

Sari Pehkonen

Infrahankkeen tietomallipohjaisen kustannuslaskennan edellytykset ja kustannusarvion luotettavuuden mittaaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

15.4.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Sari Pehkonen Infrahankkeen tietomallipohjaisen kustannuslaskennan edellytykset ja kustannusarvion luotettavuuden mittaaminen 78 sivua + 7 liitettä 15.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Osaamialuepäällikkö Mika Lindholm, Metropolia Ammattikorkeakoulu Kehityspäällikkö Markku Pienimäki, Finnmap Infra Oy Projektipäällikkö Niko Janhunen, Finnmap Infra Oy
<p>Infrarakentamisessa tietomallinnus on lisääntynyt, mutta määrä- ja kustannuslaskentaa tehdään vielä paljon poikkileikkauserusteisesti. Tässä työssä selvitettiin, onko infrarakentamisen suunnittelussa mahdollista siirtyä tietomallipohjaiseen määrä- ja kustannuslaskentaan käytävissä olevilla työkaluilla, ja mitkä ovat tietomallipohjaisen kustannuslaskennan edellytykset. Työn tilaajana toimi Finnmap Infra Oy.</p> <p>Työssä tarkasteltiin määrä- ja kustannuslaskentaa suunnittelukonsultin näkökulmasta suunnitteluvaiheeseen keskittyen. Suunnittelujärjestelmänä käytössä oli Bentley Systems Inc:n PowerCivil for Finland V8i SS4 ja kustannuslaskennan palveluna Rapal Oy:n Fore. Työssä tutkittiin lisäksi suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuutta ja mahdollisuutta kuvata sitä mittarin avulla. Tutkimuksen teoriapohja etsittiin kirjallisuustutkimuksen avulla sekä internetlähteistä, minkä lisäksi työssä tutkittiin testiprojektin avulla suunnittelujärjestelmän toimintoja. Tämän ohella yrityksen kehitystarpeita kartoitettiin teemahaastatteluin ja rakennuskustannusarvioon vaikuttavia luotettavuustekijöitä kerättiin mittarin taustatiedoiksi tilaajayrityksen sisäisesti yhteiskehittelynä.</p> <p>Työn tärkeimpinä tuloksina saatiin tietoa suunnittelujärjestelmän tarjoamista määrälaskentatyökalujen mahdollisuuksista ja rajoitteista sekä listaus tietomallipohjaisen kustannuslaskennan kehitystarpeista. Työssä todettiin, että kehitystyötä täytyy tehdä niin suunnittelujärjestelmän ja kustannustietopalvelun toimittajien puolesta kuin Finnmap Infra Oy:n sisäisestikin. Lisäksi työn tuloksena kehitettiin suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuuden mittari tilaajayrityksen käyttöön. Mittarin avulla saadaan luokitus rakennuskustannusarvion luotettavuudelle työssä koottujen kustannusarvion luotettavuustekijöiden pohjalta. Mittarin avulla voidaan myös kirjata kustannusarvion luotettavuuteen liittymät poikkeamat ja huomiot sekä viestiä ne hankkeen muille osapuolille tai myöhempisiin suunnitteluvaiheisiin.</p>	
Avainsanat	Tietomallipohjainen kustannuslaskenta, kehitystarpeet, kustannusarvion luotettavuus, mittari

Author Title	Sari Pehkonen The requirements for model-based cost assessment and measuring the reliability of a cost estimate in infrastructural engineering
Number of Pages Date	78 pages + 7 appendices 15 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Degree Programme in Civil Engineering
Specialisation option	Infraconstruction Engineering
Instructors	Head of Department Mika Lindholm, Metropolia University of Applied Sciences Development Manager Markku Pienimäki, Finnmap Infra Oy Project Manager Niko Janhunen, Finnmap Infra Oy
<p>Information modeling has become more common in infrastructural engineering, but quantity surveying and cost assessment are still done by using the average end area method. The aim of the thesis was to research the possibilities of proceeding towards model-based quantity surveying and cost assessment using the currently available tools and to find out the requirements for information model-based cost assessment. The thesis was commissioned by Finnmap Infra Oy.</p> <p>Quantity surveying and cost assessment were examined from the point of view of a consulting company specialized in infrastructural engineering and the thesis focused on the design phase of an infrastructural construction project. The engineering software used in the thesis was PowerCivil for Finland V8i SS4 by Bentley Systems Inc. The cost management service researched during this project was Fore by Rapal Oy. In addition to cost assessment, the possibility of measuring the reliability of a construction cost estimate in a design stage was researched. The theory in the thesis was based on literature review and internet sources. Also theme interview was used to find out the development needs regarding model-based cost management. Co-creation method was used in order to gather information on factors that affect the reliability of a construction cost estimate.</p> <p>One of the main outcomes of the thesis was the knowledge attained on the possibilities and limitations of the quantity surveying tools provided in the engineering software. Also a report on development needs for model-based cost assessment was done. It was stated that the development needs concern both the engineering software provider and the cost management service as well as Finnmap Infra Oy. In addition as a result of the thesis an indicator for the reliability of the construction cost estimate in the design phase was developed for the use of the commissioner. With the indicator it is possible to grade the reliability of the construction cost estimate based on the factors of reliability. The indicator also enables the anomalies of the cost estimate reliability to be documented and communicated to the other parties or to the later phases of the project.</p>	
Keywords	Model-based cost assessment, development needs, reliability of a cost estimate, indicator

