SAVONIA

Perusteet tietomallipohjaiselle määrälaskennalle

Jenni Kaukonen

Opinnäytetyö

___. ___. _____ _____

Ammattikorkeakoulututkinto

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU **OPINNÄYTETYÖ**
Tiivistelmä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jenni Kaukonen	
Työn nimi Perusteet tietomallipohjaiselle määrälaskennalle	
Päiväys 16.4.2012	Sivumäärä/Liitteet 62/10
Ohjaaja(t) Lehtori Viljo Kuusela	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Capisso Oy / Jarmo Laitinen, Toni Teittinen	

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää tietomallipohjaisen määrälaskennan edellyttämät tekijät, jotka takaavat rakennuttajalle luotettavan määrätiedon saamisen tietomallista. Vastausta haettiin myös siihen, mihin asioihin suunnittelijoiden ja määrälaskijan on kiinnitettävä työssään huomiota luodakseen omalta osaltaan edellytykset laadukkaalle määrälaskennalle.

Työn aluksi koottiin kirjallinen lähdeaineisto ja perehdyttiin tietomallisovelluksien toimintaan. Varsinainen tutkimus tehtiin seuraamalla Tocoman iLink -laajennussovelluksen toimintaa tietomalleista haetun määrätiedon hallinnassa ja siirrossa Tocoman TCM Pro -sovellukseen. Tutkimuksessa käytettiin ArchiCAD, Revit Architecture, Revit Structure ja Tekla Structures -sovelluksilla mallinnettuja tietomalleja. Tutkimuksen lopuksi suoritettiin case-kohteen rakennusosapohjainen määrälaskenta hyödyntäen Tocomanin BIM-ratkaisua.

Työn tuloksena löydettiin useita teknisiä vaatimuksia sekä suunnittelu- ja määrälaskentavaiheessa vaikuttavia tekijöitä, jotka luovat edellytykset luotettavan, laadukkaan määrätiedon tuottamiselle. Tuloksia voidaan hyödyntää laadittaessa yhteisiä toimintamalleja hankkeessa, jossa määrälaskenta halutaan toteuttaa tietomallipohjaisesti, ja arvioitaessa tietomallien soveltuvuutta määrälaskentaan. Lisäksi tuloksia voi käyttää tietomallipohjaisen määrälaskennan tukena siirryttäessä perinteisistä menetelmistä tietomallipohjaiseen määrälaskentaan.

Avainsanat
Tietomalli (BIM), määrälaskenta, laatu

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES **THESIS**
Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Jenni Kaukonen			
Title of Thesis Technical Requirements for BIM Based Quantity Takeoff			
Date	April 16, 2012	Pages/Appendices	62/10
Supervisor(s) Mr Ville Kuusela, Lecturer			
Client Organisation/Partners Capisso Oy, Mr Jarmo Laitinen, COB, Mr Toni Teittinen, Development and Research Manager			

Abstract

The purpose of this final project was to find the technical requirements for the BIM based quantity takeoff and the methods for quality control. The project was commissioned by Savonia University of Applied Sciences and Capisso Oy (Finnish consulting company).

The first stage was to study the theory of a construction project and building information model applications. Next, the building information models and Tocoman iLink add-on were tested to see how the iLink add-on reads the model properties. Finally, the quantities were calculated from pilot project. The calculating was made by using Tocoman´s BIM solution.

As a result of this final project, a list was made of the points that the BIM based quantity takeoff and a good quality require. In conclusion, the points and methods will make sure that the results of calculation are of high quality. The results of this final project can be utilized in model checking to ensure that the model can be used in BIM based quantity takeoffs. The results can also be used in the process of modeling.

Keywords
building information model (BIM), quantity takeoff

ALKUSANAT

Kiitän Capisso Oy:tä mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö hyvin mielenkiintoisesta ja ajankohtaisesta aiheesta, sekä erityisesti yrityksen yhteyshenkilöitä Jarmo Laitista ja Toni Teittistä. Kiitän myös työni ohjaajaa, Savonia-ammattikorkeakoulun lehtoria Viljo Kuuselaa. Lisäksi haluan kiittää yhteistyöyrityksiä Datacubist Oy:tä, Tocosoft Oy:tä, Tekla Oyj:tä, jotka omalta osaltaan auttoivat opinnäytetyön toteutuksessa tarjoamalla mahdollisuuden tutkia opinnäytetyössä esiintyneitä tietomalliohjelmistoja.

Kuopiossa 16.4.2012

_____

Jenni Kaukonen

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO 8
1.1 Tausta ja tavoitteet 8
1.2 Capisso Oy 8
2 TIETOMALLI 9
2.1 Rakennuksen tietomalli 9
2.2 Tietomallintamisen edut ja haasteet 9
2.3 Tietomallin laatu 10
3 RAKENNUSHANKE 12
3.1 Perinteinen rakennushankeen elinkaari 12
3.2 Tietomallipohjaisen ja perinteisen rakennushankkeen erot 14
3.3 Rakennushankkeen talous 16
4 MÄÄRÄLASKENTA 18
4.1 Talo 2000 -nimikkeistö määrälaskennassa 19
4.1.1 Nimikkeistöt yleisesti 19
4.1.2 Talo 2000 -nimikkeistön rakenne 20
4.1.3 Talo 2000 -nimikkeistön mukainen määrien jäsentely 21
4.2 Tietomallipohjainen määrälaskenta 23
4.2.1 Reseptit 23
4.2.2 Laskentaprosessi 24
5 TIETOMALLIOHJELMISTOT 26
5.1 Suunnittelu- ja laadunhallintaohjelmistot 26
5.2 Tocoman BIM-ratkaisu 32
6 TUTKIMUS TIETOMALLIPOHJAISESTA MÄÄRIEN HALLINNASTA 35
6.1 Tutkimuksen tausta 35
6.2 Tutkimuksen toteutus 36
7 SIRIUS-KOHTEEN RAKENNUSOSAPOHJAINEN MÄÄRÄLASKENTA 43
8 TUTKIMUKSEN TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET 52
8.1 Tulokset 52
8.2 Johtopäätökset 54
9 TYÖN ARVIOINTI 58
LÄHTEET 60

LIITTEET

Liite 1 Esimerkki rakennemääräluettelosta
Liite 2 Kansainvälisten nimikkeistöjen erot
Liite 3 Muistio
Liite 4 Siriuksen rakennusosalaskelma
Liite 5 Rakennusosamäärien laskeminen tietomallista
Liite 6 Tietomallipohjaisen määrälaskennan tärkeimmät edellytykset
Liite 7 Tietomallipohjaisen määrälaskennan edellytysten ja laadun varmistaminen

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Tietomallinnettavat rakennushankkeet ovat yleistymässä, sillä perinteisestä suunnittelusta halutaan siirtyä enemmän mahdollisuuksia antavaan tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Tietomalli sisältää rakennuskohteesta paljon merkittävää tietoa, jota voidaan hyödyntää mitä erilaisimmissa käyttökohteissa, kuten määrälaskennassa. Tietomallipohjaisen määrälaskennan avulla määrät saadaan laskettua huomattavasti perinteistä määrälaskentaa nopeammin. Tietomallista nopeasti saatava määrätieto tehostaa rakennuttajan kustannuslaskentaa ja rakennushankkeen suunnitteluvaiheen jatkuvaa kustannusohjausta. Tietomallipohjaisella määrälaskennalla on monia etuja, mutta näiden etujen saavuttaminen edellyttää, että määrälaskennasta syntyvä aineisto on luotettavaa, eikä sisällä suuria virheitä. Laadukkaan määrälaskennan lopputuloksen takaamiseksi on erittäin tärkeää, että määrälaskija tuntee tietomallipohjaisen määrälaskennan edellyttämät tekniset vaatimukset ja toimintamallit.

Tässä työssä pyritään löytämään rakennuttajan näkökulmasta nämä tietomallipohjaisesti toteutettavan määrälaskennan edellytykset ja laadunvarmistuskeinot, jotka takaavat luotettavan määrätiedon saamisen tietomallista. Työssä seurataan Tocoman iLink -laajennussovelluksen toimintaa tietomalleista haetun määrätiedon hallinnassa ja siirrossa Tocoman TCM Pro -sovellukseen. Tutkimuksessa käytetään ArchiCAD, Revit Architecture, Revit Structure ja Tekla Structures -sovelluksilla mallinnettuja tietomalleja. Tutkimuksen lopuksi suoritetaan Tocomanin BIM-ratkaisua hyödyntäen case-kohteen rakennusosapohjainen määrälaskenta.

1.2 Capisso Oy

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Capisso Oy, joka on rakennushankkeiden tietomallipohjaiseen tiedonhallintaan erikoistunut asiantuntijayhtiö. Capisso toimii tietomallikoordinaattorina eli tarjoaa tietomallipohjaisen rakennushankkeen tiedonhallintaan ja suunnitelmien koordinointiin liittyviä asiantuntijapalveluita. Tietomallin avulla Capisso pyrkii vertailemaan vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja, tukemaan asiakkaan päätöksentekoa sekä seuraamaan hankkeelle asetettujen tavoitteiden toteutumista.

2 TIETOMALLI

2.1 Rakennuksen tietomalli

Rakennuksen tietomallilla (*Building Information Model, BIM*) tarkoitetaan virtuaalisessa muodossa olevaa kolmiulotteista mallia, joka sisältää merkittävää tietoa rakennuksesta, kuten sen geometriasta, sijainneista, mitoituksesta, tiloista, rakenteista ja materiaaleista. Malli koostuu tiloja sekä rakennusosia kuvaavien objektien ja niiden ominaisuuksien kokonaisuudesta. Tietomallista voidaan tuottaa kaikki rakennushankkeessa tarvittavat piirustukset, luettelot, asiakirjat sekä havainnekuvat, ja sen lisäksi tietomallin tietosisältöä on mahdollista hyödyntää tietokoneohjelmien avulla erilaisiin tarkoituksiin rakennuskohteen suunnittelun, rakentamisen ja käytön aikana. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston 2011, 586 - 587; RT 10-10992, 1 - 3.)

2.2 Tietomallintamisen edut ja haasteet

Tietomallintamisella voidaan tehostaa hankkeen organisointia, eri osapuolten välistä yhteistoimintaa ja tiedonhallintaa sekä parantaa suunnitelmien yhtenevyyttä ja suunnittelun laatua. Mallinnus myös edistää hankkeen tavoitteiden mukaisen lopputuloksen saavuttamista. Mallin tietosisältöä voidaan hyödyntää koko rakennushankkeen ja rakennuksen elinkaaren ajan. Tämänhetkisellä teknologialla mallin sisältämää tietoa voidaan käyttää esimerkiksi suunnitelmien laadun ja yhdenmukaisuuden varmistamiseen, rakennushankkeen kustannuksien hallintaan, energia- ja elinkaarianalyyseihin sekä valmiin rakennuksen huollon- ja ylläpidon tiedonhallintaan. (Cobim 2012b, 1; RT 10-10992, 1.)

Rakennuttaja saa runsaasti arvokasta, päätöksentekoa tukevaa tietoa, kun rakennuskohteen suunnitelmat toteutetaan mallintamalla. Tietomallintaminen mahdollistaa toiminnaltaan ja kustannuksiltaan erilaisten vaihtoehtojen vertailun ja analysoinnin, jolloin lopullinen, toteutettava suunnitteluratkaisun voidaan perustella ja syntyviin kustannuksiin osataan varautua. Myös rakennuttajan tehtäviin kuuluva hankkeen hallinnointi tehostuu, kun hankkeen tiedot ovat sähköisessä muodossa helposti saatavilla koko rakennushankkeen ajan. (RT 10-10992, 3.)

Tietomallintamisessa käytettävien menetelmien ja välineiden kehitys on vasta alullaan, joten mallinnus vaatii tietomallihankkeen osapuolilta myönteistä asennetta niin ohjelmistojen, toimintamallien kuin tapojenkin kehitystä kohtaan. Lisäksi mallintaminen edellyttää tietomallinnuksen tuntemusta ja ajan tasalla olevaa tietotekniikkaa. Kannattava, etuja tavoitteleva mallintaminen edellyttää perusteellista yhteistoiminnan ja toimintatapojen ennakkosuunnittelua, suunnitelmien mukaista toteutusta sekä jatkuvaa seurantaa. Onnistuneen lopputuloksen kannalta merkittävässä asemassa on hankkeen tavoitteellinen ohjaaminen. (RT 10-10992, 1 - 3.)

2.3 Tietomallin laatu

Laatu-käsitteelle ei ole olemassa yhtä oikeaa määritelmää, mutta yleisesti sen ajatellaan kuvaavan erinomaista, arvostettua luokkaa tai tasoa. Tuote on laadukas, jos se täyttää kaikki odotukset ja vaatimukset. Laadukas tuote koetaan hyväksi ja toimivaksi, sillä se sopii käyttötarkoitukseensa ja vastaa tarpeita. Yleensä laatu-käsite yhdistetään virheettömyyteen: mitä vähemmän tuotteessa on virheitä, sitä laadukkaampi se on (kuvio 1). (Hoyle 2009, 24 - 26.)

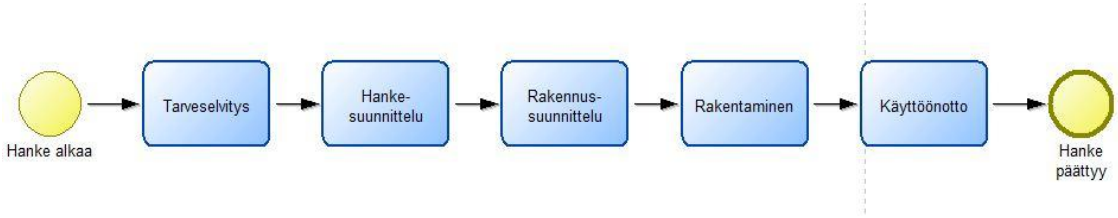
KUVIO 1. Mitä on hyvä laatu?

Tietomallinnettavan rakennushankkeen alussa määritellään mallinnuksen tavoitteet, käyttötarkoitus ja laajuus. Laadukas tietomallinnus täyttää nämä mallinnukselle asetetut tavoitteet. Hyvä laatu tukee hankeen päätöksentekoa ja tavoitteissa pysymistä, tehostaa hankkeen välistä tiedonsiirtoa, helpottaa eri alojen suunnittelijoiden suunnitelmien yhteensovittamista sekä varmistaa rakennushankkeen lopputuloksen hyvän laadun. Laadukkaasti toteutettu tietomallinnus luo edellytykset tietomallin hyvälle laadulle ja hyödyntämiselle erilaisissa käyttötarkoituksissa. Tietomallin käyttötarkoitus asettaa mallin sisällölle tiettyjä teknisiä vaatimuksia, jotta mallin hyödyntäminen tehokkaasti olisi mahdollista. Nämä vaatimukset vaihtelevat eri hankkeiden välillä, sillä jokaisella hankkeella on omat tietomallitavoitteensa. Mallin tietosisällön tavoitteiden, laajuuden ja tarkkuuden määrittely jo heti rakennushankkeen alussa on ensimmäinen askel kohti laadukkuutta. Laadukas tietomalli vastaa todenmukaisesti mallinnettavaa kohdetta ja soveltuu ennalta määriteltyyn käyttötarkoitukseensa. Tällöin mallin tietosisällön hyödyntämisessä päästään tehokkaaseen lopputulokseen. (Cobim 2012b, 1 - 3; Cobim 2012d, 15.)

Määrälaskennan näkökulmasta laadukas malli täyttää edellytykset luotettavan määrätiedon tuottamiseen halutulla tarkkuustasolla. Laskentaan soveltuvan mallin on oltava johdonmukainen, tunnistettava ja mitattava, jolloin huomiota on kiinnitettävä esimerkiksi tarkkaan mallintamistyöhön, rakenneosien tyypittelyyn ja ominaisuuksien määrittelyyn. Malli, josta puuttuu määrälaskennan näkökulmasta olennaisia rakennusosia tai tietoja, ei ole laadukas, mutta pienillä korjauksilla laatua voidaan parantaa. Joitakin mallissa olevia puutteita voidaan hyväksyä, kun nämä puutteet selvitetään määrälaskijalle ennen määrälaskentaa. (Tocoman 2010, 2; Cobim 2012c, 16.)

3 RAKENNUSHANKE

3.1 Perinteinen rakennushankeen elinkaari



KUVIO 2. Perinteisen rakennushankkeen kulku. Perinteisen rakennushankkeen kulku esitettynä BPMN-kaaviona

Talonrakennushankkeessa tuotetaan tila, joka täyttää tilantarpeen tietylle toiminnalle. Rakennushanke alkaa tilantarpeesta sekä päätöksestä rakentaa tarvittava tila, ja päättyy rakennuksen käyttöönoton jälkeiseen takuiden raukeamiseen. Ohjekortin RT 10-10387 mukaan perinteinen rakennushanke koostuu viidestä vaiheesta (kuvio 2), jotka ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentaminen sekä käyttöönotto. Seuraavassa esitellään edellä mainitut ohjekortin (RT 10-10387, 10 - 15) mukaiset rakennushankkeen vaiheet:

Tarveselvitysvaiheen tarkoituksena on kartoittaa hankkeen tarpeellisuus, edellytykset ja mahdollisuudet, ja koota ne tarveselvitykseksi. Vaihe päättyy tarveselvityksen pohjalta tehtävään hankesuunnittelupäätökseen.

Hankesuunnitteluvaiheessa kartoitetaan tarveselvitystä tarkemmin hankkeen toteuttamistarpeet ja -mahdollisuudet sekä vertaillaan eri toteuttamistapoja. Näiden pohjalta kootaan hankesuunnitelma, joka sisältää myös laajuus- ja laatutavoitteet. Vaiheen lopuksi tehdään investointipäätös.

Rakennussuunnitteluvaihe jakautuu kahteen osaan; luonnos- ja toteutussuunnitteluvaiheeseen. Luonnossuunnitteluvaiheessa valitaan hankesuunnitelman mukainen rakennuksen toteuttamistapa huomioiden arkkitehtoniset ja tekniset tekijät. Luonnossuunnitteluvaiheen suunnitelmien hyväksymisen jälkeen alkaa toteutussuunnitteluvaihe, jossa tehdään rakentamispäätös, haetaan rakennuslupaa, valmistellaan rakentamista, valitaan urakointitapa ja tehdään urakkasopimukset.

Rakentamisvaihe alkaa, kun urakkasopimukset on tehty. Vaiheen aikana rakennetaan suunnitelmien mukainen kohde, jonka valmistuessa tehdään rakennuksen vastaanottopäätös.

Rakennuksen vastaanottopäätöksestä alkaa rakennuksen *käyttöönottovaihe*, jolloin rakennuksen suunniteltu toiminta aloitetaan ja käyttäjiä ohjataan rakennuksen käytössä. Käyttöönottovaihe ja koko rakennushanke päättyy takuutarkastukseen ja takuiden vapauttamiseen.

Käytössä rakennus vanhenee, ja jossain vaiheessa normaali huolto- ja kunnossapito ei enää riitä pitämään rakennusta käytön edellyttämässä kunnossa tai rakennus ei enää sovellu kyseiseen toimintaan. Kun olemassa oleva rakennus tai rakennuksen osa ei enää täytä käyttäjän vaatimuksia, muodostuu korjaustarve. *Korjausrakennushanke* alkaa korjaustarpeesta ja päätöksestä korjata rakennus. Korjausrakennushankkeen vaiheet vastaavat uudisrakennushankkeen vaiheita, mutta korjausrakennushanke painottuu uudisrakennushanketta enemmän hankkeen alun tarveselvitys- ja suunnitteluvaiheisiin. Korjausrakennushankkeen aluksi tarveselvitysvaiheessa kartoitetaan kohteen tekninen korjaustarve korjaustarveselvitykseen. Siihen pyritään kokoamaan mahdollisimman kattavasti kaikki korjaustarpeessa olevat rakennuksen osat ja järjestelmät, ja apuna voidaan käyttää kohteessa paikanpäällä tehtäviä kuntokartoituksia ja -tutkimuksia. Korjaustarveselvityksen lisäksi tehdään toiminnallisuusselvitys, johon kootaan arvio siitä, miten hyvin nykyiset tilat sopivat toimintaan ja käyttötarpeeseen. Tarveselvitysvaiheen tärkeimmät tehtävät on hankkeen tavoitteiden, laajuuden ja kustannusarvioiden määrittely. (RT 96-10983, 4 - 8.)

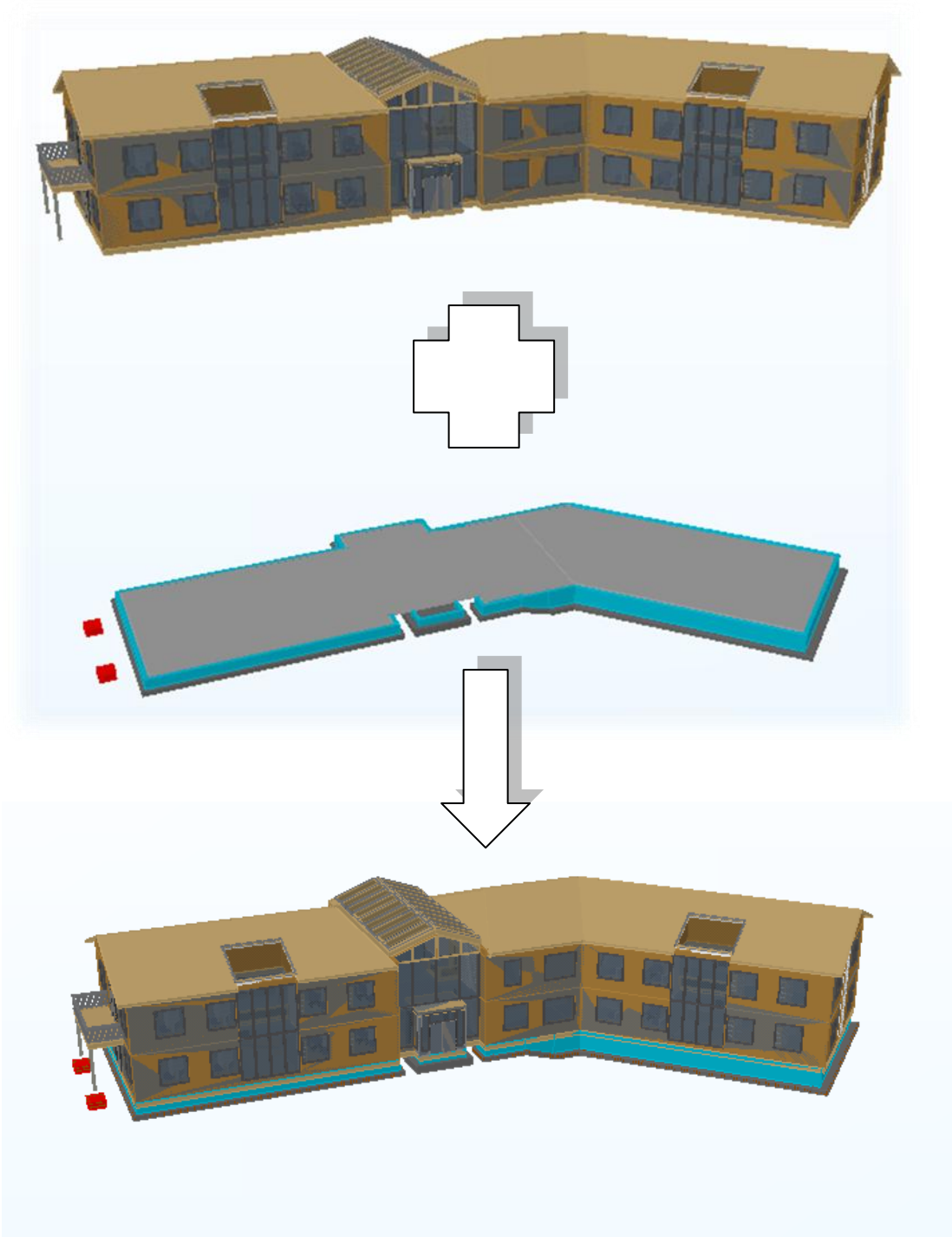
Hankesuunnitteluvaiheen alussa kootaan korjausrakennusprojektin lähtötiedot ja inventoidaan korjausrakennuskohde. Inventoinnilla tarkoitetaan korjausrakennuskohteen lähtötietojen hankintaa kirjallisista aineistoista ja sen täydentämistä maastomittauksien pohjalta saatavalla mittatiedolla. Inventoinnin apuna käytetään kohteesta laadittuja vanhoja piirustuksia ja selostuksia. Lähtötietojen pohjalta korjauskohteelle etsitään vaihtoehtoisia toteutusratkaisuja ja laaditaan hankesuunnitelma. Korjausrakennushankkeessa on huomioitava aina rakennuksen käyttäjät. Korjausrakennus voidaan toteuttaa niin, että käyttäjät voivat jatkaa toimintaa osassa rakennusta myös korjauksen aikana tai heidän toiminnalleen voidaan järjestää väliaikaiset tilat muualta. Korjaushankkeen yhteydessä on tärkeää miettiä myös toimintamallit siihen, miten toiminta palautetaan korjattuihin tiloihin. (RT 96-10983, 8 - 9; Kulttuuriympäristön ja korjausrakentamisen käsitteitä.)

