



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TOMI HEIKKINEN  
SUUNNITELMAMUUTOKSEN HALLINTA TIETOMALLIPOHJAI-  
SESSA KUSTANNUSLASKENNASSA

Diplomityö

Tarkastaja: Dosentti Mauri Laaso-  
nen  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Rakennustekniikan tiedekuntaneu-  
voston kokouksessa 8. huhtikuuta  
2015



## TIIVISTELMÄ

**TOMI HEIKKINEN:** Suunnitelmamuutoksen hallinta tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 65 sivua, 16 liitesivua

Toukokuu 2015

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennustuotanto ja -talous

Tarkastaja: dosentti Mauri Laasonen

Avainsanat: 5D-tietomalli, kustannuslaskenta, tietomallintaminen, suunnitelma-muutos, muutoksen hallinta

Kohdeyrityksen tietomallipohjaisen kustannuslaskennan haasteena on suunnitelmamuu-tosten hallinta kustannusarvion päivittämisen yhteydessä. Kustannusarvion päivitykseen liittyy tiettyjä riskejä sekä hankaloittavia tekijöitä. Esimerkiksi määrä- ja kustannusriskit kuten tuplalinkitys tai muutoksen vaikutus yksikköhintoihin pitää huomioida päivityk-sen yhteydessä. Tämä vaatii laskijalta osaamista, jotta tietää tarkkaan, miten muutokset huomioidaan. Usein päivitys tehdään kiireisellä aikataululla, jolloin riskien mahdolli-suudet lisääntyvät. Sen takia suunnitelmamuutoksiin kannattaa varautua ennakkoon mahdollisimman hyvin.

Diplomityö toteutettiin viidessä tutkimusvaiheessa ja testauksella. Ensimmäisenä selvi-tettiin tietomalleissa hyödynnettyjä tietomalliojekteja ja niiden attribuutteja, minkä avulla saatiin rajattua tutkimuksen muuttujien lukumäärää. Toisessa vaiheessa selvitet-tiin laskentaprosessin kulku case-kohteen avulla. Kolmannessa vaiheessa case-kohteen tietomallista tunnistettiin yleiset muutostyypit, joille myöhemmin voitiin määrittää omat muutosprosessit. Neljännessä vaiheessa toteutetulla asiantuntijahaastattelulla saatiin prosesseihin lisättyä hyviä toimenpiteitä ja niiden ohjaushuomioita. Haastattelulla myös kommentoitiin laskentaprosessin kattavuutta. Viidentenä diplomityön varsinaisena tut-kimusvaiheena oli muutosten tekeminen natiivimalliin ja kustannuslaskelman päivitys. Näiden avulla case-kohteella määritettiin päivitysprosessi, jonka lähtökohtana oli ai-emmin määritetty laskentaprosessi. Viimeiseksi laskenta- ja päivitysprosessi testattiin yksinkertaisella testimallilla.

Diplomityön tutkimustuloksista muodostui lopulta kustannuslaskennan kokonaisproses-si, joka pitää sisällään laskenta- ja päivitysprosessit hyvine toimenpiteineen ja ohjaus-huomioineen. Tutkimuksella määritetyllä tietomallipohjaisen kustannuslaskennan ko-konaisprosessilla voidaan varautua mahdollisiin ja todennäköisiin suunnitelmamuutok-siin. Kokonaisprosessi sisältää muutoksiin varautumisen ja muun muassa toimet muu-toksien huomioimiseen. Esimerkiksi ensimmäisen laskennan yhteydessä kannattaa tal-lentaa linkityksen ryhmittelysäännöt ja niiden suodatukset. Päivityslaskennan yhteydes-sä erityishuomiota kaipaa suunnitelmamuutoksen tunnistaminen tietomallista visuaali-sella tarkastuksella tai ohjelmallisesti revisiovertailulla.

## ABSTRACT

**TOMI HEIKKINEN:** Managing design changes in BIM-based cost estimating  
Tampere University of Technology  
Master of Science Thesis, 65 pages, 16 Appendix pages  
May 2015  
Master's Degree Programme in Civil Engineering  
Major: Construction production  
Examiner: adjunct professor Mauri Laasonen

Keywords: 5D-BIM, cost estimating, building information model, design change, change management

Managing design changes is a challenge the target company faces in their information model based cost estimating process when the cost estimations are revised. Revising cost estimations includes certain risks and challenges that have to be taken into account in the revision process. For example, quantity and cost risks, such as linking objects twice or the effect changes may have on unit prices have to be considered. Analysts are required to have the skills to know exactly which changes to take into account. Cost estimations are often revised on a tight schedule, which increases the risks. Design changes should therefore be prepared for as carefully as possible.

This Master of Science thesis research was conducted in five phases, after which the results were tested. First, the information model objects and their respective attributes utilized by the target company in their information models were researched in order to restrict the number of variables in this study. In the second phase, the phases of the cost estimating process were examined by using a case target. Thirdly, the case target's information models were researched for frequent change types that were later defined with their own respective change processes. Interviewing experts in the fourth phase of the study enabled improving the processes with additional good practices and their guidelines. In addition, the interviewees provided comments on the coverage of the cost estimating process. The fifth phase consisted of making the required changes to the native model and revising the cost estimation. The case target could thus be defined with a revision process that was based on the previously defined cost estimating process. Lastly, the cost estimation and revision processes were tested with a simple test model.

The results of this thesis research demonstrate the total process of cost estimating, including cost estimating and revision processes with their respective good practices and guidelines. The information model based total process of cost estimation defined in this research can be used for preparing for possible and probable design changes. The total process consists of preparing for changes and e.g. actions to take the changes into account. For example, the grouping rules and their respective filters in the linking phase should be saved when the first cost estimation is made. As the cost estimating is revised, identifying design changes in the information model by code checking or visually.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty työsuhteen aikana SRV Rakennus Oy:lle. Työ on tehty opin-  
näytteeksi diplomi-insinöörin tutkintoon rakennustekniikan laitokselle Tampereen tek-  
nilliseen yliopistoon (TTY). Diplomityön aihe, tietomallintaminen, on mielenkiintoinen  
rakennusalan kehityksen ja tulevaisuuden kannalta.

Kiitokset SRV Rakennus Oy:n kustannuslaskennan henkilöstölle ja johtaja Antti Mäki-  
prosille osallistumisesta tutkimukseen, neuvoista ja ohjauksesta työn parissa sekä mie-  
lenkiintoisista keskusteluista tietomallintamisen hyödyntämiseen liittyen. Erityiskiitos  
Saku Hänniselle ja Virve Kuurnelle.

Kiitokset työn tarkastaja Mauri Laasoselle ohjauksesta ja hyvistä neuvoista opinnäyte-  
työn alkuun: jatkuva kirjoittaminen, työn päivittäinen tekeminen ja TTY:n opinnäyte-  
työrakenteen noudattaminen.

Lopuksi vielä kiitokset opiskelukavereille yhteisestä ajasta opintojen ja vapaa-ajan pa-  
rissa. Kiitos kotiväelle opiskeluiden tukemisesta ja kannustuksesta.

Espoossa, 18.5.2015

Tomi Heikkinen

## SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT .....	III
1. JOHDANTO .....	1
1.1 Yleistä .....	1
1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset .....	1
1.3 Ongelman asettelu, tutkimuskysymys ja –menetelmä .....	3
1.4 Työn rakenne ja aikaisempi tutkimus .....	4
2. TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS .....	6
2.1 Tietomallipohjainen kustannuslaskenta .....	7
2.1.1 Kustannuslaskenta .....	7
2.1.2 Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan perusteet .....	8
2.1.3 Kustannuslaskennan vaatimukset tietomallille .....	10
2.1.4 Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan kehitys .....	12
2.2 Suunnitelmamuutos .....	13
2.2.1 Miksi muutoksia syntyy? .....	14
2.2.2 Suunnitelmamuutokset rakennuksen tietomalleissa .....	14
2.3 Suunnitelmamuutoksen hallinta .....	15
2.3.1 Muutoksen vaikutuksen hallinta .....	16
2.3.2 Tietotyö, prosessijohtaminen .....	17
2.4 Kustannuslaskentaprosessikuvaukset lähteissä .....	18
2.4.1 Kohdeyrityksen kustannuslaskentaprosessi .....	20
2.4.2 Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan ohjelmistot .....	21
3. TUTKIMUSMENETELMÄ .....	25
3.1 Suunnitelmamuutoksen hallinnan tutkimusmenetelmät .....	26
3.1.1 Kirjallisuusselvitys .....	26
3.1.2 Case-tutkimus .....	26
3.1.3 Asiantuntijahaastattelu .....	28
3.1.4 Laskenta- ja päivitysprosessin testaus .....	28
3.2 Tutkimusmenetelmien arviointi .....	28
3.3 Case-kohteen esittely .....	29
4. TULOKSET .....	31
4.1 Laskennassa käytetyt attribuutit ja tietomalliobjektit .....	31
4.2 Laskentaprosessin määrittäminen .....	33
4.3 Muutostyyppien ja niiden prosessien hahmottaminen .....	35
4.4 Asiantuntijahaastattelun prosessiparannukset .....	35
4.4.1 Suunnitelmamuutos asiantuntijahaastattelun mukaan .....	36
4.4.2 Hyvät toimenpiteet asiantuntijahaastattelun mukaan .....	36
4.5 Päivitysprosessin määrittäminen .....	38
4.5.1 Muutoksen tunnistaminen päivitysprosessissa .....	39
4.5.2 Päivitysprosessi .....	43

4.5.3	Muutosryhmien muutosprosessit .....	45
4.6	Prosessien testaus .....	48
5.	TULOSTEN TARKASTELO.....	50
5.1	Laskennassa käytetyt attribuutit ja tietomalliobjektit .....	50
5.2	Laskentaprosessin määrittäminen .....	51
5.3	Muutostyyppien ja niiden prosessien tunnistus.....	53
5.4	Asiantuntijahaastattelun prosessiparannukset .....	53
5.5	Päivitysprosessin määrittäminen .....	54
5.6	Prosessien testaus .....	56
6.	YHTEENVETO.....	58
6.1	Päätulokset ja niiden merkitys.....	58
6.2	Tulosten sovellettavuus työn rajaukset huomioiden.....	59
6.3	Merkitys tietomallipohjaiseen kustannuslaskentaan .....	59
6.4	Jatkotutkimus ja kehitystyötarve .....	60
	LÄHTEET .....	63

LIITE A: Asiantuntijahaastattelu

LIITE B: Oleelliset tietomalliobjektien attribuutit

LIITE C: Teemoitellut asiantuntijahaastattelun vastaukset

LIITE D: Tietomallipohjaisen kustannuslaskentaprosessin vaiheet

LIITE E: Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan päivitysprosessin vaiheet

## LYHENTEET JA MÄÄRITTELYT

2D-suunnitelma	Perinteinen suunnitelma, jolla rakennushanketta kuvataan piirustuksin. Työssä 2D-suunnitelmalla viitataan myös erinäisiin suunnitelmaselostuksiin.
3D	Kolmiulotteinen tapa kuvata rakennushankkeen suunnitelmia. 3D-mallia käytetään yleensä synonyyminä rakennuksen tietomallille (kts. BIM).
5D	Tietomalli, joka pitää sisällään myös kustannuslaskentatiedon
5D-kustannuslaskenta	Tietomallipohjainen kustannuslaskenta
Attribuutti	Tietomalliobjektin ominaisuus, kuten rakennetyyppi, taso ja leveys
BIM	Building information model, rakennuksen tietomalli, lyhyemmin tietomalli
IFC	Industry Foundation Classes (IFC) on tietomallien kuvaamistapa, joka on tarkoitettu eri mallinnusohjelmien väliseen tiedonsiirtoon.
Laskentaprosessi	Diplomityön tuloksena saatu tarkka kuvaus tietomallipohjaisen laskentaprosessin vaiheista
Muutosprosessi	Tietyn muutostyyppin oma päivitysprosessi
Muutostyyppi	Tutkimuksen kautta tunnistetut erilaiset muutostyypit: ryhmitely-, määrä- ja sijaintimuutos sekä rakennetyypin poistuminen
Määrälinkitys	Rakenteiden ja määrätiedon linkittäminen IFC-tietomallista toiseen ohjelmaan, kuten kustannuslaskentaohjelmaan
Natiivimalli	Tietomallinnusohjelmalla tuotettu alkuperäinen malli, joka on tallennettu sovelluksen omaksi tiedostoformaatiksi
Päivitysprosessi	Diplomityön tuloksena saatu tarkka kuvaus kustannusarvion päivittämisestä tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa
Tietomalliobjekti	Tietomallin rakennusosa, esimerkiksi seinä, palkki, ovi, ikkuna
Visuaalinen tarkastus	Tarkastajan toteuttama tietomallin visuaalinen vertaaminen esimerkiksi 2D-suunnitelmiin



# 1. JOHDANTO

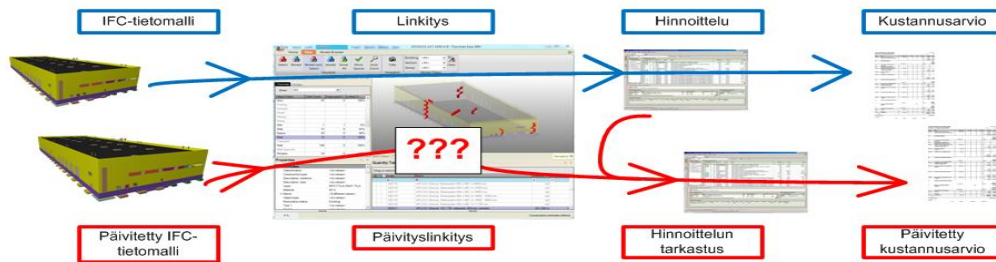
## 1.1 Yleistä

Tietomallipohjainen kustannuslaskenta tarkoittaa tietomallien hyödyntämistä kustannuslaskennassa ja erityisesti sen määrälaskentavaiheessa. Tietomallit nopeuttavat ja selkeyttävät määrälaskentaa visuaalisuutensa ja tietosisältönsä ansiosta. Tietomallien käyttö aikaistaa rakennusosalaskennan suorittamista hankkeen alkuvaiheessa sekä nopeuttaa eri suunnitelmavaihtoehtojen vertailua. Tämän takia tietomallinnettuja kohteita ja niiden suunnitelmamuutoksia saatetaan laskea useaan otteeseen. Tietomallipohjainen laskenta poikkeaa perinteisestä laskennasta esimerkiksi suunnitelmamuutoksien merkitsemisen osalta. Suunnitelmamuutoksen hallinta vaatii omat toimet tietomallipohjaiseen kustannuslaskentaan.

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Tutkimustyön tavoitteena on tuottaa kohdeyritykselle prosessikuvaus tietomallipohjaisen kustannuslaskelman päivittämiseen suunnitelmien muuttuessa. Diplomityössä tutkitaan, millaisilla toimenpiteillä muutoksen vaikutukset pysyvät kustannuslaskijan hallinnassa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kaikki muutosten vaikutukset huomioidaan kustannusarviossa. Suunnitelmamuutoksista on tarkoitus tunnistaa eri **muutostyypit**, joiden vaatimat **muutosprosessit** voidaan selvittää ja testata erikseen. Kyseiset muutosprosessit muodostavat kustannuslaskennan **päivitysprosessin**, jolla varmistetaan muutosten huomioiminen uuteen kustannusarvioon. Päivitysprosessin avulla suunnitelma-  
muutosten vaikutukset huomioidaan kustannusarvioon. Tällöin toiminta tehostuu ja kustannusarvion muutosten jäljittäminen myöhempänä tarkasteluhetkenä helpottuu. Diplomityöllä haetaan myös päivitysprosessia helpottavia toimenpiteitä ja asioita, jotka esimerkiksi auttavat muutosten tunnistamisessa ja vähentävät muutosten aiheuttamia määrälaskennan ja hinnoittelun virheitä.

Diplomityön ensimmäisellä ja toisella vaiheella selvitetään käytettävien **tietomalliobjektien attribuutit** ja tietomallipohjainen **kustannuslaskentaprosessi**. Kustannuslaskennan kannalta oleellisten tietomalliobjektien attribuuttien selvittämisen myötä tutkimuksesta voidaan karsia epäolennaisia muuttujia. Määritettävä laskentaprosessi toimii päivitysprosessin tutkimisen perustana. Käytettävien attribuuttien ja laskentaprosessin määrittämisen tavoitteena on myös lisätä ymmärrystä tietomallipohjaisesta kustannuslaskennasta kohdeyrityksessä. Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa (Kuva 1.) on esitetty punaisella värillä näkemys päivitysprosessista tutkimuksen alkuvaiheessa.



*Kuva 1. Diplomityöllä määritetään tietomallipohjainen kustannuslaskentaprosessi (sininen) ja päivityslinkitysprosessi (punainen).*

Aihe on rajattu koskemaan kustannuslaskentaan toimitettuja IFC-tietomalleja, jotka on mallinnettu kohdeyrityksen tietomalliohjeiden mukaisesti, eikä niissä ole mallinnusvirheitä. Tutkimuksessa oletetaan, että kustannuslaskentaan toimitettavat tietomallit ovat täydellisesti määrälaskentaan soveltuvia. Tämä tarkoittaa, että rakenteet on mallinnettu oikeilla työkaluilla ja IFC-mallista saadaan tarvittavat määrätiedot linkitettyä kustannuslaskelmaan. Tutkittavat tietomalliohjeet määritetään case-kohteiden perusteella.

Tutkimuksessa tarkastellaan suunnitelmamuutoksen vaikutusten hallintaa uudiskohteissa. Työn rajaus on hankesuunnittelusta aina rakentamisen aloitukseen asti. Tällöin kustannuslaskentaa suoritetaan alustavasta rakennusosa-arviosta aina kohteen budjettiarviioon asti. Suunnittelualana on huomioitu vain arkkitehtisuunnittelu, jolloin talotekniikka-, rakenne- ja geosuunnittelu jäävät tutkimuksen ulkopuolelle. Tutkimuksen ympäristön muodostavat kohdeyrityksen kustannuslaskentaosasto, sen sisäiset toimintatavat ja käytettävät ohjelmistot. Kohdeyrityksen kustannuslaskennassa käytettävät tietomallisovellukset ja kustannuslaskentaohjelmisto ovat esitetty diplomityön luvussa 2.

Tutkimuksessa suunnitelmien muuttuminen ja täydentyminen käsitetään samana asiana, sillä niiden vaikutus kustannuslaskennan näkökulmasta on sama. Suunnitelmamuutoksista huomioidaan vain tietomalliin tehdyt muutokset, jolloin voidaan olettaa, että ainoa tapa tiedon jalostamiseksi kustannusarviioon on tietomallin uudelleen linkitys. Tällöin työssä ei huomioida **2D-suunnitelmin** esitettyjä lisäyksiä, tarkennuksia tai muutoksia. Suunnitelmamuutoksen vaikutusta hinnoitteluun ei diplomityössä tarkemmin tutkita, sillä se huomioidaan aina tapauskohtaisesti. Kustannusarviioon muista syistä tehtävät muutokset, kuten hinnoittelun tarkistus, eivät kuulu diplomityön aihealueeseen.

Tutkimuksen case-kohteena on toimitilahalli, joka on tietomallinnettu kohdeyrityksen jälkilaskentatarkoitukseen. Case-kohteeseen huomioitiin vain Talo-80 nimikkeistön 2-6 pääryhmien rakennusosat, joten maa- ja pohjarakenteet (PR1) sekä talotekniikka (PR7) jätettiin jälkilaskennan ulkopuolelle.

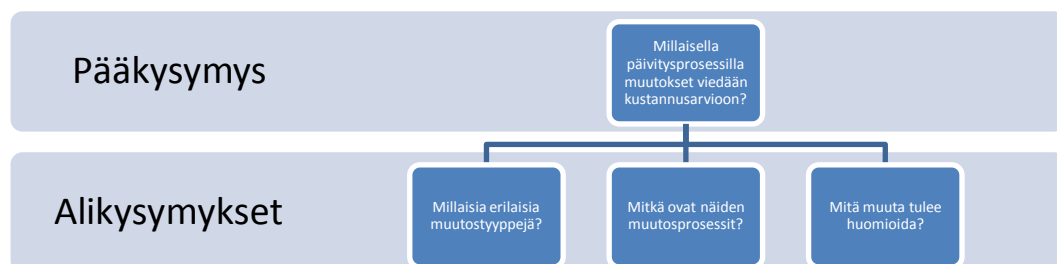
### 1.3 Ongelman asettelu, tutkimuskysymys ja –menetelmä

Diplomityön tutkimusongelmana on tietomallipohjaisten suunnitelmamuutosten päivittäminen kustannuslaskelmaan. Ongelmaan liittyvät myös päivityksen tuomat määrä- ja kustannusriskit kuten tuplalinkitys ja muutoksen vaikutus yksikköhintoihin. Riskit korostuvat, jos laskija ei tiedä tarkkaan, miten muutokset huomioidaan. Usein päivitys tehdään vielä kiireisellä aikataululla, jolloin riskien mahdollisuudet lisääntyvät.

Tutkimuksen pääkysymys on: ”Millaisella päivitysprosessilla suunnitelmamuutokset viedään kustannusarvioon?”. Kysymyksellä selvitetään hyviä kokemuksia toteuttaa muutokset, jotta voidaan kuvata yhtenevä ja toimiva toteutustapa. Tutkimuksen pääkysymys jakautuu kolmeen alikysymykseen:

1. Millaisia erilaisia muutostyyppisiä on laskentaprosessissa?
2. Mitkä ovat näiden tyyppien vaatimat prosessit päivityksessä?
3. Mitä muutoksen hallinnassa tulee huomioida prosessien lisäksi?

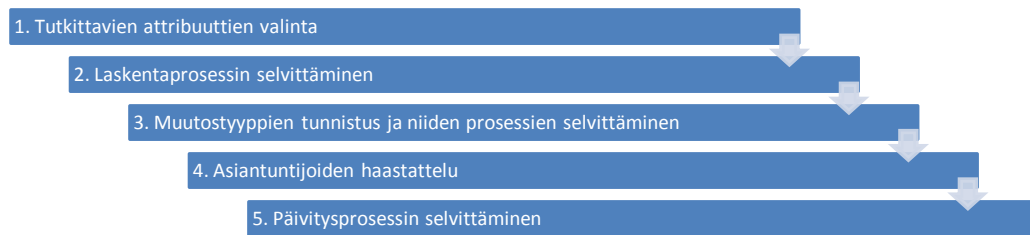
Alikysymyksillä 1. ja 2. pyritään löytämään paras tapa toteuttaa muutos kustannuslaskelmaan. Toinen alikysymys tarkoittaa pääkysymystä. Sillä selvitetään eri muutostyyppien vaatimat prosessit, joista voidaan lopulta koota pääkysymyksen vastaukseksi kattava päivitysprosessi. Kolmannella alikysymyksellä täydennetään suunnitelmamuutosten vaikutusten hallintaan liittyviä hyviä toimenpiteitä ja tapoja. Täydentäminen tarkoittaa esimerkiksi prosessin asiakkaan määrittämistä ja arvoa tuottavien lisätavoitteiden tunnistamista. Tällä selvitetään muun muassa kustannusrevisioiden vertailukelpoisuutta ja kustannusarvioin rakenteiden vaikutusta muutoksen hallinnassa. Seuraavaksi on kuvassa 2. esitetty pääkysymys sekä alikysymykset.



*Kuva 2. Diplomityön pääkysymys ja alikysymykset. Alikysymykset muodostavat haastattelututkimuksen rungon.*

Diplomityön tutkimusmenetelmänä on kauttaaltaan kvalitatiivinen (Kananen 2013) eli laadullinen tutkimus. Tutkimus jakautuu viiteen vaiheeseen (Kuva 3.) ja tulosten testaamiseen. Ensimmäiseksi määritetään muutaman valitun laskentakohteen avulla kustannuslaskennassa käytetyt tietomalliobjektit ja niiden attribuutit, joiden avulla voidaan rajata tutkimuksen 2.- 5. vaiheiden muuttujien määrää. Toisen vaiheen tarkoituksena on selvittää tietomallipohjaisen kustannuslaskennan prosessin (kuvassa 1. oleva sininen nuoli) vaiheet. Sen tutkimustyyppinä ovat kirjallisuusselvitys, case-kohde ja asiantunti-

japalaute. Muodostettu laskentaprosessi toimii päivitysprosessin perustana. Alla esitetyssä kuvassa 3. on tutkimusprosessin päävaiheet.



*Kuva 3. Diplomityön tutkimusprosessin päävaiheet*

Varsinaisen suunnitelmamuutoksen vaikutusten hallinnan tutkiminen alkaa 3. vaiheen muutostyyppien ja niiden muutosprosessien tunnistamisesta toisen vaiheen case-kohteen yhteydessä. Case-kohteen avulla määritetään tietomalliobjektien attribuuteissa tapahtuvia laskennan kannalta oleellisia muutoksia, jotka voidaan ryhmitellä muutostyypeiksi. Samalla voidaan nimetä alustavasti eri tyyppien muutosprosessit. Neljäntenä vaiheena toteutetaan asiantuntijahaastattelut, jolla pyritään korjaamaan listatun laskentaprosessin puutteita ja tuomaan case-kohteen löydöksiä tueksi hyviä toimenpiteitä suunnitelma-  
muutosten vaikutusten hallintaan. Haastattelut tehdään pääkysymyksen selvittämiseksi käyttäen alikysymyksiä haastattelurunkona kuvan 2. mukaisesti. Viimeisenä tutkimusvaiheena määritetään case-kohteeseen toteutetuilla muutoksilla päivitysprosessi, joka testataan muutostyypeittäin testimallin avulla. Haastatteluun osallistuu viisi laskennan ammattilaista.

## 1.4 Työn rakenne ja aikaisempi tutkimus

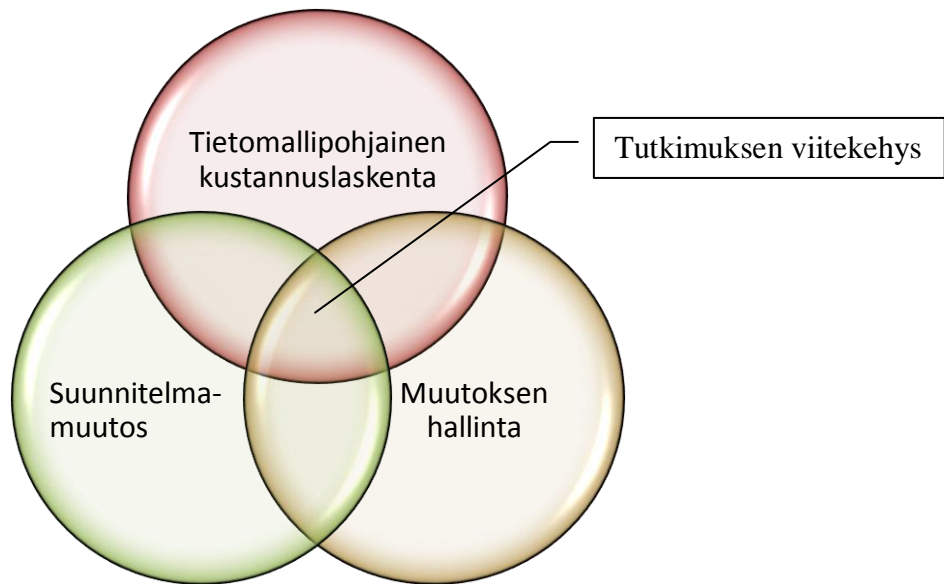
Toisen luvun sisältönä on taustateoria, jossa selvitetään työn viitekehys aikaisemman tutkimustiedon ja kirjallisuuden avulla. Tarkasteltavia teemoja ovat muun muassa **5D-kustannuslaskenta**, suunnitelmamuutos ja niiden hallinta prosessijohtamisen keinoin. Tarkastelemalla kustannuslaskentatointa prosessina myös suunnitelmamuutoksen vaikutukset tulevat helpommin esille.

Kolmannen luvun sisältönä ovat tutkimusmenetelmät ja aineisto. Luvussa perustellaan valittu tutkimusmenetelmä ja käydään läpi käytetty aineisto. Tulokset –luvussa (luku 4) nostetaan esille tutkimustyön tulokset. Tulosten tarkastelu -luvussa (luku 5) arvioidaan saatuja tuloksia, niiden luotettavuutta sekä spekuloidaan tulosten soveltamista aihe-  
rajan ulkopuolelle. Tulokset ja niiden tarkastelut ovat erillisissä luvuissa, jotta tulokset ja niistä tehdyt johtopäätökset olisivat helpommin erotettavissa. Diplomityön kuudennessa ja viimeisessä luvussa on yhteenvetona nostettu esille tutkimuksen tärkein anti ja pohdittu tulosten merkitystä. Yhteenvetoluvussa ehdotetaan myös jatkotutkimusaiheita alalle yleisesti sekä kohdeyrityksen laskennan tietomallintamisen käytön kehitystyöhön.

Kirjallisuudesta ei löytynyt diplomityön resurssien puitteissa suoraan aihetta vastaavaa tutkimusta, vaan teoriaa etsittiin kolmen ala-aiheen mukaisesti: **BIM**-kustannuslaskenta, suunnitelmamuutos ja muutoksen hallinta. Perinteiseen kustannuslaskentaan löytyy oppikirjoja ja tutkimustyötä kansalliselta kentältä. Tietomallipohjaista kustannuslaskentaa on tutkittu kansallisesti ja kansainvälisesti. Muutoksen hallinnasta löytyy diplomityöhön sovellettavaa tutkimustietoa lähinnä ohjelmistoarkkitehtuurin tutkimuksista. Rakennusalalla on tutkittu työmaan lisä- ja muutostöiden hallintaa, mutta se soveltuu heikosti tietovirtaprosessien tutkimiseen, joksi tutkittava tietotyö, tietomallipohjainen kustannuslaskenta voidaan mieltää. Tutkimusongelman liittyessä tiiviisti tietovirtoihin ja kustannuslaskennan prosesseihin on tutkimuksen tueksi haettu oppeja prosessijohtamisen saralta.

## 2. TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS

Tutkimustyön taustateoria koostuu kolmesta osasta: tietomallipohjaisesta kustannuslaskennasta, suunnitelmamuutoksesta ja sen hallinnasta. Vaikka tietomallin hyödyntäminen laskennassa painottuu pääosin määrätiedon tuottamiseen, voidaan sen avulla visualisoida rakennuttavuutta ja kohteen laajuutta ymmärryksen lisäämiseksi. Ammattitaitoinen tietomallien käyttö tukee laskennan laadunvarmistusta. Tutkimusta suunnitelmamuutosten hallinnasta ei tietomallipohjaisen kustannuslaskennan lähteistä diplomityön resurssien puitteissa löytynyt. Tämän vuoksi muutoksen hallinnan peruseriaatteiden selvittäminen on aiheellista. Suunnitelmamuutos määritellään ja sen syitä käydään läpi tarkemmin luvussa 2.2. Muutoksen hallintaan ehdotetaan hyviä toimenpiteitä ja prosessijohtamisen oppeja luvun 2.3. mukaan. Taustateorialla määritetään diplomityössä käytettävät käsitteet ja tuodaan esille viitekehystä tutkittu tieto.



*Kuva 4. Diplomityön viitekehys*

Yllä olevassa kuvassa 4. on esitetty tutkimuksen viitekehys Boolean logiikan mukaisena leikkauksena. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimusongelman ratkaisuun sovellettava teoria löytyy tietomallipohjaisen kustannuslaskennan, suunnitelmamuutoksen sekä sen hallinnan yhdistävästä viitekehystä. Tutkimusongelmaa, suunnitelmamuutoksen hallinta tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa, rajaa vielä kohdeyrityksen sisäiset prosessit ja laskennan käytössä olevat ohjelmat.

## 2.1 Tietomallipohjainen kustannuslaskenta

Diplomityön tärkein viitekehys on tietomallipohjainen kustannuslaskenta. Lähteissä (Smith 2014; Brandtman ja Mitchell 2012 sekä Aibinu *et al.* 2014) määritellään tietomallipohjainen kustannuslaskenta usein termillä **5D BIM**, jossa BIM tarkoittaa rakennuksen tietomallintamista (*eng. building information modelling*) ja 5D sen kustannusulottuvuutta. Poikkeuksiakin tähän löytyy, sillä esimerkiksi Cerovsek (2010, s. 253) käyttää päinvastoin tietomallipohjaisesta kustannuslaskennasta 4D BIM -termiä ja viittaa 5D BIM:illä tietomallin aikaulottuvuuteen. 5D-tietomallintamista käsittelevissä artikkeleissa esitetään ongelmat usein määrälaskijoiden tai määrälaskentayritysten näkökulmasta. Kohdeyrityksessä tietomallipohjainen kustannuslaskenta tarkoittaa määrätiedon **linkittämistä** kustannusarvio-ohjelmaan tai määräluetteloksi. Toisaalta Brandtman ja Mitchell (2012) erottelee määrälaskennan (*eng. quantity take-off*) ja 5D-tietomallin toisistaan. Heidän mukaansa 5D tarkoittaa kustannustiedon linkittämistä **3D**-malliin. Smith (2014) määrittelee tietomallintamisen viidennen ulottuvuuden sisältämään 3D:n objektien ja 4D:n ajan lisäksi määrät, aikataulun ja hinnat.

Tutkimuksen viitekehystenä tietomallipohjainen kustannuslaskenta nähdään määrätiedon linkittämisenä tietomallista kustannusarvioon, jossa se hinnoitellaan suoritteittain. Seuraavaksi avataan tietomallipohjaisen kustannuslaskennan toiminnot, verrataan tietomallipohjaista ja perinteistä kustannuslaskentaa sekä esitellään kustannuslaskennan vaatimukset tietomallille ja tulevaisuuden kehityssuuntauksia.

### 2.1.1 Kustannuslaskenta

Rakennusyrityksen kustannuslaskenta on ydinliiketoiminnan tukitoimi, jonka avulla tehdään tarjouksia, seurataan hankkeiden kustannuksia ja kerätään kohteista jälkilaskentatietoa. Kustannushallinta rakennushankkeessa -kirjassa on esitetty laskennan vaiheita ja yleisiä menetelmiä tilaajan ja rakennusyritysten näkökulmasta. Yrityksissä käytetään usein rakennusosa- ja suoritelaskentaa. Laskentamenetelmän valintaan vaikuttavat rakennushankkeen suunnittelun vaihe ja käytössä oleva laskenta-aika. Kustannuslaskenta alkaa toimitetun laskentamateriaalin tutustumisella ja määrien laskennalla, mikäli määräluettelo ei ole toimitettu rakennusyritykselle. (Lindholm 2009, s.20-25)

Laskentadokumenttien riittävä laatu on tärkeää tarkan määräluettelon luomiseksi (Smith 2014, s. 481). Suunnitelmien ristiriitaisuuksien löytyessä määrätiedon laskemiseen käytetään suunnitelmien pätevyysjärjestyksen mukaista dokumenttia (Myllymäki 2014 s.7; buildingSMART Finland Osa 7, s.6). Nimikkeistöjen avulla hankkeen tietoja voidaan mitata ja ryhmitellä määräluetteloon yhtäläisin perustein. Käytössä ovat Talo 80, Talo 90 ja Talo 2000 sekä yrityskohtaiset nimikkeistöt (Lindholm 2009, s.18). Laajimmin määräluetteloinnissa käytetään Lindholmin mukaan Talo 80 –nimikkeistöä.

Rakennusosalaskennassa määrät lasketaan rakennusosittain ja ne hinnoitellaan joko standardin mukaisilla yksikköhinnoilla tai kohdekohtaisin tarkennuksin panospohjaisella hinnoittelulla. Hinnoitteluun voidaan käyttää myös ennakkokyselyjä rakennusosien toimittajilta tai aliurakoitsijoilta. Pelkkää rakennusosalaskentaa käytetään yleensä suunnittelun alkuvaiheessa, esimerkiksi suunnitelmien kustannusvertailuun. (Lindholm 2009, s.20-25)

Suoritelaskennassa määräluettelo esitetään rakennusosanimikkeiden lisäksi suorituksina, jotka hinnoitellaan panoksien hintatietoihin perustuen. Talo 80 mukaiset suoritteita ovat esimerkiksi muottityö, raudoitus, betonointi, metallityö, muuraus ja eristystyöt. Suoritteista käytetään Talo 90 - ja Talo 2000 -nimikkeistöissä työläji- ja tuotantonimike-termiä. Rakennusosat hinnoitellaan suoritelaskennassa kohdekohtaisesti kustannuslajien tai standardihankkeen rakennusosien mukaan. Kustannuslajeista käytetään myös nimitystä panoslaji (TCM Pro -ohjelma). Panos- tai kustannuslajeilla, kuten työ, materiaalit, alihankinnat, lasketaan keskimääräisten panoslajien hintaa. Tarkempaa hinnoittelua varten suoritteiden panokset voidaan eritellä yksitellen, esimerkiksi moneksi työvaiheeksi, jolloin kyseessä on suoritteiden hinnoittelu panostasolla. (Lindholm 2009, s.25-28) Kustannusarviosta saadaan rakennushankkeen tarjoushinta lisäämällä hankkeen työmaakustannuksiin riskivaraus ja kate (Lindholm 2009, s. 31).

