat henkilöt osaksi aikataulun suunnittelua voidaan saada tarkempia, tai ainakin järkevämmin suunniteltuja aikatauluja eri työvaiheiden toteuttamiselle. LPS-menetelmää hyödyntämällä saadaan seurattua tehtävien toteutumista ja esimerkiksi voidaan havaita mahdollisia esteitä seuraavan työvaiheen toteutuksen aloittamiselle. (Merikallio 2015.)

RAIN 2 -hanke

RAIN2 -hanke on Lean Construction Institute Finland RY:n loppukeväästä 2019 liikkeelle pistämä tutkimus ja kehityshanke, jolla pyritään lisäämään integrointia tukevien ajatus- ja toimintamallien jalkautusta työelämään. Jatkuvan parantamisen periaate, jossa toimintaa arvioidaan parhaan mahdollisen ratkaisun löytämiseksi jatkuvasti, on oleellisena osana RAIN2 -hanketta. Hankkeen kehitysideoita tuodaan esille hankkeen aikana järjestettävissä teematyöpäivissä, joissa käsitellään projektin aikana esille nousseita asioita ja niitä käsitellään näissä työpajoissa. Esille nousseiden asioiden ratkaisuja varten suunnitellaan sitten jalostusta ajatellen pilotointia ja testausta. Työpajapäivien tuloksista saatua sitten syntyä implementointi, joka pyritään tuomaan toimintamenetelmäksi työelämään. Hankkeessa on mukana muutamia Suomen isoimpia rakennus-, suunnittelu- ja konsultointiyrityksiä. Amplit Oy on Suomen talotekniikkayrityksistä toistaiseksi ensimmäinen ja ainoa urakoitsija yritys, joka on mukana tässä hankkeessa. (Amplit Oy 2020; Tutkimus ja kehityshankkeet 2020.)

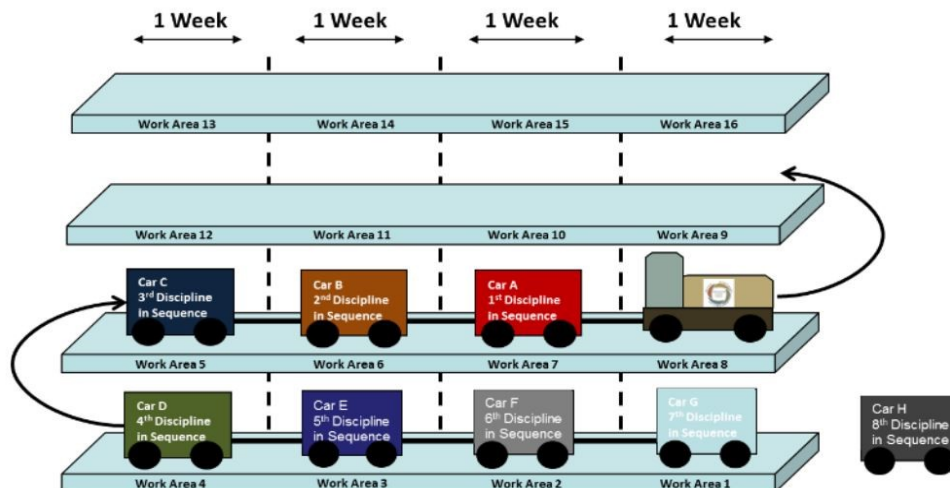


Kuva 5. RAIN 2 -hankkeen toimintaperiaate. Kuva: LCI Finland <http://lci.fi/tutkimus-kehitys/rain2/>

3.2 Tahtituotanto

Tahtituotannolla tarkoitetaan niin sanotusti virtautettua tehtävänjakoa. Olennainen ominaisuus tahtituotannolle on tahtiaika, ja sen määrittäminen, jolloin saadaan työn virtaus, eli ns. "flow" aikaiseksi. Työn flow saadaan aikaan mitoittamalla kaikki työvaiheet saman pituisiksi ja suunnittelemalla ne välittömästi toisiaan seuraavaksi. Tahtituotanto on tullut tuotantoteollisuudesta ja sitä on alettu soveltamaan myös rakennustekniikkaan. Tahtituotanto toimii tuotantolinjalla siten, että jokaisella linjaston vaiheella on oma tietty rooli tietyssä pisteessä tuotantolinjaa, ja yhden pisteen työtehtävän jälkeen seuraava tehtävä on mahdollista suorittaa. Rakentamisessa tahtitukseen pyritään paikka-aikakaavioilla joissa, esimerkiksi vain yksi urakoitsija on tietyllä alueella tietyyn aikaan, jonka jälkeen toinen urakoitsija pääsee paikalle ja näin työvaiheet etenevät tasaisesti suhteessa toisiinsa. Tahtituotannon toimintatapaan kuuluu myös tavaran oikea aikainen toimittaminen oikeaan paikkaan, sillä tavaran turha säilöminen on yksi rakennustyömaalla ilmenevistä hukkan muodoista. (LCI Finland) Työmaalogistiikka on tällöin merkittävässä asemassa tahtituotannon onnistumiseksi.

Kuva 6 esittää erään kalifornialaisen sairaalahankkeen "tahtijunan" (Mölsä 2019; Aalto Yliopisto) toimintaperiaatetta.

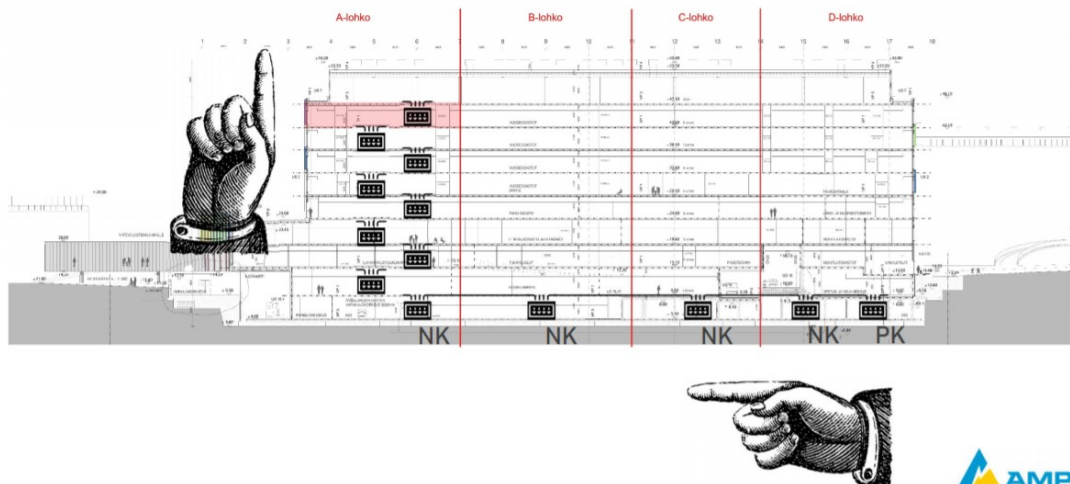


Kuva 6. "Tahtijunan" periaatteen esityskuva kalifornialaisesta sairaalarakennushankkeesta. Kuva: Aalto-yliopisto Visio 2030; Seppo Mölsä 2019

