



Anton Porvari

Tietomallintamisen hyödyntäminen betonielementtirakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

9.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Anton Porvari
Otsikko:	Tietomallintamisen hyödyntäminen betonielementtirakentamisessa
Sivumäärä:	30 sivua + 3 liitettä
Aika:	9.5.2022
Tutkinto:	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine:	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat:	Suunnittelujohtaja Janne Sihvonen Lehtori Jenni Pellinen

Opinnäytetyössä tutkittiin, voiko betonielementtisuunnittelu nopeutua, jos suunnittelu tilataan tietomallinnettuna. Työssä selvitettiin myös, nopeuttavatko mallinnetut suunnitelmat betonielementtitehtaan tuotantoa ja pystytäänkö mallintamisen avulla saamaan varmuutta työmaatoimituksiin.

Työn teoria-aineistona on käytetty verkkolähteitä ja Lujatalon toimintatapoja. Työn tutkimustuloksen kannalta tärkeimmät tietolähteet olivat elementtisuunnittelijoille ja betonitehtaille toteutetut haastattelut. Työ toteutettiin pääurakoitsijan näkökulmasta.

Betonielementtisuunnittelun mahdollinen nopeutuminen mallintamalla vähentäisi suunnitteluun kuluvaa aikaa ja siten betonielementit voidaan saada tuotantoon aiemmin. Riittävällä tarkkuudella mallinnetut suunnitelmat voivat myös hyödyttää elementtitehtaita tuotannonsuunnittelussa. Pääurakoitsija voi hyötyä tietomalliin viedystä suunnittelun ja elementtien valmistuksen valmiustasosta tehdessään aikataulusuunnittelua. Työn pääasiallinen tavoite oli kartoittaa auttavatko edellä mainitut asiat nopeuttamaan betonielementtien asennuksen aloitusta.

Rakennusala elää tietomurroksessa eikä yksiselitteistä vastausta ole onko suunnittelu tietomallinnettuna vielä nopeampaa, kuin kaksiulotteisena. Betonielementtitehtaat taas hyötyvät mallinnetuista suunnitelmista tietyin edellytyksin. Mallinnettuja suunnitelmia voidaan hyödyntää myös yhteistyössä suunnittelijoiden, betonielementtitoimittajan ja urakoitsijan välillä esimerkiksi jaetun tietomallin avulla, mutta saatu hyöty on vähäinen.

Avainsanat: asuntorakentaminen, betonielementti, tietomallintaminen

Abstract

Author: Anton Porvari
Title: Utilisation of Data Modelling in Precast Concrete Construction
Number of Pages: 30 pages + 3 appendices
Date: 9 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Construction Site Management
Professional Major: Building Construction
Supervisors: Janne Sihvonen, Planning Director
Jenni Pellinen, Senior Lecturer

This thesis examined whether data modelling can accelerate the design and production of precast concrete elements. The thesis also explores how data modelling can influence the delivery management of concrete elements.

Websites and Lujatalo's modus operandi were used as theoretical material. Interviews with planners and manufacturers of precast concrete elements were the main source of information for the thesis. The thesis was conducted out from the perspective of the main contractor.

Possible acceleration of design would reduce time, and production of concrete elements could start earlier. Sufficiently accurate data modeling plans can also accelerate the production planning of an element factory. The readiness of the design and manufacture of the elements can be brought into the building information model, and it can assist the main contractor in scheduling. The aim was to determine whether the abovementioned variables would help accelerate the start of the installation.

The building industry is digitizing but it is not yet possible to say for sure whether the data-modelled design of precast concrete elements would be even faster than two-dimensional design. Concrete element factory can take advantage of data-modelled plans in some cases. Designers, concrete element factory and contractor can take advantage of a shared building information model, but the benefit is low.

Keywords: housing construction, concrete element, data modelling

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Betonielementtirakentaminen Suomessa	2
3	Betonielementtien hankintaprosessi	4
3.1	Tarjouskyselyaineisto	6
3.2	Tuotantokuvat	7
3.3	Valmistus ja toimitus	8
4	Tietomallin hyödyntäminen päätoteuttajalla	9
4.1	Suunnittelun ohjaus	10
4.2	Laskenta ja hankinta	12
4.3	Työmaa	14
4.3.1	Alue- ja turvallisuussuunnittelu	14
4.3.2	Aikataulusuunnittelu	16
4.3.3	Asennusjärjestyksen suunnittelu	18
4.3.4	Tietomallia hyödyntävät sovellukset	19
5	Haastattelut	20
5.1	Elementtitoimittajat	21
5.2	Suunnittelijat	23
6	Yhteenveto	24
	Lähteet	29

Liitteet

Liite 1: Betonielementtitoimittajien haastattelut

Liite 2: Betonielementtisuunnittelijoiden haastattelut

Liite 3: Tuoteosasuunnittelun aikataulu pohja

Lyhenteet

ARK Arkkitehti

BEC -12: Betonielementtiteollisuuden, elementtisuunnittelijoiden ja Teklan kehittämä elementtisuunnittelun tietomallinnusohje.

BES: Betonielementtistandardi. Betonielementtijärjestelmän standardisointi, joka kehitettiin Suomessa vuosina 1968–1970.

BIM: Building Information Model eli rakennuksen tietomalli.

IFC: Industry Foundation Classes. Avoin tiedostomuoto, jonka avulla rakennuksen tietomalli voidaan avata eri tietomalliohjelmistoissa.

LVISA Lämpö-, vesi-, ilmanvaihto-, sähkö- ja automaatio suunnittelu.

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Lujatalo Oy. Lujatalo kuuluu Luja-yhtiöihin yhdessä Fesconin ja Lujabetonin kanssa. Luja-yhtiöt ovat yksi Suomen suurimpia rakennusalan konserneja ja yhtiö työllistää yli 1900 ammattilaista, joista reilut 900 työskentelee Lujatalossa.

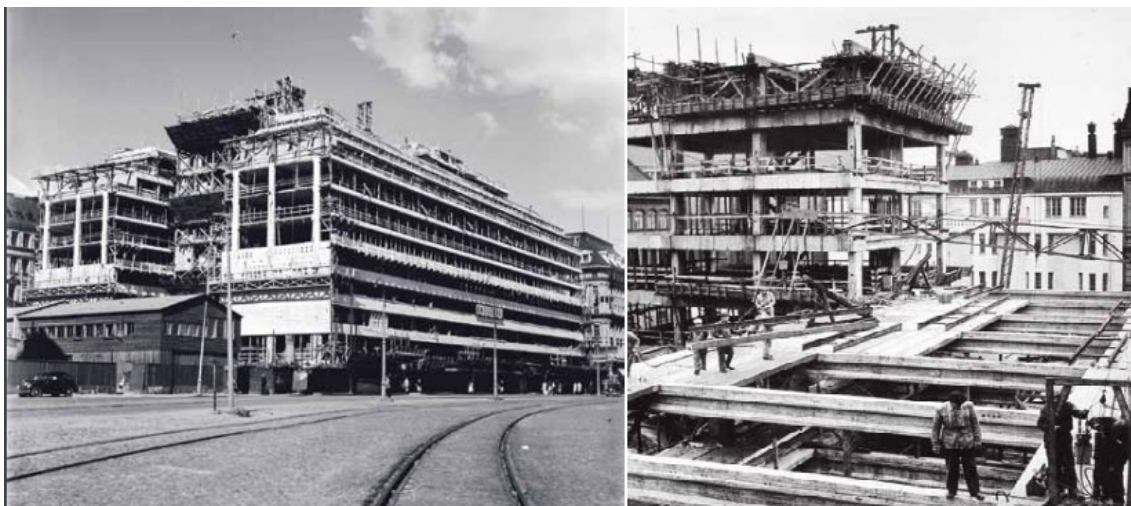
Lujatalon rakentamissa asuntokohteissa käytetään pääosin betonielementtejä rakennuksen rungossa ja runkotyövaiheen onnistuminen on yksi kriittisimmistä työvaiheista rakentamisen aikataulun kannalta. Opinnäytetyön tarkoitus on karvoittaa Lujatalolle missä vaiheessa rakennusalan digitalisoituminen kulkee betonielementtisuunnitelmien osalta ja tuoko tietomallintaminen betonielementtirakentamiseen lisäarvoa. Opinnäytetyön aihe valikoitui sen ajankohtaisuuden takia, koska rakennusala elää tietomurroksessa. Myös uusi maankäyttö- ja rakennuslaki toteutuessaan edellyttää tietomallin käyttöä.

Opinnäytetyö käsittelee pääurakoitsijan näkökulmasta betonielementtirakentamisen vaiheita ennen työmaa-asennusta. Työssä käsitellään lisäksi tietomallin hyödyntämistä päätoteuttajalla suunnittelun ohjauksessa, laskennassa, hankinnassa ja työmaalla.

Työssä tutkitaan voiko elementtisuunnitteluun kuluva aika lyhentyä, jos suunnitelmat tilataan tietomallinnettuina. Lisäksi tutkitaan voiko elementtitehtaat hyötyä tietomallinnetuista suunnitelmista tuotannon läpiajon nopeuttamiseksi, sekä voidaanko niillä saada työmaan aikatauluhallintaan varmuutta.

2 Betonielementtirakentaminen Suomessa

Suomessa alettiin kehittää betonielementtitekniologiaa 1940- ja 1950-lukujen vaihteessa. Ensimmäisenä betonielementtejä sisältävänä rakennuksena Suomessa pidetään Helsingissä sijaitsevaa hotelli Palacea, joka valmistui vuonna 1952. Palacessa käytetyt betonielementit olivat julkisivuelementtejä. Palacen betonielementtitilaukset johtivat Suomen ensimmäisen kiinteän elementtitehtaan perustamiseen, joka sijaitsi Helsingin Konalassa. Tehtaalla valettiin ensimmäiset esijännitetyt ripalaatat huhtikuussa vuonna 1952. Esijännitys suoritettiin käytöstä poistetulla hissikoneistolla. Ripalaatat asennettiin Helsingin yliopiston Porthania-rakennukseen, joka on ensimmäinen täyselementtirakennus Suomessa. [1, s. 31.]



Kuva 1. Vasemmalla kuvassa työmaavaiheessa oleva hotelli Palace ja oikealla Porthania. [1, s. 29 & 31.]

Muuttovirta maalta kaupunkeihin 1960- ja 1970-luvuilla lisäsi asuntojen tarvetta ja betonielementtirakentaminen yleistyi huomattavasti. Vuosina 1968–1970 kehitettiin BES-järjestelmä eli betonielementtistandardi, joka standardisoi betonielementit liitosdetaljeineen. Standardisointi mahdollisti urakoitsijoille betonielementtien ja valmisosien hankinnan eri toimijoilta samaan rakennuskohteeseen. BES-järjestelmän kehitystyössä mukana olivat suunnittelutoimistot, betoniteollisuus ja urakoitsijat. [1, s. 95.]

Vuonna 1981 Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö alkoi kehittämään Runko-BES-järjestelmää ja tutkimus valmistui vuonna 1983. Aiempi BES-järjestelmä oli kehitetty asuntorakentamiseen ja uusi Runko-BES soveltui myös toimitalo- ja liikerakennuksiin. Uusi järjestelmä oli puhtaasti betonielementtijärjestelmä ilman muita materiaalivaihtoehtoja. Tutkimuksen aikana uusittiin liitosdetaljit ja kehitettiin betonielementeille rei'itys-, tartunta-, liitos- ja kiinnitysohje sekä mitta- ja tyyppisuositus. Vuonna 1987 teollisuusrakennuksista yhdeksän kymmenestä ja liikerakennuksista kaksi kolmesta hyödynsi Runko-BES-järjestelmää. [1, s. 155.]

Betonielementtiteollisuus kehitty edelleen ja käsillä tehtävä työ vähenee. Pääasiallisimmalle automatisoitu prosessi on ontelolaattojen valmistus ja seinäelementtien kiertomuottolinjat. Betonielementtiteollisuus on tehnyt myös valtavasti töitä poistaakseen mielikuvan harmaista elementtitaloista ja nykyään julkisivuissa voidaan hyödyntää esimerkiksi 3D-tekniikkaa ja graafista betonia. Graafinen betoni on suomalainen keksintö. Kuvan 2 betonielementeissä on käytetty graafista betonia. [1, s. 293.]