Alkusanat

Tämä insinööriyö on tehty Finnmap Infra Oy:n toimeksiannosta. Työn ohjaajina yrityksessä toimivat kehityspäällikkö DI Markku Pienimäki sekä projektipäällikkö DI Niko Janhunen, joille haluan esittää suuret kiitokset opastuksesta ja avusta työn aikana. Haluan kiittää lämpimästi myös muita yrityksessä insinööriyön tekoon osallistuneita tiedoistanne ja insinööriyöni hyväksi antamastanne ajasta.

Metropolia ammattikorkeakoulun puolesta työn ohjaajana toimi osaamisaluepäällikkö TkL Mika Lindholm, jota haluan kiittää neuvoista ja ohjauksesta insinööriyön aikana.

Sydämelliset kiitokset kuuluvat myös Miinalle avusta työn tarkastamisessa ja tuesta opintojeni aikana.

Helsingissä 15.4.2016

Sari Pehkonen

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoitteet	2
1.3	Tutkimusmenetelmät	2
1.4	Rajaus	3
2	Infrahankkeen kustannuslaskenta	4
2.1	Kustannushallinta suunnitteluprojektissa	4
2.2	Infrahankkeiden kustannuslaskennan menetelmät	8
2.2.1	Viitekohdemenetelmä	9
2.2.2	Erokustannusmenettely	9
2.2.3	Tilastomenettely	10
2.2.4	Hankeosamenetelmä	10
2.2.5	Rakennusosamenetelmä	11
2.2.6	Panospohjainen kustannusarvio	12
2.2.7	Tuoteosalaskenta	12
2.2.8	Tuotemallimenettely	13
2.3	Määrälaskentamenetelmät	13
2.3.1	Poikkileikkauspohjainen määrälaskentamenetelmä	14
2.3.2	Tietomallipohjainen määrälaskentamenetelmä	15
2.4	Tietoaineistot	16
3	Tietomallinnus ja kustannushallinta väylähankkeiden suunnittelussa	18
3.1	Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan vaatimukset mallinnusprosessille	18
3.2	Esisuunnitteluvaihe	19
3.3	Yleissuunnitteluvaihe	20
3.4	Tie- ja ratasuunnitteluvaihe	21
3.5	Rakennussuunnitteluvaihe	21
4	Kustannusarvion laadun mittaaminen ja mittarin luominen	23
4.1	Epävarmuustekijöiden huomiointi rakennushankkeen toteutuskustannusten hallinnassa	23
4.2	Kustannushallinnan laadunvarmistus	24
4.3	Mittaaminen ja mittarin luominen	24