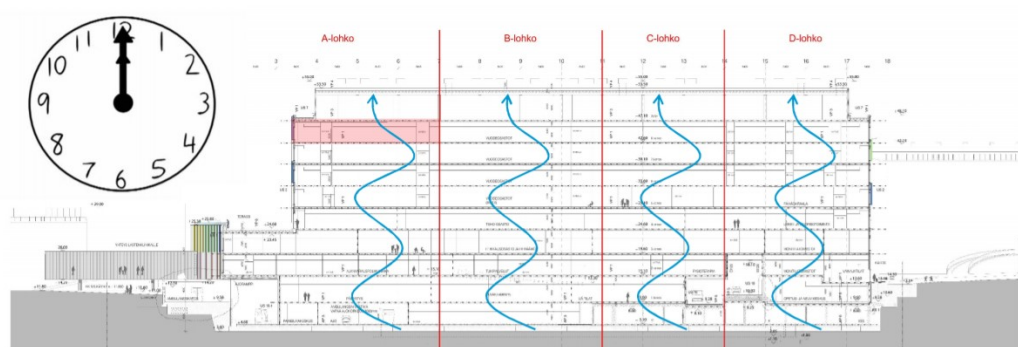
Tahtiakataulutus on kuitenkin useiden tutkimustöiden mukaan vaikea toteuttaa käytännössä, sillä huonosti suunnitellun tahdituksen yhdessä vaiheessa tapahtuva virhe tahdissa vaikuttaa koko tahditukseen, kun tahditukseen ei suunnitella tarpeeksi aika varauksia yllätyksille, eli puskureita. Aliurakoitsijoiden siirtyminen eri työmaille kesken tahtirakentamisen aiheuttaa myös ongelmia, kun valmistuneen tahdin jälkeen ei hetkeen olekaan kyseisellä työmaalla töitä, ja siirrytään hetkeksi muulle työmaalle, jolloin on riski, että tahdituksessa olevassa rakennuskohteessa työmaiden välillä pomppivia urakoitsijan työntekijöitä joudutaan odottelemaan palaavaksi, ja tästä syntyy muille urakoitsijoille turhaa odottelua. (Mäkelä 2020.)

Yksi hyvä esimerkki tahtituotannon käytännön sovellutuksista ja suunnittelun virtautuksesta projektin loppupuolella on tullut Amplitin urakoinnin kohteena olleesta työmaasta Malmin Lastensairaala. Tässä esimerkissä tahtituotantoa käytettiin kohteen työnäikaisessä suunnittelussa sekä itselleluovutusten ja käyttöönoton toteutuksen suunnittelussa projektin loppuvaiheessa.

Tästä tahtituotannon eteenpäin ajamisesta vastasi Amplitin Sähkötöiden johtaja Tomi Alanen, joka toimi kyseisessä projektissa myös projektipäällikönä. Alasen mukaan sairaalakohteen käyttöönottovaihe nähtiin jo alkuvaiheissa haasteelliseksi toteuttaa, joten tilojen tahtituotantomaisen toteutuksen suunnittelu aloitettiin hyvissä ajoin. Virtautuksen suunnittelu, ja erityisesti imun muodostaminen oli tarpeen, sillä Alasen mukaan mikään tila ei ollut samanlainen, eikä toistuvuutta asennusten osalta tapahtunut tilojen osalta. Tilat suunniteltiin käyttöönotettavaksi tahdissa, jonka ensimmäinen kohde, tai ensimmäisenä valmistuva lohko oli sairaalan kellaritilat, josta kaikki muu sähkö nousi muihin kerroksiin. Sairaala jaettiin sitten neljään eri lohkoon ja kerroksittain, jolloin ”tahtijuna” saatiin liikkeelle etenemään kerroksittain ja lohkoittain alhaalta ylöspäin, kuten huomataan kuvista 7 ja 8. (Alanen 2020; LCI Finland 2020.)



Kuva 7. Tahtitutumannon kulun aloitus alhaalta ylöspäin Lastensairaalan kohteessa. Kuva: Tomi Alanen, Amplit Oy, RAIN2-työpajapäivä 4.5.2020.



Kuva 8. Aikakellojärjestelmän toteutuksen periaate kerroksittain. Kuva: Tomi Alanen, Amplit Oy RAIN2-työpajapäivä 4.5.2020.

Toteutuneella tahtitoteutuksella saatiin tilat luovutettua ajallaan ja seuraavaan tilaan siirryttiin aina edellisen valmistuttua. Tässä toteutustavassa tahtijunan edetessä lohko kerrallaan, alhaalta ylöspäin oli vaiheita, joissa esimerkiksi oltiin jo tekemässä A-lohkoissa itselleluovutuksia, samaan aikaan kun D-lohkoilla ei kaapelointitöistä ollut vielä tietoa. (Alanen 2020.)

Projektin käyttöönottovaiheiden toteutuksen ajattelu tehtiin loppupäästä alkupäähän, aiemmin mainitun Toyotan imuperiaatteen (Kuva 4) mukaisesti. Näin saatiin imuohjaus aikaiseksi, eli tiedettiin lopputulos, johon oli päästävä, ja sitten mietittiin askel ja vaihe kerrallaan toimenpiteitä takaperin aloituspisteeseen. Näin tahditus saatiin tehokkaasti toteutettua ja käyttövaiheiden lohkominen auttoi selventämään työn tahtia. Alasen mukaan suunnitteluvaiheessa oli paljon töitä ja suunnittelutyö vei paljon aikaa. Tahditusta hyödynnettiin jo tilojen sähkösuunnittelussa. Suunnitteluun käytetty suurempi aika saatiin kirittyä aikataulussa takaisin toteutusvaiheessa. Alasen mukaan tämänkaltaisen toiminnan toteutumiseksi olisi hyvä, jos urakoitsija olisi jo projektin alkuvaiheessa mukana tahdituksen suunnittelussa, ja rakentaja ja rakennuttaja olisivat myös ajoissa mukana tekemässä päätöksiä tahdituksen käyttämisestä projektissa. (Alanen 2020.)

Alasen mukaan yksi ongelma tahdittamisessa oli kohteen tietomallien yhteensovittaminen, sillä sairaalan kaikki järjestelmät olivat suunnitteilla samanaikaisesti. Tiedon välityksessä suunnittelijoiden ja työmaan välillä oli myös heikkoa, ja tätä varten olisi syytä panostaa tiedon välittämistä ja kulkua helpottavien sovellusten ja ratkaisuiden omaksumiseen yrityksen sisällä. (Alanen 2020.)

Tätä kommenttia vasten olisikin hyvä löytää ratkaisu, joka yhdistäisi tietomallipohjaisen suunnittelun ja sen hyödyntämisen, ja jolla pystyisi valvomaan tehtävienjakoa ja työn valmistumista. Tätä tarkoitusta mahdollisesti palvelemaan otettiin kokeiluun seuraavassa kappaleessa esiteltävä ohjelma Dalux.

4 Dalux

Dalux-ohjelmisto on perustettu Tanskassa Kööpenhaminassa vuonna 2005, ja ohjelmisto on yksityisomistuksessa ohjelmiston kehittäjän Bent Dalgaardin ja hänen veljensä Torben Dalgaardin kanssa. Daluxilla on aktiivisia käyttäjiä jo 155:ssä eri maassa. (Dalux 2020.) Suomessa sovellus on ominaisuuksiinsa ja ikäänsä katsoen melko vähän tunnettu ja vähäisessä tiedossa alan toimijoiden keskuudessa.

Dalux on pilvipohjainen rakennuksen tietomallien ja tiedostojen säilyttämisen, sekä rakennustöiden aikaisen projektinhallinnan mahdollistava ohjelma, joka toimii niin mobiilissa kuin tietokoneella. Se yhdistää samankaltaisia toimintoja monesta eri ohjelmasta, kuten Buildercomista ja Congridista. Dalux koostuu moduuleista, jotka keskittyvät kaikki omaan osa-alueeseensa. Samankaltaisia ominaisuuksia omaavia ohjelmistoja on mm. Autodesk 360, Trimble Connect, sekä Solibri.