Määrälinkitystä tekevällä kustannus- ja määrälaskijalla on hyvä olla kokemusta perinteisestä määrälaskennasta ja perehtyneisyyttä käytettäviin ohjelmistoihin, jotta mahdolliset määrälaskennan riskit osataan tunnistaa (Smith 2014, s. 482). Esimerkiksi puutteellinen mallinnus on kustannuslaskennan kannalta määräriski. Tarkan määräluettelon tekemiseen tietomallintaminen yksin ei vielä riitä, vaan lisäksi tarvitaan käsin laskentaa (Smith 2014, s. 482).

## **2.1.2 Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan perusteet**

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan toiminnot jakautuvat määrälinkitykseen ja hinnoitteluun. Näiden tuotteena syntyvät sekä määräluettelo että kustannusarvio. Tietomallipohjainen kustannuslaskenta eroaa perinteisestä laskennasta eniten määrälaskennan osalta. Tämä vaihe sisältää tietomalliobjektien tunnistamisen ryhmittelyineen sekä määräluettelon tekemisen tai tuomisen kustannusarvio-ohjelmasta. Hinnoittelussa tietomalleja hyödynnetään muun muassa rakennettavuuden tarkasteluun. Tutkimustiedon mukaan tietomallipohjaisen kustannuslaskennan etuna perinteiseen laskentaan verrattuna on, että se säästää aikaa kohteeseen tutustumiselta ja määrien mittaamiselta (Smith 2014, s. 482).

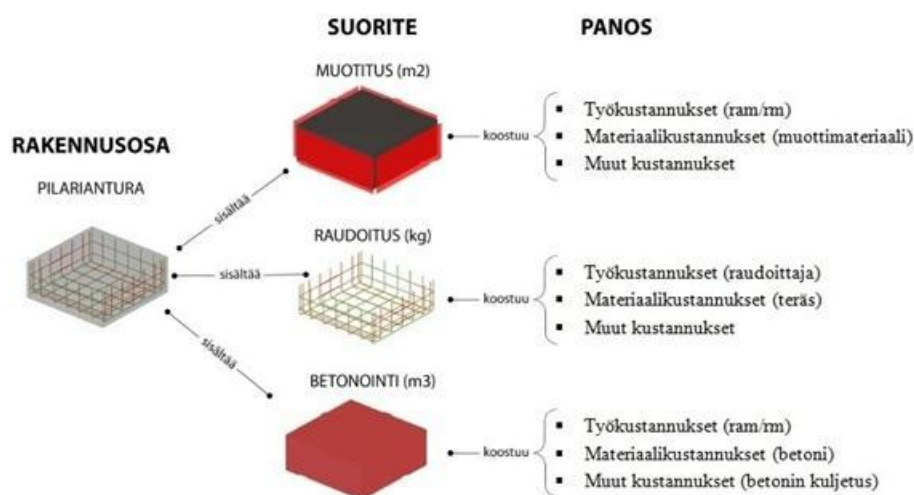
YTV:n mukaan myös tietomallipohjaista kustannuslaskentaa voidaan suorittaa tilapohjaisesti ja tunnuslukujen kautta (buildingSMART Finland Osa 7). Suunnittelun tarkentuessa käytetään alustavaa tai tarkennettua rakennusarviotasoista kustannuslaskentaa, jotka ovat diplomityön tutkimuskohteena. Tietomalleista saadaan suunnittelun alkuvai-



heessa alustavia rakennusosalaskelmia, joita tarkennetaan 2D-suunnitelmista tarpeen mukaan (Brantdman ja Mitchell 2012, s.5). Kun käytössä on rakennusosamalli tai yleisuunnitteluvaiheen rakennemalli, voidaan määräluettelo päivittää tarkennetulla rakennusosalaskelmalla. Rakennusosa-arvioissa rakenneratkaisujen vertailu yksikköhinnoin on tehokasta ja jakoa rakennusosiin käytetään globaalisti melko yhteneväisesti (Brantdman ja Mitchell 2012). Tarjouslaskentavaiheessa käytetään täydellisiin tuoterakenteisiin perustuvaa suoritelaskentaa, jossa voidaan huomioida myös sijainnit, esimerkiksi lohko- tai kerrosjako (buildingSMART Finland Osa 7, s.4-5).

Yleisten tietomallivaatimusten osassa seitsemän ehdotetaan, että määrälaskenta analysoidaan kattavuuden, tarkkuuden ja luotettavuuden osalta. Määrä- ja kustannuslaskennan kannalta on hyvä, että lasketuista nimikkeistä pidetään kirjaa laskennan edetessä. Tietomallin visualisointia kannattaa myös hyödyntää määräkattavuuden arvioinnissa. Tarkastettavana on tietomallista tuodut määrätiedot, nimikkeistöt, rakennusselostus, kaluste-eritelmä, tilaseloste ja muut suunnitelmat. (buildingSMART Finland Osa 7 2012, s.6)

Tietomallin automaattinen määrätieto (*eng. automated quantities*) tarkoittaa tietomallin määrätiedon linkittämistä tietomallisovelluksesta toiseen ohjelmaan (Smith 2014), kuten kustannusarvio-ohjelmaan. Teittinen (2009) esittää yleisesti tunnettujen tuotereseptien käyttöä määrätiedon linkittämiseksi kustannusarvioon. Tuoteresepteillä suunnittelumäärät muutetaan rakennusmääräksi suorite- ja panospohjaisia kustannuksia laskettaessa.



**Kuva 5.** Anturan tuoteresepti muodostuu rakennusosasta, suoritteista ja panoksista. (Teittinen s.6)

Kuvan 5. anturan valmistamiseen tarvittavat suoritteet ovat muotitus (m<sup>2</sup>), raudoitus (kg) sekä betonointi (m<sup>3</sup>). Edellä kuvatut suoritteet koostuvat taas panoksista eli työkustannuksista, materiaalikustannuksista, hankinnasta sekä muista kustannuksista. (Teittinen 2009, s.6) Rakennusosien määrät saadaan tietomallista ja ne viedään menekin tai kaavan x-muuttujan avulla kustannusohjelman suoritteille. Suoritteen kaavaan voidaan

lisätä kertoimia, muita muuttujia ja vakioita. Rakennusosasta voidaan tuoda useita mittoja ja määrätietoja tarpeen mukaan: pituus, leveys, korkeus, piiri, pinta-ala, tilavuus, paino ja kappalemäärä.

Myös Cha ja Lee (2014, s.3) esittävät reseptien käytön ideaa ja tietomallin yhteyttä (linkkiä) tietokantaan artikkelin kuvassa 1. Kuvasta näkee, että resepti koostuu useasta metodeista, joka taas koostuu useammasta resurssista. Reseptillä kuvataan esimerkiksi sitä, että tietomallinnettu seinä koostuu puurungosta, mineraalivillasta, kipsilevystä ja maalauksesta. Menetelmät ovat taas kuvausta työstä, kuten kipsilevyn leikkaamisesta ja kiinnityksestä. Resursseina voivat olla materiaali- (kipsilevy, m<sup>2</sup>) ja työresurssit (työmies, h). Lähteitä vertaamalla voidaan todeta, että menetelmä ja suorite sekä resurssit ja panokset tarkoittavat samoja asioita. Reseptillä taas kuvataan tietyn rakennusosan rakennetyypin suoritteita ja panoksia, joten rakennusosaa ja reseptiä voidaan, tämä huomioden, pitää synonyymeinä toisilleen.

Cha ja Lee esittävät (2014, s. 11) tietokannan ja tuotereseptien helpottavan tietomallien hyödyntämistä kustannuslaskennassa. Lähteessä todetaan niiden muun muassa nopeuttavan kustannusarvion tekemiseen kuluva aika. Kyseisessä tutkimusartikkelissa kuvattiin tietovirtakaaviolla prosessivaiheet, joista yksi oli rakenteiden, aikataulun ja kustannusten jälkiseurantatiedon kirjaaminen tietokantaan.

Tietomallintamisen ohjelmistoissa on käytössä eri nimikkeistöjä. Tasoasetuksiin saadaan vaikka Talo 80 tai Talo 2000–nimikkeistön mukainen jaottelu. Koska linkityksen yhteydessä määräluettelo luodaan halutunlaiseksi, ei natiivimallin tasonimikkeistö estä litterointitapaa. Tietomallipohjaiseen kustannuslaskentaan liittyy perinteisen laskennan tavoin laskentamuistio, jonka avulla laskija pysyy selvillä lasketuista ja huomioituista rakennusosista ja suoritteista.

### 2.1.3 Kustannuslaskennan vaatimukset tietomallille

Määrä-laskenta-ammattilaiset nostivat suurimmaksi huolenaiheeksi rakennuksen tietomallin laadun, erityisesti virheellisen tai puutteellisen tiedon osalta (Smith 2014, s. 481). Ennen määrä-laskentavaihetta tietomallia arvioidaan usein vain suunnitelmien toimivuuden, visuaalisen näytävyyden sekä arkkitehdin omien vaatimusten perusteella. Tietomallin määräriskit liittyvät usein tiedon luotettavuuteen. Määrä- ja kustannuslaskenta asettavat vaatimuksia tietomallintamisen tarkkuuteen ja johdonmukaisuuteen sekä mallinnustyökalujen käyttöön, rakennusosien tunnistettavuuteen, mittatietoihin, määriin ja tiedonsiirtoon (buildingSMART Finland Osa 7 2012, S.2-3). Projektikohtaisesti sovittu, johdonmukainen ja dokumentoitu tietomallinnus takaavat tavoitellun tietomallin laadun.

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan laadun tärkeimpinä tekijöinä ovat käytettävät tietomalliobjektit. Tietomalliobjektit ovat Rakennusten tietomallintamisen sanaston (Karstila, s.9 ) mukaan rakennusosa-olioita, joilla on relaatioita muihin objekteihin sekä

ominaisuuksia, attribuutteja. Käytettyjä objekteja ovat esimerkiksi seinä, laatta, pilari, palkki, ovi, ikkuna, porras, parametrinen objekti ja tila, jotka ovat esitetty alla olevassa kuvassa 6. Yleisissä tietomallivaatimuksissa (2012) neuvotaan objektit eli rakennusosat jakamaan mitattaviin tuoteosiin (tuotenimike), jotka voidaan luetteloida esimerkiksi Talo 80-nimikkeistön mukaiseksi määräluetteloksi (buildingSMART Finland Osa 7 2012, S.4-5).



*Kuva 6. Tutkimuksessa huomioitavat tietomalliobjektit. Puu kuvastaa parametrista objektiä, jollaisia voidaan käyttää kappalemäärien laskentaan.*

Mallinnusohjelmissa ei ole vielä käytössä kaikille rakennusosille omaa mallinnustyökalua vaan esimerkiksi anturat voidaan joutua mallintamaan seinätyökalulla. Eri objekteista saadaan laskettua geometrian kautta eri mitta- ja määrätietoja, kuten kappalemäärä, pituus, piiri, korkeus, pinta-ala ja tilavuus (buildingSMART Finland Osa 7, s.2-3). Geometrialtaan erikoiset rakenteet sekä katto- ja verhoseinätyökalulla mallinnetut rakenteet vaativat erityistarkastelua (buildingSMART Finland Osa 7, s.4-7). Lähteen mukaan nämä saattavat tuottaa virheellistä määrätietoa varsinkin, jos käytössä on IFC malli. Tällöin onkin viisasta käyttää kustannuslaskentaan toimivia objekteja, jotka attribuuttien nimeämisellä erotellaan halutuiksi rakenneosiksi.

Tietomallin attribuuteilla kuvataan Rakennusten tuotemallintamisen sanaston (Karstila 2010, s.4) mukaan tietomalliobjektien ominaisuuksia. Rakennusosaolioiden luokan määrittelemiä attribuutteja ovat muun muassa nimi, pituus sekä taso, jolla voidaan esimerkiksi kuvata tietomallinnetun rakennusosan kuulumista tiettyyn nimikkeistön pääryhmään. Esimerkiksi Cha ja Lee (2014) ehdottavat kansallisesti käytettävien nimikkeistöjen parantavan tietomallintamisen tietovirtaa. Laskennan kannalta on tärkeää tunnistaa oleelliset attribuutit, joita hyödynnetään määrälaskennassa. Määrätieto on luonnollisesti avainasemassa, mutta muilla ominaisuuksien ryhmillä voidaan lopulta tunnistaa ja ryhmitellä haluttu määrä oikeaan kustannusriviin. Kustannuslaskennan kannalta oleellisten attribuuttien määrittäminen on tutkimuksen ensimmäisen vaiheen tavoite. Käytettävien tietomalliobjektien attribuuttien lähtökohtana on toimiva ohjelmistojen välinen tiedonsiirto.

Objektien ja attribuuttien tiedonsiirrossa yhteisellä formaatilla on merkittävä rooli. Yhteinen tiedonsiirtoformaatti auttaa eri ohjelmien käyttöä tietomalleja hyödynnettäessä.

IFC on kansainvälinen tietomallinnuksen standardiformaatti, joka on ilmainen ja avoin käytettäväksi (Muhic, S. ja Krammer, M. 2015, s 682). Formaatin avulla natiivimallista saadaan käännettyä muiden tietomallinsohjelmien käyttöön IFC-tietomalli. IFC-tietomalli pitää sisällään tietomallinsohjelmien objektit ja osat niiden attribuuteista. Mallinsohjelmassa tietomalliobjekteihin on mahdollista lisätä kirjoitettavia ominaisuustietoja, kuten tason nimikkeistöryhmä.

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan oleellinen lähtötieto on tietomalliseloste. Se on suunnittelualojen kuvaus rakennuksen tietomallin sisällöstä, käyttötarkoituksesta ja tarkkuusasteesta ja se päivitetään aina kun tietomalli julkaistaan muiden osapuolten käyttöön (buildingSMART Finland Osa 3, s.4). Selosteesta laskija saa tietoa mallinnustavoista, käytetystä ohjelmasta ja poikkeavista käytännöistä, jolloin voidaan arvioida tietomallin hyödyntämistä kustannuslaskentaa varten. Vaatimusten mukaan tietomalliselosteesta on selvittävä mallinnetut rakenneosat ja niiden nimeämiskäytännöt, eli identifioinnin attribuutit, sekä mallin käyttöä koskevat rajoitukset.

#### 2.1.4 Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan kehitys

Maailmalla tehdyistä 5D-tietomallintamisen tutkimustyöstä voidaan havaita tiettyjä kehityssuuntia: yhteistyön lisääminen, uudet roolit, avoin tiedonkulku ja ohjelmistojen kehittyminen uusia prosesseja vastaaviksi.

Aibinu ja Venkatesh (2013, s.10) ehdottavat, että tietomallien hyödyntämistä kustannuslaskennassa voidaan parantaa muun muassa suunnittelijan ja kustannuslaskijan läheisellä yhteistyöllä. Tällöin malliin saadaan tieto, joka on hyödynnettävissä kustannuslaskennassa luotettavasti. Tietomalli tulisi rakentaa yhteistyössä eri osapuolten kesken, jolloin saavutetaan ihanteellinen lopputulos (Smith 2014, s.482; Brantdman ja Mitchell 2012, s.1). Yhteistyö voisi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että arkkitehdin ja kustannuslaskijan käytössä olisi sama **natiivimalli**, johon laskija voisi lisätä tarvittavan tiedon laskentaa varten, jonka jälkeen tietomalli voidaan palauttaa arkkitehdille. Myös Yleisten tietomallivaatimusten (YTV) osan 7. (buildingSMART Finland 2012) mukaan määräasiantuntija voi täydentää tietomallia puuttuvilta osin. Tähän liittyy kuitenkin YTV:n mukaan päivitysongelma, mikäli muutettu tietomalli ei päädy takaisin suunnittelijalle vaan siitä julkaistaan uusi versio ilman laskijan tekemiä muutoksia. Laskijan käytössä täytyy tällöin olla myös arkkitehdin käyttämä natiivimallinsohjelma.

BIM & the 5D project cost manager -tutkimuksessa keskustellaan tietomallintamisen vastuukysymyksistä, omistajuudesta ja virheiden aiheuttamien ongelmien vakuuttamisesta. Nämä ongelmat pitää Australiassa ratkaista ennen tietomallintamisen seuraavaa kehityskaskelta (Smith 2014, s. 483). Brantdman ja Mitchell (2012, s.1) keskustelevat myös yhteistyön edellytysten täyttymisestä tietomalliprosessissa. Ratkottavana on heidän mukaansa tiedon omistajuus, luotettavuus ja suojaaminen sekä muut aineettoman

omaisuuden kysymykset varsinkin 4D- ja 5D-tietomallintamisessa ennen kuin saavutetaan seuraava tavoite yhteistyössä.

Smith (2014, s. 482) esittää, että tietomallipohjaisen kustannuslaskennan parantaminen edellyttää kustannustiedon jakamista eri osapuolten välillä, mihin kustannustietokanta tarjoaa oivan perustan. Hintatiedon avoin jakaminen ei vielä ole käytäntö Australiassa, kuten ei Suomessakaan, mutta tutkimus väittää alan väistämättä etenevän avoimuuteen tässä suhteessa: ”Joko jaat tietoa tai sitten et ole mukana”. Brantdman ja Mitchell (2012, s.2) pitävät avointa kahdensuuntaista tiedonvaihtoa tärkeänä tietomalleja hyödynnettäessä eri toimijoiden kesken.

Kim *et. al* (2014) esittävät tutkimuksessaan ”*BIM and ontology-based approach for building cost estimation*” menetelmän täysin automaattisen kustannuslaskennan kehittämiseksi. Tämä tarkoittaisi tulosten mukaan työvaiheen (*eng. work condition*) tunnistamisen, suoritteen (*eng. work item*) sisällyttämisen ja yksikköhinnan (*eng. unit cost*) selvittämisen automatisointia. Nykyinen tietomallipohjainen kustannuslaskenta hoitaa tutkimuksen mukaan automaattisesti vain määrien laskennan ja yksikköhinnan määrittämisen, mikäli käytetään standardoituja tuoterakenteita. Kustannuslaskija suorittaa kaikki edellä kuvatut vaiheet manuaalisesti perinteisessä kustannuslaskennassa.

Cha ja Lee (2014, s.11) toteavat, että tietomallintaminen ja tietomallitiedon linkitys tietokantoihin pitäisi toimia yhden ohjelman kautta, jotta tietomallinnetun tiedon jalostaminen olisi tehokkaampaa. 5D-tietomallintamisesta etuja menetetään, mikäli ajatellaan sen olevan pelkästään määrälaskentaa. Kustannuslaskenta pysyy erillisenä toimena eivätkä suunnittelijat voi testata suunnitelmien kustannustehokkuutta ennen kuin suunnittelu on riittävän pitkällä, jos tietomalli ei sisällä hintatietoa aiemmin (Brantdman ja Mitchell 2012, s.3).

## 2.2 Suunnitelmamuutos

Aalto (2011) esittää, että suunnitelmamuutosten ja suunnitelmien täydentymisen eroa on vaikea määrittää. Hän tutki lisä- ja muutostyön välistä eroa suunnitelmien täydentymiseen ja täsmentymiseen. Tilanne on vielä tulkinnanvaraisempi, kun käytössä on puutteelliset suunnitelmat hankkeen kustannuslaskentavaiheessa. Suunnitelmamuutoksella tarkoitetaan diplomityössä tilojen, rakenneosien ja niiden liitosten sekä tekniikkaosien muuttumista. Muutos voi olla esimerkiksi rakennusosan lisäys tai poisto suunnitelmista sekä rakennetyypin vaihtuminen. Diplomityön tutkimusosion asiantuntijahaastattelulla määritetään suunnitelmamuutoksen ja tarkentumisen eroja kustannuslaskennan näkökulmasta.

Alaluvussa esitetään syitä suunnitelmien muuttumiselle ja nimetään tietomallien suunnitelmamuutoksia. Suunnitelmamuutoksen kuuluvat rakennushankkeen luonteeseen tar-

veselvitysvaiheesta aina käyttöönottoon asti. Tämän vuoksi muutoksiin tulisikin suhtautua siten, että ne ovat pysyvä osa rakennusprojekteja ja niiden eri prosesseja.

### 2.2.1 Miksi muutoksia syntyy?

Rakennushankkeen luonteeseen kuuluu sen ainutkertaisuus sekä lopullisen rakennuksen että hankkeen osapuolten kesken. Suunnittelun lähtökohtana ovat tilaajan toiminnot ja niistä syntyvä tilaohjelma, jonka avulla rakennusta ryhdytään luonnostelemaan. Luonnosteluvaiheeseen kuuluu suunnitelmien muuttumista ja tarkentumista suunnittelutyön edetessä sitä mukaan, kun tilaajan ja hankkeen suunnittelun tavoitteet täsmentyvät. Mallintamisen teoreettiset vaiheet vaatimusmalli kirjaamisen jälkeen ovat tilamalli, alustava rakennusosamalli, rakennusosamalli, tuoteosamalli, toteumamalli ja ylläpitomalli (Niemenoja *et al.* 2006, s.19). Kirjan mukaan eri vaiheiden tieto kertyy mallin tietomalliohjeisiin suunnittelun tarkentuessa.

Diplomityössä tutkitaan suunnitelmamuutoksia tarjousvaiheessa, mutta osin samoista syistä muutoksia syntyy myös urakan rakennusvaiheessa. Antti Metsälä jakaa rakentamisaikaiset muutostarpeet diplomityössään (2014, s. 9-12) kuuteen tyyppiin, pääasiassa niiden aiheuttajien mukaan: tilaaja-, rakennuttaja-, loppukäyttäjä-, suunnittelija-, viranomais- tai urakoitsijalähtöinen muutos. Näiden lisäksi Metsälä esittää välillisen muutoksen, joka voi seurata ensiksi havaitun muutostarpeen vuoksi. Rakentamisaikaisessa on tyyppillistä rakennusurakan yleisten sopimusehtojen, YSE 1998, mukaan jakaa suunnitelmamuutoksista aiheutuvat toimet lisä- ja muutostöihin (Rakennustieto 1998). Rakennusvaiheen suunnitelmahäiriöt johtuvat Jukka Mäkitalon mukaan (1990) suunnitelma- virheistä, puutteista tai viiveistä sovituissa suunnitelma-aikataulussa. Kyseisiä virheitä voivat olla esimerkiksi ristiriitaisuudet suunnitelma-asiakirjoissa tai rakennusmääräysten ja hyvän rakennustavan vastaiset suunnitelmat (katso Nick 2009, s.18).

Projektin alussa on sovittava yhteisesti, mikä on muutosta ja mikä taas suunnitelmien normaalia täydentymistä (Niemenoja *et al.* 2006, s.16). Kustannuslaskennan kannalta on tärkeää tietää, miten suunnitelmien muuttumiseen ja täydentymiseen tulee suhtautua – kenellä on vastuu kustannusten muutoksista. Usein juuri kustannuslaskentavaiheessa tarkastetaan tilaohjelman perusteella lasketun budjetin riittävyys, jolloin suunnitelmia voidaan joutua muuttamaan säästöjä tavoiteltaessa.

### 2.2.2 Suunnitelmamuutokset rakennuksen tietomalleissa

Tietomalleissa tapahtuneita suunnitelmamuutoksia saattaa olla vaikea huomata. Tietomallin suunnitelmamuutokset voidaan jakaa laskennan kannalta oleellisiin ja epäoleellisiin muutoksiin. Oleelliset muutokset liittyvät tietomalliohjeiden määrätietoon, tunnistettavuuteen tai sijaintiin. Tunnistettavuus tiedolla objektit voidaan identifioida ja siten niiden määrätiedot saadaan linkitettyä oikeisiin määräluetteloriveihin. Diplomityön tut-

kimuksen alussa selvitetään tarkemmin tunnistamiseen käytetyt tietomalliobjektien attribuutit. Käytössä olevia objekteja ovat esimerkiksi seinä, laatta ja pilari.

Tietomallin sijainnit ovat usein kerros-, lohkotietoja tai muita osajakoja, kuten kustannusten jyvitykset eri tilaajatahoille monimutkaisissa projekteissa. Kerrostieto on kirjautuneena tietomallin IFC-tietosoluun ja sitä voidaan käyttää myös objektin tunnistamiseen. Lohkotieto jaetaan vasta määrälinkitysohjelmassa.

Ongelmallisia muutoksia ovat kerrosten korkojen ja objektien dimensioiden (korkeus, leveys ja pituus) muutokset. Kerrosten korkojen muuttuminen ei vaadi kustannuslaskennan kannalta muutoksen hallintaa. Korkojen muutokset vaikuttavat seinien ja pilarien korkeuksiin ja niiden muutokset määriin tulevat automaattisesti huomioitua tietomallipohjaisen kustannuslaskennan päivityksen yhteydessä. Mikäli korkomaailma muuttuu esimerkiksi osittain puolella kerroskorkeudella, saattaa tällä olla selvä kustannusvaikutus vaikeamman rakennettavuuden ja uuden lohkojaon kautta. Dimensiolla, jotka määrittävät tietomalliobjektien rakennetyypin, on vaikutus objektien identifiointiin. Tällöin dimension muutos on verrattavissa rakennetyypin muutokseen. Dimensiot, joilla ei tunnisteta tietomalliobjekteja, ovat samassa kategoriassa päivityksen suhteen määrätiedon kanssa.

Kaikki muut muutokset tietomalliin voidaankin katsoa olevan epäoleellisia kustannuslaskennan kannalta. Tällaisia muutoksia voisivat olla visuaalisten tehosteiden muutokset, kuten 3D-värien vaihtuminen, tai asioiden, joita tietomallista ei voida järkevästi hyödyntää määrä- ja kustannuslaskennassa, kuten ovien ja ikkunoiden heloitukset. Näistä muutoksista on kuitenkin tarpeen saada tieto muiden suunnitelma-asiakirjojen kautta. Suunnitelmamuutoksia, jotka lasketaan paperikuvista ja asiakirjoista, ei huomioida tässä tutkimuksessa.

### **2.3 Suunnitelmamuutoksen hallinta**

Suunnitelmamuutoksen hallinnan lähtökohtana diplomityössä on varautuminen tuleviin muutoksiin ja niiden vaikutuksiin kustannuslaskentaan. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennetaan tuote ja prosessit siten, että ne sallivat kustannusarvion päivittämisen suunnitelmien muuttuessa. Tärkeitä palasia muutoksen hallinnassa ovat tiedonkulku ja muutosten tunnistaminen sekä niihin reagointi. Oleellista on, että kaikki muutokset tulevat huomioiduksi kustannusarvioon. Diplomityön tutkimusosiossa määritetystä kohdeyrityksen tietomallipohjaisen kustannuslaskennan prosessista voidaan tunnistaa case-tutkimuksella ja asiantuntijahaastatteluin muutoksen hallintaa parantavat keinot.

Tuotemallintaminen arkkitehtisuunnittelussa –kirjassa (Niemenoja *et al.* 2006, s.15-17) esitetään suunnitelmien muutoksen hallintaa suunnittelijoiden kannalta. Kirjassa nostettiin muutamia huomioita suunnitelmamuutosten hallintaan: muutoksesta tiedottaminen, ohjelmistojen välinen tiedonsiirto ja projektin yhteiset säännöt. Muutoksesta tiedottami-

nen kustannuslaskentaan hoituu urakkakilpailukohteissa usein lisäkirjein, mikä tarkoittaa, että muutoksista ilmoitetaan selkeällä muutospaketilla, joka sisältää kaikki muuttuneet asiakirjat ja tietomallin. Tietomallien muutokset on syytä kirjata tietomalliselosteseen.

Suunnittelijoiden käyttämien erilaisten ohjelmistojen väliseen tiedonsiirtoon on olemassa muutama vaihtoehtoinen toimintatapa. Joko tiedonsiirto erillisinä tietomalleina IFC-formaatilla, yhteisesti käytetty tietomalli tai yhteinen tietomalli pilvipalvelimessa, joka päivittyy reaaliajassa jokaiselle käyttäjälle (Niemenoja *et al.* 2006, s.16).

YTV:n osassa 7 esitetään, että määrälaskija voi täydentää tietomallin puutteet tarvittaessa, mikäli käytössä on natiivimalli, tai määrätieto voidaan johtaa käyttämällä muita rakennusosia, kuten ulkoseinää anturan sijaan. Muutoksen hallinnan näkökulmasta määrin johtaminen on parempi tapa, koska muutokset päivittyvät automaattisesti tietomalliin. Laskennassa tapahtuvan mallintamisen ongelmana on laskennan aikaisien muutosten lisääminen tietomalliin. Usein kustannuslaskijan tekemät muutokset saattavat jäädä suunnittelijan päivittämästä tietomallista, mikäli tietomalleja ei ole lähetetty takaisin suunnittelijalle. (buildingSMART Finland Osa 7 s.5-7)

Suunnittelijan näkökulmasta mallintamisen etuna 2D-suunnitteluun verrattuna on tietomalliin tehtyjen muutosten päivittämisessä automaattisesti tulosteisiin, koska muutos toteutetaan vain yhteen paikkaan, suoraan objektiin (Niemenoja *et al.* 2006, s.16). Tietomallin suunnitelmamuutoksista on helpompi havainnollistaa myös muutoksen kustannusvaikutus.

Smith (2014, s. 481) esittää, että tietomallipohjaisen laskenta-aineiston tarkkuuden varmistaminen on työläämpää kuin perinteisten suunnitelmien, vaikka käytössä on tarkastusohjelmistot. Tämä selittyy osaksi sillä, että tietomallit sisältävät enemmän määräraja kustannuslaskennassa käytettävää tietoa kuin perinteiset suunnitelmat.

### **2.3.1 Muutoksen vaikutuksen hallinta**

Cha ja Lee (2014, s.10) ehdottavat, että suunnitelmien muuttuessa kustannuspäivitykset tulee tehdä perustuen aikaisempaan kustannuslaskelmaan. Esimerkiksi tilaajaosapuoli saattaa haluta erotellun kustannusarvion, josta käy ilmi muutosten kustannusvaikutukset. Brantzman ja Mitchell esittävät, että suunnitelmien päivittyessä tietomallipohjaiselta kustannuslaskennalta odotetaan reaaliaikaista palautetta muutoksen vaikutuksesta kustannuksiin sekä vertailuja eri vaihtoehtojen välillä (2012, s.6).

Chan ja Leen (2014, s.10) mukaan suunnitelmien muuttuessa koko kustannuslaskenta-prosessi tulisi suorittaa alusta asti uudestaan. Tämä aiheuttaa laskijalle lisätyötä uudelleen linkityksen muodossa. Tietokannan, johon tietomallin objektit on linkitetty, avulla säästytään kuitenkin lähteen mukaan uudelleen linkitykseltä. Tietokanta sisältää kysei-



sen tutkimuksen mukaan esimerkiksi reseptit, hintatiedon ja menekkitiedot. Suunnitel-  
mamuutokset saattavat olla hyvä syy kehittää koko yrityksen toiminnan kattava tietokantarakenne, joka hyödyntää tietomallintamista (Cha ja Lee 2014).

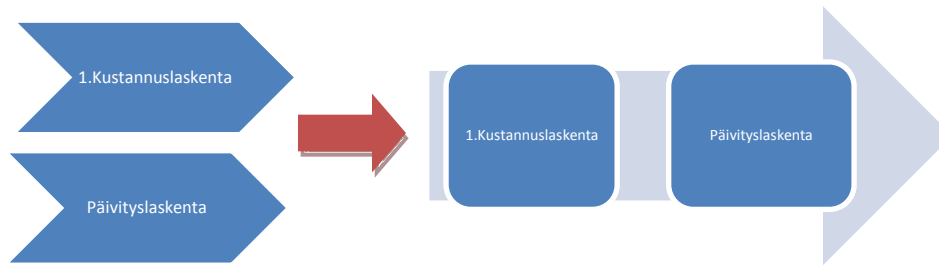
Cha ja Lee (2014, s.10) vertailevat tutkimuksensa taulukossa 6. tyypillisesti käytetyn ja sisäistä tietokantaa hyödyntävän tietomallisovelluksen muutoksen hallintaan kuluvaan aikaan. Kyseisen tutkimuksen tuloksena tietokannan hyödyntäminen tietomallissa säästi suunnitelma muutoksen aiheuttamaan työhön kuluvaan aikaan 53 prosenttia. Tutkimus käsittelee tietomallintamisen 4D- ja 5D-ulottuvuuksia.

### 2.3.2 Tietotyö, prosessijohtaminen

Nonakan ja Takeuchin (1995) mukaan tiedonhallinta määritellään prosessina, joka luo jatkuvasti uutta tietoa, välittää sitä organisaation sisällä ja jalostaa siitä uusia asioita (katso Dombrowski *et al.* 2012). Kustannuslaskentaa voidaan pitää tiedonhallintaprosessina, joka sisältää tietotyön tyypilliset vaiheet. Probstin (2006) mukaan tiedonhallinnan perusprosessit (tunnistaminen, hankkiminen, kehittäminen, luovuttaminen, soveltaminen ja säilyttäminen) voidaan järjestää peräkkäin kokonaisprosessiksi usealla tavalla (katso Dombrowski *et al.* 2012). Horatzekin (2006) esittää tiedonhallintatehtävien jakamista luokkiin (projekti, vastuhenkilö ja prosessi), jotta tiedonhallinnan vaiheet voidaan kuvata tarkasti (katso Dombrowski *et al.* 2012).

Kustannuslaskenta voidaan ajatella olevan sarja toimenpiteitä, jotka lisäävät tietoarvoa kustannuslaskelman käyttäjälle (asiakkaalle). Kustannuslaskentaa voidaan arvioida prosessina, josta saadaan käsitys eri vaiheiden tarpeellisuudesta lopputulokseen. Tuoteteollisuudesta tutun LEAN-opin (Liker 2003) mukaan jatkuvan kehittymisen kulmakivi on tunnistaa hukat prosessista ja poistaa ne. Tarkoitus on keskittyä arvovirtaukseen; tavoiteltavan tuotteen arvoa lisääviin toimenpiteisiin (Modig ja Åhlström 2013). Prosessin kuvaamisen tasot on esitetty lähteessä (JUHTA 2012): prosessikartta, toimintamalli, prosessin kulku ja työn kulku.

Suunnitelmuutoksen vaikutus asettaa myös laskijan itsensä tietomallipohjaisen kustannuslaskentaprosessin asiakkaaksi projektipäällikön, kustannusjohtajan, tilaajan ja muiden mahdollisten osapuolten lisäksi. Kustannusarvio ja linkitys tietomalliin tulee tehdä siten, että suunnitelmien muuttuessa niitä on helpompi laskijan muuttaa. Laajemmin ajateltuna voidaan pohtia, tuleeko varautua myös siihen, että kustannuslaskijana on toinen henkilö, jolloin lisäarvoa tuottaisi laskentaosaston sisäisen määrälaskenta- ja hinnoittelustandardin mukaisesti rakennettu määrälinkitystiedosto ja kustannusarvio.



*Kuva 7. Suunnitelmanmuutoksen hallinnassa laskenta- ja päivitysprosessi ajatellaan yhtenä laskennan kokonaisprosessina.*

Kustannuslaskennan tietotyön prosessit voidaan kuvan 7. tapaan ajatella selkeämmin yhtenä jatkuvana prosessina kohteen ensimmäisestä kustannuslaskennasta aina muuttuneiden suunnitelmien avulla laskettavaan tavoitehinta-arvioon. Tällöin suunnitelma-muutoksiin tulee varauduttua ennalta parhaan mukaan.

## 2.4 Kustannuslaskentaprosessikuvaukset lähteissä

Kirjallisuudesta löytyi useita kuvattuja kustannuslaskentaprosesseja, joissa tosin on esitettyä vain karkeasti päätoimien, määrälaskenta ja hinnoittelu, tärkeimpiä osavaiheita. Seuraavaksi esitellään lähteissä löytyneitä prosessikuvauksia ja niiden ominaispiirteitä. Mikäli määrälaskennassa hyödynnetään tietomallia, käytetään siitä termiä määrälinkitys.

