

Juho Korkeila

Rakennesuunnittelijan tietomallin sisältämän määrätiedon hyödyntäminen



ALKULAUSE

Tämä insinöörityö on tehty Finnmap Consulting Oy:lle. Kiitän kaikkia minua työssä avustaneita henkilöitä. Erityisesti haluan kiittää työn ohjaajia Matti Tauriaista sekä Antti Hämäläistä Finnmap Consulting Oy:stä, joilta sain aiheen työhöni sekä arvokasta opastusta työn aikana.

Lisäksi haluan kiittää työn valvojaa Päivi Jäväjää työnaikaisesta ohjauksesta ja neuvoista.

Helsingissä 24.04.2012

Juho Korkeila

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Juho Korkeila Rakennesuunnittelijan tietomallin sisältämän määrätiedon hyödyntäminen 38 sivua 24.04.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Kehityspäällikkö Matti Tauriainen Osastopäällikkö Antti Hämäläinen Yliopettaja Päivi Jäväjä
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Finnmap Consulting Oy:n Virtual Services -osastolle. Yritys kehittää voimakkaasti tietomalleja hyödyntäviä palveluitaan, joista yhtenä osana on tietomallipohjaisen määrätietojen hallinta ja hyödyntäminen.</p> <p>Insinöörityön tavoitteena oli tutkia erilaisia tapoja hyödyntää rakennesuunnittelijan tietomallista saatavia määrätietoja. Työ toteutettiin käynnissä olevan Kaupunkikeskus Tapiola -projektin yhteydessä. Työllä pyritään kehittämään yrityksen tietomallipohjaisia määrälaskentapalveluita.</p> <p>Työ aloitettiin tutustumalla määrälaskentaan sekä rakennuksen tietomalliin liittyvään kirjallisuuteen. Tämän jälkeen selvitettiin, miten Tekla Structures sekä Revit Structure -ohjelmistojen toimintoja voidaan hyödyntää määrälaskennassa. Lisäksi tutustuttiin Kaupunkikeskus Tapiola -projektiin, jonka yhteydessä työ toteutettiin. Lopuksi selvitettiin, mitä ja mihin tarkoitukseen tietomallin sisältämiä määrätietoja voidaan käyttää rakennusprosessin eri vaiheissa, sekä mitä tämä tietomallilta vaatii.</p> <p>Yhtenä työn tuloksena saatiin määrälista Tekla Structures -tietomallinnusohjelmaan. Määrälistaa voidaan käyttää muun muassa purettavien rakenteiden määrälaskennassa. Työn yhteydessä tehtiin myös Kaupunkikeskus Tapiola -projektin tietomallin luokittelu lohkoihin sekä kerroksiin. Tietomallin luokittelua hyödynnetään määrälaskennan lisäksi projektin aikataulutuksen visualisoinnissa. Lisäksi työn yhteydessä esitettiin tapoja määrätiedon hyödyntämiselle, sekä määrätiedon tuottamisen asettamia vaatimuksia tietomallille. Työn yhteydessä nousi esiin myös kehitysideoita, joiden pohjalta voidaan jatkaa tietomallipohjaisten määrälaskentapalveluiden kehittämistä.</p>	
Avainsanat	rakennuksen tietomalli, määrälaskenta, BIM

Author	Juho Korkeila
Title	Utilization of Structural Engineer's Information Model Containing Quantity Information
Number of Pages	38 pages
Date	24 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructors	Matti Tauriainen, Development Manager Antti Hämäläinen, Head of Department Päivi Jäväjä, Principal Lecturer
<p>This thesis was made for the Virtual Services department of Finnmap Consulting Oy. The company is developing their services that utilize information models. One part of these services is information model -based quantity management and utilization.</p> <p>The aim of this engineering thesis was to research a variety of ways to utilize the amount of information derived from building information model of a structural designer. The thesis was carried out in context with the project Kaupunkikeskus Tapiola. This thesis aims at developing the company's information model -based quantity calculation services.</p> <p>The thesis was started by studying relevant literature concerning quantity calculation and building information model. After that it was clarified how Tekla Structures and Revit Structure software functions can be used in the quantity calculations and also familiarizing with the project Kaupunkikeskus Tapiola in connection with which the study was carried out. Finally, it was examined how and for what the quantity information from the building information model can be used, and what it requires of the building information model.</p> <p>One result on the study was a quantity list for the building information model program called Tekla Structure. The quantity list can be used for example in quantity calculations that are made from demolished structures. Classification of sections and layers was also made for the project Kaupunkikeskus Tapiola's building model. Classification of the building model will be utilized in quantity calculations and visualization of the scheduling. In addition, ways were presented for the utilization of the quantity information-, and requirements were specified for quantity information production for the information model. The study also presents development ideas, in order to continue developing the services of information model -based quantity calculation.</p>	
Keywords	building information model, quantity calculation, BIM

Sisälllys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoitteet ja rajaus	1
1.3	Menetelmät	2
2	Kaupunkikeskus Tapiola	3
3	Rakennuksen tietomalli	4
3.1	Yleistä tietomallista	4
3.1.1	Tietomallintamisen periaatteet	4
3.1.2	Tietomallintamisen vaiheet	5
3.1.3	IFC-tiedonsiirtostandardi	7
3.2	Tietomallin hyödyt	8
3.2.1	Hyödyt tilaajan kannalta	9
3.2.2	Hyödyt suunnittelijan kannalta	10
3.2.3	Hyödyt työmaan kannalta	10
4	Tietomallinnusohjelmistot	11
4.1	Tekla Structures	11
4.1.1	Yleistä	11
4.1.2	Model Organizer	12
4.1.3	Raportointi	13
4.2	Revit Structure	14
5	Määrälaskenta	16
5.1	Yleistä määrälaskennasta	16
5.2	Talo 2000 -nimikkeistö	16
5.3	Määrälaskennan prosessi	17
5.4	Dokumenttipohjainen määrälaskenta	19
5.5	Tietomallipohjainen määrälaskenta	20
5.5.1	Vaatimukset rakennuksen tietomallille	21
5.5.2	Laskenta suunnitteluvaiheen aikana	22

5.5.3	Laskenta tarjous- ja rakentamisvaiheen aikana	23
5.5.4	Haasteita ja ongelmakohtia	24
6	Työn suoritus ja tulokset	25
6.1	Määrätiedon tuottaminen tietomallista	25
6.2	Tietomallin hyödyntäminen määrälaskennassa	29
6.3	Määrätietojen hyödyntäminen	30
6.4	Työn aikana havaittuja ongelmia	30
6.4.1	Mallinnustarkkuus	30
6.4.2	Useampia osanimikkeistöjä samaan tietomalliin	32
6.4.3	Luokittelutieto IFC:hen	32
6.5	Jatkokehitys	33
6.5.1	Maamassojen mallinnus ja laskenta	33
6.5.2	Määrälaskentaraaportit	34
7	Yhteenveto	35
	Lähteet	37

Lyhenteitä ja käsitteitä

2D	Kaksiulotteinen.
3D	Kolmiulotteinen.
4D	Neliulotteinen. Aika-ulottuvuus linkitettyinä 3D-mallin objekteihin.
BIM	Building Information Modeling. Rakennuksen tietomalli. Rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren tietojen kokonaisuus.
IFC	Industry Foundation Classes. Tietomalleissa yleisesti käytetty olioperustainen tiedostomuoto.
UDA	User Defined Attribute. Tekla Structures -objektin ominaisuus, jonka avulla käyttäjä voi lisätä tietoja objektin valmiiksi määritettyihin ominaisuuksiin.
Objekti	Tietomallissa mallinnettu rakennetta esittävä kolmiulotteinen olio.
Parametri	Parametrilla tarkoitetaan yksittäistä muuttujaa, jolle voidaan antaa eri arvoja.

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Rakennuksen tietomallin käyttö rakennusprojekteissa yleistyy tasaiseen tahtiin, mutta kaikkia tietomallin tuomia mahdollisuuksia ei vielä hyödynnetä tehokkaasti. Tietomallipohjainen määrälaskenta antaa mahdollisuuden hyödyntää määrätietoja aivan uudella tavalla. Rakennuksesta laaditun tietomallin avulla on mahdollista tehostaa määrälaskentaprosessia huomattavasti perinteiseen manuaaliseen dokumenttipohjaiseen määrälaskentaan verrattuna. Lisäksi tietomallin avulla voidaan hyödyntää eritasoisia määrätietoja projektin eri vaiheissa.

Tämän työn tilaajana toimii Finnmap Consulting Oy:n Virtual Services -osasto. Finnmap on rakennetekniikkaan kokonaisvaltaisesti erikoistunut suunnittelu- ja konsultointiyritys jonka pääkonttori sijaitsee Helsingin Pasilassa. Suunnittelutoiminta Finnmapilla kohdistuu sekä uudis- että korjausrakentamiseen. Finnmap kehittää jatkuvasti tietomalleja hyödyntäviä palveluitaan, joista yhtenä osana on määrätietojen hallinta ja hyödyntäminen.

Tietomallipohjaiseen määrälaskentaprosessiin tutustutaan käynnissä olevan Kaupunkikeskus Tapiola -projektin yhteydessä. Työt Tapiolan keskuksessa on käynnistetty vuonna 2011, jolloin aloitettiin keskus pysäköinnin ensimmäinen vaihe, Tapionaukion alapuolelle suunnitellun 330-paikkaisen pysäköintilaitoksen rakentaminen. Kokonaisuudessaan Tapiolan keskus on uusittu vuonna 2020.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Työn päätavoitteena on selvittää Kaupunkikeskus Tapiola -projektin yhteydessä erilaisia tapoja hyödyntää rakennesuunnittelijan tietomallista saatavia määrätietoja. Työhön kuuluu Kaupunkikeskus Tapiola -projektin tietomallin rakennusosien luokittelu lohkoihin ja kerroksiin. Luokittelutietoa voidaan käyttää hyödyksi niin määrälaskennassa kuin myös esimerkiksi aikataulutuksen visualisoinnissa. Työssä pyritään kehittämään yrityksen tietomallipohjaisia määrälaskentapalveluita.

1.3 Menetelmät

Työn toteutus jakaantuu kolmeen eri päävaiheeseen. Aluksi työtä lähestytään rakennuksen tietomalliin sekä määrälaskentaan liittyvän kirjallisuuden kokoamisella. Kirjallisuuden pohjalta tutustutaan niin dokumentti- kuin tietomallipohjaisen määrälaskennan perusteisiin sekä tietomallintamisen vaiheisiin ja periaatteisiin.

Tämän jälkeen tutustutaan Tekla Structures ja Revit Structure tietomallinnusohjelmiin ja selvitetään, kuinka näiden ohjelmien toimintoja voidaan hyödyntää määrälaskennassa. Lisäksi tutustutaan Kaupunkikeskus Tapiola -projektiin, jonka avulla testataan tietomallipohjaisen määrätiedon tuottamista sekä kartoitetaan eri mahdollisuuksia määrätiedon hyödyntämiselle. Työssä päästään hyödyntämään Kaupunkikeskus Tapiolasta laadittua kahta erillistä tietomallia. Toinen tietomalleista sisältää uudet ja toinen olemassa olevat rakenteet.

Lopuksi selvitetään, mitä ja mihin tarkoitukseen rakennesuunnittelijan tuottaman tietomallin sisältämää määrätietoa voidaan hyödyntää rakennusprosessin eri vaiheissa. Samalla myös selvitetään, mitä tämä tietomallilta vaatii. Selvityksen yhteydessä ideoita kerätään Kaupunkikeskus Tapiolan tietomallien sisältämän määrätiedon sekä Model Organizerilla tehdyn luokittelutiedon avulla. Lopuksi kootaan työn aikana esiin tulleita kehitysehdotuksia, joiden avulla määrälaskentapalveluita voidaan kehittää tulevaisuudessa.

2 Kaupunkikeskus Tapiola

Määrätiedon tuottamista ja hyödyntämistä tutkitaan käynnissä olevan Kaupunkikeskus Tapiola -rakennushankkeen yhteydessä. Työn yhteydessä tehtävä tietomallin luokittelu toteutetaan kyseisen hankkeen tietomalliin. Finnmap toimii Kaupunkikeskus Tapiola -hankkeessa rakennesuunnittelijana.

Tapiola keskuksen ympärillä on käynnissä useita eri hankkeita, jotka yhdessä muodostava koko Tapiolan uudistushankkeen. Rakennustyöt Tapiolan kaupunkikeskuksessa on aloitettu vuonna 2011. Uudistushankkeen ensimmäisen vaiheen on määrä valmistua vuonna 2016 ja kokonaisuudessaan hanke on valmis vuonna 2020.

Alkuperäinen 1960-luvulla rakennettu ostoskeskus on tarkoituksenaan purkaa pois lähes kokonaan useammassa vaiheessa. Tämän tilalle rakennetaan muun muassa uudet liike-tilat, metroasema, bussiterminaali sekä viisi asuinkerrostaloa. Rakentamisen yhteydessä vanhan ostoskeskuksen alla kulkevaa Merituulentietä kaivetaan noin neljä metriä syvemmälle ja henkilöautoliikenne tieltä katkaistaan kesällä 2012. Osa uusista tiloista sijoitetaan Merituulentien päälle tulevan uuden betonikannen varaan. Kuviossa 1 näkyy Merituulentie sekä sen päälle rakennettavat uudet liike- ja asuinrakennukset.



Kuvio 1. Havainnekuva Kaupunkikeskus Tapiolasta [14].