3.2 Tietomallipohjaisen ja perinteisen rakennushankkeen erot

Käyttäjä, rakennuttaja, suunnittelija, rakentaja ja viranomainen ovat perinteisen rakennushankkeen osapuolet. Hankkeen tehtävät jaetaan näiden toimijoiden kesken niin, että jokaisella on hankkeessa oma ammattitaitoaan vastaava vastuualueensa. Tietomallinnettavissa hankkeissa voi olla edellä mainittujen toimijoiden lisäksi myös tietomallikoordinaattori, joka vastaa tietomallipohjaisen suunnittelun teknisestä ohjauksesta ja hallinnoinnista sekä suunnitelmien yhdenmukaisuuden tarkastamisesta. Uusi toimija muuttaa perinteisen hankkeen organisaatiota, vastuunjakoa, toimintatapoja sekä päätöksentekoa. (RT 10-10387, 1; RT 10-10992, 1 - 4.)

Perinteinen rakennushanke etenee järjestelmällisesti vaiheittain: seuraavaan vaiheeseen siirrytään vasta, kun edellinen saadaan päätökseen. Suunnittelu- ja rakennusprosessin tiedot tallennetaan pääosin kaksiulotteisiin piirustuksiin ja hankkeen asiakirjoihin, joihin hankkeen eri osapuolten välinen tiedonsiirtokin perustuu. Eri suunnittelualojen suunnitelmat ovat toisistaan erillisiä dokumentteja, joiden tiedoista vain tärkeimmät ja hankkeen kannalta olennaisimmat jaetaan muille osapuolille. Kaikkea hankkeen aikana syntyvää materiaalia on mahdotonta säilyttää, joten osa tiedosta häviää. (RT 10-10992, 2.)

Tietomallipohjainen rakennushanke noudattaa samoja, perinteisen rakennushankkeen vaiheita, mutta vaihejako ei ole yhtä selkeä, vaan eri vaiheet voivat limittyä osittain päällekkäin. Perinteisestä rakennushankkeesta poiketen tietomallipohjaisessa hankkeessa suunnittelu ja tiedonhallinta tehdään virtuaalisesti, yleensä tietomallimuodossa 3-, 4- tai 5-ulotteisesti. Eri suunnittelualojen suunnitelmat voidaan yhdistää yhdeksi malliksi (kuva 1), jolloin eri osapuolten välinen yhteistyö korostuu. Hankkeen tietosisältö voidaan säilöä säännöllisesti päivitettävään projektipankkiin, joka on kaikkien osapuolten käytettävissä koko hankkeen ajan. (RT 10-10992, 2 - 3; Cobim 2012a, 11 - 20.)



KUVA 1. Arkkitehti- ja rakennemallin yhdistäminen yhdistelmämalliksi

3.3 Rakennushankkeen talous

Rakennushankkeen tavoitteena on tuottaa tila, joka vastaa käyttäjän tarvetta. Taloudellisessa rakennushankkeessa pyritään saavuttamaan hankkeelle asetetut tavoitteet kohtuuhintaisilla suunnitteluratkaisuilla. Suurin osa rakennushankkeen investointikustannuksista määräytyy jo suunnitteluvaiheessa hankkeen laajuuden ja laatutason mukaisista suunnitteluratkaisuista. Rakentamisvaiheessa kohde rakennetaan suunnitelmia noudattaen, jolloin kustannuksiin ei voida enää juurikaan vaikuttaa. Sen vuoksi hanke- ja rakennussuunnitteluvaiheiden kustannusohjaus on rakennushankkeen talouden kannalta oleellinen tekijä, ja sillä pyritään estämää hankkeen kannalta kohtuuttomiin tai tarpeettomiin kuluihin johtavat päätökset sekä löytämään taloudellisempia ratkaisuja. Rakennussuunnittelun lisäksi suunnitteluvaiheessa on tehtävä jatkuvaa kustannussuunnittelua, joka tarkoittaa, että tavoitteita valvotaan ja eri suunnitteluratkaisuja vertaillaan kustannusarvioiden pohjalta. (Lindholm 2009, 8 - 18; Haahtela & Kiiras 2010, 27.)

Erityisesti projektin johdolla on merkittävä vaikutus hankkeen taloudellisuuteen, sillä ilman päätöksien ja suunnittelun ohjausta sekä tavoitteiden valvontaa hankkeelle voi aiheutua ylimääräisiä kustannuksia. Suunnittelun ohjauksella tarkoitetaan suunnittelijoiden opastamista niin, että heidän suunnitelmansa vastaavat hankkeelle asetettuja tavoitteita, ovat toteuttamiskelpoisia ja keskenään yhteneviä. Suunnittelun ohjaukseen liittyy läheisesti suunnittelun valvonta, joka on suunnitelmien etenemisen seuraamista ja tarkastamista. Ohjaus- ja valvontatyö kuuluu yleensä pääsuunnittelijalle, mutta isoimmissa hankkeissa tehtävät voidaan jakaa pääsuunnittelijan ja rakennuttajan kesken. Suunnittelun ohjauksella ja valvonnalla pyritään varmistamaan, että tilaajan tarpeet, tavoitteet ja toiveet otetaan huomioon suunnitelmissa, suunnitelmat ovat keskenään ristiriidattomia sekä, että suunnitelmien laajuus, laatu ja näistä aiheutuvat kustannukset pysyvät sovittujen tavoitteiden rajoissa. Kun suunnittelun ohjausta tarkastellaan hankkeen taloudellisuuden kannalta, tärkeässä roolissa on nimenomaan suunnittelun kustannusten ohjaus. Sillä pyritään kehittämään suunnitelmia niin, että suunnitelmat täyttävät tilaajan laajuus- ja laatutavoitteet vaatimukset mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Suunnittelun kustannusten ohjaus sisältää toteuttamiskelpoisen kustannustavoitteen määrittelyn ja kustannustavoitteissa pysymisen valvonnan rakennusosa-arvion avulla. (RT 13-10860, 2 - 4; Lindholm 2009, 8 - 9.)

Monissa hankkeissa ongelmia on aiheuttanut tavoitteiden ja käytettävissä olevan budjetin ristiriitaisuus, kun tilaajalla ja suunnittelijoilla ei ole tarpeeksi tietoa tavoitteiden sekä suunnitelmien toteutukseen kuluvista menoista. Tästä johtuen olisi hyvä määritellä tarvittavat tilat, hankkeen laajuus, laatutaso, budjetti, aikataulu sekä muut hankkeen kannalta merkittävät tavoitteet jo tarveselvitysvaiheessa ennen varsinaisen suunnittelu- ja rakennusprojektin aloittamista. Hankkeen kustannustavoite voidaan määrittää tilaohjelman perusteella, joka sisältää tilaluettelon ja kunkin tilan laatutavoitteen. Kustannustavoitteessa on huomioitava hankkeen rakennusajankohta ja -paikkakunta, sillä rakennustyön ja -materiaalien hinnat vaihtelevat vuosittaisesta markkinatilanteesta ja rakennuspaikan sijainnista riippuen. (Lindholm 2009, 8 - 13; Haahtela & Kiiras 2010, 27.)

4 MÄÄRÄLASKENTA

Yleisesti määrälaskennalla tarkoitetaan kohteen toteuttamiseen tarvittavien rakennusosien määrien selvittämistä, ja sen tuloksena syntyy määräluettelo. Liitteessä 1 on esitetty esimerkki rakennemääräluettelosta. Ennen laskentaprosessin aloittamista on koottava lähdeaineisto, tutustuttava kohteeseen ja valittava tarkkuustaso, jolla määrälaskenta toteutetaan. Tarkkuustason määräytymiseen vaikuttaa laskentatilanne, määrälaskennan ajankohta, lähtötietojen laatu ja toivottu tulosten tarkkuus. Määrälaskenta voidaan tehdä perinteisesti käyttäen laskennan lähtöaineistona piirustuksia, rakennusselostusta ja muita hankkeen asiakirjoja tai tietokoneohjelmistoilla tietomallipohjaisesti, jolloin laskennan lähtötiedot saadaan tietomallien tietosisällöistä ja tietomalleihin liittyvistä asiakirjoista. (Lindholm 2009, 16 - 26.)

Tässä työssä määrälaskentaa tarkastellaan rakennuttajan näkökulmasta. Rakennuttajan määrälaskennalla tarkoitetaan rakennushankkeen suunnitteluvaiheen aikaista määrälaskentaa. Rakennuttaja laskee suunnitelmien mukaiset määrät ja kokoaa tulokset määräluetteloon, jonka perusteella rakennushankkeelle saadaan määritettyä rakennusosa-arvio. Halutessaan rakennuttaja voi liittää määräluettelon myös osaksi urakkatarjouspyyntöä, jolloin urakoitsijalla on oikeus käyttää rakennuttajan valmista määräluetteloa urakkatarjouksensa tekemiseen. Rakennuttajan määrälaskenta vaikuttaa hankkeen taloudellisuuteen, sillä urakoitsijoiden lähettämien urakkatarjousten hintatasoa voidaan arvioida vertaamalla urakoitsijan tarjoushintaa rakennuttajan vertailuhintaan. Rakennuttajan tietomallipohjainen määrälaskenta tehdään useimmiten rakennusosatasolla eri alojen suunnittelijoiden rakennusosamalleista. Rakennusosamallilla tarkoitetaan tietomallia, johon on mallinnettu mittatarkasti kaikki kohteeseen rakennettavat rakennusosat ja tiloja kuvaavat objektit tyyppitunnisteineen. (Lindholm 2009, 16 - 26; RT 16-10182, 2; Cobim 2012a, 17 - 22.)

Rakennusosa-arvio on Haahtela-kehitys Oy:n kehittämä menetelmä rakennuksen hinnan määrittämiseen. Sitä käytetään työkaluna rakennushankkeen taloudellisuuden ohjauksessa, kustannustavoitteiden mukaisuuden arvioinnissa sekä erilaisten suunnitteluratkaisujen rakennuskustannusten vertailussa. Rakennusosa-arvion laadinta alkaa rakennusosien, tilarakenteiden ja rakennusvarusteiden määrien laskennalla, jonka perusteena käytetään Talo 2000 -nimikkeistöä. Tämän jälkeen määrälaskennasta saadut määrät hinnoitellaan Haahtelan rakennusosahinnaston yksikköhinnoilla. Näiden kustannusten lisäksi rakennusosa-arviossa huomioidaan rakentamistehtävien, rakennuttamis- ja suunnittelupalveluiden, kiinteistötehtävien, toimintavarustuksen,

toiminnan ylläpidon, rahoituksen ja hankevarausten aiheuttamat kustannukset. (Haahtela & Kiiras 2010, 105 - 107.)

4.1 Talo 2000 -nimikkeistö määrälaskennassa

4.1.1 Nimikkeistöt yleisesti

Nimikkeistöjärjestelmän tarkoitus on tehostaa rakennushankkeen eri osapuolten välistä tiedonkulkua, yhdenmukaistaa hankkeen asiakirjoja ja hankkeessa käytettäviä jäsentely- ja mittaustapoja. Maailmanlaajuisesti rakennusalan käytössä on useita erilaisia luokittelujärjestelmiä, joilla jokaisella on oma kannattajakuntansa. Esimerkkinä näistä maailmalla käytettävistä järjestelmistä voidaan mainita Yhdysvaltojen *General Services Administration (GSA)* ja *The North American Omniclass (Omniclass 2011)*, Kanadan *Canadian Institute of Quantity Surveyors (CIQS)* ja *ASTM Uniformat II*, Englannin *The Royal Institute of Chartered Surveyors (RICS-UK)* sekä Euroopan *Construction Economics European Committee (CEEC)*. Pohjoismaisista järjestelmistä Ruotsissa on käytössä *BSAB 96* ja Tanskassa *DBK*. Erityisesti tietomallinnettaviin hankkeisiin on kehitetty *The ISO 12006-2 Framework Standard*. Liitteen 2 taulukkoon on koottu vertailu muutamien edellä mainittujen järjestelmien eroista. Nimikkeistöjä ei ole kirjattu kokonaisuudessaan taulukkoon, vaan nimikkeistöjen rakenteiden vertailu on toteutettu käyttämällä esimerkkinä pääasiassa rakennuksen runkorakenteiden jäsentelyä kussakin nimikkeistössä. (Charette & Marshall, 1 - 20; Ekholm & Häggström, 1 - 5.)

Suomessa käytettäviä talonrakennuksen nimikkeistöjärjestelmiä ovat Talo 70-, Talo 80-, Talo 90- ja Talo 2000 -järjestelmät, joista Talo 2000 on julkaistu viimeisimmäksi. Nimikkeistöjärjestelmä sisältää toiminta-, hanke- ja tuotantonimikkeistöt, joita käytetään talonrakennushankkeiden mitoitus-, määrä- ja hintatietojen esittämisessä, taloudellisuuden hallinnassa ja rakennusten hinnan arvioinnissa. Talo 80 -nimikkeistö on tuotanto- ja työmaakeskeinen. Näkökulmaa on avarrettu seuraavaan Talo 90 -järjestelmään, mutta etenkin uusimmassa Talo 2000 -nimikkeistössä pyritään tarkastelemaan asioita neutraalisti. Talo 2000 huomioi omistamisen, suunnittelun, tuotannon sekä ylläpidon näkökulmat, ja tuote sekä hanketehtävät on jaoteltu erilleen hankenimikkeistössä. Uusimmassa nimikkeistössä korostetaan yhtenäisiä hintoja, jotka sisältävät myös työmaakatteen ja erityiskaluston, sillä aiemmat nimikkeistöt ovat pai-

nottuneet ainoastaan rakennuskustannuksiin. Aiemmista nimikkeistöistä poiketen Talo 2000 -järjestelmässä on huomioitu rakennuksen osien erilaiset elinkaaret ja lisäksi Talo 2000 soveltuu parhaiten käytettäväksi tietomallipohjaisissa rakennushankkeissa. (Haahtela & Kiiras 2010, 53 - 61; Ratu 431-T, 2 - 3.)

4.1.2 Talo 2000 -nimikkeistön rakenne

Talo 2000 -nimikkeistö sisältää tila-, hanke-, tuotanto-, rakennustuote- ja kalustonimikkeistön sekä mittausohjeen. Seuraavassa selostetaan lyhyesti kunkin osanimikkeistön sisältö (Talo 2000 -nimikkeistö: Yleisseloste, 10 - 14):

Tilanimikkeistö määrittelee koko rakennuksen käyttötarkoitusta vastaavan huoneistotyypin ja yksittäisten tilojen käyttötarkoituksien mukaiset tilatyypit.

Hankenimikkeistö käsittelee kustannusten näkökulmasta talonrakennushankkeen toteutukseen ja ohjaukseen liittyvää tietoa. Hankenimikkeistöön sisältyy alue-, rakennus- ja tekniikkaosat, hanke-, kiinteistö- ja käyttäjätehtävät sekä hankevaraukset.

Tuotantonimikkeistö jakaa erityyppiset rakennus- ja tekniikkaosat omiin kokonaisuuksiinsa suorituksien mukaisesti tuotannon ja hankinnan näkökulmasta. Nimikkeistöön kuuluu rakennus- ja asennustuotteet, työsuoritus, erityiskalusto ja yrityspalvelut. Tuotantonimikkeistöön liittyy *mittausohje*, joka sisältää ohjeita erilaisissa tilanteissa tarvittaviin mittauksiin.

Rakennustuotenimikkeistö (panosnimikkeistö) luokittelee tarvikkeet, tuotteet, varusteet ja kalusteet, jotka jäävät osaksi rakennusta joko asennettuna tai rakentamisessa käytettynä hyödykkeenä.
Kalustonimikkeistö (panosnimikkeistö) määrittelee kohteen rakentamiseen tarvittavan koneiston, laitteiston ja välineistön.

Talo 2000 -hankenimikkeistöä, käytetään määrälaskennan perustana. Hankenimikkeistön sisältö on seuraavanlainen (RT 10-10962, 1):

1. Rakennusosat
2. Tekniikkaosat
3. Hanketehtävät
4. Kiinteistötehtävät
5. Käyttäjätehtävät
6. Hankevaraukset.

Pääryhmät jaotellaan pienempiin ryhmiin. Esimerkiksi rakennusosien (1.) osat ovat alueosat, talo-osat ja tilaosat. Talo-osat koostuvat perustuksista, alapohjasta, rungosta, julkisivuista, ulkotasoista ja vesikatosta. Jokainen näistä ryhmistä on jaettu vielä pienempiin rakennusosiin, josta kyseinen rakennuksen osa koostuu. Rakennusosat voidaan tarvittaessa jaotella edelleen rakenneosiksi, jotka koostuvat rakennustuotteesta sekä tarvittavista asentamistöistä ja asennustuotteista. Seuraavassa on esimerkki rakennuksen rungon jaottelusta rakennusosiin (RT 10-10962, 1 - 15):

1. RAKENNUSOSAT
1.2 TALO-OSAT
1.2.3 Runko
1.2.3.1 Väestönsuojat
1.2.3.2 Kantavat seinät
1.2.3.3 Pilarit
1.2.3.4 Palkit
1.2.3.5 Välipohjat
1.2.3.6 Yläpohjat
1.2.3.7 Runkoportaat
1.2.3.8 Erityiset runkorakenteet

4.1.3 Talo 2000 -nimikkeistön mukainen määrien jäsentely

Rakennusosien erittelyyn käytetään nimikkeistön mukaisia tunnuksia. Talo 2000 -järjestelmässä suositellaan, että kullekin osalle annetaan nimikkeistön mukainen numerokoodi ja otsikko. Rakennusosamääräluettelossa numerokoodin alkuosa muodostuu hankenimikkeistön ja loppuosa tuotantonimikkeistön mukaisesta numerosarjasta. Otsikko määräytyy hankenimikkeistön otsikoinnista. Tästä tapauksesta on esitetty esimerkki alla (Talo 2000 Rakennusosamääräluettelo 2010, 5):

123 RUNKO

1232 KANTAVAT SEINÄT

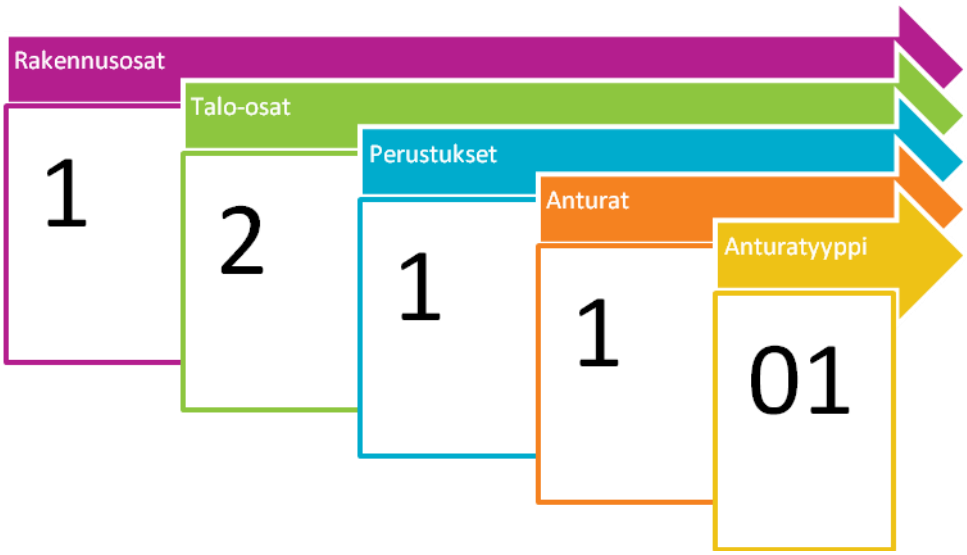
1232 41 Betonirunkorakentaminen

1232 41 Betonimuotit	700 m^2
1232 41 Raudoitteet A 500 HW	4200 kg
1232 41 Betoni K35-2	70m^3

Erittelyyn ei käytetä aina samaa kaavaa, vaan se tehdään aina käyttäjän näkökulmasta. Esimerkiksi rakennusosamääräluettelossa käytetään rakennusosajärjestystä, kun taas tuotantomääräluettelossa tuotantonimikejärjestystä. Edellisen esimerkin erittely sopii kustannusarviolaskentaan ja hankintatoimeen, mutta ei niinkään rakennustuotannon käyttöön (Talo 2000 Tuotantonimikkeistö, 5). Taulukossa 1 esitettyä tapaa määrien jäsentelytapaa käytetään tässä työssä, sillä se soveltuu tietomallista saatavan rakennusosatasoisen määrätiedon jäsentelyyn. Pilarianturan rakennusosan numerokoodin merkitys on selostettu kuviossa 3.

TAULUKKO 1. Tietomallista saatavan rakennusosamäärätiedon jäsentely

Rakennusosa	Kuvaus	Määrä	Yksikkö
121101	Pilariantura 1600 x 1600 x 400 mm	20	kpl
123202	Kantava seinä, teräsbetoni 320 mm	300	m^2



KUVIO 3. Esimerkki rakennusosatasoisen määrätiedon jäsentelystä

4.2 Tietomallipohjainen määrälaskenta

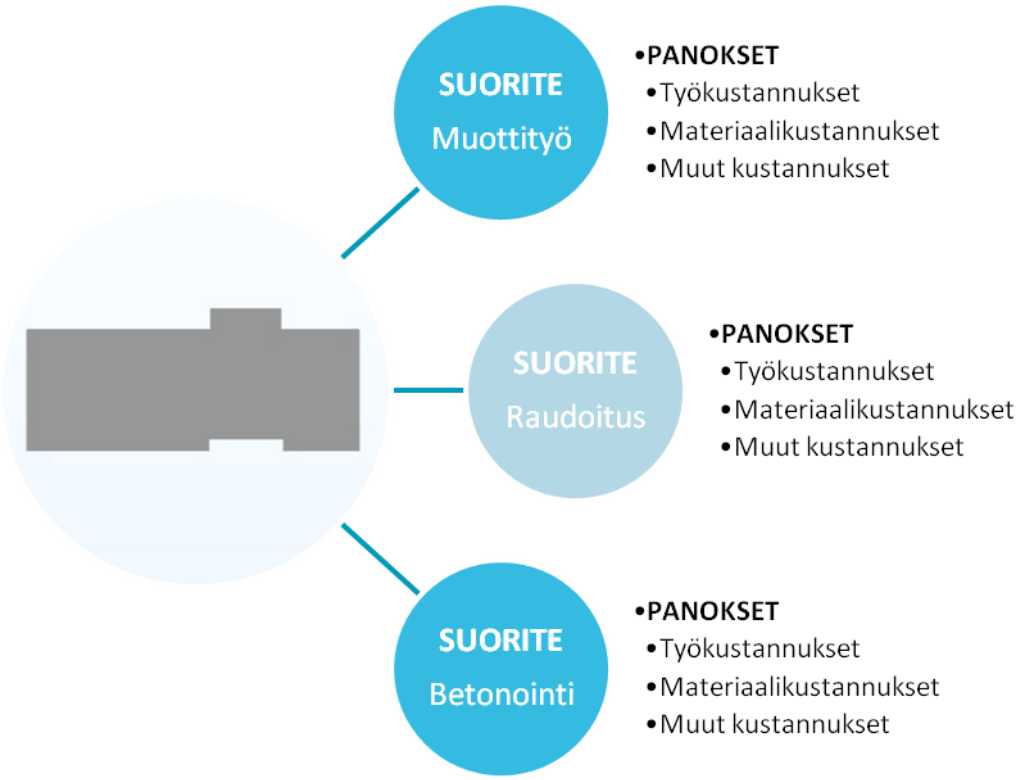
Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta mahdollistaa tehokkaan kustannussuunnittelun hankkeen suunnitteluvaiheessa. Määrät ja kustannukset saadaan tuotettua tietomallisovelluksien avulla nopeasti, jolloin laskentaa voidaan toistaa useampia kertoja ja erilaisten rakenneratkaisujen rakennuskustannusten vertailu on mahdollista ilman, että hankkeelle koituu kustannussuunnittelusta merkittäviä lisäkustannuksia. Erilaisten ratkaisujen taloudellisuutta pidemmällä aikavälillä voidaan arvioida laskemalla kullekin erilaiselle vaipparakenteelle investointi- ja energiakustannuksien perusteella takaisinmaksuaika ja vertailemalle näitä toisiinsa. Rakennuskustannuksiltaan halvin ratkaisu ei välttämättä ole taloudellisin vaihtoehto, vaan kalliimpiin, energiatehokkaampiin rakenteisiin investoidut kulut voidaan joissain tapauksissa säästää hyvinkin nopeasti takaisin energiakuluista. (Cobim 2012c, 9; Kero & Teittinen, 7.)

Mallin määrätiedon hyödyntäminen edellyttää, että malli soveltuu ominaisuuksiltaan määrälaskentaan ja tietosisällön tuottaminen mallista on mahdollista tehokkaimmalla laskentatavalla. Määrälaskennassa tietomallin tietosisällöstä on suurin hyöty silloin, kun kaikki kustannuksien kannalta oleelliset rakennusosat, kuten rakennuksen vaippa- ja runkorakenteet, on mallinnettu tietomalliin johdonmukaisesta ja objektien ominaisuudet on määritelty tarkasti sellaiseen tunnistettavaan muotoon, että määrätieto saadaan mitattua ohjelmallisesti suoraan mallista. Lasketut määrät voidaan havainnollistaa mallin avulla, jolloin määrätiedon alkuperän tarkastaminen on helppoa ja nopeaa. Silloin, kun mallissa ei ole määrälaskennan edellyttämää tietoa, tarvittava määrätieto voidaan täydentää malliin tai johtaa muista mallinnetuista objekteista. Tällöin määrälaskenta on kuitenkin huomattavasti työläämpää, eikä määrälaskennan hyvää laatua voida taata. (Cobim 2012c, 14 - 16.)