Heikki Uusitalon diplomityössä (2013) kuvataan tietomallipohjainen kustannusprosessi erään rakennusliikkeen näkökulmasta rakennushankkeen eri suunnitteluvaiheissa. To-teutussuunnitteluvaiheessa rakennusosamallista tuodaan määrät rakennusosa- ja suorite-laskentaan, josta saadaan todellisten rakenteiden, suoritteiden ja panoshintojen avulla lopullinen suoritetaso kustannusarvio. Tämä kustannusarvio voidaan jakaa työn liitteen mukaan kerroksittain tai lohkoittain. Lopulta kustannusarviosta saadaan tavoitearvio ja tavoitelitterakartta. (Uusitalo 2013, liite 6)

BIM Handbook –kirjassa on kuvattuna tietomallipohjaisen kustannuslaskennan prosessi kokonaisuudessaan. Kirjassa esitetään tietomallimäärien tuottamista kahdella tavalla. Määrät voidaan viedä esimerkiksi erilliseksi määräluetteloksi joka viedään kustannus-laskennan ohjelmaan tai määräluettelon rivit voidaan linkittää automaattisesti kustan-nusarvion tuoterakenteisiin. Lisäksi hinnoitteluvaiheessa kysytään ennakoita toimittajil-ta ja aliurakoitsijoilta sekä käytetään kustannustietokantaa hinnoitteluun. (Eastman, *et al.* 2011, s.279)

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan vaiheita on kuvattu Kujanpään (2011) diplomi-työssä otsikolla: ”Määrien hallinta tietomallipohjaisessa rakennusprosessissa”. Prosessi-kuvauksen vaiheita ovat muun muassa: rakennusosalaskennan mukaisten määrätietojen linkitys sijainneittain, kohteen jaottelu rakennuksiin, lohkoihin ja kerroksiin, suoritei-

den panospohjainen hinnoittelu. Diplomityön prosessikuvauksessa on esitetty myös suunnitelmamuutoksen vaikutusta. (Kujanpää 2011, liite 7)

Kuusiolan (2015) materiaalissa on kuvattu ohjelmistotoimittaja Tocoman:in näkemys tietomallipohjaisen määrälaskennan ja osittain kustannuslaskennan prosessista. Prosessin vaiheiksi on listattu suunnitelmiin tutustuminen, nimikkeiden luonti ja määrälaskenta, määrrien julkaisu sekä laskentamenetelmän määrittely kustannuslaskentaohjelmassa.

Määrälaskentaprosessi sisältää YTV 2012 osa 7:n mukaan kohteeseen tutustumisen, laskenta-aineiston kokoamisen, laskennan, laadunvarmistuksen ja määrrien toimittamisen. Laskennan suorittaminen koostuu kolmesta vaihtoehdosta. Ohjelmallisessa laskennassa tietomallista luetaan suoraan rakennusosiin liittyvä mitta- ja määrätieto. Jos määrätietoa edellyttävää rakennusosaa ei ole mallinnettu, voidaan YTV:n mukaan määrät johtaa toisista rakennusosista tai laskea käsin. Usein esimerkiksi perustukset voidaan johtaa melko luotettavasti vaikka seinän pituustiedosta. Kolmantena vaihtoehtona laskija voi mallintaa halutut rakennusosat tietomalliin, jolloin vältytään käsin laskennalta kyseisen rakennusosan kohdalla. Tällöin tarvitaan kuitenkin natiivimalli, ohjelmisto ja mallinnustaitoinen laskija. (buildingSMART Finland Osa 7 s.5-7)

Diakhate (2011, s.28) esittää insinööriytensä kaaviokuvassa laskentaprosessin kulkua vastuuprosessikuvauksena. Laskennan eri tehtävät jakautuvat esitettyssä kaaviossa kuudelle vastuuhenkilölle: laskentajohtajalle, -päällikölle, työpäällikölle, hankintainsinöörille, hinnoittelijalle ja määrälaskijalle. Määrälaskenta voidaan lähteen kaavion mukaan ulkoistaa ostamalla valmiit määrät.

Lähteessä (Kim *et al.* 2014. s.97) on kuvattu tietomallipohjainen kustannuslaskenta viiden vaiheen avulla: Rakenteen, suoritteen ja yksikköhinnan määrittäminen sekä määrän ja kustannusrivin laskeminen. Lähteen mukaan määrrien laskemiseen voidaan käyttää piirustuksia tai tietomallia. Yksikköhinnat voidaan tuoda kustannusarvioon suoraan tietokannasta.

Cha ja Lee (2014) esittävät tutkimuksessaan tietomallin ja tietokannan yhdistävää prosessia, jossa hyödynnetään työmaalta kerättyä menekki- ja tuottavuustietoa sekä käytettyjä rakenteita.

Edellisissä lähteissä on kuvattuna prosessien kulku kuvina. Lähteissä esiintyneet vaiheet on listattu alla olevaan taulukkoon 1.

Prosessin vaihe	Lähde
<b>Määrälinkitys</b>	
Kohteeseen tutustuminen	Tocoman, YTV
Laskenta-aineiston kokoaminen	Eastman, YTV, Kujanpää
Hankeen perustaminen kustannuslaskentaohjelmaan	Diakhate
Rakennusosien rakenteiden ja suoritteiden tunnistaminen	Kim

Laskentanimikkeiden luominen	Tocoman
<i>Määrien toimittaminen erillisenä määräluettelona</i>	Eastman, YTV
Automaattinen linkitys tuoterakenteisiin	Eastman, Cha ja Lee, Kujanpää
Määrien julkaisu kustannuslaskentaan	Tocoman, YTV, Kujanpää
<i>Laadunvarmistus</i>	YTV
<b>Hinnoittelu</b>	
Määräluettelon tarkistus	Diakhate
Laskentamenettelyn valinta (rakennusosa/suorite)	Tocoman, Uusitalo
Ylimääräiset, hinnoiteltavat määrät	Eastman
Standardihankeen yksikköhintojen hyödyntäminen	Cha ja Lee, Kim
Todelliset rakenteet, suoritteet ja panoshinnat lisätään	Uusitalo, Cha ja Lee, Kujanpää
Epäselvyyksien selvittäminen tilaajalta	Diakhate
Ennakoiden kysely	Eastman, Diakhate, SRV
Tarjousvertailut	Diakhate
Kustannusarvion kokoaminen ja tulostaminen	Eastman, Diakhate, SRV, Kim
Tavoitearvio ja tavoitelitterakartta	Uusitalo

**Taulukko 1.** Tietomallipohjaisen kustannuslaskentaprosessin vaiheet lähteissä.

Kustannuslaskennan prosessit määräytyvät usein käytettävien ohjelmistojen mukaan. Kappaleessa 2.4.1. on kuvattu päätasolla kohdeyrityksen kustannuslaskentaprosessi ja kappaleessa 2.4.2 kohdeyrityksessä käytettävät tietomallipohjaisen kustannuslaskennan ohjelmistot.

### 2.4.1 Kohdeyrityksen kustannuslaskentaprosessi

Kohdeyrityksen kustannusarvioprosessi kulkee ennalta määrätyn askelin, mikä on kuvattu kohdeyrityksen sisäisessä perehdytysaineistossa. Alkuun kuuluvat laskentamateriaaliin tutustuminen, jonka jälkeen päätetään lähdetäänkö kohdetta tarjoamaan vai ei. Hyväksytyin kohteen ensimmäinen vaihe on laskennan aloituspalaveri, johon osallistuu laskentaryhmä. Laskentaryhmään kuuluvat useimmiten laskentapäällikkö, kustannusinsinööri, projektipäällikkö sekä tarvittaessa myös työmaapäällikkö ja suunnittelupäällikkö, jotta vaativimmista kohteista saadaan kaikki oleellinen tieto käytyä läpi. Laskentatyön alussa tehdään ennakkohintakyselyt aliurakoitsijoille, jotta ennakkotarjoukset saadaan takaisin ajoissa määräpäivään mennessä. (SRV Yhtiöt Oyj 2014, s.8)

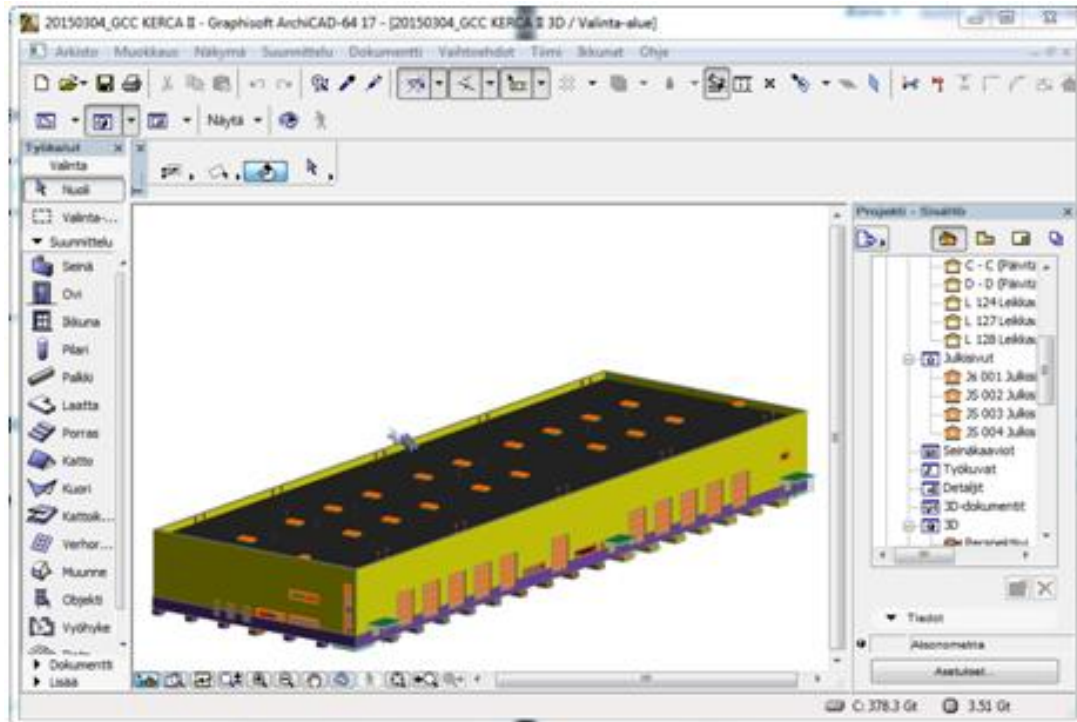
Joskus suunnitelmissa on erikoisia rakenneratkaisuja, joiden hinta tarkistetaan tarvittaessa myös ennakoilla. Määräluettelo saadaan yleensä ulkopuoliselta määrälaskentatoimistolta, mutta valituissa kohteissa määrälaskennassa hyödynnetään tietomalleja. Päämassat saadaan tuotua tietomalleista rakennusosittain määräluetteloon ja loput määräluettelon rivit tehdään käsin laskemalla. Määräluettelo siirretään kustannuslaskentaohjelmaan. Tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa tämä tapahtuu linkitysohjelman avulla. (SRV Yhtiöt Oyj 2014, s.8)

Valmis määräluettelo hinnoitellaan suoriteperusteisesti käyttäen apuna saatujen alihankintojen ja materiaalien ennakkohintoja. Rakennusaineiden ja -tarvikkeiden hinnoitteluun käytetään kohdeyrityksessä muun muassa vuosisopimuksia ja yleisiä hinnastoja. Lopuksi vielä työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset sekä rakennuttajan kustannukset hinnoitellaan projektikohtaisesti yleensä laskijan ja tuotantohenkilön toimesta. Kustannusarvion valmistuessa pidetään tarjouspalaveri, jossa käydään läpi rakennushankkeen riskit, ehdot ja erityispiirteet. Tarjouspalaverissa sovitaan mahdolliset kustannusnousuja ja riskivaraukset sekä tavoiteltava kate. Urakan kokonaishintaan lisätään vielä arvonnäkövero. (SRV Yhtiöt Oyj 2014, s.8)

## **2.4.2 Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan ohjelmistot**

Kohdeyrityksessä tietomallintamisen ohjelmistoja käytetään tietomallintamiseen ja natiivimallien muokkaamiseen, tietomallin laskentavalmiuden tarkastamiseen (Heikkinen 2015) sekä määrätiedon linkittämiseen. Määrätieto linkitetään kustannusarvio-ohjelman rakenteille, josta se saadaan esimerkiksi kaavan tai menekin avulla litteroiduille suorite-riveille. Määrätieto voidaan linkittää suoraan myös suoritteille. Smith (2014, s. 482) mukaan ohjelmistojen yhteensopimattomuus ja mallinnusstandardin puute koetaan projektin toimitusketjun ongelmana, vaikka asiat ovat parantuneet huomattavasti viime vuosien aikana.

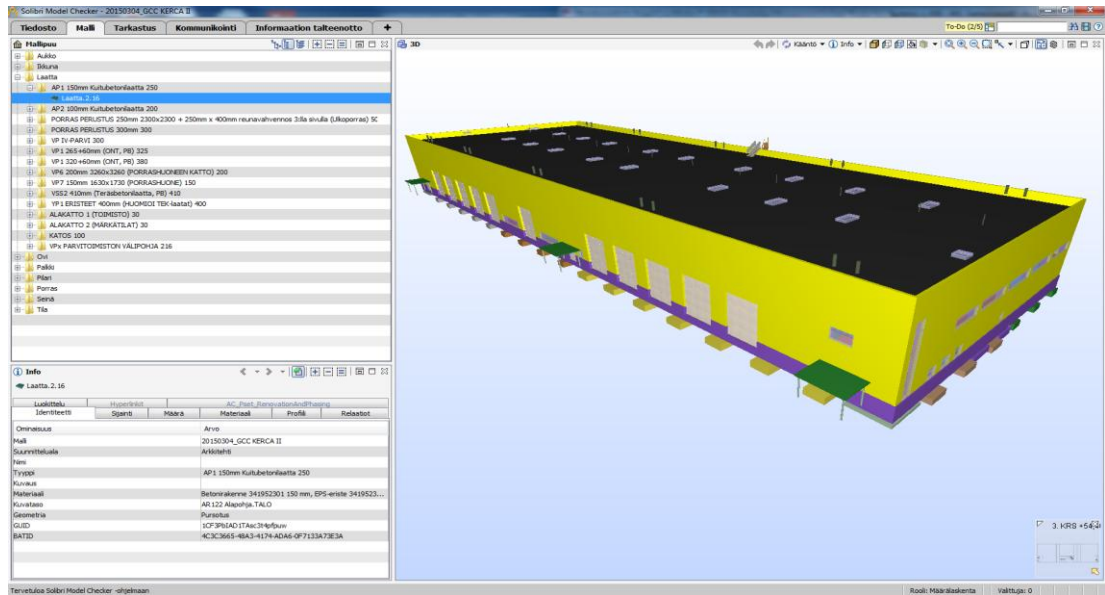
Tutkimuksessa käytetty natiivimalli tuotetaan ArchiCAD 17-mallinnusohjelmalla. Sen mallinnustyökalut rajaavat myös osaltaan tutkittavat tietomalliobjektit kustannuslaskennassa käytettäviin objekteihin. ArchiCAD 17 on Graphisoft:in tuottama ohjelma ja se on käytössä myös esimerkiksi arkkitehtisuunnittelijoilla. Kohdeyrityksessä ohjelma on käytössä mahdollisia tietomallinnustarpeita varten. Kuvassa 8. on esitetty ohjelman käyttöliittymän perusnäky. Ohjelmasta on käytössä versio numero 17.



*Kuva 8. ArchiCAD 17-ohjelman perusnäkyä 3D-tilasta. Vasemmassa sarakkeessa on tietomallinnustyökalut.*

ArchiCAD 17-ohjelmassa mallinnus tapahtuu kerroksittain valitsemalla haluttu työkalu ja määrittämällä kyseiselle rakennusosalle rakennetyyppi ja mitat, kuten korkeus, sekä osoittamalla 2D-pohjaan joko viivalla tai pisteellä tietomalliobjektin paikka. Tämän jälkeen 3D-näkymään on muodostunut esimerkiksi halutun korkuinen seinä. Tietomallinnuksen jälkeen valmis tietomalli voidaan tallentaa IFC-tietomalliksi ohjelman kääntäjän avulla. Tämän jälkeen tietomalli on valmis laskentaan.

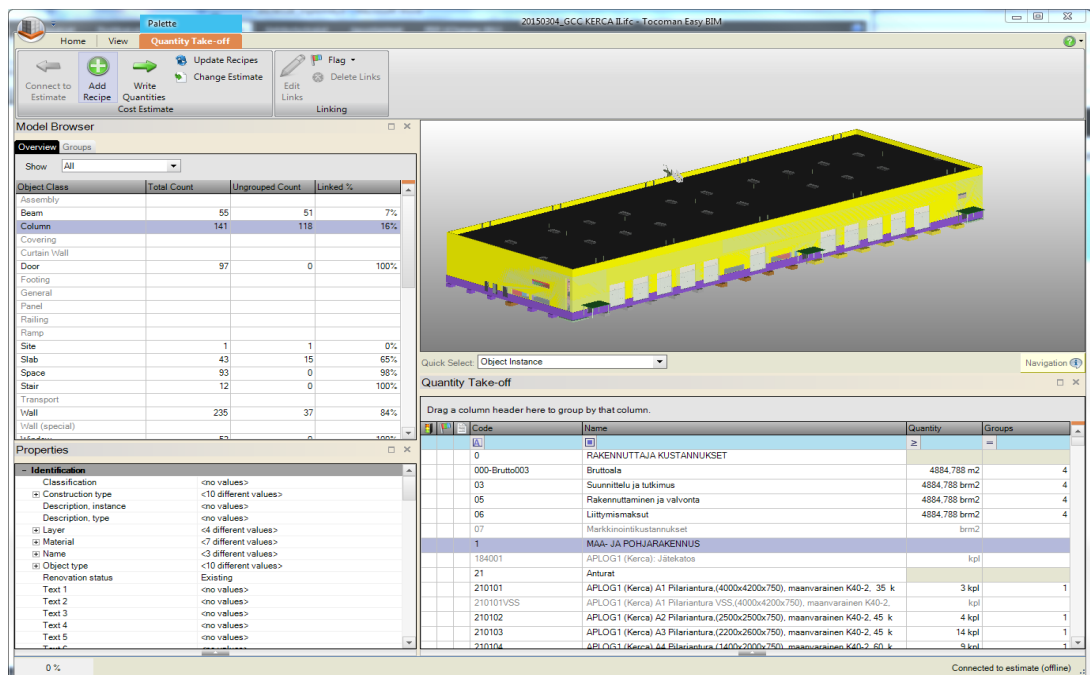
Solibrin tuottamalla Model Checker V9.0-ohjelmalla voidaan tarkastaa tietomallin laskentavalmius ja tunnistaa tietomallirevisioiden väliset suunnitelmamuutokset. Ohjelma pitää sisällään tähän tarkoitukseen valmiita säännöstöjä, joita voidaan säätää tietomalli-kohteen mukaan. Ohjelma käyttää revisiovertailun lähtökohtana tietomalliobjekteja yksilöivää GUID-tunnusta, jolla se tunnistaa objektit toisistaan. Tähän liittyy kuitenkin ongelma, sillä keskustelun mukaan (Maalahti 2015) natiivimallia muokatessa on mahdollista, että muuttumaton rakenne antaa muutosilmoituksen vain GUID-tunnuksen vaihduttua. Tämän vuoksi onkin käytäntönä määrittää suunnitteluun päivämäärä, jolloin GUID-tunnukset eivät enää muutu. Kuvassa 9. on esitetty ohjelman käyttöliittymä mallivälilehdellä. Ohjelmasta on käytössä versio V9.0.



Kuva 9. Solibri Model Checker V9.0 -ohjelman mallinäkymä.

Model Checker lukee IFC-tiedostoja ja tallentaa tarkastetut tietomallit smc-tiedostomuodoksi. Ohjelmalla pystytään myös tekemään tarkastusraportteja, suunnitelmien visualisointeja ja tuottamaan määrätietoja tietomallista.

Tocoman Easy BIM -sovellus on tarkoitettu erityisesti talonrakentamisen tietomallipohjaiseen määrälaskentaan. Ohjelma laskee IFC-tietomallista tarvittavat määrät rakennuksen geometriasta ja kirjoittaa halutut tiedot määräluetteloon. Ohjelmalla ryhmitellään objektit halutuiksi joukoiksi, jotka linkitetään määräluettelon riveille. Easy BIM:illä voidaan myös jakaa elementit sijainneittain, mikäli ne ovat valmiiksi natiivimallissa katkaistu esimerkiksi lohkojaon kohdalta. Ohjelmasta on käytössä versio numero 1.1.2.



Kuva 10. Tocoman Easy BIM ohjelman määräluettelon näkymä.

Linkityksellä tuotettu määräluettelo voidaan julkaista kustannusarvio-ohjelma TCM Pro:hon. TCM Pro –ohjelma on tarkoitettu tuoterakennepohjaista määrä- ja kustannuslaskentaa varten ja se tukee jatkuvasti tarkentuvaa kustannuslaskentaa sekä on laajennettavissa tietomallipohjaiseen määrälaskentaan (TCM Pro –site). Easy BIM:iin voidaan tuoda kustannusarvion rivit, määräluettelo, TCM Pro:n rakenteilta, minkä jälkeen määrät voidaan linkittää riveille. Kuvassa 11. on ohjelman rakenneosien määrä- ja kustannusrivit sekä erään rakenteen suoritteet, suoritteiden muuttujat ja kustannuslajit. Ohjelmasta on käytössä versio numero 4.0.503.0.

The screenshot displays the TCM Pro software interface. The main window shows a hierarchical tree on the left and a large table of construction items. The table has columns for 'Koodi' (Code), 'Tietä' (Description), 'Määrä' (Quantity), 'Yks.' (Unit), and '€ (alk.)' (Cost). Below the main table, there are sections for 'Suoritteet' (Items) and 'Valittu osasto' (Selected department) with their respective details and costs.

Koodi	Tietä	Määrä	Yks.	€ (alk.)
0000	0000 Suorite	000	000	000
01	01 Rakennuttajan kust.			
02	02 Maan ja pohjakerros			
03	03 Perustukset			
04	04 Täydennykset talteen			
05	05 Perustukset			
06	06 Kalkatut, saunat, la			
07	07 Konehuoneet työt			
08	08 Tilojen käyttösuorat			
09	09 Tilojen yhteiskäyt.			
10	10 Konehuoneet			
11	11 Konehuoneet			
12	12 Konehuoneet			
13	13 Konehuoneet			
14	14 Konehuoneet			
15	15 Konehuoneet			
16	16 Konehuoneet			
17	17 Konehuoneet			
18	18 Konehuoneet			
19	19 Konehuoneet			
20	20 Konehuoneet			
21	21 Konehuoneet			
22	22 Konehuoneet			
23	23 Konehuoneet			
24	24 Konehuoneet			
25	25 Konehuoneet			
26	26 Konehuoneet			
27	27 Konehuoneet			
28	28 Konehuoneet			
29	29 Konehuoneet			
30	30 Konehuoneet			
31	31 Konehuoneet			
32	32 Konehuoneet			
33	33 Konehuoneet			
34	34 Konehuoneet			
35	35 Konehuoneet			
36	36 Konehuoneet			
37	37 Konehuoneet			
38	38 Konehuoneet			
39	39 Konehuoneet			
40	40 Konehuoneet			
41	41 Konehuoneet			
42	42 Konehuoneet			
43	43 Konehuoneet			
44	44 Konehuoneet			
45	45 Konehuoneet			
46	46 Konehuoneet			
47	47 Konehuoneet			
48	48 Konehuoneet			
49	49 Konehuoneet			
50	50 Konehuoneet			
51	51 Konehuoneet			
52	52 Konehuoneet			
53	53 Konehuoneet			
54	54 Konehuoneet			
55	55 Konehuoneet			
56	56 Konehuoneet			
57	57 Konehuoneet			
58	58 Konehuoneet			
59	59 Konehuoneet			
60	60 Konehuoneet			
61	61 Konehuoneet			
62	62 Konehuoneet			
63	63 Konehuoneet			
64	64 Konehuoneet			
65	65 Konehuoneet			
66	66 Konehuoneet			
67	67 Konehuoneet			
68	68 Konehuoneet			
69	69 Konehuoneet			
70	70 Konehuoneet			
71	71 Konehuoneet			
72	72 Konehuoneet			
73	73 Konehuoneet			
74	74 Konehuoneet			
75	75 Konehuoneet			
76	76 Konehuoneet			
77	77 Konehuoneet			
78	78 Konehuoneet			
79	79 Konehuoneet			
80	80 Konehuoneet			
81	81 Konehuoneet			
82	82 Konehuoneet			
83	83 Konehuoneet			
84	84 Konehuoneet			
85	85 Konehuoneet			
86	86 Konehuoneet			
87	87 Konehuoneet			
88	88 Konehuoneet			
89	89 Konehuoneet			
90	90 Konehuoneet			
91	91 Konehuoneet			
92	92 Konehuoneet			
93	93 Konehuoneet			
94	94 Konehuoneet			
95	95 Konehuoneet			
96	96 Konehuoneet			
97	97 Konehuoneet			
98	98 Konehuoneet			
99	99 Konehuoneet			
100	100 Konehuoneet			

**Kuva 11.** TCM Pro:n käyttöliittymän Rakenteet-näkymä.

TCM Pro:n tietokantaan on tallentunut kohdeyrityksen aiemmat laskentakohteet, joita voidaan käyttää vertailukohteina määrä- ja kustannuslaskennan tarkastamiseen. Ohjelmalla voidaan laskea tilapohjainen sekä rakennusosa-, tuoterakennepohjainen ja suoritepohjaiset kustannusarviot.

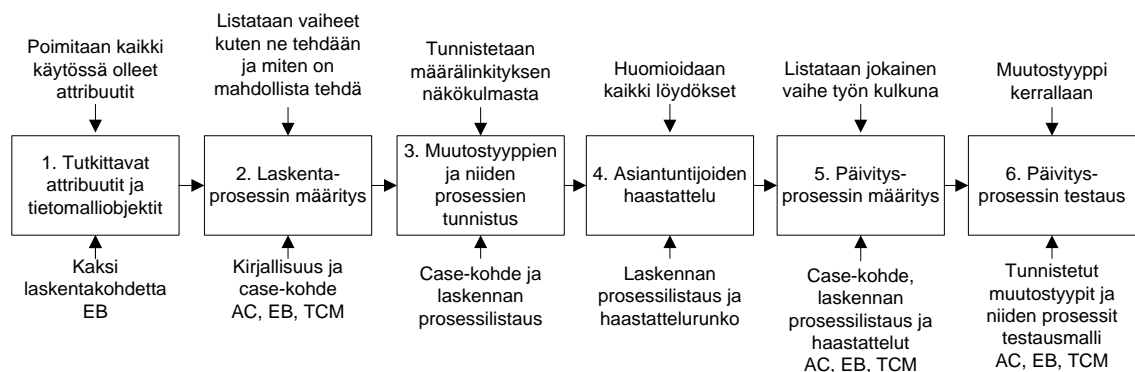


### 3. TUTKIMUSMENETELMÄ

Diplomityön tutkimusongelmana on tietomallipohjaisten suunnitelmamuutosten päivittäminen kustannuslaskelmaan. Tämän avuksi on tarkoitus kehittää päivitysprosessi, jolla suunnitelmamuutoksen vaikutukset saadaan kustannusarvioon hallitusti ja oikein.

Tutkimuksen pääkysymys jakautuu kolmeen alikysymykseen (Kuva 2.), joilla pyritään löytämään toimiva tapa toteuttaa muutokset kustannuslaskelmaan. Kolmannella alikysymyksellä täydennetään suunnitelmamuutosten vaikutusten hallintaan liittyvää päivitysprosessia hyvillä toimenpiteillä ja huomioilla. Huomioon otettavia asioita ovat muun muassa kustannusrevisioiden vertailukelpoisuus ja kustannusarvioin rakenteiden vaikutus muutoksen hallinnassa.

Diplomityön tutkimusmenetelmäksi valittiin kvalitatiivinen tutkimus. Tutkimustyön kulku jakautuu viiteen vaiheeseen ja tuloksen testaukseen, kuten alla olevassa kuvassa 12. on esitetty. Kuvan lyhenteet EB, AC ja TCM viittaavat käytettyihin ohjelmistoihin: Easy BIM, ArchiCAD ja TCM Pro. Tutkimusaineisto koostuu kahdesta toteutuneesta laskentakohteesta, kirjallisuusselvityksestä, case-kohteesta ja asiantuntijahaastattelusta, joiden avulla määritetään eri vaiheiden tulokset. Tutkimuksessa tekijän oma kontribuutio näkyy case-kohteen ja haastateltavien valintana. Haastateltavat asiantuntijat ovat tekijän kollegoita.



*Kuva 12. Tutkimustyön kulku. Yläpuolella ovat vaiheen ohjaus- ja rajausmäärittelyt sekä alhaalla aineisto ja ohjelmistot (Easy BIM, ArchiCAD ja TCM Pro).*

Diplomityön ensimmäisenä tutkimusvaiheena (Kuva 12.) suoritettavan tutkittavien attribuuttien ja tietomalliobjektien määrittämisen tarkoituksena on rajata tutkimuksen muuttujien lukumäärää. Sillä selvitetään tietomallinobjektit ja niiden oleelliset attribuutit, joita on käytetty toteutuneissa laskentakohteissa. Toisena vaiheena määritetään tietomallipohjainen kustannuslaskentaprosessi, jotta suunnitelmamuutosten vaikutuksia voi-

daan tutkia. Kolmantena vaiheena tunnistetaan muutostyypit ja nimetään niiden mahdolliset muutosprosessit. Asiantuntijahaastatteluiden avulla kerätään tietoa kustannuslaskennan ammattilaisilta tutkimustyön neljännessä vaiheessa. Viidentenä vaiheena on tarkoitus muodostaa päivitysprosessi edellisten vaiheiden löydöksiä hyödyntäen. Päivitysprosessin tutkimustulos testataan lopulta erillisellä testausmallilla.

### **3.1 Suunnitelmamuutoksen hallinnan tutkimusmenetelmät**

Suunnitelmamuutoksen hallinnan tutkimusmenetelmiksi valikoitui tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa kolme: kirjallisuusselvitys, case-tutkimus ja asiantuntijahaastattelu. Näistä case-tutkimus toistuu tutkimustyön erivaiheissa. Kirjallisuusselvityksen ja haastattelun löydöksiä hyödynnetään tutkimustyön edetessä. Seuraavaksi esitellään menetelmät ja niiden käyttökohteet tutkimustyön eri vaiheissa.

#### **3.1.1 Kirjallisuusselvitys**

Kirjallisuusselvityksellä kootaan ajantasaista tietoutta kustannus- ja määrälaskentaprosesseista kohdeyrityksen sisäisistä prosessikuvauksista sekä julkaistuista tutkimuksista ja kirjallisista lähteistä. Lähteinä ovat kansainväliset tieteelliset artikkelit ja kotimaiset opinnäytetyöt aiheesta. Viitteet ovat esitetty diplomityön toisessa luvussa.

#### **3.1.2 Case-tutkimus**

Tutkimuksen alkuun selvitetään kustannuslaskennassa käytetyt tietomalliobjektit ja niiden attribuutit kahdesta toteutuneesta laskentakohteesta case-tutkimusmenetelmin. Kyseessä on sekä arkkitehtisuunnittelijan että laskentaosaston tuottamat IFC-tietomallit toimitilakohteista, jotka ovat linkitetty Tocomon Easy BIM -ohjelmalla kustannusarvio-ohjelmaan. Kohteista toinen on kauppakeskus ja toinen autotalo. Tietomalliobjektien attribuuteista kootaan taulukko, johon lisätään tutkimusaineiston pohjalta tieto attribuutin tärkeydestä määrä- ja kustannuslaskennassa. Vanhoista kohteista selvitettiin, siirtyikö attribuutin kautta tietoa, mitä määrittely- ja määrätietoa hyödynnettiin sekä mitä tietoa voisi mahdollisesti jatkossa hyödyntää. Tämä tiedon sijaintien tarkka määrittely on tarpeen, jotta saadaan selville suunnitelmamuutokseen vaikuttavat tekijät tietomallin- tuissa kohteissa.

Kohdeyrityksen tietomallipohjaista kustannuslaskentaprosessia (vaihe 2.) ja päivitysprosessia (vaihe 5.) määritettäessä käytetään luvussa 3.3. esitettyä case-kohdetta, joka linkitetään kustannusarvioon, muutetaan ja uudelleen linkitetään kustannusarvioon. Case-kohde kuvaa mahdollisimman tarkasti todellista tilannetta käytettävien ohjelmien ja toimintojen myötä. Case-kohteesta kirjataan ylös jokainen työvaihe niin yksityiskohtaisesti kuin mahdollista. Ohjelmistoista kirjataan myös toimenpiteet vaikka niitä ei case-kohteessa käytettäisikään. Tällöin saadaan kuvattua todelliset ja toimivaksi havaitut

prosessit, jotka ovat osoittaneet toimivuutensa jo yhdessä kohteessa ja joka pitää sisäl-  
lään myös muissa kohteissa mahdollisesti tarvittavia ohjelmistokohtaisia toimenpiteitä.

Laskentaprosessin vaiheet kirjoitetaan taulukko-ohjelmaan (Taulukko 2.) siten, että yh-  
delle riville tulee yhtä toimenpidettä kuvaava avainsana sekä lyhyt kuvaus avainsanan  
mukaista toimintoa kuvaamaan. Toimet kirjoitetaan taulukkoon kronologisessa järjes-  
tyksessä, kuten ne tulevat case-kohteessa vastaan. Tämän lisäksi yritetään löytää sarjalle  
tehtäviä kuvaava otsikko, jolloin saadaan luotua helpommin ymmärrettäviä osakokonai-  
suuksia kuvata prosessista, kuten linkittäminen ja hinnoittelu. Tietomallipohjainen  
kustannuslaskentaprosessi muodostuu lopulta osakokonaisuuksien summasta. Toimen-  
piteet ja osakokonaisuudet jakautuvat hierarkiatasoihin. Hierarkiatasot rakentuvat pää-  
osin ohjelmistojen käyttölogiikan, kuten valikkojen mukaan. Numeroinnilla saadaan  
eroteltua samaan kokonaisuuteen kuuluvat peräkkäiset toimet toisistaan seuraavana esi-  
tetytyn taulukko 2. mukaisesti.

Numero	Avainsana	Kuvaus	Selventävä kuva
322	Osakokonaisuus	Kuvaus osakokonaisuudesta	Esim. Ohjelman valikko
3221	Toimenpide1	Kuvaus osakokonaisuuden 1. toimenpiteestä	
3222	Toimenpide2	Kuvaus osakokonaisuuden 2. toimenpiteestä	
...	...	...	

**Taulukko 2.** Case-kohteen avulla laskentaprosessin toimenpiteet kerätään tällaiseen  
toista sataa riviä sisältävään taulukkoon haastattelututkimusta varten.

Suunnitelmamuutoksen vaikutusten hallinnan tutkiminen alkaa kuvan 12. kolmannessa  
vaiheessa, muutostyyppien ja niiden prosessien tunnistamisesta. Laskentaprosessin tau-  
lukoimisen aikana tietomallipohjaisista suunnitelmista voidaan tunnistaa eri tyytit, joil-  
la muutos vaikuttaa päivitettävään linkitystiedostoon tai kustannusarvioon. Näin kaikki-  
en rakennusosien erilaiset muutokset voidaan koota yhtenäisiksi muutostyypeiksi. Muu-  
tostyypeille voidaan case-kohteen avulla nimetä omat muutoslinkitysprosessit, jotka  
voidaan helpommin testata erillisillä päivityslinkityksillä.

Päivitysprosessin määrittäminen (vaihe 5.) pohjautuu laskentaprosessiin ja asiantuntija-  
haastattelun löydöksiin. Case-kohteesta tehtävän päivitysprosessin aikana tunnistetaan  
laskentaprosessista (Liite D) vaiheet, jotka toistuvat, ovat uusia tai joita ei käytetä suun-  
nitelmien muuttuessa. Näihin vaiheisiin kiinnitetään huomiota, kun case-kohteen muu-  
tokset linkitetään uudelleen kustannusarvioon. Päivitysprosessi kuvataan perusprosessin  
tapaan taulukossa 2. esitetyllä tavalla.

Muutoksia toteutettiin case-kohteessa, koska osa lohkoista oli tietomallinnettu aluksi  
väärillä 2D-suunnitelmarevisioilla ja hinnoitteluvaiheessa huomattiin pieniä puutteita  
tietomallin laskentakelpoisuudessa. Tietomalliin muun muassa lisätään puuttuvia raken-  
teita, poistetaan virheellisiä ja nimetään ne toisella tavalla. Varsinaisia sijainteja case-  
kohteessa ei käytetä, joten niiden muutos pitää tutkia tarkemmin testauksen yhteydessä.

Case-kohteen muutosten päivittämisellä tarkistetaan muutostyyppien muutosprosessit sekä tunnistetaan lisää suunnitelmamuutosten hallintaa helpottavia toimenpiteitä.