4.4	Mitta-asteikot	27
4.5	Mittarin luotettavuus	31
5	Kustannuslaskentaprosessin nykytila Finnmap Infra Oy:ssä	33
5.1	Määrä- ja kustannuslaskentaprosessin nykytila	33
5.2	Määrälaskentaprosessin välineet ja työkalut Bentleyyn suunnittelujärjestelmässä	35
5.2.1	Poikkileikkauspohjainen määrälaskentatyökalu	35
5.2.2	Komponenttipohjainen määrälaskentatyökalu	38
5.2.3	Muut massalaskennan työkalut suunnittelujärjestelmässä	42
5.3	Määrä- ja kustannustiedon yhdistäminen nykytilanteessa	43
6	Tietomallipohjainen laskenta ja sen luotettavuuden mittarointi	45
6.1	Tietomallipohjaisen laskennan edellytykset	45
6.1.1	Finnmap Infra Oy:n sisäiset kehitystarpeet	46
6.1.2	Suunnittelujärjestelmän kehitystarpeet	47
6.1.3	Kustannustietopalvelun kehitystarpeet	50
6.1.4	Muut mahdolliset välineet, ohjelmat ja työkalut	51
6.1.5	Suunnitteluvaiheen tietomallipohjaisen kustannushallinnan mahdollistaminen	52
6.2	Suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuuden mittari	58
6.2.1	Kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavat tekijät	59
6.2.2	Mittarin kehitystyö	62
6.2.3	Ehdotus mittariksi ja mitattaviksi asioiksi	66
6.2.4	Mittarin pilotointi	69
6.2.5	Mittarin jatkokehitystarpeet	70
6.3	Mittaroinnin hyödyt	71
7	Yhteenveto	73
	Lähteet	76

Liitteet

Liite 1. Kustannuslaskentaprosessin nykytila Finnmap Infra Oy:ssä (vain tilaajan käyttöön)

Liite 2. PowerCivil for Finland V8i SS4 massalaskentatyökalujen ominaisuudet

Liite 3. Kehitystarpeet-teemahaastattelun kysymykset

Liite 4. Kehitystarpeet-teemahaastatteluun osallistuneet henkilöt (vain tilaajan käyttöön)

Liite 5. Kehitystarpeet-teemahaastattelun vastaukset (vain tilaajan käyttöön)

Liite 6. Suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavat tekijät

Liite 7. Suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuuden mittari, esimerkkituloste

Lyhenteet ja käsitteet

Inframalli	Infrarakenteen tietomalli ¹
Inframodel	LandXML-tietomäärittelyyn perustuva tapa kuvata infrarakentamisen tietomalleja kansainvälisesti. Inframodel3 on nykyisin Suomessa käytössä oleva Inframodel-tiedonsiirtoformaatti. ² Ks. myös XML.
IM3	Inframodel3, Suomessa tietomallien siirtoon käytetty formaatti, joka mahdollistaa tiedonsiirron eri suunnitteluohjelmistojen välillä avoimesti ohjelmistoista riippumattomassa muodossa. Ks. myös Inframodel.
Lähtötietomalli	Eri tietolähteistä kerätyt, saadut ja mitatut hankkeen lähtötiedot yhdistettynä digitaalisessa muodossa. Lähtötietomallin osia voivat olla esimerkiksi maaperämalli, maastomalli ja nykyisten rakenteiden malli. ³
Tietomalli	Digitaalisesti 3-ulotteisessa muodossa esitetty rakennuskohde, johon on liitetty ominaisuustietoja. ⁴
Yhdistelmämalli	Eri tietomalleista koottu tietomalli. Yhdistelmämalliin voidaan koota esimerkiksi maastomalli, maaperämalli, nykyisten rakenteiden malli sekä eri tekniikkalajien suunnitelmamallit. Yhdistelmämallia voidaan hyödyntää esimerkiksi törmäystarkasteluihin suunniteltujen ja nykyisten rakenteiden välillä. ⁵

¹ Serén, K. 2014. InfraBIM-sanasto, s. 7.

² Serén, K. 2014. InfraBIM-sanasto, s. 22.

³ Serén, K. 2014. InfraBIM-sanasto, s. 8.

⁴ Liikennevirasto. 2014. Tiehankkeiden mallipohjaisen suunnittelun hankinta, s. 6.

⁵ Serén, K. 2014. InfraBIM-sanasto, s. 9.

XML	Extensible Markup Language, merkintäkielen yläkäsite. XML-kielen avulla voidaan jäsentellä tietoa ja kuvata meta-tietoja tekstissä. Esimerkiksi Inframodel-tiedonsiirtoformaatit perustuvat kansainvälisesti määriteltyyn LandXML-tietomäärittelyyn. ⁶
.xml	XML-datatiedostojen tiedostotunniste. ⁷
XSL	Extensible Stylesheet Language, merkintäkieli jonka avulla voidaan XML-muotoista tekstiä muokata haluttuun muotoon, esimerkiksi taulukoiksi. ⁷
.xsl	XSL-tiedostojen tiedostotunniste. ⁷
YIV	Yleiset inframallivaatimukset, Infra-alalle laadittu ohjeistus ja tekniset viiteasiakirjat tietomallipohjaista suunnittelua varten. ⁸

⁶ Serén, K. 2014. InfraBIM-sanasto, s. 8.