Dalux-moduuleja on tällä hetkellä vuonna 2020 neljä. Tässä opinnäytetyössä käsittelen niistä ainoastaan kolmea; Vieweriä, Fieldiä ja Boxia. Valikoiman neljäs moduuli Dalux Facility Management keskittyy rakennuksen käytön aikaiseen energia- ja elinkaarivaltontaan, joten se ei palvele talotekniikka-urakoitsijan rakentamisvaiheessa vaadittavia tarpeita, niin kyseisen moduulin tutkiminen on jätetty tästä työstä tämän takia pois.

Viewer on kolmeen eri projektiin asti ilmainen, 3D-mallin tarkasteluun kohdennettu moduuli. Field on työmaan projektihenkilöille tehtävienhallintaa varten suunnattu, ja Box on suunnittelijoille ja muille toimihenkilöille tiedonhallintaan ja tallennukseen suunniteltu moduuli.

Field ja Box ovat ohjelmaan avattavia maksullisia moduuleja. Tietokoneelle ladataan Dalux BIM Viewer Daluxin verkkosivuilta. Mobiililaitteille Google play- ja App-storesta löytyy kaksi versiota Daluxista, joista toinen on ilmaiselle lisenssille tarkoitettu, ja toinen maksulliselle lisenssille tarkoitettu sovellus. On hyvä huomioida, että mobiilissa esimerkiksi Boxilla ja Fieldillä aloitettu projekti ei ole luettavissa tai tarkasteltavissa Viewer-sovelluksella, mutta Viewerissä aloitettu projekti on avattavissa Boxilla ja Fieldillä.

Tässä kappaleessa esitellään Daluxin eri moduulit ja kerrotaan lyhyesti, mitä ominaisuuksia kullakin moduulilla on. Tarkemmat tiedot maksullisten moduulien käytöstä ja niiden kokemuksista ovat liitteessä 1.

4.1 Dalux BIM Viewer

Dalux BIM Viewer on ilmaisessa jakelussa oleva versio ohjelmasta. Viewerissä voi yhdellä käyttäjällä olla maksimissaan kolme käynnissä olevaa projektia. BIM Viewer toimii työpöytäkäytössä netin yli selaimessa ja omaan tietokoneeseen asennettavalla Dalux BIM Viewer -ohjelmistolla, ja Android tai Applen iOS-laitteilla Dalux Viewer mobiili applikaation kautta. Viewer-sovelluksella pystyy tarkastelemaan Daluxin pilveen tallennettua tietomallia ja sinne tallennettuja tasokuvia ja tiedostoja, ja sillä pystyy lähinnä, niin kuin nimikin sen jo kertoo, vain tarkastelemaan tietomallia ja siihen liitettyjä tiedostoja. Muut työkalut löytyvät Field- ja Box-moduuleista.

Kun Daluxiin rekisteröityy, ja avaa ohjelman ensimmäistä kertaa, on Daluxilla oletuksena avattavissa projekti ”Building 127”, joka esittelee katseluohjelman toimintaa (Kuvat 9-11) ennen oman projektin aloittamista.



Kuva 9. Dalux Viewerin aloitusnäkyä Daluxin omasta malliprojektista Google Chrome-verkkoselaimessa avattuna. (Dalux 2020.)

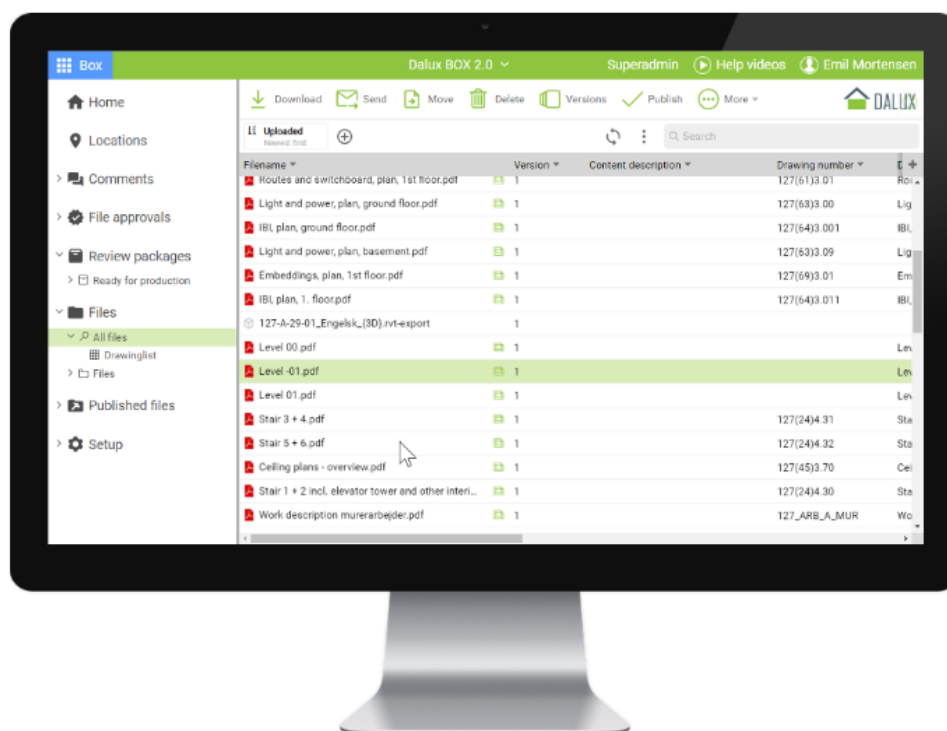


Kuva 10. Ruutukaappaus samasta Daluxin omasta malliprojektista Android-puhelimella avattuna BIM Viewer -sovelluksella.



Kuva 11. Mobiililaitteen näkymä Daluxin malliprojektista, jossa näytetään samaan aikaan 2D-tasokuva sekä 3D-tietomalli.

4.2 Dalux Box



Kuva 12. Dalux Box-moduulin valikkonäkymä. Kuva: Daluxin omat verkkosivut <<https://www.dalux.com/fi/dalux-box/>>

Dalux Box -moduuli toimii aloitetun projektin tietopankkina. Se on moduuli, johon tallennetaan kaikki projektiin liittyvät tiedostot, tasokuvat ja kohteen tietomallit, ja kaikkia tiedostoja pääsee tarkastelemaan saman portaalin kautta (Kuva 12). Box -moduuli yhdistää rakennuksen tietomallin tarkastelun ja tietopankin ominaisuudet. (Dalux Box 2020) Käyttöliittymä on samankaltainen Viewerin käyttöliittymän kanssa, tosin suurempi määrä ominaisuuksia hankaloittaa valikossa navigointia, jos siirtyy Vieweristä Boxiin. Projektien aloitus tapahtuu samalla tavalla molemmissa ohjelmissa. Box ja Viewer ovat kuitenkin täysin eri ohjelmat, joten mobiilisovellusta käytettäessä Boxilla aloitettu projekti ei avaudu mobiili-Viewerissä moduulien ominaisuuksien radikaalien erojen vuoksi. Tiedostot, joita Boxiin tallennetaan tallentuvat Daluxin ylläpitämään verkkotallennustilaan, eli pilveen. Boxin pystyy Field -moduulin kanssa myös valmistelemaan offline -käyttöä varten, jolloin Boxin kaikki tiedot ladataan käytössä olevaan laitteeseen. Box -moduuli muistuttaa hyvin paljon SokoPron, ja muita pilvessä toimivia projektipankki-palveluita, ja samankaltaisia ja yhteisiä toimintoja voi löytää kaikkien ohjelmien väliltä.