### 3.1.3 Asiantuntijahaastattelu

Tutkimuksen neljäntenä vaiheena toteutetaan asiantuntijahaastattelut, jolla pyritään tuomaan case-kohteesta puuttuvat huomiot esiin ja tarkastella laskentaprosessin puutteita. Asiantuntijahaastatteluilla tarkastetaan ehdotetut muutosryhmät ja päivitysprosessit sekä kerätään ideoita hallintaa helpottavista toimenpiteistä. Haastattelut tehdään käyttäen johdantoluvussa määriteltyjä alikysymyksiä haastattelurunkona kuvan 1. mukaisesti. Haastatteluin tarkennetaan suunnitelmamuutoksen hallinnan käytännön ongelmakohtia sekä kartoitetaan ratkaisuehdotuksia, hyviä käytäntöjä, joilla tietomallin suunnitelmapäivitykset saadaan huomioitua ensimmäisen laskennan ja päivityksen yhteydessä. Haastateltaviksi valitaan kohdeyrityksen tietomallintamiseen perehtyneet kustannuslaskennan ammattilaiset. Heistä jokainen tietää käytettävät ohjelmistot ja kohdeyrityksen laskentaprosessit. Haastattelun runko on esitetty diplomityön liitteessä A. Haastattelun avulla saadun laadullisen aineiston analyysitapana käytetään lähteissä esitettyä teemoittelua (Eskola ja Suoranta 1998, s.174-180). Haastattelun tärkeimmät löydökset on teemoiteltu Liitteessä C. Haastattelujen yhteydessä kohdeyrityksen kustannuslaskennan asiantuntijoilta kartoitetaan myös heidän kokemusta tietomalleista ja käytössä olevista ohjelmista.

### 3.1.4 Laskenta- ja päivitysprosessin testaus

Laskenta- ja päivitysprosessi testataan tekemällä testimalli, joka ryhmitellään, linkitetään kustannusarvioon ja hinnoitellaan antamalla satunnaiset hinnat rakennusosille. Tämän laskentaprosessin jälkeen testin tietomallia muutetaan ja kuvattujen muutosprosessien avulla suunnitelmat viedään uuteen kustannusarvioversioon. Muutokset jaetaan neljään ryhmään: ryhmittely (1), määrä (2), sijainti (3) ja poisto (4), jotka testataan erikseen. Testauksen helpottamiseksi tiettyyn muutosryhmään kuuluvat tietomalliohjektit merkittiin väreillä kyseisen järjestyksen mukaan: vihreä, sininen, punainen ja musta. Mallinnusobjektina testauksessa käytettiin seinätyökalkua, koska siitä löytyvät oleelliset nimeämisattribuutit ja dimensiot.

## 3.2 Tutkimusmenetelmien arviointi

Tutkimus jakautuu viiteen vaiheeseen ja testaukseen (Kuva 12.). Ensimmäisellä ja toisella vaiheella rajataan tutkittavia muuttujia sekä luodaan vertailutaso päivitystoimenpiteiden havainnointiin. Se parantaa päivitysprosessin tutkimuksen laajuutta, koska voidaan keskittyä oleelliseen. Tutkimusprosessissa käytetään metodeita laajasti kirjallisuusselvityksestä aina case-kohteeseen ja asiantuntijahaastatteluun.

Lähimpänä tutkittavaa ympäristöä ovat luonnollisesti kansalliset julkaisut, jotka usein ovat opinnäytetyötasoisia. Näissä käytettävät ohjelmistot ja nimikkeistö ovat yhtenevät diplomityön kanssa. Kansainvälisen tutkimustiedon hyödyntäminen diplomityön ympäristössä on haasteellista, mikäli tutkimus on toteutettu tietyn maan toimintatapojen ja ohjelmistojen kanssa.

Case-kohteen luotettavuutta lisää sen vaatima tarkkuus jälkilaskentakohteenä. Tämä tarkoittaa, että tietomalli sisältää laajasti rakenteita ja se on toteutettu laskennan vaatimusten mukaisesti. Laskennan kannalta on myös tärkeää, että laskija tuntee kohteensa hyvin. Tietomallintaminen ja jälkilaskenta perehdyttivät kyseiseen kohteeseen syvästi. Tutkimuksen luotettavuutta lisäisi se, että hallirakennuksen lisäksi olisi mukana muunlaisia laskennan case-kohteita. Tällöin voitaisiin huomata uusia haasteita muun muassa asuinkerrostalon tietomalliin liittyen. Vaihtoehtoisesti olisi mahdollista myös luoda case-kohde ilman todellista hanketta esimerkiksi tutkimalla suunnitelmamuutoksia muutamia mallinnusobjekteja tarkastelemalla. Tästä saattaisi kuitenkin puuttua todellisiin tilanteeseen nähden jotain merkityksellistä, kuten muutoksen vaikutus hinnoitteluun. Case-kohde on perusteltu tutkimusmuoto, sillä se huomioi parhaiten tutkimuksen toimintaympäristön. Lisäksi toimintaympäristön prosessit tulee tutkia läheltä ja tarkasti case-kohteen avulla.

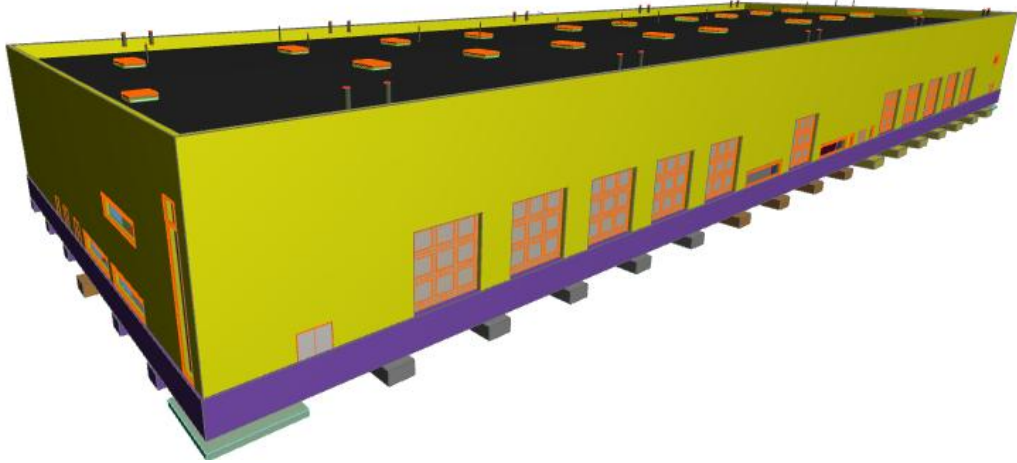
Kohdeyrityksen laskentaprosessit vaikuttivat asiantuntijahaastattelun otannan valintaan. Tietoa kerätään kohdeyrityksen toimintakulttuurin osajilta, joilla on kokemusta käytetyistä ohjelmistoista. Haastatteluun valittiin viisi asiantuntijaa kohdeyrityksen laskentaosaston henkilöstöstä. Asiantuntijoiden kokemustausta selvitetään myös kyselyn yhteydessä, jolloin vastausten oikeellisuutta voidaan myöhemmin arvioida. Haastattelurungon kirjoittaminen vaatii tutkijalta tietoa aiheesta, mutta se saattaa myös rajata aihetta ja ohjata osallistujien vastauksia.

Vaihtoehtoisesti suunnitelmamuutoksen vaikutusten hallintaa varten olisi voitu tutkia toteutuneita kohteita. Näin olisi voitu tutkia muutoksia, joita on tapahtunut tietomallikohteissa muutaman vuoden aikavälillä. Kohteisiin perehtymiseen olisi kuitenkin kulunut liikaa aikaa. Toisaalta olisi voitu myös testata päivityksiä kaikkien objektityyppien osalta. Tämä ei olisi kuitenkaan tuonut lisää tietoa, sillä objekteilla on kustannuslaskennan kannalta samanlaiset ominaisuudet – nimeäminen, määrätieto ja sijainti.

### **3.3 Case-kohteen esittely**

Tutkimuksen case-kohteenä on toimitila, korjaamo- ja varastorakennus, jonka kohdeyritys toteutti perustajaurakointina pääkaupunkiseudulle. Toimitilan rakentaminen aloitettiin maaliskuussa 2013 ja se valmistui kesäkuussa 2014. Korjaamo- ja varastorakennuksen tilavuus on 44 000 m<sup>3</sup> ja kokonaishuoneistoala 5 500 m<sup>2</sup>. Tilat on jaettavissa kolmesta viiteen käyttäjälle. Kohdeyrityksen kustannuslaskijat suorittavat toimitilasta jälkilaskennan. Jälkilaskenta aikataulutettiin sopimaan diplomityön aikatauluun. Jälki-

laskenta suoritettiin käsin ja tietomallintamisen avulla, jolloin saatiin vertailupohjat tietomallinnetun ja perinteisen määrälaskennan eroista. Kuvassa 13. on esitetty case-kohteen tietomalli.



*Kuva 13. Case-kohte mallinnettuna jälkilaskentaa varten.*

Kohteen perinteinen määrälaskenta suoritettiin TCM Pro Rakenteet- ohjelman suoritevälilehdelle. Määrät mitattiin paperikuvista ja syötettiin ohjelman suoritepuolelle. Kohteeseen huomioitiin vain Talo-80 nimikkeistön 2-6 pääryhmät, joten maa- ja pohjarakenteet (PR1) sekä talotekniikka (PR7) jätettiin jälkilaskennan ulkopuolelle. Tämän tutkimuksen tekijä tietomallinsi case-kohteen ArchiCAD 17 -mallinnusohjelmalla. Natiivimalli käännettiin IFC-tiedostomuotoon, josta voitiin linkittää määrät Tocoman Easy BIM-linkitys ohjelman avulla.

## 4. TULOKSET

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan oleelliset attribuutit oli tarpeellista selvittää, jotta muutoksenhallinnan muuttujia saatiin rajattua. Ne määritettiin tutkimalla kahta toteutunutta laskentakohdetta. Kustannuslaskentaprosessin määrittäminen toteutettiin, jotta suunnitelmamuutosten vaikutuksia voitiin tutkia. Prosessia ei oltu aiemmin kuvattu yksityiskohtaisella tasolla. Olemassa olivat vastuuprosessien kuvaukset, joissa oli maininta määrälaskennasta sekä hinnoitteluista sekä niiden päävaiheista. Ensimmäiseksi tutkittiin kirjallisuudessa esitettyjä tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan sekä kohdeyrityksen omia prosessikuvauksia. Prosessikuvauksen kirjallisuusselvitys on esitetty diplomityön luvussa 2.4. Case-kohteen avulla määritettiin tietomallipohjainen kustannuslaskennan prosessi tarkimmalla mahdollisella tasolla, työn kulkuna. Prosessi on esitetty diplomityön liitteessä D. Kyseistä prosessikuvausta testattiin myös asiantuntijahaastattelun yhteydessä pyydetyillä kommentteilla.

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan päivitysprosessissa huomioitavia asioita tutkittiin niin case-kohteen kuin asiantuntijahaastattelun avulla. Case-kohteen avulla määritettiin eri muutosprosessien vaiheet. Asiantuntijahaastatteluin haettiin taas hyviä tapoja suunnitelmamuutosten ennakoimiseen ja päivitysprosessin hallintaan.

Diplomityön neljännessä luvussa esitellään tulokset sellaisina, joiksi ne tutkimuksen perusteella muodostuivat. Tulokset esitetään tutkimusvaiheiden mukaisessa järjestyksessä. Tulosten varsinainen analyysi käydään luvussa 5.

### 4.1 Laskennassa käytetyt attribuutit ja tietomalliobjektit

Tietomalliobjekteista ja niiden attribuuteista koottiin liitteen B mukainen taulukko, johon lisättiin tutkimusaineiston pohjalta tieto attribuutin tärkeydestä määrä- ja kustannuslaskennassa. Case-kohteen avulla selvitettiin, siirtyikö attribuutin kautta tietoa natiivimallista IFC-malliin. Samalla selvitettiin, mitä määrittely- ja määrätietoa hyödynnettiin sekä mitä tietoa voisi mahdollisesti jatkossa hyödyntää. Tämä oleellisen ominaisuustiedon tarkka määrittely on tarpeen, jotta tutkimuksen muuttujia voidaan rajata ja saada selville suunnitelmamuutokseen vaikuttavat tekijät tietomallinnetuissa kohteissa.

Attribuutit jaoteltiin liitteen B taulukossa kuuteen kategoriaan tarpeellisuuden perusteella: keltaiseen, oranssiin, vaaleanpunaiseen, valkoiseen, harmaaseen ja mustaan. Attribuuteista eriteltiin nimeämiseen (keltainen) ja määrätietoon (oranssi) sovelletut ominaisuudet. Vaaleanpunaisella merkittiin mahdollisesti hyödylliset attribuutit. Lisäksi merkittiin valkoisella objektin attribuutti, mikäli se ylipäättään sisälsi tietoa. Harmaat eivät

sisältäneet kyseisissä kohteissa informaatiota. Musta tarkoittaa liitteen B taulukossa, että tietomalliobjektilla ei ole kyseistä attribuuttia. Keltainen, oranssi ja vaaleanpunainen kategoria muodostavat kustannuslaskennan kannalta oleelliset tietomalliattribuutit.

Kuitenkin tutkimuksessa havaittiin, että aivan yksiselitteisesti tiedot eivät kirjaudu ArchiCAD:in ja Easy BIM:in välillä. Standardi ei ota kantaa niinkään tiedon sijaintiin tai sisältöön vaan enemmänkin tiedon luettavuuteen ja siirtymiseen ohjelmistojen välillä. Esimerkiksi useimmat ArchiCAD:in objektit kirjoittavat ID-kentän tiedon Easy BIM:n name-kenttään. Poikkeuksena on tilaobjekti, jolla on ArchiCAD:issä oma name-kenttä. Tämä ei siis varsinaisesti ole yhteisen IFC-formaatin vika vaan käytettyjen ohjelmistokäyttöliittymien ominaisuus.

Alla olevassa taulukossa 3. on tiivistetty liitteen B mukaiset attribuutit, jotka ovat laskennan kannalta oleellisia toteutuneiden laskentakohteiden mukaan. Attribuutit on esitetty tietomalliobjekteittain.

Obj.	Kategoria	KÄYTETYT OBJEKTIN ATTRIBUUTIT
Seinä	Ident./ Dim.	Construction type; Layer ja Name = ID
	Quantity	Area, side, net/gross, average (TCM); Length (TCM); Volume, net/gross (TCM)
Ovi	Ident./ Dim.	Name = ID / Height (TCM) ja Width (TCM)
	Quantity	*KAPPALEMÄÄRÄ* ja Area (TCM)
Ikkuna	Ident./ Dim.	Layer; Material; Name = ID / Height (TCM) ja Width (TCM)
	Quantity	*KAPPALEMÄÄRÄ*; Area (TCM); Perimeter (TCM) ja Width (TCM)
Pilari	Ident./ Dim.	Construction type; Layer ja Name = ID / Depth (TMC) ja Width (TCM)
	Quantity	Height (TCM) ja Volume, net (TCM), *KAPPALEMÄÄRÄ*
Palkki	Ident./ Dim.	Construction type; Layer ja Name = ID / Height (TCM) ja Width (TCM)
	Quantity	Length (TCM) ja Volume, net (TCM), *KAPPALEMÄÄRÄ*
Laatta	Ident./ Dim.	Construction type; Layer; Name = ID / Thickness (TCM)
	Quantity	Area, top, net (TCM); Volume, net (TCM)
Porras	Ident./ Dim.	Layer; Name = ID
	Quantity	*KAPPALEMÄÄRÄ*
Objekti	Identification	Layer; Name = ID
	Quantity	*KAPPALEMÄÄRÄ*
Tila	Ident./ Dim.	Layer; Name = ID; Number / Height (TCM) ja Width (TCM)
	Quantity	Area, floor net (TCM); Area, sides, net (TCM) ja Volume, net (TCM)

**Taulukko 3.** Tietomalliobjektien oleelliset attribuutit.

ArchiCAD 17-ohjelmassa tietomallinnetaan objektit mallinnustyökaluilla, joita ovat esimerkiksi seinä-, ovi- ja pilarityökalu. Attribuutin kategoriat ovat Tocomanin Easy BIM -ohjelmassa Identification, Dimensions, Location ja Quantity. Quantity tarkoittaa määrätietoa, joka usein tietomallista halutaan linkittää kustannusarvio-ohjelmaan. Muita kategorioita käytetään objektien tunnistamiseen ja ryhmittelyyn. Taulukkoon ei ole lisätty Location-kategoriaa, sillä siitä käytetään ryhmittelyyn satunnaisesti vain kerrostietoa.

Tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa käytetään tietomalliobjekteja, joista saa kätevästi siirrettyä määrätiedon linkitysmallista kustannusarvioon. Kaikista tietomal-



liobjekteista ei kuitenkaan saa selkeää määrä- tai mittatietoa kustannusarvion tueksi. Haasteellisia objekteja ovat työn toisessa luvussa (s.12) esitetyt verhoseinärakenteet, katot, kaarevat seinät ja parametriset objektit.

Kuten lähteissä todettiin, eri objekteista saadaan laskettua eri mitta- ja määrätietoja geometrian avulla. Siksi oikeiden objektien käyttö on tärkeää määrä- ja kustannuslaskennan kannalta. Alla on listattuna diplomityössä tutkittavat ja laskennassa esiintyneet tietomalliobjektit ja esimerkit niiden tyypillisistä käyttökohteista toteutuneiden laskentakohteiden mukaan:

- Seinä – tukimuurit, jatkuvat anturat, sokkelit, väliseinät, kantavat seinät, ulkoseinät, julkisivuverhoukset, lasiseinät, räystäsrakenteet sekä useimmat juoksumetreinä mitattavat määrät
- Palkki – palkit ja jotkin juoksumetreinä mitattavat määrät
- Pilari – pilarit ja paalut
- Laatta – ala-, väli- ja yläpohjat, katot, kappale-anturat, tasoeroportaat, luiskat, pihan pinta-rakenteet sekä muut pinta-alana mitattavat määrät
- Tilaobjekti – huonealat, kerrostasosalat, bruttotilavuus sekä huoneiden pinta-materiaalien määrät
- Objekti – kappalemäärillä laskettavat määrät
- Ovi – ulko-, väli-, ja erityisovet sekä aukot seinässä
- Ikkuna – ikkunat, verhorakenteen osat ja savunpoistoluukut
- Porras – portaat

## 4.2 Laskentaprosessin määrittäminen

Lähteiden kustannus- ja määrälaskentaprosessit on esitetty diplomityön toisessa luvussa. Prosessit ovat peräisin kohdeyrityksen sisäisistä aineistoista sekä julkaistuista tutkimuksista ja muista kirjallisista lähteistä.

Prosessin vaihe	Osakokonaisuudet	Vastuuhenkilö	Prosessin tuotteet
<b>Määrälaskenta</b>	Rakennusosalaskenta	Määrälaskentatoimisto	Määräluettelo
	Suoritelaskenta	Määrälaskija	Laskentamuistio
		Kustannuslaskija	Määrätarkisteet
<b>Määrälinkitys</b>	Rakennusosien tunnistus	Määrälaskija/toimisto	Laskentamuistio
	Rakennusosien ryhmittely	Kustannuslaskija	Tietomalliseloste
	Määrien linkitys	Hinnoittelija	Määrätarkisteet
<b>Hinnoittelu</b>	Ennakoiden kysely	Kustannuslaskija	Kustannusarvio
	Määräluettelon tarkastus	Hinnoittelija	Laskentamuistio
	Kysymykset rakennuttajalle		Tarjousvertailut Määrätarkisteet

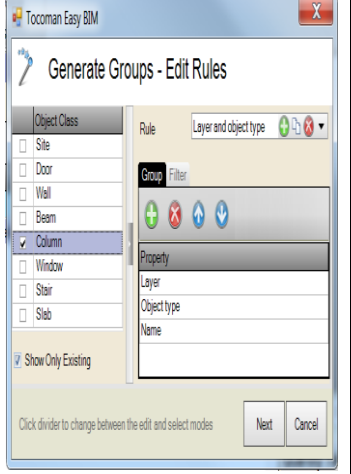
**Taulukko 4.** Lähteissä esitettyjen laskentaprosessien vastuuhenkilöt ja tuotteet.

Taulukossa 4. on yhteenveto lähteiden löydöksistä. Lähteissä on kuvattu lähinnä laskennan vastuuprosessien päätoimet: hankkeen perustaminen, määrälaskenta, sisältäen

määrälinkityksen, ja hinnoittelu. Usein määrälaskennan suorittaa erillinen määrälaskija ja hinnoittelun hoitaa kustannuslaskija.

Kohdeyhteyksien sisäistä kustannuslaskentaprosessia määritettäessä käytettiin case-kohdetta, joka kuvaa mahdollisimman tarkasti todellista maailmaan käytettävien ohjelmien ja toimintojen myötä. Case-kohteen avulla määritettiin jokainen työvaihe niin yksityiskohtaisesti kuin mahdollista. Tällöin saatiin kuvattua todellinen ja toimivaksi havaittu referenssiprosessi, jota voidaan käyttää päivitysprosessin lähtökohtana. Tutkimuksen tulos, taulukkomuotoinen prosessikuvaus, on tutkimuksen liitteenä D. Case-kohteena on työn kolmannessa luvussa kuvattu jälkilaskentakohde.

Alla olevassa taulukossa 5. on esimerkkinä liitteestä D poimittu ryhmän luomiseen tarvittavat toimet. Työvaiheet on listattu ja numeroitu kronologisessa järjestyksessä. Esimerkiksi jokainen 131412-alkuisen numerosarjan toimenpide kuuluu Generate eli ”ryhmän luonti” kokonaisuuteen. Viimeisellä numerolla erotetaan samaan kokonaisuuteen kuuluvat peräkkäiset toimet. Rivien avainsana kuvaa yhtä toimenpidettä, jota selittää kuvauksen sarakkeessa. Taulukossa 5. on esitetty selventävänä kuvana ohjelman Generate Groups –ikkuna.

Numero	Avainsana	Kuvaus	Selventävä kuva
131412	Generate	Paina luo ryhmä painiketta	
1314121	Object Class	Objektityypeistä näkyvät olevat / kaikki	
13141211	Valitse	Valitse objektityyppi	
13141212	Aktivoi	Aktivoi Objektiluokan rivi	
1314122	Rule	Valitse käytetty sääntö tai luo uusi	
13141221	Group	Ryhmä-välilehdessä lisään ryhmittelysääntöjä	
131412211	Property	Lisää ryhmittelyominaisuus	
13141222	Filter	Filter-välilehdellä voidaan lisätä suodatuksia	
131412221	Property	Lisää suodatusominaisuus	
131412222	Operator	Valitse operaattori (mm. = <> contains..)	
131412223	Value	Valitse haluttu raja-arvo	
131412224	Unit	Valitse yksikkö	
131412225	Name	Add Filter name	
1314123	Next	Kuittaa Next:iillä	
1314124	Tarkista	Tarkista ryhmittelyn tulokset	
1314125	Finish	Kuittaa ryhmittely	

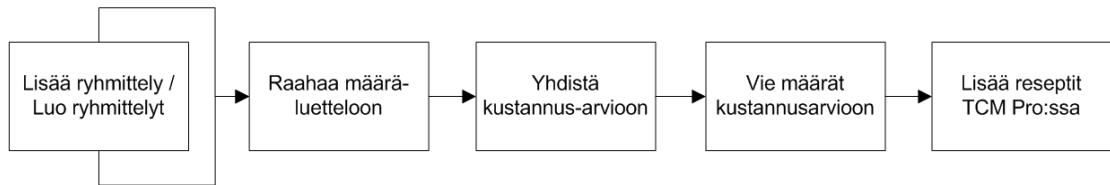
**Taulukko 5.** Esimerkki case-kohteen laskentaprosessin toimenpiteistä ryhmittelyssä.

Toimenpiteet ja osakokonaisuudet jaettiin yllä esitetyn taulukon 5. esimerkin mukaisesti hierarkiatasoihin, jotka muodostuivat pääosin ohjelmistojen käyttölogiikan, kuten valikkojen mukaan. Ohjelmistotasolla toimet on kuvattu jokaisen tarvittavan valintaikkunan toimen tai klikkauksen tarkkuudella. Kaikkia ohjelmiston toimia ei kuitenkaan kirjattu taulukkoon vaan pääosin ne, joita case-kohteen laskenta edellytti. Kustannuslaskennan määrittämisen myötä otsikko ja toimenpiderivejä taulukkoon kertyi yhteensä 250 kappaletta.

Tarkat toimet kuvattiin työvaihekuvauksena siten, että jokainen prosessin tunteva laskija pystyy tunnistamaan toimenpiteen ja ymmärtää kuvauksesta, mitä asian tekeminen

vaatii. Listauksen pohjalta on mahdollista piirtää kuvan 14. mukainen prosessikaavio. Kuvassa 14. on esitetty työn kannalta oleellisin osio, eli määrälinkitys, josta taulukossa 5. esitetty listaus edustaa ensimmäisen laatikon toista vaihtoehtoista menettelyä – luo ryhmittelyt.

#### MÄÄRÄTIEDON LINKITTÄMINEN KUSTANNUSARVIOON



**Kuva 14.** Prosessikaavio määrätiedon linkittämisen vaiheista Easy BIM -ohjelmalla.

Kustannuslaskennan asiantuntijoilta kysyttiin case-kohteen avulla määritetystä prosessilistauksen (Liite D) vaiheista: ”Onko kuvattu kustannuslaskentaprosessi riittävän kattava? Onko siihen lisättävää? Onko siitä poistettava jotain? Onko siinä jotain, mitä et ymmärrä?”. Asiantuntijoiden vastauksista ilmeni, että laskennan prosessikuvaus on kattava, mutta vaihtoehtoisia tapoja on mahdollista löytää. Esimerkiksi kuvattuun prosessiin lisättiin vaihtoehtoinen tapa, jossa rakenteet voidaan luoda suoraan TCM Pro –ohjelmaan ja tuoda sieltä linkitysohjelmaan. Asiantuntijat nostivat myös esille, että sijaintitunnusten ja alakohteiden käyttö riippuu sovitusta käytännöstä kustannuslaskijan ja laskennan asiakkaiden välillä. Turhina toimina haastateltavat nostivat hinnoittelun eri vaihtoehtoja, joita he eivät itse käytä: panoshinnoittelu, panoslajihinnoittelu ja panoslajien muokkaus. Näitä tosin toiset laskijat saattavat käyttää, joten niitä ei poistettu prosessilistauksesta. Erään haastateltavan toiveena oli prosessilistauksen jakaminen selkeisiin osioihin, joka toteutettiin kuvaukseen otsikoimalla vaiheita selkeämmin.

### 4.3 Muutostyyppien ja niiden prosessien hahmottaminen

Laskentaprosessin määrittelyn yhteydessä selvitettiin myös muutostyypit, joita on neljä kappaletta: ryhmittely-, sijainti- ja määrämuutos sekä rakennetyypin poisto. Näiden avulla päivitysprosessi voidaan testata selkeästi tekemällä vain yhden tyyppisiä muutoksia kerrallaan. Samoin muutosryhmät yksinkertaistavat päivitystä tilanteissa, jossa muutoksia tapahtuu vain määriin tai silloin, kun tietomallin sijainteja ei käytetä. Usein kuitenkin kaikki muutostyypit esiintyvät samalla kertaa isoimmissa hankkeissa.

### 4.4 Asiantuntijahaastattelun prosessiparannukset

Tutkimuksen neljäntenä vaiheena toteutetussa asiantuntijahaastattelussa täydennettiin case-kohteen perusteella saatua liitteen D mukaista laskentaprosessilistausta. Kappaleessa 4.4.1 on esitetty asiantuntijoiden näkemys suunnitelmamuutokseen ja sen määrit-

telyyn. Suunnitelmamuutoksen hallinnan käytännön ongelmakohtia sekä hyviä käytäntöjä on esitetty kappaleessa 4.4.2. Asiantuntijahaastattelun tulokset ovat teemoiteltu liitteessä C.

#### 4.4.1 Suunnitelmamuutos asiantuntijahaastattelun mukaan

Asiantuntijahaastatteluin selvitettiin suunnitelmamuutoksen määrittystä ja siihen liittyviä näkemyksiä kustannuslaskennan kannalta. Liitteen C vastausten mukaan suunnitelma-  
muutos on esimerkiksi rakennetyypin vaihtaminen, muuttaminen, poistaminen tai uuden lisääminen. Se vaikuttaa määrätietoon, laajuuteen ja laatutekijöihin. Suunnitelmien täydentymisen ja muutoksen eroavaisuudesta oltiin kahta mieltä: niillä on eroa tai niillä ei ole eroa laskennan kannalta. Eroavaisuusnäkökulmaa perusteltiin kustannuslaskennan sisäisten prosessien kannalta. Tarkentuminen on otettu mahdollisesti aiemmin huomi-  
oon ammattilaisen arviolla, jolloin nyt tarkentuneen suunnitelman vuoksi tulee kustannusarvio tarkastaa. Vastauksissa, joissa todettiin, että niillä ei ole eroa voidaan tulkita vastaajan ottavan kantaa siihen, että molemmat tulee huomioida kustannuslaskennassa. Kysyttäessä suunnitelmapuutteiden huomioimisesta kustannuslaskennassa saatiin seuraavanlaisia tuloksia:

- Arviot ja oletukset omina riveinään, jolloin ne on helppo erottaa
- Määräksi voidaan laittaa yksi erä, jolla kuvataan koko arviota
- Laskentamuistioon lisätään aina selvitys tehdyistä arvioista

Tuloksista huomataan, että jollain tavalla kustannusarvioon on suunnitelmapuutteet tietomallista ja suunnitelma-asiakirjoista huomioitava. Tuloksissa myös todettiin, että suunnitelmatarjonnun yhteydessä on tarkastettava vastaako oletus tarkentunutta suunnitelmaa. Suunnitelmapuutteiden huomioiminen riippuu myös tulosten mukaan rakennushankkeen urakkamuodosta. Kokonaisurakka tilaajan suunnitelmilla ei vaadi puutteiden huomioimista toisin kuin KVR-urakka viitteellisine suunnitelmineen. Tärkeänä lisähuomiona tuloksissa oli myös, että rakennusurakan yleisten sopimusehtojen, YSE 1998, mukaista tuotantovaiheen lisä- ja muutostyömäärityä ei voida sopimuksen puuttuessa täysin soveltaa tarjouslaskentavaiheessa.

#### 4.4.2 Hyvät toimenpiteet asiantuntijahaastattelun mukaan

Hyviä toimenpiteitä tietomallipohjaisen kustannuslaskennan suunnitelmamuutoksen hallintaan kaivattiin niin muutosten ennakointiin laskentaprosessin yhteydessä kuin päivitysprosessiin. Asiantuntijahaastattelun avulla pyrittiin selvittämään hyviä ja huonoja asioita muutoksen hallinnan näkökulmasta. Eräässä vastauksessa on nähtävissä 5D-tietomallintamisen hyödyt suunnitelmamuutosten hallinnassa: ”Tietomallin (natiivi tai IFC) hyödyntäminen tehostaa muutosten hallintaa, koska sen kautta muutokset on helppompaa tunnistaa ja määrämuutosten siirtäminen on nopeampaa”. Asiantuntijahaastattelun vastaukset on teemoiteltu diplomityön liitteessä C. Asiantuntijoiden mainitsemat

toimet on eroteltu laskenta- ja päivitysprosessilistauksissa keltaisella maalauksella taulukon 6. mukaisesti. Lisäksi vaiheisiin liittyvä asiantuntijahaastattelussa esille noussut ohjeistus on esitetty prosessilistauksissa HUOMIOI-avainsanalla.

NUMERO	AVAINSANA	KUVAUS
L214R1	Code	Kirjoita litteranumero eli code
L214R10	HUOMIOI	Litteroi määrärivit järjestelmällisesti

**Taulukko 6.** *Asiantuntijahaastattelussa esiintyneet toimet ja ohjaushuomiot on erotettu prosessilistauksessa keltaisena avainsanan kohdalta.*

Asiantuntijat tunnistivat kuvatus laskentaprosessista päivitysprosessia helpottavia toimenpiteitä. Samoin kysyttiin nykyisen prosessin hyviä toimenpiteitä sekä siihen mahdollisesti lisättäviä tai muutettavia toimia, joilla kustannuslaskelman päivittäminen helpottuu. Asiantuntijoille esitettiin kysymykset: ”Millä tavoin kustannuslaskelman eri revisioiden vertailtavuutta helpotetaan?”, ”Millä tavoin kustannuslaskelman rakenne (=litterointi yms.) vaikuttaa päivitysten hallittavuuteen?” ja ”Millaisilla rakenteilla ja suoritteilla selvittää BIM-laskentakohteissa helpoimmalla?”. Muutoksen hallintaa helpottavat löydökset on listattuna alla olevaan taulukkoon 7. Löydöksen esiintyminen case-kohteessa, haastattelussa tai viitekehysesä on esitetty taulukossa x-kirjaimella.

Muutoksen hallintaa helpottavat järjestelyt	Case	Asiant.	Viite
<b>IFC-MALLI</b>			
Muuttumisen merkitseminen natiivimalliin	-	x	-
Suunnitelmamuutokset tietomalliselosteeseen rakennusosittain	x	x	x
Julkaisupäivämäärät, jolloin tehdyt muutokset julkaistaan kerralla	x	-	x
GUID-tunnuksen säilyttäminen muutoksia tehtäessä	x	x	x
<b>MÄÄRÄLINKITYS</b>			
Ryhmittelysääntöjen kirjaaminen laskentamuistion liitteeksi	x	-	-
Ryhmittelyn jälkeinen tallentaminen	x	x	-
Linkityksen jälkeinen tallentaminen	x	-	-
Kaavojen ja menekien käyttö tai linkitys resepteille	x	x	-
Kaikki mahdolliset määrät linkitetään tietomallista	x	x	x
Rakennusosan määrätieto voidaan johtaa muiden osien määristä	-	-	x
Laskentamuistioon maininta linkitettävistä rakenneosista	-	x	x
Lisätyt ja poistetut määrärivit voidaan erotella huomautuksella	-	x	x
<b>HINNOITELU</b>			
Massahinnoittelun käyttö	-	x	x
Rakennusosien hinnoittelu yksikköhintojen avulla	x	x	x
Laskentamuistion käyttö	x	x	x
<b>KUSTANNUSARVIO</b>			
Kustannusarvion asiakkaiden vaatimusten selvittäminen	x	-	x
Suunnitelmamuutosten kustannusvaikutusten esittäminen	-	x	x
Kustannusarvion rakenne (litterointi)	-	x	-

**Taulukko 7.** *Suunnitelmamuutosten hallintaa helpottavat järjestelyt, jotka on hyvä huomioida ensimmäisen kustannuslaskennan aikana.*

Asiantuntijat nostivat tietomalliselosteen käytön esille niin tietomallinnettujen rakennusosien kuin muutosten tunnistamisessa. Toinen tärkeä asiakirja on haastattelun tulos-

ten mukaan laskentamuistio, johon laskija itse merkitsee huomioita määrälaskennan ja hinnoittelun aikana. Erityisesti poikkeamat tavanomaiseen käytäntöön on hyvä merkitä laskentamuistioon. Muutoksen hallinnan näkökulmasta vertailulaskelmat ja rakenne-määräluettelot muutoksista ovat asiantuntijoiden mukaan tarpeen. Vertailulaskelman kustannuslaskelmien eri versioiden kesken saa asiantuntijoiden mukaan toimimaan, kun käytetään yhtenevää litterointitapaa. Suunnitelmapuutteita vastaavat arviot ja oletukset lisätään omina riveinään, jolloin ne on helpompi havaita suunnitelmien tarkentumisen ja muutosten myötä. Päivityksen yhteydessä uudet asiat on asiantuntijoiden mukaan hyvä merkitä uusilla litteroilla ja nämä myös erotetaan päivityksen yhteydessä, että kyseessä on kokonaan uusi rakenne.

Asiantuntijat esittivät vastauksissaan hyviä ohjeita, joilla kustannuslaskentaprosessin aikana huomioidaan muutoksiin varautuminen. Esimerkiksi suoritteiden määrien linkitys tai syöttäminen kaavoilla auttaa kustannuslaskelman päivittymistä linkityspäivityksen yhteydessä. Käytettävät rakenteet, suoritteet ja litterointitapa tulisivat asiantuntijoiden mukaan myös olla yhtenevät, jolloin kustannusarvio olisi selkeämpi rakenteeltaan.

Asiantuntijat esittivät vastauksissaan myös kustannusarvion päivitysprosessia haittaavia tekijöitä ja erilaisia riskikohtia. Osa vastauksista on tutkimuksen rajauksen ulkopuolelta, kuten määrätiedon käsin syöttäminen ja prosessin ulkoiset tekijät, joita ovat esimerkiksi kiireinen aikataulu ja keskeneräiset suunnitelmat. Osa vastauksista taas on selkeästi laskenta- ja päivitysprosessilla hoidettavia toimenpiteitä. Objektien ryhmittelyssä filttereiden käytön nähtiin aiheuttavat riskin päivityslinkityksen yhteydessä, mikäli suodatukset jäävät laskijalta huomaamatta. Toinen riski on, että muutos jää tunnistamatta, mikäli ei tehdä visuaalista tarkastelua, revisiovertailuja sekä määräluetteloiden muutosvertailua.