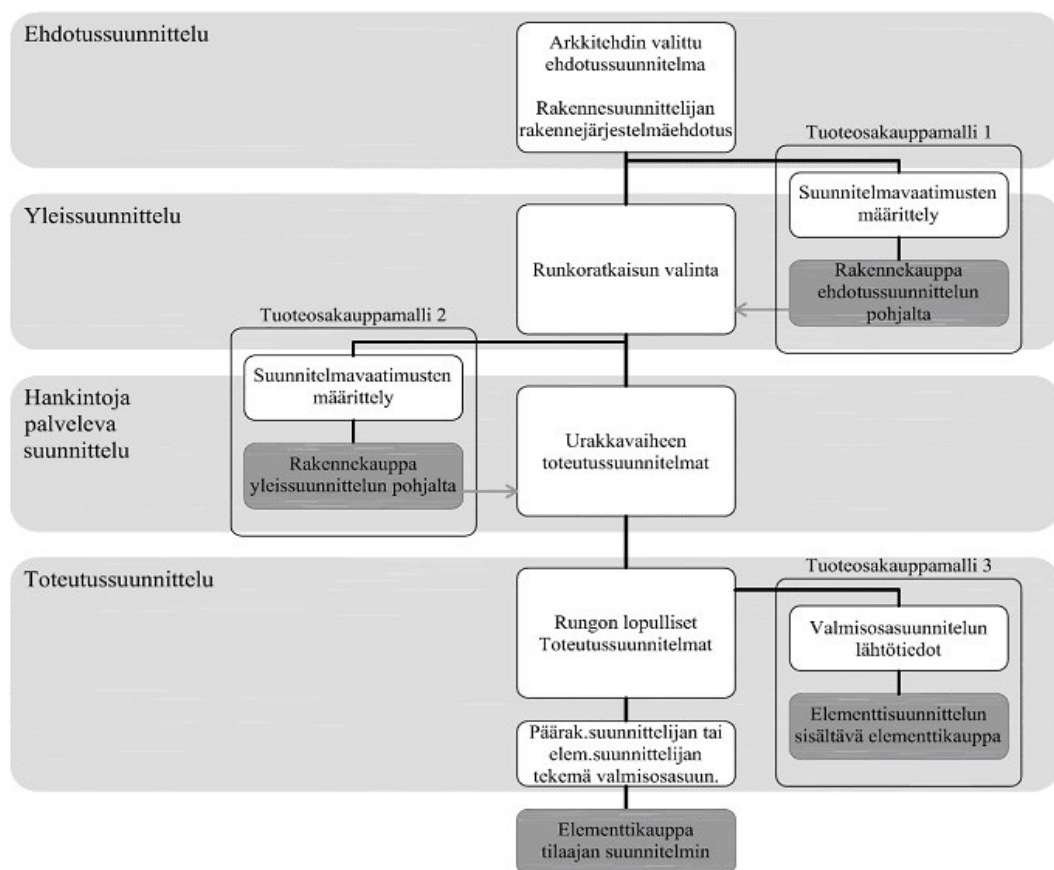


Kuva 2. Vuosaaren Hyperion tornitalo. [2.]

Myös betonielementtien suunnittelumenetelmät ovat kehittyneet ja tietomallit yleistyvät. Elementtien mallintamista varten on kehitetty ohje BEC 2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohje. Mallinnusohjeen tarkoituksena on luoda suunnittelulle pelisäännöt, jotta tietomallin lopputulos olisi samankaltainen suunnitelutoimistosta riippumatta.

3 Betonielementtien hankintaprosessi

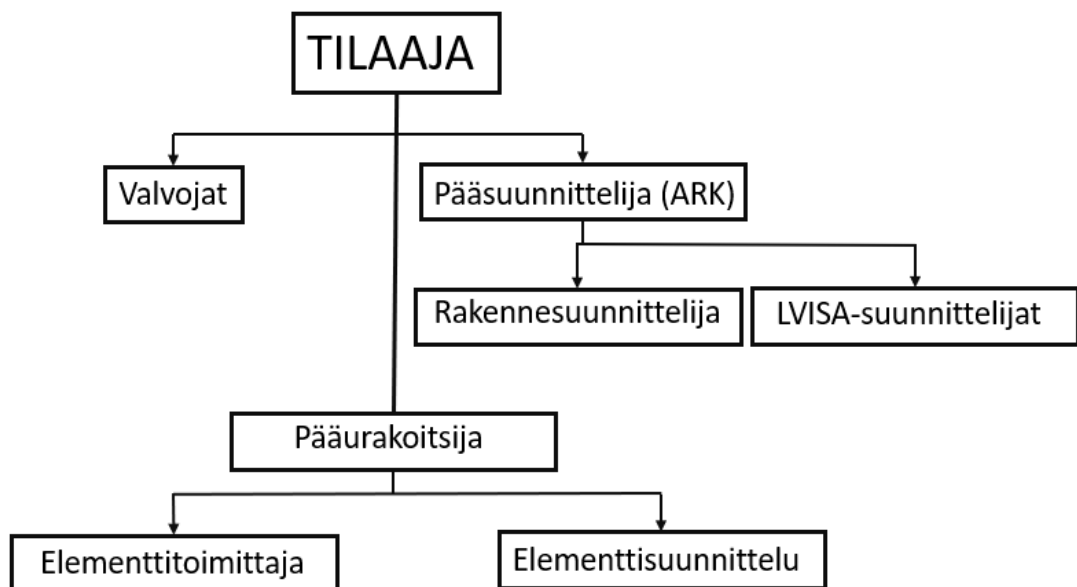
Betonielementtien tuotesakauppa jaetaan neljään yleisesti käytössä olevaan kauppamalliin hankinta-ajankohdan perusteella. Alla olevan kuvan 3 valkoiset laatikot kuvaavat rakennesuunnittelun lopputulosta ja haarautuvat oksat tuotesakauppojen liittymistä prosessiin. Neljäs tuotesakauppa kuvaajassa on Elementtikauppa tilaajan suunnitelmin. [3.]



Kuva 3. Yleisimmät tuotesakaupamallit betonielementtien hankintaan. [3.]

Nykyisin on myös laajasti käytössä sekamalli, jossa jännebetonielementtien puunkosten ja mahdollisten raudoitusten suunnittelusta vastaa tuotesatoimittaja. Muusta elementtisuunnittelusta vastaa tilaajan valitsema elementtisuunnittelija. [3.]

Asuntorakentamisen urakkakohteissa tilaaja ei yleensä valitse itse elementtisuunnittelijaa, vaan hankinnasta vastaa pääurakoitsija. Pääurakoitsija voi halutessaan sisällyttää elementtisuunnittelun tuotesakauppaan tai tilata sen erikseen. Tämä vastaa Tuotesakauppa 3 mukaista toimintaa. Kuvassa 4 esitetty karkea organisaatiojakauma Tuotesakauppa 3 pohjalta sovelletusta sekamallista. Vaikka elementtisuunnittelu on pääurakoitsijan alla, niin rakennesuunnittelija hyväksyy suunnitelmat ja vastaa rakenteiden kokonaistoimivuudesta. [4.]



Kuva 4. Esimerkki organisaatiojakaumasta, jossa pääurakoitsija vastaa elementtisuunnittelun hankinnasta. [21.]

Perustajaurakoinnissa eli pääurakoitsijan omaperusteisissa asuntokohteissa käytetään Tuoteosakauppa 1 mukaista mallia. Teoriassa kaikki tuoteosakaupamuodot ovat mahdollisia, koska päätoteuttajalta voi toimia organisaatio myös rakennuttajan roolissa. [4.]

Luvuissa 3.1–3.4 betonielementtien hankintaprosessia kuvataan päätoteuttajan näkökulmasta käyttäen sekamalla, jossa päätoteuttajan hankintaan kuuluu myös elementtisuunnittelu. Luvuissa kuvattu tapa ei ole ainut mahdollinen, vaan hankintatapoja voi olla erilaisia. Elementtisuunnittelun hankintaa ei ole kuitenkaan luvuissa kuvattu.

3.1 Tarjouskyselyaineisto

Rakennettavan kohteen tarjouspyyntöasiakirjat ovat yleensä rakennesuunnittelijan laatimat. Betonielementtien tarjouspyyntöasiakirjoja varten tarvitaan arkkitehtisuunnitelmien lisäksi kuormitustiedot, tyypillisimmät rakenneratkaisut ja perusdetaljit. Tarjouskyselyaineistosta on löydettävä vähintään

- julkisivut pintatietoineen
- oleelliset leikkaukset
- rungon jäykistysperiaatteet
- tyyppielementtipiirustukset
- elementtikaaviot
- elementtityöselostus
- määrätiedot sisältäen reiät ja varaukset sekä
- suunnittelu- ja toimitusaikataulut.

Suunnitelmat eivät ole yleensä valmiita tarjouskyselyvaiheessa, mutta lähtötietojen oikeellisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tuoteosatoimitusten ohjeellinen suunnittelu-aikataulu löytyy liitteistä. Ohjeellista suunnittelu-aikaa muokataan projektikohtaisesti. [3.]

Kun tarjouspyyntöasiakirjat ovat riittävät, ne lähetetään betonielementtitoimittajille päätoteuttajan toimesta. Projektista ja suunnittelun valmiusasteesta riippuen

tarjouskyselyt voidaan pyytää myös valmiilla suunnitelmilla tai sisällyttää elementtisuunnittelu tuoteosakauppaan. Betonielementtitoimittajat vastaavat tarjouspyyntöön, mikäli pystyvät tarjoamaan kyseisen kohteen. Jos suunnitelmat muuttuvat tarjouskyselyaineiston suunnitelmista, on suunnittelijan informoitava suunnittelun tilaajaa ja elementtitehdasta ennen muutosta. [3.]

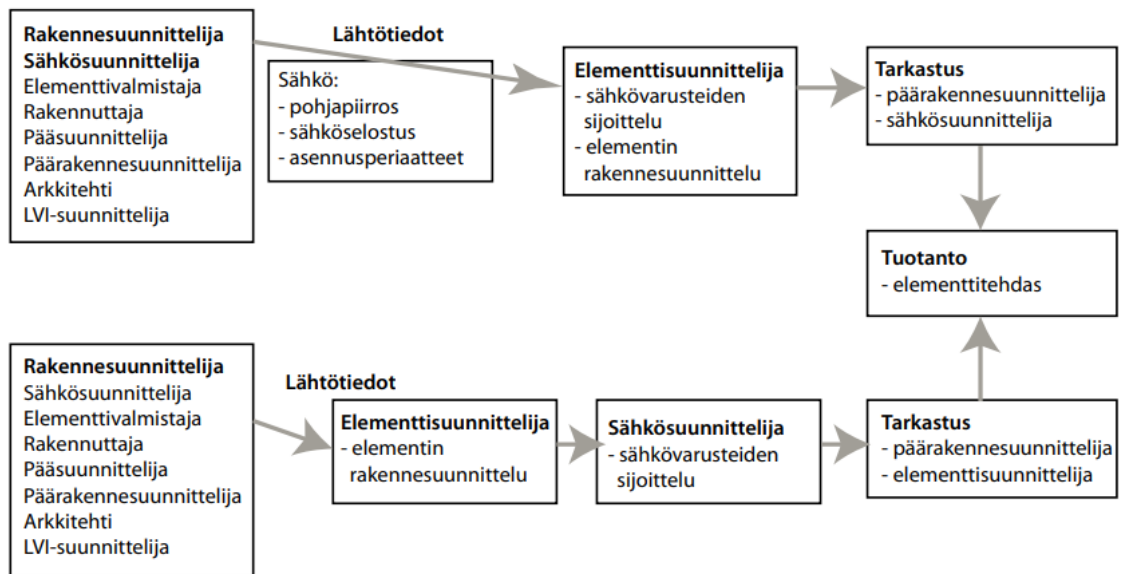
Ennen urakoitsijan valitsemista pidetään tarjoukseen vastanneiden yritysten kanssa urakkaneuvottelut, jossa täsmennetään tarjousta ja muita mahdollisia epäselviä asioita. Urakkaneuvottelumuistio liitetään sopimukseen. Betonielementtitoimitukset voidaan myös hajauttaa eri toimijoille. [3.]

3.2 Tuotantokuvat

Kun betonielementtien hankintasopimus on tehty, pidetään elementtisuunnittelun aloituskatselmus, jonka järjestää elementtisuunnittelun tilaaja. Jos kyseessä olisi perustajaurakointikohde ja elementtisuunnitelmat olisivat tehty ennen hankintasopimusta, niin aloituskatselmuksen tilalla järjestettäisiin suunnitelmakatselmus. [3.]

Betonielementtien tuotantokuvat suunnittelee elementtisuunnittelija ja hän vastaa elementtien rakenteellisesta suunnittelusta lähtötietojen perusteella. Jokaisesta erilaisesta elementistä laaditaan oma piirustus. Runko- ja seinäelementtien suunnitelmien ohjeellinen toimitusaikataulu tehtaalle on 6–10 viikkoa ennen elementtien toimitusta ja ontelolaattojen 4–8 viikkoa. [3.]

Sähkösuunnittelun vaatima aika täytyy huomioida suunnitteluajataulussa. Sähkövarusteiden sijoittelun voi tehdä myös elementtisuunnittelija, jolloin sähkösuunnittelija tarkastaa suunnitelmat. Jos sähkösuunnittelija tekee sähkövarusteiden sijoittelun, niin elementtisuunnittelija tekee tarkastuksen. Päärakennesuunnittelijan tulee myös tarkastaa suunnitelmat, riippumatta siitä kumpi sähkövarusteiden sijoittelun on tehnyt. Kuvassa 5 on esitetty molempien suunnittelutapojen eteneminen lopputulokseen, joka on elementtien tuotanto. [22, s. 6.]



Kuva 5. Betonielementtien sähkösuunnittelu voi edetä kahdella tavalla. [22, s. 6.]

Portaiden, hissikuluelementtien, tekniikkahormien ja jännebetonirakenteiden punoksien sekä mahdollisten raudoitusten suunnittelu tulee lähtökohtaisesti aina kyseisen tuotteen valmistajalta. Elementtisuunnittelija koordinoi tuoteosa-toimittajan suunnittelua ja määrittää elementille esimerkiksi mitat, tartuntaosat ja kuormat. [3.]