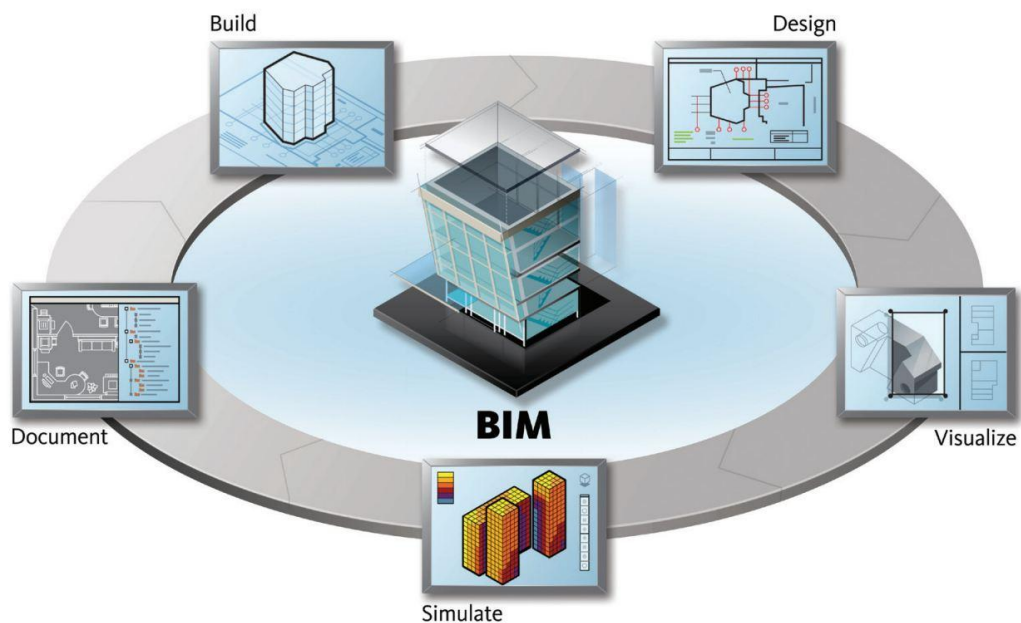
3 Rakennuksen tietomalli

3.1 Yleistä tietomallista

3.1.1 Tietomallintamisen periaatteet

Tietomallipohjaisen suunnittelun tavoitteena on tehostaa suunnitteluprosessia kokonaisuuden kannalta sekä nostaa rakentamisen laatua ja tuottavuutta. Lisäksi tietomalli tarjoaa rakennuksen elinkaaren hallintaan toimivia työkaluja, sekä tuottaa lisäarvoa asiakaspalveluun.

Yksi suurimmista tietomallipohjaisen hankkeen hyödyistä on se, että kaikki rakennuksen elinkaaren aikana tarvittava tieto löytyy yhdestä paikasta. Tietomallista on mahdollista hakea kaikki tarvittava tieto helposti ja ohjelmistoriippumattomasti. Lisäksi kerran mallinnettu tieto on suoraan eri alojen suunnittelijoiden hyödynnettävissä (ks. Kuvio 2). [1, s. 13.]

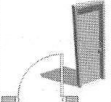


Kuvio 2. Rakennuksen tietomallin tietosisältö [13].

Yksi suurimmista tietomallin haasteista on, että työmaalla käytetään edelleen 2D-piirustuksia. Tästä seuraa helposti tilanne, jossa päivitykset tehdään suoraan 2D-suunnitelmiin, eikä näitä muutoksia viedä suoraan tietomalliin. Näin toimittaessa, tie-

tomalli ei pysy ajantasaisena, eikä sitä pystytä täten hyödyntämään esimerkiksi työmaatuotannossa tai hankinnoissa. [7, s. 25.]

Rakennuksesta laadittu tietomalli eroaa viivanpiirrosta ja pelkästä kolmiulotteisesta mallista siten, että tietokone pystyy tulkitsemaan mallinnetun rakenteen todellisena osana. Kuviossa 3 on havainnollistettu sitä, miten tietokoneen ja ihmisen tulkinta eri tavalla laadituista esityksistä poikkeaa. Tietomallin ansiosta kerran malliin syötetty tieto on hyödynnettävissä suoraan projektin eri dokumenttien teon yhteydessä. [10, s. 30.]

	Menetelmä	Ihmisen tulkinta	Tietokoneen tulkinta
	Piirtäminen (skannattu)	Ovi	Kuvapisteitä
	Piirustuksen tietomalli	Ovi	Viivoja / kaaria
	Geometrian tietomalli	Ovi	Pintoja / kappaleita
	Rakennuksen tietomalli	Ovi	Ovi

© Jiri Hietanen

Kuvio 3. Erot tiedon tulkitsemisessä [10, s. 30].

3.1.2 Tietomallintamisen vaiheet

Tietomallintamisen vaiheet voidaan jakaa teoreettisesti kuuteen eri vaiheeseen, joista aina aikaisemmin luotua mallia voidaan käyttää lähtötietona tulevalle tarkemmalle mallille (ks. Kuvio 4). Ensimmäinen ja karkein malli on tilamalli, johon on määriteltä rakennuksen yksittäiset tilat. Tilamallin avulla voidaan muun muassa analysoida rakennuksen elinkaarikustannuksia ja ympäristövaikutuksia.



Kuvio 4. Tietomallintamisen vaiheet [1].

Alustavaan rakennusosamalliin on hahmoteltu tiloja rajaavat rakennusosat ilman niiden tarkempaa tuoterakennetta. Rakennesuunnittelija voi hyödyntää arkkitehdin alustavaa rakennusosamallia, jota voidaan rakennesuunnittelussa kutsua myös luonnosmalliksi. Alustavia rakennusosamalleja voidaan luoda useampia erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja varten. [9, s. 17.]

Rakennusosamallissa on määritelty rakennusosat yleisesti, ilman lopullista tuotemääritystä. Rakennesuunnittelijalle rakennusosamalli on erittäin merkittävä, sillä se toimii myös rakennuksen rakennemallina. Rakennemalli on päärakennesuunnittelijan kokonaisuuden hallinnassa käyttämä malli. Siihen sisältyvät muun muassa rakenteen staattinen malli, rakenteiden kuormitukset ja oleelliset rakenteelliset vaatimukset. Rakennemallissa tuote- ja rakennusosat on määritelty valmistus- ja tuotantosuunnittelua varten riittävällä tarkkuudella. Rakennemallia voivat hyödyntää myös muut suunnittelijat, esimerkiksi valmisosasuunnittelun lähtötietona on erittäin tärkeää hyödyntää rakennemallia. [9, s. 18.]

Täydennettäessä rakennusosamalliin rakenteen tuotetietoja saadaan tuoteosamalli. Eri suunnitteluosapuolet tekevät rakennekohtaisesti tarkennuksia toteutussuunnittelua

varten. Tuoteosamallin runkorakenteiden tuotetiedot tulee siirtää myös rakennesuunnittelijan rakennemalliin tarpeellisin osin. Tuoteosamallin tuoteosatieto on merkittynä yleensä rakenneosille erillisenä ominaisuutena. [9, s. 18.]

Toteumamalli on tuotantosuunnitteluun käytettävä rakentamisen toteutuksen malli. Toteumamallia päivitetään koko ajan rakentamisen aikana. Sen avulla voidaan määrittää muun muassa eri rakentamisessa vaaditut tehtävät, niiden ajoitus ja tarvittavat resurssit. Toteuma- ja ylläpitomallin avulla on tarkoitus hallita rakennuksen koko elinkaarta, kuten käytön ja ylläpidon aikaisia tehtäviä, muutoksia sekä peruskorjauksia. [9, s. 21.]

Määrätietojen kannalta rakennesuunnittelijan alustavaa rakennusosamallia voidaan hyödyntää karkeaan rakennusosalaskentaan. Rakennesuunnittelijan rakennusosamallin tasoista mallia voidaan puolestaan hyödyntää tarkennetussa rakennusosalaskennassa sekä suoritelaskennassa. [5, s. 15.] Tuoteosamallista puolestaan saadaan rakennesuunnittelijan suunnitelmien mukaisia tuotemääriä.

3.1.3 IFC-tiedonsiirtostandardi

IFC on kansainvälinen jatkuvasti kehittyvä tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon eri tietojärjestelmien välillä. IFC määrittää tietokoneohjelmasta riippumattoman tavan siirtää kolmiulotteista tuotetietoa eri ohjelmien välillä. [1, s. 37.] IFC-standardia kehitetään jatkuvasti. Siitä julkaistavien uusien versioiden kehittyessä tiedonsiirtostandardi on yhä monipuolisemmin ja laajemmin käytettävissä tietomallintamisessa [2, s. 37].

IFC on tarkoitettu ainoastaan 3D-geometrian ja parametrien siirtoon, joten sillä ei voida siirtää piirustusmuotoista tietoa. Ohjelmien käyttäjien kannalta on tärkeää, kuinka hyvin ja toimivasti IFC-standardi on otettu käyttöön eri ohjelmissa. Esimerkiksi tästä johtuen, tällä hetkellä suunnittelussa ja rakentamisessa tarvitaan vielä myös muita tiedonsiirtotapoja projektin osapuolten välisessä tiedonsiirrossa. Muita vaihtoehtoja ovat esimerkiksi ohjelmien omat tallennusmuodot, eli niin kutsutut natiiviformaatit. [1, s. 37-38.]

3.2 Tietomallin hyödyt

Hyvästä tietomallista hyötyvät kaikki osapuolet koko rakennuksen elinkaaren ajalla hankesuunnittelusta ylläpitovaiheeseen asti (ks. Kuvio 5). Tietomallin hyödyt perustuvat sen tarjoamaan esitystavan havainnollisuuteen sekä tämän tarjoamaan täsmälliseen ja helposti käsiteltävään tietosisältöön.

Tietomallin visuaalisuus auttaa projektiin osallistuvia rakennuksen geometrian, tilatarpeiden, toteutusjärjestyksen sekä erilaisten ongelmakohtien hahmottamisessa paremmin kuin perinteisemmät 2D-suunnitelmat. Visuaalisuuden myötä myös projektin eri osapuolien välinen yhteistyö sekä kommunikaatio helpottuvat, kun rakennusta voidaan tarkastella 3D-mallin avulla. Mallista on myös mahdollista tuottaa nopeasti tarkkoja, luotettavia ja havainnollisia leikkauskuvia rakennuksen eri kohdista. [7, s. 7-8.]

Rakennuksen tietomallin avulla suunnitelmätietoa voidaan siirtää rakennushankkeen eri osapuolille elektronisessa muodossa. Tämä mahdollistaa manuaalisten välivaiheiden vähentämisen kuten paperikopioinnin. Tietomallin avulla voidaan myös hallita rakentamisen logistiikkaa ohjelmallisesti ja samalla erittäin visuaalisesti. Esimerkiksi elementtitehdas voi päivittää valmistustiedot malliin, jolloin hankkeen eri osapuolet pystyvät seuraamaan reaaliaikaisesti valmistustilannetta. [1, s. 13.]



Kuvio 5. Tietomallintamisen hyötyjä [7].

3.2.1 Hyödyt tilaajan kannalta

Rakennushankkeen määrittelyvaiheessa jo luonnosmaisesta tietomallista voi saada hankkeen käynnistymisen kannalta erittäin arvokasta tietoa. Esimerkiksi alustavien määrätietojen pohjalta laadittavat kustannusarviot sekä kolmiulotteisesta visuaalisesta materiaalista välittyvä tieto tukee rakennuttajan, hankkeen omistajien sekä rahoittajien päätöksentekoa hankkeen alkuvaiheessa. [1, s. 14.]

Perinteisesti rakennusprojektin kustannuksia päästään arvioimaan, kun suunnitteluvaihe on ohi. Mikäli projektin kustannusten huomataan tässä vaiheessa ylittyvän, on vaihtoehtoina vain joko projektin keskeyttäminen tai kustannusten leikkaaminen, mikä vaikuttaa myös rakennuksen laatuun. Tietomallipohjaisessa projektissa päästään jo suunnitteluprosessin aikana tekemään kustannusten arviointia. Näin ongelmakohtat havaitaan aikaisemmin ja päästään suunnittelemaan vaihtoehtoisia toteutustapoja. Myös yleisesti päätöksien teko helpottuu paremman ja tarkemman tiedon avulla. [15, s. 275]

Tietoa voidaan hyödyntää projektin eri vaiheissa esimerkiksi päätöksenteossa sekä suunnittelun tukena. Tietomallit nopeuttavat ja helpottavat tietojen käsittelyä, jolloin voidaan säästää työtä ja aikaa muun muassa määrälaskennassa, kustannuslaskennassa sekä erilaisten dokumenttien laadinnassa. Mallin tarjoamien lähtötietojen sekä eri alojen suunnittelijoiden mallien välillä voidaan suorittaa yhteistarkasteluja, jotka voivat myös parantaa suunnittelun laatua. Tietomalli ei kuitenkaan suoraan paranna laatua, vaan se perustuu aina osaavaan ja ammattitaitoiseen suunnitteluun. Tietomallintaminen muuttaa suunnitteluprosessia enemmän etupainotteisemmaksi, mikä voi edistää suunnitelmien laadun parantumista. Tietomallin avulla voidaan myös paremmin hallita ja ennakoida kohteen elinkaaren aikaista toimintaa sekä ympäristövaikutuksia. [7, s. 7.]

Tietomallista on myös hyötyä tarjous- ja urakkalaskentavaiheessa mikäli malli on tässä vaiheessa jo käytettävissä. Mallin avulla tarjouslaskenta nopeutuu ja tietomallin tarjoaman tiedon myötä urakkatarjoukset ovat keskenään paremmin vertailukelpoisia. Tarjousvaiheessa tietomallin määrätieto käydään myös läpi, jolloin voidaan havaita virheitä suunnitelmissa sekä tietomallissa. Tämän ansiosta pystytään vähentämään lisä- ja muutostöiden tarvetta. Tietomallista saatavan määrätiedon hyödyntäminen edellyttää kuitenkin riittävän kattavia, tarkkoja sekä oikein laadittuja tietomalleja. Tämä voi

olla haastavaa suunnittelijalle, sillä mallien tulee olla valmiina hyvin aikaisessa vaiheessa. [7, s. 9.]