⁷ Microsoft Office tukisivusto. 2016. XML-perustietoja aloittelijoille.

⁸ InfraBIM. 2015. Yleiset inframallivaatimukset 2015 -internetsivut.

1 Johdanto

1.1 Tausta

Infrahankkeita suunniteltaessa yksi hanketta ohjaavista tekijöistä, liikenteellisten ja teknisten tavoitteiden sekä yleisesti käytettyjen suunnittelunormien ja -ohjeiden lisäksi, ovat hankkeen rakennuskustannukset. Luotettavalla tasolla selvitetty rakennuskustannukset ovat siten välttämätön osa suunnitteluprojektin hallintaa ja suunnittelun ohjausta. Tässä insinööriyössä perehdytään suunnitteluprojektin määrä- ja kustannusseurannan kehittymismahdollisuuksiin sekä tutkitaan tietomallintamisen yleistymisen mukanaan tuomia mahdollisuuksia määrälaskennassa. Tulevaisuuden visiona väylähankkeiden suunnittelussa on ajantasainen kustannusseuranta, joka tuottaisi suunnittelijalle hankkeen kustannustiedot suoraan tietomallista ilman päiviä kestävää määrälaskentaprosessia. Työssä tutkitaan lisäksi mahdollisuutta mitata hankkeen kustannusarvioiden luotettavuutta ja siten välittää niin sanotun rakennuskustannusten luotettavuusmittarin avulla muille hankkeen osapuolille kustannuslaskentavaiheessa tai suunnittelun aikana mahdollisesti ilmenneitä kustannuksiin liittyviä epävarmuuksia tai riskejä.

Kustannusseurantaa tehdään rakennushankkeessa koko sen elinkaaren ajan hankkeen eri osapuolten toimesta. Vaikka tietomallinnus on infra-alalla yleistynyt, tehdään kustannuslaskentaa suunnitteluvaiheessa edelleen usein vanhoilla menetelmillä poikkeileikkaukspohjaisesti. Työssä pyritään kehittämään Finnmap Infra Oy:n suunnitteluvaiheen määrä- ja kustannuslaskennan prosessia tietomallipohjaiseksi ja automaattisemmaksi tutkimalla määrä- ja kustannuslaskennan prosesseja, käytettäviä välineitä ja työtapoja sekä selvittämällä niiden kehitystarpeita.

Suunnittelu- tai kustannuslaskentavaiheessa voi ilmetä epävarmuuksia, poikkeamia tai riskejä, jotka voivat toteutuessaan vaikuttaa arvioituihin kustannuksiin. Osa näistä tekijöistä voi olla sellaisia, joita ei kirjata selostuksiin tai raportteihin, jolloin ne jäävät vain suunnittelijan tietoon. Mittaamalla kustannusarvion luotettavuutta järjestelmällisesti ja kirjaamalla luotettavuuteen vaikuttavat poikkeamat, voidaan suunnittelijan näkemys kustannusarvion luotettavuudesta dokumentoida ja viestiä tilaajalle tai hankkeen muille osapuolille. Mittarin avulla voidaan parantaa hankkeiden läpinäkyvyyttä ja parantaa hankkeen laatua avoimen viestinnän kautta.

Tämän insinööriyön tilaajana toimii yhdyskuntasuunnitteluun erikoistunut konsulttitoimisto Finnmap Infra Oy. Finnmap Infra on noin 50 henkilön ammattitaitoinen suunnittelutoimisto, joka tarjoaa suunnittelupalveluja tie-, rata-, katu- ja aluesuunnittelun sekä geo- ja pohjarakennesuunnittelun aloilla. Yritys on erittäin vahvasti mukana alan yleisissä kehitysprojekteissa. Finnmap Infra on ollut muun muassa mukana kehittämässä yleisiä inframallivaatimuksia InfraFINBIM-hankkeessa sekä useissa BuildingSMART Finlandin kehitysryhmissä. Kehitystyötä tehdään jatkuvasti myös yrityksen sisällä alan yleisten kehitysprojektien lisäksi.