Tiedonsiirron menettely sovitaan hankekohtaisesti sopimuksessa tai aloituskatselmuksessa. Suunnitelmat voidaan lähettää paperisina, mutta nykyään käytetään paljon projektipankkeja ja osa elementtitehtaista vaatii niiden itse omistamien projektipankkien käyttöä. Projektipankkien lisäksi Teklan tietomallinnusohjelmaan saa lisäosan, millä suunnitelmat voidaan siirtää suoraan betonielementtitoimittajan tuotannonohjausjärjestelmään. [6.]

3.3 Valmistus ja toimitus

Laadunvarmistamiseksi tehtaalla järjestetään tuotannon aloituspalaveri, johon tilaaja kutsutaan tarvittaessa. Palaverissa käsitellään ainakin sopimuksessa ole-

vat aikataulu- ja laatuvaatimukset. Tuotantoaikataulut pyritään laatimaan yhdessä tilaajan kanssa. Ennen betonielementtien valmistuksen aloitusta tehtaalla pidetään tehdaskatselmus noin viisi viikkoa ennen elementtien asennuksen aloitusta. Tehdaskatselmuksessa tilaajalle esitetään valmistus- ja laadunvarmistusmenetelmät. Tehdaskatselmuksen yhteydessä voidaan järjestää myös tarvittaessa mallielementtikatselmus. Mallielementtikatselmuksessa voidaan dokumentoida esimerkiksi seinäelementtien pinnan laatutaso. Mallielementtikatselmus voidaan järjestää myös työmaalla. [5.]

Elementtitehtaan ja työmaan välinen yhteydenpito on tärkeää projektin onnistumisen kannalta ja mahdollisista viivästymisistä täytyy informoida heti. Osa elementtitoimittajista vie elementtien valmiustason tietomalliin ja urakoitsija voi seurata työmaalta toimitusten paikkansapitävyyttä. Jos tietomallia ei ole käytössä, niin yhteydenpito tapahtuu lähtökohtaisesti puhelimitse ja sähköpostilla. [6.]

Betonielementit toimitetaan työmaalle toimitusaikataulun mukaan, mikä on yleensä sopimuksen liitteenä. Elementit on pyrittävä tarkastamaan heti kun ne saapuvat työmaalle tai viimeistään asennettaessa, koska muuten on vaikea näyttää toteen, että virheet eivät ole tulleet asennuksen yhteydessä. Virheet kirjataan ylös esimerkiksi kuormakirjaan. Asennuksen valmistuttua työmaalla järjestetään vastaanottotarkastus, jossa tarkastetaan sopimuksen mukaisuus. Lopuksi pidetään taloudellinen loppuselvitys. [5.]

4 Tietomallin hyödyntäminen päätoteuttajalla

Tietomallintaminen on rakennettavan kohteen luomista digitaalisesti kolmiulotteiseen muotoon ominaisuustietoineen. Pää tavoite tietomallintamisessa on koko rakentamisprosessin laadun, tehokkuuden ja turvallisuuden parantaminen. Hyvin toteutettua tietomallia hyödynnetään rakentamisen jälkeen rakennuksen ylläpidossa ja myöhemmin se antaa etua korjausrakentamisensuunnitteluun. Tietomallien laadukkaamman sisällön varmistamiseksi on kehitetty 14-osainen ohjeistus Yleiset Tietomallivaatimukset 2012, jonka laatimiseen on osallistunut

konsultti, rakennus- ja suunnitteluyrityksiä, sekä rahoitukseen yliopistoja ja kaupungeja. [7, s. 2.]

Maankäyttö- ja rakennuslaki on uudistumassa ja sen luonnoksessa on esitetty, että rakennuslupaprosessi perustuisi jatkossa tietomalleihin. Tavoitteena uudistuksella on luoda valtakunnallinen digitaalinen rakennetun ympäristön tietojärjestelmä. Tietomalli mahdollistaisi myös lisätyn todellisuuden hyödyntämistä lupavaiheessa. [8, s. 28.]

Rakennusluvan myöntämisen jälkeen tehdään yleensä muutoksia suunnitelmiin, mutta useimmiten ne ovat vaikutuksiltaan vähäisiä eikä vaadi uutta lupapäätöstä. Tavoite ajantasaisesta digitaalisesta rakennetusta ympäristöstä vaatii, että rakennuskohde dokumentoidaan siinä muodossa, kun se on toteutettu eli rakennuksen tietomalli päivitetään toteumamalliksi. Toteumamalliin päivitettyssä sisällössä on kyse rakennus- ja erityissuunnitelmista. Loppukatselmuksen yhteydessä luovutettava toteumamalli antaa hyvät valmiudet rakennuksen huolto- ja korjaustöille. Rakennuksen omistajan tulee huolehtia toteumamallin pitämisestä ajantasaisena ja hänen vastuullaan on toimittaa toteumamalli tai koneluettavat tiedot rakennusvalvontaan. Toteumamallin päivittäminen ja tiedon toimittaminen koskevat luvanvaraista rakentamista. [8, s. 33.]

Luvut 4.1–4.3 käsittelevät miten päätoteuttaja voi hyödyntää tietomallintamista.

4.1 Suunnittelun ohjaus

Tietomallinnetut suunnitelmat mahdollistavat suunnitelmien tarkastuksen kattavammin verrattuna perinteisiin suunnitelmiin. Suunnittelun etenemistä voi seurata tietomallista sekä ohjata sitä tarvittaessa haluttuun suuntaan. Perustajaurakointikohteissa päätoteuttajan on syytä panostaa suunnitelmien tarkastukseen, koska tilaajan roolissa huonoista suunnitelmista johtuvat kustannukset tulevat päätoteuttajan maksettavaksi. [9.]

Kaikki suunnitteluvirheet ovat suunnittelijoiden vastuulla. Suunnitelmien tarkastaminen ei poista suunnittelijoiden vastuuta eli vastuu virheistä on edelleen kyseisen suunnittelualan suunnittelijalla ja yhteensovituksen osalta pääsuunnittelijalla. [9.]

Perustajaurakointikohteissa tietomallinnetun kohteen suunnittelunohjaus alkaa hankesuunnittelusta, jossa luodaan tietomallisuunnittelun pelisäännöt. Ehdotussuunnitteluvaiheessa arkkitehdin tilamalleja vertaillaan ja niistä haetaan yhdessä suunnittelunohjaajan kanssa tehokkaita energia-, elinkaari- ja kustannusominaisuuksia. Tehokkaiden ratkaisujen lisäksi tietomallia yhteistyössä tarkastelemalla saadaan laadukkaampia suunnitelmia, jotka palvelevat rakennuksen loppukäyttäjää. Ehdotussuunnitteluvaiheessa syntyy alustavat suunnitelmat ja kustannusarvio. Vaiheen tuloksena ehdotussuunnitelma hyväksytään yleissuunnittelun pohjaksi. [7, s. 15.]

Yleissuunnitteluvaiheessa suunnittelunohjauksessa käytetään jo alustavia arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkamalleja yhteistarkasteluun. Tietomallien perusteella laaditut analyysit ohjaavat suunnitteluratkaisujen valintaa sekä tilaajan päätöksiä. Yleissuunnitteluvaiheessa tuotetaan esimerkiksi markkinointiaineisto ja alustava rakennusosapohjainen kustannusarvio. Yleissuunnittelun tuloksena syntyy päätös yleissuunnittelun hyväksymisestä ja kohteelle voidaan hakea rakennuslupaa. Toteutussuunnitteluvaiheessa tietomallit kehitetään rakentamisen edellyttämään tasoon. Urakkakohteessa toteutussuunnitelmien valmistuttua lähetettäisiin tarjouspyynnöt urakoitsijoille, jolloin suunnittelunohjaus on jo lähtökohtaisesti tehty. [7, s. 18.]

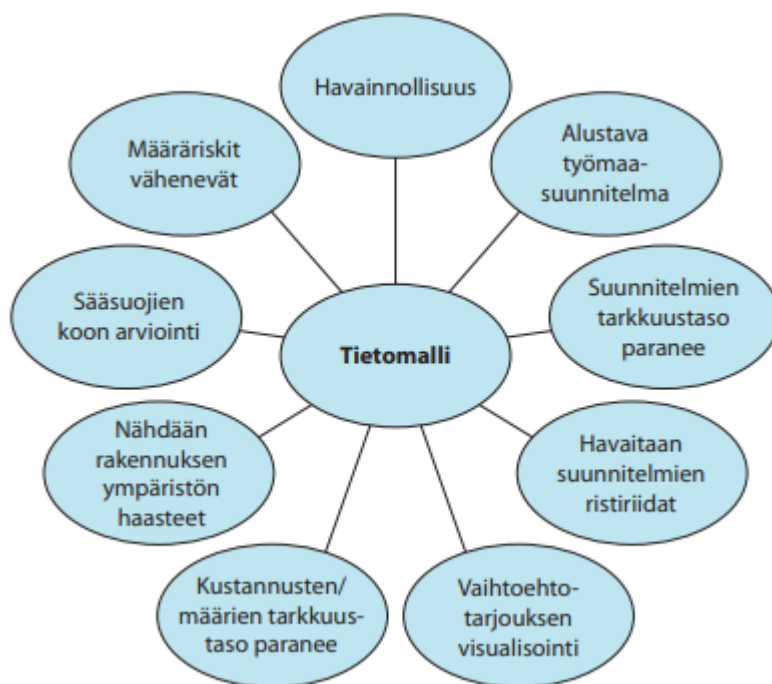
Suunnitteluvaiheessa tietomallin avulla karsitut virheet tulevat käytännössä aina halvemmaksi, kuin rakentamisvaiheessa. Tietomallitarkastelua tehdään säännöllisellä rytmillä ennen rakentamisen aloitusta ja yksittäiset tarkastukset ehditään tekemään loppuun asti ennen rakentamisen aloitusta. Koska suunnitteluvaihe limittyy usein rakentamisen kanssa, niin tietomallien yhteensovitusta ei aina ehditä tekemään kokonaan ennen rakentamisen aloitusta. Rakentamisen

aikana tehtävä tarkastelu on kuitenkin sidottu hankkeen aikatauluun ja se tarkentuu ennen työvaiheen tai tietyn alueen aloitusta. [9.]

4.2 Laskenta ja hankinta

Tietomalleja hyödynnetään määrälaskennassa ja se nopeuttaa laskentaprosessia huomattavasti ja vähentää inhimillisiä virheitä. Tietomalleihin ei viedä kuitenkaan kaikkea detaljitietoa eli laskentaa täytyy vielä täydentää muiden suunnitelmien avulla. Malliperusteiseen laskentaan vaikuttavat myös käytetty ohjelmisto ja tiedonsiirron toteutus. [10, s. 29.]

Laskennassa voidaan käyttää natiivimalleja ja IFC-tiedostomuotoisia malleja. Natiivimalli on suunnittelijan tekemä alkuperäinen malli, jota voi käyttää yleensä vain samalla ohjelmalla, millä se on luotu. IFC-tiedostomuotoinen malli on ”tu-loste” natiivimallista ja sen voi avata muillakin tietomalliohjelmistoilla. Natiivimalli on aina tarkempi ja sen takia sen käyttö on suositeltavaa laskennassa. Määrälaskijalla täytyy olla suuruusluokka-ajattelua mukana, kun hän laskee määriä IFC-mallista, koska IFC-muotoon käännettyssä tietomallissa voi olla päällekkäisyyksiä ja virheitä. Kuvassa 6 on esitetty tietomallin tuomia hyötyjä. [10, s. 31.]



Kuva 6. Tietomallin hyödyt päätoteuttajalla laskennassa ja suunnittelunohjauksessa. [10, s. 29.]

Lujatalossa määrälaskentaa tehdään tietomalliperusteisesti ja perinteisesti. Lujatalolla on käytössä hyvät ohjelmat malliperusteiseen laskentaan, kuten Lujat iTwo, jonka käyttöönotto on parhaillaan käynnissä. Työhön haastateltu Lujatalon laskentainsinööri suosi Solibrin käyttöä laskennassa. Kaikkea tietomallista ei pystytä laskemaan ja määriä varmistellaan aina kaksiulotteisista suunnitelmista. Määrien laskenta tietomallista oli haastatellun mielestä todella paljon nopeampaa verrattuna perinteisempiin menetelmiin. [11.]