3.2.2 Hyödyt suunnittelijan kannalta

Rakennesuunnittelijalle tietomalli antaa mahdollisuuden tarjota uusia palveluita muille rakennushankkeen osapuolille, kuten rakennuttajille, urakoitsijoille tai aliurakoitsijoille. Mallin avulla rakennesuunnittelijan roolia on mahdollista kasvattaa rakennushankkeessa. Sen avulla voidaan siirtyä suunnittelukeskeisestä ajattelusta huomioimaan koko prosessin tarpeet ja täten saadaan aikaan korkealaatuinen lopputulos. [3.]

Yksi tämän hetken käytetyimmistä tietomallin tarjoamista mahdollisuuksista on törmäystarkastelu sekä tilavarausten ja muun geometrian tarkastelu. Törmäystarkastelun avulla voidaan poistaa tehokkaasti suunnitteluvirheitä, jolloin säästytään jo tehdyn työn purkamiselta ja uudelleen tekemiseltä. Tämä korostuu erityisesti taloteknisissä töissä ja kohteissa, joissa talotekniikkaa on paljon ja kuitenkin käytettävissä olevaa tilaa vähän. Törmäystarkastelua on mahdollista tehdä myös 2D-dokumenttien pohjalta, mutta tietomallintamisessa eri ohjelmistot tarjoavat ylivertaisen apuvälineen ongelmallisten kohtien paikantamiseksi. [7, s. 9-10.]

Rakennuksen tietomallista suunnittelijan on mahdollista saada nopeasti määrätietoja erilaisiin tarpeisiin. Määrätietoja voidaan käyttää esimerkiksi suunnittelutyön aikataulutamisessa ja suunnittelun ohjauksessa. Suunnittelijat pystyvät myös näkemään tietomallin avulla, mitkä rakenteet tulevat seuraavaksi työmaalla tehtäväksi ja näin nähdään mihin suunnitteluresursseja kannatta kohdistaa. [7, s. 10.] Myös suunnitelmien muunneltavuus paranee, sillä muutostieto kirjataan vain yhteen paikkaan. Tällä tavoin parhaimmillaan kaikki dokumentit päivittyvät automaattisesti. [1, s. 14.]

3.2.3 Hyödyt työmaan kannalta

Työmaan hallinnassa tietomallia voidaan käyttää esimerkiksi työmaasuunnitelman laatimisessa 3D:nä. Tämän avulla saadaan erityisen suuri hyöty niillä työmailla, joissa tilaa ja varastoalueita on vähän. Tietomallista saadaan myös nopeasti luotettavia määrätie-

toja, joita voidaan hyödyntää esimerkiksi aikataulusuunnittelussa, työn ohjauksessa tai materiaalihankinnoissa. [7, s. 10.]

Lisäksi työmaan tuotannon etenemistä voidaan suunnitella ja havainnollistaa suoraan mallissa erilaisia visuaalisia keinoja käyttäen. Tietomallin hyödyt tulevat erityisesti esiin vaikeasti toteutettavien rakennusosien tai tilojen töiden yhteensovittamisessa sekä koordinoinnissa. Tietomallin avulla pystytään havainnollistamaan eri työvaiheiden toteutusjärjestystä käyttämällä tietomallissa eri värejä osoittamaan eri vaiheissa tehtäviä töitä. [7, s. 11.]

Mallipohjaisuus ja suunnitelmien visuaalisuus helpottavat myös rakentamisen aikataulusta ja toteutuksen valvontaa. Rakennettuja kohtia voidaan helpommin verrata mallin vastaaviin suunnitelmiin. Tietomallin tietoja, kuten suunnittelijoiden tuottamaa geometriatietoa, voidaan hyödyntää lisäksi rakennusosien valmistuksessa. Tietomallista voidaan ottaa xyz-koordinaattipohjaista sijainti- ja mittatietoa suoraan työmaalle. [1, s. 15-16.]

4 Tietomallinnusohjelmistot

Tämän työn yhteydessä keskitytään Tekla Structures sekä Revit Structure -tietomallinnusohjelmistoihin, joiden avulla tuotetaan tietomallista määrätietoja. Työssä käytetään Tekla Structuresin Model Organizer -työkalua, jonka avulla luokitellaan Kaupunkikeskus Tapiolan tietomalli. Lisäksi määrälisöjen luonnissa hyödynnetään Tekla Structuresin omaa raportointimahdollisuutta, jonka avulla saadaan halutut määräraportit suoraan tietomallista. Revit Structure -ohjelman avulla keskitytään määrätiedon tuottamiseen maamassoista.

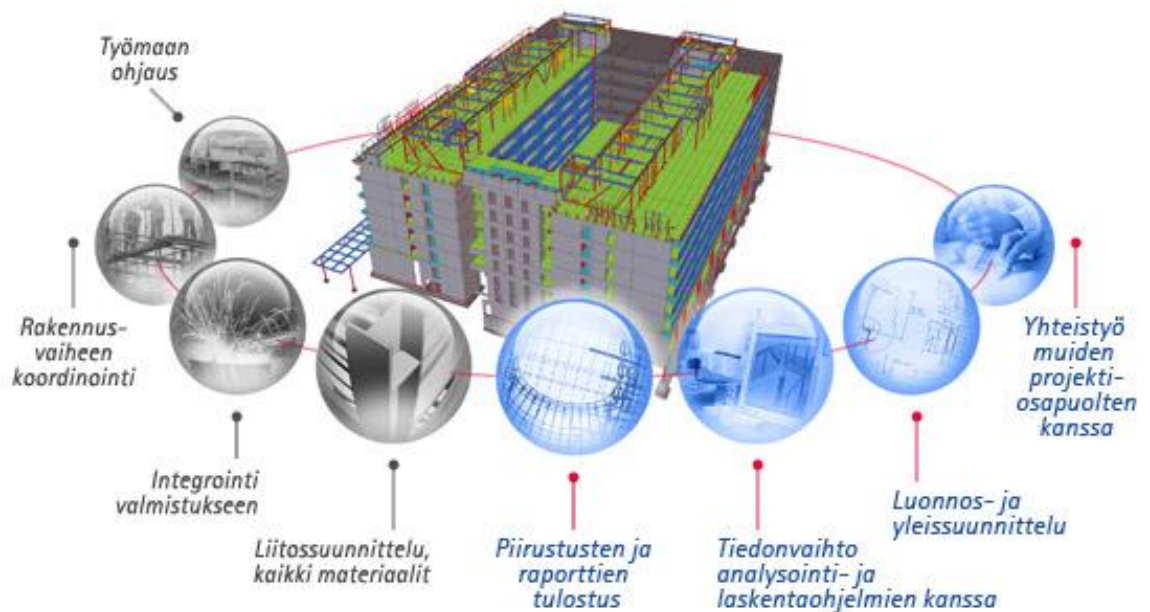
4.1 Tekla Structures

4.1.1 Yleistä

Tekla Structures on rakennuksen tietomallinnusohjelmisto. Sillä voidaan luoda ja hallita tarkasti detaljoituja, rakentamisen prosesseja tukevia kolmi- ja neliulotteisia rakennemalleja. Tekla-mallia voi hyödyntää rakennusprosessin kaikissa vaiheissa luonnossuun-

nittelusta valmistukseen, pystytykseen sekä rakentamisen hallintaan. Tekla Structures sisältää erikoistuneet ohjelmistokokoonpanot rakennesuunnitteluun, teräsrakenteiden liitos- ja konepajasuunnitteluun, betonielementtien suunnitteluun ja valmistukseen sekä työmaan ohjaukseen ja rakentamisen hallintaan. [3.]

Tekla Structures mahdollistaa useampien käyttäjien samanaikaisen työskentelyn samassa mallissa. Tämä nopeuttaa huomattavasti suurien projektien etenemistä. Lisäksi Tekla Structuresilla voi luoda nopeasti esimerkiksi useita erilaisia rakennemalleja ja integroitua Analysis & Design -ohjelmistoihin rakenneratkaisujen optimoimiseksi sekä tulostaa suunnittelupiirustuksia ja materiaalmääräraportteja (ks. Kuvio 6). [3.]

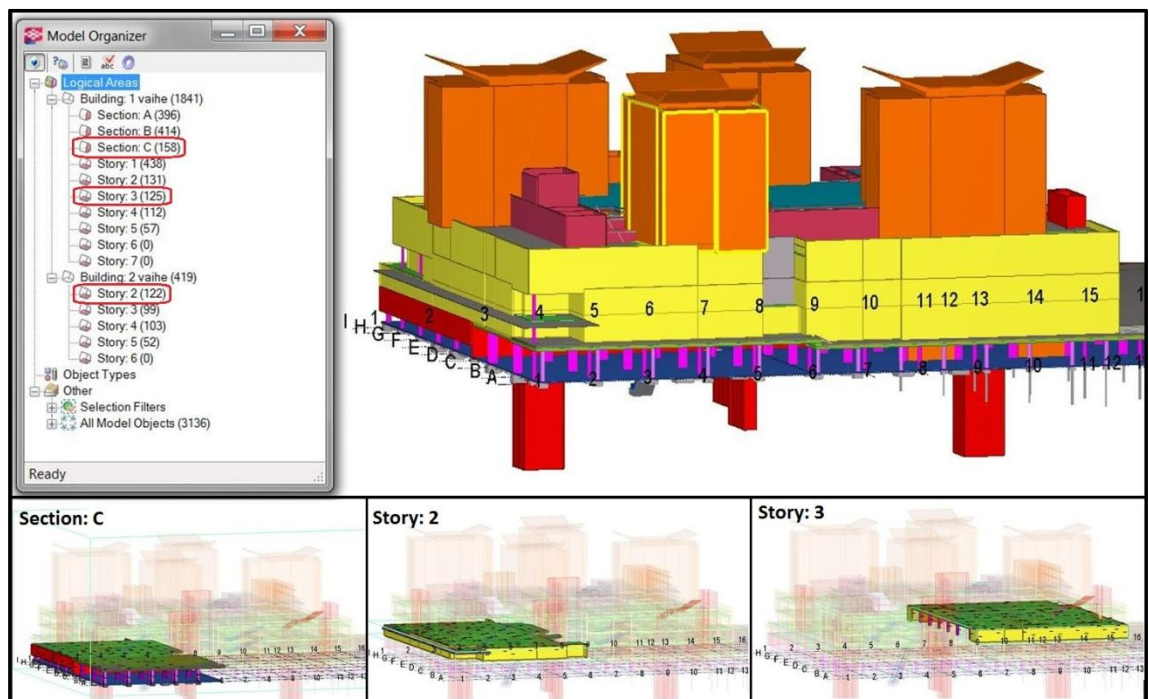


Kuvio 6. Tekla Structuresin käyttömahdollisuudet rakennesuunnittelussa ja rakentamisen suunnittelussa [3].

4.1.2 Model Organizer

Tekla Structures sisältää Model Organizer -työkalun, joka mahdollistaa rakennusosien paremman hallinnan hankkeen aikana. Tietomallin kaikki rakennusosat voidaan Model Organizerin avulla liittää kuulumaan tiettyyn rakennukseen, lohkoon ja kerrokseen. Lisäksi rakennusosat voidaan erotella ja valita objektityypeittäin. Tämän työkalun avulla voidaan esimerkiksi tuottaa tehokkaasti aluekohtaisia määrätietoja ja helpottaa projektin ohjausta projektin eri vaiheissa.

Model Organizerin avulla voidaan nopeasti tehdä alue- ja objektityyppikohtaisia valintoja tietomallista ja tulostaa esimerkiksi elementtiluettelo vain valitulta osalta. Kuviossa 7 on esitetty Kaupunkikeskus Tapiola -projektin uudet rakenteet sisältävän tietomallin luokittelua. Model Organizer on kuvion vasemmalla reunalla ja projektin malli on näkyvässä kokonaisuudessaan tämän vieressä. Kuvion alaosaan on koottu näkymiä, jossa nähdään lohkoittain ja kerroksittain Model Organizerilla tehtyjä valintoja. Valittaessa Model Organizerissa esimerkiksi kohta "Section: C", tulee kyseisen lohkon osat mallissa suoraan valituksi.



Kuvio 7. Rakennuskohteen eri alueiden hallintaa Model Organizerilla.

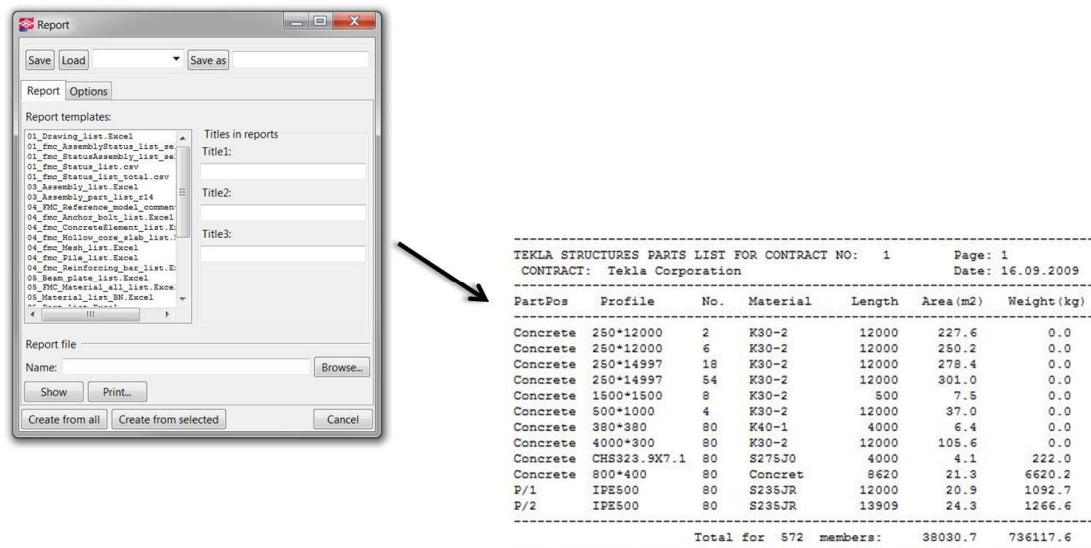
Model Organizerilla tehty luokittelutieto ei suoraan siirry kohteesta tehtävään IFC-tiedostoon. Kun rakennusosien luokittelu on tehty kertaalleen, on luokittelutieto nopeasti lisättävissä esimerkiksi User Defined Attribute -kenttiin. Tätä kautta luokittelutieto on mahdollista saada myös IFC-tiedostoon.