1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on tutkia tietomallipohjaiseen suunnitteluun perustuvaa ajantasaista kustannuseurainta, jolloin suunnittelun edetessä kustannusarvio päivittyisi automaattisesti ja ajantasaisesti. Ajantasainen kustannuseuranta vähentäisi suunnittelijan määrää ja kustannuslaskentaan käyttämää aikaa ja prosessin aiheuttamaa työtaakkaa, jolloin suunnittelun tehokkuutta voitaisiin parantaa. Tavoitteena on myös, että havaitut suunnittelujärjestelmässä kehitettävät ominaisuudet tai puutteet ja kustannustiedon kehitysmahdollisuudet kartoitetaan työn aikana ja viestitään eteenpäin kehitysasioista vastaaville tahoille.

Toisena työn tavoitteena on tutkia mahdollisuutta kehittää kustannusarvion luotettavuudesta kertova mittari. Tavoitteena on selvittää, että onko mittarin kehittäminen mahdollista ja jos on, millä tavalla kustannusarvion luotettavuutta voisi mitata. Työssä tutkitaan erilaisia mittausmenetelmiä ja pohditaan niiden soveltuvuutta kustannuslaskelman luotettavuusmittariin. Työn tavoitteena on lisäksi kehittää esitys suunnitteluvaiheessa tehtävän kustannusarvion luotettavuutta kuvaavaksi mittariksi.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Työssä tutkitaan rakennushankkeen kustannushallintaa sekä mittarin rakentamista kirjallisuustutkimuksen avulla. Lisätietoa työhön etsitään kirjallisuuden ohella internetlähteistä. Finnmap Infra Oy:n käyttämää suunnittelujärjestelmää ja sen ohjeistuksia tutkitaan sekä internetlähteistä että suunnittelujärjestelmän käyttöä testaamalla esimerkkiprojektin avulla, jotta voidaan selvittää uuden ohjelmistoversion tarjoamat määrää- ja massalaskennan työkalut ja niiden ominaisuudet.

Määrä- ja kustannuslaskennan kehittämistarpeita sekä kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä tutkitaan työssä teemahaastattelun avulla. Teemahaastattelussa tutkittavan ilmiön pohjalta haastatteliija kehittää haastattelurungon. Kysymysten ei tarvitse olla tarkoin ennalta määritellyt, mutta haastattelun teemat ovat selvillä ja kaikille haastateltaville samat. Tarvittaessa haastatteliija voi vaihtaa kysymysten järjestystä haastattelun aikana. Teemahaastattelun tarkoituksena on saada selville haastateltavien oman kokemuksen kautta saavutettu näkemys haastattelun teemoista.⁹ Kustannusarvion luotettavuustekijöitä tutkittaessa käytetään aineiston hankintamenetelmänä yhteiskehittelyä, jonka ohjaajana toimii allekirjoittanut.

1.4 Rajaus

Tässä insinööriyössä aihetta käsitellään infra-alan suunnittelijan ja erityisesti väylien suunnittelun näkökulmasta. Suunnitteluprosessia tarkastellaan perinteisen tilaajalle tehtävän suunnittelutoimeksiannon näkökulmasta, ja ST-urakoihin sekä tarjouslaskentaan liittyvät kustannuslaskentamenettelyt rajataan työn ulkopuolelle. Työssä on tarkoituksena kehittää tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan prosesseja ja tutkia niiden kehitystarpeita. Työn ulkopuolelle rajataan siten poikkileikkauspohjaisten massalaskentatyökalujen tarkempi tutkimus ja keskitytään suoraan väylän tietomallista saatavaan määrätietoon ja sen yhdistämiseen kustannustietoihin ajantasaisesti.

Tutkittavana suunnittelujärjestelmänä työssä käytetään Bentleyyn PowerCivil for Finland V8i SelectSeries 4 (SS4) -versiota. Kustannustietopalveluja tarkastellaan Rapal Oy:n tarjoaman Fore-palvelun kautta. Kustannuslaskennan luotettavuuden mittarin osalta tavoitteena on tutkia miten mittarin voisi kehittää ja antaa esitys mittarista, mutta mittarin lopullinen kehitystyö ja mittarin luotettavuuden määrittäminen rajataan työn ulkopuolelle.

Työn näkökulma tutkimuksen aiheiden käsittelyyn painottuu väyläsuunnitteluun ja erityisesti tiesuunnitteluprosessiin. Finnmap Infra Oy:n kehitystarpeita määrä- ja kustannuslaskennan osalta tutkittaessa pyritään kuitenkin huomioimaan yrityksen tarpeita kokonaisvaltaisesti.