4.3 Dalux Field



Kuva 13. Dalux Field -moduulin valikkonäkymä. Kuva: Daluxin omat verkkosivut <<https://www.dalux.com/fi/dalux-field/>>

Dalux Field on projektin toteutusvaiheen aikaiseen tehtävienjakoon ja laadunseurantaan tarkoitettu moduuli, joka on suunniteltu pääasiallisesti työmaalla mobiililaitteiden kautta käytettäväksi. (Dalux Field 2020) Field-moduulin etusivulta (Kuva 13) nähdään projektissa annettujen tehtävien kulkua. Field-moduulissa jaetaan muille työntekijöille tehtäviä, määrittellen urakan eri osapuolet ”Urakkasopimukset”-asetusten kautta ja se, kuka saa mitään tietoa keneltäkin tällä tavoin määriteltujen tehtävienjakojen kautta. Field-moduuli muistuttaa käyttötarkoitukseltaan ja ominaisuuksiltaan esimerkiksi yleisessä käytössä olevaa Congridia, tai entistä Sähköinfon ylläpitämää Tarketti-ohjelmistoa. Field-moduuli on tarkoitettu parantamaan projektin urakoitsijoiden ja työntekijöiden välistä tiedonkulkua, ja tasokuviiin tehtävien merkintöjen lisäksi sitä käytetään laadun- ja aikataulujen hallintaan erilaisten kaavakkeiden ja testisuunnitelmien avulla.

5 Dalux ja Lean-rakentaminen

Tässä luvussa esitellään ideoita ja mahdollisuuksia, joita Dalux Viewer-, Field- ja Box-moduuleita käyttämällä voitaisiin saada talotekniikka-urakoitsijan projektinhoidon kannalta ja ehkä viedä projektityöskentelyä enemmän kohti Lean-rakentamisen toimintatapoja Daluxin kaltaista ohjelmistoa hyödyntämällä. Pohdinnat ja ideat perustuvat tarkempaan käytön kokeiluun ja raportointiin, ja nämä on kirjattu tämän opinnäytetyön liitteeseen 1. Ajatukset ja ideat ovat myös sovellettavissa vastaavanlaiseen ohjelmistoon, mutta koska tämän työn tutkimuksen kohteena on ollut juuri Dalux, esitetään kaikki ajatukset Daluxin työkalujen esimerkeillä.

5.1 Daluxin kaltaisen ohjelmiston vaikutukset projektityöskentelyyn

Lean-rakentamisen, ja Lean-ajattelun ylipäättään, esitetään Modigin ja Åhlströmin mukaan (2019: 75) tuovan ratkaisuja seitsemään eri tavalla ilmenevään hukan muotoon, joita ovat

- tarpeeton tuotanto
- turha odottelu
- tarpeettomat kuljetukset
- tarpeeton liikatyö
- tarpeeton varastointi
- turha liikkuminen
- jo tehdyn työn uudelleen tekeminen

Kahdeksanneksi hukan muodoksi voidaan myös lukea työntekijöiden luovuuden hyödyntämättömyys. (Salparanta 2019: 2)

Tarpeettoman tuotannon minimoimiseksi tietomallia hyödyntävää ohjelmistoa käyttämällä ei saada vaikutusta aikaan, eikä myöhässä ilmoitetuista muutoksista johtuvaa kertaalleen jo tehtyä työtä saada tekemättömäksi, mutta näihin molempiin pystyy vaikuttamaan välillisesti vastuun ottamisella ja tiedon välittämisellä. Yhdeksi yhdistäväksi tekijäksi näiden kaikkien seitsemän hukan muodon kesken voitaisiin sanoa olevan heikko tiedonvälitys. Läpinäkyvyyden puute on erityisen vahvasti läsnä urakoitsijoiden välisessä kommunikaatiossa rakennusprojektin toteutuksen aikana, ja tämä on yksi isoimmista parannuksen kohteista projektityöskentelyssä. (LCI Finland 2020)

Tiedonvälityksen parantajaksi Dalux Field -moduulin Workflowsien, tai suomeksi ”Urakasopimukset” kaltaista ominaisuutta kaivattaisiin ehdottomasti toimistoväen ja asentajien välisen tiedonvälityksen parantajaksi. Lähinnä kuitenkin isompien asioiden ja konfliktien esiintuomiseksi ajoissa, jotta niihin ehdittäisiin reagoimaan myös ajoissa.

Päivittäistä asioiden päivittelyä ei ole järkevää siirtää Daluxin kaltaiseen ohjelmaan, vaan tämänkaltaisen toiminta on hyvä jättää esimerkiksi Whatsapp-sovellukselle. Joissakin tutkimuksissa työryhmän sisäiseen viestintään luotu keskusteluryhmä on tuonut merkittävää parannusta työryhmän sisäiseen viestintään, ja sitä käyttäneet työntekijät olivat kokeneet tiedon välittyvän tehokkaammin työryhmän sisällä. Usein kuitenkin työntekijät jättävät liittymättä sen kaltaisiin ryhmiin, usein toisten kollegoiden viestiketjuun lähettämien asiattomien ja vulgaarien päivitysten takia. Sellaisen sisällön jakaminen Workflowsin kaltaisen tehtävienjakokanavan kautta ei onneksi ole mahdollista, joten tämä voisi olla yksi hyvä asia, joka voisi saada edellä mainitun ongelman takia ryhmästä poisjäävät henkilöt mukaan tiedonvälitysketjuun. Nopea tiedon jakaminen ja vastaanottaminen on nimittäin tärkeässä roolissa jokapäiväistä työskentelyä.

Workflows-viestiketju luodaan Field -moduulissa. Viestiketjuun voi lisätä ketä tahansa henkilöitä eri organisaatioista ja asemista, kunhan kutsuttavalla henkilöllä on vain oma Dalux-käyttäjätunnuksensa. Merkintöjä tasokuviin pystyy kuitenkin lisäämään ja muokkaamaan vain käyttäjät, joilla on oma lisenssi Field -moduuliin, ja tämä rajoittaa täysivaltaista käyttöä ja Fieldin potentiaalia harmillisen paljon. Tietoa työmaalla huomattavasta asiasta voidaan pitää tämän työvirtauksen virran osana, jonka pitäisi päästä mahdollisimman tehokkaasti oikealle henkilölle.