4.1.3 Raportointi

Tekla Structuresilla voidaan luoda sisällöltään erilaisia raportteja sekä luetteloita erilaisiin käyttötarkoituksiin. Raportoinnin avulla voidaan tuottaa esimerkiksi määrätietoja eri

rakenteiden teräksistä tai elementtien asennusosista. Ohjelma sisältää valmiita raporttipohjia, joita voidaan hyödyntää. Raporttipohjia on kuitenkin mahdollista luoda ja muokata myös itse ohjelman omalla raporttieditorilla. Raportin haluttu tietosisältö riippuu suuresti siitä, missä projektin vaiheessa raportti luodaan. Tästä johtuen projektin eri vaiheissa tarvitaan erilaisia raportteja, kuhunkin raporttiin voidaan valita tulostuvaksi vain kyseisen vaiheen kannalta oleelliset tiedot. [4, s. 13.]

Raportit saadaan luotua suoraan tietomallista. Tämän ansiosta raportin päivittämiseksi tietomalliin tehdyn muutoksen jälkeen riittää raportin uudelleen tulostus (ks. Kuvio 8). Tämän ansiosta muutostenhallinta määrälaskennan yhteydessä on huomattavasti helpompaa. Raportteja voidaan hyödyntää muun muassa erilaisten määräluetteloiden laadinnassa. [4, s. 13.]



The image shows a screenshot of the 'Report' dialog box in Tekla Structures. The dialog has a 'Report' tab and an 'Options' tab. Under 'Report templates', there is a list of templates such as '01_Drawing_list.Excel', '01_fmc_AssemblyStatus_list_excel', etc. There are also fields for 'Titles in reports' (Title1, Title2, Title3) and a 'Report file' section with a 'Name' field and a 'Browse...' button. At the bottom, there are buttons for 'Show', 'Print...', 'Create from all', 'Create from selected', and 'Cancel'.

An arrow points from the 'Report' dialog box to a sample report output. The report is titled 'TEKLA STRUCTURES PARTS LIST FOR CONTRACT NO: 1' and 'CONTRACT: Tekla Corporation'. It includes a table with columns: PartPos, Profile, No., Material, Length, Area (m2), and Weight (kg). The table lists various concrete and steel parts with their respective quantities and dimensions. At the bottom, there is a summary row: 'Total for 572 members: 38030.7 736117.6'.

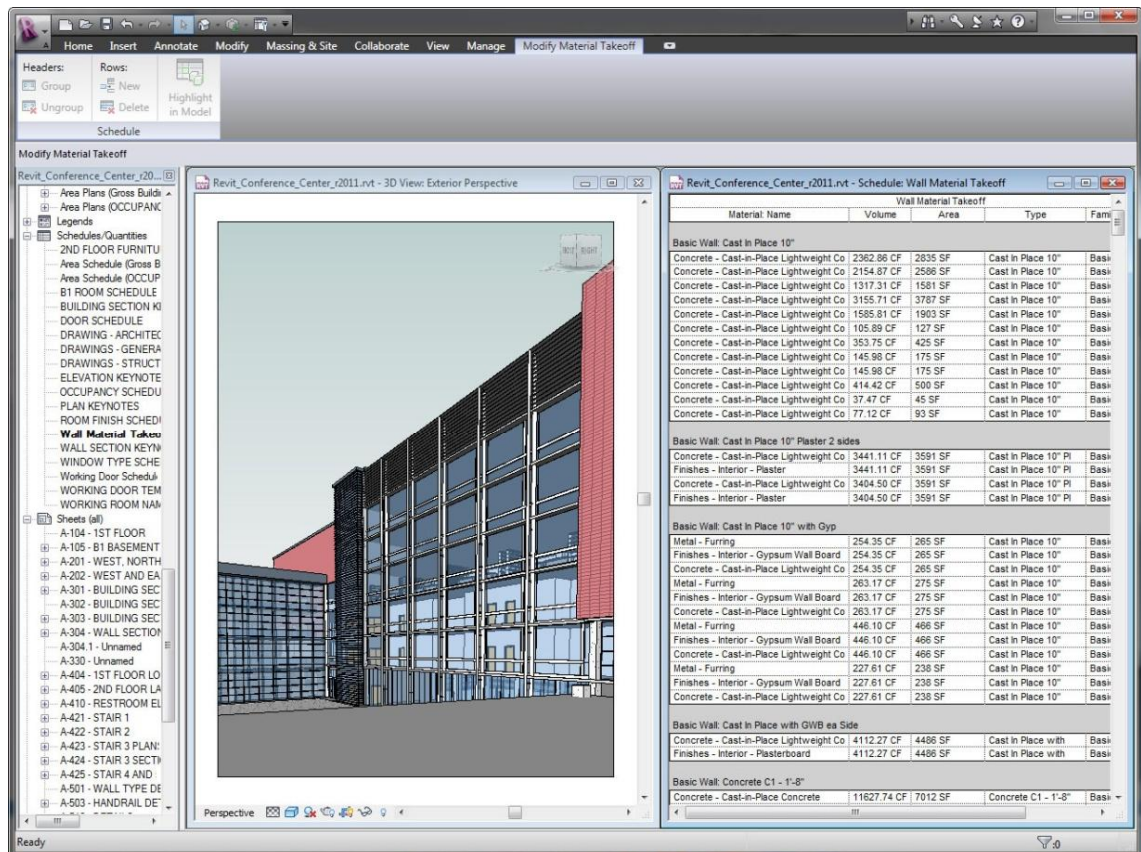
PartPos	Profile	No.	Material	Length	Area (m2)	Weight (kg)	
Concrete	250*12000	2	K30-2	12000	227.6	0.0	
Concrete	250*12000	6	K30-2	12000	250.2	0.0	
Concrete	250*14997	18	K30-2	12000	278.4	0.0	
Concrete	250*14997	54	K30-2	12000	301.0	0.0	
Concrete	1500*1500	8	K30-2	500	7.5	0.0	
Concrete	500*1000	4	K30-2	12000	37.0	0.0	
Concrete	380*380	80	K40-1	4000	6.4	0.0	
Concrete	4000*300	80	K30-2	12000	105.6	0.0	
Concrete	CHS323.9X7.1	80	S275J0	4000	4.1	222.0	
Concrete	800*400	80	Concret	8620	21.3	6620.2	
P/1	IPES500	80	S235JR	12000	20.9	1092.7	
P/2	IPES500	80	S235JR	13909	24.3	1266.6	
Total for 572 members:					38030.7	736117.6	

Kuvio 8. Raporttien luonti Tekla Structuresilla.

4.2 Revit Structure

Revit on Autodeskin kehittämä ohjelmisto rakennuksen tietomallinnukseen. Revit on jaettu kolmeen eri suunnittelualakohtaiseen ohjelmaan, jotka ovat Revit Architecture (rakennussuunnittelu), Revit MEP (talotekniikan suunnittelu) sekä Revit Structure (rakennussuunnittelu). Nämä ohjelmat sisältävät kunkin alan vaatimat erikoistyökalut, esimerkiksi rakennussuunnittelijan kohdalla betonirakenteen raudoittamiseen liittyvät työkalut. [13.]

Revitissä luodut rakennusosakomponentit perustuvat parametriin komponentteihin, joita Revitissä kutsutaan family-objekteiksi. Omia familyitä voi muokata yksinkertaisesti ilman minkään ohjelmointikielen tai koodauksen tarvetta. Revit sisältää muiden tietomallinnusohjelmien tavoin mahdollisuuden määrätietojen tuottamiseen suoraan tietomallista. Revitissä määrätietoja pääsee tuottamaan Material Takeoff -työkalun avulla (ks. Kuvio 9). [13.]



Kuvio 9. Materiaalimääriä Reivitin Material Takeoff -työkalun avulla [13].

Revit mahdollistaa myös muun muassa törmäystarkastelujen teon jo suoraan tietomallissa. Korjausrakentamiseen liittyen Revit sisältää valmiiksi pistepilvityökalun, jonka avulla saadaan kytkettyä laserkeilauksella saadut tiedot suoraan tietomallinnusprosessiin. Tämän ansiosta tarkan reaalin luonti suoraan pistepilven pohjalta on helppoa. [13.]

5 Määrälaskenta

5.1 Yleistä määrälaskennasta

Määrätiedoilla on hyvin suuri merkitys arvioitaessa rakennuksen kustannuksia hankkeen alkuvaiheessa. Perinteisesti määrälaskentapalveluita tarjoavat siihen erikoistuneet yritykset, jotka toimittavat määrätietoja yleisesti rakennusten asianmukaista kustannusarviointia sekä tuotannon aikataulusuunnittelua varten. Tärkeimmät päätökset esimerkiksi hankkeen laajuuteen ja materiaalivalintoihin liittyen tilaaja joutuu tekemään jo hankkeen alkuvaiheessa. Näiden päätösten tukena voidaan käyttää määrälaskennan kautta saatavia kustannusarvioita. [4, s. 27.]

5.2 Talo 2000 -nimikkeistö

Määrälaskennan apuna voidaan käyttää erilaisia ohjeita ja nimikkeistöjärjestelmiä, kuten Talo 2000 -nimikkeistöä. Näissä ohjeissa annetaan selkeitä neuvoja määrien mittaamiseen sekä määräluetteloiden laadintaan. Talo 2000 -nimikkeistön perusidea on rakentamiseen liittyvien kokonaisuuksien hallinta osien järjestelmällisellä luetteloinnilla. Nimikkeistön rakennusosat ja talotekniikkaosat muodostavat yhdessä rakennuksen fyysisen kuvauksen. Muut nimikkeet ovat tehtäviä ja kustannuksia varten. [8, s. 9.]

Talo 2000 -nimikkeistö luokittelee rakennuksen ja hankkeen useasta näkökulmasta. Nimikkeistöjärjestelmän osanimikkeistöt ovat

- hankenimikkeistö (rakennusosat ja tekniikkaosat, hanke-, kiinteistö- ja käyttäjätehtävät sekä hankevaraukset)
- tuotantonimikkeistö (tuotantonimikkeet)
- panoslajit (työpanos, rakennustuotteet, aliurakka, erityiskalusto ja yritystehtävät)
- rakennustuotenimikkeistö (rakennustuotteet)
- kalustonimikkeistö (rakennuskalusto). [8, s. 9.]

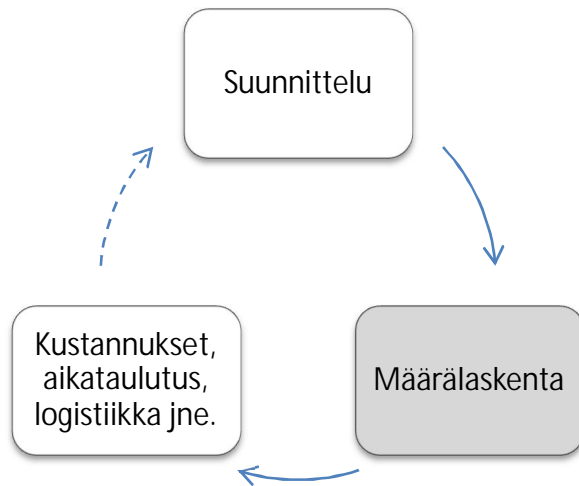
Hankenimikkeistö toimii sekä rakennushankkeen kokonaisnimikkeistönä että rakennusosien ja tekniikkaosien osalta valmiin rakennuksen kuvauksena suunnittelussa ja kiinteistönpidossa. Hankenimikkeistö kuvaa rakennus- ja tekniikkaosat fyysisenä tuotteena. Näiden osien tarkennuksena käytetään rakennustuotenimikettä. Rakennusosien määrälaskennassa ne jaetaan tuoteosiin, joille määrät mitataan. [8, s. 12.]

Tuotantonimikkeistö erittelee hankkeen hankinnan ja tuotannon näkökulmasta. Tuotantonimikkeistö käytetään tuotantoluetteloissa ja tuotantolaskelmissa, hankinta- ja tehtäväluetteloissa ja tehtävälaskelmissa. Tuotantonimikettä on tarkoitus käyttää yhdessä rakennusosanimikkeiden kanssa. Suorituksen sisältö kuvataan tuotantonimikkeellä ja kohde rakennusosanimikkeellä. [8, s. 13.]

5.3 Määrälaskennan prosessi

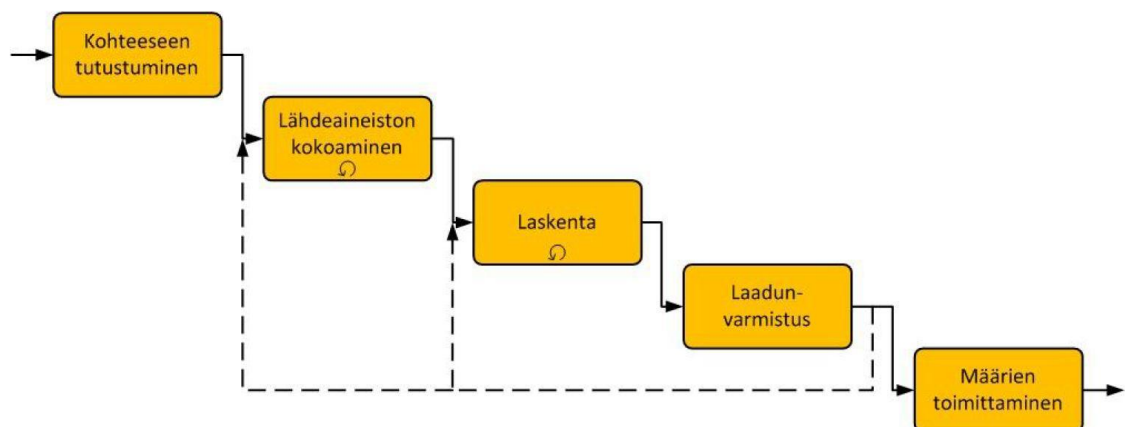
Määräluettelon sisältö riippuu suuresti siitä, mihin määrätietoja on tarkoitus käyttää. Kustannuksia laskettaessa voidaan tarvita hyvinkin tarkkoja materiaalien määrätietoja. Työmaan aikataulutuksessa puolestaan saattaa riittää tieto pelkästään elementtien kappale määristä.