⁹ Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2001. Tutkimushaastattelu – Teemahaastattelun teoria ja käytäntö, s. 47-48.

2 Infrahankkeen kustannuslaskenta

Infrahankkeet ovat kustannuksiltaan mittavia julkisia investointeja, mikä nostaa hankkeiden kustannushallinnan erittäin tärkeään rooliin osana projektien hallintaa. Tavoitteena onkin, että hankkeissa tehdään kustannushallintaa läpi koko hankkeen hallitusti ja päämäärätietoisesti¹⁰. Seuraavassa perehdytään hankkeen kustannushallintaan sekä kustannus- ja määrälaskennan menetelmiin infrahankkeen suunnittelun näkökulmasta.

2.1 Kustannushallinta suunnitteluprojektissa

Kustannushallinnan tavoite on ohjata rakennushanke parhaaseen mahdolliseen teknis-taloudelliseen ratkaisuun. Kustannusten hallinta rakennushankkeessa on jatkuvaa ja se toimii suunnitteluvaiheessa suunnitteluratkaisuja ohjaavana tekijänä.¹⁰ Kustannushallinta käsittää infrahankkeessa kustannusohjatun suunnittelun, kustannusarvion laatimisen, riskien mahdollisten kustannusvaikutusten arvioinnin sekä herkkyystarkastelut.¹¹ Kustannusarvioiden laatimisella on merkittävä rooli hankkeissa, sillä ne ovat osa hankkeiden suunnitteluperusteita, minkä lisäksi ne vaikuttavat poliittisten päätösten kautta hankkeiden sisältöön ja etenemisaikatauluun. Kustannusarvioiden pohjalta varataan myös määrärahat tulevaisuudessa toteutettaville hankkeille.¹⁰ Infrahankkeiden keskinäisiä suhteita ja ajoitusta arvioidaan hyöty-kustannusanalyysien kautta poliittisessa päätöksenteossa, jolloin verrataan hankkeen hyötyjä verrattuna sen aiheuttamiin kustannuksiin.¹²

Hankkeen toteuttamiseen vaadittavista kustannuksista laaditaan suunnitteluvaiheittain aina indeksiin sidottu kustannusarvio. Infrarakentamisessa indeksinä käytetään yleensä maanrakennuskustannusindeksiä (MAKU), jota julkaisee Tilastokeskus. Kustannusarvio sisältää kaikki tilaajalle koituvat kustannukset mukaan lukien riskivaraukset asioista, joita ei suunnitteluvaiheessa pystytä poistamaan. Esi- ja yleissuunnitteluvaiheessa kustannusarvio on nimeltään ”alustava kustannusarvio”.¹³

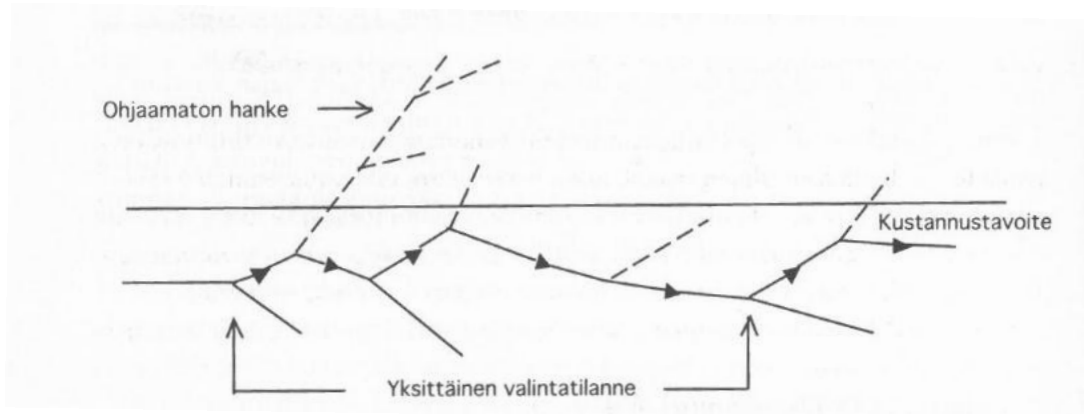
¹⁰ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 9.

¹¹ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 8.

¹² Lindholm, M., Junnonen, J. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta, s. 6.

¹³ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 7.