4.2.1 Reseptit

Tarkasteltaessa määriä määrä- ja kustannuslaskennan näkökulmasta, ajatellaan määrien koostuvan rakennusosista, suoritteista ja panoksista (kuvio 3). Rakennusosa sisältää kaikki osan valmistamiseen tarvittavat tekijät, eli suoritteet, joita mitataan kappaleina (kpl), metreinä (m), neliömetreinä (m^2), kuutiometreinä (m^3) tai kilogrammoina (kg). Suoritteet koostuvat panoksista, jotka sisältävät rakennustyöt hankintoineen. Panokset ilmaistaan suhdelukujen avulla, joilla kuvataan paljonko materiaalia, aikaa ja muita hankintoja kuluu suoritteen toteuttamiseen, esimerkiksi m/m^2 tai h/m^2.

Kun rakennusosa kuvataan yksilöidysti suoritteina ja panoksina, puhutaan rakennusosan tuoterakenteesta eli reseptistä. Tietomallin objekteista saadaan ainoastaan suunnittelumääriä, jotka on muutettava reseptien avulla rakennusmääriksi suorite- ja panospohjaisia rakennuskustannuksia laskettaessa. Tässä työssä määrät lasketaan rakennusosatasolla, joten näin tarkkaan erittelyyn ei ole tarvetta. (Tocoman 2010, 1; Teittinen, 6.)

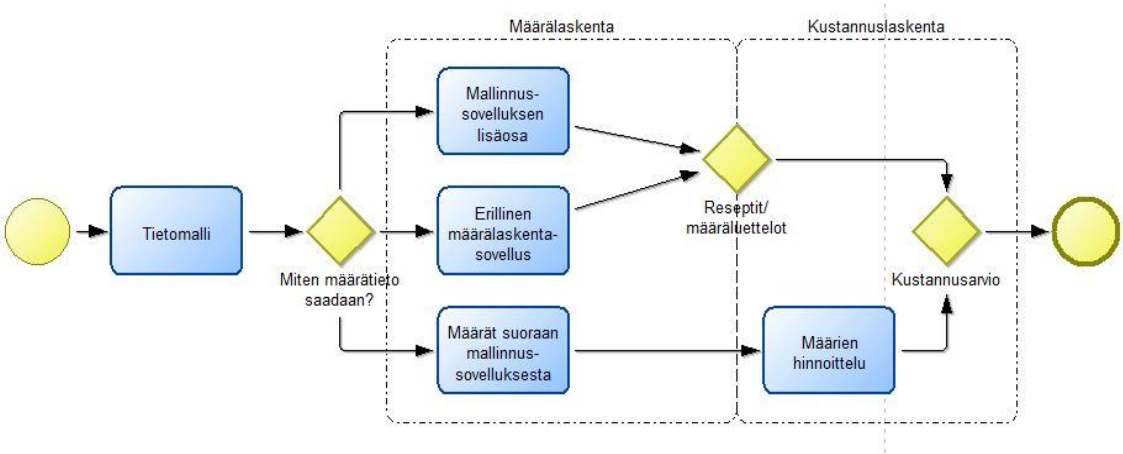


KUVIO 3. Paikallavalettavan alapohjalaatan tuoterakenne

4.2.2 Laskentaprosessi

Tietomallipohjaiset määrä- ja kustannustiedon tuottotavat voidaan karkeasti jakaa kolmeen eri tyyppiin sen perusteella, miten sovelluksia käytetään tietomallin määrätiedon käsittelyyn. Objektien määrät voidaan tuoda suoraan alkuperäismallin mallinnusohjelmasta sovelluksen oman määrätyökalun avulla luettelona ulkoiseen tietokantaan tai taulukkolaskentaohjelmaan, jossa määrät hinnoitellaan manuaalisesti. Toinen vaihtoehto on siirtää tietomallin määrätieto erilliseen määrä- ja kustannuslaskentasovellukseen, joka määrittää automaattisesti objektien ominaisuuksien mukaiset määrät

kustannuksineen. Ohjelmaan voidaan myös manuaalisesti lisätä puuttuvaa tietoa. Kolmannessa tapauksessa määrät haetaan mallinnusohjelmasta erillisellä määrälaskentaan tarkoitetulla laajennussovelluksella, josta määrätieto edelleen siirretään tuoterakenteiden avulla toiseen kustannuslaskentasovellukseen. (Eastman ym. 2011, 277 - 279; Tocoman 2010, 1.) Edellä mainitut määrä- ja kustannustiedon tuottotavat on havainnollistettu seuraavassa kuviossa (kuvio 4).



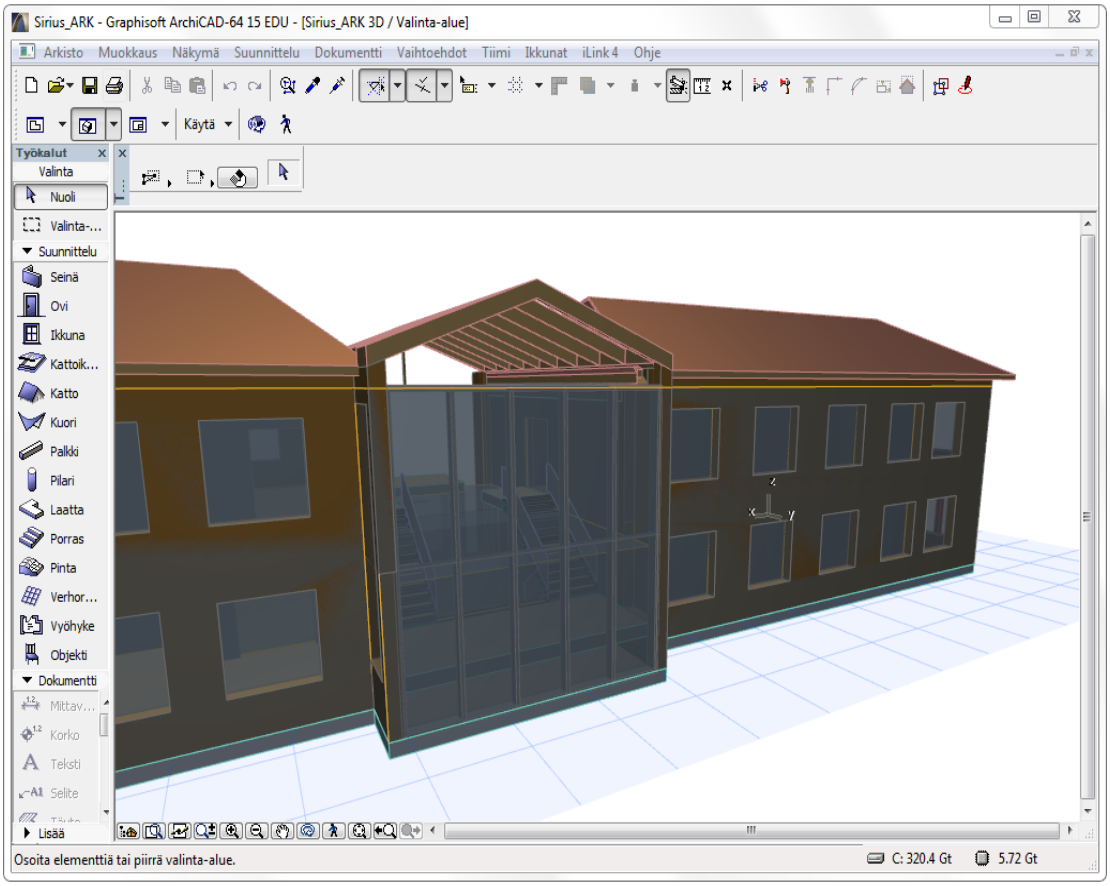
KUVIO 4. Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskentaprosessi

5 TIETOMALLIOHJELMISTOT

5.1 Suunnittelu- ja laadunhallintaohjelmistot

ArchiCAD

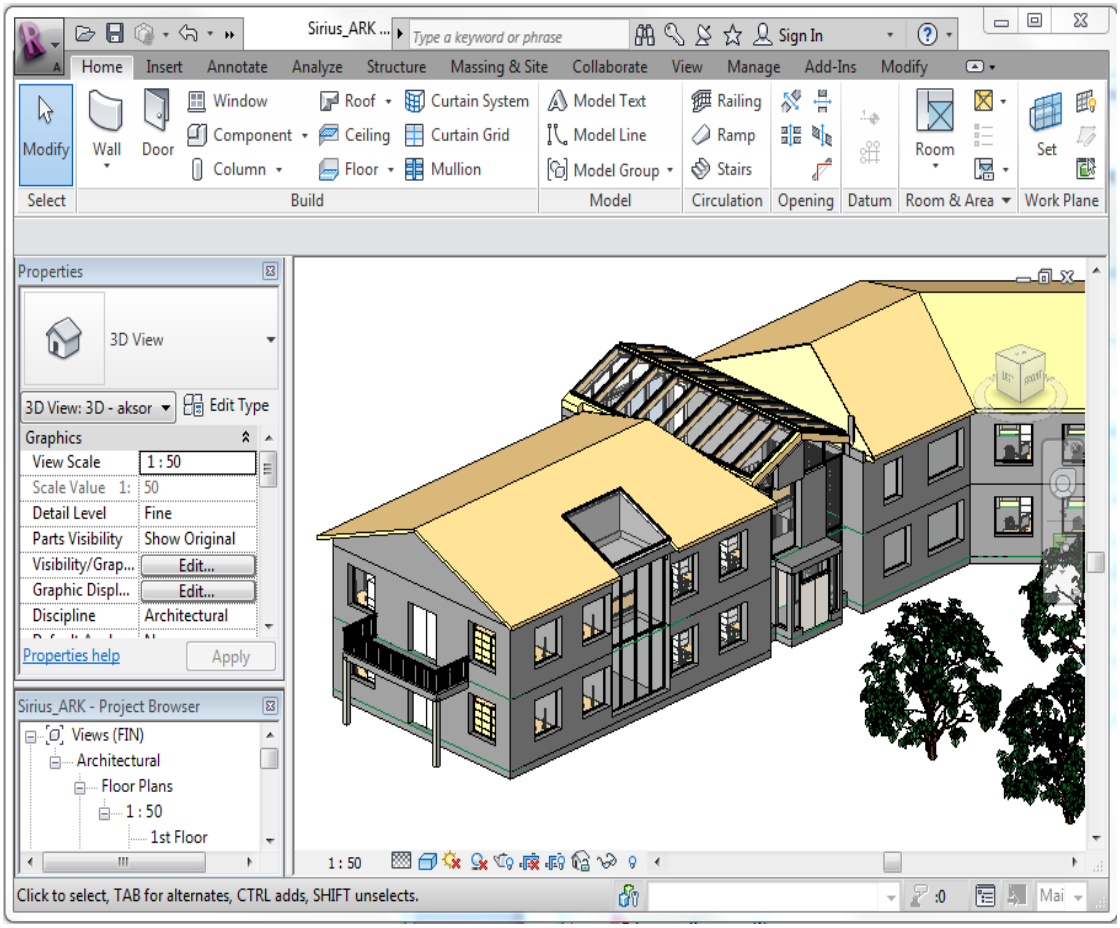
ArchiCAD (kuva 2) on pääasiassa arkkitehtien ja rakennussuunnittelijoiden käyttöön tarkoitettu kolmiulotteinen rakennussuunnitteluohjelmisto, joka mahdollistaa nopean suunnittelun, suunnitelmien visualisoinnin ja piirustusten tuottamisen. Ohjelmaan on saatavilla laajennuksia, joiden avulla tietomallia voidaan hyödyntää eri rakennussuunnittelun osa-alueilla koko rakennuksen elinkaaren ajan hankesuunnittelusta kiinteistönhallintaan. (M.A.D.)



KUVA 2. ArchiCAD. Kuvassa ArchiCAD 15 -ohjelmiston käyttöliittymä

Autodesk Revit Architecture

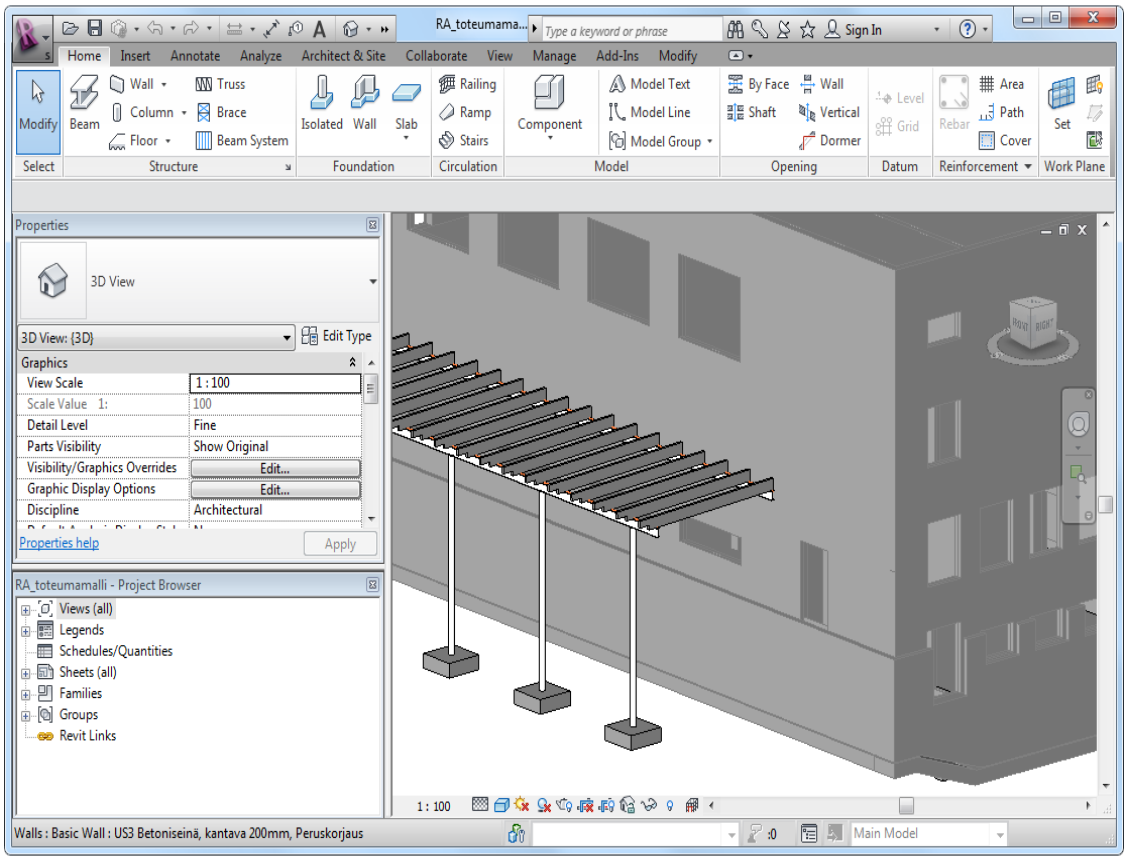
Autodesk Revit Architecture (kuva 3) on arkkitehdeille ja rakennussuunnittelijoille kehitetty rakennussuunnitteluohjelmisto, joka luo edellytykset yksityiskohtaisten suunnitelmien visuaaliseen toteutukseen, analysointiin ja ylläpitoon. Tietomallin runsasta tietosisältöä voidaan hyödyntää esimerkiksi tarkkojen detaljikuvien tai luetteloiden luomiseen. (Autodesk.)



KUVA 3. Revit Architecture. Kuvassa Revit Architecture 2012 -ohjelmiston käyttöliittymä

Autodesk Revit Structure

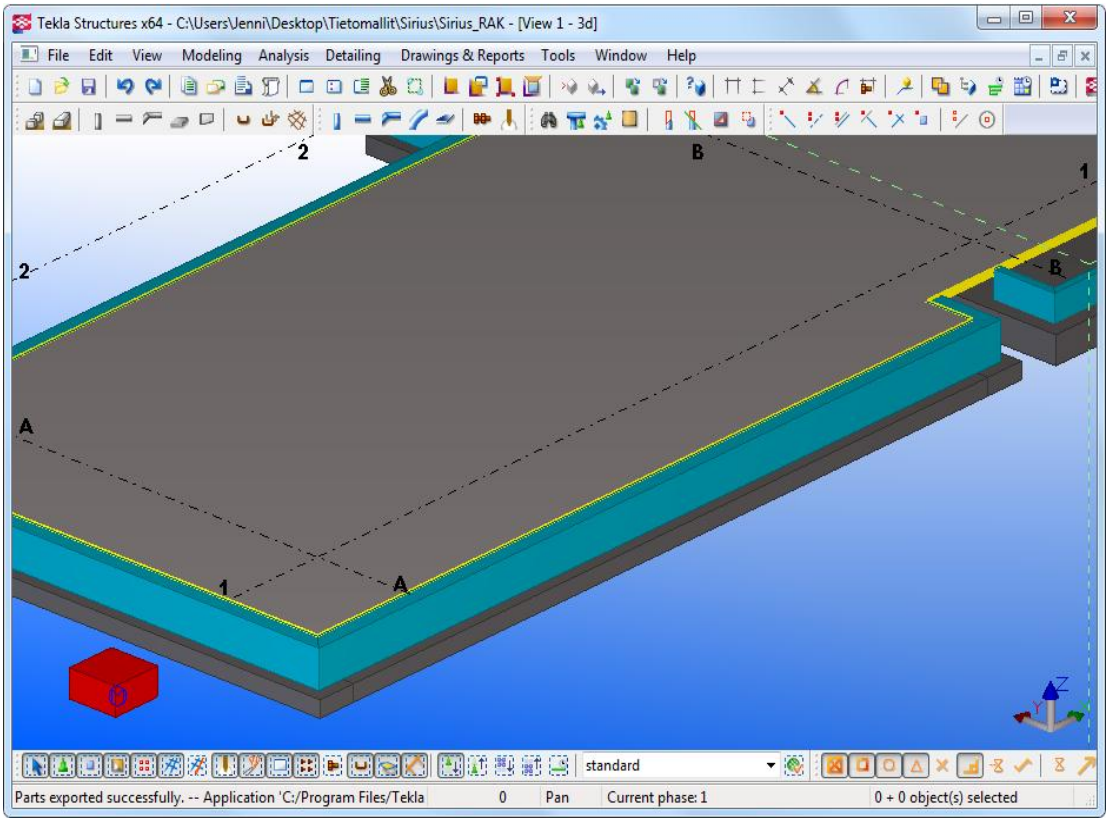
Autodesk Revit Structure (kuva 4) on rakennesuunnitteluun kehitetty tietomallinnusohjelmisto, joka sisältää työkalut rakennuksen rakenteiden suunnitteluun ja analysointiin. Ohjelmasta voidaan luoda tarkkoja rakenneleikkauskuvia ja sitä voidaan käyttää yhdessä Revit Architecture -ohjelmiston kanssa, jolloin eri suunnittelualojen suunnitelmien väliset ristiriidat saadaan minimoitua. (Autodesk.)



KUVA 4. Revit Structure. Kuvassa Revit Structure 2012 -ohjelmiston käyttöliittymä

Tekla Structures

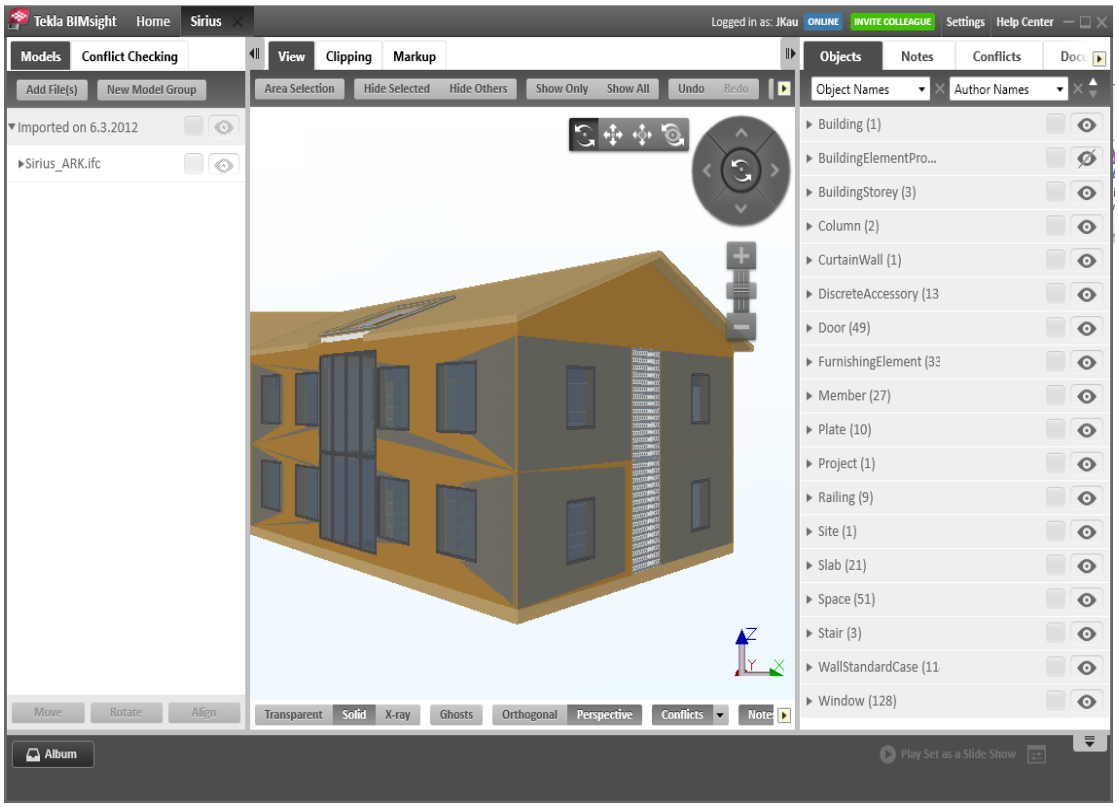
Tekla Structures (kuva 5) on rakennuksen tietomallinnusohjelmisto, joka on tarkoitettu rakennesuunnitteluun. Ohjelmistolla voidaan luoda yksityiskohtaisia kolmi- tai neliulotteisia rakennemalleja, joita voidaan hyödyntää rakennushankkeessa luonnossuunnitteluvaiheesta rakentamisen hallintaan. Malliin on mahdollista liittää tietoa rakennusosien ominaisuuksista aikatauluihin. (Tekla Finland.)



KUVA 5. Tekla Structures. Kuvassa Tekla Structures 17 -ohjelmiston käyttöliittymä

Tekla BIMsight

Tekla BIMsight (kuva 6) on tietomallien tarkasteluun kehitetty yksinkertainen tietomallisovellus, joka on ilmainen ja sen vuoksi kaikkien käyttöön saatavilla. Ohjelma mahdollistaa rakennushankkeen eri suunnittelualojen tietomallien samanaikaisen katselun ja mallien välisten ristiriitojen tarkastukset. (Tekla Finland.)

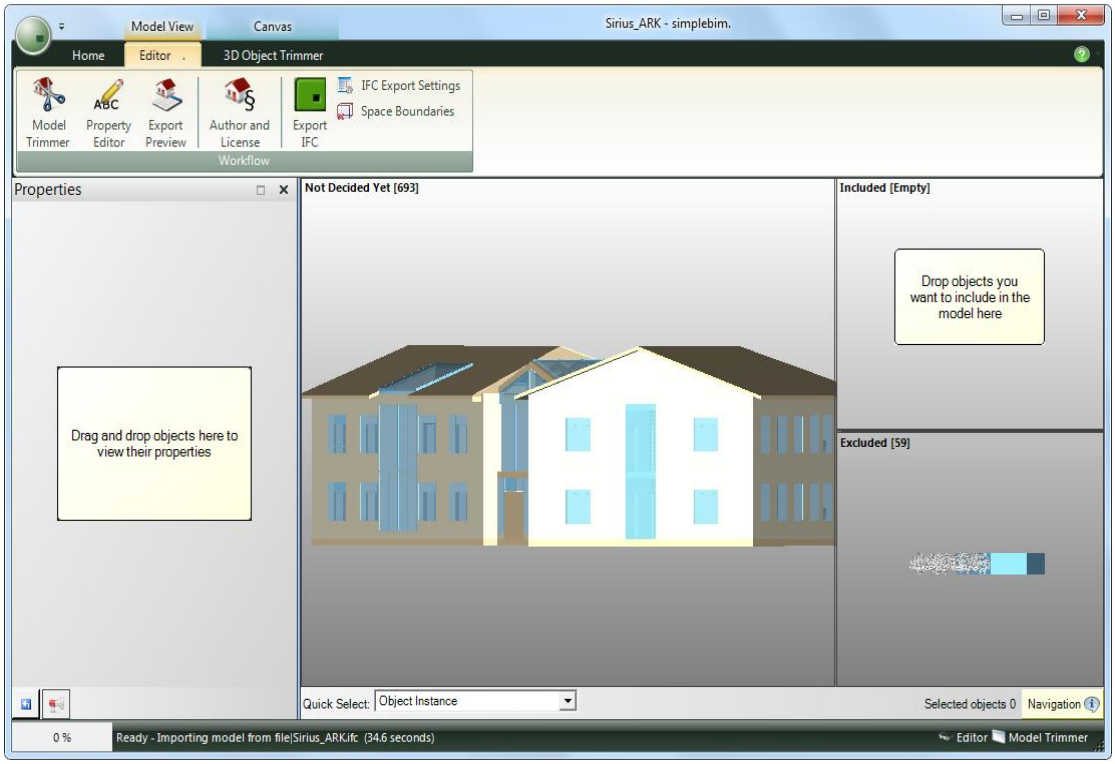


KUVA 6. Tekla BIMsight. Kuvassa Tekla BIMsight -ohjelmiston käyttöliittymä

simplebim

simplebim (kuva 7) on rakennusalan ammattilaisille rakennus-, rakenne- ja talotekniikkasuunnittelun apuvälineeksi kehitetty tietomalliohjelmisto, joka tukee rakennushankkeen elinkaariajattelua ja laadun hallintaa. Ohjelma mahdollistaa tietomallien erilaiset tarkastelut ja analyysit sekä mallin muokkaamisen haluttuun käyttötarkoitukseen sopivaksi. (Cubist.)