Esimerkkinä Daluxin workflows-urakkajaon toiminnasta tiedon välittäjänä projektiryhmässä voitaisiin esimerkiksi katsoa, miten niin sanottujen punakynä-merkintöjen, eli tarpeirustusten valmistamisen työnkulku voisi työmaalla lähteä käyntiin Workflowin kaltaiseen tehtäväjakoon asentajan ja kärkimiehen välillä:

Asentaja huomaa töitä tehdessään tasokuvissa asian, jota ei siinä hetkessä pysty toteuttamaan saatavilla olevien asennuskuvien mukaisesti. Asentaja ilmoittaa asiasta kärkimiehelle, jonka jälkeen kärkimies kertoo asentajalle, miten työ saadaan suoritettua asianmukaisesti. Asentaja kuuluu työvirtaan nimeltä ”Punakynäkuvat”. Punakynäkuvat työvirtaus on asetettu olemaan kaksisuuntainen tiedonkulku, eli tehtävän vastaanottaja pystyy kommentoimaan ja tekemään merkintöjä hänelle annettuun tehtävään, jonka jälkeen tehtävän lähettäjä voi nähdä kommentit ja kuitatun työn kommentteineen ja kuvineen. Lisenssirajoitusten vuoksi tehtävienjakoja, eli Taskeja pystyy antamaan vain lisenssin haltija, jotka tässä työmaan tapauksessa ovat asentajien kärkimies, projekti-insinööri ja projektipäällikkö. Kaksisuuntaisen tiedonkulun ansiosta asentaja voi vastata vaatimusten mukaan hänelle annettuun tehtävään. Kärkimies antaa asentajalle tehtävän (Task) ”Kaiutin kaapeloinnin järjestyksen muutos liiketilassa N”. Asentaja tekee työnsä, jonka jälkeen tekee merkinnät paperiseen tasokuvaan asennetun kaiutinkaapelointijärjestyksen, ja ottaa siitä kuvan ja laittaa otetun kuvan tehtävän kuittauksen mukana kärkimiehelle takaisin. Kärkimies ottaa kuitatusta tehtävästä valokuvan talteen, ja tallentaa sen omaan kansioonsa. Tehty muutos tulee tallennettua saman tien, pysyy tallessa, ja muutoksen tekemisen paikka ja ajankohta löytyvät kuitatusta tehtävästä. Aloitettaessa tekemään tarkekuvia projektin loppuvaiheessa ei punakynämuutoksia tarvitsisi enää etsiä ja miettiä kuka merkinnät oli tehnyt, milloin oli tehnyt, ja miten oli tehnyt. Tieto saataisiin urakoitsijan työkuvasuunnittelijalle suoraan.

Tarpeettoman liikkumisen vähentämiseksi Dalux onnistuu siinä mielessä, että kaikilla projektissa mukana olevilla henkilöillä on aina mukanaan kaikki tarpeelliset tasokuvat, niin oman ammattialansa, kuin muiden alan urakoitsijoiden tasot, sekä tietomalli, josta pääsee tarkastelemaan mahdollisia konflikteja ennen työsuorituksen aloittamista. Tällöin ei tarvitsisi olla aina kaikkia mahdollisia tasokuvia mukana paperisena, jos vaikka sattuu tarvitsemaan hetkeksi jotakin oleellista tietoa jostakin toisesta tasokuvasta, eikä silloin tarvitse lähteä etsimään oikeita ja ajantasaisia kuvia jostain päin työmaata. Tähän tavoit-

teeseen ja eritoten tiedon hakemiseen tasokuvista ja tietomallista päästään kaikilla Daluxin versioilla, ja testikäytön aikana huomattiin esimerkiksi tiettyjen valaisinpositioiden löytämisen tapahtuvan erinomaisesti BIM vieweriin asetettavien suodattimien avulla. Jos vaikkapa johonkin isoon julkiseen kohteeseen on suunniteltu satojen valaisimien joukosta tiettyyn paikkaan menevän vain yksi erikoinen valaisin, eikä valaisinluettelossa ole ilmoitettu sen asennussijaintia, yksittäisen valaisimen löytäminen nopeutuu huomattavasti, kun suodattaa tietomallista näkymään ainoastaan halutun valaisimen eikä aikaa katoa valaisimen etsintään dokumenteista. Se, mihin työmaalle jo toimitettu kyseinen haluttu valaisin onkin ajan saatossa kadonnut liian aikaisin tilatun toimituksen takia, onkin sitten jo merkki siitä, että kohta on välitön hetkellinen tehottomuuden ajan jakso edessä.

Kuitenkin, paperiset tasokuvat ovat yhä erittäin vahvasti läsnä työnteossa, ja täysin paperittomaan asennustyöskentelyyn tuskin lähiaikoina ollaan siirtymässä paperisten tasokuvien helppokäyttöisyyden vuoksi.

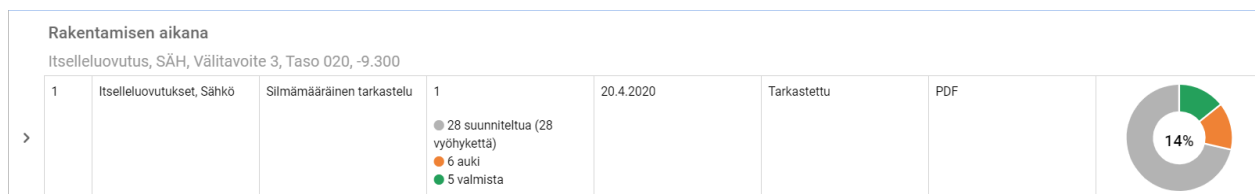
5.2 Aluejaon tahdissa

Yksi käytännön Lean-rakentamisen esiintymismuoto nykyaikana on tahtituotanto, jota käsiteltiin hieman tämän työn aiemmassa kappaleessa 3. Erialaisten mobiilisovellusten ottaessa isompaa valtaa aikataulun tarkkailussa ja tehtävien jaossa, suunniteltua tahtirakentamista olisi hyvä myös jollain tavalla päästä seuraamaan intuitiivisesti.

Varsinaista tahtiaikataulun suunnittelua ei pysty, eikä kannatakaan lähteä tekemään Daluxissa, sillä sitä varten on olemassa aivan sitä tarkoitusta varten tehdyt ohjelmat, kuten Amplitin käytössäkin oleva Planet-ohjelmisto. Dalux Box ja Field, tai toisen ohjelman vastaavat työkalut, antaisivat tosin hyvän mahdollisuuden visualisoida ja seurata suunniteltua työn tahditusta ja sen toteutumista. Projektin valmistumis-asteita pääsisi ainakin seuraamaan helposti alue, tila-, tai kerroskohtaisesti, kun eri urakoitsijoiden tavoitteet ja järjestelmät sidottaisiin tarkistuslistoihin, jotka puolestaan olisivat sidottuina myöhemmin tässä työssä käsiteltäviin aluejakoihin.

Daluxissa on yhtenä ominaisuutena mahdollisuus jakaa tasokuva ja tietomalli erikokoisiin ja -muotoisiin alueisiin. Tämä ominaisuus on Zones, tai Aluejako suomeksi. Aluejakoa pystyy tekemään vain maksullisessa Box-moduulissa. Aluejaossa määritellään haluttujen alueiden rajat, ja keväällä 2020 ohjelmistoon tulleen päivityksen myötä on tasokuvaan tullut mahdollisuus lisätä päällekkäisiä alueita, kun ennen se oli rajattu yhteen alueeseen haluttua aluerajaa kohden. Esimerkki kahdesta päällekkäisestä alueesta voisi olla vaikkapa tehty aluejako, jossa ensimmäinen alue kattaisi yhden kokonaisen sähkökeskuksen jakelualueen, ja toinen päälle lisätty olisi vaikka huonekohtainen aluejako, ja tästä voisi olla hyötyä Fieldissä tehtävien testisuunnitelmien laatimisessa. Testisuunnitelmat voivat olla aluejakoon aluekohtaisesti sidottuja tarkistuslistoja, jotka valvoisivat rajatun alueen töiden valmistumisasteita ammatti-aloittain, joka voisi mahdollistaa ”tahtijunan” etenemisen seuraamisen tilakohtaisesti.

Tilakohtaiset testisuunnitelmat ja tarkistuslistat voisivat myöskin olla urakoitsijakohtaisia suorituksia, jolloin kunkin urakoitsijan etenemistä voisi seurata ympyrä-diagrammin (Kuva 14) avulla. Alla oleva esimerkki esittää Espoonlahden metroasemalla tehdyn itselleluovutuskierron valmistumista, jossa tarkastellusta kerroksesta tehtiin testisuunnitelmat tilakohtaisesti.