Haastattelussa mainitut suuret määrämuutokset saattavat esimerkiksi vaikuttaa yksikköhintaan, jolloin muutos on tunnistettava. Laskijan tulee haastattelun mukaan myös varmistua, että kaikki määrät linkitetään vain tarpeen mukaan eikä vahingossa useampaan kertaan. Esimerkiksi laskijan tulee varmistua, että linkitetään oikeisiin määräriveihin ja päivityksen yhteydessä määrät kirjoitetaan kustannusarvioin edellisten linkitysmäärien päälle. Hinnoitteluvaiheessa on haastattelun mukaan vältettävä muutosten säätäminen hinnoittelulla tai käsin tehdyin korjauksin. Tällöin mahdollisen suunnitelmapäivityksen yhteydessä ei voida olla varmoja muutosten vaikutusten päivittämisestä kustannusarvioon.

## 4.5 Päivitysprosessin määrittäminen

Päivitysprosessin määrittäminen toteutettiin case-tutkimuksella ja siinä hyödynnettiin asiantuntijahaastattelun löydöksiä. Päivitysprosessin oleellinen osa, muutoksen tunnistaminen, on esitetty erillisessä kappaleessa 4.5.1. Päivitysprosessi käsitellään kappaleessa 4.5.2. ja sen kaikki vaiheet ovat listattu taulukkomuotoon liitteeseen E. Muutosryhmien erilliset päivitysprosessit on esitetty luvun viimeisessä kappaleessa ennen testauslukua.

### 4.5.1 Muutoksen tunnistaminen päivitysprosessissa

Laskennan asiantuntijat pitivät tietomallin suunnitelmamuutoksien tunnistamista tärkeänä toimena. Case-kohteen avulla hyviä tunnistamiskeinoja löytyi useita: visuaalinen tarkastus, ohjelmistoperusteinen revisioiden vertailu Model Checker:illä sekä Easy BIM-ohjelman ryhmittelemättömien lukumäärät, linkitysprosenttien ja linkityssymbolien vertailu. Visuaalinen tarkastus pitää sisällään tietomallin vertaamisen muihin suunnitelma-asiakirjoihin ja niissä tapahtuneisiin muutoksiin. Visuaalinen tarkastus on jätetty tarkemmin tutkimatta, sillä case-kohteessa ei ollut tietomalliselostetta ja työ rajoittuu tietomalliin tehtyihin suunnitelmamuutoksiin, jotka tutkitaan tarkemmin Solibri Model Checker:illä toteutettavalla mallien revisiovertailulla tai Easy BIM:issä tehtävällä tarkastuksella.

Case-kohteen löydösten lisäksi tulevilla laskentakohteilla suunnitelmamuutokset voidaan selvittää tietomalliselosteesta. Suunnittelijan on toimitettava 2.luvussa esitetyn yleisten tietomallivaatimusten mukaan tietomalliseloste laskentaan. Tietomalliseloste lienee muutosten selvittämisen tärkein suunnitelma-asiakirjoista, sillä vaatimusten mukaan siihen kirjataan tieto muutoksista rakennusosittain.

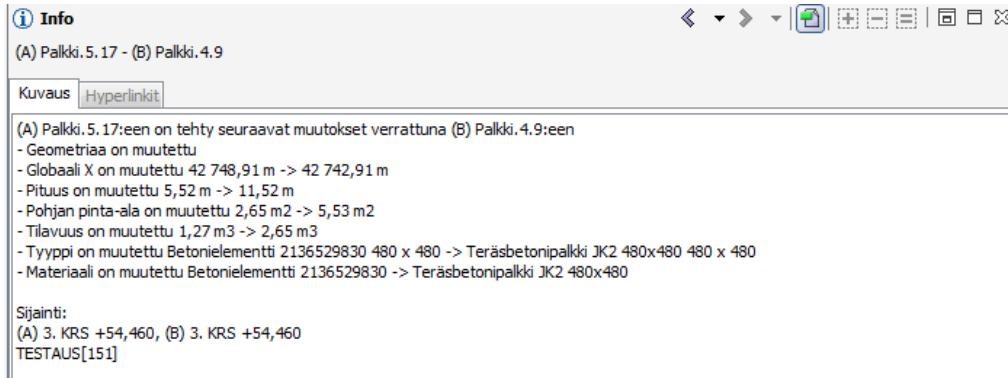
Jälkilaskentakohteena olevaan case-kohteen tietomalliin tehtiin muutoksia, kun huomattiin lisätarpeita sekä ristiriitaisuuksia tietomallin ja 2D-suunnitelmien välillä. Tietomallit avattiin Solibri Model Checker V9.0 -ohjelmalla ja niistä koottiin revisiovertailuraportti. Raportin tulokset jakautuivat lisättyihin, poistettuihin tai muutettuihin komponentteihin. Kuvassa 15. on esitetty ohjelman Tarkastus-näkymä suoritettujen säännöstötarkastuksen jälkeen.

Tulosten yhteenveto					
Ilmoitusten lukumäärä	0	223	0	0	0
Ilmoitusten tiheys	0	5.6	0	0	0

*Kuva 15. Mallien revisioiden vertailu Solibri Model Checker V9.0 -ohjelmalla. Tulokset jakautuva lisätyt-, poistettut- ja muutetut-kategoriaan.*

Ohjelma jakaa vertailusäännöstössä erikseen komponentit ja tilat. Molemmista on mahdollista saada vietyä taulukkoraportit, joista näkyy muun muassa objektien lukumäärän, pituuden ja pinta-alan muutos kerroksittain jaoteltuna.

Kun Model Checkerin revisiovertailun tuloksia katsotaan tarkemmin, saadaan infosta näkymään tietomalliobjekteille tehdyt muutokset, kuten kuvassa 16. on esitetty. Muutettujen palkkien vertailussa nähdään, että ohjelma esittää selkeästi geometria- ja määrä-, ryhmittely- (tyyppi ja materiaali) sekä sijaintimuutokset.



**Kuva 16.** Solibri Model Checker:in revisiovertailun tulokset info-näkymässä.

Solibri Model Checkerin revisiovertailu perustuu tietomallinnusobjektien GUID-numeroon. Se on objektin yksilöivä tunnus, jonka mallintamisohjelma automaattisesti jokaiselle objektille kirjoittaa. GUID-numeron tahattomasta muuttamisesta saattaa seurata ongelmia revisiovertailun tarkastuksessa. Ohjelma tulkitsee objektin poistuneen ja uuden tulleen tilalle, vaikka kyseessä olisi muuten sama objekti. Tätä varten suunnittelun ohjauksessa sovitaan tietomallintamiselle päivämäärä, jonka jälkeen GUID-numerot eivät saa muuttua.

Kohdeyrityksen linkitysohjelmistosta, Easy BIM:stä, saadaan myös tietoa suunnitelma-muutoksista. Tämä vaatii kuitenkin kustannuslaskijalta omaa selvitystyötä, sillä varsinaista työkalua revisioiden vertailuun ohjelma ei tarjoa. Case-kohteessa päivitettyyn tietomallin tuotiin vanhan linkitysmallin linkityssäännöt. Kuvassa 17. on esitetty sama näkymä vanhasta ja päivitetystä linkitysmallista. Ohjelman overview-välilehdellä näkyy objektityypeittäin kappaleiden ja ryhmittelemättömien objektien määrät sekä linkitysprosentit.



Object Class	Total Count	Ungroupe	Linked %
Assembly			
Beam	64	0	100%
Column	116	34	71%
Covering			
Curtain Wall			
Door	97	0	100%
Footing			
General			
Panel			
Railing			
Ramp			
Site	1	1	0%
Slab	31	0	94%
Space	93	0	98%
Stair	12	0	100%
Transport			
Wall	198	0	100%
Wall (special)			
Window	53	0	100%

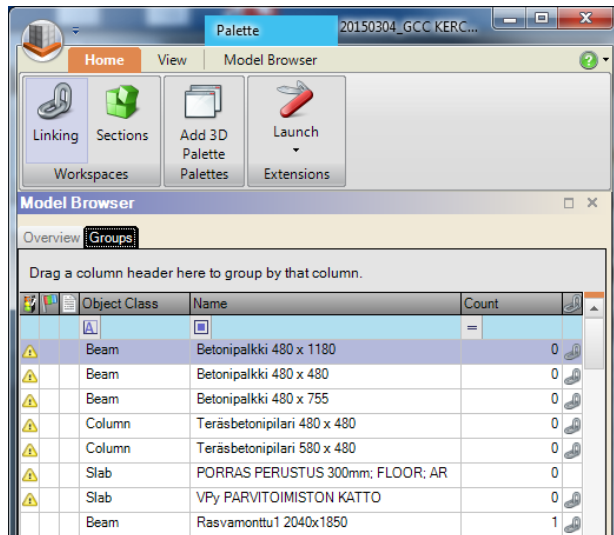
  

Object Class	Total Count	Ungroupe	Linked %
Assembly			
Beam	55	51	7%
Column	141	118	16%
Covering			
Curtain Wall			
Door	97	0	100%
Footing			
General			
Panel			
Railing			
Ramp			
Site	1	1	0%
Slab	43	15	65%
Space	93	0	98%
Stair	12	0	100%
Transport			
Wall	235	37	84%
Wall (special)			
Window	53	0	100%

**Kuva 17.** Tietomallikohteen kahden version välinen ero Easy BIM –ohjelman Overview-välilehdellä. Vanha on linkitettyä ja uusi ennen ryhmittelyä ja linkitystä.

Kokonaismääriä vertaamalla, nähdään, onko uusia objekteja lisätty tai vanhoja poistettu. Ryhmittelemättömien objektien määrän tulisi olla nolla tai ainakin lähellä sitä, sillä määrälaskentamalliin ei kannata jättää asioita, joita ei määrälinkitykseen tarvita. Tämä saattaa aiheuttaa turhaa sekaannusta ja epävarmuutta. Ryhmittelemättömät objektit on erotettavissa listauksesta selkeästi. Linkitysprosentti kertoo, kuinka moni objekti on vähintään kertaalleen linkitetty ohjelman määräluetteloon, josta ne saadaan julkaistua kustannusarvioon. Linkitysprosentin tavoite on 100-%. Easy BIM -ohjelman overview-välilehdeltä ei saa tietoa määrämuutoksesta Solibri Model Checker:in tapaan mitattavin suurein.

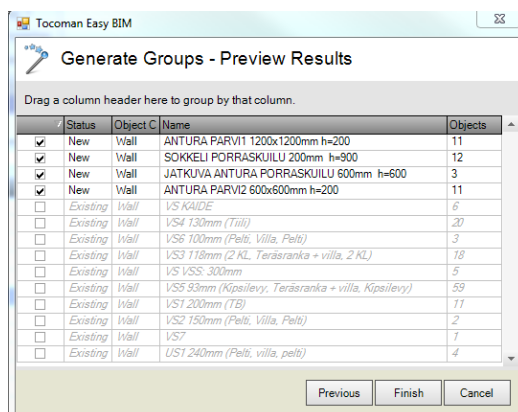
Easy BIM –ohjelman Ryhmittely –välilehdellä (Kuva 18.) näkyy uuden linkitysmallin katkenneet linkitykset liikennevalojen keltaisella huutomerkillä. Linkitys katkeaa, mikäli ryhmittelyyn käytettyjä tietomalliobjektin attribuutteja muutetaan. Linkitysmäärässä on tällöin nolla ja linkityssymboli merkinä aiemmasta linkityksestä.



**Kuva 18.** Uuden version ”katkenneet” linkitykset merkittynä liikennevalojen keltaisella huutomerkillä.

Kuvassa 18. listatut palkit (*beam*) ja pilarit (*column*) saivat päivityksen yhteydessä kaikki tarkemmin kuvaavat nimet. Palkkeihin mallinnettiin myös yksi uusi rakennetyyppi lisää. Tämä ei kuitenkaan näy kuvan 18. listauksessa, sillä uusia ryhmittelyjä ei vielä kuvankaappaushetkellä oltu tehty. Laattatyökälulla (*slab*) mallinnettua porrastusta ei oltu alkuperäiseen kustannusarvioversioon linkitetty, siksi linkityssymboli puuttuu rivin oikeanpuolimmaisesta sarakkeesta. Välipohjalaatta ”VPy PARVITOIMISTON KATTO” taas poistettiin turhana kokonaan alkuperäisestä tietomallista.

Tocoman Easy BIM:ssä viimeisin ryhmittelysääntö jää ohjelman muistiin ja uudet ryhmät ovat tällöin tunnistettavissa statuksen ”New” mukaan (Kuva 19.). Tämä nopeuttaa päivitetyn tietomallin objektien uudelleen ryhmittelyä. Ryhmittelysäännöstä pitää casekohteen mukaan vaihtaa nimeämiseen vaikuttavien tietomalliohjaintien ominaisuuksien järjestys vastaamaan alkuperäistä versiota.



**Kuva 19.** Samoilla ominaisuuksilla ryhmiteltäessä Easy BIM tunnistaa ryhmittelemättömät tietomallikomponentit, joiden status on uusi (new).

Myös määräluettelosta näkee katkenneet linkit kuten kuvassa 20 on esitetty. Esimerkiksi poistetut tai uudelleen nimetyt tietomalliobjektit jättävät nämä huomautukset jälkeensä, koska määräluettelon riviin viittaa tuodun linkityssäännön ryhmä, jota ei ole enää olemassa uuden ryhmittelyn myötä.

	624004	APLOG1 (Kerca): Varusteryhmä WC		erä	
	624007	APLOG1 (Kerca): Suihkupiste		erä	
⚠	325511	APLOG1 (Kerca): VP 1: pintabetoni 60 + ontelolaatta 265, REI 90	0 m2		1
⚠	325512	APLOG1 (Kerca): VP 1: pintabetoni 60 + ontelolaatta 320, REI 90	482,153		2
⚠	433104	APLOG1 (Kerca): TUO 9+4x22, teräsprofiilirakenteinen laakauko-ovi, OV	0 kpl		1

**Kuva 20.** Easy BIM:in määräluettelon muuttuneiden määrien edessä on huomio.

Tietomallin muutokset voidaan siis tunnistaa monessa eri päivitysprosessin vaiheessa ja näin varmistua, että ne huomioidaan. Alla olevaan taulukkoon 8. on koottu tavat tunnistaa tietomalliin tehdyt suunnitelmamuutokset case-kohteen ja lähteiden mukaan.

#### MUUTOKSEN TUNNISTAMISEN VAIHTOEHTOJA

Tietomalliseloste	Tuloste	Muutokset kirjattuna
Visuaalinen tarkastus	SMC / Easy BIM	Havaitaan suuret muutokset
Revisioiden vertailu	Solibri Model Checker	Ohjelma vertaa malleja
Ryhmittelemättömät	Easy BIM	Näyttää mitä ei ole vielä ryhmitelty
Poistuneet	Easy BIM	Poistuneet ja toiseksi kokonaan vaihtuneet
Linkitysprosentti	Easy BIM	Näyttää linkitettyjen osuuden
Ryhmittelyssä uudet	Easy BIM	Näyttää uudet rakenneosat
Katkenneet linkit	Easy BIM	Näyttää ryhmittelynimeltään muuttuneet

**Taulukko 8.** Muutoksen tunnistamisen vaihtoehdot listattuna taulukkoon. Toisessa sarakkeessa on käytetty ohjelma.

Koska ryhmittely tapahtuu usein tietomallinnusobjekteittain, kuten seinin, laatoin ja ovin, myös tunnistaminen kannattaa tehdä mallinnustyökaluittain Solibri Model Checker:illä. Näin saadaan tulostettua lista, jota voidaan pitää tarkastuslistana kaikkien suunnitelmamuutosten viemisen varmistamiseksi.

## 4.5.2 Päivitysprosessi

Kohdeyrityksen laskennan päivitysprosessia määritettäessä lähtötietoina käytettiin laskentaprosessia ja case-kohdetta, joka kuvaa mahdollisimman tarkasti todellista tilannetta käytettävien ohjelmien ja toimintojen myötä. Case-kohteen avulla määritettiin jokainen työvaihe niin yksityiskohtaisesti kuin mahdollista, jolloin saadaan kuvattua todellinen päivitysprosessi. Tutkimuksen tuloksena saatu prosessilistaus on esitetty kokonaisuudessaan työn liitteenä E. Case-kohteena on työn kolmannessa luvussa kuvattu jälkilaskentakohde.

Seuraavaksi esitetyssä taulukossa 9. on esimerkkinä liitteestä E poimittu määrälaskennan alkuvaiheessa tarvittavat toimet. Työvaiheet on listattu ja numeroitu kronologisessa järjestyksessä aivan kuten laskentaprosessi. Esimerkiksi jokainen P2-alkuisen numero-

sarjan toimenpide kuuluu määrälaskennan tehtäviin. Keltaisella merkityt avainsanasolut tarkoittavat, että kyseinen toimenpide on esiintynyt asiantuntijahaastattelun vastauksissa muutoksen hallintaa helpottavana toimenpiteenä. Oranssit avainsanasolut ovat taas case-kohteen avulla tehtyjä huomioita toimenpiteiksi.

Numero	Avainsana	Kuvaus
P2	<b>MÄÄRÄLASKENTA</b>	
P20	TCM Pro	Uuden version luominen TCM Pro:hon
P201	Laskentamuistio	Pidä määrälaskentamuistiota muutosten huomioimiseksi
P21	<b>Määrälinkitys</b>	BIM määrälaskenta
P211	Easy BIM	Avaa Easy BIM
P212	IFC-malli	Tuo IFC-malli
P2121	Kansio	Hae kohteen kansio
P2122	Tiedosto	Valitse tiedosto
P2123	Linkityssäännöt	Tuo edellisen laskennan linkityssäännöt import -toiminnolla
P21231	Tunnista	ryhmittelemättömät, linkittämättömät ja katkenneet linkit
P21232	Liputa	Merkitse lipulla valmiit ryhmät (Valkoinen lippu)
P213	<b>Ryhmittely</b>	Avaa ryhmittely välilehti
P2130	Laskentamuistio	Selvitä aiemmat ryhmittelyssäännöt ja suodatukset
P2131	Laskentamuistio	Lisää uudet ryhmittelyssäännöt ja suodatukset muistioon
P2132	Työtila	Avaa linkittämisen työtila/välilehti
P2133	Tunnista	Tunnista ryhmittelemättömät objektit

**Taulukko 9.** Esimerkki päivitysprosessin toimenpiteistä määrälaskennan alussa.

Päivitysprosessin listauksen myötä otsikko ja toimenpiderivejä kertyi taulukkoon yhteensä 264 kappaletta. Kattavasta prosessikuvauksesta voidaan tunnistaa laskijoille tunnistettavia kokonaisuuksia, päävaiheita. Päivitysprosessin päävaiheet on taulukossa 10.

## Päivitysprosessin päävaiheet

### ALOITTAVAT TOIMET

Tietomallin laskentavalmiuden tarkastus ja revisiovertailu

### PÄIVITYSLINKITYS

Linkityssäntöjen tuonti

Muuttuneiden ja uusien rakenneosien ryhmittely

Uusien ryhmittelyssäntöjen ja suodatusten kirjaaminen muistiin

Ryhmittelyn jälkeinen tallentaminen (malli ja tiedosto)

Virheellisten ryhmien poistaminen

Määräluettelon yhdistäminen kustannusarvion uuteen versioon

Linkittämättömien rakenneosien linkitys

Rakenteiden jakaminen sijainteihin tarvittaessa

Määrien julkaiseminen kustannusarvio-ohjelmaan

Linkitysmallin ja -tiedoston tallentaminen

### HINNOITTELUN TARKASTUS

Turhien rakennusosa- ja suoriterivien poisto kustannusarviosta

Uusien rakennusosien hinnoittelu

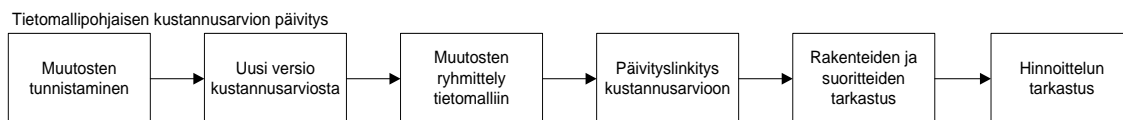
Väärin hinnoitteluoletusten korjaaminen

Volyyminmuutosten huomioiminen hinnoitteluun

*Aloitusajankohdan muutoksen huomioiminen hinnoitteluun*

**Taulukko 10.** Päivitysprosessin päävaiheet.

Taulukon vaiheista voidaan piirtää prosessikuvaus seuraavassa esitetyn kuvan mukaan. Kuvassa 21. on esitetty tietomallipohjaisen kustannusarvion päivitysprosessin päävaiheet tunnistamisesta hinnoittelun tarkastukseen.



**Kuva 21.** Tietomallipohjaisen kustannusarvion päivitysprosessi

Liitteessä E kuvattu päivitysprosessi perustuu aiemmin selvitettyyn laskentaprosessiin (Liite D). Päivitysprosessissa on muutama oleellinen eroavaisuus laskentaprosessin päivitykseen liittyen. Nämä liittyvät suunnitelmamuutosten tunnistamiseen, joita on listattu taulukossa 9. sekä aiemman linkitystiedoston ja kustannusarvion hyödyntämiseen. Linkitystiedoston avulla nopeutetaan päivityslinkitystä. Samalla tulee varmistua kuitenkin, että kaikki määrä- ja reseptilinkitykset ovat oikein. Hinnoittelussa tulee tarkistaa kaikki edellisen version oletukset ja muut suunnitelmamuutosten vaikutukset.

### 4.5.3 Muutosryhmien muutosprosessit

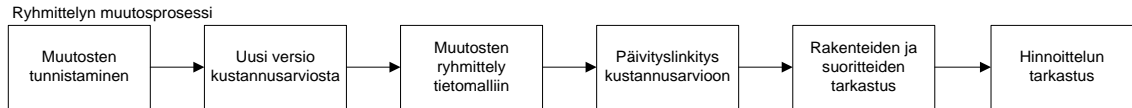
Suunnitelmamuutoksen vaikutusten hallinnan lähtökohtana oli tunnistaa case-kohteesta esiintyvät suunnitelmamuutokset ja jakaa ne muutostyyppeihin. Muutoksina olivat muun muassa uusi rakennetyyppi, erään seinärakennetyypin määrämöyös, uusi lohkojako ja rakennetyypin poistuminen kokonaan. Muutostyyppien selvittämisen tarkoituksena on päästä kiinni oikeisiin ongelmiin, jolloin ratkaisut voidaan edelleen yleistää koskemaan kaikkia mallinnettavia rakennusosia. Case-kohteessa tuli vastaan neljä muutostyyppiä, jotka ovat oleellisia tietomallipohjaisen kustannuslaskennan kannalta. Muutostyypit esitellään alaluvussa 4.3. ja niiden pohjalta tunnistetut prosessit on kuvattuna seuraavassa.

Muutosryhmien muutosprosesseilla on tarkoitus nopeuttaa tunnistetun muutoksen päivittämistä uuteen kustannusarvioon ja lisätä varmuutta tietomallipohjaiseen kustannusarvioon. Päällekkäisyydet ja virheelliset linkitykset aiheuttavat määrä- ja kustannusriskiä. Tietomallipohjaisen kustannusarvion päivitykseen voidaan listata yleiset vaiheet sekä erityisprosessit nimetyille muutosryhmille. Muutosprosesseille yhteisiä vaiheita ovat muun muassa:

- muutoksen tunnistaminen
- uuden linkitystiedoston tekeminen
- uuden kustannusversion luominen
- linkitysmallin ja laskelman yhdistäminen
- linkitettävien määrien julkaiseminen
- muutosten kirjaaminen laskentamuistioon
- haluttujen vertailulaskelmien tekeminen

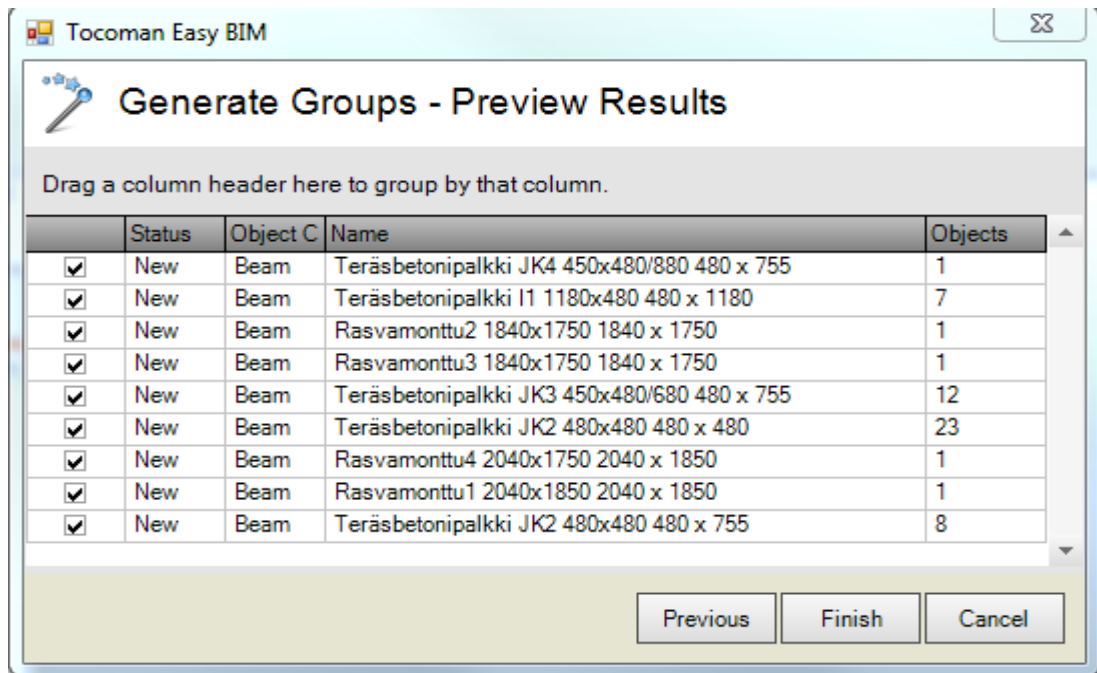
Nimettyjä muutosprosesseja ovat ryhmittely-, sijainti- ja määrätietomuutos sekä rakennetyypin poistuminen. Tutkimuksesta on rajattu muihin suunnitelma-asiakirjoihin perustuvat muutokset, kuten suoritemuutos ja panosrakenteen muutos.

Ryhmittelymäärityksellä erotellaan samalla mallinnustyökaluilla tehdyt objektit haluttuihin ehdoin pienimpiin kategorioihin. Määrityksiä voivat olla muuan muassa objektin rakennetyyppi, täyte, materiaali, ID (nimi), taso ja kerros. Alla olevassa kuvassa 22. on esitetty ryhmittelymuutosprosessi, joka ilmenee esimerkiksi rakennetyypin muuttuessa.



*Kuva 22. Ryhmittelyn muutosprosessi*

Esimerkiksi seinä-työkalulla voidaan mallintaa ulkoseinät, väliseinät, sokkelit ja jatkuvat anturat. Seinän korkeus on ryhmittelymääritys, sillä sen rakennettavuus ja siten hinta määräytyvät korkeuden mukaan. Kerrosjakoa voidaan käyttää ryhmittelymäärityksenä, sillä kerrostieto kulkee objekteissa mukana, kun tietomalli käännetään natiivista IFC-malliksi.

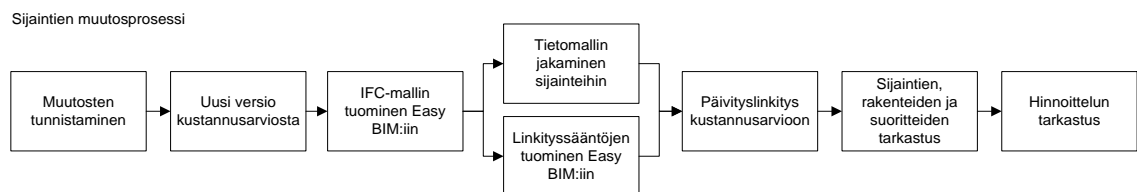


*Kuva 23. Ryhmittelyominaisuuksien yhteenveto Easy BIM -ohjelmassa*

Kuvan 23. esimerkin ryhmittelyominaisuuksien vaihtuessa Easy BIM -ohjelma ei esitä eri ominaisuuksin ryhmiteltyjä komponentteja, mikä saattaa aiheuttaa saman komponentin linkittämisen jollekin litteralle useampaan kertaan. Ryhmittelyn ongelmana on aiempia linkityssääntöjä höydynnettäessä, että ohjelma muistaa tietyille objektiryhmälle ainoastaan yhden ryhmittelysäännön. Mikäli objektit on ryhmitelty syystä tai toisesta usealla säännöllä, saattaa oikeiden attribuuttien löytäminen olla vaikeaa, mikäli niitä ei ole tallennettu ohjelmaan tai laskentamuistioon. Attribuutit kannattaa vielä olla samassa järjestyksessäkin kuin alkuperäisessä linkityksessä linkitys- ja nimeämistyön helpottamiseksi. Tämä vaatii manuaalisen järjestämisen, sillä ohjelma järjestää ryhmittelyn attri-

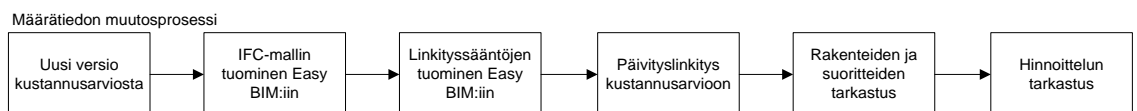
buuttit aakkosjärjestykseen. Muistissa olevan ryhmittelysäännön käytössä on riskinsä. Ryhmittelyn asetuksissa saattaa nimittäin olla muistissa suodattimia (*filter*), jotka rajaavat näkyvien objektien määrää. Tällöin jotkin objektit saattavat jäädä sillä kertaa ryhmittelemättä.

Sijaintitieto jakautuu kerros- ja lohkojakoon sekä muihin osakokonaisuuksiin. Objektien sijaintimuutokset vaativat joko objektien jakamista uusiin sijaintiryhmiin Easy BIM:ssä tai muuttuneiden sijaintien syöttämistä käsin TCM Pro:hon. Easy BIM –ohjelman versiossa 1.1.2 jaottelu lohkoihin tai muihin sijainteihin joudutaan tekemään kokonaan uudelleen päivityksen yhteydessä. Sijainnit eivät kyseisessä ohjelmaversiossa tallennu linkitystiedostoon, vaikka ne olisivatkin tehty edelliseen linkitysmalliin. TCM Pro:ssa taas tarkastetaan, että oikea haluttu sijaintitieto linkittyy suoraan tietomallista tai se lisätään kustannusriville manuaalisesti. Sijaintitietoa käytetään usein, kun halutaan erotella lohkot tai hankkeiden eri osapuolille jyvitetävät kustannukset. Sijainnilla saattaa myös olla vaikutusta hinnoitteluun esimerkiksi muuttuvan urakkarajan myötä. Sijaintimuutos tehdään, kun tietomalliobjektien sijainnit halutaan muuttaa tai kun muita muutostyyppisiä ilmenee. Alla olevassa kuvassa 24. on esitetty sijaintien muutosprosessi.



**Kuva 24.** Sijaintien muutosprosessi

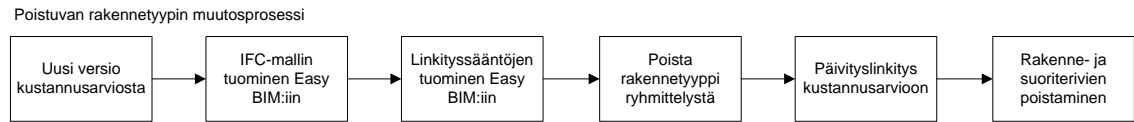
Määrätiedon muutos aiheuttaa vähiten toimenpiteitä päivitysprosessiin. Tällöin tuodaan linkityssäännöt päivitettyyn IFC-malliin ja yhdistetään linkitysmalli kustannusarvion uuteen versioon. Suuret määrätiedot tosin pitää hinnoitella uudelleen, sillä urakoiden suuruus vaikuttaa myös niiden hintaan ja muun muassa materiaalin saatavuuteen. Määrämuutosprosessin voi aiheuttaa rakennetyypin lisäys, vähennys sekä korvaaminen osittain toisella rakennetyypillä. Kuvassa 25. on esitetty määrätiedon muutosprosessi.



**Kuva 25.** Määrätiedon muutosprosessi

Tietomalliobjektin rakennetyyppi voi pysyä saman nimisenä, mutta rakenteen resepti saattaa muuttua. Tällöin joudutaan muutokset toteuttamaan suoraan linkitysmallin resepteihin tai kustannusarvion suoritteille. Jälkimmäistä ei kuitenkaan suositella, sillä muutos kannattaa toteuttaa suoraan linkitystiedostoon, jolloin se automaattisesti tulee huomioituksi myös mahdollisen seuraavan päivityksen yhteydessä.

Rakennetyypin vaihtuminen kokonaan toiseen tai poistuminen kokonaan aiheuttavat poistamistarpeen vanhan linkitystiedoston ryhmittelyyn ja kustannusarvio-ohjelman rakenteelle. Alla olevassa kuvassa 26. on esitetty oleelliset vaiheet rakenneosan kokonaan poistumisen päivittämiselle. Rakennetyypin vaihtumisen toiseen tarkoittaa poistumisen ja ryhmittelyn päivytysprosessien samanaikaista tekemistä.



*Kuva 26. Rakenneosan poistumisen muutosprosessi*

## 4.6 Prosessien testaus

Laskenta- ja päivytysprosessi testattiin erillisen testimallin avulla. Muutosprosessit testattiin luomalla seinätyypit ryhmittely-, määrä- ja sijaintimuutokselle sekä poistuvalla seinällä. Alla olevassa kuvassa 27. on esitetty muutosten kohteena olevat seinät edellä esitettyssä järjestyksessä. Ensimmäiseksi, laskentaprosessin mukaisesti, testimallista muodostettiin linkitys kustannusarvioon, joka hinnoiteltiin kuvitteellisesti. Seuraavaksi jokainen muutostyyppi muutettiin yksitellen ja muutos päivitettiin kustannusarvioon.



*Kuva 27. Testauksen muutosryhmät seinäobjektilla mallinnettuna*

Ryhmittelymuutoksen alla ovat kaikki tietomalliobjektien linkittämisvaiheen nimeämisessä käytetyt attribuutit. Näitä ovat seinäobjektilla taso, rakennetyyppi, ID ja rakenteen paksuus. Testauksessa muutettiin kaikki attribuutit kyseiseltä seinärakenteelta. Määrämuutossa seinätyyppiä kasvatettiin metrillä leveys ja korkeussuunnassa. Seinän paksuuden muutos voidaan tulkita ryhmittelymuutokseksi, koska tämä muuttaisi seinän rakennetyyppiä, joten sitä ei määrämuutoksen yhteydessä huomioida. Sijaintimuutoksessa seinän kerros vaihdettiin yhtä ylemmäs ja Easy BIM:in sijainnin nimeä muutettiin ”B”:stä ”C”:hen. Kokonaan poistuva seinä muokattiin vastaamaan ryhmittelymuutoseinä.

Tulokset koottiin päivytysprosessin listaukseen liitteeseen E. Taulukossa muutostyyppien vaatimat toimenpiteet on merkitty sarakkeisiin muutostyyppiä kuvaavalla värillä:



vihreä, punainen, sininen ja musta. Mikäli väritystä ei muutosryhmän sarakkeessa ole tarkoittaa se, että kyseistä toimenpidettä ei tarvita kyseisen muutostyyppin päivityksessä. Esimerkkinä tästä on taulukossa 11. esitetty ote liitteen E prosessilistauksesta.

R	M	S	P	Numero	Avainsana	Kuvaus
				P2123	Linkityssäännöt	Tuo edellisen laskennan linkityssäännöt import -toiminnolla
				P21231	Tunnista	ryhmittelemättömät, linkittämättömät ja katkenneet linkit
				P21232	Liputa	Merkitse lipulla valmiit ryhmät (Valkoinen lippu)
				P213	Ryhmittely	Avaa ryhmittely välilehti
				P2130	Laskentamuistio	Selvitä aiemmat ryhmittelysäännöt ja suodatukset
				...	...	...
				P213A	Add	Paina "lisää ryhmä" -painiketta

**Taulukko 11.** Esimerkki liitteessä E olevista testauksen huomioista.

Harmaita rivejä, kuten taulukon 11. Add-toimenpidettä, ei käytetty testauksessa ollenkaan. Numero-sarakkeessa oleva väri kuvaa testauksen löydöstä puuttuneesta toimesta, joka lisättiin testauksen yhteydessä päivitysprosessilistaukseen. Taulukossa 11. Numero-sarakkeen vihreä väri kuvaa esimerkiksi, että puute prosessilistauksessa havaittiin testauksen ryhmittelymuutoksen päivitysprosessin yhteydessä.