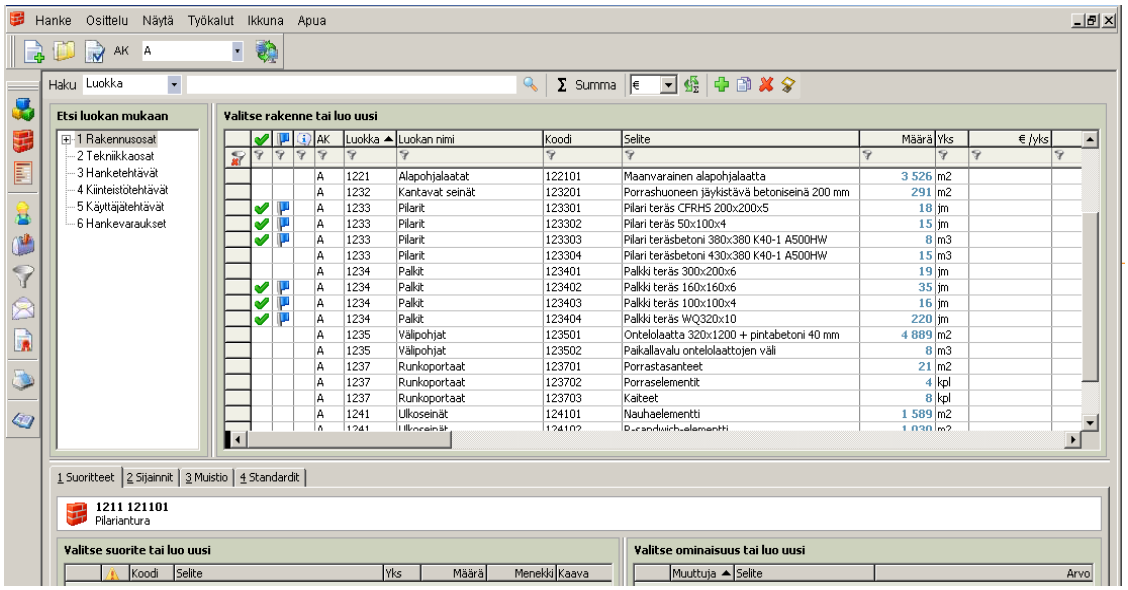
Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa *simplebim*-sovellusta voidaan hyödyntää tietomallin laadun hallinnassa, sillä mallin kokonaisuutta ja objektien tietosisältöä pystytään tarkastelemaan määrälaskennan näkökulmasta. Jo nopealla tarkastelulla voidaan huomata mallissa olevat puutteet ja kohdat, joissa todennäköisesti tulee ongelmia määriä laskettaessa. Ohjelman *Property Editor* -työkalulla pystytään vaivattomasti tarkastamaan, onko tietomallin objektien tunnistus tehty määrälaskentaan soveltuvalla tavalla. Lisäksi tietomallia on mahdollista muokata määrälaskentaan sopivammaksi esimerkiksi poistamalla mallista ylimääräiset osat, joiden määriä ei ole kannattavaa laskea mallista.



KUVA 7. simplebim. Kuvassa simplebim 2.1 -ohjelmiston käyttöliittymä

5.2 Tocoman BIM-ratkaisu

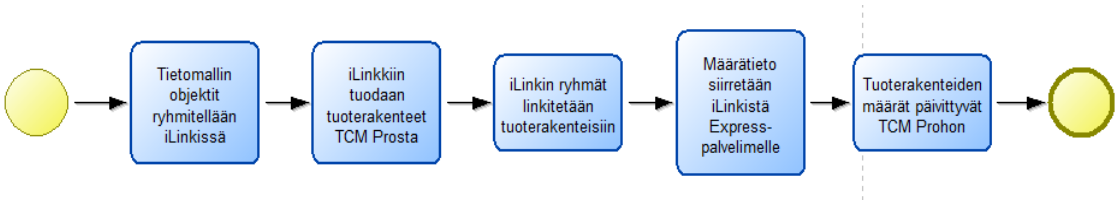
Tocoman TCM Pro (kuva 8) on rakennusalan määrä- ja kustannushallintaan kehitetty ohjelmisto kustannuslaskennan asiantuntijoille, joka tukee tehokasta määrien ja kustannusten hallinnointia rakennushankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheissa. Ohjelmaan on saatavilla laajennusosia, jotka mahdollistavat määrien laskennan tietomallipohjaisesti sekä määrätiedon hyödyntämisen muissa ohjelmistoissa esimerkiksi hankintojen ja aikataulun suunnittelussa. (Tocoman.b.)



KUVA 8. Tocoman TCM Pro. Kuvassa näkyy TCM Pro -ohjelmiston käyttöliittymä ja ohjelmassa luodut tuoterakenteet

KUVA 9. Tocoman iLink. Kuvassa iLink4 -ohjelmistolaajennuksen käyttöliittymä

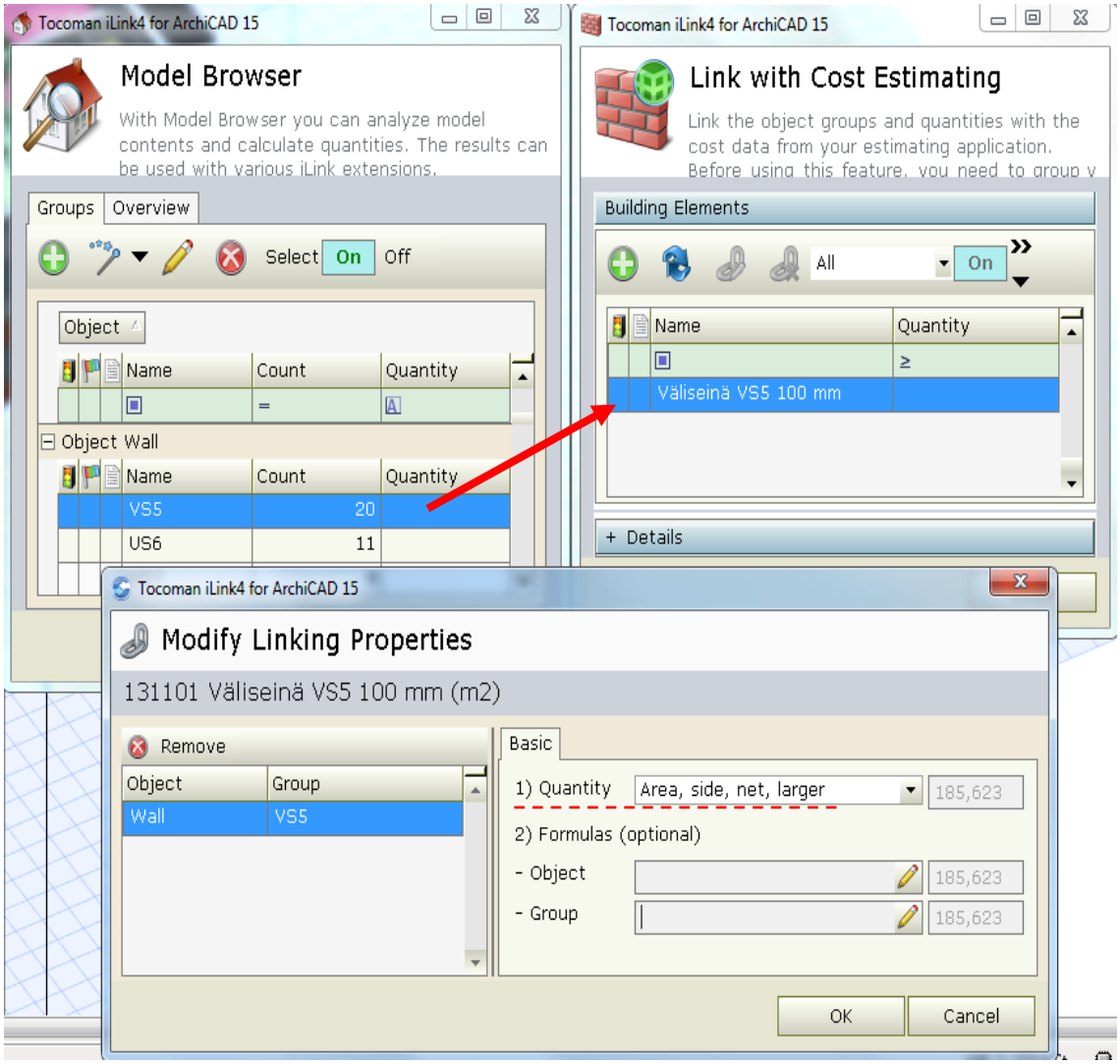
Tocoman tarjoaa tietomallipohjaiseen määrätiedon hallintaan kokonaisratkaisun, johon kuuluu *TCM Pro* -ohjelmiston lisäksi sen laajennusosat *Tocoman iLink* ja *Tocoman Express*. **Tocoman iLink** (kuva 9) on tietomallinnusohjelmistoihin laajennussovelluksena saatava määrätyökalu, jonka avulla määrälaskentaa voidaan tehostaa hakemalla määrätieto suoraan mallinnussovelluksen alkuperäismallista. *iLinkin* avulla tietomallin sisältämää määrätietoa pystytään analysoimaan, ryhmittelemään halutulla tavalla ja tämän jälkeen siirtämään erilliseen määrä- ja kustannushallintasovellukseen, jossa varsinainen määrä- ja kustannuslaskenta suoritetaan. Tiedonsiirto *iLink*-sovelluksesta *TCM Pro* -ohjelmistoon tehdään suoraan **Tocoman Express** -palvelimen kautta. Määräpalvelimen avulla voidaan nopeuttaa määrä- ja kustannuslaskentaprosessia sekä ehkäistä manuaalisesta tiedon käsittelystä ja siirrosta aiheutuvia virheitä. (Tocoman.a.)



KUVIO 5. Tietomallipohjaisen määrätiedon hallinta iLinkin avulla

Kuviossa 5 esitetään yleisellä tasolla *iLink*-määrätyökalun avulla toteutettu määrätiedon siirtoprosessi mallinnussovelluksesta *Express*-palvelimen kautta *TCM Pro* -ohjelmistoon. *iLink*-laajennus avataan mallinnussovelluksessa, jotta tietomallin objektit voidaan ryhmitellä määrälaskentaan sopiviin kokonaisuuksiin. Tämän jälkeen *iLinkkiin* tuodaan *TCM Pro* -ohjelmistossa luodut tuoterakenteet ja objektiryhmien määrätieto yhdistetään tuoterakenteisiin (kuvat 8 ja 10). Tuoterakenteiden määrätieto viedään Express-palvelimen kautta *TCM Pro* -ohjelmaan, jonne kunkin tuoterakenteen määrätieto päivittyy. Määrätiedon siirtoprosessi on lähes samanlainen riippumatta siitä, mistä mallinnussovelluksesta määrätieto haetaan. Kuvassa 10 on esitetty, miten VS5-objektiryhmän määrätieto siirretään tuoterakenteeseen. Kuvassa alimpana näkyvässä ikkunassa valitaan, että VS5-ryhmästä viedään tuoterakenteeseen nettopinta-alat.

Tocoman Express -palvelin tukee kansainvälisellä tasolla eniten käytettäviä kustannuslaskentatyökaluja ja -sovelluksia. *Expressin* kanssa yhteen sopivia sovelluksia ovat esimerkiksi Yhdysvalloissa suositut *MS Excel* ja *Timberline* sekä Pohjoismaissa käytetyt *Bidcon* ja *MAP*. Suomessa määrätietoa voidaan siirtää *Express* -palvelimen kautta edellä mainittujen ohjelmien lisäksi *TCM Pro* ja *Jydacom* -ohjelmiin. (Tocoman.b.)



KUVA 10. Määrätiedon yhdistäminen tuoterakenteeseen

6 TUTKIMUS TIETOMALLIPOHJAISESTA MÄÄRIEN HALLINNASTA

6.1 Tutkimuksen tausta

Rakennusalan määrälaskennassa käytetään vielä nykyään merkittävän paljon mallinnussovelluksista suoraan saatavia määräluetteloita. Tässä työssä haluttiin määrälaskentaan käyttää erillistä tietomallinnussovellukseen laajennusosana saatavaa määrätyökalua, koska laajennusosan avulla tietomallin sisältämästä määrätiedosta saadaan suurin hyöty. Mallinnussovelluksien omista määräluetteloista on mahdollista saada ainoastaan materiaalimääriä, mutta erillisellä työkalulla määrätieto voidaan muuttaa suoraan haluttuun muotoon, esimerkiksi rakennuttajan rakennusosalaskentaan sopivaksi. Tietomallinnussovelluksen määrätieto on yhdistetty määrätyökaluun, jolloin määrätietoa ei tarvitse käsitellä manuaalisesti ja mahdolliset määrien muutokset tietomallissa päivittyvät automaattisesti määrätyökaluun. Lisäksi tietomallin määrätiedon sijaintia on mahdollista tarkastella visuaalisesti ja määrätiedon hyödyntäminen on mahdollista myös muissa käyttökohteissa.

Tietomallipohjainen määrähallinta tuo monia etuja määrälaskentaprosessiin ja luo erilaisia mahdollisuuksia määrätiedon hyödyntämiseen. Se kuitenkin edellyttää, että käytettävät tietomallit ovat laadukkaita ja sopivat käyttötarkoitukseensa. Työssä pyrittiin löytämään tietomallin tekniset seikat, jotka mahdollistavat, että tietomallipohjaisesta määrälaskennasta pystytään saamaan mahdollisimman luotettavaa ja laadukasta määrätietoa. Vastausta haettiin myös siihen, mihin asioihin suunnittelijoiden ja määrälaskijan on kiinnitettävä työssään huomiota luodakseen omalta osaltaan edellytykset laadukkaalle määrälaskennalle. Tutkimus toteutettiin seuraamalla *iLink*-määrätyökalun toimintaa tietomallista saatavien rakennusosamäärien hallinnassa. Rakennusosamääriä haettiin *iLinkkiin* tietomallisovelluksessa mallinnetusta alkuperäismallista, eli natiivimallista. Tietomallinnussovelluksista työhön valittiin rakennussuunnitteluohjelmistot *ArchiCAD 15* ja *Revit Architecture 2012* sekä rakennesuunnitteluohjelmistot *Revit Structure 2012* ja *Tekla Structures 17*. *iLinkillä* haettu rakennusosatasoinen määrätieto yhdistettiin *Tocoman TCM Pro* -ohjelmassa luotuihin tuoterakenteisiin. Tuoterakenteet muodostettiin Talo 2000 -hankenimikkeistön mukaisia rakennusosien ryhmittelyperusteita noudattaen. *TCM Pro* tukee ainoastaan Talo 80 ja Talo 90 -nimikkeistöjä, joten ohjelmaan oli syötettävä manuaalisesti Talo 2000 -hankenimikkeistön talo- ja tilaosien (ryhmät 1.2 ja 1.3) alaryhmät numerotunnuksi-

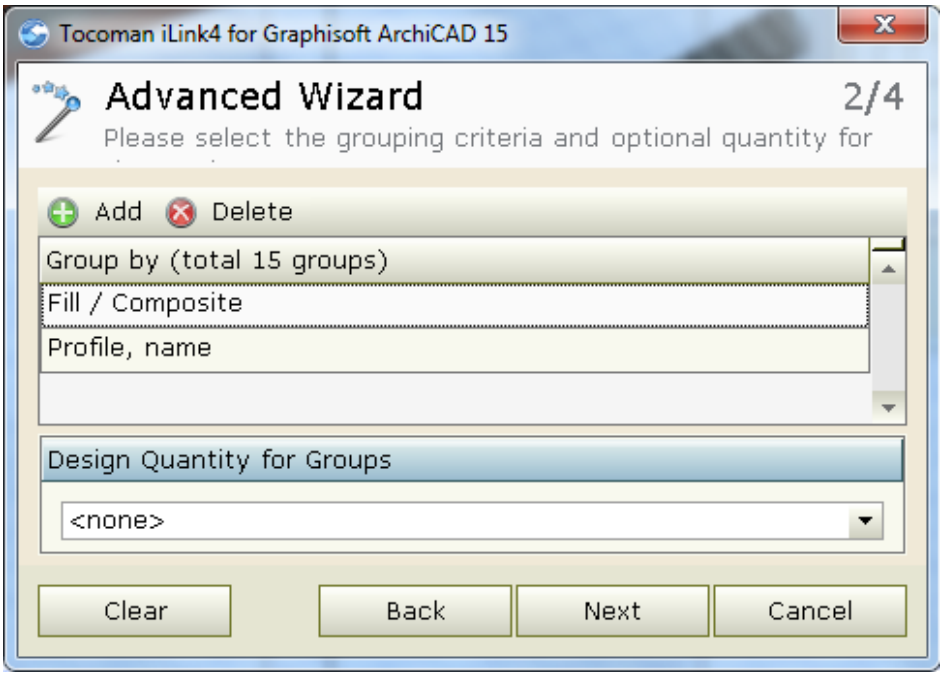
neen. Tutkimuksen lopuksi suoritettiin case-kohteen rakennusosapohjainen määrälaskenta, jonka tuloksena syntyi laskentamuistio ja rakennusosalaskelma.

6.2 Tutkimuksen toteutus

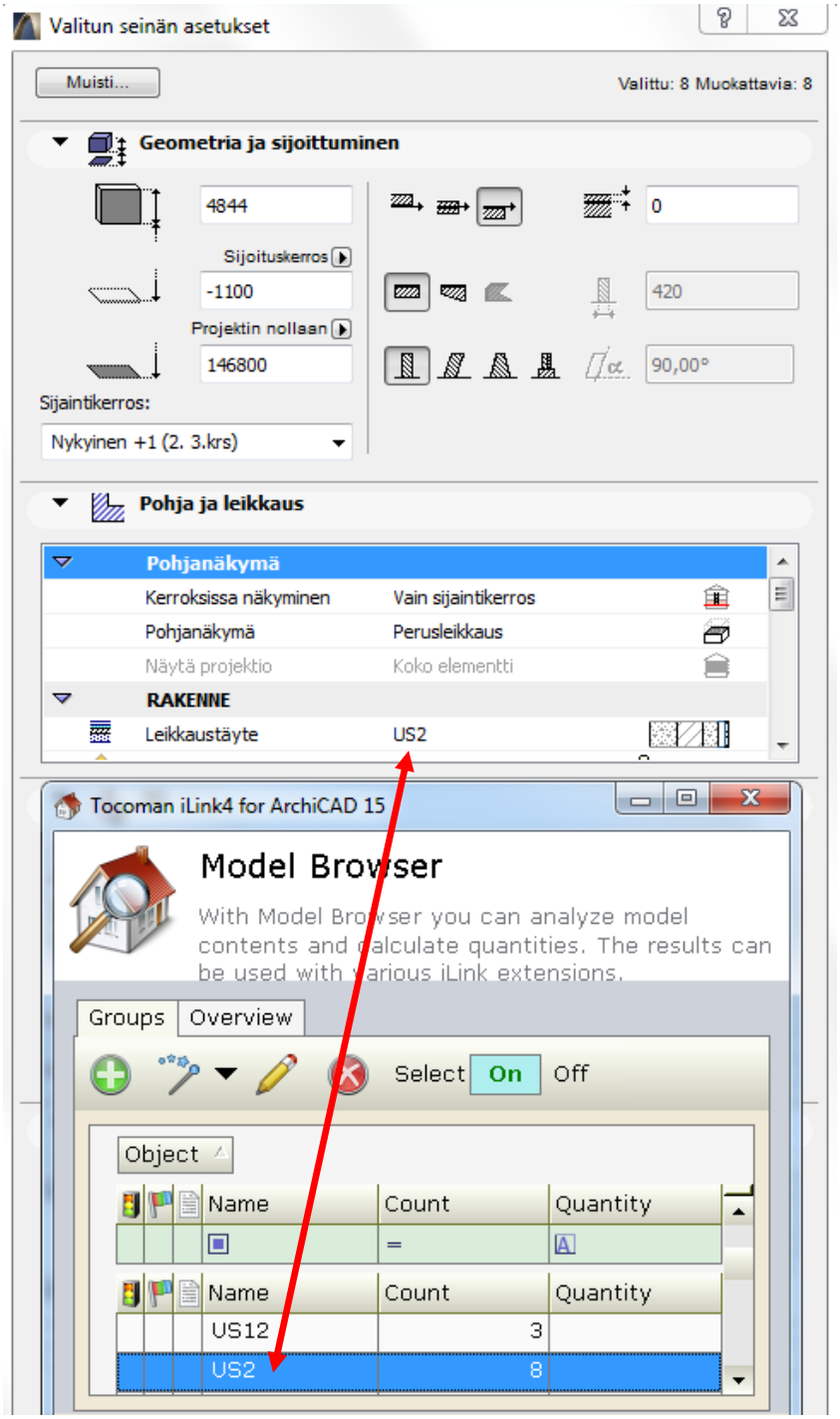
Ennen kuin määrätietoa voitiin yhdistää *iLinkin* avulla tietomallista *TCM Pro* -määrä- ja kustannuslaskentasovellukseen, oli kaikki tietomallin objektit jaoteltava määrälaskentaan soveltuviin ryhmiin niin, että kaikki samanlaiset rakennusosat muodostivat oman ryhmänsä. Jokaisessa mallinnussovelluksessa objektien jako ryhmiin oli tehtävä hieman eri tavoin riippuen siitä, missä objektien tyyppitiedot sijaitsivat kussakin mallinnusohjelmassa. Seuraavassa on selostettu muutamien esimerkkien avulla, miten eri mallinnussovelluksissa tuotettujen tietomallien objektit saatiin ryhmiteltyä määrälaskentaan sopiviin ryhmiin. Tuoterakenteiden ja objektiryhmien on vastattava toisiaan, jotta niiden yhdistäminen onnistuu, joten objektien ryhmittelyn perustana käytettiin rakennusosien jaottelua Talo 2000 -hankenimikkeistön mukaisiin kokonaisuuksiin.

iLink4 ja ArchiCAD 15

ArchiCAD-ohjelmassa seinien rakennetyypit voidaan määritellä rakenteen *leikkaustäyte* tai *poikkileikkausprofiili* -asetuksiin. Leikkaustäytteeseen määritelty rakennetyyppi löytyi *iLinkissä Fill / Composite* -ryhmittelyperusteella, kun taas poikkileikkausprofiilin tyypit *Profile, name* -ryhmittelyperusteella (kuva 11 ja 12). Eri paksuiset seinät sekä ulko- ja sisäseinät jaettiin omiin ryhmiinsä. Jos seinän paksuus ei ilmennyt suoraan rakennetyypistä, se saatiin selville käyttämällä objektien ryhmittelyperusteissa edellisten lisäksi *Thickness*-valintaa.

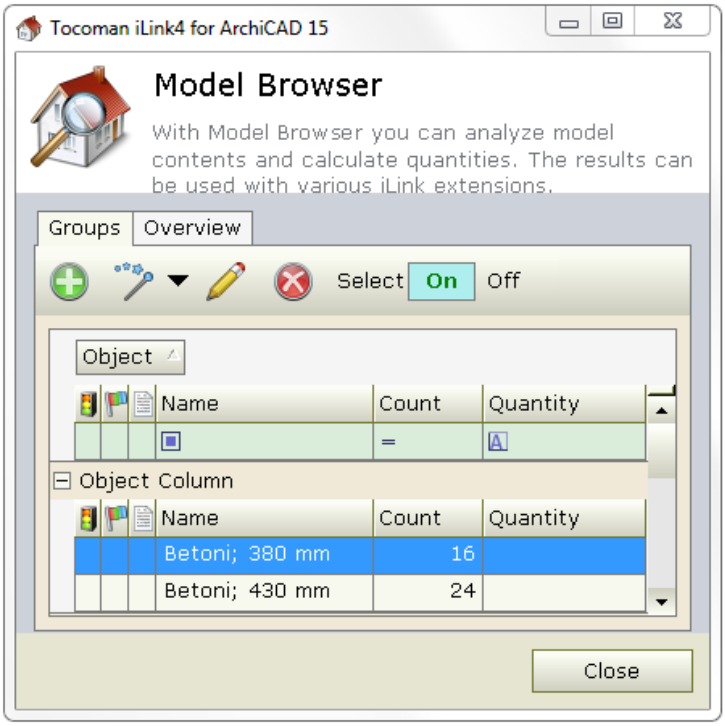


KUVA 11. ArchiCAD-ohjelman seinäobjektien ryhmittely. Kuvassa näkyvillä iLinkin ryhmittelyperusteilla voidaan jaotella ArchiCAD-ohjelmalla mallinnetut seinät niiden rakennetyyppien mukaisiin ryhmiin



KUVA 12. Seinän rakennetyyppi US2. Kuvassa on havainnollistettu, mistä iLinkin *Fill / Composite* -ryhmittelyperuste hakee seinärakenteen US2 tyyppitiedon ArchiCAD-ohjelmassa

Useimmat rakennusosat voitiin ryhmitellä suoraan edellä mainitun *Fill / Composite* -ryhmittelyperusteen mukaisiin ryhmiin. Pilareilla leikkaustäytteeseen määritellään ainoastaan materiaali, joten erityyppisten pilareiden tunnistus oli tehtävä ulkomittojen perusteella. Pilarit ryhmiteltiin iLinkissä *Fill, core* ja *Profile, depth* -ryhmittelyperusteilla ja tuloksena syntyi kuvassa 13 näkyvät pilariryhmät.