Määrälaskentaprosessissa tuotetaan suunnittelussa syntyneen aineiston pohjalta määrätietoa halutussa laajuudessa sekä tarkoituksenmukaisella tarkkuudella. Tuotettujen määrien laatu riippuu aina laskennan lähtömateriaalin laadusta sekä laskijan ammattitaidosta. Määrälaskennasta saatujen määrätietojen avulla voidaan suorittaa esimerkiksi kustannuslaskentaa. Kustannustietojen pohjalta voidaan jatkaa suunnittelua ja pyrkiä löytämään halvempia toteutusvaihtoehtoja (ks. Kuvio 10).



Kuvio 10. Määrälaskennan liittyminen muihin prosesseihin.

Määrälaskentaprosessi voidaan jakaa viiteen vaiheeseen (ks. Kuvio 11). Ensimmäisenä on kohteeseen tutustuminen, joka tehdään ennen ensimmäistä laskentaa. Tietomallin avulla kokonaiskuvan saaminen sekä ominaispiirteiden hahmottaminen suunnitellusta kohteesta on huomattavasti helpompaa. Suunnitteludokumenttien lisäksi on syytä tutustua myös kohteen muuhun materiaaliin. Esimerkiksi rakennusselostukseen tutustuminen tai suunnittelijoiden kanssa keskustelu voi helpottaa kohteen sisäistämisessä. [5, s. 7.]



Kuvio 11. Prosessi, joka luo edellytyksen tietomallipohjaisen määrälaskennan onnistumiselle [12, s. 14].

Ennen jokaista laskentakierrosta on koottava laskennan lähdeaineisto. Aineistoa koottaessa on varmistuttava siitä, että kaikista laskennassa käytettävistä tiedoista on käytössä oikea versio. Lisäksi lähdeaineiston kokoamisen yhteydessä voidaan samalla varmistaa, että tarvittavat laskennat on mahdollista suorittaa kyseisen materiaalin pohjalta. [5, s. 8.]

Laskentavaiheessa tuotetaan suunnitelmien pohjalta tarvittavat määrätiedot. Laskentavaiheen toimintatavat riippuvat suuresti siitä, suoritetaanko laskenta dokumenttipohjaisesti vai tietomallipohjaisesti. Näihin eri tapoihin on perehdytty tarkemmin myöhemmin.

Tietomallipohjaisen laskentavaiheen jälkeen suoritetaan laadunvarmistus, jossa laskentatulokset analysoidaan niiden kattavuuden, tarkkuuden ja luotettavuuden osalta. Kattavuuden osalta tarkastetaan, että kaikki määrälaskennassa mukana olevat nimikkeet on laskettu. Laskentatarkkuuden arvioimiseksi tarkastetaan nimikekohtaisesti laskennassa saadut määrät esimerkiksi tunnuslukuvertailulla mahdolliseen referenssikohteeseen verrattuna. Laskelman luotettavuutta voidaan arvioida suhteessa lähtötietoihin ja käytettäviin laskentamenetelmiin sekä laskelmassa tehtyihin oletuksiin ja täydennyksiin muiden laskenta-aineistojen perusteella. Laadunvarmistuksen jälkeen päätetään, voidaanko määrätiedot toimittaa. Mikäli määrätiedoissa havaitaan virheitä tai puutteita, tulee tällöin palata takaisin lähdeaineiston kokoamiseen tai itse laskentavaiheeseen virheiden korjaamiseksi. [12, s. 16.]

Määrälaskennan lopputuloksena syntyy määräluettelo. Määräluettelo toimitetaan eteenpäin kustannuslaskentaan tai mahdollisesti muuhun käyttöön tilaajan edellyttämällä tavalla jäseneltynä. [5, s 9.]

5.4 Dokumenttipohjainen määrälaskenta

Perinteisessä rakennushankkeen dokumenttipohjaisessa suunnittelussa suunnittelutieto on hajallaan useissa eri dokumenteissa. Tästä johtuen hajallaan olevan suunnittelutiedon hyödyntäminen on haastavaa määrälaskentavaiheessa. Dokumenttipohjaisessa määrälaskennassa joudutaan mittaamaan määrät paperidokumenteista tai sähköisistä

suunnitteludokumenteista, joten määrätiedon tarkkuus on riippuvainen määrälaskijan työsuorituksen tarkkuudesta. [6, s. 4.]

Dokumenttipohjaisessa määrälaskennassa tehdään runsaasti manuaalista työtä. Tästä johtuen työ on suhteellisen hidasta ja näin rajoittaa eri suunnitteluvaihtoehtojen kustannusvaikutusten vertailua. Työ on myös hyvin virhealtista suuren manuaalisesti tehtävän työmäärän johdosta. Lisäksi mahdollisten laskentavirheiden toteaminen on suhteellisen vaikeaa. Suuri ongelma on myös suunnittelutiedon hajanaisuus. Määrälaskijan täytyy perehtyä kohteeseen perusteellisesti, mikä on melko hidasta ja haastavaa useiden eri dokumenttien pohjalta. [6, s. 4.]

5.5 Tietomallipohjainen määrälaskenta

Tietomallipohjainen määrälaskenta suoritetaan siihen soveltuvalla tietokoneohjelmistolla. Kuinka luotettavaa ja tehokasta tietomallipohjainen määrälaskenta on, vaikuttaa ratkaisevasti käytetyn ohjelmiston ominaisuudet sekä käytettävissä olevan mallin tarkkuus. [12, s. 14.]

Rakennuksesta laaditun tietomallin avulla määrälaskentaa on mahdollista tehostaa ja määrätietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi erilaisissa päätöksentekotilanteissa. Määrätietojen perinteinen manuaalinen mittaaminen piirustuksista voidaan korvata määrien tietokoneavusteisella mittaamisella suoraan mallista. Määrätietoja voidaan tuottaa eri alojen tietomalleista sekä näiden yhdistelmämallista. Tietomalleihin perustuva määrälaskenta muuttaa määrälaskijan työtä merkittävästi, rutiinistyö vähenee ja samalla ammattitaidon vaatimus kasvaa. [12, s. 5.]

Rakennuksen tietomallista ei kuitenkaan saada suoraan kaikkia rakennushankkeen aikana tarvittavia määrätietoja. Määräasiantuntijan ammattitaitoa tarvitaan edelleen laskentavaiheen lähtötietojen ja lähtömateriaalien arvioinnissa, laskennan kattavuuden varmistamisessa, vaihtoehtojen esille tuomisessa sekä tulosten jäsentämisessä. [12, s. 5.]

5.5.1 Vaatimukset rakennuksen tietomallille

Määrälaskennan kannalta mallin tärkein ominaisuus on mahdollisimman hyvä johdonmukaisuus. Mallinnustyö vaatii siis hyvää mallinnuskuria. Kaikki rakennus- ja tekniikkaosat mallinnetaan yleisten sekä projektikohtaisten tietomallivaatimusten mukaan ja käytetty mallinnustapa dokumentoidaan tietomalliselostukseen. Hankaluuksia aiheuttavat tilanteet, joissa suunnitteluratkaisua ei ole mallinnettu vaatimusten mukaisella tavalla, tai se on mallinnettu eri tavalla saman mallin eri osissa. [12, s. 6.]

Rakennuksen tietomallin tarkkuustaso määrää mallista saatavien määrien tarkkuustason. Mallin tarkkuustasoa määrittelevät esimerkiksi suunnitteluvaihe, suunnittelun eteneminen ja lohkoittain suunnittelu. Mikäli eri suunnittelualojen tietomallit on mallinnettu samalle tarkkuustasolle koko rakennuksessa, määrämittaustilanne on selkeä. Näin määrätietojen tarkkuus voidaan arvioida yksiselitteisesti suhteessa mallin tarkkuustasoon. [12, s. 6.]

Oikeiden mallinnustyökalujen käyttö määrälaskennan kannalta on erittäin tärkeää. Kaikki rakennuksen osat tulee mallintaa sellaisella mallinnustyökalulla, joka mahdollistaa määrälaskennan tarvitseman mittatiedon tuottamisen kyseisestä osasta. Jos rakennuksen osan mallintamiseen käytetään määrälaskennan kannalta epäyhteensopivaa työkalua, ei kyseisen osan määriä voida laskea automaattisesti. Tämä aiheuttaa laskentatyön määrän sekä virheiden mahdollisuuden kasvamisen. [12, s. 7.]

Määrälaskennassa voidaan käyttää sekä suunnitteluohjelmiston alkuperäistä tiedostomuotoa (nk. natiivi-mallia) sekä IFC-muotoista tietomallia. Mallin tietosisältö on kuitenkin täydellisin aina natiivi-mallissa, joten sen käyttäminen määrälaskennassa on suositeltavinta. IFC tiedostomuotoa käytettäessä määrälaskijan tulee olla tietoinen siitä, mitkä rakennusosat on luettu mukaan IFC-tiedostoon natiivi-mallista. Lisäksi määrälaskijan tulee tietää, kuinka käytössä oleva ohjelmisto pystyy käsittelemään IFC-tiedostossa olevia rakennusosia. [12, s. 8.]

5.5.2 Laskenta suunnitteluvaiheen aikana

Suunnitteluvaiheen aikana voidaan tietomallista tuottaa hyödyllisiä tietoja erilaisin määrälaskenta menetelmin, kuten esimerkiksi tunnuslukujen laskennalla tai alustavalla rakennusosalaskennalla. Suunnitteluvaiheen alkuvaiheessa olevasta tilamallista ja alustavasta rakennusosamallista voidaan tuottaa nopeasti rakennuksen perustunnuslukuja. Perustunnuslukujen kautta saadaan puolestaan johdettuja tunnuslukuja. Esimerkiksi rakennuksen tilavuuden ja julkisivu pinta-alan suhteella voidaan tutkia suunnitteluratkaisun tehokkuutta. Tunnuslukuja voidaan laskea myös rakennusosakohtaisesti esimerkiksi runkorakennejärjestelmistä, jonka kautta voidaan arvioida muun muassa alustavia runkoelementtimääriä. [12, s. 11.]

Alustavassa rakennusosamallivaiheessa olevasta tietomallista voidaan rakennusosien perusteella suorittaa alustavaa rakennusosalaskentaa, jossa saadaan kantavien seinien ja erilaisten välipohjien määrät. Lasketut määrät muodostavat perinteisen rakennusosamääräluettelon (ks. Taulukko 1). Rakennusosamääräluetteloa voidaan hyödyntää muun muassa kustannusarviointiin, suunnittelun ohjaukseen sekä alustavan rakennusaikataulun arviointiin. [12, s. 11.]

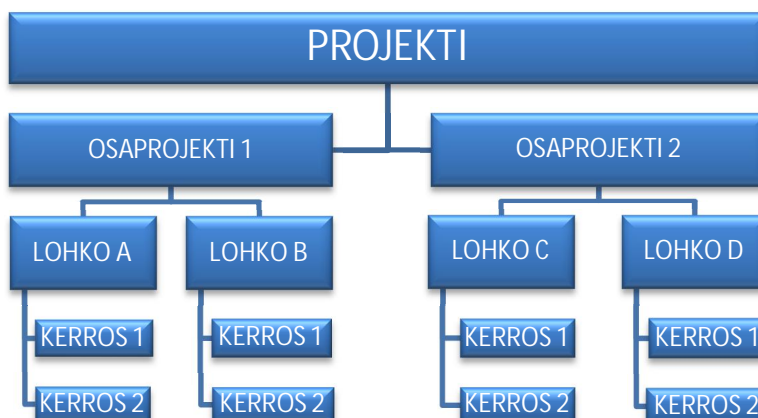
Taulukko 1. Ote Talo 2000 -nimikkeistön mukaisesta rakennusosamääräluettelosta.

RO	Tyyppi	Selite	Määrä	Yksikkö
1241	US 1	Kellarin seinä, kevytsoraharkko 290 mm	87	m ²
1241	US 1a	Kellarin seinä, kevytsoraharkko 380 mm	120	m ²
1241	US 2	Betoniharkkoseinä	45	m ²
1241	US 3	Varaston seinä, lautaverhous	50	m ²
1241	US 3a	Varaston seinä, profiilipelti	15	m ²
1241	US 4	Puurunkoinen, tiiliverhous	130	m ²
1241	US 4a	Puurunkoinen, lautaverhous	95	m ²

5.5.3 Laskenta tarjous- ja rakentamisvaiheen aikana

Rakentamisen aikana tehdään eniten määrälaskentaa. Tarjous- ja rakentamisvaiheen aikaisessa laskennassa voidaan käyttää suoritelaskentaa. Tietomallista saadaan laskettua työsuoritteiden määriä mallissa olevien objektien perusteella. Esimerkiksi raudoituksen määrä anturassa voidaan laskea mallissa olevista raudoitusobjekteista tai tyyppielementin raudoitusten mukaan. Tyyppielementtiä voidaan käyttää, jos kohteessa on useita samanlaisia rakennusosia. Tällöin voidaan mallintaa tyyppielementti täydellisenä ja tuottaa tarvittavat määrätiedot sen avulla, ja kertoa määrät lopuksi samanlaisten rakennusosien lukumäärällä.

Tietomallista voidaan suorittaa määrälaskentaa myös sijaintien mukaan. Yleisesti käytettyjä eri sijainteja ovat esimerkiksi projekti, osaprojekti, lohko ja kerros. Kuvion 12 mukaisessa sijainneittain jaottelussa "projektilla" voidaan määrittää rakennushankkeen karkea yksilöinti, käyttämällä esimerkiksi rakennuskohteen tai tontin nimeä. Tämän jälkeen päästään osaprojektiin, jolla voidaan erotella samalla tontilla oleva rakennukset toisistaan. Lohkojen avulla puolestaan voidaan jakaa rakennus pienempiin osiin esimerkiksi porrashuoneiden perusteella. Esimerkiksi Teklan Model Organizerin avulla jokainen rakennusosa on mahdollista luokitella sijaintinsa mukaan kyseisellä tavalla. Sijaintien mukaan jäsenneiltyä määrätietoja käytetään tyypillisesti hankinnoissa ja rakentamisen aikataulun suunnittelussa [5, s. 12].