Kuva 14. Tahtijunan etenemistä voisi jokainen seurata hyvinkin intuitiivisesti töiden valmistumisasteilla aluejakoon tehtyjen tarkistuslistojen avulla Field -moduulin ”Suunnitelmat”-välilehdeltä.

Tahtiaikataulun suunnittelussa Box-moduulissa tehtävä aluejako, tai ”Zones”, mahdollistaisi suhteellisen tarkankin projektin valmistumisen seurannan ja selkeän visuaalisen indikoinnin projektin edistymisestä. Tahtijunan eteneminen tulisi hyvin esille Box-moduulissa olevasta aluejako-ominaisuudesta. Näihin tasokuvaan tehtäviin aluejakoihin pystyy

linkittämään tiedostoja ja aikatauluja Boxissa, ja luomaan niille testi- ja tarkastussuunnitelmia Fieldissä. Tahdituksen kannalta tahtijunan seuranta Fieldissä *Tarkistuslistat-* ja *Testisuunnitelmat* -työkalujen avulla olisi hyvinkin intuitiivista varsinkin silloin, jos tahditus tehdään asuntotuotannossa esimerkiksi kerros tai rappu kerrallaan, ja eri ammatti-alojen töiden valmistumiselle annetaan omat tarkistuslistat, joita täytellään töiden edetessä. Silloin kaikkien urakoitsijoiden edistyminen tietyllä alueella esitettäisiin selkeästi, niin se helpottaisi yhteistä projektin koordinaointia, kun eri urakoitsijat näkevät toistensa edistymisen Field-moduulin testisuunnitelmat-välilehdeltä. Valmistumisen seuranta oli testikäytössäni Espoonlahden metroaseman työmaalla selkeästi havaittavissa, kun tilajaot ilmenevät tietomallin karttaan korostetuina sektoreina, ja eri työvaiheiden valmistumista pystyi seuraamaan prosentteina näkyvän ympyrä-diagrammin avulla. Varsinainen tahdituksen suunnittelun testaus, ja eri työvaiheiden valmistumisen seuranta eivät valitettavasti olleet enää mahdollisia kokeilujakson päätyttyä.

Zones-aluejaon ominaisuudet eivät tulisi hyötykäyttöön vain tahtituotannon kannalta, vaan sitä voisi myös hyödyntää ihan niin sanotun perinteisen tavan rakentamisessa, jolloin urakoitsija vastaisi itse omasta edistymisestään ja valmistumisasteen seurannasta, riippumatta siitä onko muitakin urakoitsijat mukana Field-projektissa käyttäjinä.

Tahdituksen etenemisen seurantaan Fieldissä mahdollistaisi vain se, että Field- ja Box-moduulit ovat molemmat aktiivisena käytössä projektissa, sillä tilakohtainen aluejako tehdään Box-moduulissa. Tämän lisäksi kaikkien urakoitsijoiden olisi tällöin sitouduttava käyttämään yhtä rajapintaa, ja tämä voi olla erittäin iso haaste. Tämän kaltaisessa tapauksessa pääurakoitsija voi olla se taho, joka painostaa aliurakoitsijoita sitä käyttämään, sillä aliurakoitsijan pyyntö yhteiselle rajapinnan käytölle toiselle aliurakoitsijalle voi olla melko hedelmätöntä. Yhteisen rajapinnan käytöstä pitäisi sopia jo urakkaneuvotte- luissa.

Jos tate-urakoitsijalla on käytettävissään vain Field moduuli, ei tahtiaikataulun seuraaminen koko projektin etenemisen osalta tilakohtaisesti ole mahdollista ilman Boxissa tehtyä aluejakoa, ja aluejakoon sidottuja testisuunnitelmia. Tällöin pääurakoitsijalla olisi päävastuu olla mukana suunnittelemassa talotekniikkaurakoitsijan kanssa tahditusta, jotta urakoitsija pystyisi hyödyntämään Box-moduulin tuomia lisäominaisuuksia. Mikäli

urakoitsijalla olisi käytössään vain Field-moduuli, eikä molempia moduuleja, pystyisi tahditusta seuraamaan vain kerros kohtaisesti, mutta toisaalta, sekin mahdollistaisi jo eräänlaista tahdituksen tai alueen seurantaa työmaalla.

Yksin Field-moduulin käyttämisestä on kuitenkin jo sellaisenaan myös hyötyä sen käyttäjille. Pelkkä Field ei hyödynnä omassa itsenäisessä toiminnassaan rakennuksesta tehtyä tietomallia, eikä Field-moduuli yksinään käytettynä tarjoa 3D-katselinta, jolla pystyisi tarkastelemaan rakennuksen geometrisia ominaisuuksia. Projektin tiedostojen tarkastelu tapahtuu tällöin vain 2D-tasokuvien kautta. Mutta jo vain se, että kohteesta on tehty Fieldiin oma tiedostorakenne ja sinne on ladattu aina ajantasaiset tasokuvat ja dokumentit helpottavat jo työskentelyä kentällä. Kuvia ei tarvitse aina lähteä hakemaan toimistolta, vaan kaikki kulkee mukana tabletilla tai puhelimella. Tasokuvien ja dokumenttien tarkastelu on tämänkaltaisen sovelluksen kautta nopeampaa, sillä tasokuvien avaamiseen ei tarvitse käyttää itse laitteen omaa laskentatehoa, joka voi olla joskus erittäin hidasta isojen ja yksityiskohtaisten tasokuvien kohdalla. Tasokuvan avaaminen tapahtuu sovelluksen kautta jossain muualla verkkopalvelimen kautta, ja silloin tiedostot latautuvat ja avautuvat paljon nopeammin.

Fieldiin tehtävien tehtävienjakojenkin ominaisuus luo urakoitsijalle hyvän alustan oman työn hallitsemiseen ja laaduntarkkailuun, varsinkin itselleluovutuksia tehtäessä, mutta myös rakentamisen aikana tapahtuvassa työntekijöiden välisessä kanssakäymisessä.

5.3 Mahdolliset ongelmat ja haasteet

Yhteen rajapintaan siirtymisen vaikeus ja velvoittavuus

Haastattelussani työmaalla tuli esiin eräs kriittinen ajatus sovelluksen käytöstä ja siitä, mitä sen käyttö vaatisi työryhmän jäseniltä. Esiin heräsi kysymys siitä, kuka esimerkiksi maksaisi sovelluksen käytöstä asentajille? Tosiaan, jotta sovelluksesta ja näistä eri moduuleista voitaisiin saada kaikki hyöty irti, olisi jokaisen projektissa mukanaolevien henkilöiden sitouduttava käyttämään ohjelmaa aktiivisesti. Tämä taas nostaa esiin jatkoky-

symyksen: Millä tavalla asentajille annettaisiin mahdollisuus käyttää sovellusta, jos kailta projektin osapuolilta sitä näin vaadittaisiin? Yritykselle saattaa tulla liian kalliiksi se, että kaikille asentajille hankitaan oma työpuhelin (ellei tämä ole jo firman käytäntö valmiiksi) käytön mahdollistamiseksi. Ja jos ei työpuhelin suostuta hankkimaan, niin jollain tavalla sen käyttämisestä pitäisi todennäköisesti työntekijöitä palkita, että se kannustaisi moduulien aktiiviseen käyttöön. Daluxin kaltainen mobiilisovellus olisi kuitenkin kokonaan uusi ja erillinen asia, jota työryhmän täytyisi opetella käyttämään ja ylläpitämään osana päivittäistä työtänsä, eli yrityksen tulisi järjestää koulutusta ohjelman käytöstä. Oman henkilökohtaisen puhelimen käytöstäkin voi tulla ongelmia, sillä rakennustyömaat ovat kaikille sähköisille laitteille erittäin vaativia ympäristöjä, ja nämä herkät laitteet rikkoutuvat helposti. (Lappalainen 2020.)