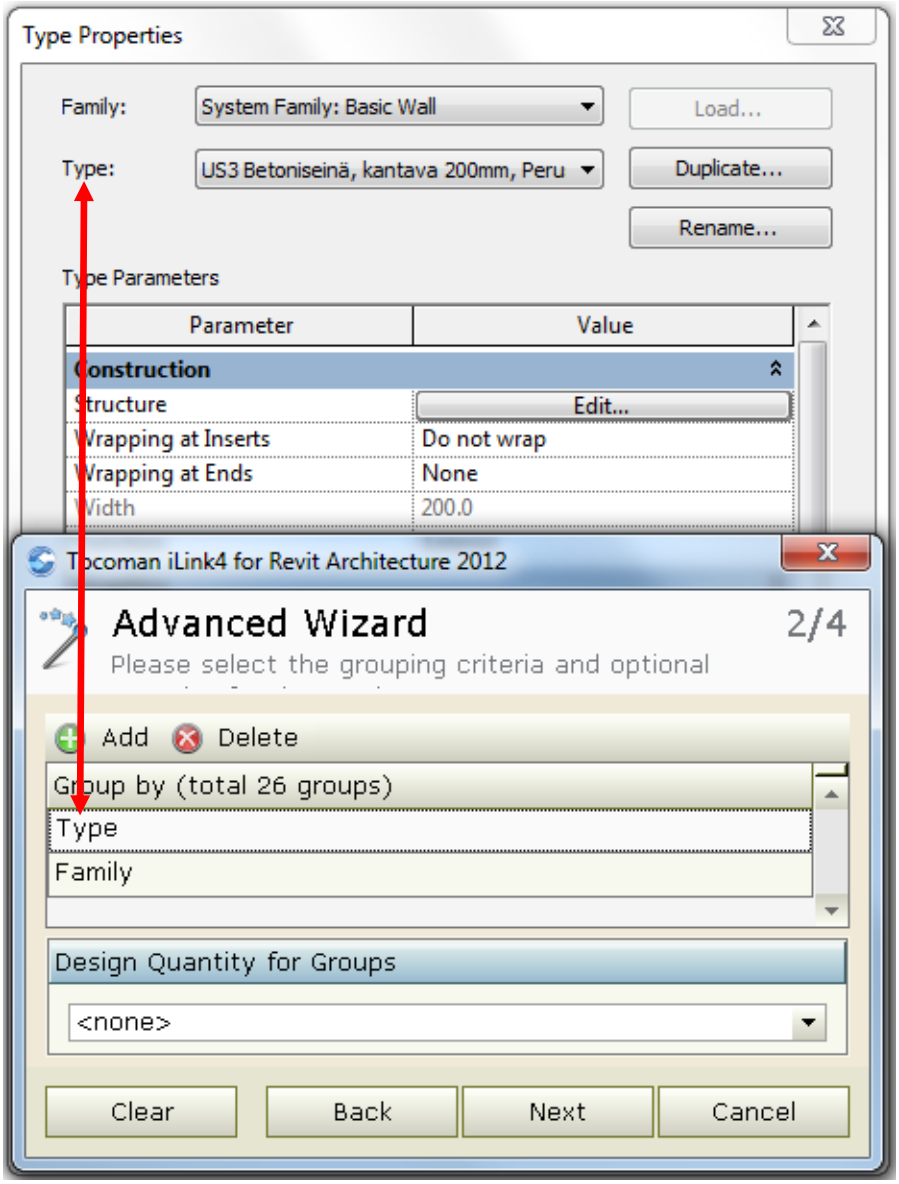


KUVA 13. Pilariryhmät

Seinä-, lattia- ja kattopintojen sekä näiden pintarakenteiden määrät lasketaan tilaobjektien nettopinta-aloista. Tilaobjekteista on mahdollista saada katon ja lattian pinta-alat sekä tilan kaikkien seinien yhteispinta-ala. Seinien pintojen ja pintarakenteiden aloja määritettäessä ongelmia aiheuttivat tilat, joissa oli useampia erilaisia pintoja tai pintarakenteita, koska tilaobjektista ei saatu yksittäisten pintojen aloja.

iLink ja Revit Architecture / Structure 2012

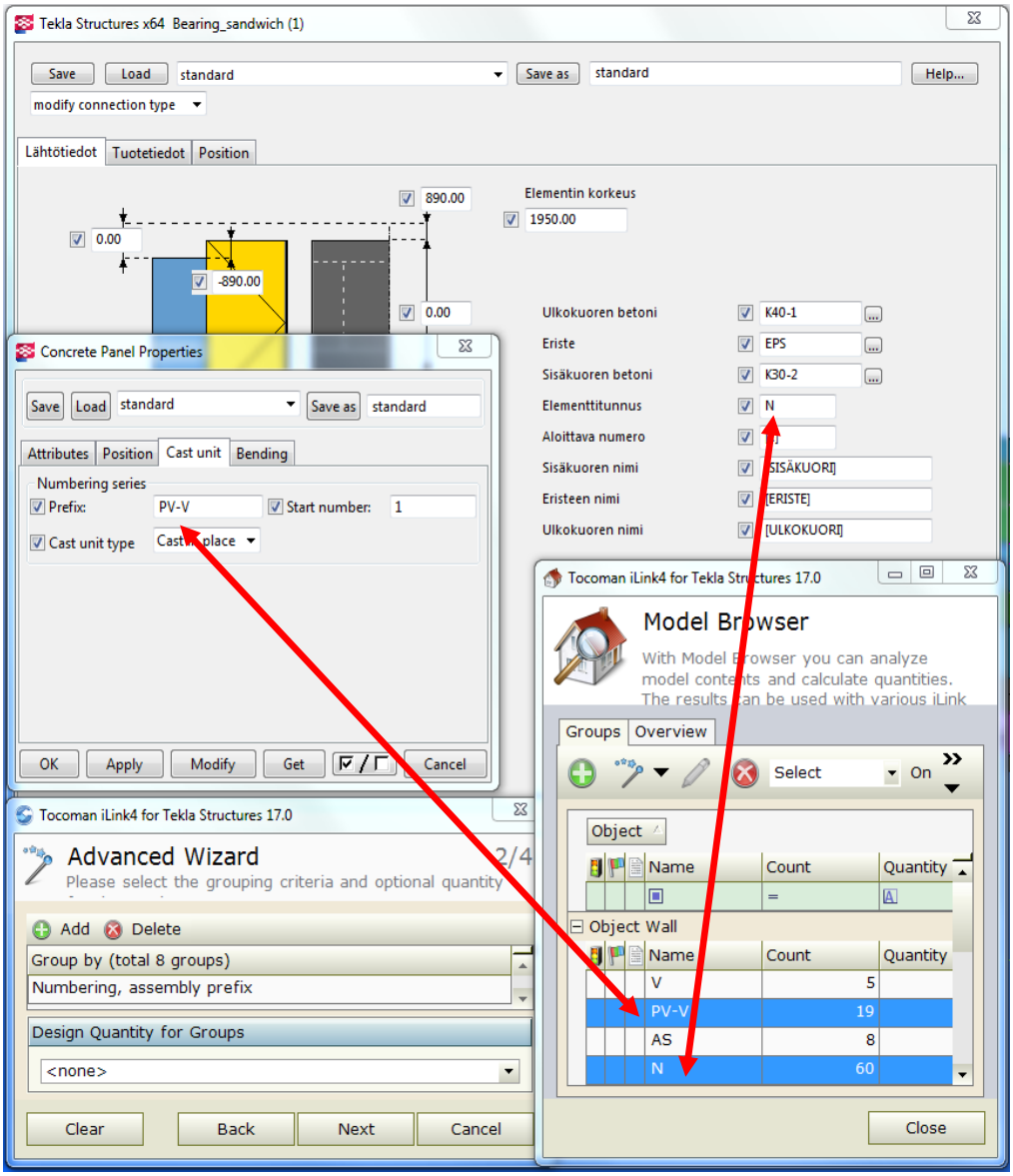
Kaikkien *Revit Architecture* ja *Structure* -ohjelmissa mallinnettujen objektien tyyppitieto löytyi aina samasta paikasta, *Type*-kentästä. Sen lisäksi *iLinkin* ryhmittelyssä käytettiin apuna *Family*-kentän sisältämää tietoa objektin ryhmästä (kuva 14).



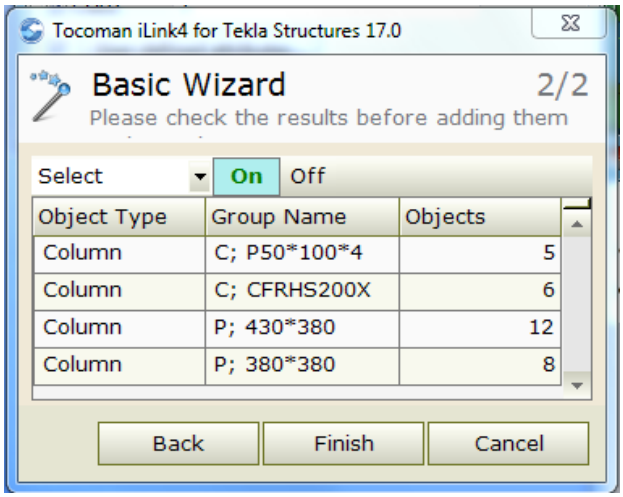
KUVA 14. Seinäobjektien ryhmittely Revit-ohjelmissa. Kuvassa näkyy iLinkin *Type* ja *Family* -ryhmittelyperusteiden yhteys objektin asetuksiin Revitissä

iLink ja Tekla Structure 17

Tekla Structures -ohjelmassa objektien ryhmittely tehtiin *Numbering, assembly prefix* -ryhmittelyperusteen mukaan, joka lähes kaikissa tapauksissa haki tiedon objektin asetuksien *Prefix*-kentästä. Poikkeuksena tästä kuitenkin olivat elementtirakenteet, joista kyseinen ryhmittelyperuste haki elementtitunnuksen. Kuvassa 15 on esitetty, mistä *iLinkin Numbering, assembly prefix* -ryhmittelyperuste hakee rakennetyypin tiedon *Tekla Structures* -ohjelmassa. Joidenkin rakennusosien, esimerkiksi pilarien ryhmittelyssä tarvittiin tietoa profiilista, joten ryhmittely tehtiin *iLinkissä Numbering, assembly prefix* ja *Profile* -ryhmittelyperusteiden mukaan. Kuva 16 näkyy ryhmittelyn tuloksena syntyneet pilariryhmät.



KUVA 15. Seinäobjektien ryhmittely Tekla Structures -ohjelmassa

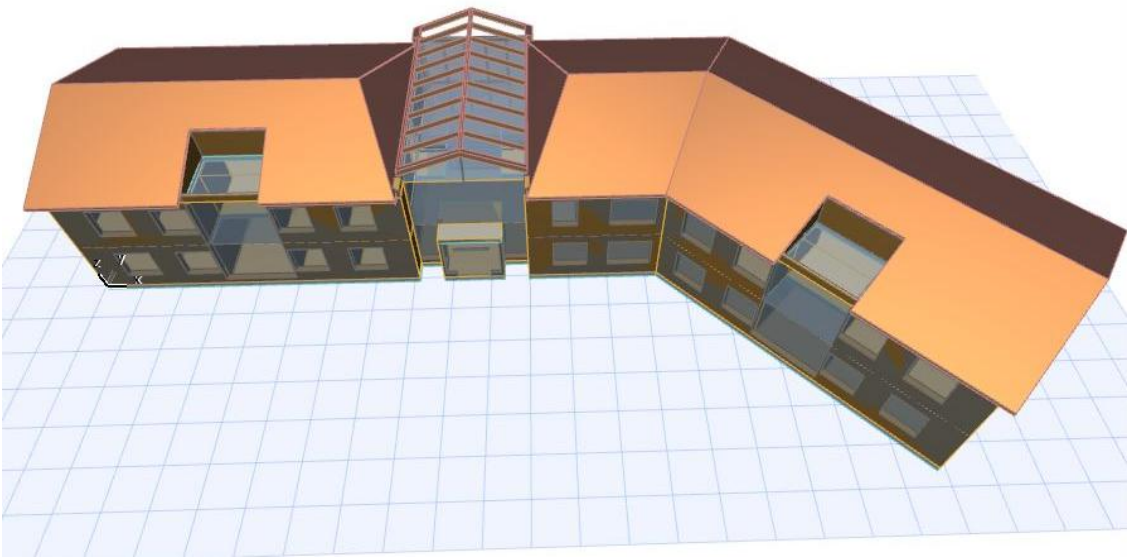


KUVA 16. Pilariryhmät

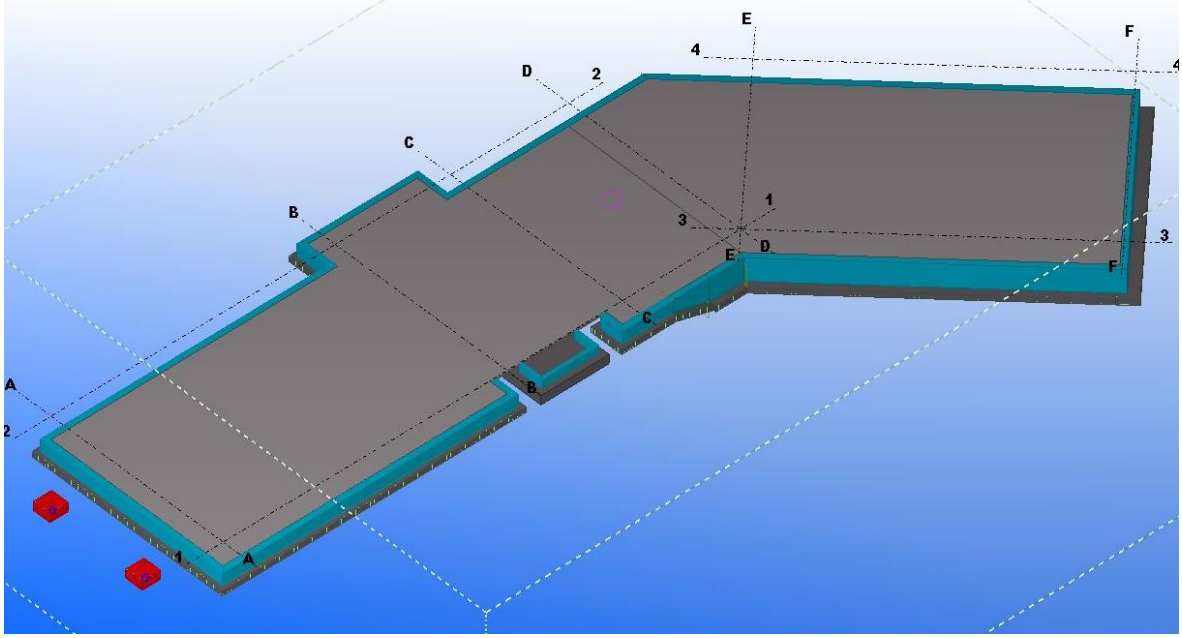
Objektiryhmien määrätietoja yhdistettäessä *iLinkistä TCM Pron* tuoterakenteisiin *iLinkin Modify Linking Properties* -ikkunassa valittiin, mikä objektiryhmän määrätieto haluttiin viedä tuoterakenteeseen. Määreen valinnassa oli oltava erittäin tarkkana, sillä esimerkiksi seinien pinta-aloihin *iLink* tarjosi useita vaihtoehtoja, joiden arvot saattoivat poikkeavat toisistaan jopa moninkertaisesti. Väärän vaihtoehdon valinta olisi voinut johtaa hyvinkin suuriin laskuvirheisiin määrälaskelmissa. Lähimmäksi todellista seinän alaa päästiin *Area, side, larger* -valinnalla.

7 SIRIUS-KOHTEEN RAKENNUSOSAPOHJAINEN MÄÄRÄLASKENTA

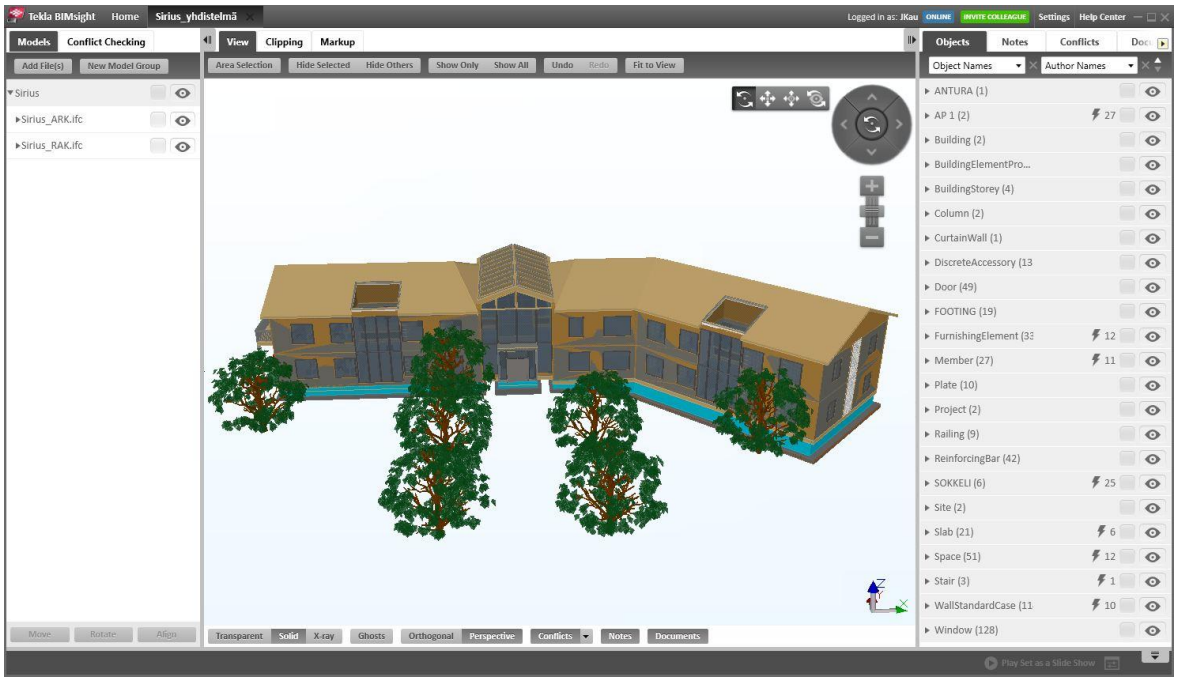
Tutkimuksen lopuksi suoritettiin case-kohteen rakennusosatasoinen määrälaskenta rakennuttajan näkökulmasta. Määrälaskenta tehtiin Talo 2000 -nimikkeistön mukaisesti ja se rajattiin koskemaan ainoastaan hankenimikkeistön talo- ja tilaosia (1.2 ja 1.3). Esimerkkilaskelmassa sovellettiin tutkimuksessa löydettyjä laadukkaan määrälaskennan toimintamalleja. Määrälaskenta toteutetaan kuvitteelliseen *Sirius*-kohteeseen, josta määrälaskennan lähtöaineistoksi oli käytettävissä arkkitehdin *ArchiCAD*-sovelluksella tuotettu tietomalli (kuva 17), rakennesuunnittelijan *Tekla Structures* -sovelluksella tuotettu tietomalli (kuva 18) sekä *Tekla BIMsight* -sovelluksella koottu yhdistelmämalli (kuva 19). Malleista saadun määrätiedon käsittelyyn käytettiin *Tocomanin iLink4* ja *TCM Pro* -sovelluksia. Seuraavassa on esitetty laskelman vaiheet.



KUVA 17. Arkkitehtimalli. Kuvassa on Sirius-kohteen ArchiCAD-sovelluksella mallinnettu arkkitehtimalli

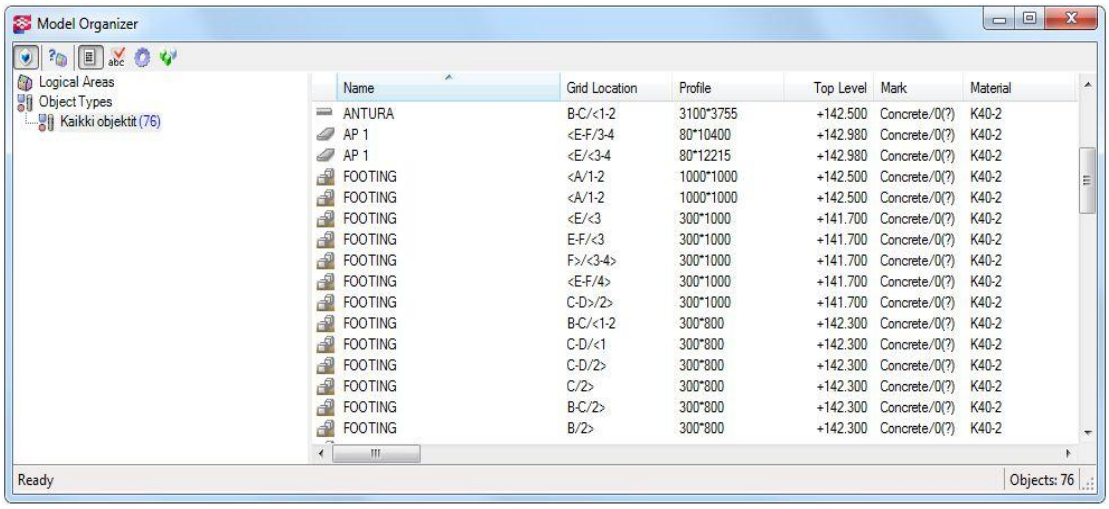


KUVA 18. Rakennemalli. Kuvassa on case-kohteen Tekla Structures -sovelluksella mallinnettu rakennemalli

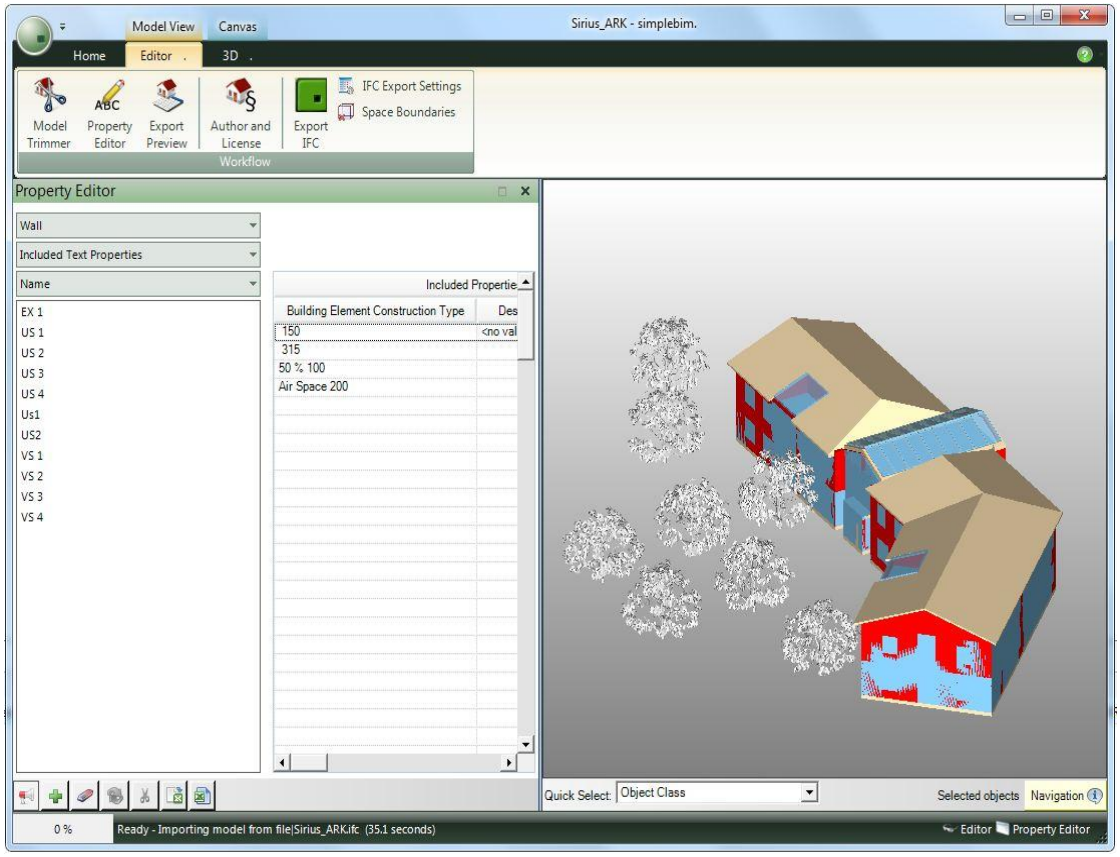


KUVA 19. Yhdistelmämalli. Arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan mallit oli koottu yhdistelmämalliksi, jota voitiin käyttää apuna määrälaskennassa