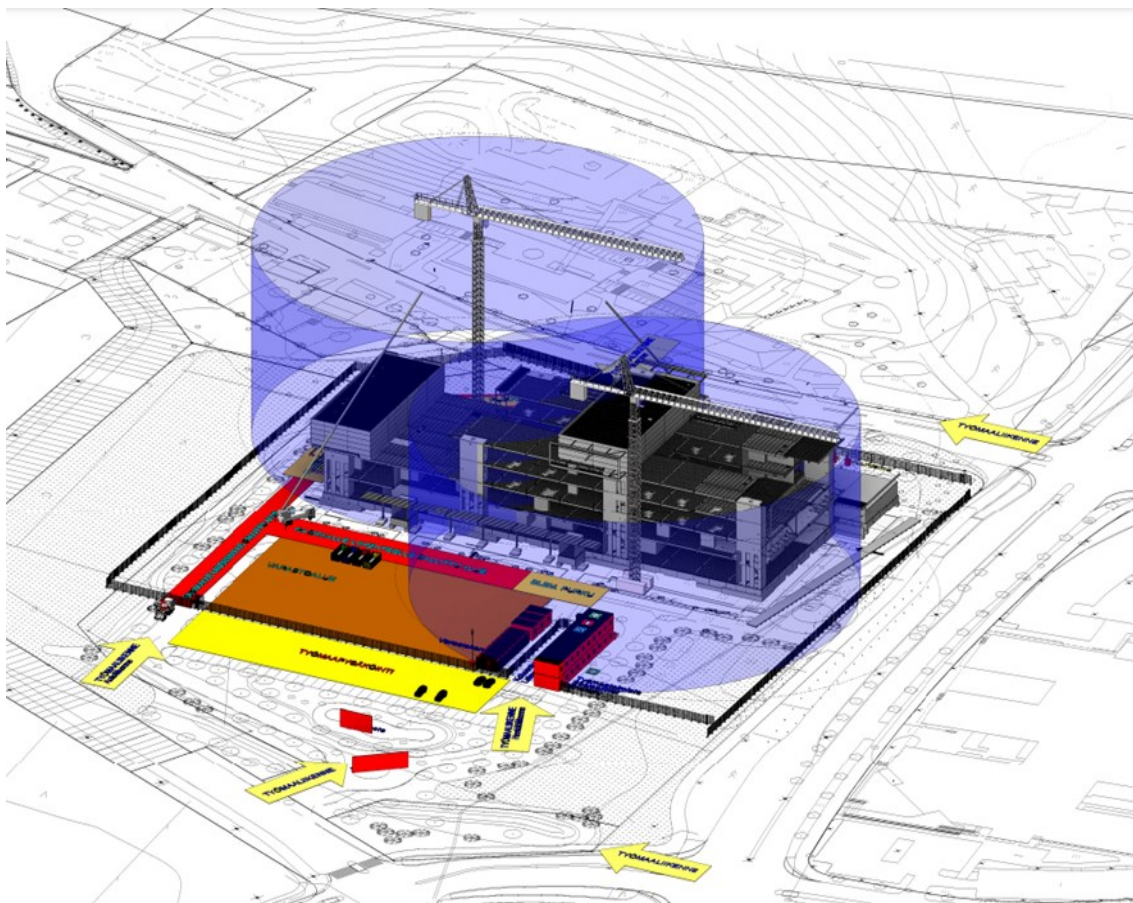
Tietomallista saatavia määriä voidaan käyttää hankintoja tehdessä. Jos tietomalli luovutetaan ulkopuoliselle alihankintatarjouspyynnön yhteydessä tai aliurakoitsijalle, on tästä sovittava tilaajan ja päätoteuttajan välisissä urakka-asiakirjoissa. Tietomallin luovuttamista ja sen käyttöä koskevat rajoitukset on ilmoitettava alihankkijalle. Alihankintaan voi sisältyä myös mallipohjaista suunnittelua. [12, s. 10.]

4.3 Työmaa

Tietomallintamista pystytään hyödyntämään työmaalla alue- ja turvallisuussuunnitteluun sekä aikataulu- ja asennussuunnitteluun. Tietomallia voidaan hyödyntää myös ongelmakohtien havainnointiin esimerkiksi työmaakokouksissa, jolloin tietomallin avulla varmistetaan, että kaikki osapuolet ymmärtävät missä ja mitä ongelmaa ratkotaan. Projektinhallintaan on myös kehitetty sovelluksia, jotka hyödyntävät tietomallia, kuten SmartDrawings ja HoloLens.

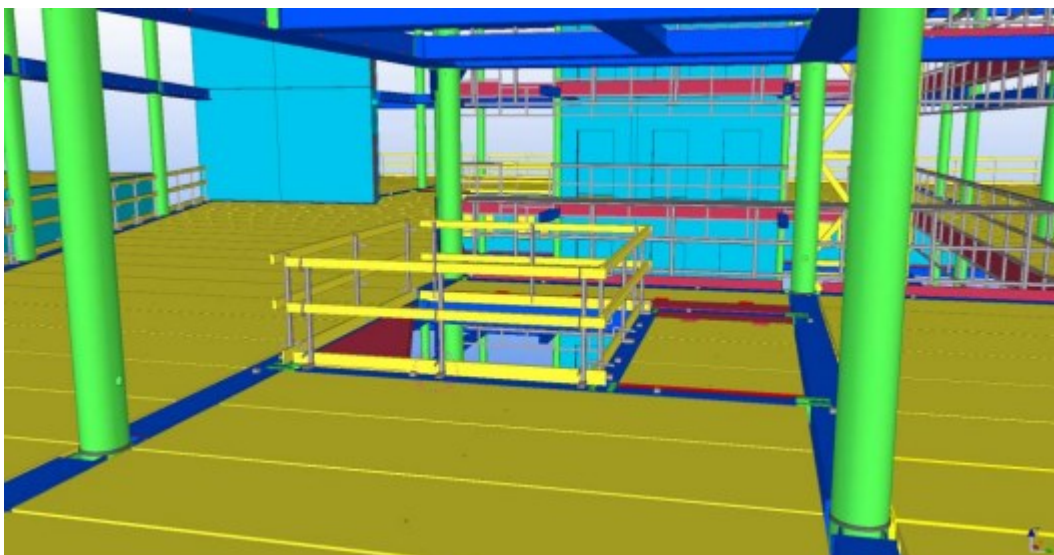
4.3.1 Alue- ja turvallisuussuunnittelu

Rakentamisen valmistelussa tietomalleja hyödynnetään työmaan aluesuunnitteluun. Tietomallinnetusta aluesuunnitelmasta voidaan tarkastella helposti esimerkiksi nosturin kapasiteettia ja ulottuvuutta sekä mahdollisen sääsuojan kokoa. Mallinnettu aluesuunnitelma auttaa havainnollistamaan työmaan ja sitä voidaan hyödyntää myös työmaaperehdytyksissä. Työmaasuunnittelua varten on luotu paljon erilaisia objekteja, jotka parantavat työmaan havainnointia perehdytyksissä. Kuvassa 7 on työmaan tietomallinnettu aluesuunnitelma. [13, s. 33.]



Kuva 7. Ratamokkeskuksen mallinnettu aluesuunnitelma runkotyövaiheessa. [14.]

Työturvallisuuden suunnittelu pystytään mallintamaan esimerkiksi aukkosuojien ja kaiteiden osalta. Kaideratkaisujen esittäminen mallinnettuna helpottaa tiedon välittämistä ja ymmärtämistä. Kuvassa 8 on yhden kerroksen osalta toteutettu turvakaidesuunnitelma.



Kuva 8. Tietomallinnettu turvakaidesuunnitelma [12, s. 18.]

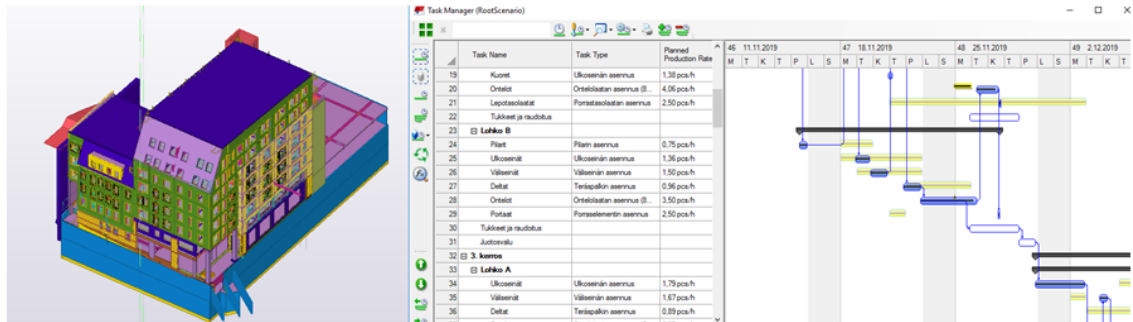
Kaiteiden ja aukkosuojien lisäksi turvakaidesuunnitelmaan voidaan viedä valjaiden kiinnityspisteet. Kaidesuunnittelu voidaan tehdä geometrialtaan tarkkana ja tieto kiinnityspisteistä voidaan viedä rakennesuunnitelmiin helposti. Elementti-tehdas tai konepaja lisää omassa tuotannossaan turvakaiteille suunnitelmien mukaiset kiinnityspisteet, jolloin työmaalle jää pelkkä kaiteiden nosto paikoilleen. [12, s. 17.]

4.3.2 Aikataulusuunnittelu

Rakentamisaikataulu ja sen seuranta voidaan esittää tietomallissa. Tätä menetelmää kutsutaan 4D-aikatauluksi. Aikataulun kannalta kriittiset työvaiheet viedään tietomalliin ja malli jaetaan hankkeen osapuolien kesken, jonka avulla tilaaja voi seurata helposti kulkeeko projekti aikataulussa. Kriittisinä työvaiheina voidaan pitää asuntorakentamisen kohteessa perustustöitä ja runkovaihetta. Tietomalliperusteinen aikatauluseuranta edellyttää suunnittelijoilta rakennekokonaisuuksien erottelua ja niiden erottelusta täytyy sopia erikseen. [12, s. 10.]

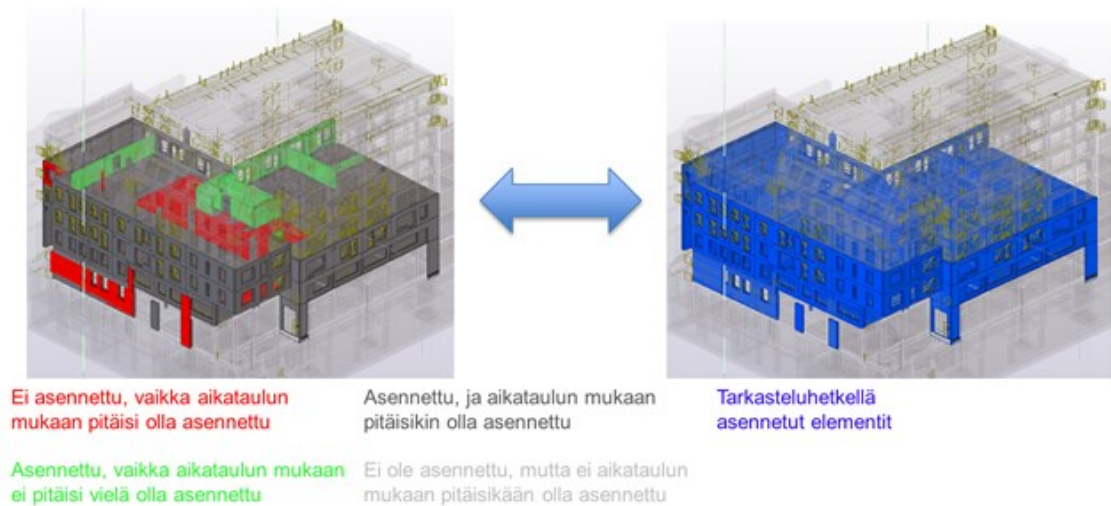
Lujatalolla on ollut 4D-aikataulu käytössä Tampereelle rakennetussa Kuninkaankatu 24-hankkeessa, jossa seurattiin rungon edistymistä. Aikataulun luonti aloitettiin suunnittelemalla elementtien asennusjärjestys sekä viikkorytmi, jonka

jälkeen aikataulua alettiin muodostaa Teklaan. (Kuva 9.) Perinteiseen aikataulukseen verrattuna lisänä tuli aikataulutehtävien linkittyminen kyseisiin rakennusosiin. [15.]



Kuva 9. Kohteen jana-aikataulu Tekla Structures -ohjelmassa. [15.]

Aikataulua seurattiin Trimble Connectin avulla mobiililaitteilla ja asennetut elementit kirjattiin mobiilisovelluksessa lähes päivittäin. Toteumatieto siirrettiin Trimble Connectista Teklaan ja ohjelma vertasi toteumatietoa aikatauluun. Kuvasssa 10 on esitetty Teklalla havainnollistettu toteumatieto. [15.]