Vastaavanlaisen sovelluksen käyttämisen kannalta tulisi työryhmän jäsenien olla myös avoimia, sillä ketään ei voida pakottaa käyttämään sovellusta vasten tahtoaan, ja jos työntekijä ei suostu käyttämään suunniteltua ohjelmistoa, ei siitä saada hänen osaltansa silloin tiedon välittymistä parantavaa hyötyäkään.

Partisen (2018: 22) mukaan Daluxin tehokkaassa käytössä pääurakoitsijan näkökulmasta yksi ongelma on ollut se, ettei NCC:n työnjohto saanut Daluxiin aliurakoitsijaa varten tehtyjä havaintoja kuitatuiksi aliurakoitsijan omasta toimesta sen takia, koska aliurakoitsija ei ollut sitoutunut käyttämään Daluxia. Kaikkien projektin osapuolten saaminen mukaan yhteen rajapintaan ja samaan projektiin voikin olla erittäin iso haaste projekteissa, joissa on mukana paljon eri urakoitsijoita.

Työpanostus vastaan siitä saatu hyöty

Projektihenkilöstön näkökulmasta ainoastaan Viewer-moduulin mukaan ottaminen projektiin voidaan nähdä yhtenä suunnittelijoiden ja projektihenkilöstön aikaa ja resursseja vievänä toimintana, ja suunnittelijoiden ja projekti insinöörien ajalle on myös annettava arvoa. Sen mihin laitetaan resursseja ja työtunteja, on oltava myös yleisessä käytössä, jotta siihen olisi hyödyllistä laittaa aikaa. Tällöin täytyykin kysyä, saadaanko Viewerin käytöstä sitten projektin kannalta tehostavia työmenetelmiä, jotta sen ylläpitäminen on kannattavaa? Saadaanko sillä vähennettyä hukkaa? Viewer-moduulia on kuitenkin ylläpidettävä samaan tahtiin, kun projektin tasokuvat ja asiakirjat päivittyvät, ja Viewerissä olevien tiedostojen täytyy myös olla aina paikkaansa pitäviä, jos Vieweristä halutaan saada oikeata käytännön hyötyä. Tietokantaa täytyy ylläpitää, siihen on laitettava työtunteja sisään, mutta saadaanko siitä panostukseen verrannollisesti hyötyä? Työkalu, joka ei ole päivittäisessä tai merkittävässä roolissa päivittäin, voi unohtua ja yleensäkin työnteossa voisi ajatella, että *”Se mitä ei käytä, niin sitä ei tarvitse.”* ja jos työkalua ei käytetä, sitä ylläpitävä taho voi tuntea ylläpitotyön arvottomaksi. *”Eihän kukaan edes käytä tätä. Miksi minun täytyy siksi vaivautua?”* Toisesta Amplitin projektista olen kuullut, että on ollut tilanteita, joissa vastaavan tietomalliohjelman päivittäminen on jätetty takalalle, eikä tietyssä vaiheessa projektia sen käytöstä ollut enää mitään iloa, sillä se oli auttamattomasti jälkeenjäänyt. Tämä ei ole kannattavaa, joten jos Viewer tai vastaava ohjelma otetaan projektiin mukaan, tulisi sen olla mukana ihan alusta loppuun.

Urakoitsijan työsuunnittelijalle lankeaa todennäköisimmin isoin työ Viewer-projektin aloittamisesta ja sen ajan tasalla pitämisestä, sillä suurin osa Viewerin antamista ominaisuuksista perustuu saatavilla oleviin ajantasaisiin tasokuviin ja tietomalliin, jotka ovat suunnittelijan tai projektin tietomallikoordinaattorin vastuulla. Suunnittelijan täytyy myös tehdä malliin erilaiset suodattimet tietomallin elementteihin, jotka helpottavat tietomallin tarkastelua työmaakäytössä. Suunnittelijan tehtävä on tällöin ylläpitää Viewerin tietokantaa, jotta se pysyisi käyttökelpoisena. Viewer ottaa suunnittelijalta, mutta se ei anna juurikaan suunnittelijalle takaisin. Toki suunnittelijatkin näkevät sieltä etukäteen muiden urakoitsijoiden suunnitelmat ja risteämät, mutta tämäkin vaatii ennakkointia, ja muutosmerkintäluetteloiden paikkansapitävyyden pitäisi tällöin olla hyvässä kunnossa, jotta muutunut kohta on helposti löydettävissä tietomallista. Tasokuvaan tehtävät muutokset ja päi-

vitykset tehdään joka tapauksessa CAD-ohjelmistoilla, minkä jälkeen revisio pitää kuitenkin päivittää Viewerin tietokantaan, ja tieto tasokuvien paikkansapitävyydestä tai ajantasaisuudesta tulee kuitenkin muualta kuin itse Viewer-moduulista.

6 Yhteenveto

Tämän selvitystyön perusteella voidaan todeta, että Daluxin kaltaiset tietomallia hyödyntävät ohjelmistot ajavat Lean-rakentamisen periaatteita ja edesauttaisivat tiedon välittämistä välittymistä projektin osapuolten välillä. Silloin kun rakentaminen ja talotekniikkaurakointi tuodaan yhden alustan rajapintaan, informaation välittäminen on helpompaa, ja tämä vähentää osaltaan rakennusprojekteissa syntyvää hukkaa. Jokainen projektissa mukana oleva urakoitsija on kuitenkin saatava käyttämään samaa rajapintaa, ja rakentamista pitäisi viedä enemmän allianssi-mallista rakentamista kohti, jossa kaikki projektin osapuolet jakavat yhteisen halun tehdä laadukasta työtä. Talotekniikkaurakoitsija on useimmissa tapauksissa aliurakoitsija, eikä tällöin voi vaikuttaa siihen, minkälaisia digitaalisia työkaluja muut aliurakoitsijat käyttävät. Omassa työskentelyssään kuitenkin Daluxin kaltaiseen alustaan panostaminen selkeyttäisi tiettyjä projektinhoitoon liittyviä asioita, ja veisi urakoitsijan työtä kohti Lean-rakentamisen toimintaa.

Tahtituotannon suunnittelussa ei Field-moduulia itsessään voi soveltaa, mutta tahtituotannon toteutuksen valvonnassa ja sen visualisoinnissa Field-moduulin kaltainen alusta olisi mainio työkalu. Yksin talotekniikkaurakoitsija ei voi kuitenkaan toteuttaa tahtituotantoa, sillä tahtituotannon hyödyntäminen osana rakentamisen vaiheita täytyy tehdä koskemaan koko projektin urakoitsijakuntaa. Työn valmistumisen seurantaan ja muuhun tiedon hakemiseen Daluxin kaltainen työkalu soveltuu mainiosti, mutta nämä työkalut vaativat rahallista panostamista ohjelmaan ne saadakseen. Ilmainen Viewer-moduulikin tuo jo sujuvuutta työskentelyyn tietomallista saatavilla tiedoilla rakennuksen geometriasta, ja Box-moduulissa se viedään vielä pidemmälle. Box-moduulissa tietomalli on ikään kuin itse projektipankki. Yleisesti ottaen tiedon saatavuus ja löytäminen paranee merkittävästi, kun käytetään tietomallin, tasokuvat ja aikataulun yhdistävää sovellusta. Nämä kaikki ominaisuudet yhdistävään palveluun panostaminen on yksi askel laadukkaan

Lean-rakentamisen mahdollistamiseen, ja talotekniikkaurakoitsijan kantilta tämänkaltaisen sovelluksen hyödyntäminen jokaisessa projektissa, jossa vain on saatavilla tietomalli, olisi yleishyödyllistä.