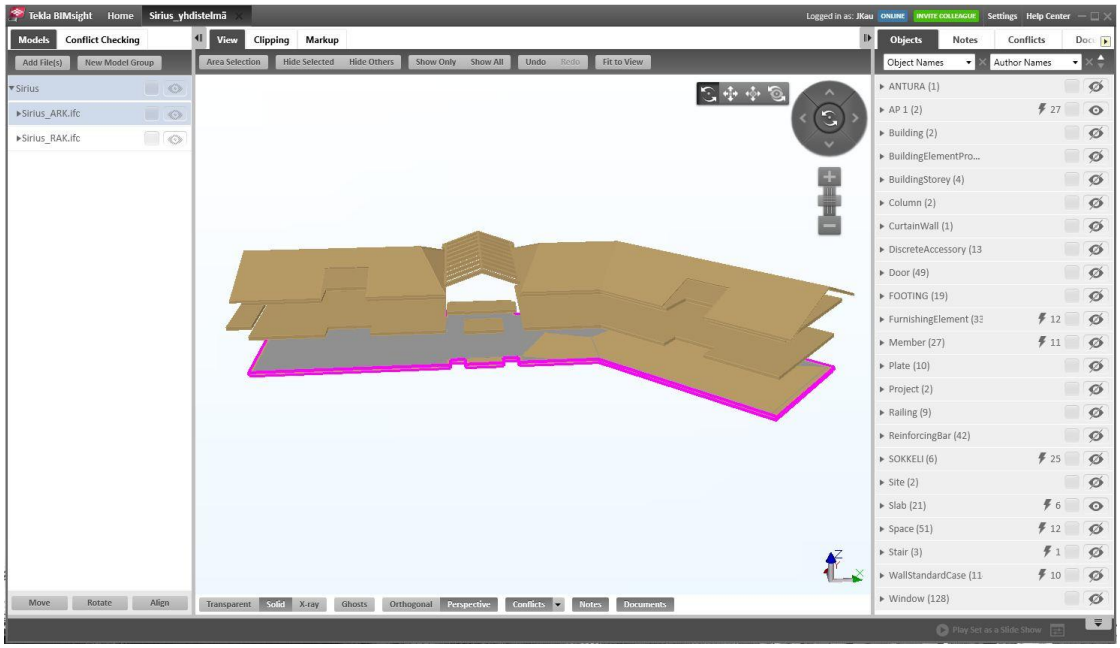
Määrälaskentaprosessi aloitettiin tietomalleihin tutustumisella käyttäen apuna *ArchiCAD, Tekla Structures, simplebim ja Tekla BIMsight* -ohjelmistoja. Ensin tietomallien rakennetta tarkasteltiin omissa mallinnussovelluksissaan: arkkitehtimallia *ArchiCAD* ja rakennemallia *Tekla Structures* -sovelluksessa (kuvat 17 ja 18). *Tekla Structures* -ohjelmassa mallin sisällön hahmottamista helpottaa *Model Organizer* -työkalu (kuva 20), joka mahdollistaa kaikkien tietomalliin mallinnettujen objektien tietosisällön tarkastelun samanaikaisesti. Seuraavaksi arkkitehti- ja rakennemallin objektien tyypittelyt tarkastettiin *simplebim*-ohjelmassa (kuva 21), sillä mallien rakennetyyppien ja ongelmakohtien tunteminen nopeuttaa *iLinkissä* tehtävää objektien ryhmittelyä. Viimeisenä tarkasteltiin *Tekla BIMsight* -sovelluksen yhdistelmämallia (kuva 19), jonka avulla oli mahdollista tarkastella samanaikaisesti arkkitehti- ja rakennemallin sisältöä. Yhdistelmämallista havaittiin, että alapohjalaatta *AP 1* oli mallinnettu molempiin malleihin (kuva 22). Päällekkäiset objektit on muistettava huomioida määrälaskennassa, jottei samoja määriä lasketa useaan kertaan.



KUVA 20. Model Organizer. Tekla Structures -ohjelmiston Model Organizer -työkalu mahdollistaa Teklalla tuotetun mallin objektien tietosisällön samanaikaisen tarkastelun



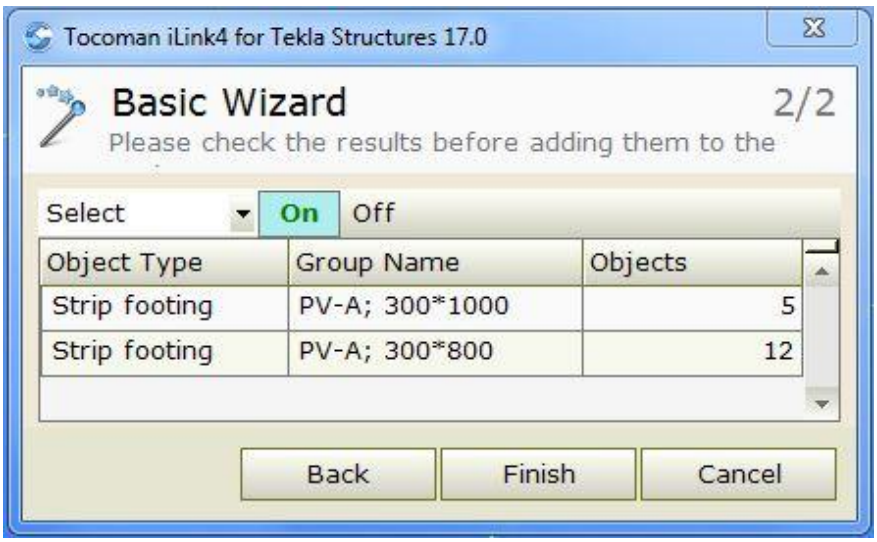
KUVA 21. Seinäobjektien tyypittely. Arkkitehtimallin seinäobjektien rakennetyypit tarkastettiin Simplebim-sovelluksessa



KUVA 22. AP 1. Alapohjalaatta AP 1 on mallinnettu sekä arkkitehti- että rakennemalliin. Alapohjan määrät lasketaan tässä tapauksessa rakennesuunnittelijan mallista

Seuraavaksi mallien objektit ryhmiteltiin *iLink4*-määrätyökalussa määrälaskentaan sopiviin ryhmiin niin, että kaikki samanlaiset objektit muodostivat oman ryhmänsä. Sirius-kohteen rakennusosien tyypittelyssä ilmeni joitakin ongelmia, joten ryhmittelyperusteena oli käytettävä rakennetyyppien lisäksi myös muita objektien ominaisuuksia. Ongelmia aiheutui muun muassa siitä, että joitakin samanlaisia rakennusosia oli kuvattu useammalla eri rakennetyypillä ja joihinkin rakennetyyppeihin sisältyi ominaisuuksiltaan erilaisia rakennusosia. Kaikki ryhmittelyssä esille nousseet ongelmat selviävät työn loppuun liitetystä laskentamuistiosta (liite 2) ja näistä muutama on poimittu esimerkiksi alle.

Talo 2000 Hankenimikkeistön (RT 10-10962, 5) mukaan seinäanturat mitataan juoksumetreinä anturakoot eritellen, joten kooltaan erilaiset seinäanturat on ryhmiteltävä omiin ryhmiinsä. Rakennesuunnittelijan rakennemallissa esiintyi korkeudeltaan kahdentyyppisiä seinäanturoita, mutta siitä huolimatta kaikille seinäanturoita kuvaaville objekteille oli käytetty samaa rakennetyyppiä *PV-A*. Seinäanturoiden ryhmittelyperusteiksi oli valittava *Numbering, assembly prefix* ja *Profile*, jotta erikokoiset seinäanturat saatiin eroteltua omiin ryhmiinsä. Näillä ryhmittelyperusteilla saadut seinäanturaryhmät näkyvät kuvassa 23.



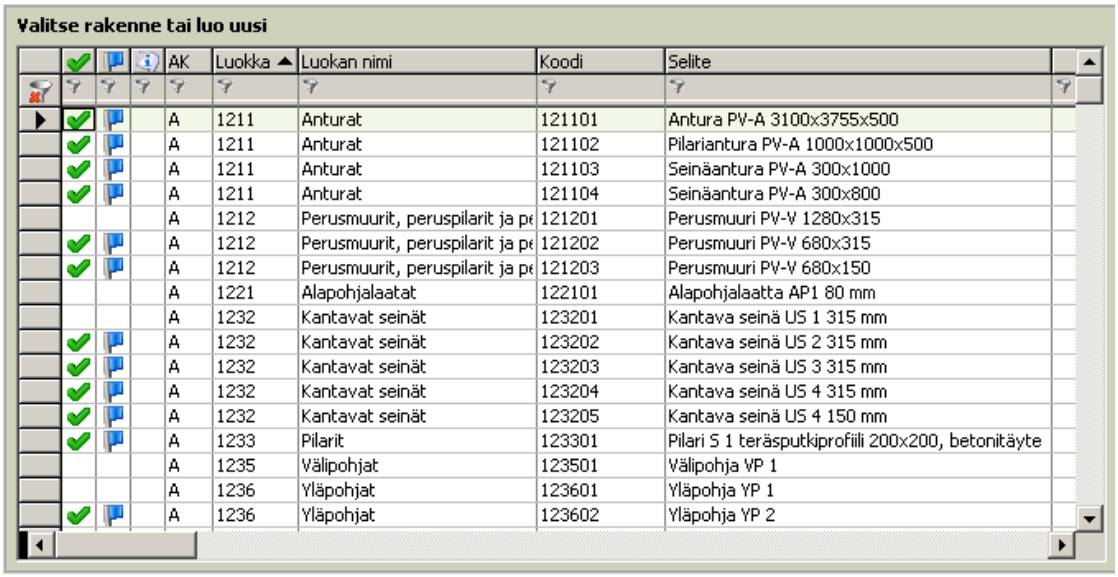
KUVA 23. Seinäanturaryhmät. iLink4-määrätyökalulla luotiin määrälaskentaan soveltuvat seinäanturaryhmät

Seinien ryhmittelyssä ilmeni useampia ongelmakohtia. Seinätyyppien *US 1, Us1* ja *EX 1* sekä *US 2* ja *US2* seinät olivat keskenään samanlaisia, ja seinätyypit *US 4* ja *VS 1* taas sisälsivät eripaksuisia seinäobjekteja. Lisäksi seinien toisistaan poikkeavia tyyppitietoja oli sijoitettu useampaan eri paikkaan. Määrälaskennan tukena ei ollut käytettävissä tietomalliselostetta tai rakennetyyppiluetteloa, joten seinärakenteita ja erilaisia seinärakennetyyppejä oli vertailtava toisiinsa *ArchiCAD*-ohjelmassa luotettavan tiedon löytämiseksi. Lopulta seinäobjektit saatiin ryhmiteltyä määrälaskentaan sopiviin kokonaisuuksiin (kuva 24) ryhmittelyperusteilla *ID* ja *Thickness*.

Object Type	Group Name	Objects
Wall	EX 1; 320 mm	6
Wall	US 4; 150 mm	21
Wall	US 4; 320 mm	7
Wall	VS 2; 100 mm	2
Wall	US 2; 320 mm	3
Wall	VS 1; 150 mm	51
Wall	VS 1; 200 mm	4
Wall	US 1; 320 mm	11
Wall	US 3; 320 mm	4
Wall	US2; 320 mm	1
Wall	VS 3; 150 mm	1
Wall	Us1; 320 mm	1
Wall	VS 4; 320 mm	2

KUVA 24. Seinäryhmät. iLink4-määrätyökalulla luotiin määrälaskentaan soveltuvat seinäryhmät

Seuraavaksi *Tocoman TCM Pro* -ohjelmaan luotiin uusi projekti, jolle annettiin Sirius-kohteen tiedot. Projektiin tehtiin *iLinkin* objektiryhmiin sopivat tuoterakenteet Talo 2000 -hankenimikkeistön mukaista jaottelua noudattaen. Kuvasta 25 nähdään, että kukin tuoterakenne koostuu hankenimikkeistön rakennusosan mukaisesta numerokoodista, joka on täydennetty hankekohtaisella rakennusosan tunnisteella, rakennetyyppitunnuksesta tai muusta rakennusosan selitteestä ja hankenimikkeistön määrämittausperusteen mukaisesta yksiköstä. Määrälaskenta suoritettiin rakennusosatasolla, joten tuoterakenteiden suoritteita ja panoksia ei määritelty.

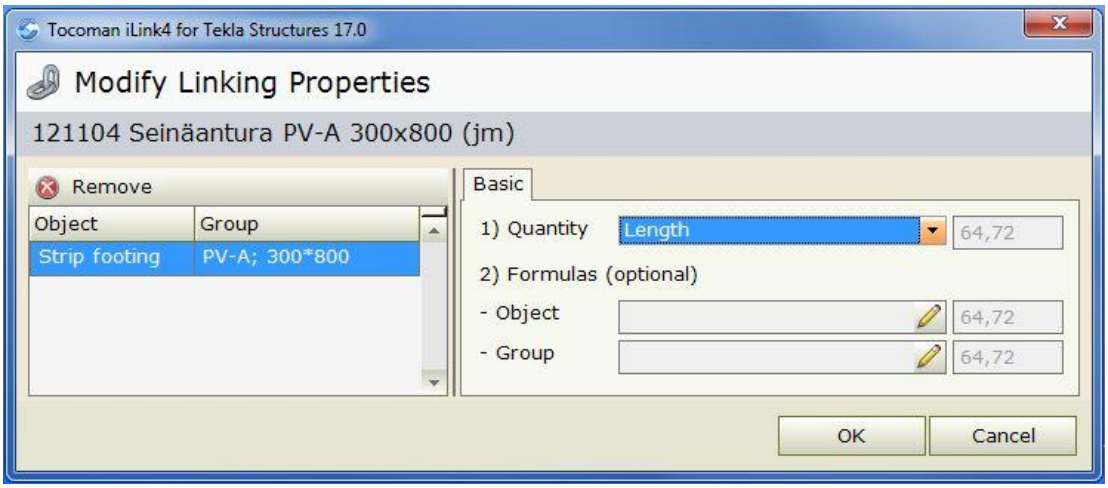


Valitse rakenne tai luo uusi

				AK	Luokka	Luokan nimi	Koodi	Selite
	✓			A	1211	Anturat	121101	Antura PV-A 3100x3755x500
	✓			A	1211	Anturat	121102	Pilariantura PV-A 1000x1000x500
	✓			A	1211	Anturat	121103	Seinäantura PV-A 300x1000
	✓			A	1211	Anturat	121104	Seinäantura PV-A 300x800
				A	1212	Perusmuurit, peruspilarit ja pe	121201	Perusmuuri PV-V 1280x315
	✓			A	1212	Perusmuurit, peruspilarit ja pe	121202	Perusmuuri PV-V 680x315
	✓			A	1212	Perusmuurit, peruspilarit ja pe	121203	Perusmuuri PV-V 680x150
				A	1221	Alapohjalaatat	122101	Alapohjalaatta AP1 80 mm
				A	1232	Kantavat seinät	123201	Kantava seinä US 1 315 mm
	✓			A	1232	Kantavat seinät	123202	Kantava seinä US 2 315 mm
	✓			A	1232	Kantavat seinät	123203	Kantava seinä US 3 315 mm
	✓			A	1232	Kantavat seinät	123204	Kantava seinä US 4 315 mm
	✓			A	1232	Kantavat seinät	123205	Kantava seinä US 4 150 mm
	✓			A	1233	Pilarit	123301	Pilari S 1 teräsputkiprofiili 200x200, betonitäyte
				A	1235	Välipohjat	123501	Välipohja VP 1
				A	1236	Yläpohjat	123601	Yläpohja YP 1
	✓			A	1236	Yläpohjat	123602	Yläpohja YP 2

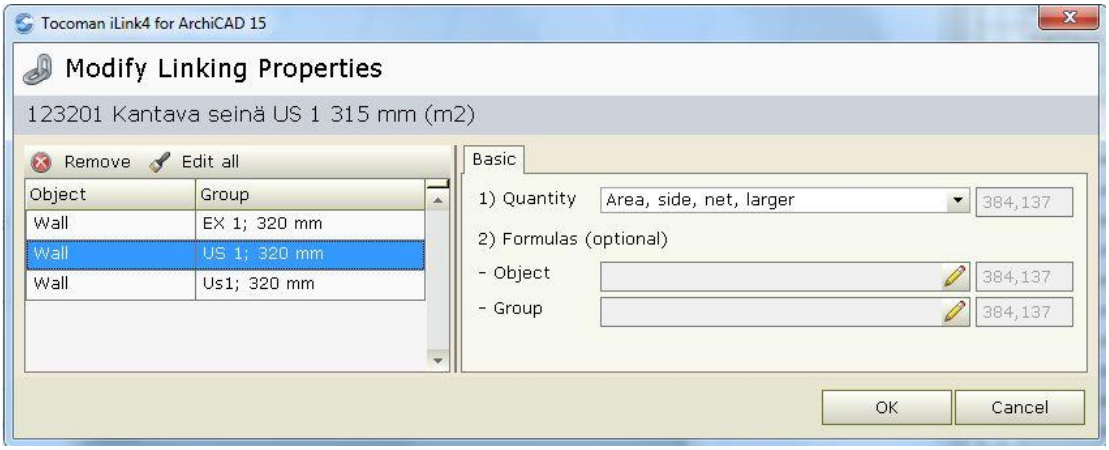
KUVA 25. Tuoterakenteet. Kuvassa näkyy osa TCM Pro -ohjelmassa määritellyistä tuoterakenteista

Kun toisiaan vastaavat *iLinkin* objektiryhmät ja *TCM Pro* -ohjelman tuoterakenteet oli luotu, yhdistettiin objektiryhmien määrätieto tuoterakenteisiin. Linkittämisen yhteydessä tuoterakenteeseen vietävälle objektiryhmän määrätiedolle valittiin mittausperuste, joka määräytyi Talo 2000 -hankenimikkeistön määrittelemästä määrämittausperusteesta. Esimerkiksi seinäanturoiden määrätiedon mittausperusteena käytettiin pituutta ja tällöin määrätieto laskettiin juoksumetreinä (kuva 26).



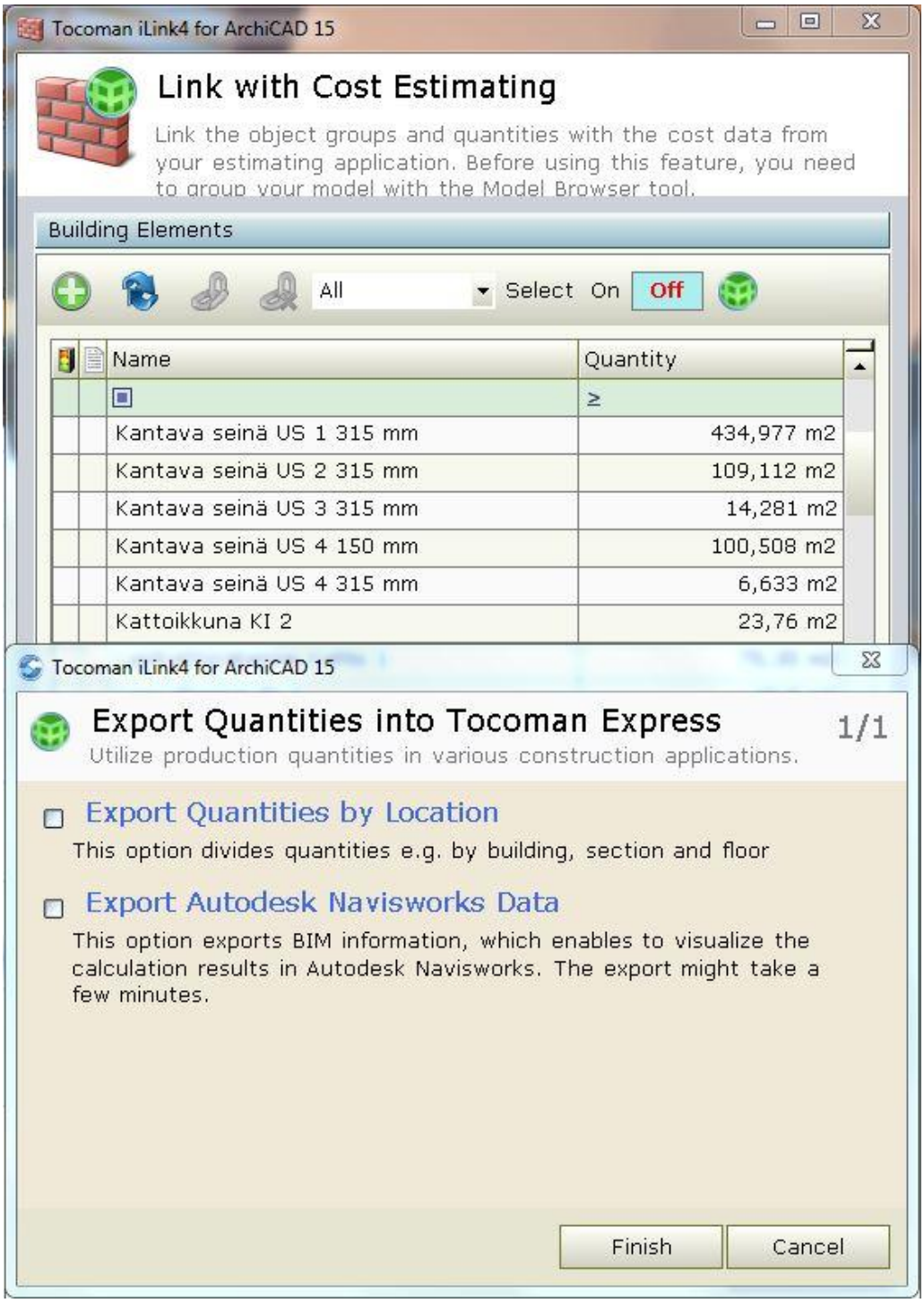
KUVA 26. Seinäanturaryhmän määrätiedon linkittäminen. Seinäanturaryhmän PV-A 300x800 määrätieto linkitetään TCM Pro -sovelluksen tuoterakenteeseen

Määrätietoa yhdistettäessä oli huomioitava, että kaikki objektiryhmät tulevat yhdistetyksi johonkin tuoterakenteeseen. Tuoterakenteisiin voidaan yhdistää useammankin objektiryhmän määrät. Tällaisissa tilanteissa jokaiselle objektiryhmälle määritettiin erikseen sama määrämittausperuste. Kuvasta 27 nähdään, että seinä *US 1 315 mm* -tuoterakenteeseen yhdistettiin kolmen eri objektiryhmän määrätiedot. Seinien kohdalla määrät mitattiin neliömetreinä ja määrämittausperusteeksi valittiin nettopinta-ala.



KUVA 27. Seinäryhmän määrätiedon linkittäminen. Seinäryhmän US 1 315 mm määrätieto linkitetään TCM Pro -sovelluksen tuoterakenteeseen

Tietomallipohjaisen määrälaskentaprosessin lopuksi tuoterakenteisiin yhdistetty määrätieto viedään *Tocoman Express* -palvelimen kautta *TCM Pro* -ohjelmaan (kuva 28), jossa määrätiedoista on mahdollista tuottaa erilaisia tulostettavia asiakirjoja. Siriuksen laskentamuistio ja rakennusosalaskelma on liitetty työn loppuun (liitteet 3 ja 4).