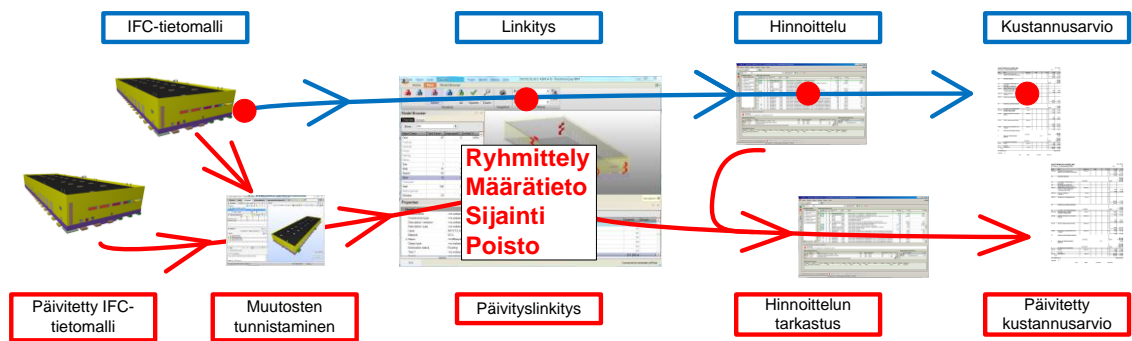
Testauksen yhteydessä päivitysprosessiin lisättiin kaikkiaan 24 riviä. Lisätyt toimet liittyivät muun muassa muutosten tunnistamiseen, tiedostojen tallentamiseen ja määrien julkaisuun kustannusarvio-ohjelmaan. Tärkein korjaus oli suoritteille linkittäessä se, että suoritteet pitää olla tehtynä TCM Pro -ohjelman puolella, ennen kuin ne löytyvät linkitysohjelmasta. Sijaintimuutoksen testauksen huomiona oli varmistaa, että kaikki alakohteet tulevat näkyviin kustannusarvio-ohjelmassa.

Testauksen perusteella voidaan todeta, että case-kohteen avulla tuotetut muutosryhmien päivitysprosessit toimivat testiolosuhteissa. Alla on listattu huomiot testauksesta:

1. Laskenta- ja päivitysprosessi vaativat ymmärrystä laskijalta.
2. Kannattaa tallentaa useissa eri vaiheissa
3. Alakohteiden käyttö vaatii suodattimien käyttöä linkityksen yhteydessä
4. Sijaintimuutos on tutkittu pelkästään sijainnin kannalta
5. Määrämuutos linkittyy automaattisesti muiden linkitysmuutosten mukana
6. Ryhmittelymuutos on nopea tehdä, mikäli ryhmittelysääntö on muistissa
7. Ryhmittelymuutoksen riskinä ovat objektityypin suodattimet ja useat säännöt
8. Poistuvat ja muuttuneet rakenneosat voi lopulta poistaa TCM Pro:sta

## 5. TULOSTEN TARKASTELO

Diplomityön tuloksien avulla saatiin kuvattua suunnitelmamuutoksen hallinnan kannalta keskeisten prosessien vaiheet. Alla olevassa kuvassa 28. on esitetty tietomallipohjaisen kustannuslaskennan prosessi sekä suunnitelmamuutoksen aiheuttama päivitysprosessi. Erot ja tutkimuksen löydökset verrattuna johdantoluvun kuvaan 2. on nimetyt suunnitelmamuutosryhmät ja niiden prosessit. Kuvan punaisen pisteet edustavat hyviä tapoja huomioida suunnitelmamuutos jo ensimmäistä kustannusarviota tehtäessä. Näitä toimenpiteitä löydettiin case-kohteen avulla, asiantuntijahaastattelulla sekä päivitysprosessin testauksen yhteydessä. Kuvan kokonaisuutta voidaan kutsua laskennan kokonaisprosessiksi, joka huomioi muutosten vaikutusten tarpeet ensimmäisestä laskennasta aina kustannusarvion päivitykseen.



*Kuva 28. Diplomityöllä ratkaistiin tietomallipohjainen laskenta- ja päivitysprosessi.*

Päivitysprosessiin lisättiin tärkeä vaihe, jossa suunnitelmamuutokset tunnistetaan vertaamalla Model Checker V9.0 -ohjelmalla eri versioita keskenään. Samalla tietomallia verrataan myös muihin suunnitelma-asiakirjoihin sekä tietomalliselosteeseen, jossa on usein esitetty muutokset ainakin jollakin tarkkuudella.

Tulosten tarkastelu -luvussa pohditaan tutkimusvaiheiden tulosten merkitystä, virhelähteitä ja verrataan niitä oletettuihin tuloksiin. Luvussa keskustellaan myös tulosten luotettavuudesta. Tuloksia verrataan tutkimuksen viitekehukseen ja 2. luvun väittämiin. Luvussa nostetaan esille yhteiset piirteet, erot ja puutteelliset kohdat.

### 5.1 Laskennassa käytetyt attribuutit ja tietomalliobjektit

Kustannuslaskennan kannalta oleellisten tietomalliobjektien ja niiden attribuuttien määrityksellä vähennettiin tutkimuksen muuttujia. Siten voitiin keskittyä olennaiseen, kun päästiin käsiksi siihen, miten tieto kulkee tietomalleissa ja mitä pitää huomioida suunnitelmien muuttuessa. Tietomallipohjaisten attribuuttien määrittäminen auttaa myös koh-

deyrityksen tietomallien suunnittelun ohjausta, kun saadaan kuvattua vaatimukset tietomallin tietosisällöstä tutkimuksessa käytetylle ArchiCAD 17-ohjelmalle.

Tietomallintamista hyödyntävää kustannuslaskentaa on tutkittu laajasti maailmalla. Eräs tietomallintamisen tutkimushaara on keskittynyt ohjelmistojen väliseen tiedonsiirron varmistamiseen ja yhteisen standardin IFC:n luomiseen. IFC-formaatin kehittämisen myötä tiedonsiirto ja sitä kautta tietomallin jalostaminen eri ohjelmien avulla on parantunut huomattavasti. Toteutuneissa laskentakohteissa käytetyt objektien attribuutit noudattavat IFC-standardia.

Käytetyistä attribuuteista saatiin ohjelmistotalo Tocoman:in mallinnusohjeen (2014) listaus suosituista tunnisteista. Ne olivat listattu ArchiCAD:in ja Easy BIM:in väliseen tiedon siirtoon. Yhtäläisyytenä oli molemmissa tunnistamiseen käytetyt attribuutit: ID/name, rakennetyyppi, materiaali sekä taso. Erona oli materiaalin käyttö. Tocomanin listauksen mukaan materiaali kuvaa rakennetyypin sisältöä, mikäli objektilla sellainen on. Tosin case-kohteiden mukaan materiaalikenttään tulee vain yksi materiaali, kuten betoni, teräs tai mineraalivilla. Tällöin varsinainen hyöty seinärakenteen sisällön määrittämiselle jää kohdeyrityksen kannalta nykyisten käytäntöjen valossa heikoksi. Materiaaliksi tosin pystyy määrittämään rakennetyypin rakennekerroksetkin halutessaan. Kehitystyö aiheesta saattaisi olla tarpeellista.

Tietomalliattribuutit, joita käytetään määrätiedon tunnistamiseen, nimettiin tutkimuksen 4.1. luvussa tutkituille objekteille 2-4 kappaletta. Tarkemmin, ovien, ikkunoiden ja tilojen identifiointiin käytetään kahta ja vastaavasti rungon osille kolmesta neljään attribuuttia. Tämä on kohdeyrityksessä tyypillinen lukumäärä laskijasta tai laskentakohteesta riippumatta tutkituissa toteutuneissa laskentakohteissa. Näitä käytettiin tutkittaessa laskentaprosessin ja päivitysprosessin vaiheita, mikä voidaan katsoa rajaavan tutkimustuloksia. Uusia, rajauksen ulkopuolisia, tietomalliobjekteja ja niiden attribuutteja voidaan kuitenkin ottaa käyttöön ja soveltaa niille kuvattujen prosessien vaiheita. Uusien attribuuttien ja objektien käyttäminen laskennassa perustuu samoihin työvaiheisiin, tunnistamiseen ryhmittelyn yhteydessä ja määrä- ja sijaintitiedon siirtämiseen.

## 5.2 Laskentaprosessin määrittäminen

Laskentaprosessin (Liite D) määrittäminen tarkoituksena oli esittää suunnitelmuutoksen hallinnan tutkimista varten prosessilistaus, jonka avulla työvaiheet saatiin kuvatuksi tarkkaan. Laskennan prosessin lähtökohtana oli saada kohdeyrityksen käyttämien ohjelmien mukainen yksityiskohtainen työkuvaus. Prosessilistaukseen pyrittiin saamaan kaikki mahdolliset toimet, vaikka niitä ei case-kohteessa varsinaisesti käytettykään. Näin pyrittiin jättämään mahdolliset suunnitelmuutoksen hallintaa helpottavat toimet tarkasteltavaksi varsinaista tutkimusta varten. Laskentaprosessin määrittäminen loi pohjan suunnitelmuutoksen vaikutuksen hallinnan tutkimiselle. Tietomallintamisen syväli-

nen ymmärtäminen vaatii ohjelmistotasosta tutkimista, josta esimerkkinä on tietovirta tietomalliobjektien tasolla.

Tietomallipohjaisen laskentaprosessin kuvauksella kohdeyritys voi kehittää prosessejaan ja opettaa paremmin henkilöstöään, esimerkiksi uusia laskijoita. Määritelty prosessi antaa pohjan henkilöstön keskustelulle uusien ja parempien tapojen löytämiseen. Mahdollisesti myös voidaan yhtenäistää toimintatapoja eri laskijoiden välillä, jolloin eri laskijat voivat lisätä keskinäistä yhteistyötä tietomallin linkityksen ja hinnoittelun eri vaiheissa. Kuvattu kustannuslaskentaprosessi on osoituksena kohdeyrityksen tietomalliosaamisesta eri hankeosapuolille, kuten tilaajille ja rakennuttajille. Laskentaprosessi on osa kustannuslaskennan laadunvarmistusta. Kun kokonaiskuva laskentaprosessista hahmottuu, selkeästi turhat työvaiheet voidaan poistaa ja siten aikaa säästyy. Perusprosessista poikkeavat toimintatavat voidaan tunnistaa ja kiinnittää niihin erityishuomiota, jotta kustannusarviossa on huomioitu kaikki. Yhtenevät tavat eri laskijoiden kesken auttavat luomaan samankaltaisia tuloksia, kuten määräluetteloita ja kustannusarvioita.

Lähteisiin verraten kustannuslaskentaprosessi on tarkempi kuin kirjallisuudessa. Muualla on mainittu lähinnä vain päävaiheet: määrälaskenta, määrien linkitys ja hinnoittelu. 5D-tietomallintaminen on jossain lähteessä kuvattuna kustannustiedon linkittämisenä tietomalliin. Tutkimustuloksen mukaan kohdeyrityksen käytettävissä olevilla ohjelmilla tietomallin määrätieto linkitettiin kustannusarvioon. Varsinaisesti kustannustietoa tietomalliin ei siis kirjoitettu tai linkitetty. Muita poikkeamia tutkimuksen viitekehykseen, 5D BIM teoriaan, tuovat kohdeyrityksessä käytettävät ohjelmat, jotka määrittelevät tarkasti prosessin työvaiheet. Ohjelmistoista riippumatta yhtäläisyytenä on usein kuitenkin se, että käytössä on erillinen kustannusarvio- ja linkitysohjelma.

Laskentaprosessin kattavuutta voidaan pitää riittävänä. Vaikka työssä tutkittiin vain yksi case-kohde, oli sen tutkimiseen varattu riittävästi aikaa. Useampi case-kohde toisi kuitenkin vakuuttavuutta tulosten luotettavuudelle. Useammasta kohteesta saattaisi havaita erilaisia vaihtoehtoja ja poikkeamia case-kohteiden välillä. Tutkimuksessa ei esimerkiksi selviä, millaisia eroavaisuuksia asuinkerrostalojen ja monimuotoisten toimitilojen mallit asettavat kustannuslaskentaan.

Voidaan kuitenkin olettaa yhden case-kohteen riittävän tutkimusongelman selvittämiseksi, vaikka kaikkia prosessivaiheita tai tietomalliobjektien attribuutteja ei olisikaan tutkimuksissa löytynyt. Lisäksi case-kohde on osoittanut prosessin toimivan ainakin yhdessä tapauksessa ja laskennan asiantuntijat kommentoivat ja validoivat prosessikuvausta. Tutkijan omat virhetulkinnat pyrittiin poistamaan tällä haastattelutestauksella.

Kuten haastatteluista kävi ilmi, kuvatussa kustannuslaskentaprosessissa on myös vaihtoehtoisia järjestyksiä. Varsinkin määräluettelon rakenteiden luomiselle ehdotettiin vaihtoehtoisia tapaa. Rakenteet voidaan luoda myös valmiiksi kustannusarvio-ohjelma TCM Pro:ssa ja tuoda ne linkitysohjelma Easy BIM:in. Tällöin kustannuslaskijan mu-

kaan voidaan tunnistaa paremmin tarvittavat määrätiedot tietomallista Easy BIM:iin linkitysvaiheessa. Tämä ei kuitenkaan muuta tarvittavia työvaiheita, joten järjestyksellä ei ole prosessikuvaukseen juurikaan vaikutusta, kunhan eri vaihtoehtojen mahdollisuudet tiedostetaan.

Kun on toimittu ohjelmistojen ohjeiden mukaan, voidaan olettaa tulosten toimivan myös tulevaisuudessa laskentakohteissa. Prosessikuvaus saattaa sisältää myös asioita, joita kohdeyrityksen laskijat eivät käytä. Tämä ei sinällään ole puute tai haitta, mutta liika tieto saattaa hämmäntää tuloksiin tutustuvia tahoja. Käytettävien tietomalliobjektien attribuuttien ja laskentaprosessin määrittysten tulokset toimivatkin osaltaan suunnitelmamuutoksen hallinnan tutkimisen perustana.

### **5.3 Muutostyyppien ja niiden prosessien tunnistus**

Muutostyyppien jakamisen ideana on erityispiirteiden tunnistamisen ja testauksen helpottaminen. Kun kyseiset ryhmät tutkittiin ominaan, saatiin luotettavampaa ja tarkempaa tietoa kyseisen muutosryhmän muutosprosessin tarpeista. Näin myös lopullinen muutosprosessikuvaus saadaan testattua ja samalla voidaan huomioida kaikkien muutosryhmien erityispiirteet. Teoriassa voidaan hyödyntää osaprosessien listausta pelkästään tietyn muutosprosessin päivitykseen. Usein muutosprosessit esiintyvät kuitenkin samalla kertaa. Esimerkiksi rakennetyypin vaihtuessa on kaksi mahdollisuutta: olemassa oleva tai uusi rakennetyyppi. Vaihtuminen olemassa olevaan rakennetyyppiin tarkoittaa määrämuutosta ja rakenteen poistamista. Uuden rakennetyypin tapauksessa tarvitaan ryhmittelyä ja poistamista. Muutosryhmät ja niiden vaatimat prosessit on tunnistettu ensisijaisesti määrälinkityksen näkökulmasta, jolloin hinnoittelun eroavaisuuksiin ei ole tutkimuksessa kiinnitetty liiemmin huomiota. Tämä on perusteltua osittain siksi, että ryhmittely-, määrä- ja sijaintimuutosten hinnoittelu tulee aina tarkastaa tapauskohtaisesti.

### **5.4 Asiantuntijahaastattelun prosessiparannukset**

Asiantuntijahaastattelulla selvitettiin suunnitelmamuutoksen määrittämisestä laskijoiden näkökulmasta, hyviä toimenpiteitä niiden hallintaan sekä kommentteja laskentaprosessiin. Muutos laskennan näkökulmasta voi olla suunnitelmien täydentymistä tai muuttumista, mutta oleellista on huomioida ne kuitenkin laskennassa.

Asiantuntijahaastattelun perusteella kirjattiin laskenta- ja päivitysprosessiin hyviä toimenpiteitä, joiden avulla hallitaan suunnitelmamuutosten vaikutusta tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa. Useimmat toimenpiteistä olivat havaittavissa myös casekohteissa, mutta erityisesti asiantuntijoiden omat ohjeistukset ja huomiot toimenpiteiden tekemiseen lisää muutosten hallittavuutta.

Asiantuntijahaastattelun ongelmana on kysymysrunгон toimivuuden varmistaminen. Onko kysymys muotoiltu siten, että sillä saadaan vastaus oikeisiin asioihin? Ymmärtääkö vastaaja mihin on vastaamassa ja onko hänellä vaadittava asiantuntijuus? Asiantuntijahaastattelun kysymysten muotoilu testattiin vastaajien kesken ennen varsinaista tulosten keräämistä. Tällä pyrittiin varmistamaan, että vastaajat ymmärtäisivät, mihin olivat vastaamassa. Testaamisen jälkeen haastattelurunko sai lopullisen muotonsa, kun muutamat epäselvät kysymykset muutettiin ja lisättiin pari täsmentävää kysymystä. Esimerkiksi kysymyksellä: ”Mitkä ovat suunnitelmamuutoksen, suunnitelman tarkentumisen väliset erot?”, pyrittiin hakemaan eroja kustannuslaskennan näkökulmasta työn rajauksen mukaan. Vastauksista (Liite C) huomataan kuitenkin, että vain yksi vastaajista on huomionnut vastauksessa kustannuslaskennan, loput vastasivat kysymykseen yleisemmällä tasolla. Tämä osoittaa että kysymys on huonosti muotoiltu.

Haastattelun otantana oli viisi kohdeyrityksen kustannuslaskennan ammattilaista. Otanta oli kohdeyrityksen puitteissa laajin mahdollinen. Otannan laajuutta voidaan pitää riittävänä, sillä haastatteluiden tarkoituksena oli kommentoida ja täydentää case-kohteen prosessikuvausta. Laskentaprosessiin saatiin lisättyä useita huomioita haastatteluiden avulla.

Oman myötävaikutuksen minimoimiseksi tarkempaa haastateltavien ohjaamista vältettiin. Ehdotetun ryhmähaastattelun katsottiin yhdenmukaistavan vastauksia liikaa, joten vastaukset pyydettiin erikseen henkilökohtaisella vastauslomakkeella. Case-kohteen perusteella osasta vastauksista voidaan päätellä, että olivatko vastaajat ymmärtäneet mihin olivat vastaamassa. Suurimmassa osassa kysymyksissä vastaukset ovat linjassa odotettujen tulosten kanssa. Odotukset perustuvat case-kohteen tuloksiin. Odotettujen vastausten lisäksi syntyi myös löydöksiä, joita asiantuntijahaastattelulla haettiin.

Vaadittava asiantuntijuus todettiin selvittämällä haastateltavien tietomallikokemus. Keskimäärin laskijat olivat toimineet määrälaskennan tehtävissä 9,3 vuotta ja kustannuslaskennassa 4,3 vuotta. Tietomalleja vastaajat olivat hyödyntäneet määrä- ja kustannuslaskentaan keskimäärin 4,8 vuotta.

## 5.5 Päivitysprosessin määrittäminen

Suunnitelmamuutosten vaikutusten hallinnan tutkimus lisää kohdeyrityksen kustannusarvioiden laatua, koska päivitysprosessi antaa työkalut huomioida tietomalliin tehdyt muutokset nopeasti ja kattavasti. Tutkimustulokset auttavat tunnistamaan päivitysprosessien riskikohdat ja reagoimaan niihin. Tämä lisää laskijan varmuutta omaan tekemiseen ja saattaa vähentää kiireen myötä mahdollisia virheitä. Lisäksi kustannusarvioiden eri versioiden hallittavuus paranee, kun kustannuspäivitys toteutetaan aina tietyn prosessin mukaan yhtenevästi koko laskentaosaston sisällä. Näin parhaassa tapauksessa vältytään kiireessä tehtyjen oikaisujen, kuten määrien laskeminen käsin, korjaamiselta, mikäli laskijat pysyvät ehdotettujen toimintatapojen puitteissa. Toisaalta poikkeavat

toimet ehdotettuun kustannuslaskenta- ja päivitysprosessiin huomataan ja ne voidaan kirjoittaa muistiin laskentamuistioon tiedoksi seuraavaa päivitystä varten. Lisätyö oikeassa vaiheessa säästää aikaa ja lisää kustannuslaskennan luotettavuutta myöhemmissä päivityksissä. Aikaa säästyy, jos aikaisempi työ voidaan hyödyntää uudelleen. Casekohteen ja asiantuntijahaastattelun löydöksiä ja hyviä tapoja on lisätty päivitysprosessin lisäksi myös kustannuslaskentaprosessiin.

Tietomallipohjaisen kustannusarvion päivittämiseen ei löytynyt tutkimustulosta lähteistä diplomityön resurssien puitteissa. Kuitenkin teoriapohjaa suunnitelmamuutoksen hallinnalle on löydettävissä, kuten työn toisessa luvusta ilmenee. Muutosta on tutkittu osana organisaation muutoksen hallintaa; muutosjohtamista. Muutosjohtaminen käsittelee kuitenkin ihmisten vuorovaikutussuhteita muutoksen vaikutuksen alaisessa organisaatiossa. Tästä ei varsinaisesti ole vertailupohjaa tutkimuksen tuloksiin. Myös ohjelmistotekniikassa on tutkittu muutoksen hallintaa laajalti. Modulaarisuus ohjelmistotekniikassa auttaa erilaisten muutosten viemistä ohjelmakoodiin, sillä moduulit ovat korvattavissa toisilla vaihtoehtoisilla ratkaisuilla.

Rakennuslalla suunnitelmamuutoksen hallintaa on tutkittu suunnittelijoiden ja tilaajan tai käyttäjien välisen prosessin näkökulmasta sekä työmaan muutos- ja lisätyön hallinnan kannalta. Hankkeen loppukäyttäjien toimintojen jalostamiseksi toimivaksi tilaohjelmaksi vaaditaan ammattitaitoista suunnittelunohjausta. Lisä- ja muutostöiden määrittely luo selkeän tavan hallita urakan ulkopuolelle jäävien töiden sopimista rakennusalan yleisten sopimusehtojen mukaisesti.

Tietomallintamiseen liittyen kansainvälisissä tutkimuksissa on keskusteltu prosessien uudelleen järjestelämisestä, roolien muuttumisesta ja yhteistyön lisäämisestä. Tämä toimii tulevaisuudessa ennaltaehkäisevän muutoksen hallintakeinona, mikäli tietomallintamisen alkuvaiheen suunnitteluun saadaan lisättyä eri rakentamisvaiheen ammattilaisten osaaminen. Kustannustietoutta voidaan lisätä tietomalliin myös suunnittelun alusta lähtien. Mahdollisesti joskus käytössä on myös tuotetoimittajien rakennusosien tietomallikirjastot, jotka sisältäisivät rakennusosien detaljitiedot, kuten kustannustiedon. Tällöin suunnittelijat saisivat nopeasti selville suunnitelman kustannusvaikutukset, jolloin ratkaisujen vertailtavuus paranee jo suunnittelijan pöydällä.

Teorialuvun väitteiden mukaisesti tietomallipohjaisen kustannuslaskennan suunnitelma muutoksen hallintakeinoksi valittiin prosessijohtamisen opit. Tärkeänä lähtökohtana ongelman asettelussa oli tiedon kulku, muutoksen tunnistaminen ja siitä seuraavat toimet. Myös tiedonhallinnan teoriasta löytyivät eriteltyinä muutoksen tunnistaminen ja sen prosessointi. Usein muutos koetaan prosessin häiriönä, vaikka rakennusprojektien alkuvaiheessa muutokset kuuluvat olennaisesti työn luonteeseen. Muutos kannattaakin nähdä vakio-osana kokonaisuutta, jolloin siihen suhtaudutaan oikealla tavalla – valmistautumalla siihen.

Asiakkaan tarpeiden huomioiminen on tärkeää prosessien lopputuotteessa, joka kustannuslaskennassa usein on kustannusarvio. Erilaisia tarpeita voi syntyä sijaintien ja alakohteiden käytölle, kuten haastattelun tuloksista käy ilmi. Myös erilaiset muutostarpeet ja -mahdollisuudet saatetaan saada selville esimerkiksi rakennuttajan kanssa käydyillä kustannuspalavereilla. Tämä voi antaa vinkkiä eri kokonaisuuksien jaotteluun muun muassa määräluettelon litteroinnissa. Kustannusarvion, samalla koko kustannuslaskennan asiakkaina voivat olla muun muassa laskija itse, laskentajohtaja, projektipäällikkö, tuotantojohtaja sekä tilaaja, rakennuttaja ja suunnittelijat.

Kokemattomuus hinnoittelusta on tutkijan heikkous ja mahdollinen syy tulkintavirheisiin hinnoitteluosion tulkinnoissa. Nämä tulkinnat tarkastettiin vielä ammattilaisten suorittaessa työn oikoluvun. Hinnoittelua ei tutkittu muutoksen hallinnan kannalta casekohteessa, vaan hinnoittelun päivitys on tutkittu vain asiantuntijahaastatteluin. Tämä ei kuitenkaan ole ongelma, sillä hinnoittelu pitää aina tarkistaa tapauskohtaisesti. Päivitysprosessin määrittäminen casekohteella osoittaa, että se on toiminut kertaalleen ainakin yhden tyyppisessä laskentakohteessa. Tulokset voidaan laajentaa asunto- ja toimitilakohteisiin, sillä käytössä on samat ohjelmat ja tietomalliobjektit attribuutteineen. Lisäykset näihin tietomalliobjekteihin ja attribuutteihin vaativat ainoastaan laskijalta lisää tarkkaavaisuutta.

Tutkimuksen suunnitelmamuutosryhmillä löydettiin jokaisen ryhmän ominaiset riskikohdat ja tarpeet. Ryhmittelymuutos vaati näistä monivaiheisimman päivitysprosessin. Määrämuutokset päivittyvät automaattisesti, kunhan hinta tarkastetaan huolella. Sijaintitietojen käyttö riippuu hankkeen vaatimuksista ja käytännöt saattavat vaihdella suurestikin. Päivitysryhmistä voitiin lopulta luoda neljä muutosprosessia, joissa ei ollut turhia vaiheita, mikä helpotti tulosten arvioimista ja testaamista.

## 5.6 Prosessien testaus

Testauksella varmistettiin, että kuvattu laskenta- ja päivitysprosessi toimivat ja samalla niiden puutteet saatiin korjattua. Testauksella pystyttiin työn rajauksen puitteissa tarkastamaan tietomallipohjaisten prosessien toimivuus. Testausta voidaan pitää luotettavana, vaikka käytössä oli yksinkertaistettu tapaus: yhden tietomalliobjektin yksi muutostyyppi kerrallaan. Erillinen testaus auttoi huomioimaan eri muutostyyppien vaatimat asiat paremmin kuin oikea hanke useine päällekkäisine muutoksineen. Lisäksi käytössä olleessa seinäobjektissa toistuivat kaikki prosessien vaiheet, jolloin ne tulivat myös testattua kertaalleen.

Laskijoiden omien valintojen, kuten litterointitavan huomioiminen ja monimutkaiset kohteet jäivät diplomityön jälkeiseen testaukseen. Monimutkaisen kohteen haasteena on muutoksen tunnistaminen ja pitkän tauon jälkeen laskentalogiikan muistaminen. Vaikka prosessikuvausten ja haastattelun löydösten kattavuus- ja tarkkuustason voitaisiin olet-



taa olevan korkealla, prosessilistaukseen voidaan aina lisätä huomioita käytännön sovel-  
lutuksen yhteydessä.

## 6. YHTEENVETO

### 6.1 Päätulokset ja niiden merkitys

Diplomityötutkimuksella vastattiin alussa esitettyihin ongelmiin: suunnitelmamuutoksen tuoman epävarmuuden poistamiseksi esitettiin työn päätuloksena laskenta- ja päivitysprosessi, yksityiskohtainen laskennan kokonaisprosessi, hyvine toimenpiteineen. Tämän perusteella osataan varautua tulevaan ja melko todennäköiseen suunnitelmien muuttumiseen tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa. Asiantuntijoiden palaute diplomityön löydöksistä on ollut rohkaisevaa ja tulokset perustelevat esitettyjä muutoksenhallintakeinoja. Alla olevassa kuvassa 29. esitetty kokonaisprosessi, laskenta ja päivitys, sekä sen sisältämät hyvät toimet vähentävät epävarmuutta ja nopeuttavat suunnitelmamuutosten päivittämistä kustannusarvioon. Kuvan n-kirjaimella esitetään, että päivitysprosessi voidaan toteuttaa tarpeen vaatiessa useampaan kertaan.



**Kuva 29.** Laskennan kokonaisprosessi kattaa suunnitelmamuutoksen hallinnan.

Diplomityössä kehitettiin tietomallipohjaista kustannuslaskentaa. Työn tärkeimpänä yksittäisenä tuloksena on kuvassa 21. esitetty ja liitteessä E listattu päivitysprosessi, jolla kohdeyrityksen kustannuslaskijat pystyvät nopeammin ja varmemmin huomioimaan suunnitelmamuutokset tietomallista kustannusarvioon. Määritetty päivitysprosessi toimii kustannuslaskennan laadunvarmistuksena. Kustannuslaskijan ei tarvitse hukata aikaa epäoleelliseen. Suunnitelmien muuttuessa laskijat joutuvat toimimaan usein tiukan aikataulun puitteissa. Selkeällä toimintatavalla aikaa säästyy kustannuslaskijan kannalta tärkeämpiin tehtäviin, kuten määrärivien hinnoitteluun.

Prosessien hyvät toimenpiteet vähentävät määrä- ja kustannusriskejä. Esimerkiksi ryhmittelysäännöt kannattaa lisätä laskentamuistion liitteeksi, jotta muutokset saadaan jälkikäteen ryhmiteltyä samoilla säännöillä ja suodatuksilla. Ryhmittelysäännöt kannattaa myös tallentaa erikseen ennen linkityksen tekemistä. Tällöin voidaan tarvittaessa nopeasti ryhmitellä samoin suodatuksin ja säännöin ilman, että virheelliset litterointirivit jäävät talteen linkitystiedon vuoksi.

## 6.2 Tulosten sovellettavuus työn rajaukset huomioiden

Suunnittelualojen rajaaminen pelkästään arkkitehtisuunnitteluun voidaan pitää hieman sovellettavuutta rajaavana tekijänä. Laskennan alkaessa jo alustavasta rakennusosarviosta on käytössä yleensä kuitenkin vain arkkitehtimalli. Eri suunnittelualojen huomioiminen kulkee samoin prosessein, kunhan vain yhdistelmämallin vaatimukset huomioidaan.

Tietomallit oletettiin olevan virheettömiä kustannuslaskentaan. Tämän oletuksen tarkoituksena oli vähentää tutkimuksen kannalta muuttujien määrää. Tietomallin sovellettavuus kustannuslaskentaan todetaan aina ennen laskennan aloitusta laadunvarmistuksella. Tämä pitää sisällään tietomallien laskentavalmiuden tarkastuksen ohjelmistoperusteisesti sekä visuaalisesti. Suunnitelmamuutoksista on diplomityössä rajattu vain tietomalliin tehdyt muutokset, mikä on harvoin oikea tilanne. Kuitenkin piirustusten ja asiakirjojen muutokset saadaan selville omana laskentanaan, käsinlaskentana, josta löytyy ohjeet liitteen D ja E prosessilistauksista.

Vaikka case-tutkimuksen puitteissa ehdittiinkin toteuttaa vain yksi toimitilahalli, voidaan tulosten katsoa olevan hyödynnettävissä laajemminkin erilaisten talorakennushankkeiden puitteissa, niin uudis- kuin korjauskohteissa. Tästä osoituksena ovat diplomityön dokumentoinnin ulkopuolelle jääneet autotalo- ja kauppakeskuskohteet. Ainoa vaatimus diplomityön liitteessä kuvattujen tarkkojen prosessilistausten systemaattiseen noudattamiseen ovat käytetyt ohjelmistot. Tulokset ovat sovellettavissa suoraan toimintaympäristöihin, jotka käyttävät tutkimuksen mukaisia ohjelmia; ArchiCAD, Solibri Model Checker, Easy BIM ja TCM Pro. Kuitenkin päävaiheet lienevät yleistettävissä, sillä päävaiheet toistuvat ohjelmistoista riippumatta. Tällöin kuvatut prosessit antavat perustan myös eri ohjelmistoja hyödyntävän tietomallintamisen suunnitelmamuutosten hallintaan.

Case-kohteeseen huomioitiin vain Talo-80 nimikkeistön 2-6 pääryhmien rakennusosat. Tämän vuoksi tutkimuksen ensimmäisellä vaiheella tutkittaviksi tietomalliohjekkeiksi määräytyivät seinä, laatta, pilari, palkki, ovi, ikkuna, objekti ja tila. Uusien tietomalliohjektien ja niiden attribuuttien hyödyntäminen ei useinkaan muuta laskennan kokonaisprosessia, mutta ne kannattaa kuitenkin tarkastaa tapauskohtaisesti.

## 6.3 Merkitys tietomallipohjaiseen kustannuslaskentaan

Suunnitelmamuutoksen vaikutusten hallinta tietomallipohjaisessa kustannuslaskennassa helpottuu tutkimuksen myötä kuvatuilla prosesseilla. Päivitysprosessin vaiheet ovat tunnistaminen, ryhmittely, linkitys, määrien julkaisu, suoritteiden ja hinnoittelun tarkistus, kustannusarvion tulostaminen ja vertailulaskelmien teko. Lisäksi tutkimuksella selvitettiin monia hyviä tapoja helpottaa suunnitelmamuutoksia tulevaisuudessa. Näitä ovat

muun muassa oikeiden attribuuttien käyttö, ryhmittelyjen muistiin kirjaaminen, kaavojen käyttö suoritteissa ja rakennusosien jaottelu kustannusarviossa.

Hyvä tapa on linkitysvaiheen objektien ryhmittelysääntöjen kirjaaminen laskentamuistioon seuraavaa kertaa varten. Myös kustannusarvion rakenteella ja sijainneilla voidaan helpottaa muutoksen hallintaa. Kustannuslaskentaohjelmassa suoritteiden määrittäminen kannattaa käyttää mahdollisuuksien mukaan menekkejä tai kaavoja, jotka hyödyntävät tietomallista linkitettyjä määriä. Suoritteiden määriin voidaan myös suoraan linkittää määrätieto, kun ne on ensin tehty kustannusarvio-ohjelmassa. Suoritteille tai rakenteille linkitetty määrämuutokset päivittyvät miltei automaattisesti muun päivytyksen yhteydessä. Suoritteet täytyy muistaa kuitenkin tarkistaa ja mahdollisesti poistaa rakennusosien reseptien muuttuessa tai rakenneosan poistuessa.

Case-kohteen mukaan tarkka tavoitteiden määrittäminen kustannuslaskennan asiakkailta on tarpeen. Pitää olla selvä, mitä varten ja millaisille jaotteluilla kustannusarviota tehdään, jotta se osataan räätälöidä tarpeiden mukaan. Myös varautuminen mahdollisiin muutoksiin on helpompaa, mikäli muutostarpeista on keskusteltu jo ennen laskentaprosessin alkua.

Kohdeyrityksen omakehittämissä hankkeissa voidaan suunnittelunohjauksella määrittää suunnittelijoita käyttämään haluttuja tietomalliobjektien attribuutteja, jolloin linkitysvaiheen ryhmittely nopeutuu ja virtaviivaistuu. Tärkeintä on määrittää tietomallinnettaville rakennusosille ainakin oikea tietomallinnustaso, rakennetyyppi, nimi ja dimensiot.

Tavoitetila on, että diplomityön tulokset otetaan käyttöön koko laskentahenkilöstön osalta kohdeyrityksessä ja ne koulutetaan uusille laskijoille. Prosessien tarkat listaukset ovat johtamisen ja perehdyttämisen apuna. Oppimisaika lyhenee, kun työn kulku on selkeästi määritelty. Erityisesti muutoksen tunnistaminen Solibri Model Checker:illä sekä ryhmittelysääntöjen erillinen tallentaminen ja kuvaaminen laskentamuistioon kannattaa suorittaa joka kerta. Kohdeyrityksessä kannattaa kiinnittää huomiota esitettyjen muutoksen hallinnan toimenpiteiden käyttöönottoon, sillä tämä säästää turhalta työltä myöhemmässä vaiheessa ja lisää kustannuslaskennan laatua.