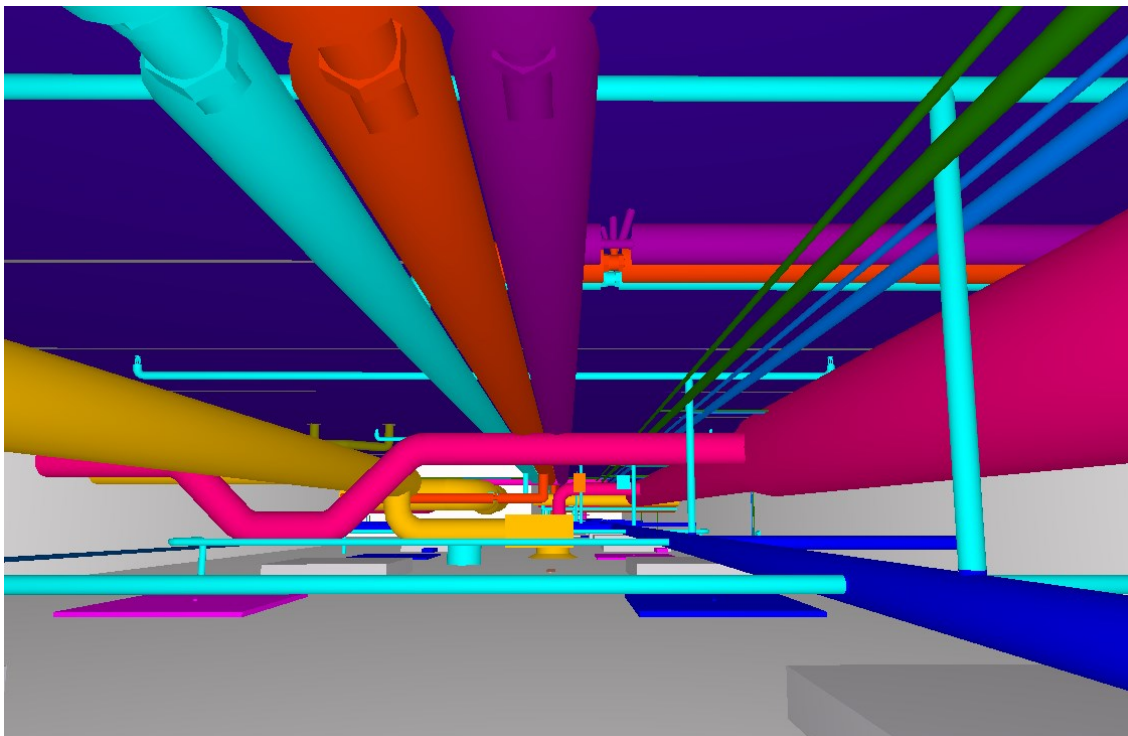
Kuva 10. Tekla Structure -ohjelmalla simuloitu aikataulu. [15.]

Toteumatietoa voi hyödyntää aikataulun lisäksi myös tietomallinnetun 3D-alue-suunnitelman ylläpitämisessä. Käytännössä sovelluksesta tulostettaisiin esimerkiksi viikon välein päivittynyt toteumamalli aluesuunnitelmaan. [15.]

Kokemusta valmiustason seurannasta kysyttiin myös Lujatalon tuotantoinsinööriltä. Yhdellä hänen edellisistä työmaista betonielementtitoimittaja oli päivittänyt jaettuun tietomalliin elementtisuunnittelun ja elementtien valmistuksen statustiedon. Hyviä puolia valmiustason seurannassa oli tiedon nopea siirtyminen ja mahdollisuus valvoa suunnittelun etenemistä. Elementtitoimitusten valmiustason seuranta ei tuonut paljoa lisäarvoa, koska suunnittelu on kriittisempi vaihe. Jaettua mallia pystyttiin myös hyödyntämään taloudellisessa loppuselvityksessä, koska tehdas ei ollut saanut suunnitelmia yhteisesti sovitussa suunnitelma-aikataulussa. Elementtitehtaalla oli asiasta vaateita ja jaetun tietomallin aikahistorian perusteella kustannukset voitiin osoittaa oikealle osapuolelle. Valmiustason seuranta ei välttämättä aina vähentänyt sähköposti- ja puhelinkeskusteluja, vaan saattoi välillä antaa aihetta niille. Valmiustason seuranta oli hyödyllistä, jos osapuoli tai -puolet päivittävät sitä riittävän usein. [16.]

4.3.3 Asennusjärjestyksen suunnittelu

Asennusjärjestys voidaan suunnitella tietomallia hyödyntäen. Eri suunnittelualojen tietomallit yhdistetään ja talotekniikan asennusjärjestys aikataulutetaan työn sujuvuuden varmistamiseksi. Työn kulkiessa sujuvammin myös laatu ja turvallisuus paranevat, eikä asentajien tarvitse kiipeillä tekniikan välissä. Kuvassa 11 on esitetty eri suunnittelualojen yhdistelmämalli. Asennusjärjestykseen täytyy huomioida myös, milloin tehdään palokatkot ja missä vaiheessa eristäjä pääsee töihin.



Kuva 11. Kuvakaappaus alakaton yläpuolella kulkevasta talotekniikasta. [21.]

Kuvassa 11 talotekniikan törmäystarkastelu on tehty, mutta ratkaistu toteutuksen kannalta haastavasti. Tässä tapauksessa on ollut tilaa muuttaa linjoja muuttamatta toiminnallisuutta, joten ylimääräisiä kustannuksia ei ole syntynyt. Jos tila kävisi ahtaaksi eikä linjaa voisi muuttaa, niin työmaavaiheessa sen huomaminen tulisi kalliiksi.

4.3.4 Tietomallia hyödyntävät sovellukset

Trimble on kehittänyt virtuaalisen todellisuuden sovelluksia työmaakäyttöön. HoloLens-laseilla voidaan katsoa lasien läpi tietomallia työmaalla ja nähdään esimerkiksi, miten talotekniikka tulee kulkemaan tai tarkastaa, että kaikki on asennettu. [17.]



Kuva 12. Havainnekuva HoloLens-lasien näkymästä käyttäjälle. [18.]

Tietomallia ohjataan käsin tai puheella. Tietomallia ei pystytä muokkaamaan lasien avulla, mutta mittaaminen onnistuu. Trimble on julkaissut myös samankaltaisen sovelluksen, jota käytetään älypuhelimella tai tabletilla. HoloLens laseja voidaan käyttää myös palaverissa verkon yli ja kaikki palaverissa olevat näkee saman näkymän, kuin HoloLens-lasien käyttäjä. [17.]

Myös Sweco on kehittänyt oman projektihallintatyökalun. Swecon SmartDrawings avaa tietomallin verkkoselaimeen QR-koodin avulla. Jokaiseen rakennesuunnitelmaan luodaan oma QR-koodi ja se luetaan esimerkiksi älypuhelimella tai tietokoneella. Sovelluksen idea on, että kyseisen suunnitelman tietomalli löydetään nopeasti. [19.]

5 Haastattelut

Työhön haastateltiin betonielementtitoimittajia ja -suunnittelijoita. Haastattelussa kartoitettiin kuinka paljon suunnittelijat tekevät tietomallinnettua suunnittelua ja miten elementtitehtaat pystyvät hyödyntämään niitä. Haastattelussa kysyttiin myös muutama aikatauluun vaikuttava kysymys, jotka eivät liity tietomallintamiseen. Haastattelut toteutettiin pääosin Teamsilla ja keskustelua ohjasi

haastatteluja varten laaditut kysymykset. Betonielementtitoimittajista haastateltiin Betsetiä, Lujabetonia, NB-seinää ja Parmaa. Elementtisuunnittelijoista haastateltiin JL-Rakennetta, Joneconia, Sitowiseä, Suomen Elementtisuunnittelua ja Sweco. Haastattelut kysymyksineen löytyvät liitteistä 1 ja 2.

5.1 Elementtitoimittajat

Elementtitoimittajilla oli jo käytössä tai kehityksen alla tietomallinnettujen suunnitelmien hyödyntäminen omissa prosesseissaan. Kaikki haastatellut, jotka hyödynsivät mallinnetuista suunnitelmista saatavia osa- ja raudoiteluetteloita, kokivat sen hyväksi ominaisuudeksi. Jaetusta tietomallista pystytään seuraamaan suunnittelun etenemistä ja teräsosia pystytään myös tilaamaan etukäteen. Tämänhetkisen maailmantilanteen ja siitä johtuvan materiaalipulan takia teräsosilla on pitkät toimitusajat, joten etukäteen tilatut osat helpottavat aikataulussa pysymistä.

Kehittyneimmässä prosessissa Teklalla BEC -12 tasoon tietomallinnetut elementtisuunnitelmat vähensi tuotannosuunnittelussa kuluvan ajan puoleen ja ajallisesti puhuttiin päivistä. Aika puolittui, koska mallinnetut suunnitelmat siirtyvät pitkälti automaattisesti, kun taas kaksikulotteisista suunnitelmista tiedot joudutaan siirtämään kokonaan manuaalisesti tuotannonohjausjärjestelmään. Toimituksia ei kuitenkaan ole aikataulutettu alkamaan aikaisemmin, koska tarvikkeiden toimitusajoille ja muulle esivalmistelulle varataan aikaa ja ne määrittävät voidaanko toimituksia tehdä aikaisemmin. Kyseisen toimittajan elementtitoimituksen hintaan ei vaikuttanut oliko suunnittelu tehty kaksikulotteisena vai tietomallinnettuna.

Kaikkien haastateltujen tuotannonohjausjärjestelmät kommunikoivat vain Teklalla tuotettujen tietomallien kanssa. Tekla on alan edellä kävijä Suomessa ja mallinnetut elementtisuunnitelmat tehdään Teklalla 95-prosenttisesti, joten vielä ei ole nähty tarvetta lähteä päivittämään järjestelmiä sopivaksi muiden suunnitteluohjelmien kanssa.

Tehtaan varsinaiseen tuotantoon eli elementtien valmistukseen tietomallinnetut suunnitelmat eivät vielä varsinaisesti tuo nopeutta. Yksittäisiä epäselvyyksiä pystytään tarkastamaan tietomallista ottamatta suunnittelijaan yhteyttä. Lähtökohtaisesti työntekijät käyttävät vielä paperisia kuvia. Mallinnettujen elementtisuunnitelmien kanssa on ollut myös vaikeuksia, silloin kun suunnittelija on tehnyt pelkän geometria -mallin. Yksi elementtitoimittaja epäili, että mittakuva on otettu tietomallista ja detaljit ovat lisätty tulosteeseen jälkikäteen. Detaljit saattavat erota ulkonäöltään mittakuvasta ja tämä on aiheuttanut tuotannossa paljon virheitä ja työnjohdolta vaaditaan tarkastukseen suurempi työpanos.

Kaikki haastatellut pitivät tuotesakauppaan kuuluvaa suunnittelua hyvänä asiana. Osa haastatelluista aikoi lisätä omaa suunnittelua ja myös sopimus-kumppaneiden käyttö koettiin hyväksi. Sopimus-kumppanin tai oman suunnittelijan koettiin tuntevan tehtaan toimintatavat ja se paransi suunnitelmien sopivuutta tuotannolle.

Osalla elementtitoimittajista on käytössä oma projektipankki ja sen käyttöä edellytetään. Yksi elementtitoimittajista käytti tilaajan projektipankkia. Jokainen tietomalleja hyödyntävä elementtitoimittaja vaati BEC -12 mukaista elementtien nimeämistä. Järjestelmissä oli myös joustavuutta ja saattoi riittää, että elementin ensimmäisestä kirjaimesta käy ilmi elementin tyyppi sekä tunnuksesta löytyy yksilöivä numero. Loput elementtitunnuksen tiedot ovat sovittavissa projektikohtaisesti.

Elementtitoimittajat veivät tai kokivat mahdolliseksi viedä elementtien valmiustason tietomalliin. Betonielementtien valmiustason seuraaminen tietomallista saattaa vähentää puheliniä ja sähköpostikeskusteluja, mutta ei poista niitä. Kaksiulotteisia suunnitelmia käytettäessä ainut projektinhallintatyökalu oli puheliniä ja sähköpostikeskustelut. Lähtökohtaisesti tietomalli on elementtien tilaajan ylläpitämä. Mikäli suunnittelu kuuluu tuotesakauppaan kukaan toimittajista ei nähnyt ongelmaa IFC-mallin luovutuksessa. Elementtitehtaan ja työmaan välinen projektinhallinta oli ainakin yhdellä elementtitoimittajalla kehitteillä, mutta mitään ei ole vielä julkaistu.

Elementtien valmistuksessa tuotantonopeuteen myös osaltaan vaikuttaa elementtisarjanpituus, eli kuinka monta kertaa samaa muottia voidaan hyödyntää sarjassa. Jokainen elementtitoimittaja koki sarjan pituuden lyhyeksi. Parveke-laatoissa samaa muottia pystyttiin vielä hyödyntämään sarjassa.

Haastatelluilta kysyttiin myös vähähiilisen betonin vaikutuksesta muottikiertoaikaan. Jokainen elementtitoimittaja tiedosti vähähiilisen betonin tuomat haasteet normaaliin betoniin verrattuna. Yksi toimittajista oli jo kehittänyt ratkaisuja, joilla vähähiilisen betonin hitaampi lujoudenkehitys ei juurikaan vaikuttaisi muottikiertoaikaan. Betoniteollisuudessa on ollut paljon yhteisiä tutkimuksia ja projekteja, joihin osallistuu yliopistoja ja muita tutkimuslaitoksia, joten alan yhteiseen kehitykseen uskottiin edelleen, eikä kaikki nähneet tarpeelliseksi lähteä tekemään omaa kehitystyötä.