KUVA 27. Tuoterakenteisiin yhdistetty määrätieto viedään Express-palvelimelle

8 TUTKIMUKSEN TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

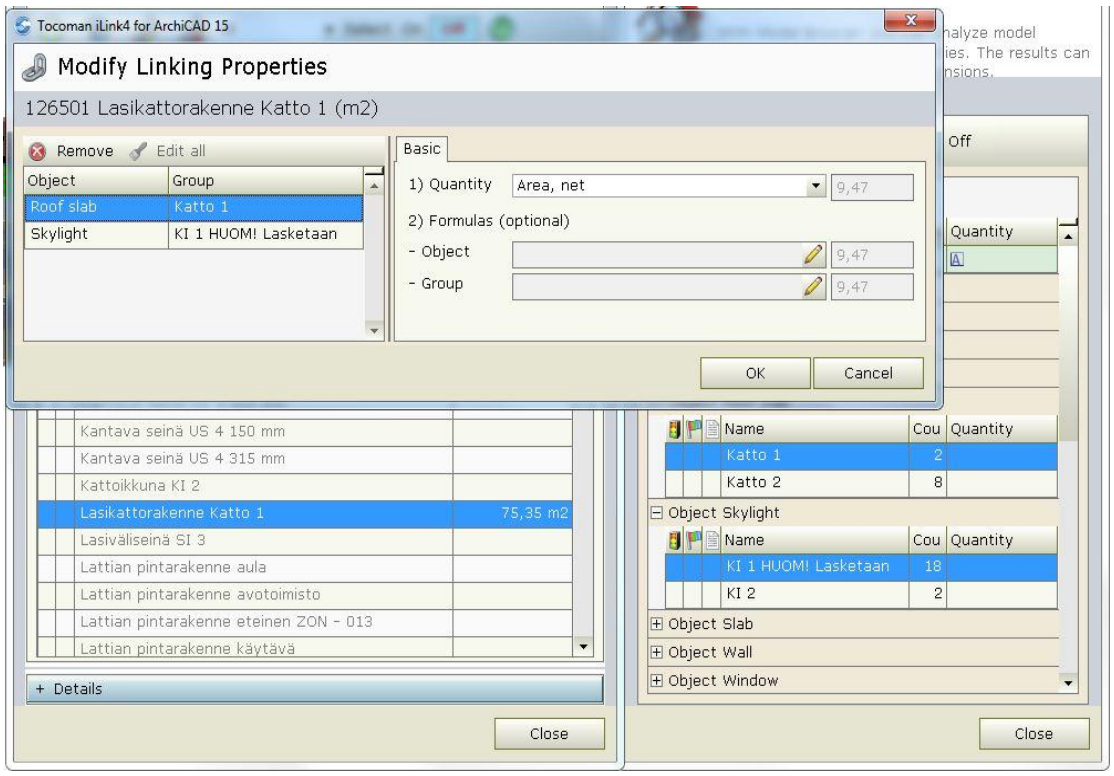
8.1 Tulokset

Sirius-kohteen rakennusosapohjaisessa määrälaskennassa ilmenneet ongelmakohdat on koottu liitteen 3 laskentamuistioon. Tutkimuksessa esille nousseisiin ongelmallisiin tekijöihin on syytä kiinnittää huomiota suunnittelu- ja määrälaskentaprosessin aikana: suunnittelijoiden on yritettävä välttää tietomalleissaan kyseisten ongelmakohtien syntymistä ja määrälaskijan on huomioitava määrälaskentatyössään, että laskenta-aineistossa saattaa ilmetä samankaltaisia tilanteita. *iLinkin* käytön kannalta suurimpia ongelmia aiheutti objektien rakennetyyppien puutteelliset tyyppitiedot ja rakennetyyppien epälooginen tyypittelytapa. Esimerkiksi seinien kohdalla samanlaista seinärakennetta kuvattiin useilla eri rakennetyypeillä tai sama seinärakennetyyppi sisälsi ominaisuuksiltaan erilaisia rakennusosia. Ryhmittelyn tukena ei ollut käytettävissä rakennetyyppiluetteloa tai tietomalliselosteita, josta olisi voinut tarkastaa suoraan, millaisia ja miten paljon erilaisia seinärakenteita kohteeseen on suunniteltu. Tästä johtuen oli arvuuteltava ja yritettävä selvittää tietomallista, kuvataanko esimerkiksi seinätyypeillä *US 1, Us1* ja *EX 1* samanlaista ulkoseinärakennetta, vaikka tyyppien tunnukset poikkeavat hieman toisistaan.

Seinien tyyppitietoja oli sijoitettu *ArchiCAD*-sovelluksessa eri paikkoihin, jolloin *iLinkin* ryhmittelyperusteilla saatiin aivan erilaisia seinäobjektiryhmiä riippuen siitä, minne kirjoitettua rakennetyyppitietoa käytettiin ryhmittelyn perusteena. *iLinkin* tehokkaan hyödyntämisen kannalta olisi olennaista, että kussakin mallissa rakennetyyppi sijoitetaan aina samaan paikkaan. *Revit Architecture* ja *Structure* -ohjelmissa mallinnettujen objektien rakennetyyppi löytyy aina rakennetyyppiasetuksien *Type*-kentästä, mutta *ArchiCAD* ja *Tekla Structures* -ohjelmistoissa rakennetyypin tieto on mahdollista sijoittaa moneen eri paikkaan. *Tekla Structures* -sovelluksessa tyyppitieto löytyy vaivattomimmin *Prefix*-kentästä ja vastaavasti *ArchiCAD* -sovelluksessa *leikkaustäyte* tai *poikkileikkausprofiili* -kentästä.

Muita hankalia tilanteita tutkimuksessa aiheutti päällekkäiset ja tyhjät objektit, tai muuten erikoiset rakenteet. Alapohja *AP1* oli mallinnettu sekä rakenne- että arkkitehtimalliin. Tämä seikka ilmeni kuitenkin jo heti tutustumisvaiheessa, joten se osattiin ottaa määrälaskennassa huomioon. Alapohjalaatan pinta-alamäärät laskettiin rakennesuunnittelijan mallista. Arkkitehtimalli sisälsi lukuisia rakennetyypiltään *FU*-alkuisia

objekteja, jotka eivät sisältäneet rakennetyypin lisäksi mitään muuta tietoa, vaan olivat tyhjiä. Näitä objekteja oli mahdotonta tunnistaa tietyksi rakennusosaksi, joten niitä ei voitu huomioida ollenkaan määrälaskennassa. Sirius-kohteessa olevaa lasikattoa ei ollut mallinnettu yhdeksi kokonaiseksi objektiksi, vaan lasikatto koostui ikkuna- ja puiteosista. Määrälaskennassa tämä oli huomioitava niin, että lasikaton kokonaispinta-ala laskettiin lasikaton ikkunoita muodostuneen ikkunaryhmän *KI1* ja puitteista koostuneet objektiryhmän *Katto 1* alojen summana (kuva 28).



KUVA 28. Lasikaton kokonaisalan määrittäminen

Seinien määrät lasketaan yleensä rakennussuunnittelusovelluksilla laadituista arkkitehtimalleista. Poikkeustapauksissa, joissa seinämäärät halutaan laskea *Tekla Structuresilla* mallinnetusta rakennemallista, on seinäobjektien tyypittelyyn ja ryhmittelyyn kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä jos eri paksuisia seiniä ei voida tunnistaa rakennetyypin perusteella, tulee seinien ryhmittelyssä ongelmia. Erityisesti elementtiseinät olivat ongelmallisia, sillä *Tekla Structures* ei osannut käsitellä elementtejä yhtenä kokonaisena objektina, vaan jakoi elementtiseinää kuvaavan rakenteen useampaan erilliseen objektiin elementin kerroksien mukaisesti.

8.2 Johtopäätökset

Laadukas tietomallipohjainen määrälaskenta syntyy onnistuneen ryhmätyön tuloksena, ja se vaatii huolellista työtä hankkeen alusta alkaen sekä suunnittelijoilta, että määrälaskijalta. Suunnittelun alussa on sovittava suunnittelutyölle yhteiset toimintatavat ja tekniikat, joita kaikkien suunnittelijoiden on pyrittävä noudattamaan mahdollisimman aikaisesta vaiheesta alkaen koko suunnittelutyön loppuun saakka. Yhteisten pelisääntöjen sopimisella jo hankkeen alusta alkaen varmistutaan, että tietomallit ovat hyödynnettävissä määrä- ja kustannuslaskentaan. Jotta tietomalli saataisiin rakenteeltaan sellaiseksi, että siitä on mahdollista saada laadukasta määrätietoa, olisi hyvä sopia yhteisesti ainakin

- mitä suunnitelmiin mallinnetaan
- mikä on mallinnuksen tarkkuustaso
- miten mallinnus toteutetaan
- miten rakennetyypit määritellään ja
- minne rakennetyyppitieto sijoitetaan.

Kaikki yhteisesti sovitut asiat dokumentoidaan ja tämän lisäksi jokaisen suunnittelijan henkilökohtaisesti olisi hyvä selvittää mallin tarkkuustaso ja käyttämänsä mallinnusperiaatteet erilliseen tietomalliselosteeseen. Määrälaskentaan sopiva malli on johdonmukainen, sen rakennusosat on mallinnettu omilla työkaluillaan, rakennusosia ei puutu, eikä mallissa ole päällekkäin useampia samanlaisia objekteja.

Tietomallipohjaisen määrälaskennan tehokkuuden kannalta tietomallin objektien ryhmittely pitäisi pystyä tekemään pelkästään objektien rakennetyyppien perusteella. Se edellyttää, että jokaiselle objektille on määritelty oma rakennetyyppinsä ja ryhmittelyn kannalta oleelliset tiedot on ilmenevät joko suoraan rakennetyypistä tai tietomallin mukana määrälaskijalle toimitettavasta rakennetyyppiluettelosta. Erityistä huomiota tulee kiinnittää kaikkien kustannusten kannalta olennaisimpien rakennusosien tyypittelyyn, sillä on tärkeää, että näiden osien määrätieto saadaan suoraan tietomallista. Rakennushankkeen kokonaiskustannuksiin vaikuttaa eniten rakennuksen runko- ja vaipparakenteet, kuten seinät ja ikkunat, tilanjako-osat sekä tilapinnat.

Taulukkoon 2 on koottu yleisimpien rakennusosien tiedot, jotka olisi esitettävä rakennetyypissä. Rakennusosan tunniste ei saa olla ”yleinen” tai ”x”, vaan sen on kerrottava tarkemmin rakenteen ominaisuuksista. Lisäksi jokaisella erilaisella rakennusosalla on oltava oma rakennetyyppinsä. Mallissa ei saisi olla ollenkaan tyypittelemättömiä rakennusosia tai tyhjiä objekteja. Joidenkin rakennusosien tyypittelyssä on huomioitava sen sijainti ja ulkomitat. Esimerkiksi pilarianturoiden määrät lasketaan kappaleina, joten ulkomitoiltaan erilaiset anturat jaetaan omiin objektiryhmiinsä. Seinien rakennetyypissä taas on esitettävä seinän paksuus ja se, onko seinä ulko- vai sisäseinä. Rakennetyyppi kuvaa, miten rakennusosa rakennetaan ja paljonko rakennusosan rakentamiseen kuluu materiaaleja. Esimerkiksi eri paksuisiin seiniin kuluu erilaiset määrät materiaaleja, joten paksuudeltaan erilaiset seinät eivät voi kuulua samaan rakennetyyppiin. Vastaavasti profiililtaan erilaiset rakennusosat eivät kuluta yhtä paljon materiaaleja, ja se on huomioitava rakennusosien tyypittelyssä.

TAULUKKO 2. Yleisimpien rakennusosien tunnisteessa esitettävät tiedot

Rakennusosa	**Rakennetyypistä ilmettävä**
Pilarianturat	Ulkomitat
Seinäanturat, perusmuurit, sokkelit	Leveys, korkeus
Laatat	Ala-/väli-/yläpohja, paksuus
Pilarit, palkit	Profiili/ulkomitat
Seinät	Ulko-/väliseinä, paksuus
Ovet	Ulko-/sisäovi, leveys

Jatkuvalla mallintamisen laadun seuraamisella ja ohjauksella varmistutaan, että tietomallit ovat laadukkaita. Mallintamisen ohjaus ja mallien tarkastaminen voidaan sisällyttää hankkeen pääsuunnittelijan työtehtäviin, mutta suositeltavampaa on siirtää nämä tehtävät alan asiantuntijalle, tietomallikoordinaattorille. Nimeämällä tietomallinnustehtävien koordinointiin erillinen tietomallikoordinaattori varmistetaan, että mallinnuksen ohjauksesta vastaa tarpeeksi pätevä ja osaava henkilö, joka tuntee tietomallipohjaisen määrälaskennan asettamat rajoitukset. Tietomallien tarkastuksilla arvioidaan soveltuvuus määrälaskentaan. Tarkastuksien tulokset kootaan tarkastusraporttiin, johon kirjataan, mikä mallissa on hyvää ja millaisissa asioissa on vielä puutteita tai kehitettävää. Tarkastusraportit ovat määrälaskijalle erittäin tärkeä laskennan lähtöaineisto, koska näistä asiakirjoista ilmenee luotettavan tiedon sijainti ja ongelmakohdat. Suunnitelmien yhtenevyyden tarkastus voidaan tehdä kokoamalla kaikkien eri

suunnittelualojen mallit yhdeksi yhteiseksi malliksi. Yhdistelmämallia voidaan käyttää myös määrälaskennan apuna ja se onkin määrälaskijalle yksi tehokas laadun varmistuksen työkalu. Yhdistelmämallista määrälaskija pystyy arvioimaan eri suunnittelualojen suunnitelmien välisiä ristiriitoja sekä mahdollisien päällekkäisien objektien ja luotettavimman määrätiedon sijaintia. Yleensä luotettavin määrätieto sijaitsee sen suunnittelualan mallissa, johon kyseinen rakennusosa kuuluu. Esimerkiksi runkorakenteiden luotettavin määrätieto saadaan rakennemallista, ja vastaavasti ikkunoiden sekä ovien määrätieto arkkitehdin mallista. Liitteeseen 5 on koottu suuntaa antava erittely siitä, mistä mallista eri rakennusosien määrätieto lasketaan, jos määrälaskenta tehdään useamman tietomallin pohjalta. Useampaa mallia käytetään, kun määrälaskennasta halutaan saada tarkkoja, todellisia rakennusmääriä vastaavia tuloksia. Hankkeen alussa erilaisten vaihtoehtojen vertailuun riittää suuntaa-antavat rakennusmäärät. Tällöin määrälaskenta voidaan suorittaa arkkitehdin mallin pohjalta, sillä arkkitehtimallin tarkkuustaso on riittävä, eikä rakennesuunnittelijan mallia välttämättä tarvita.

Määrälaskijalla on edellytykset tuottaa laadukasta määrätietoa, kun hänellä on käytössään laadukasta lähdeaineistoa, joka täyttää määrälaskennan asettamat vaatimukset. Määrälaskijan käytössä olisi hyvä olla tietomallien lisäksi ainakin dokumentti mallinnuksessa käytetyistä rakennetyypeistä, tietomalliselosteet, tietomallien tarkastusraportit sekä mahdollinen yhdistelmämalli. Hyvä laskennan lähtöaineisto ei kuitenkaan pelkästään takaa laadukasta määrälaskentaa, vaan määrälaskijan on oltava ammattitaitoinen, huolellinen työssään ja tunnettava laadukkaan määrälaskennan toimintamallit. Luotettavan määrätiedon tuottaminen mallista on hankalaa, ellei määrälaskija tunne perin pohjin lähdeaineistoa ja määrien hallinnassa käytettävien tietomalliohjelmien toimintaa. Määrälaskijan on ymmärrettävä, miten määrälaskennan lähtöaineistona käytettävät tietomallit on rakennettu ja miten määrätyökalu tai määrälaskentasovellus lukee mallin objektien asetuksia. Määrälaskennan laadukkuuden kannalta on erityisen tärkeää, että määrälaskija tutustuu kohteeseen ennen määrälaskennan aloittamista ja tiedostaa mahdolliset riskitekijät sekä ongelmakohdat, joihin laskentaa suoritettaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota. Mallinnetussa rakennuksessa saattaa olla osia, joiden mallintamiseen ei ole kehitetty tarkoituksen mukaisia mallinnustyökaluja, vaan osan mallintamiseen on jouduttu käyttämään toisen rakennusosan työkalua. Tällaiset tilanteet on otattava huomioon määrälaskentaa suoritettaessa. Esimerkiksi lasiset seinät voidaan joskus mallintaa ikkunaobjekteilla. Tällaisissa tapauksissa lasiseinien ikkunaobjektien määriä ei voi lisätä ikkunoiden määriin, vaan ne on esitettävä erillään määräluettelossa.

Määrälaskennan tehokkuuden ja laadun kannalta kaikkia rakennusosia ei kannata laskea tietomallista, vaan jotkut osat voi olla turvallisempaa laskea perinteisin menetelmin. Tietomallipohjainen määrälaskenta on kannattavaa, mikäli mallista on mahdollista saada kustannusten kannalta olennaisimpien rakennusosien, kuten vaippa- ja runkorakenteiden, tilanjako-osien ja tilapintojen määrät. Erikoisten ja kustannusten kannalta merkityksettömien rakennusosien kohdalla on pohdittava tapauskohtaisesti, mistä kyseisten osien määrätieto kannattaa määrittää. Laadukkaan määrälaskennan lopputuotoksessa ei saa olla suuria virheitä. Joidenkin rakennusosien kohdalla tietomallista ei ole mahdollista saada todenmukaista määrätietoa, joten ainakin tällaiset osat on parempi laskea käsin. Ongelmallisia rakennusosia ovat esimerkiksi geometrialtaan erikoiset ja moniulotteiset rakenteet.

Määrälaskentaprosessin aikana määrälaskija tuottaa laskentamuistion, johon kirjataan määrälaskennassa käytetyt menetelmät sekä laskennan aikana aineistoissa ilmenneet ristiriidat, puutteet ja ongelmakohdat. Muistioon kirjataan myös kaikki rakennusosat, joiden määrät on laskettu käsin. Ennen määrien toimittamista eteenpäin, määrälaskijan on varmistuttava määrälaskennan tuloksien laadusta. Kustannuksien kannalta olennaisimpien rakennusosien suurusluokkia arvioidaan esimerkiksi vertailemalla määriä vastaaviin aiemmin laskettuihin kohteisiin. Mikäli arvioinnissa nousee esille epäilyttävän suuria tai pieniä määriä vertailutasoon nähden, voidaan suoritettu määrälaskenta tarkastaa laskentamuistion avulla.

Tämän työn tulokset on tiivistetty työn lopussa oleviin liitteisiin 6 ja 7. Liitteeseen 6 on koottu tietomallipohjaisen määrälaskennan tärkeimmät edellytykset tietomallilta, josta määriä lasketaan. Näihin seikkoihin on kiinnitettävä erityistä huomiota suunnitteluvaiheen aikana. Liitteen 7 kuvioon taas on koottu eri toimijoiden tehtäviä hankkeessa, jonka tavoitteena on, että rakennuttaja voi suorittaa määrälaskennan tietomallipohjaisesti. Kuviossa on esitetty myös tietomallipohjaisen määrälaskennan kannalta olennaiset asiakirjat.

9 TYÖN ARVIOINTI

Tietomallipohjainen määrälaskenta toteutetaan erilaisten tietokoneohjelmistojen avulla, joten se vaatii nykyaikaisia laitteistoja, tietomalliohjelmistoja sekä erityisosaamista. Tietomallipohjaisesti suoritettavassa määrälaskennassa ei riitä, että määrälaskija on määrälaskennan ammattilainen, vaan sen lisäksi hänen on tunnettava määrälaskennassa käytettävät tietomalliohjelmistot ja niiden toiminta. Tärkeä edellytys tietomallipohjaiselle määrälaskennalle on myös laadukas määrälaskenta-aineisto, joka syntyy yhteisten toimintamallien ja jatkuvan laadun ohjauksen yhteisvaikutuksesta. Laadun varmistamisella pyritään siihen, että määrälaskennan lopputuloksena syntyvä määräluettelo olisi mahdollisimman todenmukainen, eikä määrissä olisi suuria virheitä. Tietomallipohjainen määrälaskenta voidaan toteuttaa huomattavasti perinteistä määrälaskentaa nopeammin. Määrälaskennan lopputuloksessa ei saa kuitenkaan olla suuria virheitä, jotta määrätiedon hyödyntäminen ole mahdollista. Sen vuoksi on aina pyrittävä hyvään laatuun. Laatu taas on yhteydessä edellytyksiin. Jos tietomallipohjaisen määrälaskennan asettamat tietomallin tekniset edellytykset eivät täyty, on määrälaskentaa hankalaa toteuttaa laadukkaasti. Vastaavasti määrälaskennan hyvä laatu saavutetaan, kun tietomallipohjaisesti toteutettavan määrälaskennan asettamat vaatimukset toteutuvat ja laskenta suoritetaan laadukkuuteen tähtäävien toimintamallien mukaisesti.

Suunnitelmallisesti ja huolellisesti toteutettu tietomallipohjainen määrälaskenta on tehokas apuväline rakennuttajalle rakennushankkeen taloudellisuuden hallinnassa. Oikeanlaisilla suunnittelun sekä tietomallipohjaisen määrälaskennan toimintamalleilla voidaan saavuttaa huomattavasti lyhyemmässä ajassa sama lopputulos kuin perinteisessä määrälaskennassa. Lisäksi tietomallista tuotettu määrätieto on sähköisessä muodossa, jolloin tietoa on helppo hyödyntää eri tarkoituksiin. Edellytykset laadukkaalle määrälaskennalle syntyvät huolellisen työn ja tehokkaan yhteistoiminnan tuloksena, kun hankekohtaiset tavoitteet ovat jokaisen toimijan tiedossa heti suunnitteluprosessin alusta alkaen.

Insinöörityön tavoitteena oli löytää tietomallipohjaisen määrälaskennan edellytykset ja laadunvalmistuskeinot. Monien aineistojen ja työssä tehdyn tutkimuksen pohjalta ilmeni lukuisia suunnittelu- ja määrälaskentavaiheessa huomioitavia tekijöitä, joka toteutuessaan luovat tietomallipohjaisen määrälaskennan edellytykset ja takaavat hyvän määrälaskennan laadun. Työn aihe oli hyvin ajankohtainen, sillä tietomallipohjainen määrälaskenta on vielä melko tuntematon määrälaskennan suuntaus ja sitä ei

hyödynnetä rakennusalalla vielä kovinkaan paljon. Aihe osoittautui melko haasteelliseksi, koska tietomallipohjaisesti toteutettavasta määrälaskennasta on olemassa hyvin rajallinen määrä kirjallista aineistoa. Määrälaskentaan liittyy hyvin läheisesti monia tärkeitä osa-alueita, joten aiheen laajuuden rajaamista oli mietittävä tarkkaan. Aiheen sisältämien aihealueiden johdonmukaisen etenemisjärjestyksen löytäminen oli hankalaa, sillä kaikki asiat liittyivät tiiviisti toisiinsa, ja jouduinkin muuttamaan järjestystä moneen kertaan ennen kuin sopiva järjestys muotoutui. Mielestäni kuitenkin onnistuin työni tavoitteessa melko hyvin, sillä löysin keskeisimmät määrälaskentaan vaikuttavat asiat teoria-aineiston ja työssä tehdyn tutkimuksen pohjalta. Uskon, että pystyn hyödyntämään näitä työni tuloksia tulevaisuudessa käytännön työtehtävissä. Tuloksia voi käyttää esimerkiksi yhteisten toimintamallien laadinnassa, tietomallien määrälaskentaan soveltuvuuden arvioinnissa ja tukena tietomallipohjaisessa määrälaskennassa.

Työssä tietomallipohjaisen määrälaskennan edellytyksiä ja laadunvarmistamista tutkittiin *Tocomanin iLink* ja *TCM Pro* -sovelluksien avulla ja määrätietoa haettiin *ArchiCAD, Revit Architecture, Revit Structure* ja *Tekla Structures* -mallinnussovelluksien tietomalleista. Työn tuloksista voidaan päätellä, että *iLink*-määrätyökalun toiminta poikkeaa jonkin verran riippuen siitä, mistä mallinnussovelluksesta määrätieto tuodaan. Tällä hetkellä tutkimus kattaa mallinnusohjelmistot, joille *iLink*-laajennussovellus on saatavissa, mutta tietomallinnussovellukset kehittyvät kaiken aikaa ja *iLinkin* toimintaa voidaan laajentaa myös muihin sovelluksiin. Mikäli tietomalli on mallinnettu jossain muussa mallinnussovelluksessa, jota ei käsitelty tässä työssä, on mallinnusohjelmiston ja sen *iLink*-ohjelmistolaajennuksen yhteistoimintaan aluksi hyvä perehtyä. Tutkimuksen tuloksena löydetyt toimintamallit ja laadunvalmistuskeinot eivät myöskään välttämättä takaa edellytyksiä ja hyvää laatua käytettäessä määrälaskennassa muiden ohjelmistotarjoajien määrälaskentasovelluksia. Lisäksi on huomioitava, että tässä työssä tarkasteltiin ainoastaan mallinnussovelluksien alkuperäismalleista saatavan määrätiedon edellytyksiä ja laadun varmistamista. Tietomallipohjaisissa hankkeissa mallien siirto tietomalliohjelmistoista toiseen tehdään yleensä kuitenkin IFC-tiedostoilla. Tämän työn tulokset eivät välttämättä päde IFC-muodossa oleviin tietomalleihin, vaan IFC-tiedostojen toiminta tietomallipohjaisesti toteutettavassa määrälaskennassa on tutkittava, mikäli kyseisiä tiedostoja halutaan käyttää määrälaskennan lähtöaineistona. Näitä edellä mainittuja aiheita voidaan tutkia jatkotutkimuksissa tai seuraavissa opinnäytetöissä.

LÄHTEET

Autodesk. Tuotteet [viitattu 16.2.2012]. Saatavissa:
http://www.autodesk.fi/adsk/servlet/pc/index?siteID=448412&id=14539589

Charette R. & Marshall, H. 1999. *Uniformat II Elemental Classification for Building Specifications, Cost Estimating, and Cost Analysis* [verkkojulkaisu]. U.S. Department of Commerce [viitattu 7.3.2012]. Saatavissa:
http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build99/PDF/b99080.pdf

Cobim. 2012a. *Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 1. Yleinen osuus* [verkkojulkaisu]. Versio 1.0. Helsinki: BuildingSMART Finland [viitattu 27.3.2012]. Saatavissa:
http://buildingsmart.fi/8

Cobim. 2012b. *Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 6. Laadunvarmistus* [verkkojulkaisu]. Versio 1.0. Helsinki: BuildingSMART Finland [viitattu 27.3.2012].
Saatavissa:
http://buildingsmart.fi/8

Cobim. 2012c. *Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 7. Määrälaskenta* [verkkojulkaisu]. Versio 1.0. Helsinki: BuildingSMART Finland [viitattu 27.3.2012]. Saatavissa:
http://buildingsmart.fi/8

Cobim. 2012d. *Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen* [verkkojulkaisu]. Versio 1.0. Helsinki: BuildingSMART Finland [viitattu 27.3.2012]. Saatavissa:
http://buildingsmart.fi/8

Cubist [viitattu 23.2.2012]. Saatavissa:
http://www.datacubist.com/default.html

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Second Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Ekholm, A. & Häggström, L. 2011. *Building Classification for BIM - Reconsidering The Framework* [verkkojulkaisu]. Lund: Lund University, Department of Construction Sciences, Faculty of Engineering [viitattu 7.3.2012]. Saatavissa: http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=2201252&fileOId=2201254

Haahtela, Y. & Kiiras, J. 2010. *Talonrakennuksen kustannustieto*. Tampere: Haahtela-kehitys Oy.