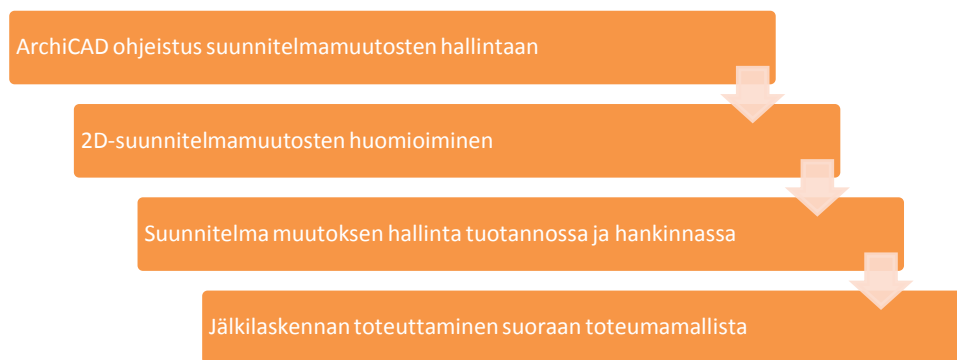
Kuvatun kokonaisprosessin avulla alan toimijat voivat lähteä kehittämään omia prosessejaan parempaan suuntaan ja löytää omia ratkaisuja suunnitelmamuutoksen hallintaan hankkeissaan. Samoin alan eri ohjelmistotuottajat voivat soveltaa työn tuloksia ohjelmistojen kehittämiseen, esimerkiksi suunnitelmamuutosten hallinnan näkökulmasta.

## 6.4 Jatkotutkimus ja kehitystarve

Jatkotutkimuskohteita kohdeyrityksen tietomallipohjaisen kustannuslaskennan kehittämiseksi löytyi useita tämän diplomityön perusteella. Tutkimuksen tuloksena kuvattu tietomallipohjaisen kustannuslaskennan prosessi toimii kehityksen lähtökohtana tulevai-

suudessa. Kun tietomallipohjaisen kustannuslaskennan prosessi on määritetty, voidaan kustannuslaskentaa lähteä kehittämään monelta kantilta: kustannustietokanta, yrityskoh-  
 taiset Talo-80 -standardit ja mahdollisesti Talo-2000 käyttöönnoton edellytykset kustan-  
 nuslaskennan näkökulmasta. Tutkimus ei lopulta pureutunut syvälle hinnoittelun puo-  
 leen, sillä kustannuslaskenta on pääasiassa tietomallin määrälinkitystä. Hinnoittelusta  
 voitaisiin tutkia kustannustiedon hyödyntämistä ja massahinnoittelun parantamista.

Tutkimuksen rajauksen ulkopuolelle jääneiden 2D-suunnitelmien aiheuttamien vaiku-  
 tusten hallintaa voisi tutkia enemmänkin. Tällöin saadaan todenmukainen prosessi ko-  
 konaisuudessaan tutkittua. Diplomityön ulkopuolelle jääneet tutkimuskohteet on esitetty  
 kuvassa 30. Näihin lukeutuu ArchiCAD ohjeistus, jälkilaskennan edellytysten selvittä-  
 minen sekä suunnitelmamuutosten hallinta rakennusvaiheen tietomalleissa.



**Kuva 30.** Kohdeyrityksen jatkotutkimusteemoja.

Myös uusien ohjelmistojen mahdollisuuksia kannattanee tutkia. Muutoksen hallinnan  
 näkökulmasta simpleBIM-ohjelma vaikuttaa mielenkiintoiselta silloin, kun tietomallin  
 tietosisällössä on virheitä. Ohjelmalla voidaan korjata IFC-tietokenttiin esimerkiksi oi-  
 keat objektien määrittelyt. Ohjelmalla voidaan tiedottaa korjauksista suunnittelijoita.  
 Kohdeyrityksen tietomallintamisohjeet ja -standardit tulee kehittää tarkemmiksi suun-  
 nitelunohjausta varten. Oleellisessa asemassa on ryhmittelyyn käytettävien attribuutti-  
 en, kuten taso, rakennetyyppi, materiaali, täyte ja nimi, oikeellisuus.

Joitakin puutteita kohdeyrityksessä käytetyissä ohjelmissa on havaittavissa käytettävyy-  
 den näkökulmasta. Easy BIM:n määräluettelosta olisi ajoittain tarpeen saada poistettua  
 virheelliset rivit muun muassa suunnitelmien muuttuessa. Lisäksi käytetyistä ryhmitte-  
 lysäännöistä pitäisi tallentua linkitystiedostoon jonkinlainen loki myöhempää tarkaste-  
 lua varten. Käyttäjän näkökulmasta kustannuslaskentaohjelma ja määrälinkitysohjelma  
 voisivat myös olla samaa ohjelmaa. Tämä poistaisi linkityksen turhana toimenpiteenä ja  
 lisäisi kustannusarvion luotettavuutta.

Tietomallintamisen hyödyntämisen kehityksen avaintekijänä ovat tutkimuksissakin esi-  
 tetyt uudet roolit ja toimintamallit, jotka sopivat tietomallintamiseen, sekä yhteistyön  
 lisääminen kaikkien osapuolten kesken. Tietomallintamisen ohjelmistot kehittyvät no-  
 peasti, jolloin toimintatavat kehittyvät ohjelmistojen päivitettyjen ominaisuuksien ja

henkilöstön omaksumiskyvyn mukaan. Yhteisen tiedonsiirtoformaatin kehittyminen ja parempi hyödyntäminen eittämättä lisää kustannuslaskennan tehokkuutta. Toivottavasti tulevaisuudessa useimmin olisi käytettävissä IFC-tietomallin muokkaukseen soveltuvia ohjelmia. Nykyisin tiedonkulku katkeaa, kun jokainen taho teettää analyysinsä tietomalliin ja ohjelmarajoitteiden myötä työ tallennetaan kyseisen ohjelman tallennusmuotoon. Oikean suuntainen 5D-tietomallintaminen pitäisi mielestäni sisällään kustannustiedon, jotka mahdollisesti materiaalitoimittajat ovat määritelleet. Näin suunnittelijoillakin olisi käytettävissä kustannustietous ja todelliset tuotekirjastot. Tällainen parametrinen tietomalli on hyödynnettävissä paremmin myös suunnitelmamuutosten reaaliaikaiseen vertailuun.

Rakennusalalla kannattanee standardoida tietomallintamiseen liittyviä prosesseja ja niistä syntyviä tuotteita. Siten laatu paranee ja toiminta tehostuu, kun tietomallien hyödyntämistä voidaan mahdollisuuksien mukaan automatisoida. Standardoinnin voisi aloittaa esimerkiksi objektien nimeämiskäytännöistä, litteroinnista, tuotekirjastoista tai linkityksen ryhmittelystä, jolloin se auttaisi mahdollisesti tietomallintamisen suunnitelmamuutosten vaikutusten hallintaa.

## LÄHTEET

Aibinu A. ja Venkatesh S. (2014). Status of BIM Adoption and the BIM Experience of Cost Consultants in Australia. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*.

Aalto S. (2011). Lisä- ja muutostöiden käsittely tavoitehintaisessa projektinjohtourakassa, opinnäytetyö. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31746/Sonja\\_Aalto.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31746/Sonja_Aalto.pdf?sequence=1)

Brandtman M., Mitchell D. (2012). 5D: Creating cost certainty and better buildings. *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*. S.253-258. Saatavissa: <http://www.crcnetbase.com/isbn/9780415621281>

buildingSMART Finland. (2012). YTV 2012 Osa 3 Arkkitehtisuunnittelu. Saatavissa: <http://www.buildingsmart.fi/8>

buildingSMART Finland. (2012). YTV 2012 Osa 7 Määrälaskenta. Saatavissa: <http://www.buildingsmart.fi/8>

Cha H.S. ja Lee D.G. (2014). A Case Study of Time/Cost Analysis for Aged-Housing Renovation using a Pre-made BIM Database Structure. s. 814-852. Saatavissa: <http://link.springer.com.libproxy.tut.fi/article/10.1007/s12205-013-0617-1>

Cerovsek T. (2010). A review and outlook for a 'Building Information Model' (BIM): A multi-standpoint framework for technological development. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034610000479>

Diakhate M. (2011). Tietomallipohjainen kustannuslaskenta, insinöörityö. 61 s. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/39045>

Dombrowski U., Engel C. ja Mielke T. (2012). Knowledge Management in Lean Production Systems. s. 436 – 441. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827112002478>

Eastman C., Teicholz P., Sacks R. ja Liston K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons. 490 s.

Eskola J. ja Suoranta J. (1998). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Tampere. 266 s.

Heikkinen T. (2015). *Rakennuksen tietomallin laskentavalmiuden tarkastaminen, kandidaatintyö*. Tampereen teknillinen yliopisto.

Kananen J. (2013). Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. 152 s.

Karstila K. (2010). Rakennusten tietomallintamisen sanasto. Pro It. Saatavissa: [http://www.asuntotieto.com/INFRA2010/Aineisto/Tuotemallint\\_sanasto.pdf](http://www.asuntotieto.com/INFRA2010/Aineisto/Tuotemallint_sanasto.pdf)

Kim K.R., Lee S.K. ja Yu J.H. (2014). BIM and ontology-based approach for building cost estimation. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658051300188X>

Kujanpää J-M. (2011). Määrien hallinta tietomallipohjaisessa rakennusprosessissa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. 99s.

Kuusiola S. (2015). Talonrakennushankkeen integroitu kustannuslaskentaprosessi, luentokalvot. Rakennustekniikanlaitos, Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: <https://moodle2.tut.fi/course/view.php?id=8480>

Liker J. K. (2013). The Toyota way, 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw-Hill Professionals. 330 s.

Lindholm M. (2009). Kustannushallinta rakennushankkeessa. Suomen Rakennusmedia Oy. 56s.

Maalahti J. (2015). Keskustelu muutosten tunnistamisesta ja tietomalliobjektien GUID-tunnisteen vaikutuksesta ohjelmalla tehtävään revisiovertailuun. [25.2.2015]

Modig N. ja Åhlström P. (2013). This is Lean – Resolving the efficiency paradox. Rheologica publishing. 167s.

Muhic, S. ja Krammer, M. (2015). Utilizing IFC for indoor positioning: eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction, Taylor & Francis Group, 2015, Lontoo, Englanti. s.681-686. Saatavissa: <http://www.crcnetbase.com.libproxy.tut.fi/isbn/9781138027107>

Myllymäki M. (2014). Tietomallipohjainen määrätiedonhallinta. Opinnäytetyö. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/handle/10024/76562>

Nick T. (2009). Häiriönhallinta projektinjohtourakassa. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://scholar.google.fi>

TCM Pro –esite. Saatavissa: [http://www.tocoman.fi/sites/default/files/webfm/user/Tocoman\\_TCM\\_Pro.pdf](http://www.tocoman.fi/sites/default/files/webfm/user/Tocoman_TCM_Pro.pdf)

TCM Pro -ohjelma. Ohje.



Teittinen T. (2009). Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta, erikoistyö. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: [http://webhotel2.tut.fi/vblab/prodigi/images/4/4b/Erikoityo\\_raportti\\_tt.pdf](http://webhotel2.tut.fi/vblab/prodigi/images/4/4b/Erikoityo_raportti_tt.pdf).

Tocoman. (2014). Mallinnusohjeet.

Rakennustieto Oy. (1998). RT-Ohjekortti 16-10660 - Rakennusurakan Yleiset Sopimusehdot, YSE 1998. 19 s. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/fi/index.html.stx>

Uusitalo H. (2013). Tietomallipohjaisen määräen hallinnan hyödyntäminen rakennustuotannossa, diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/21530>.

Smith P. (2014). Bim & the 5D Project Cost Manager, s.475 - 484. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com>

SRV Yhtiöt Oyj. (2014). SRV - Perehdyttämispaketti Hankekehitys Ja Kotimaan Liiketoiminta.

## **LIITE A: HAASTATTELUKYSYMYKSET SUUNNITELMA-MUUTOKSEN VAIKUTUKSEN HALLINTAKEINOJEN KARTOITAMISEEN**

Tiedoksi kyselyyn osallistuneille:

- Tutkimus alkaa tietomallipohjaisen kustannuslaskentaprosessin määrittämisellä.
- Tämän prosessin testaaminen tapahtuu ammattilaisten kommentoinnilla ts. ko. asiantuntijahaastattelulla
- Tutkimus on rajattu siten, että tutkitaan vain tietomalliin tehtyjä ja siitä linkitettyjä suunnitelmamuutoksia. Tällöin voidaan olettaa, että kaikki muutokset vietään linkityksen kautta TCM Pro:hon, eikä esimerkiksi tietoja syöttämällä.
- Tutkimuksessa myös oletetaan, että kustannuslaskentaan toimitettavat tietomallit ovat täydellisesti määrälaskentaan soveltuvia, eli rakenteet on mallinnettu oikeilla työkaluilla ja siten, että ilman muutoksia natiivimalliin IFC-mallista saadaan tarvittavat määrätiedot, jotka saadaan ongelmitta linkitettyä kustannuslaskelmaan.

## KUSTANNUSLASKENTAPROSESSI

Onko kuvattu kustannuslaskentaprosessi riittävän kattava? Onko siihen lisättävää? Onko siitä poistettava jotain? Onko siinä jotain, mitä et ymmärrä?  
\*LASKENTAPROSESSIN TESTAUS\*

Tunnista kuvatusta prosessista muutoksen vaikutuksen hallintaa parantavat toimet – **merkkää kynällä** ja/tai kirjoita tähän. Perustele valintasi.

Tunnista kuvatusta prosessista muutoksen vaikutuksen hallintaa haittaavat tekijät - **merkkää kynällä** ja/tai kirjoita tähän. Perustele valintasi.

Tunnista kuvatusta prosessista itsellesi toiminnot, joita et käytä ja **yhviiva** ne listauksesta ja/tai kirjoita kohdat tähän. Perustele valintasi.

Mitkä toimet nykyisessä prosessikuvauksen mukaisessa kustannuslaskennassa ovat hyviä suunnitelmamuutoksen hallintakeinoja?

Mitä tulisi prosessiin lisätä tai muuttaa, jotta laskentaprosessi sietäisi paremmin suunnitelmien muuttumisen/ tarkentumisen?

Vapaasana otsikkoon liittyen:

## SUUNNITELMAMUUTOKSEN MÄÄRITYS

Määrittele suunnitelmamuutos.

Mitkä ovat suunnitelmamuutoksen, suunnitelman tarkentumisen väliset erot?

Voidaanko kustannuslaskennassa olettaa muutoksen ja tarkentumisen erojen olevan yhdentekeviä kustannuslaskentaprosessin kannalta? (Kyllä/Ei)

Mikäli vastasit edelliseen kysymykseen kieltävästi: Mitkä ovat erot laskentaprosessin kannalta?

Mikä haaste muutoksessa?

Vapaasana otsikkoon liittyen:

## MUUTOKSEN VAIKUTUKSEN HALLINTAA HELPOTTAVAT TOIMET

Luettele mieleen tulevat suunnitelma muutoksen vaikutuksen hallintaan liittyvät riskit ja haasteet kustannuslaskennassa? Esim. virheellisen määrätiedon lisäys uudelleen ryhmiteltäessä.

Millä tavoin kustannuslaskelma eri revisioiden vertailtavuutta helpotetaan?

Millä tavoin kustannuslaskelman rakenne (=litterointi yms.) vaikuttaa päivitysten hallittavuuteen?

Millaisilla rakenteilla ja suoritteilla selvittää BIM-laskentakohteissa helpoimmalla?

Mitä mieltä olet määrätiedon syöttämisestä TCM:ään kiireessä linkityksen sijaan?

Onko kuvattuihin muutosprosesseihin lisättävää, poistettavaa, kommentoitavaa? Jos on, niin mitä.

Miten suunnitelmamuutokset tunnistetaan tietomalleista?

Mitkä ovat hyviä toimia tiedonkulun kannalta muutoksen vaikutuksen hallinnassa (laskentamuistio)?

Miten kustannuslaskennassa huomioidaan puutteet suunnitelmissa?

Listaa hyviä toimia suunnitelmamuutoksen vaikutusten hallintaan kustannuslaskennassa.

Vapaa sana muutoksen vaikutuksen hallintaa helpottaviin toimiin:

## MUUTOKSEN KUVAAMINEN PROSESSEIN

Ehdotus: kommentteja.

### ERITYYPPISET MUUTOKSET (CASE):

1. ”Ryhmittelyprosessi”: Uuden ID:n, Rakennetyypin tai Tason luominen tai poisto/korvaaminen. (Case ovien ID:n muuttaminen)
2. ”Sijaintiprosessi”
  - a. kerros – vaikutus ryhmittelyyn?
  - b. paikka sis. lohko – Vaikutus Easy BIM:in jaottelu
  - c. kokonaisuus mm. jyvitys – Easy BIM:in jaottelu ja TCM:n sijainnit
  - d. sijainti (mitä sijainnilla voidaan muuten ymmärtää TCM:ssä?)
3. ”Määrätietoprosessi” – ei vaikuta mihinkään (tarkentuminen, muutos, -> uusi (uusi menee ID ja rakennetyyppi prosessiin), lisäys, vähennys, poisto)
  - a. uusi (1.prosessi)
  - b. poisto (1.prosessi)
  - c. lisäys – päivittyy tietomallia päivittämällä automaattisesti – hinnoittelu?
  - d. lisäys kaavalla ts. muuttuva suorite tai laskentatapa (1. prosessiin??)
  - e. vähennys – päivittyy tietomallia päivittämällä automaattisesti, hinnoittelu?
  - f. vähennys kaavaan..

Mitkä ovat eri tavat (prosessit) toteuttaa suunnitelmamuutoksen vaikutukset kustannuslaskentaan? (UUELLEEN LINKITYS / TCM / muu tapa? )

- Huomioitavaa uudelleen linkityksessä:
- Huomioitavaa TCM:ään tehdyistä muutoksista
- Muun tavat huomiot:

Vapaasana otsikkoon liittyen:

## VASTAAJAN KOKEMUSTAUSTA TIETOMALLIPOHJAISESTA KUSTANNUSLASKENNASTA (TUTKIMUKSEN ARVIOINTI)

Miten monta vuotta olet työskennellyt määrä-/kustannuslaskijana?

Miten monta kohdetta olet laskenut käyttäen tietomalleja? Erottele määrä-/ kustannuslaskenta.

Kuinka monelle vuodelle tietomallikokemuksesi kustannus- tai määrälaskennassa ulottuu?

Mitä tietomallinnuksen sovelluksia olet käyttänyt linkitykseen ja kustannusarvion tekkoon? Mikäli useita ohjelmia, erottele ajat, kauan olet käyttänyt kutakin ja minä aikana.





## LIITE C: TEEMOITELLUT ASiantuntijahaastattelun VASTAUKSET

Muutoksen tunnistaminen nousi haastattelun tuloksissa erittäin tärkeäksi teemaksi:

- ”Muuttuneen mallin vertaaminen alkuperäiseen Solibri Model Checker:illä on nopea visuaalinen tapa todeta muutokset.”
- ”Tietomalliseloste kertoo sisällöstä.”
- ”Piirustusluettelon tarkastus ja vertailu.”
- ”Muistion käyttö.”
- ”Ohjelmien omien ominaisuuksien hyödyntäminen erojen löytämisessä.”
- ”Suunnitelmien tunteminen on ehkä tärkein osa muutosten hallintaa.”
- ”Helpottaa keinoja, jolla löydetään muutokset (muutosten merkintä malliin?)”

Alla on listattu vastauksia kysyttäessä tarkemmin, että: ”Miten suunnitelmamuutokset tunnistetaan tietomalleista?”:

- ”Vertaamalla aikaisempiin malleihin esim. Solibrilla.”
- ”Vertaamalla tietomalliselosteita ja tekemällä visuaalisia tarkasteluja.”
- ”Linkitysprosentin suhteessa edelliseen revisioon.”
- ”Määrämuutokset havaitaan helpoimmin linkityksen jälkeen suoraan Easy BIM:ssä tai TCM:ssä.”

Toinen hyväksi havaittu toimi suunnitelmamuutoksen hallinnassa on linkitysohjelman hyödyntämisen keinot:

- ”Ryhmittely filtreillä mahdollisimman pieniin osiin, jolloin muutokset on helppo löytää ja muuttaa.”
- ”Listaus on hyvä, jos luotettava. Uusi eri nimi, jolloin vanha jää talteen.”
- ”Aikaisemman linkitystiedoston käyttö nopeuttaa.”
- ”Selkeät rakennetyypit (filterit)”
- ”Description välilehden hyödyntäminen muutoksessa.”
- ”Vanhojen linkityssääntöjen hyödyntäminen.”
- ”Täysin uudet asiat pitäisi olla kokonaan uusilla litteroilla.”
- ”Eri revisioissa samat asiat samalla litteranumerolla.”
- ”Kun litterointitapa on vakio, voidaan hyödyntää Easy BIM:in linkityssääntöjä.”

Kolmas teema liittyi TCM Pro ohjelman ominaisuuksien hyödyntämiseen, kuten rakenteiden, suoritteiden ja kaavojen käyttöön:

- ”Uusi hanke aina muutoksen yhteydessä?”
- ”Samanlaiset rakenteet tehtävä samalla logiikalla eri revisioissa.”
- ”Rakenteet ja niiden tarve kannattaa miettiä huolella etukäteen.”
- ”Rakenteiden tulee olla riittävän yksinkertaisia, jotta linkittäminen on nopeaa ja suoritteet voidaan muokata tapauskohtaisesti pienellä vaivalla.”
- ”Kaavojen käyttö rakenteissa ja suoritteissa.”
- ”Vakioidut rakenteet/suoritteet, jolloin vertailtavuus helpompaa.”
- ”Määrät kaavojen kautta suoritteille.”
- ”Panoshinnaston käyttö/päivittäminen nopeuttaa hintojen päivitystä ja hinnoittelua (ei liity mallintamiseen).”



- ”Kun litterointitapa on vakio, voidaan hyödyntää TCM:n massahinnoittelua nopeaan päivittämiseen.”

Neljäs teema taas on hyvät käytännöt päivitettyjen kustannusrivien erottamista kustannusarviosta:

- ”Päivitykset eivät riveillä näy, ellei siihen erikseen kirjoita.”
- ”Muistioon tulee merkitä tehdyt muutokset ja niiden ajankohdat.”
- ”Ohjelmassa [TCM Pro] ei ole ko. työkalua. Lippujen/pukkien käyttö?”
- ”Kansilehdelle tulee versionumero ja päiväys.”
- ”TCM:n versionumero näkyy nimessä.”

Mitkä ovat hyviä toimia tiedonkulun kannalta muutoksen vaikutuksen hallinnassa (laskentamuistio)?

- ”Tietomalliseloste, jossa suunnittelijan oletukset ja rajaukset käyvät ilmi.”
- ”Selkeät muutoslistaukset suunnittelijoilta piirustusluettelon ohessa.”
- ”Laskentamuistioon selvitys (pää-)littera kohtaisesti, mikä on muuttunut ja sen kustannusvaikutus.”
- ”Oletukset, arviot auki kirjoitettuna, sillä parin viikon päästä ei välttämättä muista mitä tuli arvioitua suunnitelman puuttuessa alun perin.”
- ”Vertailulaskelmilla voidaan myös havainnollistaa muutosten vaikutusta.”
- ”Yhtenevät toimintatavat (TCM/EB).”

Listaa hyviä toimia suunnitelmamuutoksen vaikutusten hallintaan kustannuslaskennassa.

- ”Litteroiden käyttö loogisesti, jolloin litteranumeroiden vertailtavuus keskenään säilyy.”
- ”Määrien syöttö kaavalla, eikä käsin, jolloin tiedot päivittyvät mallin mukana.”
- ”Rivien nimeäminen/merkintä (U=uusi, K=korvaava (teksti tai määrä muuttunut), M= määrämäärämuutos, P=poistunut rivi jne.)”
- ”Riittävästi tutkimusta, miten ohjelmistot käyttäytyvät keskenään. Kovan kiireen keskellä voi tupsahtaa ennalta-arvaamattomia tilanteita, joita tiukka aikataulu ei salli.”
- ”Laskentamuistio”
- ”Vertailulaskelmat”
- ”Rakennemääräluettelot”
- ”Muutosluettelot”
- ”Muistio.”
- ”TCM:n yhtenevä käyttö.”
- ”Versioiden teko muutoksen yhteydessä.”

Vapaa sana muutoksen vaikutuksen hallintaa helpottaviin toimiin:

- Muuttuneen rakenteen merkintä esimerkiksi Name (id) –kohtaan lisätäisiin aina vaikka ”U”, jolloin helpompi filtteröidä. Onko mahdollista?

Asiantuntijat tunnistivat kuvatussa laskentaprosessista myös päivitysprosessia haittaavia toimia. Heitä pyydettiin luetteloimaan suunnitelma muutoksen vaikutuksen hallintaan liittyvät riskejä ja haasteita. Lisäksi asiantuntijoille esitettiin kysymykset: ”Mikä haaste on muutoksessa?”, ”Mitä mieltä olet määrätiedon syöttämisestä TCM:ään kiireessä lin-

kityksen sijaan?”. Löydökset on jaettu kategorioihin hyvien toimien tapaan niiden pääteeman mukaan. Alla on lueteltu löydökset.

Muutoksen tunnistamista haittaavat tekijät:

- ”Muutokset mallissa vain tietyn rakennetyypin sisällä verrattuna, että uudet asiat olisikin esimerkiksi rakennetyypinä (ei vain yhden ominaisuuden muutoksena, hankala käyttää).”
- ”Haitat tulevat prosessin ulkopuolelta (esimerkiksi tiukka aikataulu, keskeneräiset suunnitelmat, informaatiokatkokset yms.)”
- ”Mahdollista tehdä monella eri tavalla.”
- ”Muutoksen löytäminen ja varmistaminen.”

Linkitysohjelmaan liittyvät ongelmat päivitysprosessiin liittyen ovat listattu alla:

- ”Ryhmittely (objektit, filtit) ei välttämättä löydy uusia asioita ”vanhalla” filteillä, jolloin sitä ei huomata .”

Kustannuslaskentaohjelma TCM Pro:hon liittyvät ongelmat kustannusarviota päivitetessä:

- ”Ohjelmasta [TCM Pro] puuttuu peru-komento.”
- ”Käsin syöttö määrien laskussa, koska määrät eivät päivity suoraan.”

Neljäs teema taas on hyvät käytännöt päivitettyjen kustannusrivien erottamista kustannusarviosta:

- ”Tietomallien revisioiden vertailu, muutosten havainnoiminen.”
- ”Ryhmittelyissä oikeiden asioiden ja suureiden valikoiminen / löytäminen.”

Mikä haaste on muutoksessa?

- ”Muutoksen löytyminen uusista suunnitelmista, merkittävä selkeästi (vrt. paperikuvien revisiomerkinnot).”
- ”Onko IFC:ssä vakioitu tapa merkitä?”
- ”Esim. Easy BIM:iä käytettäessä on huolellisesti mietittävä vaikutukset TCM:ään.”
- ”Ehkä suurin haaste on muutoksen tunnistamiseen liittyvä. Kuinka helposti muutos on havaittavissa suunnitelmista ja miten se on ylipäänsä määritelty? Esim. laatumuutoksia voi olla hankala tunnistaa, jos niitä ei ole selkeästi esitetty selostuksen avulla. Vrt. tilanne, jossa lattiamateriaali muuttuu, mutta se ei näy mallissa, koska materiaalitietoa ei siellä ole, joten pelkkä tietomallin ajaminen Easy BIM:in läpi ei paljasta muutosta.”
- ”Muutosten monimuotoisuus.”
- ”Varmuus, että kaikki muutokset on huomioitu.”
- ”Kohdistus.”
- ”Aikataulu.”
- ”Muutosta edeltävien laskemien tarkastus.”
- ”Muutoksen haasteita ovat sen havaitseminen sekä hahmottaa mihin kaikkeen muutos vaikuttaa.”

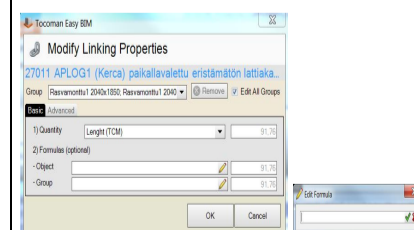
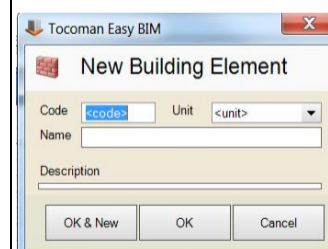
Luettele mieleen tulevat suunnitelma muutoksen vaikutuksen hallintaan liittyvät riskit ja haasteet kustannuslaskennassa? Esim. virheellisen määrätiedon lisäys uudelleen ryhmiteltäessä.

- ”Käsin/syötön kautta tehtyjen määrien muutokset eivät tule suoraan mallin päivityksen kautta.”
- ”Vanhat ryhmittelysäännöt eivät ”löydy” muutoksia mallista filteri-asetuksien takia.”
- ”Muutos jää tunnistamatta, koska ajetaan päivitetty malli vain läpi Easy BIM:stä eikä tehdä visuaalista tarkastelua.”
- ”Suunnitelmien puutteelliset merkinnät, jolloin ei olla varmoja, että kaikki muutokset löytyvät.”
- ”Muutoksen muutokset sekoittavat.”
- ”Vanhaa linkitystä käytettäessä rakenneosa tulee linkitettyä väärään TCM Rakenteeseen.”
- ”Määrä kasvaa / määrä pienenee, jolloin yksikköhinta on väärä.”

Mitä mieltä olet määrätiedon syöttämisestä TCM:ään kiireessä linkityksen sijaan?

- ”Hankaloittaa myöhemmin määrälähteen etsintää, kun ei voida jäljittää linkityksen kautta.”
- ”Mallin muutokset eivät korvaa vanhoja tietoja päivitettäessä.”
- ”Mikäli tieto on syötettävä sijainnittain, se voi olla työlästä ja virheiden mahdollisuus kasvaa.”
- ”Myöhemmin tehtävien muutosten kannalta ne ovat hankalia.”
- ”Ei suositeltavaa, merkittävä laskentamuistioon ja TCM:ään, jos niin joudutaan tekemään.”
- ”Tosin aina on sellaisia määriä, jotka joudutaan laskemaan käsin ja myös syöttämään käsin.”

Numero	Avainsana	Kuvaus	Selventävä kuva
L	LASKENTAPROSESSI		
L0	Päätös	Kohteen laskentapäätös	
L1	ALOITAVAT TOIMET		
L11	Projektinumero	Projektin numerointi	
L12	Kohde	Kohteeseen tutustuminen	
L13	Kansio	Luodaan kohteelle laskentakansio J-kansioon	
L131	Materiaali	Kootaan laskentamateriaali laskennan kansioon	
L132	Tutustutaan	Tutustutaan kohteeseen materiaalin perusteella	
L1321	Tarkastus	Tarkastetaan materiaali piirustusluetteloon verraten	
L1332	BIM Laskentavalmius	Tarkasta Solibri Model Checkerillä ja visuaalisesti	
L13321	Tietomalliseloste	Käydään läpi tietomalliseloste	
L13322	Model Checker	Avaa Solibri Model Checker	
L133221	Avaa	Avaa toimitettu IFC-tietomalli	
L133222	Tarkastus	Valitse tarkastus välilehti	
L133223	Säännöstö	Aja laskentavalmiussäännöstö	
L133224	Tulokset	Käy läpi tulokset	
L133225A	Hyväksy	Hyväksy tietomalli määrälaskentaan	
L133225B	Hylkää	Hylkää tietomallin hyödyntäminen määrälaskennassa	
L134	Tilaa	Tilaa tarvittavat paperikuvat	
L14	Laskentamuistio	Materiaalin puutteet ja tieto mitä lasketaan mallista	
L15	Aloituspalaveri	Pidetään laskennan aloituskokous	
L151	Aikataulu	Suunnitellaan laskennan aikataulu	
L152	Määrälaskenta?	Päätetään, määrin tilaamisesta tai laskemisesta	
L153	Asiakkaat	Kustannuslaskennan asiakkaiden tavoitteiden määrittäminen	
L1531	Sijainnit	Päätetään sijaintien käytöstä (ohkot ja alakohteet)	
L2	MAÄRÄLASKENTA		
L20	TCM Pro	Hankkeen perustaminen TCM Pro:hon	
L202	Hanketiedot	Hankkeen tietojen täydentäminen ja tarkastaminen	
L203	Materiaali	Varmista, että paperikuvat ovat saapuneet	
L201	Laskentamuistio	Kirjoita määrälaskentamuistioon jatkuvasti laskennan aikana	
L2Vaihtoehtoinen t	Rakenteet ja suoritteet	Luo TCM:ssä rakenteet ja suoritteet ja tuo ne Easy BIM:iin	
L21	Määrälinkitys	BIM määrälaskenta	
L212	Easy BIM	Avaa Easy BIM	
L2121	IFC-malli	Tuo IFC-malli (tai avaa bim tiedosto)	
L21211	Kansio	Hae kohteen kansio	
L21212	Tiedosto	Valitse tiedosto	
L213	Ryhmittely	Avaa ryhmittely välilehti	
L2130	HUOMIOI	Muutosten hallittavuus: yksinkertaiset ryhmät, muutosalltiit rakenteet	
L2131	Laskentamuistio	Lisää ryhmittelysäännöt ja suodatukset muistioon	
L2132	Työtila	Avaa linkittämisen työtila/välilehti	
L213A	Add	Paina lisää lisää ryhmä painiketta	
L213A1	Nimeä	Nimeä ryhmä	
L213A2	Objektityyppi	Valitse ryhmiteltävät objektityypit	
L213A3	Filter	Määritä filtrit, joilla suodatetaan objektit ryhmittelyyn	
L213A30	HUOMIOI	Suodatusten käyttö saattaa olla riski muutosten päivityksessä	
L213A31	Property	Valitse property, jonka mukaan ryhmä filteroidaan	
L213A32	Operator	Valitse operaattori (mm. = <> contains..)	
L213A33	Value	Valitse halutut ominaisuuksien (property) arvot	
L213A34	Unit	Valitse ryhmän oletusyksikkö (unit)	
L213A4	(Description)	Avaa ryhmittely välilehti	
L213A41	(Kuvaile)	Kirjoita kuvaus tarvittaessa	
L213A5	Flag	Merkitse ryhmä lipulla vihreä=rakenne, keltainen, punainen= ei linkitettävät tarkastusmäärät	
L213A6	Properties	Muokkaa ryhmän ominaisuuksia	
L213A7	Delete	Poista ryhmä	
L213LOOP	Toista	Toista kunnes kaikki tietomallin komponentit ovat lajiteltu	
L213G	Generate	Paina luo ryhmä painiketta	
L213G1	Object Class	Objektityypeistä näkyvät olevat / kaikki	
L213G11	Valitse	Valitse objektityyppi	
L213G12	Aktivoi	Aktivoi Objektiluokan rivi	
L213G2	Rule	Valitse käytetty sääntö tai luo uusi	
L213G21	Group	Ryhmä-välilehdessä lisätään ryhmittelysääntöjä	
L213G211	Property	Lisää ja järjestä ryhmittelyominaisuudet	
L213G22	Filter	Filter-välilehdellä voidaan lisätä suodatuksia	
L213G220	HUOMIOI	Suodatusten käyttö saattaa olla riski muutosten päivityksessä	
L213G221	Property	Lisää suodatusominaisuus	
L213G222	Operator	Valitse operaattori (mm. = <> contains..)	
L213G223	Value	Valitse haluttu raja-arvo	
L213G224	Unit	Valitse yksikkö	
L213G225	Name	Add Filter name	
L213G3	Next	Kuittaa Next:illä	
L213G4	Tarkista	Tarkista ryhmittelyn tulokset	
L213G5	Finish	Kuittaa ryhmittely	
L213GLOOP	Toista	Toista kunnes Ungrouped Count = 0 - kaikki tietomallin komponentit ovat lajiteltu	
L213G6	Tallenna	Tallenna ryhmittelytiedosto ja säännöstö	
L214	Linkitys	Linkitä määräluetteloon (Quantity Take-off)	
L2140	Työtila	Avaa linkittämisen työtila/välilehti	
L214R	Uusi nimike	Raahaa ryhmiteltyt objektit Quantity Take-off. MUISTA F2	
L214R1	Code	Kirjoita littera eli code	
L214R10	HUOMIOI	Litteroi määrärivit järjestelmällisesti	
L214R2	Unit	Valitse mitattava suure	
L214R3	Name	Nimeä rakenteen rivi kuvaavalla nimellä	
L214R4	(Description)	(Kirjoita kuvaus tarvittaessa)	
L214R5	OK	Hyväksy uusi nimike OK:lla	
L214L	Luo nimike	Luo uusi rakenteen nimike ja raaha ryhmittely	
L214L1	Code	Kirjoita littera eli code	
L214L10	HUOMIOI	Litteroi määrärivit järjestelmällisesti	
L214L2	Unit	Valitse mitattava suure	
L214L3	Name	Nimeä rakenteen rivi kuvaavalla nimellä	
L214L4	(Description)	(Kirjoita kuvaus tarvittaessa)	
L214L5	OK	Hyväksy uusi nimike OK:lla	
L214L6	Raahaa	Raahaa ryhmiteltyt objektit Quantity Take-off:in olemassa oleviin nimikkeisiin mahdollisesti useampi rivi kerrallaan	
L2142	Varmista	Ryhmittelyt linkitetty oikeisiin ja tarvittaviin riveihin	
L214LOOP	Tee kunnes	Kaikki ryhmät on linkitetty määräluetteloon rakenteisiin	
L2142	Modify	Muokkaa rakenteita	
L21420	Tuplaklikkaa	Tuplaklikkaa muokattava rivi avataksesi muokausikkunan	
L214231	Group	Linkityksestä voidaan muokata myös yksittäinen ryhmittely	
L214232	Remove	Yksittäiset objektit tai ryhmät voidaan poistaa	
L214233	Edit All Groups	Valitaan, mikäli halutaan muokata kaikkia ryhmiä samaan aikaan	
L214234	Basic	Basic-välilehti	
L2142341	Quantity	Valitse suure, jolla halutaan asia mitattavan	
L2142342	Formula - Object	Kaava voidaan kirjoittaa koskemaan yksittäistä objektiryhmää	
L21423421	Edit formula		
L2142343	Formula - Group	Kaavalla voidaan laskea yhdessä kaikkien ryhmiteltyjen objektien suuret	
L21423431	Edit formula		
L213	Sections	Jaa tietomalli haluttuihin osiin, kuten lohkoihin	
L2131	Työtila	Avaa sections työtila/välilehti	
L2132	Nimeä	Nimeä jako-osat (unnamed-section)	
L2133	Valitse	Valitse halutut objektit eli komponentit	
L2134	Raahaa	Raahaa sectioniin kuuluvat tietomalliohjektit paikoilleen	
L213LOOP	Toista	Toista kunnes kaikki tietomallin komponentit ovat lajiteltu	
L2144	Connect to Estimate	Valitse TCM:n kustannuslaskelma, johon määrät linkitetään	
L21441	Kirjautu	Kirjautu palvelimelle, josta löytyy tietokannan hankkeet	
L21442	Valitse	Valitse linkitettävä kustannusarvio TCM Pro:n hankkeista	