Kuvio 12. Esimerkki rakennuskohteen sijainneittain jaottelusta.

5.5.4 Haasteita ja ongelmakohtia

Tietomallia käytettäessä tulee laskennan kannalta erottaa toisistaan luotettavat ja epäluotettavat kohdat. Kun epäluotettavat kohdat on havaittu, ne pystytään ottamaan huomioon ja selvittämään erikseen. Vain havaitsematta jääneet ongelmat aiheuttavat virheitä laskennan lopputulokseen. [12, s. 18.]

Tietomallin sisältämiä virheitä on mahdotonta eliminoida luotettavasti vain silmämääräisen tarkastelun avulla. Tietomalli tulee tarkistaa virheiden varalta erillisellä siihen tarkoitettulla laadunvarmistusohjelmistolla, kuten Solibrilla. Näin voidaan varmistaa, että tietomalli on yleisten käytössä olevien tietomallinnusohjeiden sekä yrityskohtaisten ohjeiden mukainen.

Eri suunnittelualueiden malleissa on oikein toteutettunakin päällekkäisyyksiä, esimerkiksi arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan malleista löytyy samoja kantavia rakenteita. Näissä tapauksissa on päällekkäisyydet tiedostettava ja päätettävä, mistä mallista määrät lasketaan. Pääsääntöisesti kantavien rakenneosien kohdalla rakennesuunnittelijan mallissa on kuitenkin tarkempaa tietoa kuin arkkitehdin mallissa, jossa kyseiset osat ovat esitety lähinnä tilanvarauksina. [12, s. 18.]

Useat suunnitteluohjelmistot mahdollistavat omien malliosien kehittämisen, joiden laajuutta tai sisältöä ohjelmisto ei määrittele tai rajoita. Nämä osat ovat parametrisiä eli ne sisältävät numeerisesti määriteltäviä ominaisuuksia, joiden avulla samasta osasta on mahdollista saada monta erilaista ilmentymää. [5, s. 21.]


Määrälaskennan kannalta parametriset osat ovat kuitenkin ongelmallisia usealla tavalla. Jo yksinkertaisenkin objektityypin tunnistaminen on hankalaa, koska objektin nimi ei kerro sen tarkkaa sisältöä, kuten mittatietoja. Objektin tarkemmat ominaisuudet löytyvät objektin parametreista. Mikäli parametrien nimiä ei ole vakioitu, joudutaan jokainen objekti tutkimaan erikseen määrälaskennan näkökulmasta. Parametriset objektit voidaan kuitenkin rakentaa siten, että ne pystyvät raportoimaan muun muassa pituuksia, pinta-aloja ja painoja. Näiden tietojen luotettavuus riippuu kuitenkin täysin kyseisen objektin tekijästä. Määrälaskennassa jokaisen käytetyn mittatiedon luotettavuus on siis tutkittava erikseen. [5, s. 21.]

Rakennuksen erikoiset muodot ja ratkaisut ovat usein määrälaskennan kannalta olennaisia. Näitä ovat esimerkiksi kaarevat ja kaltevat rakennusosat sekä erikoisia aukkoja, geometrisiä lisäyksiä ja poistoja sisältävät rakennusosat. Mallinnusohjelmistoilla on usein hankaluuksia tuottaa tällaisista tapauksista luotettavia määrätietoja. Näihin erikoistapauksiin on kuitenkin aina syytä kiinnittää erityistä huomiota määrä- ja kustannuslaskentaa tehtäessä. Vaikka materiaalien menekki saataisiinkin suoraan mallista, tulee lisäksi valita tilanteeseen sopiva tuotantomenetelmä. [5, s. 21.]

6 Työn suoritus ja tulokset

6.1 Määrätiedon tuottaminen tietomallista

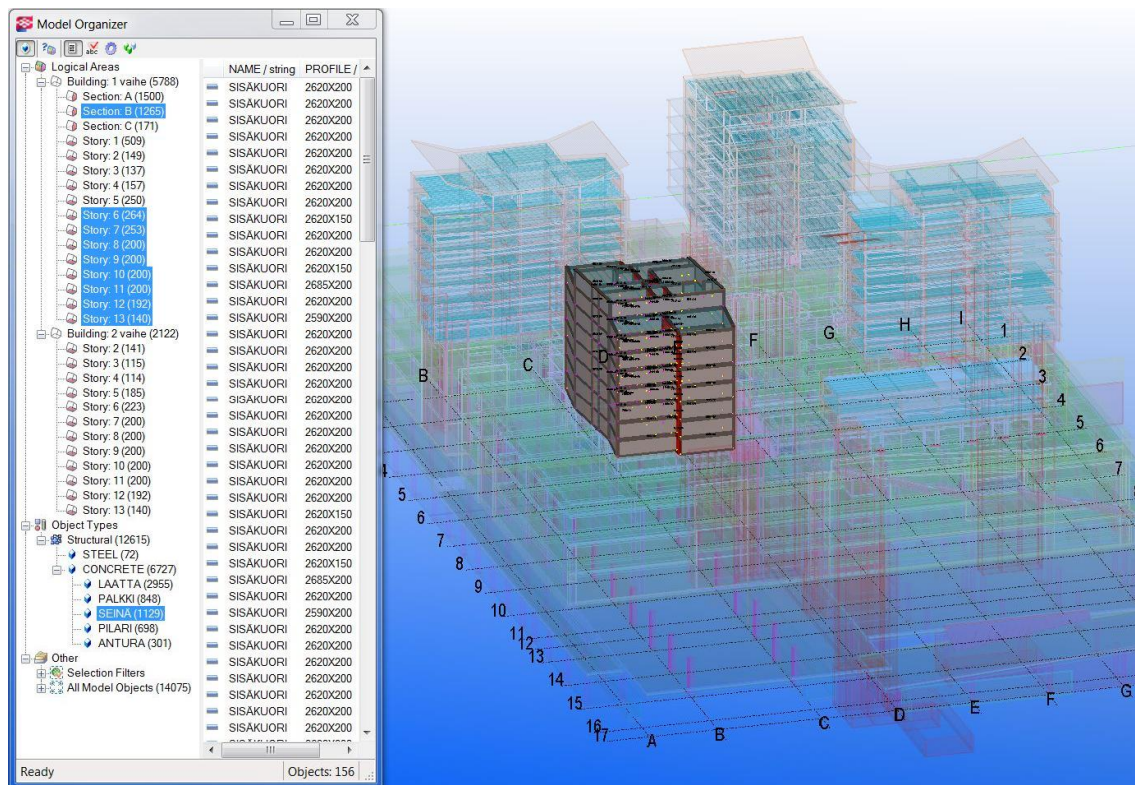
Työssä oli käytössä kaksi Kaupunkikeskus Tapiolan -tietomallia, jotka olivat tarkkuustasoltaan rakennesuunnittelijan alustavia rakennusosamalleja. Toinen malleista sisälsi uudet rakenteet, joita päivitettiin sitä mukaa, kun uusia arkkitehdin suunnitelmia oli saatavilla. Toinen malleista piti sisällään olemassa olevat rakenteet, jotka oli mallinnettu hyvin karkealla tasolla vanhojen dokumenttien sekä kohteessa otettujen kuvien perusteella. Olemassa olevien rakenteiden osalta tietomalliin oli mallinnettu vain projektin kannalta oleelliset rakenteet.

 FMC GROUP PL88, Ratamestarinkatu 7 A, 00521 Helsinki Puh. 0207 393 300, Fax. 0207 393 396 Sähköposti: etunimi.sukunimi@finnmapcons.fi				MATERIAL LIST				CONTENT:	
Project name:				Project number:		Revision:		Author:	
Project address:				List date:		Revision date:		Approver:	
Comment row									
Name	Profile	Material	NUM	Length [mm]	Weight [kg]	Volume	Length sum	Weight sum	Volume sum
PILARI	D700	C50/60	1	3650	3359,8	1,40	3650	3359,8	1,40
PILARI	D500	C50/60	9	4400	2064,9	0,86	39600	18584,1	7,74
PILARI	D600	C50/60	1	4400	2973,5	1,24	4400	2973,5	1,24
PILARI	D700	C50/60	9	4400	4050,2	1,89	39600	36451,8	15,21
PILARI	D800	C50/60	5	4400	5292,9	2,21	22000	26464,5	11,05
PILARI	D900	C50/60	3	4400	6701,6	2,79	13200	20104,8	8,37
PILARI	D1000	C50/60	1	4400	8273,6	3,45	4400	8273,6	3,45
PILARI	D1200	C50/60	6	4400	11918,0	4,97	26400	71508,0	29,82
PILARI	D1400	C50/60	2	4400	16226,2	6,76	8800	32452,4	13,52

Kuvio 13. Ote työn yhteydessä luodusta raporttipohjasta.

Määrätiedon tuottamiseen tietomallista laadittiin raporttipohja Tekla Structures -ohjelmaan. Raporttipohjan luomisessa hyödynnettiin Finnmapin olemassa olevia raporttipohjia. Luodun raporttipohjan avulla saadaan tietomallista runkorakenteiden kappale määrä, mita-, tilavuus- sekä painotietoja (ks. Kuvio 13). Luotua raporttipohjaa voidaan käyttää Kaupunkikeskus Tapiola -projektin purettavien rakenteiden määrien arviointiin. Raportin sisältämiä tietoja voidaan hyödyntää muun muassa purkutöiden aikataulujen arvioinnissa sekä työmaan purkujätteen logistiikan suunnittelussa.

Kaupunkikeskus Tapiolan tietomalli luokiteltiin Model Organizerin avulla erillisiin alueisiin. Kuviossa 14 nähdään Model Organizerilla tehdyn luokittelun rakenne. Projekti on jaettu vaiheisiin 1 ja 2, jotka toteutetaan peräkkäin. Vaihe 1 on jaettu lisäksi vielä lohkoihin A, B ja C. Lisäksi Model Organizerilla on jaettu jokainen rakennusosa kuulumaan oikeaan kerrokseen. Rakenneosat on ryhmitelty lisäksi vielä objektityyppiokohtaisesti laattoihin, palkkeihin, seiniin, pilareihin ja anturoihin. Näiden luokittelujen avulla tietomallista voidaan tuottaa määrätietoja helposti sijainnin ja rakenneosan tyyhin mukaan. Kuviossa 14 on tehty valinta, jossa tietomallista on valittu Model Organizerin avulla kaikki lohkon B seinät, jotka kuuluvat kerroksiin 6-13.



Kuvio 14. Model Organizerin avulla tehty rakennusosien valinta tietomallissa.

Luokittelutietoa hyödynnetään myös Kaupunkikeskus Tapiola -projektista tehtävään aikataulutuksen visualisointiin. Visualisoinnissa esitetään purettavien ja uusien rakenteiden suunniteltu toteutusjärjestelmä. Tämän avulla havaitaan mahdolliset ongelmat kohdat tehokkaasti. Lisäksi tämän visualisoinnin avulla voidaan havainnollisesti esittää asiakkaalle, miten ja missä järjestyksessä projekti on suunniteltu toteutettavan.

Mahdollisimman tarkan ja helposti hyödynnettävän määrätiedon luomiseksi on syytä luoda erityyppisille rakenneosille oma raporttipohja, sillä tarvittava tieto vaihtelee rakennusosatyypeittäin. Esimerkiksi uusia rakenteita paikalla valettaessa muottipinta-alojen määrä riippuu rakennusosan tyyppistä. Mikäli samaan raporttipohjaan otetaan palkki ja laatta, tulee toiselle rakenneosalle väistämättä väärä muottipinta-ala. Raporttiin saadaan rakennusosan oikea muottipinta-ala vain, mikäli raportti on suunniteltu kyseisen tyyppiselle rakennusosalle sopivaksi.

Raportilta vaadittava tietosisältö riippuu suuresti myös käyttötarkoituksesta, jossa raportin määrätietoja hyödynnetään. Toisinaan voi olla tärkeää raportoida tarkasti rakennusosan pinta-alasta, joskus taas rakennusosan paino ja tilavuus muodostuvat tärkeämmäksi tiedoksi. Esimerkiksi seinien purkumäärät tarvitaan neliömetreinä purkutöiden työmenekkiä laskettaessa. Betonoinnin yhteydessä työmenekkiä arvioidaan puolestaan betonoitavien kuutioiden avulla.

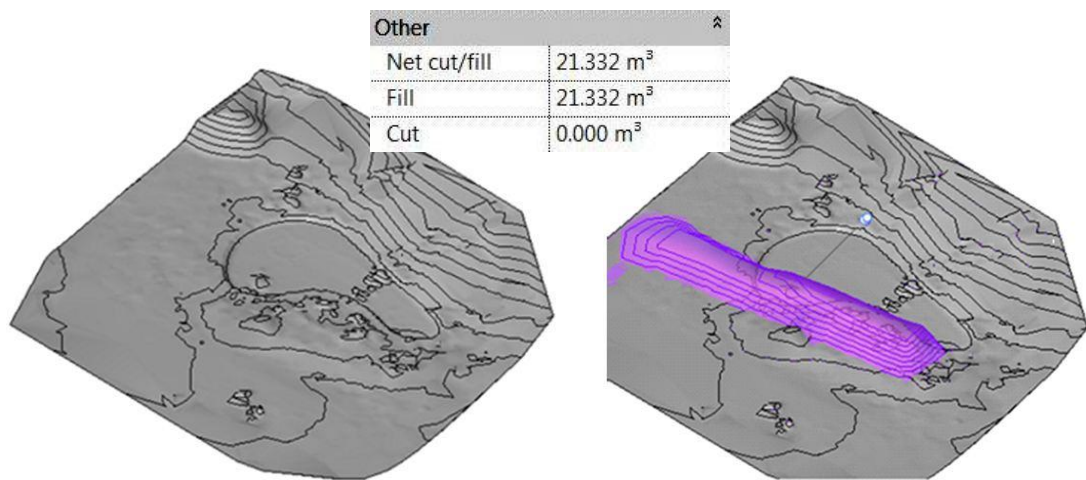
Tietomallissa, jossa on mallinnettu olemassa olevia rakenteita, tulee rakenteet erotella pysyviin ja purettaviin rakenteisiin. Tekla Structures -ohjelmassa tämän tiedon pystyy antamaan rakenteelle esimerkiksi objektin User-defined attributesin kautta, jonka avulla käyttäjä pystyy lisäämään objektille erilaisia ominaisuuksia. Kun purettavat ja pysyvät rakenteet erotellaan toisistaan, on mallista huomattavasti helpompi ja nopeampi tuottaa määrätietoja yksinomaan purettavista rakenteista. Lisäksi voidaan helposti esittää muun muassa visuaalisesti, mikä on suunniteltu rakentamisen toteutustapa ja järjestys.