5.2 Suunnittelijat

Betonielementtisuunnitelmien tietomallintaminen jakoi haastateltujen mielipiteet puolesta ja vastaan. Osa haastatelluista koki, että kaksiulotteiset suunnitelmat ovat yhtä laadukkaita ja nopeasti suunniteltavissa, kuin tietomallinnetut. Tietomallintamisen puolesta puhuneet yritykset olivat sitä mieltä, että mallinnetut suunnitelmat ovat laadukkaampia, koska suunnitelmat ovat helpompi tarkastaa. Tietomallintamisesta esitettiin varovaisia arvioita, että osaavissa käsissä mallintaminen voi jo olla nopeampaa, kuin kaksiulotteinen suunnittelu. Osalta kysyttiin myös, saadaanko sokkelielementit nopeammin tuotantoon ja työmaalle, jos ne suunnitellaan kaksiulotteisena. Sokkelielementit ovat yleensä työläimpiä suunniteltavia elementtejä ja niiden osalta suunnitelmien koettiin valmistuvan nopeammin kaksiulotteisena. Suunnitteluaiakatauluun ei lähtökohtaisesti vaikuta tehdäänkö suunnittelu kaksiulotteisesti vai tietomallintamalla. Jos lähtötiedot suunnitteluun ovat riittävät, niin suunnitteluaiakataulu on sama tavasta riippumatta.

Tietomallintaminen oli osalla suunnittelutoimistoista kalliimpaa, kuin kaksiulotteinen suunnittelu. Elementtitoimittaja ei vaikuta suoraan suunnittelun hintaan,

mutta joidenkin toimijoiden kanssa työmäärä kasvaa esimerkiksi, kun suunnitelmat tallennetaan elementtitoimittajan ohjeiden mukaan projektipankkiin. Lisääntynyt työmäärä laskutetaan lisätöinä elementtisuunnittelun tilaajalta eli yleensä pääurakoitsijalta.

Elementtisuunnittelijat eivät olleet yhtä lukuun ottamatta kokenut elementtitehtailta paineistusta siirtyä tietomallintamiseen. Yksi suunnittelutoimistoista toivoi elementtiteollisuuden lisäävän tietomallien hyödyntämistä.

6 Yhteenveto

Työssä kartoitettiin tuoko betonielementtisuunnitelmien tietomallintaminen nopeutta suunnitteluprosessiin ja betonielementtituotantoon. Lisäksi kartoitettiin tuoko tietomalli hyötyä projektinhallintaan. Työn tulosta varten haastateltiin viisi elementtisuunnittelijaa ja neljä betonielementtitoimittajaa.

Varovaisten arvioiden mukaan suunnittelu on tänä päivänä hieman nopeampaa tietomallintamalla, kuin kaksiulotteisesti. Jotta nopeampaan lopputulokseen päästään, vaaditaan kuitenkin osaava suunnittelija, joka osaa käyttää tietomallia sujuvasti. Hyvien suunnittelutaitojen lisäksi tietomallinnusohjelmaan tarvitaan lisäosia, jotka automatisoivat suunnittelua. Lisäosat ovat yleensä yrityksen itse kehittämiä. Sokkelielementit ovat kuitenkin nopeampi saada työmaalle, jos ne suunnitellaan kaksiulotteisena. Sokkelielementit olivat suunnittelijoiden mukaan haastavimpia suunniteltavia peruselementtejä ja niiden mallintaminen vie paljon aikaa. Tietomallintamista voidaan tehdä kahdella tapaa eli suoraan tietomallintamalla tai generoimalla kaksiulotteisten suunnitelmien pohjalta. Jos tietomallintamisen tuoma automaatio ja nopeus halutaan hyödyntää, on suora mallintaminen parempi vaihtoehto.

Lähtökohtaisesti nopeammalla suunnittelulla ei ole merkitystä, jos sitä ei hyödynnetä hankkeen suunnitteluajataulussa. Betonielementtien hankinta- ja toimitusprosessi koostuu monesta liikkuvasta tekijästä, joita ovat suunnittelijat, elementtitoimittaja ja pääurakoitsija. Jos yksi tekijöistä suoriutuu osuudestaan

nopeammin kuin yhteisessä aikataulussa on vaadittu, ei se tarkoita, että seuraava tekijä pystyy aloittamaan oman osuutensa automaattisesti aikaisemmin.

Suunnittelijoiden haastatteluissa kävi ilmi, että jotkin elementtitehtaat vaativat suunnitelmien lajittelua heidän ohjeensa mukaisesti. Pääurakoitsijan täytyy olla sopimuksia tehdessä hereillä, koska suunnittelijoiden sopimus sisältää lähtökohtaisesti suunnitelmien tallennuksen kerran projektipankkiin, mutta ei tarkempaa lajittelua. Elementtitoimittaja taas on maininnut sopimuksessa suunnitelmien tallentamisesta heidän ohjeensa mukaisesti, joten kulut tulee pääurakoitsijan maksettavaksi tapauksissa, jossa elementtitoimittaja ja -suunnittelija ovat molemmat pääurakoitsijan alihankkijoita. Elementtitoimittajan ohjeista johtuvia suunnittelun lisäkustannuksia olisi hyvä ottaa mukaan tehtaiden hintavertailuun.

Kehittyneimmissä prosesseissa betonielementtitoimittajat ovat kehittäneet tuotannonohjausjärjestelmiinsä tietomallia hyödyntäviä työkaluja. Jos tietomalli on mallinnettu BEC -12 ohjeen mukaisesti, elementtitehdas hyötyy prosessinsa alkupäässä jopa päiviä verrattuna kaksiulotteisiin suunnitelmiin. Tietomallista saadaan automaattisesti siirrettyä tiedot elementtitehtaan tuotannonohjausjärjestelmään, kun taas kaksiulotteisten suunnitelmien kanssa tiedot joudutaan lukemaan suunnitelmista ja siirtämään manuaalisesti. Tietomalli täytyy olla Teklalla suunniteltu, koska betonielementtitoimittajilla ei ole ollut tarvetta toistaiseksi tehdä järjestelmiä toimiviksi muiden tietomallinnusohjelmien kanssa. Jos tietomalli ei ole Teklalla suunniteltu, sitä voidaan käyttää vain visuaaliseen tarkasteluun, joten mahdollinen aikatauluhyöty jää saavuttamatta. Betonielementtitoimittajat aikatauluttavat kuitenkin oman prosessin suunnittelutavasta riippumatta yhtä pitkäksi.

Haastattelujen perusteella elementtisuunnitelmat tietomallinnettuina eivät nopeuta betonielementtien asennuksen aloitusta. Teoriatasolla voidaan säästää joitain päiviä ainakin betonitehtaan tuotannosuunnittelussa, mutta elementtiasennusta ei voida työmaalla aikatauluttaa alkavan aikaisemmin, koska ele-

menttitehtaat varaavat omaan prosessiinsa saman ajan suunnittelutavasta riippumatta. Työmaan täytyy aikatauluttaa elementtiasennus realistisen toimituspäivän perusteella, ei mahdollisen.

Tietomallinnettu suunnittelu ja betonielementtitehtaiden toimintatavat kehittyvät koko ajan. Vaikka prosessissa ei vielä saavuteta luotettavaa ajallista hyötyä elementtien asennuksen aloituksessa, niin alan kehitystä pitää seurata. Kahden vuoden päästä tietomallintamalla saavutettu aikatauluhyöty voi olla jo merkittävä. Kehitykseen saattaa vaikuttaa myös mahdollisesti maankäyttö- ja rakennuslain uudistuminen, koska nykyisen ehdotuksen perusteella se velvoittaa tietomallien käyttöön. Lakiuudistus tulee todennäköisesti pudottamaan perinteisiä kaksiulotteisesti suunnittelevia suunnittelutoimistoja pois, jos he eivät ala tuottamaan tietomallinnettuja suunnitelmia. Lakiuudistuksen paineistus voi myös lisätä kilpailua varsinkin suunnitteluohjelmistojen välille, mikä on hyvä asia.

Betonielementtiprosessin projektinhallinnassa tietomallinnettuja elementtisuunnitelmia voidaan hyödyntää valmiustason seurannassa. Valmiustason seurantaan riittää geometria malli. Käyttäjä kokemuksen perustella paras hyöty oli elementtisuunnittelun etenemisen seuranta ja valvonta. Jaetun mallin historiatietoa pystyttiin myös hyödyntämään taloudellisessa loppuselvityksessä. Lujatalon tietomallinluspäällikön mukaan valmiustason seuranta ei kuitenkaan ole pilotointien jälkeen ottanut tuulta alleen.

Kaksiulotteisia suunnitelmia käytettäessä työssä ei löytynyt uusia projektinhallintaa hyödyttäviä näkökulmia tai tapoja. Jos puhelin- ja sähköpostikeskusteluja halutaan vähentää, voisi yksinkertainen osapuolien kesken reaaliaikaisesti nettiin jaettu tiedosto helpottaa tiedonsiirtoa. Tärkein tieto on elementtisuunnittelijan kirjaama suunnitelman valmistuminen ja elementtitehtaalta suunnitelman hyväksyminen. Sähköpostikeskusteluun verrattuna etua toisi tiedon reaaliaikaisuus. Puhelinkeskusteluun verrattuna hyöty taas on, että jää kirjallinen jälki.

Swecon SmartDrawings -sovelluksesta saadaan betonielementtisuunnitelmien osalta parempi hyöty elementtitehtaalla, kuin työmaalla. Elementtitehtaalla valmistuksen yhteydessä tarvitaan tieto osista ja raudoista eli mitä ja miten ne elementtiin asennetaan. Työmaalla ei ole varsinaisesti enää tarvetta tälle tiedolle, kunhan elementti on suunnitelmien mukainen. SmartDrawings voi olla hyvä sovellus työmaalle silloin, kun se on käytössä paikalla rakennettavissa rakenteissa.

Johtopäätökset

Tietomallinnettu suunnittelu ei vielä mahdollista betonielementtien aikaisempaa asennuksen aloitusta ja se voi olla suunnittelutoimistosta riippuen jopa kalliimpaa perinteiseen suunnitteluun verrattuna. Tietomallinnetut suunnitelmat mahdollistavat kuitenkin laadukkaammat suunnitelmat, koska suunnitelmat on helpompi tarkastaa ja yhteensovitus eri suunnittelualojen välillä paranee. Laadukkaampien suunnitelmien lisäksi käyttämällä jo laajasti tietomallia hyödyntäviä kumppaneita, voidaan asennuksen aloituksen aikatauluriskiä pienentää. Aikatauluriski pienenee, koska tietomallintamalla saadaan ainakin elementtitoimittajan tuotannosuunnittelu-aikaa lyhennettyä ja sen avulla voidaan ottaa aikatauluviive kiinni. Aikatauluviiveessä puhutaan maksimissaan muutamasta päivästä.

Myös käyttämällä tuoteosakauppaan sisältyvää suunnittelua, saadaan riskit työmaa-asennuksen myöhästymisestä pienentymään. Haastatteluiden perusteella elementtitoimittajat kokivat oman tai sopimuskumppaneiden suunnittelun parantavan tehtaan toimintaa. Sopimussuhde suunnittelun kanssa lisää suunnittelun hallittavuutta betonielementtitoimittajalle ja se lisää mahdollisuuden taipua tiukoihinkin aikatauluihin. Tällä menetelmällä pääurakoitsijan ei tarvitse toimia elementtisuunnittelijan ja -toimittajan välikätenä ja se voi jopa vähentää työmaan työnjohdon työkuormaa.

Yhdistämällä tuoteosakauppaan tietomallia laajasti hyödyntävän betonielementtitoimittajan ja kauppaan kuuluvan tietomallinnetun suunnittelun, saadaan aikataulullisesti parhaiten hallittu asennuksen aloitus. Tällä toimintatavalla voi olla

myös mahdollista lyhentää aikaväliä suunnittelun aloituksesta elementtien toimitukseen. Asiaa pitäisi pilotoida yhdessä kyseisten elementtitoimittajien kanssa jollain alkavista työmaista.

Lähteet

- 1 Hytönen Yki ja Seppänen Matti. Tehdään elementeistä.pdf. 2009. SBK-säätiö. Jyväskylä.
- 2 Rakennuslehti.fi verkkosivu, <https://www.rakennuslehti.fi/2022/02/harkiten-kohti-korkeuksia/>, luettu 1.4.2022. Kuva: Jussi Helttunen.
- 3 Elementtisuunnittelu.fi verkkosivu, <https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/tuoteosakauppa>, luettu 4.4.2022.
- 4 Suunnittelujohtaja Janne Sihvonen, Lujatalo Oy 25.4.2022
- 5 Elementtisuunnittelu.fi verkkosivu, <https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/suunnittelun-ohjaus>, luettu 5.4.2022.
- 6 Betonielementtitoimittajien haastattelut: Betsset, Räisänen Markku 14.4.2022. Lujabetoni, Kokkonen Kari 5.4.2022. NB-Seinä, Hakala Tommi 6.4.2022. Parma, Salmela Pasi 12.4.2022.
- 7 Karjula Jaakko ja Mäkelä Elina, Pöyry CM Oy. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 11, Tietomallipohjaisen projektin johtaminen. Versio 1.0.
- 8 Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksen luonnos. <https://mrluudistus.fi/wp-content/uploads/2022/04/Luonnos-hallituksen-esityksesta-rakentamislainsiksi.pdf>, luettu 18.4.2022.
- 9 Tietomallinnuspäällikkö Leväniemi Antti ja tietomallikoordinaattori Häikiö Janne, Lujatalo Oy. Haastateltu 12.4.2022.
- 10 Rakennushankkeen kustannushallinta e-kirja. 2018. Rakennustieto Oy. Luettu 14.4.2022.
- 11 Laskentainsinööri Iiro Karhu, Lujatalo Oy. Haastateltu 13.4.2022.
- 12 Karppinen Annika ja muut. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 13, Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. Versio 1.0.
- 13 Kiviniemi Markku, Mäkelä Tarja ja Sulankivi Kristiina, VTT oy. Tietomalli ja työmaan turvallisuus, tutkimusraportti. 3/2009.
- 14 Projektipäällikkö Markus Vihavainen, Lujatalo Oy. Tietomallinnettu alue-suunnitelma 17.6.2020. Kuva 14.