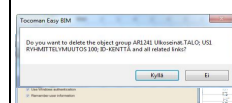
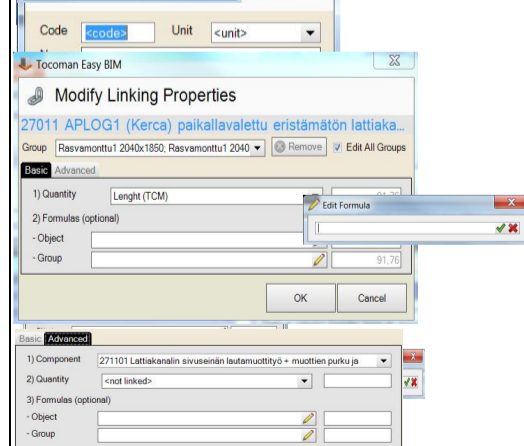
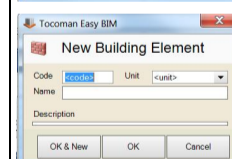
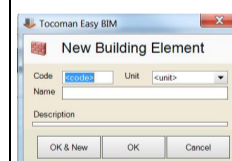
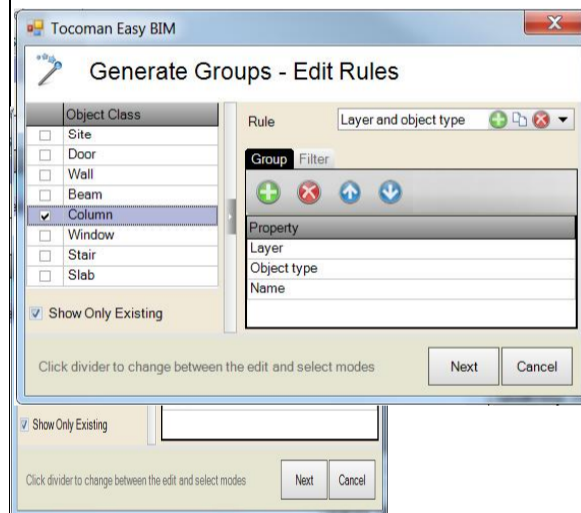


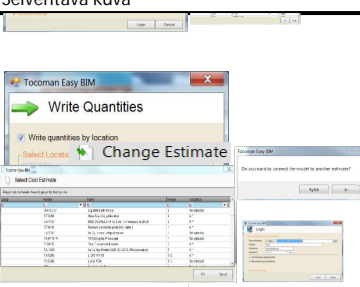
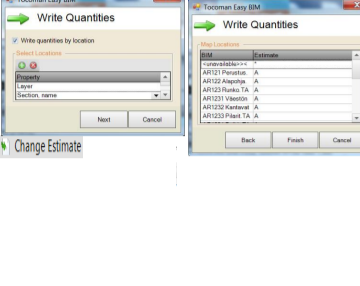
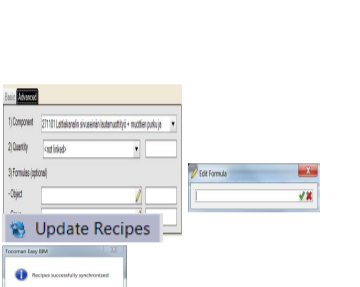
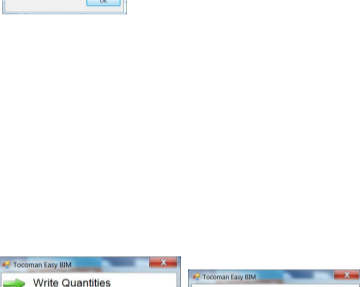
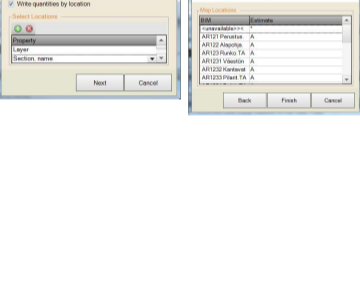
Numero	Avainsana	Kuvaus	Selventävä kuva
L21443	Alakohde		
L21444	Kuittaa OK	Model is connected with the cost estimate successfully	
L2145	Write Quantities		
L214A1	Kuittaa Finish		
L214B1	Valitse	Valitse tarvittaessa Write quantities by location	
L214B2	Lisää	Lisää property	
L214B3	Kuittaa Next		
L214B4	Tarkasta		
L214B5	Kuittaa Finish		
L22	Suoritteet	Lisää rakenteen suoritteet eli reseptit kaavan avulla	
L220	TCM Pro	Avaa TCM Pro-ohjelma	
L2201	Hanke	Avaa hanke	
L2202	Päivitä	Päivitä kustannuslaskelmaa, jolloin linkitykset päivittyvät	
L2203	Alakohteet	Varmista, että kaikki alakohteet ovat näkyvillä	
L221	Luo suorite	Luo suoritteet linkitetyille rakenteille	
L2211	Suoriterivi	Lisää suoritteiden rivit linkitetyille rakenteille	
L2212	Koodi	Lisää suoritteiden koodi eli litteronumero	
L2213	Selite	Lisää suoritteiden selite	
L2214	Kaava	Lisää määrä kaavalla tai menekillä, mikäli ei linkitetä	
L22141	Muuttujat	Luo kaavassa vaadittavat muuttujat	
L2215	Tarkasta	Tarkasta olemassa olevat suoritteet ja kaavat	
L221LOOP	Tee kunnes	Kaikkien linkitettävien rakenteiden suoritteet tehty	
L2221	Update Recipes	Tuo reseptit kustannuslaskelmasta Easy BIM -ohjelmaan	
L22211	Kuittaa OK	Recipes successfully synchronized	
L2222	Linkitä resepteille	Linkitä määrät suoraan TCM Prosta tuoduille suoritteille	
L22221	Rakennnerivi	Valitse muokattava rakennnerivi	
L22222	Edit Links	Valitse QTO-välilehden Edit links -painike	
L22223	Group	Varmista, että on oikea ryhmä	
L222241	Advanced	Valitse Modify-näkymän Advanced-välilehti	
L222242	Component	Valitse muokattava suoriterivi	
L222243	Quantity	Valitse linkitettävä määrätieto	
L222244	Formulas	Kaavalla johdettavat määrätiedot	
L2222441	Object	Lisää objektiokohtainen kaava	
L2222442	Group	Lisää ryhmittelyä koskeva kaava	
L22225	Tunnista	Tunnista linkittämättömät suoritteiden QTO suoritteista huomionmerkistä	
L2222LOOP	Tee kunnes	Tee kunnes kaikki halutut suoritteet on linkitetty	
L2234	Write Quantities		
L223A1	Kuittaa Finish		
L223B1	Valitse	Valitse tarvittaessa Write quantities by location	
L223B2	Lisää	Lisää property	
L223B3	Kuittaa Next		
L223B4	Tarkasta		
L223B5	Kuittaa Finish		
L2235	Kuittaa NO	Ohjelma kysyy halutaanko määrät lisätä (Y) vai korvata (N)	
L224	Määräluettelo	Tee taulukko määräluettelosta	
L2M	Määrälaskentamuistio	Merkintä muistioon tietomallista tuotetuista määristä	
L23	Käsin laskenta	Laske loput määrät 2d-suunnitelma-asiakirjoista perinteisesti	
L230	TCM Pro rakenteet	Avaa TCM Pro-ohjelma	
L2301	HUOMIOI	Suunnitelmapuutteet omina riveinä	
L2302	HUOMIOI	Arviot ja oletukset laskentamuistioon	
L23R	Rakennelaskenta		
L23R1	Rakenteet		
L23R1M	Menekki		
L23R1K	Kaava		
L23R1S	Syöttö		
L23R1D	Digitointi		
L23R1D	Digitointi		
L23S	Suoritelaskenta	Suoriteperusteinen määrälaskenta	
L23S1	Suoriteotsikot	Luo otsikkotason suoriterivit tai tuo suoritteet referenssiokohteesta	
L23SP	Paperikuvat	Paperikuvien läpikäyminen järjestyksessä	
L23SP1	Suorite	Laskettavan suoritteiden valinta	
L23SP2	Laskentalogiikka	Laskentalogiikan määrittäminen tapauksesta riippuen	
L23SP3	Suoriterivit	Luo ja nimeä suoriterivit, johon määrätieto syötetään	
L23SPA	Määrä	Määrätiedon syöttäminen (jm, m2, m3, kg, kpl, era)	
L23SPB	Digitointi1	Määrien mittausta paperikuvista (digitointipöydällä)	
L23SPB1	Laskentalogiikka	Laskentalogiikan määrittäminen tapauksesta riippuen	
L23SPB2	Mittarivi	Mittarivien luominen ja nimeäminen	
L23SPB3	Määrä	Määrätiedon syöttäminen (jm, m2, m3, kg, kpl, era)	
L23SPC	Digitointi2	Määrien mittausta kuvatiiedoista	
L23SPC1	Laskentalogiikka	Laskentalogiikan määrittäminen tapauksesta riippuen	
L23SPC2	Mittarivi	Mittarivien luominen ja nimeäminen	
L23SPC3	Määrä	Määrätiedon syöttäminen (jm, m2, m3, kg, kpl, era)	
L23S2	Kaavatarkistus	Kaavan tai menekin tarkastus	
L3	HINNOITTELU		
L3M	Laskentamuistio	Kirjoita muistiinpanoja hinnoittelun edetessä	
L31	Omatyö		
L311	Panoslajitaso		
L3110	Määrittely	Hankkeen panoslajin määrittely	
L31101	Avaa	Avaa hankkeen tiedot ikkuna (Hanke -> Muokkaa -> 5 panoslaji-välilehti)	
L31102	Uusi	Paina "Uusi" lisäaksesi uuden panoslajin (PL)	
L311021	Määritä	Määritä Tunnus, Selite, Sos. Kulut, Tuntiperusteisuus ja kerroin	
L311022	Kuittaa OK		
L31103	Muuta	Paina "Muuta" muuttaaksesi Tunnusta, Selitettä, Sos. Kuluja, Tuntiperusteisuutta tai kerrointa	
L31104	Poista	Paina "Poista" poistaaksesi olemassa olevan panoslajin (PL)	
L31105	Kuittaa OK		
L311T	Työ	Työtä laskettaessa toisista riippuvaiset suuret ohjelma laskee automaattisesti määrätiedon ja syötetyn tiedon perusteella.	
L311T1	Menekki	Lisää menekki, h/yks	
L311T2	Aika	Lisää aika H	
L311T3	Hinta	Lisää hinta e/h	
L311T4	Yksikköhinta	Lisää yksikköhinta e/yks	
L311T5	Hinta	Lisää hinta e	
L311T6	Kiint	Lisää kiint?	
L311T7	Ryhmä	Lisää ryhmä	
L312	Panostasolla		
L3121	Uusi	Luo uusi panos	
L312101	Panoslaji	Lisää panoslaji	
L312102	Nimi	Lisää nimi	
L312103	Yksikkö	Lisää yksikköhinta e/yks	
L312104	Menekki	Lisää menekki, h/yks	
L312105	Teho	Lisää teho	
L312106	Hukkaprocentti	Lisää hukkaprocentti h-%	
L312107	Määrä	Lisää määrä	
L312108	Hinta	Lisää hinta	
L312109	Lukitus	Aktivoi lukitus tarvittaessa	
L312110	Yksikköhinta	Lisää yksikköhinta e/yks	
L312111	Kokonaishinta	Lisää kokonaishinta	
L312112	Valuutta	Vaihda valuutta tarvittaessa	
L312113	Ryhmä	Lisää ryhmä	
L312114	Kiinteä	Lisää kiinteät kulut panoslajille???	
L312115	Kerroin	Lisää kerroin	
L312116	PRyhmä	Lisää Pryhmä	
L312117	Järjestysnro	Lisää järjestysnumero	

Numero	Avainsana	Kuvaus	Selventävä kuva
L3122	Panoshinnasto	Tuo panos TCM:n tietokannasta	
L31220	Avaa	Avaa Etsi panos -ikkuna panokset-ikkunan päällä hiiren oikean näppäimen kautta aukeavalla listalla	
L31221	Kohde	Valitse kohde, josta panoksia tuodaan	
L31222	Etsi	Etsi panos	
L31223	Lisää	Lisää panos?	
L31224	Vaihda	Vaihda panos?	
L313...	Standardihankkeella		
L314...	Massahinnoittelu		
L32	Ennakkotarjoukset		
L3201	Ennakkokysely taulukko		
L32011	Vastuuajako		
L3202	Ennakot-kansio	Luodaan laskentakohteen kansioon Ennakot- alikansio	
L3203	Kyselymateriaali	Kootaan kyselymateriaali	
L3204	Soittokierros		
L32041	Kysy	Onko jo tarjottu? Ja haluavatko tarjota?	
L3205	Ennakkotarjouspyyntö	Kirjoita yksilöity ennakkotarjouspyyntö	
L3206	E-mail	Kirjoita yksilöity sähköposti, jossa on ennakon viimeinen jättöpäivä	
L32061	Liitteet	Liitä kyselyn laskentamateriaali ja ennakkotarjouspyyntö	
L32062	Lähetä	Lähetä maili	
L3207	Soita	Soita perään niille, jotka eivät ole vastanneet puheluihin tai maileihin	
L3208	Kerää	Kerää saapuvat ennakot ja tallenna ne oikein nimettyinä kohteen kansioon	
L3209	Soita puuttuvat läpi		
L3210	Ennakkovertailu	Tee ennakkovertailut	
L33	Tarkasta	Tarkasta hinta- ja määrätiedon oikeellisuus	
L3LOOP	Kaikki rivit	Hinnoittele kaikki rivit	

R	M	S	P	Numero	Avainsana	Kuvaus	Selventävä kuva
				P	PAIVITYSPROSESSI	Päivitys	
				P1	ALOITTAVAT TOIMET		
				P11	Koonti	Kootaan päivitysmateriaali laskennan kansioon	
				P111	Kansio	Uusille suunnitelmarevisioille oma yksilöity kansio (esim. pvm)	
				P112	Puutteet	Materiaalin puutteet piirustusluetteloon verraten	
				P12	Laskentamuistio	Merkataan laskentamateriaalin puutteet laskentamuistioon	
				P13	Tutustu	Tutustutaan laskentamateriaaliin	
				P14	Muutokset	Tunnistetaan muutokset	
				P141	Tietomalliseloste	Muutokset tietomalliselosteesta	
				P142	Visuaalisesti	Muutokset visuaalisesti tietomallia tarkastelemalla	
				P143	Solibri	Revisiomuutos- ja laskentavalmiustarkastus	
				P1431	Model Checker	Avaa Solibri Model Checker	
				P1432	Avaa	Avaa edellinen laskentamalli ja toimitettu IFC-tietomalli	
				P1433	Tarkastus	Valitse tarkastus välilehti	
				P1434	Laskentavalmius	Aja laskentavalmiussaännöstö	
				P1435	Revisiovertailu	Aja revisiovertailu	
				P1436	Tulokset	Käy läpi tulokset	
				P1436a	Hyväksy	Hyväksy tietomalli määrälaskentaan	
				P1436b	Hylkää	Hylkää tietomallin hyödyntäminen määrälaskennassa	
				P14	Aikataulu	Aikataulutetaan päivityslaskenta	
				P15	Asiakkaat	Kustannuslaskennan asiakkaiden tavoitteiden määrittäminen	
				P2	MAARALASKENTA		
				P20	TCM Pro	Uuden version luominen TCM Pro:hon	
				P201	Laskentamuistio	Pida määrälaskentamuistiot muutosten huomioimiseksi	
				P21	Määrälinkitys	BIM määrälaskenta	
				P211	Easy BIM	Avaa Easy BIM	
				P212	IFC-malli	Tuo IFC-malli	
				P2121	Kansio	Hae kohteen kansio	
				P2122	Tiedosto	Valitse tiedosto	
				P2123	Linkityssäannot	Tuo edellisen laskennan linkityssäannot import toiminnolla	
				P21231	Tunnista	ryhmittelemättömät, linkittämättömät ja katkenneet linkit	
				P21232	Liputa	Merkitse lipulla valmiit ryhmät (Valkoinen lippu)	
				P213	Ryhmittely	Avaa ryhmittely välilehti	
				P2130	Laskentamuistio	Selvitä aiemmat ryhmittelysäannot ja suodatukset	
				P2131	Laskentamuistio	Lisää uudet ryhmittelysäannot ja suodatukset muistioon	
				P2132	Työtila	Avaa linkittämisen työtila/välilehti	
				P2133	Tunnista	Tunnista ryhmittelemättömät objektit	
				P213A	Add	Paina lisää lisää ryhmä painiketta	
				P213A1	Nimeä	Nimeä ryhmä	
				P213A2	Objektityyppi	Valitse ryhmiteltävät objektityypit	
				P213A3	Filter	Määritä filtrit, joilla rajataan ryhmitteletäviä objekteja	
				P213A31	Property	Valitse property, jonka mukaan ryhmä filteroidaan	
				P213A32	Operator	Valitse operaattori (mm. = <> contains..)	
				P213A33	Value	Valitse halutut ominaisuuksien (property) arvot	
				P213A34	Unit	Valitse ryhmän oletusyksikkö (unit)	
				P213A4	Uusi ryhmä	Avaa ryhmittely välilehti	
				P213A41	(Kuvaile)	Kirjoita kuvaus tarvittaessa	
				P213A5	OK	Merkitse ryhmä lipulla	
				P213A6	Properties	Muokkaa ryhmän ominaisuuksia	
				P213A7	Delete	Poista ryhmä	
				P213ALoop	Toista	Toista kunnes kaikki tietomallin komponentit ovat lajiteltu	
				P213G	Generate	Paina luo ryhmä painiketta	
				P213G1	Object Class	Objektityypeistä näkyvät olevat / kaikki	
				P213G11	Valitse	Valitse objektityyppi	
				P213G12	Aktivoi	Aktivoi Objektiluokan rivi	
				P213G2	Rule	Valitse käytetty sääntö tai luo uusi	
				P213G21	Group	Ryhmä-välilehdessä lisätään ryhmittelysäantöjä	
				P213G211	Property	Lisää ja järjestä ryhmittelyominaisuudet	
				P213G22	Filter	Filter-välilehdellä voidaan lisätä suodatuksia	
				P213G220	Tarkista	Tarkista onko filteri käytetty edellisen linkityksen yhteydessä	
				P213G221	Property	Lisää suodatusominaisuus	
				P213G222	Operator	Valitse operaattori (mm. = <> contains..)	
				P213G223	Value	Valitse haluttu raja-arvo	
				P213G224	Unit	Valitse yksikkö	
				P213G225	Name	Add Filter name	
				P213G3	Next	Kuittaa Next:illä	
				P213G4	Tarkista	Tarkista ryhmittelyn tulokset	
				P213G41	Status	New/Existing - Näyttää uudet ja olemassa olevat	
				P213G5	Finish	Kuittaa ryhmittely	
				P213GLoop	Toista	Toista kunnes Ungrouped Count = 0 - kaikki tietomallin komponentit ovat lajiteltu	
				P213G6	Tallenna	Tallenna ryhmitteletiedosto ja säännöstö	
				P214	Linkitys	Linkitä määräluetteloon (Quantity Take-off)	
				P2141	Linkittömät	Tunnista linkittämättömät ryhmät	
				P2141R	Uusi nimike	Raahaa ryhmitellyt objektit Quantity Take-off. MUISTA F2	
				P2141R1	Code	Kirjoita uuden rakenteen littera eli code	
				P2141R2	Unit	Valitse mitattava suure	
				P2141R3	Name	Nimeä rakenteen rivi kuvaavalla nimellä (U, K, M, P)	
				P2141R4	(Description)	(Kirjoita kuvaus tarvittaessa)	
				P2141R5	OK	Hyväksy uusi nimike OK:lla	
				P2141L	Luo nimike	Luo uusi nimike	
				P2141L1	Code	Kirjoita uuden rakenteen littera eli code	
				P2141L2	Unit	Valitse mitattava suure	
				P2141L3	Name	Nimeä rakenteen rivi kuvaavalla nimellä (U, K, M, P)	
				P2141L4	(Description)	(Kirjoita kuvaus tarvittaessa)	
				P2141L5	OK	Hyväksy uusi nimike OK:lla	
				P2141L6	Raahaa	Raahaa olemassa olevaan ja sopivaan riviin	
				P2142	Varmista	Ryhmittelety linkitetty oikeisiin ja tarvittaviin riveihin	
				P214Loop	Tee kunnes	Kaikki ryhmät on linkitetty määräluetteloon rakenteisiin	
				P2142	Modify	Muokkaa rakenteita ja aiemmin tehtyjä suoritteita tarvittaessa	
				P21420	Tuplaklikkaus	Tuplaklikkaa muokattava rivi avataksesi muokkausikkunan	
				P21421	Group	Linkityksestä voidaan muokata myös yksittäinen ryhmittely	
				P21422	Remove	Yksittäiset objektit tai ryhmät voidaan poistaa	
				P21423	Edit All Groups	Valitaan, mikäli halutaan muokata kaikkia ryhmiä	
				P21424	Basic	Basic-välilehti	
				P214241	Quantity	Valitse suure, jolla halutaan asia mitattavan	
				P214242	Formula - Object	Kaava voidaan kirjoittaa koskemaan yksittäistä objektiryhmää	
				P2142421	Edit formula		
				P214243	Formula - Group	Kaavalla voidaan laskea yhdessä kaikkien ryhmiteltyjen objektien suuret	
				P2142431	Edit formula		
				P21425	Advanced	Advanced-välilehdeltä voidaan linkittää suoritteille	
				P214250	Update recepies	Tee suoritteet TCM:ssä ja päivitä ne linkitysmalliin kts. Edellä.	
				P214251	Component	Valitse suorite	
				P214252	Quantity	Valitse suure, jolla suorite mitataan	
				P214253	Formula - Object	Kaava voidaan kirjoittaa koskemaan yksittäistä objektiryhmää	
				P2142531	Edit formula		
				P214254	Formula - Group	Kaavalla voidaan laskea yhdessä kaikkien ryhmiteltyjen objektien suuret	
				P2142541	Edit formula		
				P21426	OK	Muokkaa kaavaa	
				P2143	Linkitys%	Kuittaa hyväksyäksesi OK	
				P2143	Linkitys%	Tarkista linkitysprosentti	
				P21Loop	Toista	Toista kunnes kaikki komponentit on QTO:ssä riveinä	
				P2144	Poista ylim.	Poista ylimääräiset ryhmittelety, jolloin huomioimerkit häipyvät	
				P21441	Kuittaa OK	Kuittaa hyväksyäksesi OK	
				P21442	Tunnista	Ylimääräisten määräarivit tunnistaa Q ja G = *tyhjä*	
				P215	Sections	Jaa tietomalli haluttuihin osiin, kuten lohkoihin	

muutoksen hallinta/ virheen korjaus  
muutoksen hallinta/ virheen korjaus  
muutoksen hallinta/ virheen korjaus



R	M	S	P	Numero	Avainsana	Kuvaus	Selventävä kuva
				P2151	Työtila	Avaa sections työtila/välilehti	    
				P2152	Nimeä	Nimeä jako-osat (unnamed-section)	
				P2153	Valitse	Valitse halutut objectit eli komponentit	
				P2154	Raahaa	Raahaa sectioniin kuuluvat tietomallin rakenneosat paikoilleen	
				P215LOOP	Toista	Toista kunnes kaikki tietomallin komponentit ovat lajiteltu	
				P216	Change Estimate	Yhdistä Easy BIM:n määräluettelo uuteen kustannusarvion versioon	
				P21641	Kirjautu	Kirjautu palvelimelle, jossa Easy BIM hakee kaikki hankkeet	
				P21642	Valitse	Valitse uusi kustannusarvion versio TCM Pro:n hankkeista	
				P21643	Alakohde		
				P21644	Kuittaa OK	Model is connected with the cost estimate successfully	
				P21645	Tunnista	Ylimääräisten määrärit ovat nyt esitetty harmaana	
				P2165	Write Quantities		
				P216A1	Kuittaa Finish	Kuittaa Finish viedäkseen määrät kustannusarvion	
				P216B1	Valitse	Valitse tarvittaessa Write quantities by location	
				P216B2	Property	Lisää property: kerros, lohko jne.	
				P216B3	Kuittaa Next	Kuittaa Next hyväksyäkseen alakohdejaon	
				P216B4	Valitse	Valitse alakohteet vastaamaan kustannusarvion alakohteita	
				P216B5	Kuittaa Finish	Kuittaa Finish viedäkseen määrät kustannusarvion	
				P2161	Kuittaa No	Ohjelma kysyy halutaanko määrät lisätä (Y) vai korvata (N)	
				P22	Suoritteet	Lisää rakenteen suoritteet eli reseptit kaavan avulla	
				P220	TCM Pro	Avaa TCM Pro-ohjelma	
				P2201	Hanke	Avaa hanke	
				P2202	Päivitä	Päivitä kustannuslaskelma	
				P2203	Alakohteet	Varmista, että kaikki alakohteet ovat näkyvillä	
				P221	Luo suorite	Luo suoritteet linkitettyille rakenteille	
				P2211	Suoriterivi	Lisää suoritteen rivi	
				P2212	Koodi	Lisää suoritteen koodi eli litteronumero	
				P2213	Selite	Lisää suoritteen selite	
				P2214	Kaava	Lisää tietomallinmäärä X ja muuttujat kaavalla	
				P22141	Muuttujat	Luo kaavassa vaadittavat muuttujat	
				P2215	Tarkasta	Tarkasta olemassa olevat suoritteet ja kaavat	
				P221LOOP	Tee kunnes	Kaikkien linkitettävien rakenteiden suoritteet tehty	
				P2221	Update Recipes	Tuo reseptit kustannuslaskelmasta Easy BIM -ohjelmaan	
				P22211	Kuittaa OK	Recipes successfully synchronized	
				P2222	Linkitä resepteille	Linkitä määrät suoraan TCM Prosta tuoduille suoritteille	
				P22221	Rakennerivi	Valitse muokattava rakennerivi	
				P22222	Edit Links	Valitse QTO-välilehden Edit links -painike	
				P22223	Group	Varmista, että on oikea ryhmä	
				P222241	Advanced	Valitse Modify-näkymän Advanced-välilehti	
				P222242	Component	Valitse muokattava suoriterivi	
				P222243	Quantity	Valitse linkitettävä määrätieto	
				P222244	Formulas	Kaavalla johdettavat määrätiedot	
				P2222441	Object	Lisää objektiokohtainen kaava	
				P2222442	Group	Lisää ryhmittelyä koskeva kaava	
				P22225	Tunnista	Tunnista linkittämättömät suoritteen QTO suoritteista huomiomerkit	
				P2222LOOP	Tee kunnes	Tee kunnes kaikki halutut suoritteet on linkitetty	
				P2224	Write Quantities		
				P223A1	Kuittaa Finish		
				P223B1	Valitse	Valitse tarvittaessa Write quantities by location	
				P223B2	Lisää	Lisää property	
				P223B3	Kuittaa Next		
				P223B4	Tarkasta		
				P223B5	Kuittaa Finish		
				P2235	Kuittaa NO	Ohjelma kysyy halutaanko määrät lisätä (Y) vai korvata (N)	
				P2235	Tarkasta	Tarkasta että huomiomerkit ovat kadonneet Easy BIM suoritteista	
				P224	Määräluettelo	Tee taulukko määräluettelosta ja tarkasta määrämuutokset	
				P2M	Määrälasentamuistio	Merkintä muistioon tietomallista tuotetuista määristä	
				P23	Käsin laskenta	Laske loput määrät 2d-suunnitelma-asiakirjoista perinteisesti	
				P230	TCM Pro rakenteet	Avaa TCM Pro rakenteet	
				P2301	HUOMIO!	Suunnitelmapuutteet omina riveinä	
				P2302	HUOMIO!	Arviot ja oletukset laskentamuistioon	
				P23R	Rakennelaskenta		
				P23R1	Rakenteet		
				P23R1M	Menekki		
				P23R1K	Kaava		
				P23R1S	Syöttö		
				P23R1D	Digitointi		
				P23R1D	Digitointi		
				P23S	Suoritelaskenta	Suoriteperusteinen määrälaskenta	
				P23S1	Suoriteotsikot	Luo otsikkotason suoriterivit tai tuo suoritteet referenssiokohteesta	
				P23SP	Paperikuvat	Paperikuvien läpikäyminen järjestyksessä	
				P23SP1	Suorite	Laskettavan suoritteen valinta	
				P23SP2	Laskentalogiikka	Laskentalogiikan määrittäminen tapauksesta riippuen	
				P23SP3	Suoriterivit	Luo ja nimeä suoriterivit, johon määrätieto syötetään	
				P23SPA	Määrä	Määrätiedon syöttäminen (jm, m2, m3, kg, kpl, era)	
				P23SPB	Digitointi1	Määrien mittaaminen paperikuvista (digitointipöydällä)	
				P23SPB1	Laskentalogiikka	Laskentalogiikan määrittäminen tapauksesta riippuen	
				P23SPB2	Mittarivi	Mittarivien luominen ja nimeäminen	
				P23SPB3...	Määrä	Määrätiedon syöttäminen (jm, m2, m3, kg, kpl, era)	
				P23SPC	Digitointi2	Määrien mittaaminen kuvatiiedoista	
				P23SPC1	Laskentalogiikka	Laskentalogiikan määrittäminen tapauksesta riippuen	
				P23SPC2	Mittarivi	Mittarivien luominen ja nimeäminen	
				P23SPC3...	Määrä	Määrätiedon syöttäminen (jm, m2, m3, kg, kpl, era)	
				P23S2	Kaavatarkistus	Kaavan tai menekin tarkastus	
				P3	HINNOITTELU	Tarkista hinnoittelu	
				P3M	Kustannuslaskentamuistio	Kirjoita muistiinpanoja kustannuslaskentamuistioon hinnoittelun edetessä	
				P31	Omatyö		
				P311	Panoslajitaso	Panoslajihinnoittelun tarkastus	
				P3110	Määrittely	Hankkeen panoslajin määrittely	
				P31101	Avaa	Avaa hankkeen tiedot ikkuna (Hanke -> Muokkaa -> 5 panoslaji-välilehti)	
				P31102	Tarkista/Uusi	Paina "Uusi" lisääksesi uuden panoslajin (PL)	
				P311021	Määritä	Määritä Tunnus, Selite, Sos. Kulut, Tuntiperusteisuus ja kerroin	
				P311022	Kuittaa OK		
				P31103	Muuta	Paina "Muuta" muuttaaksesi Tunnusta, Selitettä, Sos. Kuluja, Tuntiperusteisuutta tai kerrointa	
				P31104	Poista	Paina "Poista" poistaaksesi olemassa olevan panoslajin (PL)	
				P31105	Kuittaa OK		
				P311T	Työ	Työtä laskettaessa toisista riippuvaiset suureet ohjelma laskee automaattisesti määrätiedon ja syötetyn tiedon perusteella.	
				P311T1	Menekki	Tarkista/lisää menekki, h/yks	
				P311T2	Aika	Tarkista/Lisää aika H	
				P311T3	Hinta	Tarkista/Lisää hinta e/h	
				P311T4	Yksikköhinta	Tarkista/Lisää yksikköhinta e/yks	
				P311T5	Hinta	Tarkista/Lisää hinta e	
				P311T6	Kiint	Tarkista/Lisää kiint?	
				P311T7	Ryhmä	Tarkista/Lisää ryhmä	
				P312	Panostasolla	Panoshinnoittelun tarkistus	
				P3121	Tarkista/Uusi	Tarkista panokset tai Luo uusi panos	
				P312101	Panoslaji	Tarkista/Lisää panoslaji	
				P312102	Nimi	Tarkista/Lisää nimi	
				P312103	Yksikkö	Tarkista/Lisää yksikköhinta e/yks	
				P312104	Menekki	Tarkista/Lisää menekki, h/yks	
				P312105	Teho	Tarkista/Lisää teho	
				P312106	Hukkaprocentti	Tarkista/Lisää hukkaprocentti h-%	



R	M	S	P	Numero	Avainsana	Kuvaus	Selventävä kuva
				P312107	Määrä	Tarkista/Lisää määrä	
				P312108	Hinta	Tarkista/Lisää hinta	
				P312109	Lukitus	Aktivoi lukitus tarvittaessa	
				P312110	Yksikköhinta	Tarkista/Lisää yksikköhinta e/yks	
				P312111	Kokonaishinta	Tarkista/Lisää kokonaishinta	
				P312112	Valuutta	Vaihda valuutta tarvittaessa	
				P312113	Ryhmä	Tarkista/Lisää ryhmä	
				P312114	Kiinteä	Tarkista/Lisää ä kiinteät kulut panoslajille	
				P312115	Kerroin	Tarkista/Lisää kerroin	
				P312116	PRyhmä	Tarkista/Lisää Pryhmä	
				P312117	Järjestysnro	Tarkista/Lisää järjestysnumero	
				P3122	Panoshinnasto	Tuo panos TCM:n tietokannasta	
				P31220	Avaa	Avaa Etsi panos -ikkuna panokset-ikkunan päällä hiiren oikean näppäimen kautta	
				P31221	Kohde	aukeavalla listalla	
				P31222	Etsi	Valitse kohde, josta panoksia tuodaan	
				P31223	Lisää	Etsi panos	
				P31224	Vaihda	Lisää panos?	
				P313...	Standardihankkeella	Vaihda panos?	
				P314...	Massahinnoittelu		
				P32	Ennakkotarjoukset	Ennakoiden tarkastus	
				P3201	Ennakkokysely taulukko		
				P32011	Vastuujako		
				P3202	Ennakot-kansio	Luodaan laskentakohteen kansioon Ennakot- alikansio	
				P3203	Kyselymateriaali	Kootaan kyselymateriaali	
				P3204	Soittokierros		
				P32041	Kysy	Onko jo tarjottu? Ja haluavatko tarjota?	
				P3205	Ennakkotarjouspyyntö	Kirjoita yksilöity ennakkotarjouspyyntö	
				P3206	E-mail	Kirjoita yksilöity sähköposti, jossa on ennakon viimeinen jättöpäivä	
				P32061	Liitteet	Liitä kyselyn laskentamateriaali ja ennakkotarjouspyyntö	
				P32062	Lähetä	Lähetä maili	
				P3207	Soita	Soita perään niille, jotka eivät ole vastanneet puheluihin tai mailleihin	
				P3208	Kerää	Kerää saapuvat ennakot ja tallenna ne oikein nimettynä kohteen kansioon	
				P3209	Soita puuttuvat läpi		
				P3210	Ennakkovertailu	Tee ennakkovertailut	
				P33	Tarkasta	Tarkasta hinta- ja määrätiedon oikeellisuus	
				P3LOOP	Kaikki rivit	Hinnoittele kaikki rivit	
				P34	Turhat rivit	Poista turhat rivit	
				P35	Kustannusarvio	Tulosta kustannusarvio	
				P36	Vertailulaskelma	Tee vertailulaskelma revisioiden välillä	