Rakennetyyppien merkitseminen tietomalliin voi olla jo alustavan rakennusosamallin mukaisella tarkkuudella toteutetussa mallissa erittäin hyödyllistä. Olemassa olevien rakenteiden mallinnuksen yhteydessä voidaan rakennusobjektiin merkitä myös rakenteen rakennetyyppi, mikäli se on tiedossa. Esimerkiksi ulkoseinärakenne sisältää kantavan osuuden lisäksi myös lämmöneristeen. Mikäli rakennetyyppi tiedetään ja se on

malliin merkitty sovitulla tavalla, voidaan laskettaessa arvioida erikseen materiaalikoh-
taisia purkumääriä.

Työn yhteydessä selvitettiin myös maamassojen laskentamahdollisuuksia rakennuspro-
jektissa. Suurimpana ongelmana on mallinnusohjelman kyky laskea maastonmuotojen
mukaan mallinnettujen objektien tilavuuksia ja ilmoittaa niistä määrätietoja. Revit
Structure -tietomallinnusohjelmalla on kuitenkin mahdollista saada maapintoina mallin-
nettujen objektien avulla maamassojen tilavuudet.

Maamassojen tilavuuksien selvittämiseen Revit Structuressa tulee luoda kaksi erillistä
maapintaa, joiden reunaviivat ovat keskenään yhtenevät sekä lisäksi molemmille
maapinnoille on määritelty oma vaihe (phase). Tämän jälkeen ohjelma antaa suoraan
tiedot näiden kahden pinnan välisestä poistetusta tilavuudesta, lisätystä tilavuudesta
sekä nettomuutoksesta edelliseen (ks. Kuvio 15).

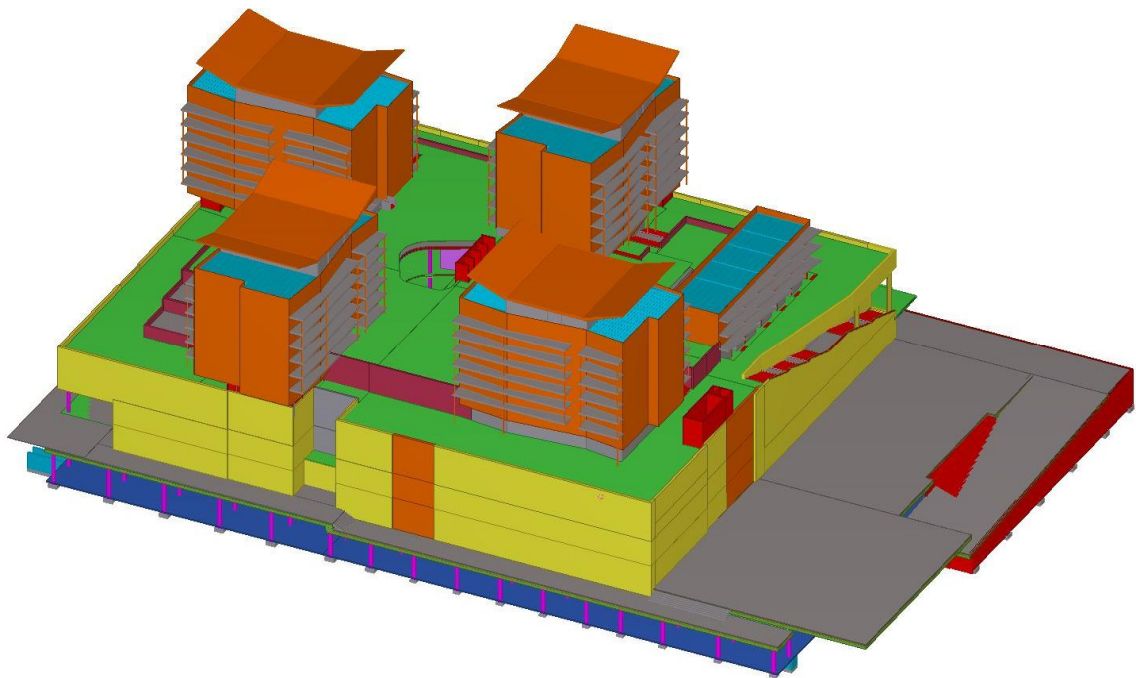


Kuvio 15. Maamassat Revitillä maapintojen avulla.

Suosittelavaa olisi kartoittaa maamassojen mallintamiseen ja laskentaan sopivaa oh-
jelmaa infarakentamisen puolelta, missä on totuttu käsittelemään maamassoja hu-
omattavasti monipuolisemmin. Esimerkiksi Tekla Civil -ohjelman avulla on mahdollista
luoda maastomalleja ja tehdä pintojen välisiä massalaskentoja. Kyseisen ohjelman toi-
mintaan ei kuitenkaan ollut resursseja perehtyä tarkemmin tämän työn yhteydessä.

6.2 Tietomallin hyödyntäminen määrälaskennassa

Kaupunkikeskus Tapiola -projektin tietomallit olivat tasoltaan alustavia rakennusosamalleja. Alustavan rakennusosamallin tasoinen tietomalli sisältää rakenteiden perusgeometrian tiedot (ks. Kuvio 16). Tämän tasoisesta tietomallista voidaan tuottaa helposti alustavia runkorakenteiden tilavuusmääriä. Kuitenkin alustavasta rakennusosamallista ja rakennusosamallista on mahdollista johtaa myös muidenkin rakenteiden alustavia määräarvioita. Kun tiedetään rakenteen geometria, kuorma ja jännevälit voidaan arvioida esimerkiksi betonirakenteiden teräsmääriä (kg/m^3) aikaisemmin toteutuneiden kohteiden perusteella.



Kuvio 16. Kaupunkikeskus Tapiolan uudet rakenteet sisältävä tietomalli.

Tietomalli tarjoaa monen tyyppistä tietoa, jota voidaan hyödyntää useissa projektin eri vaiheissa. Jo hyvin yksinkertaisesta mallista on mahdollista tuottaa suuntaa antavia määrätietoja erittäin nopeasti. Rakennusaikaisen täsmällisen määrätiedon tuottamisessa auttaa tarkasti ja johdonmukaisesti mallinnettu sekä hyvin luokiteltu tietomalli. Tietomallin avulla on helpompi hallita rakennusmateriaalien määriä ja liikkeitä rakennustyömaalla.

6.3 Määrätietojen hyödyntäminen

Korjauskohteissa tietomallilla voidaan havainnollistaa purkutöitä. Esimerkiksi purkutöiden työjärjestys on helppo havainnollistaa tietomallin avulla. Samalla voidaan havaita mahdolliset ongelmakohdat ja varautua näiden aiheuttamiin toimenpiteisiin. Lisäksi purettavien rakenteiden materiaalmäärät ovat helposti saatavilla. Määrätietojen tarkkuus riippuu kuitenkin olemassa olevien rakenteiden mallinnuksen tarkkuudesta. Kun purettavien rakenteiden määrät ovat selvillä, voidaan samalla suunnitella muun muassa purkujätteen pois kuljettamiseen vaadittavat resurssit.

Työmaalle tehtävien materiaalihankintojen suunnittelu ja aikataulutus helpottuu tietomallin avulla. Hyvällä suunnittelulla on mahdollista vähentää työmaalla varastoitavan tavaran määrää. Materiaalmäärien ollessa tiedossa voidaan arvioida tarkasti niiden asentamiseen vaadittava aika. Kun materiaalitilaukset saapuvat työmaalle juuri ennen kuin niitä ollaan asentamassa, työmaalla varastoitavan tavaran määrä pysyy kohtuullisena. Tällöin välttyään esimerkiksi puutavaran turhalta sääsuojaukselta sekä helposti rikkoutuvien rakennusosien kolhiintumiselta.

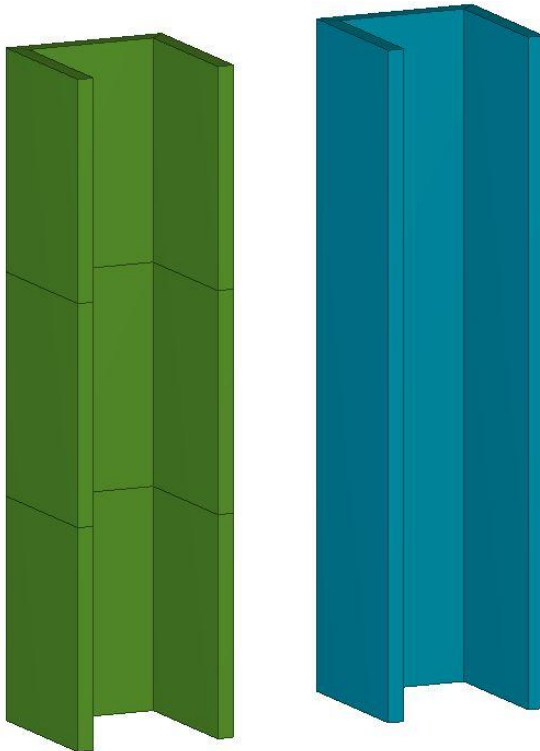
Suunnittelun yhteydessä jo alustavan rakennusosamallin avulla on mahdollista saada suunnitteluratkaisujen tehostamiseen hyödyllistä tietoa. Tietoa voidaan saada esimerkiksi runkorakenteiden määrästä sekä arvioita kantavien rakenteiden teräsmäärästä. Kun nähdään kantavien rakenteiden jännevälit, kuormat ja profiilit niin voidaan arvioida rakenteisiin vaadittavia teräsmääriä. Teräs- sekä betonimäärien kautta voidaan puolestaan arvioida rakenteen taloudellisuutta.

6.4 Työn aikana havaittuja ongelmia

6.4.1 Mallinnustarkkuus

Kaupunkikeskus Tapiola-projektin yhteydessä toteutetussa mallin luokittelussa törmättiin mallinnustarkkuuden aiheuttamiin haasteisiin. Tietomallin tarkkuus suunnitteluprosessin alkuvaiheessa, jolloin muutosten todennäköisyys on vielä suuri, on syytä pitää riittävän suurpiirteisenä. Jos rakenneosat jaetaan pieniin osiin luokittelun sekä kerroskohtaisen rakennusosamäärien selventämiseksi, tällöin vaaditaan muutosten yhteydes-

sä suhteellisen paljon mallinnustyötä. Tämä korostuu etenkin suurissa kohteissa. Esimerkiksi, jos hissikuilun seinät jaetaan kerroksittain omiksi rakennusosiksi. Tulee tällöin hissikuiluun kohdistuvan suunnitelmamuutoksen yhteydessä mallinnustyön määrä kasvaa huomattavasti. Toisin kuin rakenteessa, jossa seinät on mallinnettu jatkumaan yhtenäisenä kerroksien läpi alhaalta ylös (ks. Kuvio 17). Toisaalta liian suurpiirteinen mallinnus taas johtaa tilanteeseen, missä tietomallista saatavan määrätiedon tarkkuustaso laskee sekä mallin havainnollinen esittäminen vaikeutuu.



Kuvio 17. Hissikuilut eri mallinnustarkkuudella.

Mallinnustyön tarkkuus koskee myös useita muita suunnittelun alkuvaiheessa tehtäviä työvaiheita. Projektin alkuvaiheissa on syytä sopia tarkkaan, mitä mallintamisen alkuvaiheessa tehdään ja kuinka tarkasti. Ennen kuin malliin on edes vielä tullut muutostarpeita, on hyvä tiedostaa, miten mahdolliset muutokset vaikuttavat ja mitä työtä joudutaan tekemään mahdollisten muutosten johdosta uudestaan.

6.4.2 Useampia osanimikkeistöjä samaan tietomalliin

Perinteisesti tietomallintamisessa käytetään rakennusosille hankenimikkeistön mukaista ryhmittelyä. Kattavan tietomallipohjaisen määrälaskennan toteutuminen edellyttäisi, että tietomallissa tulisi pystyä käyttämään useaa osanimikkeistöä samanaikaisesti. Nykyisillä tietomallinnusohjelmistoilla tämä ei vielä toistaiseksi ole mahdollista. Esimerkiksi hankenimikkeistön ja tuotantonimikkeistön yhdistäminen samaan tietomalliin mahdollistaa kattavan rakennusosamääräluettelon laadinnan suoraan tietomallista. Kuviossa 18 on esitetty esimerkki tuotantonimikkeistöllä täydennetystä rakennusosamääräluettelosta.