- 15 Karjalainen Ville, Leväniemi Antti, Niemelä Jere ja Tanhuanpää Markus, Lujatalo Oy. Blogi-kirjoitus: 4D-aikataulutuksen ja Last Plannerin hyödyntäminen rakennuksen runkovaiheessa. Lujatalon sisäinen intranetti, Lunetti. 3.8.2020.
- 16 Tuotantoinsinööri Nyberg Kasper, Lujatalo Oy. Haastateltu 27.4.2022.
- 17 Trimble.com verkkosivu. <https://fieldtech.trimble.com/en/product/trimble-connect-mr>, luettu 22.4.2022
- 18 Kuva 11: D Scott Clark. Rakennuslehti.fi verkkosivu. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/01/tietomallit-tulevat-virtuaali-ja-lisatyn-todellisuuden-laseihin/>, luettu 22.4.2022
- 19 Sweco SmartDrawings -sovellus. https://www.youtube.com/watch?v=RIQ7J23qA2M&t=1425s&ab_channel=SwecoFinland, katsottu 22.4.2022.
- 20 Betonielementtisuunnittelijoiden haastattelut: JL-Rakenne, Lyhty Jorma 11.4.2022. Jonecon, Karila Tiina 22.4.2022. Sitowise, Pelttari Janne 25.4.2022. Suomen elementtisuunnittelu, Honkanen Antti 5.4.2022. Sweco, Linnakoski Tuija 13.4.2022.
- 21 Kuva 4 ja 10. Anton Porvari.
- 22 Palolahti Tuomas, Stagnäs Magnus ja Valjus Juho. Betonielementtien sähköasennukset.pdf. 2011. Suomen Rakennusmedia Oy. Tampere.

Betonielementtitoimittajien haastattelut

Kysymykset betonielementtitoimittajille:

- Miten 3D-mallinnetut suunnitelmat vaikuttavat teidän tuotannon-suunnitteluunne verrattuna 2D suunnitelmiin? (Jos käytetään yhteistä mallia, mihin suunnittelija on merkinnyt elementtejä valmiiksi, pystyttekö tilaamaan osat aikaisemmin valmiiden elementtien osalta?)
- Millä tarkkuudella betonielementtisuunnitelmat täytyy mallintaa, jotta niistä hyödytään? BEC -12 tarkkuus?
- Nopeutuuko tehtaan tuotanto, jos käytetään mallinnettuja suunnitelmia?
- Onko teillä mahdollisuus viedä elementtien valmiustaso 3D-malliin, joka on myös suunnittelijoiden ja urakoitsijan käytössä?
- Mitä tiedostomuotoa käytätte?
- Mitä edellytetään elementtisuunnittelulta? Miten elementit nimitetään? Kenen projektipankkiin tallennetaan, tilaajan vai teidän?
- Tarvitsettekö vielä paperisia versioita suunnitelmista?
- Jos elementtisuunnittelu sisältyy elementtitoimitukseen, voimmeko hyödyntää teidän tekemää mallia työmaalla?
- Miten toteutate projektinhallinnan kaksiulotteisilla suunnitelmissa?

Lujabetoni Oy

Projektipäällikkö, Kari Kokkonen 5.4.2022

Lujabetoni käyttää mallinnettuja suunnitelmia, mutta suunnitelmat tulevat silti myös paperiversioina. Tällä hetkellä projekti menossa, jossa mallinnetuista suunnitelmista hyödynnettäisiin materiaali- ja geometriatiedot. Suunnitelmien mallintamisen tarkkuuteen riittää toistaiseksi BEC -12 ohjeistus. Tehtaan tuotannon nopeuteen mallinnetut suunnitelmat eivät ainakaan toistaiseksi vaikuta.

Elementtien valmiustaso viedään tietomalliin, jos sellainen on työmaan kanssa sovittu käytettäväksi. Sovellus, jota käytetään, on Tekla Model Sharing. Työmaa pystyy hyödyntämään mallia katseluun eli mallin kautta ei ole vietävissä informaatiota tehtaan suuntaan. Jos tietomallia ei ole käytössä, niin työmaan ja tehtaan välinen informaatio toimii pääsääntöisesti puhelimitse ja sähköpostilla.

Elementit nimetään elementtisuunnittelu.fi sivustolta löytyvien tunnusten mukaan ja jokaiselle elementille annetaan juokseva numero. Lujabetonilla on käytössä oma projektipankki ja sen käyttöä edellytetään.

Elementtisuunnittelu voi tulla Lujabetonin kautta ja tahtotila on, että sitä lisätään asuntorakentamisessa. Itse toteutetun suunnittelun nähdään hyödyttävän omaa toimintaa ja tilaajaa. Lujabetonin kautta tulevaa tietomallin hyödyntämistä työmaalla ei suljeta pois.

Asuntorakentamisessa elementeissä on hyvin vähän toistoa tänä päivänä. Parveke-elementeissä ja -pielissä sitä vielä esiintyy. Seinäelementeissä toistoa on vähäistä.

Vähähiilisydestä on tehty tutkimuksia ja ensimmäisten testien perusteella on löydetty ratkaisuja, jolla muottikiertoaika ei juurikaan pidentyisi.

NB-Seinä Oy

Tuotantopäällikkö, Tommi Hakala 6.4.2022

NB-seinä ei vielä juurikaan pysty hyödyntämään tietomallinnettuja suunnitelmia, koska tuotannonohjausjärjestelmää ei ole vielä saatu synkronoitua Teklan ohjelmiin. Ohjelmistokehittäjälle on esitetty toive, että tuotannonohjausjärjestelmään lisättäisiin yhteys Teklaan. Tietomallintamalla tehtyjen suunnitelmien tulosteista pystytään hyötymään, koska niistä saadaan suoraan raudoitus- ja tarvikeluettelot. Raudoiteluettelo koetaan parhaaksi ominaisuudeksi tietomallintamisessa tehtaan tuotantoa ajatellen. Raudoiteluettelot olleet pääsääntöisesti oikein mallinnettuja. Myös tarjouslaskennassa hyödynnetään tietomallia, koska se auttaa hahmottamaan kohteen paremmin.

Paperikuvia käytetään tehtaassa tuotannossa ja uskotaan, että niitä käytetään vielä tulevaisuudessakin. Tulevaisuudessa mahdollista, että tietomalli projisoidaan muottipöydälle, jolloin paperikuvien tarve vähenee tai poistuu.

NB-seinällä ei ole käytössä omia tietomalleja, johon voisi viedä elementtien valmiustason. Jos urakoitsijalla on käytössä tietomalli mihin voi viedä elementtien valmiustason, niin tietojen vienti sinne on mahdollista.

Elementit toivotaan nimettävän siten, että elementtitunnuksesta näkee tyypin lisäksi sijainnin rapun ja kerroksen tarkkuudella. NB-seinä käyttää tilaajan projektipankkia.

NB-seinällä ollut mietinnässä lisätä elementtikauppaa, joka sisältää myös suunnittelun. Suunnittelun tuottamisesta itse uskotaan olevan hyötyä tehtaassa tuotantoon. Suunnittelu voidaan myös tuottaa mallinnettuna ja tietomalli voidaan luovuttaa työmaalle. Urakoitsija on hankkinut suunnittelun yleensä jo siinä vaiheessa, kun elementtientoimitussopimus syntyy, joten vuosisopimuksiakin on mietitty.

Projektinhallinta kaksiulotteisia suunnitelmia käyttäessä hoidetaan puhelimella ja sähköpostitse. Valmiustaso ja toimitukset on myös raportoitu Excel-tiedostolla tarvittaessa viikoittain urakoitsijalle. Elementtiasennusjärjestys ja arvioitu toimitusviikko pyydetään toimitettavaksi saman aikaisesti tuotantosuunnitelmien kanssa ja tehdas omalla toiminnallaan varmistaa niissä pysymisen.

Elementtien sarjanpituus on lyhyt nykypäivänä. Parvekelaatat pystytään usein toteuttamaan samalla muotilla. Esimerkiksi väliseinäelementeissä elementit voi olla keskenään samanlaisia, mutta eriävien sähkösuunnitelmien takia ne ovat piirretty eri suunnitelmiin ja sen takia sitä ei osata tehdä sarjassa. Tämä koetaan heikkoudeksi paperikuvien käytössä ja mallintamisella voitaisiin päästä tästä eroon.

Mallinnettujen elementtisuunnitelmien kanssa on ollut vaikeuksia, silloin kun suunnittelija on tehnyt pelkän geometria -mallin. Todennäköisesti mittakuva on otettu tietomallista ja detaljit ovat lisätty tulosteeseen jälkikäteen. Detaljit saattavat erota ulkonäöltään mittakuvasta ja tämä on aiheuttanut tuotannossa paljon virheitä ja työnjohdolta vaaditaan tarkastukseen suurempi työpanos. Tois- taiseksi pelkät 2D suunnitelmat koettu laadukkaimmiksi, mutta oikein alusta loppuun mallinnetut suunnitelmat koetaan kuitenkin erinomaisiksi.

Vähähiilistä betonia ei ole vielä tehty ja sen hitaampi sitoutuminen tiedostetaan. Tulee vaikuttamaan todennäköisesti hintaan.

Parma Oy

Suunnittelupäällikkö, Pasi Salmela 12.4.2022

Oikein mallinnettu tietomalli (BEC -12 tarkkuus) mahdollistaa tiedon lukemisen suoraan tuotannonohjausjärjestelmään ja tuotannon automaatioon. Jos käytössä on kaksiulotteiset suunnitelmat, joudutaan tietojen syöttäminen tuotannonohjausjärjestelmään tekemään käsin, joka hidastaa prosessia. Yksittäisiä tuotteita pystytään tilaamaan mallin kautta etukäteen tilanteissa missä malli ei ole vielä kokonaan valmis. Tietomallin täytyy olla Teklan natiivimalli, jotta se

kommunikoi tuotannonohjausjärjestelmän kanssa. Järjestelmää pystytään kehittämään IFC-tiedostojen kanssa sopiviksi, jos tälle nähdään tarvetta.

Elementtisuunnitelmat täytyy nimetä BEC-12 ohjeistuksen mukaisesti ja ne tallennetaan Parman omaan projektipankkiin. Tietomallien käyttö ei ole vielä poistanut paperisten suunnitelmien tarvetta tuotannossa. Suunnitelmissa suositaan A3 kokoa, koska sen voi tulostaa itse. Isommat tulosteet tilataan kopiolaitokselta. Varsinaista elementtituotantoa tietomallinnetut suunnitelmat eivät nopeuta, mutta tällä hetkellä tutkitaan, miten työntekijät voisivat hyötyä mallinnettujen suunnitelmien käytöstä. Lisäksi on mallipohjaiseen tuotannon automaatioon liittyviä kehityshankkeita käynnissä.

Elementtien valmiusaste pystytään viedä jaettuun tietomalliin. Urakoitsija ei pysty viemään tietoa mallin kautta takaisinpäin. Lähtökohtaisesti jaettu tietomalli on tilaajan omistama ja ylläpitämä. Projektinhallinta kaksikulotteisilla suunnitelmissa tapahtuu puhelimitse ja sähköpostilla.

Jos suunnittelu kuuluu tuotesakauppaan, niin tietomalli voidaan toimittaa tilaajalle IFC muotoisena. Puolet elementtisuunnitelmista sisällytetään tuotesakauppaan ja omaa suunnittelua on tarkoitus lisätä. Mallintamalla osaava suunnittelija voi jo mahdollisesti suunnitella nopeammin kuin kaksikulotteisena, mutta se edellyttää, että Teklaan on kehitetty työkaluja. Elementtikauppaan sisältyvä suunnittelu ei lähtökohtaisesti lyhennä suunnittelu-aikataulua, mutta kii-
reisessä hankkeessa aikataulua pystytään tarvittaessa kiristämään ja suunnittelu-aikataulu on paremmin hallittavissa.

Vähähiilinen betoni lisää tapauskohtaisesti muottikiertoaikaa.

Betsset Oy

Suunnittelujohtaja, Markku Räisänen 14.4.2022

Betsset hyödyntää mallinnettuja suunnitelmia. Tietomallista voidaan pyytää suunnittelijaa ajamaan osaluettelot valmiiden suunnitelmien osalta etukäteen ja tilata ne. Suunnittelijat tietävät mitkä osista ei varmasti muutu, niin siksi tätä ei tehdä itse. Varsinkin nyt, kun teräsosatoimittajilla on toimitusvaikeuksia, niin tätä ominaisuutta on hyödynnetty. 2D suunnitelmiin verrattuna osien tilaaminen mallinnetuista suunnitelmista etukäteen nopeuttaa prosessia.