Rakennushankkeessa kustannusten syntymiseen on helppoa vaikuttaa hankkeen alkuvaiheessa, minkä vuoksi erilaisten suunnitteluvaihtoehtojen vertailu on tärkeää pyrittäessä pysymään hankkeelle annetussa kustannustavoitteessa. Kustannusohjauksen avulla voidaan ohjata erilaisia suunnitteluratkaisuja ja päätöksiä, jotka mahdollistavat hankkeen suorittamisen kustannustavoitteen mukaisesti (kuva 1). Kustannusohjauksen tavoitteena on siis löytää laatutasoltaan tavoitteenmukaiset suunnitteluratkaisut, joilla saavutetaan hyvän laadun lisäksi hankkeen kustannustavoite.¹⁴



Kuva 1. Hankkeen kustannuksiin vaikutetaan päätösten kautta.¹⁵

Rakennushankkeen kustannusohjauksen näkökulmasta on tärkeä ymmärtää miten kustannukset määräytyvät ja kertyvät hankkeen eri vaiheissa¹⁶. Hankkeiden investointikustannusten määräytymistä hankkeen aikana voidaan havainnollistaa käyrällä, joka on esitetty kuvassa 2. Käyrä kuvaa kuinka tienrakennushankkeessa kustannukset määräytyvät pääosin jo suunnittelun aikana, vaikka hankkeen kustannusten kertyminen onkin siinä vaiheessa vielä vähäistä. Suunnitteluvaiheessa tehdään hankkeen laajuuteen ja laatuun liittyvät keskeiset päätökset, joilla on merkittävä vaikutus hankkeen kustannuksiin myöhemmissä vaiheissa.¹⁶ Hankkeen kokonaistaloudellisuuden kannalta olisikin siis tärkeää, että suunnittelijalla olisi mahdollisimman hyvä tietämys suunnitteluhankkeen toteutuskustannuksista suunnitteluvaiheessa¹⁷, jolloin eri suunnitteluratkaisulla voitaisiin vaikuttaa hankkeen rakennusvaiheessa kertyviin kustannuksiin. Mahdollisuus vaikuttaa rakennuskustannuksiin vähenee suunnitteluvaiheiden edetessä asteit-

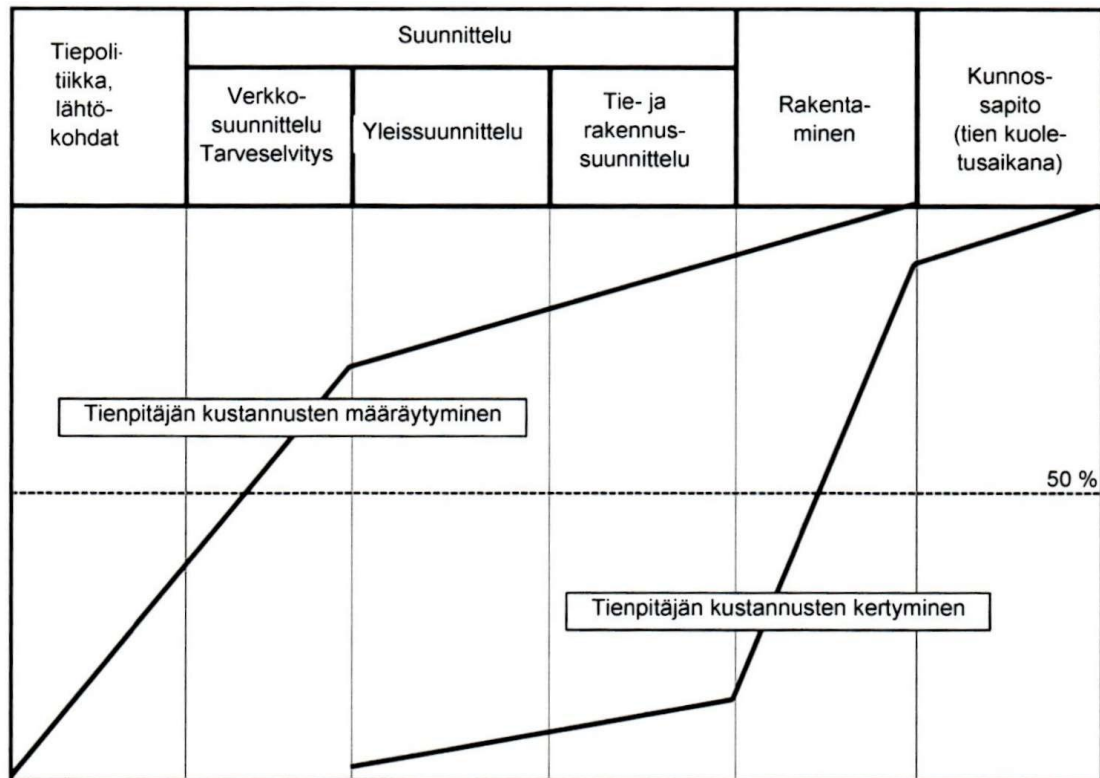
¹⁴ Lindholm, Mika. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa, s. 8-9.