Hoyle, D. 2009. *ISO 9000 Quality Systems Handbook: Using the Standards as a Framework for Business Improvement*. Sixth Edition. Great Britain: Taylor & Francis.

Kero, K. & Teittinen, T. *Tietomallipohjainen energia-analyysi ja takaisinmaksuajan määritys* [verkkojulkaisu]. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan osasto. Tutkimusraportti [viitattu 10.2.2012]. Saatavissa: http://webhotel2.tut.fi/vblab/prodigi/images/9/97/ProDigi_BIM_takaisinmaksuaika.pdf

Kulttuuriympäristön ja korjausrakentamisen käsitteitä [verkkojulkaisu]. Ympäristöministeriö & Museovirasto [viitattu 15.3.2012]. Saatavissa: http://www.rakennusperinto.fi/muuta_sisaltoa/kasitteisto/fi_FI/Kasitteisto/#korjausrakentamisen

Lindholm, M. 2009. *Kustannushallinta rakennushankkeessa*. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

M.A.D. ArchiCAD [viitattu 16.2.2012]. Saatavissa: http://www.mad.fi/mad/archicad.html

Ojala, K. & Kiiras, J. 2010. *Talo 2000 Rakennusosamääräluettelo* [verkkojulkaisu]. Rakennustieto [viitattu 30.1.2012]. Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5k2Ih5ORz/5nJbmXKJ6/talo2000_rakennusosamaaraluettelo.pdf

Ratu 431-T Talo 2000 nimikkeistö Ratussa 2007. Helsinki: Rakennustieto.

RT 10-10387 Talonrakennushankkeen kulku 1989. Helsinki: Rakennustieto.

RT 10-10962 Talo 2000 Hankenimikkeistö 2009. Helsinki: Rakennustieto.

RT 10-10992 Tietomallinnettava rakennushanke 2010. Helsinki: Rakennustieto.

RT 13-10860 Suunnittelun johtaminen rakennushankkeessa 2005. Helsinki: Rakennustieto.

RT 16-10182 Rakennusalan urakkakilpailun periaatteet 1982. Helsinki: Rakennustieto.

RT 96-10983 Koulurakennus, korjausrakentamisen suunnittelu 2010. Helsinki: Rakennustieto

Talo 2000 -nimikkeistö: Yleisseloste 2008. Tampere: Rakennustieto.

Tekla Finland. Tuotteet. Tekla BIM [viitattu 16.2.2012]. Saatavissa: http://www.tekla.com/fi/products/tekla-structures/Pages/Default.aspx

Tocoman 2010. *BIM Based Quantity Take-off, Estimating and Scheduling* [verkkojulkaisu]. TocoSoft Oy [viitattu 26.1.2012]. Saatavissa: http://www.tocoman.com/sites/default/files/webfm/user/WHITE%20PAPER%20-%20BIM%20based%20estimating%20and%20scheduling.pdf

Tocoman.a. *Kokonaisratkaisu määrätiedon hallintaan* [verkkoesite]. Tocosoft Oy [viitattu 16.2.2012]. Saatavissa: http://tocoman.fi/sites/default/files/webfm/user/Esite_Tocoman_Express_iLink.pdf

Tocoman.b. Tuotteet [viitattu 16.2.2012]. Saatavissa: http://tocoman.fi/ohjelmistot/tuotteet

Teittinen, T. *Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta* [verkkojulkaisu]. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan osasto. Erikoistyö [viitattu 24.1.2012]. Saatavissa: http://webhotel2.tut.fi/vblab/prodigi/images/4/4b/Erikoityo_raportti_tt.pdf

Liite 1

Esimerkki rakennemääräluettelosta

RAKENNEMÄÄRÄLUETTELO 15.3.2012

Case_1 SIRIUS 1 / 3

koodi	selite	määrä	yks
121101	Antura PV-A 3100x3755x500	1	kpl
121102	Pilariantura PV-A 1000x1000x500	2	kpl
121103	Seinäantura PV-A 300x1000	56	jm
121104	Seinäantura PV-A 300x800	65	jm
121201	Perusmuuri PV-V 1280x315	59	jm
121202	Perusmuuri PV-V 680x315	60	jm
121203	Perusmuuri PV-V 680x150	5	jm
122101	Alapohjalaatta AP1 80 mm	506	m2
123201	Kantava seinä US 1 315 mm	435	m2
123202	Kantava seinä US 2 315 mm	109	m2
123203	Kantava seinä US 3 315 mm	14	m2
123204	Kantava seinä US 4 315 mm	7	m2
123205	Kantava seinä US 4 150 mm	101	m2
123301	Pilari S 1 teräsputkiprofiili 200x200, betonitäyte	6	jm
123501	Välipohja VP 1	423	m2
123601	Yläpohja YP 1	435	m2
123602	Yläpohja YP 2	19	m2
123701	Runkoportaat STA 001	1	kpl
123702	Runkoportaat STA 003	2	kpl
123703	Lepotaso L 1 300 mm	21	m2
124101	Ulkoseinä UI 10 300 mm	36	m2
124201	Ikkuna UI 1	167	m2
124202	Ikkuna UI 2	50	m2
124203	Ikkuna UI 5	12	m2
124204	Ikkuna VSI 1	38	m2
124205	Ikkuna VSI 2	8	m2
124301	Ulko-ovi 1800	3	kpl
126101	Vesikattorakenne Katto 2	548	m2
126301	Vesikate Katto 2	548	m2
126501	Lasikattorakenne Katto 1	75	m2
126601	Kattoikkuna KI 2	24	m2
131101	Väliseinä VS 1 150 mm	728	m2
131102	Väliseinä VS 1 200 mm	42	m2
131103	Väliseinä VS 2 100 mm	47	m2
131104	Väliseinä VS 3 150 mm	2	m2
131105	Väliseinä VS 4 320 mm	31	m2
131201	Lasiväliseinä SI 3	20	m2
131401	Kaide 2 kpl/porraselementti	3	kpl
131501	Väliovi 900	36	kpl
131502	Väliovi 1000	1	kpl
131503	Väliovi 1500	1	kpl
131504	Väliovi 1800	8	kpl
131801	Sisäikkuna SI 1	10	m2
131802	Sisäikkuna SI 2	2	m2
132101	Lattian pintarakenne käytävä	200	m2
132102	Lattian pintarakenne ravintola	64	m2

Tocoman_demo KaukonenJ

Liite 2 1(2)

Kansainvälisten nimikkeistöjen erot

Talo 2000 (Suomi)	**GSA** (Yhdysvallat)	**CIQS** (Kanada)
1 RAKENNUSOSAT **12 TALO-OSAT** **121 Perustukset** **122 Alapohjat** **123 Runko** 1231 Väestönsuojat 1232 Kantavat seinät 1233 Pilarit 1234 Palkit 1235 Välipohjat 1236 Yläpohjat 1237 Runkoportaat 1238 Erityiset runkorakenteet **124 Julkisivut** 1241 Ulkoseinät 1242 Ikkunat 1243 Ulko-ovet 1244 Julkisivuvarusteet 1245 Erityiset julkisivurakenteet **125 Ulkotasot** **126 Vesikatot** **13 TILA-OSAT** **131 Tilan jako-osat** **132 Tilapinnat** **133 Tilavarusteet** **134 Muut tilaosat** **135 Tilaelementit**	**01 Perustukset** **02 Alarakenteet** **03 Päällysrakenteet** 031 Lattiarakenne 032 Kattorakenteet 033 Portaat **04 Julkisivut** 041 Ulkoseinät 042 Ulko-ovet ja ikkunat **05 Vesikatto** **06 Sisärakenteet** **…** **11 Varusteet**	**A1 Alarakenteet** **A2 Rakenteet** A21 Alapohjarakenne A22 Yläpohjarakenne A23 Kattorakenne **A3 Julkisivut** A31 Maanpinnan alapuoliset seinät A32 Maanpinnan yläpuoliset seinät A33 Ikkunat ja sisäänkäynnit A34 Vesikate A35 Projektiot **B1 Väliseinät ja ovet** **B2 Päällysteet** **B3 Kalusteet ja varusteet**

2

RICS-UK (Englanti)	**CEEC** (Eurooppa)	**OmniClass** (Yhdysvallat)	**ASTM Uniformat II** (Kanada)
1.0 Alarakenteet **2.0 Päällysrakenteet** 2.1 Runko 2.2 Yläpohjat 2.3 Vesikatto 2.4 Portaat 2.5 Ulkoseinät 2.6 Ikkunat ja ulko-ovet 2.7 Sisäseinät 2.8 Sisäovet **3.0 Sisäpinnat** **4.0 Kalusteet ja varusteet**	**(1) Alarakenteet** **Ylärakenteet** (2) Runko (3) Ulkoseinät (4) Sisäseinät (5) Lattiat (6) Vesikatot (7) Portaat (8) Ikkunat ja ulko-ovet (9) Sisäovet **PINNAT** (10) Sisäseinien pinnat (11) Ulkoseinien pinnat (12) Lattiapinnat (13) Sisäkattopinnat **(14) Kalusteet ja Varusteet**	**21-01 00 00 RAKENTEET** **21-01 10 Perustukset** **…** **21-02 00 00 RUNKO** **21-02 10 Ylärakenteet** 21-02 10 10 Lattiarakenteet 21-02 10 20 Vesikattorakenteet 21-02 10 80 Portaat **21-02 20 Julkisivut** 21-02 20 10 Ulkoseinät 21-02 20 20 Ikkunat 21-02 20 50 Ulko-ovet ja aukot **…** **21-03 00 00 SISÄOSAT** **21-03 10 Sisärakenteet** **21-03 20 Sisäpinnat**	**A ALARAKENTEET** **A10 Perustukset** **A20 Alapohjarakenteet** **B RUNKO** **B10 Ylärakenteet** B1010 Lattiarakenteet B1020 Vesikattorakenteet **B20 Julkisivut** B2010 Ulkoseinät B2020 Ikkunat B2030 Ulko-ovet **B30 Vesikatto** B3010 Vesikate B3020 Läpiviennit **C SISÄOSAT** **C10 Sisärakenteet** **C20 Portaat** **C30 Sisäpinnat**

Jenni Kaukonen **Muistio** **Liite 3**

5.3.2012

Sirius-kohteen rakennusosalaskelma

Lähtötiedot Rakennusosien määrälaskenta suoritettiin *Tocomanin iLink4* ja *TCM Pro* -sovelluksilla. Rakennusosalaskelma pohjautui seuraaviin lähtöaineistoihin:

- Arkkitehdin *ArchiCAD*-sovelluksella mallinnettu tietomalli
- Rakennesuunnittelijan *Tekla Structures* -sovelluksella mallinnettu tietomalli
- *Tekla BIMsight* -sovelluksella koottu yhdistelmämalli.

Laskennassa esiintyneet ongelmakohdat

Rakennusosalaskelman edetessä esiintyi seuraavia ongelmakohtia:

- Seinäanturoiden ja sokkeleiden tyypittelyssä ei ole huomioitu objektien erilaisia leveyksiä ja korkeuksia
- Samanlaista seinää kuvataan erilaisilla rakennetyyppitunnuksilla, kuten US 1 = Us1 = EX 1 ja US 2 = US2
- Osa seinätyypeistä ei noudata johdonmukaista tyypittelytapaa
- Rakennetyyppi US 4 sisältää eri paksuisia seiniä (150 ja 315 mm)
- Rakennetyyppi VS 1 sisältää eri paksuisia seiniä (150 ja 200 mm)
- Seinien rakennetyyppien tietoja on sijoitettu useaan eri paikkaan
- Samanlaisia ikkunoita kuvataan erilaisilla rakennetyyppitunnuksilla, kuten UI 2 = UI2
- Rakennetyypit SI 1 ja SI 2 kuvaavat sisäikkunoita, kun taas rakennetyyppi SI 3 lasiväliseinää
- Rakennetyyppi UI 10 kuvaa ulkolasiseinää (verhoseinä)
- Alapohja AP1 mallinnettu sekä arkkitehti- että rakennemalliin (lasketaan rakennesuunnittelijan mallista)
- Lasikaton kokonaisala saadaan KI 1 ja Katto 1 -rakennetyyppien pinta-alojen summasta
- L 1 -ryhmään kuuluu portaikoin lepotasot ja sisääntulon katos. Toisen sisääntulon katos on rakennetyyppiä YP2, johon molempien katoksien pitäisi kuulua
- Portaikko ja ZON - 001 -tilatyypit ovat päällekkäisiä
- Kaikki FU - 00X rakennetyyppien objektit ovat tyhjiä.

Liite 4 1(2)

Siriuksen rakennusosalaskelma

RAKENNUSOSALASKELMA RAKENTEET

2.3.2012

Case_1 SIRIUS 1 / 2

koodi	selite	määrä	yks	€/yks	€yht
1	**Rakennusosat**				
	Antura PV-A 3100x3755x500	1	kpl		
	Pilariantura PV-A 1000x1000x500	2	kpl		
	Seinäantura PV-A 300x1000	56	jm		
	Seinäantura PV-A 300x800	65	jm		
	Perusmuuri PV-V 1280x315	59	jm		
	Perusmuuri PV-V 680x315	60	jm		
	Perusmuuri PV-V 680x150	5	jm		
	Alapohjalaatta AP1 80 mm	506	m2		
	Kantava seinä US 1 315 mm	435	m2		
	Kantava seinä US 2 315 mm	109	m2		
	Kantava seinä US 3 315 mm	14	m2		
	Kantava seinä US 4 315 mm	7	m2		
	Kantava seinä US 4 150 mm	101	m2		
	Pilari S 1 teräsputkiprofiili 200x200, betonitäyte	6	jm		
	Välipohja VP 1	423	m2		
	Yläpohja YP 1	435	m2		
	Yläpohja YP 2	19	m2		
	Runkoportaat STA 001	1	kpl		
	Runkoportaat STA 003	2	kpl		
	Lepotaso L 1 300 mm	21	m2		
	Ulkoseinä UI 10 300 mm	36	m2		
	Ikkuna UI 1	167	m2		
	Ikkuna UI 2	50	m2		
	Ikkuna UI 5	12	m2		
	Ikkuna VSI 1	38	m2		
	Ikkuna VSI 2	8	m2		
	Ulko-ovi 1800	3	kpl		
	Vesikattorakenne Katto 2	548	m2		
	Vesikate Katto 2	548	m2		
	Lasikattorakenne Katto 1	75	m2		
	Kattoikkuna KI 2	24	m2		
	Väliseinä VS 1 150 mm	728	m2		
	Väliseinä VS 1 200 mm	42	m2		
	Väliseinä VS 2 100 mm	47	m2		
	Väliseinä VS 3 150 mm	2	m2		
	Väliseinä VS 4 320 mm	31	m2		
	Lasiväliseinä SI 3	20	m2		
	Kaide 2 kpl/porraselementti	3	kpl		
	Väliovi 900	36	kpl		
	Väliovi 1000	1	kpl		
	Väliovi 1500	1	kpl		
	Väliovi 1800	8	kpl		
	Sisäikkuna SI 1	10	m2		
	Sisäikkuna SI 2	2	m2		
	Lattian pintarakenne käytävä	200	m2		
	Lattian pintarakenne ravintola	64	m2		
	Lattian pintarakenne toimistohuone	220	m2		
	Lattian pintarakenne tsto	213	m2		
	Lattian pintarakenne vastaanotto	12	m2		
	Lattian pintarakenne avotoimisto	55	m2		
	Lattian pintarakenne aula	84	m2		
	Lattian pintarakenne portaikko	25	m2		
	Lattian pintarakenne portaikko kork.	6	m2		
	Lattian pintarakenne eteinen ZON -013	6	m2		
	Lattiapinta käytävä	200	m2		
	Lattiapinta ravintola	64	m2		
	Lattiapinta toimistohuone	220	m2		
	Lattiapinta tsto	213	m2		

RAKENNUSOSALASKELMA RAKENTEET

2.3.2012

Case_1 SIRIUS

koodi	selite	määrä	yks	€ /yks	€ yht
	Lattiapinta vastaanotto	12	m2		
	Lattiapinta avotoimisto	55	m2		
	Lattiapinta aula	84	m2		
	Lattiapinta portaikko	25	m2		
	Lattiapinta portaikko kork.	6	m2		
	Lattiapinta eteinen ZON - 013	6	m2		
	Sisäkattorakenne käytävä	202	m2		
	Sisäkattorakenne ravintola	64	m2		
	Sisäkattorakenne toimistohuone	220	m2		
	Sisäkattorakenne tsto	213	m2		
	Sisäkattorakenne vastaanotto	12	m2		
	Sisäkattorakenne avotoimisto	55	m2		
	Sisäkattorakenne aula	85	m2		
	Sisäkattorakenne portaikko	25	m2		
	Sisäkattorakenne portaikko kork.	6	m2		
	Sisäkattorakenne eteinen ZON - 013	6	m2		
	Sisäkattopinta käytävä	202	m2		
	Sisäkattopinta ravintola	64	m2		
	Sisäkattopinta toimistohuone	220	m2		
	Sisäkattopinta tsto	213	m2		
	Sisäkattopinta vastaanotto	12	m2		
	Sisäkattopinta avotoimisto	55	m2		
	Sisäkattopinta aula	85	m2		
	Sisäkattopinta portaikko	25	m2		
	Sisäkattopinta portaikko kork.	6	m2		
	Sisäkattopinta eteinen ZON - 013	6	m2		
	Seinän pintarakenne käytävä	299	m2		
	Seinän pintarakenne ravintola	79	m2		
	Seinän pintarakenne toimistohuone	625	m2		
	Seinän pintarakenne tsto	461	m2		
	Seinän pintarakenne vastaanotto	33	m2		
	Seinän pintarakenne avotoimisto	97	m2		
	Seinän pintarakenne aula	99	m2		
	Seinän pintarakenne portaikko	13	m2		
	Seinän pintarakenne eteinen ZON - 013	6	m2		
	Seinäpinta käytävä	299	m2		
	Seinäpinta ravintola	79	m2		
	Seinäpinta toimistohuone	625	m2		
	Seinäpinta tsto	461	m2		
	Seinäpinta vastaanotto	33	m2		
	Seinäpinta avotoimisto	97	m2		
	Seinäpinta aula	99	m2		
	Seinäpinta portaikko	13	m2		
	Seinäpinta eteinen ZON - 013	6	m2		
	Yhteensä				

Rakennusosamäärien laskeminen tietomallista

Taulukossa on esitetty, mistä mallista rakennusosat lasketaan, mikäli määrälaskentaan käytetään sekä arkkitehti- että rakennemallia.

Rakennusosa		Arkkitehtimalli	Rakennemalli
12	TALO-OSAT		
121	Perustukset		
1211	Anturat		x
1212	Perusmuurit, -pilarit ja palkit		x
1213	Erityiset perustukset		x
122	Alapohjat		
1221	Alapohjalaatat		x
1222	Alapohjakanaalit		x
1223	Erityiset alapohjat		x
123	Runko		
1231	Väestönsuojat	x	
1232	Kantavat seinät	x	
1233	Pilarit		x
1234	Palkit		x
1235	Välipohjat		x
1236	Yläpohjat		x
1237	Runkoportaat		x
1238	Erityiset runkorakenteet		x
124	Julkisivut		
1241	Ulkoseinät	x	
1242	Ikkunat	x	
1243	Ulko-ovet	x	
1244	Julkisivuvarusteet	x	
1245	Erityiset julkisivuvarusteet	x	
125	Ulkotasot		
1251	Parvekkeet	x	
1252	Katokset	x	
1253	Erityiset ulkotasot	x	
126	Vesikatot		
1261	Vesikattorakenteet	x	
1262	Räystäsrakenteet	x	
1263	Vesikatteet	x	
1264	Vesikattovarusteet	x	
1265	Lasikattorakenteet	x	
1266	Kattoikkunat ja luukut	x	
1267	Erityiset kattovarusteet	x	

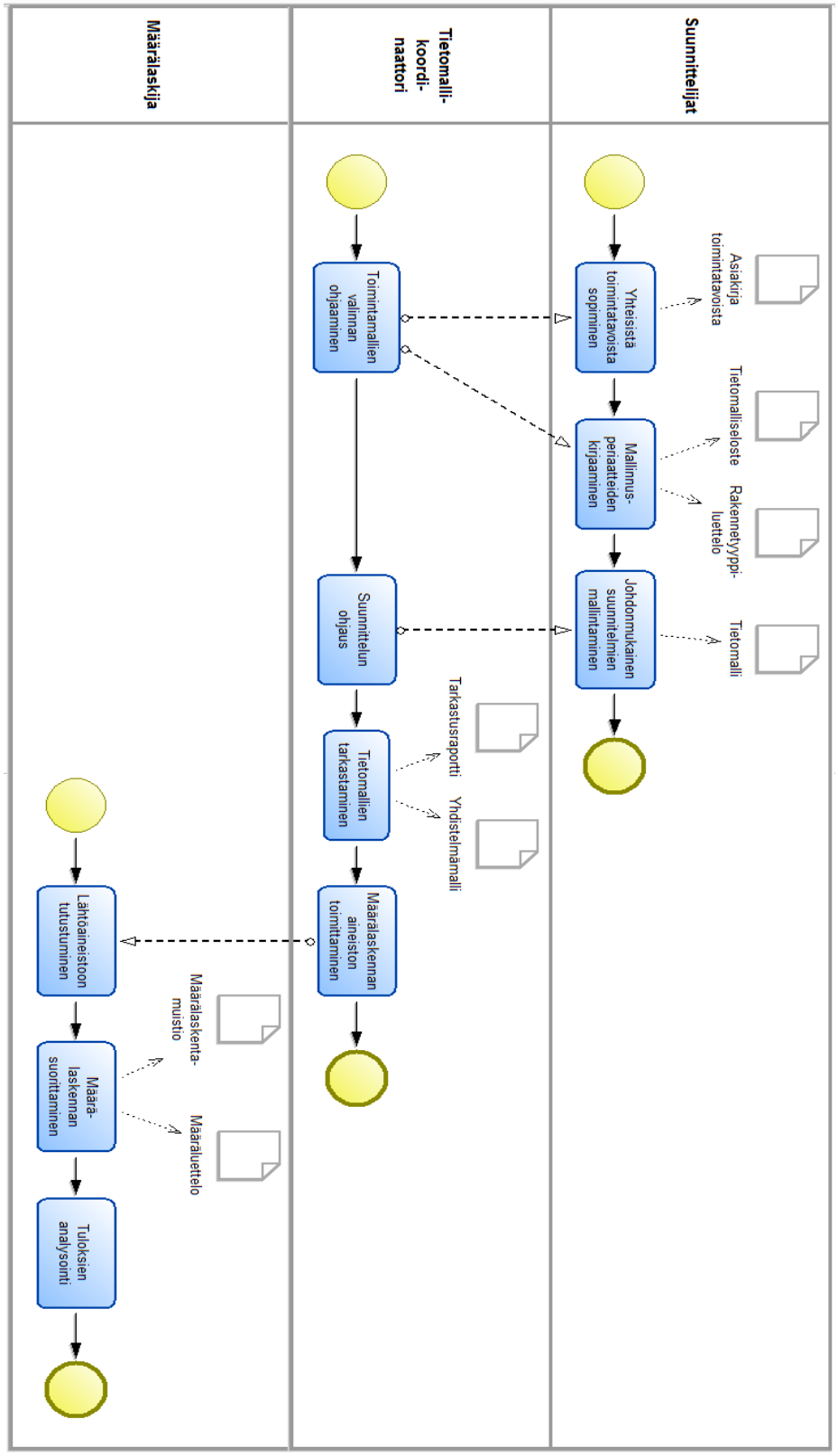
2

Rakennusosa		Arkkitehtimalli	Rakennemalli
13	TILAOSAT		
131	Tilan jako-osat		
1311	Väliseinät	x	
1312	Lasiväliseinät	x	
1313	Erityisväliseinät	x	
1314	Kaiteet	x	
1315	Väliovet	x	
1316	Erityisovet	x	
1317	Tilaportaat	x	
1318	Erityiset tilanjako-osat	x	
132	Tilapinnat		
1321	Lattioiden pintarakenteet	x	
1322	Lattiapinnat	x	
1323	Sisäkattorakenteet	x	
1324	Sisäkattopinnat	x	
1325	Seinien pintarakenteet	x	
1326	Seinäpinnat	x	
1327	Erityiset tilapinnat	x	

Liite 6

Tietomallipohjaisen määrälaskennan tärkeimmät edellytykset

1. Objektien rakennetyypit määritetään johdonmukaisesti
2. Rakennetyyppien tiedot eivät ole puutteelliset
3. Rakennetyyppien tiedot sijoitetaan mallissa aina samaan paikkaan
4. Mallissa ei ole tyhjiä tai päällekkäisiä objekteja
5. Mallinnuksessa käytetyt rakennetyypit ilmenevät rakennetyyppiluettelosta
6. Käytetyt mallinnusperiaatteet ilmenevät tietomalliselosteesta
7. Normaalista poikkeavat mallinnustavat ilmenevät tietomalliselosteesta
8. Rakennusosa mallinnetaan aina yhdeksi kokonaiseksi objektiksi, jos mahdollista

Liite 7

Tietomallipohjaisen määrälaskennan edellytysten ja laadun varmistaminen