Teklalla BEC -12 tarkkuuteen mallinnetut suunnitelmat saadaan suoraan linkitettyä Betsset Linkerillä tuotannonohjausjärjestelmään. Linker luo tietomallista täysin varustellut elementtikohtaiset kuvat IFC-muotoisena. Jos käytössä on tietomalli vajailla tiedoilla, niin tiedot joudutaan syöttämään järjestelmään ainakin osittain käsin ja kaksiulotteisia suunnitelmia käyttäessä kaikki syötetään käsin. Automaattinen tiedonsiirto on vähintään puolet nopeampaa ja aikaerossa puhutaan päivistä verrattuna käsin tehtävään tiedonsiirtoon. Suunnittelutapa ei vaikuttanut elementtikaupan hintaan. Myöskään aikataulusta ei ole tingitty ja toimitusten aloituksen määrittävät tarvikkeiden toimitusajat ja esivalmistelut, joille tulee kuitenkin varata tarvittava aika. Jos käytetään muita, kun Teklalla tehtyjä malleja, niin niitä voidaan hyödyntää vain visuaaliseen tarkasteluun. Mikäli mallintaminen yleistyisi Suomessa muillakin ohjelmilla, niin tuotannonohjausjärjestelmän kehittämiselle ei nähdä ongelmaa.

Tehtaan varsinainen tuotanto ei varsinaisesti nopeudu mallinnetuilla suunnitelmilla, mutta joskus epäselvyyksiä pystytään tarkastamaan tietomallista eikä suunnittelijoita tarvitse konsultoida. Tietomallin raudoitusten data pystytään siirtämään suoraan raudoituskoneelle automaattisesti. Epäselvyyksiä on kuitenkin koettu olevan sen verran paljon, että välissä täytyy olla kokeneemman työntekijän korjaamassa mallinnuksessa tapahtuvia virheitä, kuten terästen törmäilyä.

Suunnittelijan ja elementtitehtaan välinen yhteistyö pystytään osittain toteuttamaan jaetun mallin kautta. Elementtitehtaan ja työmaan välistä projektinhallintaa ollaan kehittämässä, mutta vielä ei ole julkaistu mitään. Tällä hetkellä työmaa pystyy näkemään jaetusta mallista elementtien valmiustason.

Omaa projektipankkia ei ole käytössä, vaan Betset Linkerin avulla tiedostot siirtyvät tuotantoon ja myös esimerkiksi Sokopro:n uudempaan versioon. Elementit nimetään BEC -12 ohjeistuksen mukaan, mutta nimeämisessä on joustoa, kunhan ensimmäisestä kirjaimesta käy ilmi elementin tyyppi.

Jos suunnittelu kuuluu tuotesakauppaan, niin tietomalli voidaan toimittaa tilaajalle IFC muotoisena. Natiivimallikin voidaan mahdollisesti luovuttaa (riippuen suunnittelukumppanista), mutta siitä täytyy tehdä sopimus. Betset käyttää tuotesakauppaan kuuluvassa suunnittelussa hyväksi koettuja kumppaneita, eli varsinaista omaa suunnittelua ei olla lisäämässä.

Jos kaikki suunnitelmat ovat kaksiulotteisia, niin projektinhallinta hoidetaan puhelimitse ja sähköpostitse. Jaettu tietomalli ei varsinaisesti vähennä puhelin- ja sähköpostikeskusteluja, vaan se on enemmänkin työkalu havainnollistamaan missä suunnittelu ja elementtituotanto kulkee.

Elementtisarjan pituus on noin 1,5. Parvekkeissa sarjan pituus kasvaa. Vähähii-
linenbetoni vaikuttaa muottikiertoaikaan pidentävästi. Omaa kehitystyötä vähähii-
hiillisen betonireseptin sitoutumisen nopeuttamiseksi ei ole tehty.

Betonielementtisuunnittelijoiden haastattelut

Kysymykset betonielementtisuunnittelijoille:

- Onko suunnittelu mielestänne nopeampaa tietomallintamalla vai perinteisesti kaksiulotteisena?
- Saadaanko tarjouskyselyaineisto/tuotantokuvat kasaan nopeammin tietomallintamalla, kuin 2D suunnitelmilla?
- Kustantaako suunnittelu mallintamalla enemmän?
- Vaikuttaako elementtivalmistaja suunnitteluun? Vaikuttavatko eri elementtitoimittajat kustannuksiin?
- Paineistaako elementtiteollisuus 3D mallintamiseen?

Suomen elementtisuunnittelu Oy

Toimitusjohtaja, Antti Honkanen 5.4.2022 – Ei pidetty varsinaista haastattelua kysymyksillä, koska eivät tee tietomallinnettua suunnittelua.

Suomen elementtisuunnittelu eli Seles ei mallinna suunnitelmia ollenkaan. Painetta tietomallintamisen pariin kuitenkin on, koska urakoitsijat ja mahdollisesti toteutuva maankäyttö- ja rakennuslain päivitys tätä vaatii. Myös elementtiteollisuuden on koettu paineistavan mallintamisen pariin. Seles kokee, että he pystyvät tuottamaan nopeammin ja laadukkaammin kaksiulotteisia suunnitelmia, joten tietomallintamiseen ei ole ainakaan vielä lähdetty.

JL-Rakenne Oy

Toimitusjohtaja, Jorma Lyhty 11.4.2022

Suunnittelu perinteisesti kaksiulotteisena koetaan nopeammaksi. JL-rakenne tekee elementtisuunnitelmat Cadmaticilla. Cadmaticilla pystytään generoimaan tietomalli kaksiulotteisesta suunnitelmasta, joten mallintamisen aika eron ei koeta olevan suuri, jos verrataan työskentelyä esimerkiksi Teklaan. Toistaiseksi JL-rakenne on tehnyt vain geometria malleja.

Tarjouskyselyaineistoa ei saada nopeammin kasaan, kun suunnitelmat mallinnetaan, koska työmäärä kasvaa. Työmäärän kasvaessa suunnittelun kustannuksetkin nousevat.

Elementtivalmistaja ei ole vaikuttanut suunnittelun hintaan. Elementtitehtaiden vaatimukset ovat välillä todella työläitä, joten sen pitäisi vaikuttaa hintaan. Elementtisuunnittelijat eivät kuitenkaan ole sopimussuhteessa elementtitehtaiden kanssa.

Elementtitehtaiden ei koeta paineistavan tietomallinnettuun suunnitteluun. Tätä ihmetellään, koska mallinnetuista kuvista on kuitenkin mahdollista saada nopeammin ja enemmän informaatiota. Syynä tähän uskotaan olevan, että varsinkin

pienempien elementtivalmistajien ohjelmistoista puuttuvat työkalut, joilla tieto saadaan suoraan tehdasta palvelevaan muotoon.

Sweco Rakennetekniikka Oy

Myyntijohtaja, Tuija Linnakoski 13.4.2022

Suunnittelu mallintamalla ei välttämättä ole nopeampaa, mutta siinä on paljon etuja. Virheiden määrä vähenee ja esimerkiksi nähdään, mahtuuko raudoitukset, koska ne tehdään oikeilla mitoilla. Noin 95 % elementtisuunnittelusta tehdään mallintamalla, eikä vertailua kustannuksista kaksikulotteisiin suunnitelmiin ole. Yleisesti hinta pyritään pitämään samana suunnittelutavasta riippumatta. Sweco käyttää Teklan ohjelmistoja ja Sweco on itse kehittänyt paljon Teklaan lisätyökaluja, joiden avulla suunnittelua saadaan automatisoitua.

Tuotantokuvat voivat valmistua tietomallintamalla hieman nopeammin, mutta se on käyttäjäkohtaista. Prosessi kehittyy koko ajan, kun kehitetään lisää työkaluja mallintamiseen ja sen uskotaan nopeutuvan.

Elementtitehtaat vaikuttavat suunnitteluun, joka näkyy esimerkiksi korjaussuunnitelmien laatimisessa. Elementtitehtailta on myös tullut vaatimuksia, että suunnitelmista ei saisi löytyä tekstiä vaan kaikki pitäisi olla piirretty kielimuurien takia.

Jonecon Oy

Osastopäällikkö, Tiina Karila 22.4.2022

Joneconilla käytetään Autodeskin Revit -sovellusta tietomallintamiseen ja kaksikulotteiset suunnitelmat tehdään Autocadilla. Tietomallintaminen tuo nopeutta toistoihin, mutta ei ole yksiselitteistä vastausta onko tietomallintaminen vai kaksikulotteinen suunnittelu nopeampaa. Sokkelielementit ovat nopeampi suunnitella kaksikulotteisena. Suunnittelu aikataulu on lähtökohtaisesti sama riippumatta suunnittelutavasta ja aikataulu on enemmän riippuvainen lähtötiedoista, kuin tavasta.

Elementtisuunnittelu mallintamalla ei lähtökohtaisesti ole kalliimpaa tietomallintamalla, kuin kaksiulotteisena.

Elementtitehtaiden suunnalta paineistusta tietomallinnettuun suunnitteluun ei ole havaittu, mutta osa elementtitoimittajista toivoo tietomallia käyttöön. Kaikkiin kohteisiin ei elementtisuunnitelmia ei ole mallinnettu ja jos on, niin paineistus tulee urakoitsijoiden suunnalta.

Sitowise Oy

Osastopäällikkö, Janne Pelttari 25.4.2022

Sitowisen Kouvolan toimisto tekee kaikki elementtisuunnitelmat mallinnettuna Teklalla. Teklaan on kehitetty itse ja yhdessä Teklan kanssa työkaluja, jotka nopeuttavat ja automatisoi suunnittelua perusversioon verrattuna. Tietomallintamisen uskotaan olevan yhtä nopeaa, kuin kaksiulotteisena suunnittelu. Mallintamalla saadaan kuitenkin laadukkaammat suunnitelmat, koska pystytään tarkastamaan risteämiset ja tekemään reikäkierrot.

Tietomallintamalla suunnittelu on kalliimpaa, kuin kaksiulotteisena suunnittelu elementtisuunnitelmien osalta. Kustannusero on noin 20–30 %, mutta urakoitsijoilta ei ole koettu tulevan painetta hintaeron suhteen.

Eri elementtivalmistajat vaikuttavat suunnitteluun omilla vaatimuksillaan. Osa haluaa paperikopiot tehtaalle ja osalle tietomalli pystytään siirtämään Teklaan asennettujen lisätyökalujen avulla. Elementtiteollisuuden ei koeta paineistavan tietomallinnettuun suunnitteluun. Haastatellun mukaan he toivovat elementtitehtaiden lähtevän mukaan tietomallinnettuihin suunnitelmiin.

TUOTEOSASUUNNITTELUN AIKATAULU

Kohde: Laatiija: pvm: Päivitykset

	Arkkitehdin ja urakoitsij. lähötiedot	Rakennes. lähötiedot	Reikäpiir. lvi-suunnit	Reikäpiir. sähkösuun	Reikäpiir. palautettu	Elementtisuun. alkaa	Elementit sähkö- suunn.	Elementit sähköltä elem.suunn.	Päärustukset tehtaalle lohkoittain	Elementti- asennus
Aikariippuvuus	VKO - 16	VKO - 14	VKO - 13	VKO - 12	VKO - 12	VKO - 12	(3 TPV / LAHETYS)		VKO - 6	VKO 0

OSAT (lohkot)

1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
6.										
7.										
8.										
9.										
10.										
11.										
12.										
13.										
14.										
15.										
16.										
17.										
18.										

HUOM:

- ELEMENTIT SAHKOISTETAAN ELEMENTTISUUNNITTELUN EDISTYMISEN MUKAAN. AIKAA SAHKOISTYKSELLE ON VARATTU 3 TPV / LAHETYS. LAHETETTAVAN ERAN KOKO SOVITAAN ELEMENTTI - JA SAHKOSUUNNITTELIJAN KESKEN PROJEKTIKOHTAISESTI.
- LVI-SUUNNITTELIJA MERKITSEE SEWATEK OSIEN TUNNUKSET REIKÄPIIRUSTUKSEEN JA TOIMITTAA MÄÄRÄLUETTELOIN KÄYTETTÄVISTÄ OSISTA VALMISTAVALLE TEHTAALLE.
- YLLÄ ESITETTY AIKARIIPPUVUUS PERUSTUU VAIKEUSASTEELTAAN NORMAALIIN KOHTEESEEN, JONKA AIKATAULU ON PORRASTETTU RAKENNUSOSITTAIN.
- JOS KOHTEEN KOKO ON YLI 7500 KEM2, EDELLÄ ESITETTYYN AIKATAULUUN TARVITAAN 3 VIIKKOA LISÄÄ SUUNNITTELUAIKAA.
- JOS KOHTEEN KOKO ON YLI 10 000 KEM2, SUUNNITTELUUN TARVITAAN 6 VIIKKOA LISÄAIKAA.
- SUUNNITTELUAIKATAULU LAADITAAN AINA YHTEISTYÖSSÄ RAKENNUTTAJAN, ARKKITEHDIN, URAKOITSIJAN JA ERIKOIS-SUUNNITTELIJOIDEN KANSSA.

KATSELMUKSET: AJOITUS

- TUOTEOSASUUNNITTELUN ALOITUSKATSELMUS VKO - 14
- SUUNNITTELMAKATSELMUS VKO - 12
- TEHDASKATSELMUS VKO - 6
- TYÖMAAN ALOITUSKATSELMUS VKO - 2