Lähteet

Ahola, Jenni; Airaksinen, Miimu; Hellstöm, Henriikka; Rantamäki, Mari; Laine, Susa. 2019. Rakennetun omaisuuden tila, ROTI 2019 raportti. Verkkoaineisto. <https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti_2019_raportti.pdf>. Luettu 6.3.2020.

Alanen, Tomi. 2020. Tekninen johtaja, Amplit Oy. RAIN2 teematyöpäivä. Helsinki. Verkko-seminaari. Omat muistiinpanot. 4.5.2020.

Alanen, Tomi. 2020. Tekninen johtaja, Amplit Oy. Verkkoaineisto. LCI Finland. <<http://lci.fi/rain2-aineistot/>>, <<http://lci.fi/wp-content/uploads/2019/10/ULS-Rain-2-Amplit.pdf>>. Luettu 20.5.2020.

Amplit Oy tehosti Ainoa 3:n työmaan logistista ketjua SLO:n tilauslajittelulla. Verkkoaineisto. SLO Oy. <<https://ideat.slo.fi/amplit-oy-tehosti-ainoa-3n-tyomaan-logistista-ketjua-slon-tilauslajittelulla/>>. Luettu 7.7.2020

Amplit Oy. 2020. Verkkoaineisto. <www.amplit.fi>. Luettu 2.9.2020.

Amplit Oy. 2020. Sisäinen viestintäkanava. Verkkoaineisto. Luettu 2.9.2020.

Berg Lina. 2020. Järjestelmäkonsultti, Dalux, Helsinki. Keskustelut 5.3.2020, 12.3.2020, 19.3.2020.

Dalux. 2020. Verkkoaineisto. <<https://www.dalux.com/about/>>. Luettu 5.3.2020.

Dalux Userdays. Helsinki. Seminaari. Omat muistiinpanot. 25.2.2020

Dalux Box. 2020. Verkkoaineisto. Dalux. <<https://www.dalux.com/fi/dalux-box/>>. (Kuva 10) Luettu 9.7.2020.

Dalux Field. 2020. Verkkoaineisto. Dalux. <<https://www.dalux.com/fi/dalux-field/>>. (Kuva 11) Luettu 9.7.2020.

Howell A. Gregory. 1999. What is Lean construction – 1999. University of California, Berkeley, CA, USA. Verkkoaineisto. <<https://www.leanconstruction.org/media/docs/Howell.pdf>>. Luettu 9.7.2020.

Hyvärinen, Eero. 2014. Lean-rakentaminen keskisuudessa rakennusliikkeessä. Insinööriö. Hämeen Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Jokela, Joanna; Merikallio, Lauri. 2020. Onnistunut tahtituotanto edellyttää luotettavaa dataa ja pientä eräkokoja. Verkkoaineisto. LCI Finland. 2020. <<http://lci.fi/blog/onnistunut-tahtituotanto-edellyttaa-luotettavaa-dataa-ja-pienta-erakokoa-suunnittelussa/>>. Luettu 20.5.2020.

Kaapelikelasta avautuu arvokas tietolähde. 2020. Prysmian Group. Verkkoaineisto. <<https://fi.prysmiangroup.com/node/105960>>. Luettu 7.7.2020.

Lappalainen, Petri. 2020. Sähköasentaja, Amplit Oy. Espoonlahden metroaseman työmaa. Keskustelu 23.4.2020.

LCI- Finland. 2020. RAIN2 Teematyöpäivä 4.5.2020, Helsinki. Virtautettu toimintamalli, Case lastensairaala: Suunnittelun virtauttaminen. Tomi Alanen. Tekninen johtaja, Amplit Oy. Verkkoaineisto. Omat muistiinpanot. <<http://lci.fi/rain2-aineistot/>>, <<http://lci.fi/wp-content/uploads/2019/10/ULS-Rain-2-Amplit.pdf>>. Luettu 20.5.2020.

Länsimetro. 2020. Verkkoaineisto <<https://www.lansimetro.fi/>>. Luettu 5.3.2020.

Marino, Vincenzo. 2020 Prysmian Corporate Hangar -asiantuntija. Jyväskylä. Jyväskylän Sähkömessut. Keskustelu 6.2.2020.

Merikallio, Lauri. 2015. Last Planner -menetelmä tuotannonohjaukseen. Verkkoaineisto. <<http://lci.fi/blog/menetelmakortti/last-planner-systeemi/>>. Luettu 8.7.2020

Modig Niklas & Åhlström Pär. 2019. Tätä on LEAN: Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. 8. Painos. Tukholma: Rheologica Publishing.

Mäkelä, Riina. 2020. Tahtituotantosuunnittelu suuressa sairaalahankkeessa. Insinööri-työ. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Mölsä, Seppo. 2019. Building 2030 testasi asian pilottiprojekteissa. Onko tahtituotanto työmaalle riski? – 25 mestarin kokemukset kertovat joustavuudesta ja laadun parane- misesta. Verkkoaineisto. Rakennuslehti. Verkkoaineisto. Onko tahtituotanto joustama- ton riskikokeilu? Rakennuslehti 7.11.2019, <<https://www.rakennuslehti.fi/2019/11/onko-tahtituotanto-joustamaton-riskikokeilu-building-2030-testasi-asian-pilottiprojekteissa/>>. Luettu 21.6.2020

Partinen Suvi. 2018. Mobiilisovellukset työnjohtajan työkaluina. Insinööri-työ. Hämeen Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Salparanta Ville. 2019. Lean johtamistyökalut rakennustyömaalla. Insinööri-työ (YAMK). Turun Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Sanasto. 2020. Verkkoaineisto. LCI Finland. <<http://lci.fi/sanasto/>>. Luettu 20.5.2020.

Tahtiaikatuotanto uudistaa tuotannonohjauksen. 2020. Verkkoaineisto. LCI Finland. <<http://lci.fi/blog/menetelmakortti/tahtiaikatuotanto/>>. Luettu 20.5.2020.

Tietoa meistä. 2020. Verkkoaineisto. Länsimetro. <<https://www.lansimetro.fi/tietoa-hankkeesta/#5db71b60>>. Luettu 9.5.2020.

Toteutusmuodot. 2020. Verkkoaineisto. LCI Finland. <<http://lci.fi/toteutusmuodot/>>. Luettu 20.5.2020.

Tutkimus- ja kehityshankkeet. 2020. LCI Finland. Verkkoaineisto. <<http://lci.fi/tutkimus-kehitys/rain2/>>. Luettu 19.3.2020.

Visio ja tavoitteet. 2019. Verkkoaineisto. KIRA digi. 2019. Verkkoaineisto. <<http://www.kiradigi.fi/info/visio-ja-tavoitteet.html>>. Luettu 14.5.2020

YTV2012. Yleiset tietomalli vaatimukset, Osa 1. Building Smart Finland. 2016. Verkkoaineisto. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf>. Luettu 13.7.2020

Liite salattu opinnäytetyön julkisesta osasta.