1233		PILARIT		
1233	41	Betonirunkorakentaminen		
1233	41	Betonimuotit, suorakaide tai neliö	112	m ²
1233	41	Betonimuotit, pyöreä tai soikea	110	m ²
1233	41	Raudoitteet A 500 HW	3750	kg
1233	41	Betoni K 35-2	25	m ³
1233	42	Betonelementtitoimitus		
1233	42	Pilarelementit, pyöreät 54kpl tyyppipiir. rak E 16	15	m ³
1233	42	Betonelementtityö		
1233	42	Pilarelementit, pyöreät 15m ³ tyyppipiir. rak E 16	54	kpl
1233	61	Metallirunkotoimitus		
1233	61	Teräspilarit LP, sis. varusteluosat 84 kpl piir rak xx	13300	kg
1233	61	Raudoitteet A500 HW teräspilarien LP sisään	5980	kg
1233	61	Metallirunkotyö		
1233	61	Teräspilarit LP, sis. varusteluosat yht. 13300 kg piir rak xx	84	kpl
1234		PALKIT		
1234	41	Betonirunkorakentaminen		
1234	41	Betonimuotit	222	m ²
1234	41	Raudoitteet A 500 HW	12600	kg
1234	41	Betoni K 35-2	84	m ³
1234	42	Betonelementtitoimitus		
1234	42	Palkkielementit JK-, 16kpl tyyppipiir. rak E 16	67	m ³
1234	42	Betonelementtityö		
1234	42	Palkkielementit JK-, 67m ³ tyyppipiir. rak E 16	16	kpl
1234	61	Metallirunkotoimitus		
1234	61	Teräspalkit LK, D32-400 72 kpl piir rak xx	325	m
1234	61	Teräspalkit LK, D4-400 9 kpl piir rak xx	88	m
1234	61	Teräspalkit HE-prof. sis. varusteosat 24 kpl	9100	kg
1234	61	Teräspalkkien palosuojamaalaus	58	m ²

Kuvio 18. Ote Talo 2000 -nimikkeistön mukaisesta rakennusosamääräluettelosta [11].

6.4.3 Luokittelutieto IFC:hen

Tietomallin luokittelutiedon siirtäminen Model Organizerista IFC:hen toteutettiin syötämällä luokittelutieto User Defined Attributesin "IFC building name" sekä "IFC building

storey name” -kenttiin. Tätä kautta saatiin sama luokittelutieto sisällytettyä myös IFC-malliin.

Ongelmia kuitenkin ilmeni avattaessa IFC-tiedostoa Tekla BIMsightin avulla. Tekla BIMsight on helppokäyttöinen ilmaissovellus, jota käytetään yleisesti esiteltäessä tietomallia tilaajalle tai projektin muille osapuolille. Sitä käytetään myös mallipohjaisen viestinnän välineenä eri toimijoiden välillä.

Tavoitteena oli, että BIMsight:lla olisi ollut mahdollista havainnollisesti esitellä mallia lohkoittain ja kerroksittain jaoteltuna. BIMsight ei pystynyt kuitenkaan hyödyntämään UDA tietoja toivotulla tavalla. Luokittelutiedot oli kuitenkin luettavissa muilla IFC tiedostoja tukevilla ohjelmistoilla, kuten esimerkiksi Solibrilla. Ongelmaa tiedusteltiin Teklalta ja kävi ilmi, että BIMsight ei toistaiseksi lue kyseisiä IFC:hen kirjoitettuja tietoja lainkaan.

6.5 Jatkokehitys

6.5.1 Maamassojen mallinnus ja laskenta

Rakennushankkeessa maamassojen mallinnus ja määrälaskenta tietomallipohjaisesti on vielä hyvin harvinaista. Tätä osa-aluetta on kuitenkin hyvät mahdollisuudet kehittää. Kattavan pohjatutkimuksen avulla voidaan tehdä suhteellisen tarkkoja arvioita tontilla olevasta maaperästä ja sisällyttää maaperän tieto myös tietomalliin.

Perinteisillä rakennuksen tietomallinnusohjelmistoilla maarakenteiden mallinnus ja hyödyntäminen ei kuitenkaan onnistu kovinkaan tehokkaasti. Sen sijaan tähän tarkoitukseen voidaan hakea soveltuvia ohjelmia infrarakentamisen puolelta.

Yksi mahdollinen ohjelmisto rakennusten maaperän mallintamiseen voisi olla Tekla Civil. Tekla Civilin avulla pystytään tuottamaan määrätietoja maaperän eri maalajeista. Tekla Civilin ja Tekla Structuresin välillä on valmiina ohjelmallinen linkki, jonka avulla ohjelmat voivat nähdä sekä käyttää toisella ohjelmalla mallinnettua tietoa. Esimerkiksi Tekla Civilillä mallinnettua kallion- tai rakennusmontun pintaa on mahdollista käyttää hyödyksi suoraan Tekla Structuresin puolella. [16] Lisäksi Tekla Civilillä on valmiina

työkalu joka mahdollistaa maaperä- ja kalliopintojen automaattisen luonnin pohjatutkimuksen perusteella [3].

Myös muiden infrarakentamisen puolella käytettyjen ohjelmien hyödynnettävyyttä talonrakennus puolella on suositeltavaa selvittää. Esimerkiksi infrapuolella paljon käytetty Novapoint on toinen mahdollisuus. Novapointin yhteydessä on kuitenkin syytä selvittää huolella ohjelman yhteensopivuus rakennussuunnitteluohjelmistojen kanssa.

6.5.2 Määrälaskentaraportit

Jotta tietomallin määräsältöä päästään hyödyntämään kunnolla, tulee raporttipohjien olla luotu juuri kyseisen käyttötarkoituksen ja rakennusosan vaatimalla tavalla. Samasta rakenteesta voidaan saada muun muassa useita eri pinta-aloja sen mukaan, miten pinta-ala laskenta suoritetaan. Seinästä voidaan tuottaa esimerkiksi seinän rakentamisen yhteydessä vaadittavia muottipinta-ala tietoja tai purkutöiden aikatauluja arvioitaessa pelkkää purettavan seinän pinta-ala tietoa. Kyseisten tietojen tuottamiseen tarvitaan luonnollisesti omat raportointipohjat.

Rakennusosan tyyppi vaikuttaa myös määrätiedon luontiin. Samalla raporttipohjalla ei välttämättä saada luotua juuri haluttuja tietoja esimerkiksi seinästä ja palkista. Rakennosien mittatiedot ilmoitetaan toisistaan poikkeavalla tavalla eri rakennosissa. Esimerkiksi paikalla valettavan seinän raudoitustyön määrä arvioitaessa työn määrä laskeaan neliöiden mukaan (m^2) kun taas palkin raudoitustyön määrä ilmoitetaan juoksumetreinä (jm).

Tietomallista tuotettava määrätieto tarvitsee siis useita raporttipohjia, jotta määrätietoihin liittyviä palveluita päästään tarjoamaan asiakkaille. Eri suunnittelu- ja rakennusvaiheissa hyödynnettäville määrätiedoille on syytä laatia valmiiksi riittävän kattava valikoima määrätietojen luomiseen vaadittavia raporttipohjia. Olisikin syytä kartoittaa tilanteet, joissa määrätietoon liittyviä palveluita voitaisiin tarjota sekä tuottaa laskentapohjat kyseisiin vaiheisiin.

7 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli selvittää erilaisia käyttötapoja rakennesuunnittelijan tietomallin pohjalta tuotettavalle määrätiedolle, sekä tutkia, mitä määrätiedon tuottaminen tietomallilta vaatii. Lisäksi tavoitteena oli tuottaa uusia jatkokehityksiä, joiden avulla voidaan jatkossa kehittää tietomallipohjaisia määrälaskentapalveluita. Työn yhteydessä oli tavoitteena toteuttaa myös Kaupunkikeskus Tapiolan tietomallin luokittelu alueittain.

Tutkimukset tehtiin tutustumalla määrälaskentaan liittyvään kirjallisuuteen, käytettäviin tietomallinnus ohjelmiin sekä Kaupunkikeskus Tapiolan tietomalliin. Näiden toimien avulla lähestyttiin ongelmia ja kehitettiin ideoita käyttötarkoituksista, joissa määrälaskennan tarjoamaa tietoa voidaan hyödyntää.

Työn yhteydessä nousi esiin useita tapoja hyödyntää tietomallin sisältämää määrätietoa. Tietomallin avulla on mahdollista saada useita hyötyjä hankkeen jokaiselle osapuolelle. Määrätietojen avulla on mahdollista saada hyötyjä niin kustannusten hallintaan ja suunnitteluun kuin myös toteutusvaiheeseen.

Määrätiedon tuottaminen tietomallista vaatii ennen kaikkea johdonmukaisesti laaditun tietomallin. Mallinnustapojen tulee olla selkeästi dokumentoituna sekä kaikkien mallintajien tiedossa. Lisäksi määrätiedon tuottamiseen tietomallista vaaditaan kattava valikoima raporttipohjia, joiden avulla saadaan tuotettua tarvittava tieto selkeään taulukkomuotoon. Raporttipohjat tulee luoda kyseisen käyttötarkoituksen sekä rakennusosan vaatimalla tavalla, jotta tarvittava määrätieto voidaan tuottaa tarkasti ja luotettavasti.

Työn yhteydessä nousi esiin myös tarve käyttää tietomallissa useampaa osanimikkeistöä saman aikaisesti. Usean osanimikkeistön käyttö antaa mahdollisuudet kattavan tietomallipohjaisen määrälaskennan toteuttamiseksi. Usean osanimikkeistön käyttö ei toistaiseksi ole mahdollista nykyisin yleisimmin käytetyillä rakennesuunnittelijan tietomallinnusohjelmistoilla.

Työn yhteydessä nousi esiin myös jatkokehityksiä. Erityisesti maamassojen mallintamiseen sekä maamassojen tuottamiseen on suositeltavaa tutustua. Maamassojen hallinnalla on suunnitteluvaiheessa helppo etsiä muun muassa optimaalisia ratkaisuu-

vaihtoehtoja, joiden avulla voidaan saada huomattavia kustannussäästöjä. Myös uusien määrälaskentaporttien kehittämiseen on syytä panostaa, mikäli halutaan tarjota entistä laajempia ja monipuolisempia määrälaskentapalveluita tulevien projektien eri osapuolille.

Kaupunkikeskus Tapiolan tietomalleista luokiteltiin uudet rakenteet sisältävä malli. Vanhat rakenteet sisältävä tietomalli oli luotu liian epätarkasti, jotta luokittelua siihen olisi kannattanut toteuttaa. Luokiteltu tietomalli oli tarkkuudeltaan alustavan rakennusosamallin tasoinen. Mallin luokittelu saatiin toteutettua onnistuneesti ja sitä voidaan hyödyntää projektin myöhemmissä vaiheissa. Luokiteltu tieto auttaa jatkossa tietomallin tietosisällön hallinnassa sekä helpottaa esimerkiksi mallin visualisoinneissa.

Työn yhteydessä laadittiin myös raporttipohja Tekla Structures -ohjelmaan. Raporttipohjan avulla voidaan raportoida runkorakenteiden kappale määrä, mitta-, tilavuus- sekä paino tietoja. Luotua raporttipohjaa voidaan käyttää purettavien rakenteiden määrien arviointiin Kaupunkikeskus Tapiola -projektissa sekä myöhemmissä projekteissa.

Työn alussa asetetut tavoitteet saatiin täytettyä työn aikana. Tietomallipohjaisten määrälaskentapalveluiden kehittämistä voidaan jatkaa käyttäen apuna työn yhteydessä saavutettuja tuloksia.

Lähteet

- 1 Penttilä, H., Nissinen, S. & Niemioja, S.,. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa: yleiset periaatteet. Helsinki: Rakennustieto.
- 2 Valjus, Juha. 2007. Tuotemallintaminen rakennesuunnittelussa. Helsinki: Rakennustieto.
- 3 Tekla Oyj:n verkkosivut. Verkkodokumentti. Tekla Structures. <<http://www.tekla.com/fi/>>. Luettu 27.02.2012.
- 4 Tölli, Ville. 2009. Insinööryö. Tuotemallitiedon hyödyntäminen määrä- ja kustannuslaskennassa. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 5 Senaatti-kiinteistöt. 2007. Tietomallivaatimukset 2007 osa 7: Määrälaskenta. Versio 1.01. Espoo.
- 6 Teittinen, Toni. 2010. Erikoistyö. Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta. Tampereen teknillinen yliopisto: Rakennustekniikan koulutusohjelma.
- 7 Mäki, T., Rajala M. & Penttilä, H. 2010. Tietomallintaminen korjausrakentamisessa: Hyötyjä, haasteita ja kehitysehdotuksia. Helsinki: Tieto Finland Oy.
- 8 Hahtela-kehitys Oy, Talo-nimikkeistöryhmä. 2008. Talo 2000-nimikkeistö: Yleiseloste. Helsinki: Rakennustieto.
- 9 Romo, Ilkka & Varis, Markku. 2004. Verkkodokumentti. Tuotemallinnus rakennesuunnittelussa: Perusteet ja ohjeita. <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_rakennesuunnitteluohje_syyskuu2004.pdf>. Luettu 15.03.2012.
- 10 Hietanen, Jiri. 2005. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu: filosofinen selvitys tieto- ja viestintäteknikan mahdollisuuksista. Helsinki: Rakennustieto.
- 11 Ojala, Kaarina & Kiiras, Juhani. 2010. Verkkodokumentti. Rakennustieto: Talo 2000 rakennusosamääräluettelo. <https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5k2lh5ORz/5nJbmXKJ6/talo2000_rakennusosamaaraluettelo.pdf>. Luettu 27.3.2012.
- 12 Tauriainen, Matti. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset osa 7 määrälaskenta. Helsinki: Rakennustieto Oy.

- 13 Autodesk Inc. Verkkodokumentti.
<<http://www.autodesk.fi/adsk/servlet/pc/index?siteID=448412&id=14594526>>. Luettu 1.4.2012.
- 14 Tapiolan keskus. Verkkodokumentti. Arkkitehtitoimisto HKP Oy.
<<http://www.tapiolankeskus.fi/assets/Uploads/Viitesuunnitelma2012.pdf>>. Luettu 08.04.2012.
- 15 Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. 2011. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. Hoboken, NJ: Wiley.
- 16 Alanko, Markku. 2012. Software Manager, Tekla Oyj. Sähköpostikeskustelu 5.4.2012.