¹⁵ Lindholm, Mika. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa, s. 8.

¹⁶ Lindholm, Mika. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa, s. 9.

¹⁷ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 9.

tain. Rakennusvaiheessa kustannuksiin voidaan vaikuttaa enää lähinnä tuotantoratkaisujen kautta.¹⁸



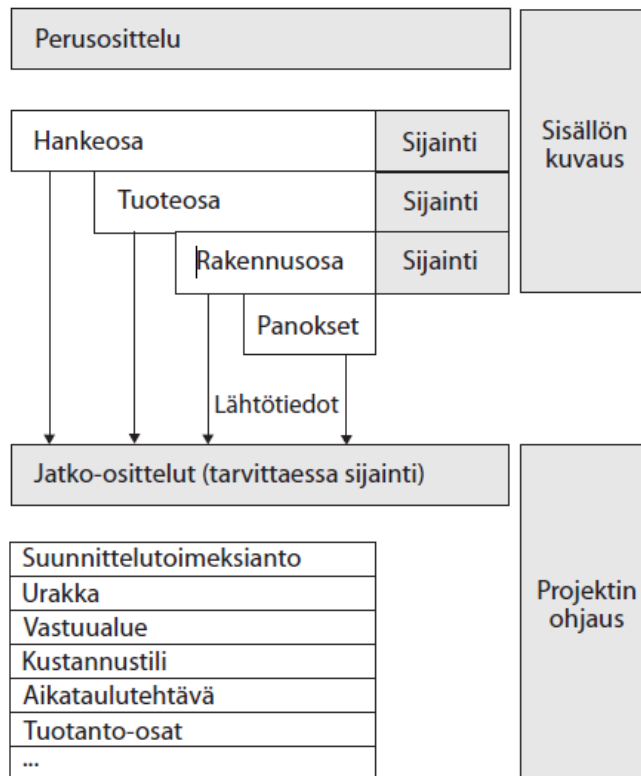
Kuva 2. Kustannusten määräytyminen ja kertyminen tienrakennushankkeen aikana.¹⁹

Hankkeen lähtökohtia ja tavoitteita määritettäessä voidaan määritellä hankkeen laajuuden ja laatutason kautta kustannustavoite tai tilaajan ennalta määritellyyn kustannustavoitteeseen voidaan sovittaa hankkeen laatutaso ja laajuus. Myös aikataululla on vaikutus hankkeen kustannuksiin ja se tulee huomioida hanketta määriteltäessä. Hankkeen edetessä suunnitteluvaiheeseen, pyritään suunnitteluratkaisujen kautta löytämään tavat, joilla hanke saadaan toteutettua sekä laatutason että kustannustavoitteen mukaisesti. Suunnitelma kehittyy ja tarkentuu suunnittelijoiden toimesta aina suunnitteluvaiheiden edetessä. Suunnittelua ohjaa tilaaja. Suunnittelun ohjauksen tuloksena ovat sisällöllisesti ja kustannuksiltaan tavoitteita vastaavat suunnitelmat. Rakentamiskuviossa hankkeen laajuutta, laatutasoa ja ajoitusta koskevia tavoitteita ei pystytä enää muuttamaan, mutta rakennuskustannuksiin voidaan vaikuttaa tuotantoratkaisujen kautta.

¹⁸ Lindholm, Mika. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa, s. 9.

¹⁹ RIL ry. 2006. Infrarakentamisen kustannushallinta, s. 17.

ta valitsemalla oikeanlaiset koneet ja laitteet, työmenetelmät sekä kiinnittämällä huomiota järkevään resurssien käyttöön ja hyvään toteutuksen aikataulutukseen.²⁰



Kuva 3. Hankkeen osittelu.²¹

Rakennushanke voidaan sen käsittelyn standardoimiseksi ositella hanketta mallintavan nimikkeistön mukaisesti. Hanke voidaan perusosittelun mukaisesti jakaa hankeosiin, tuoteosiin, rakennusosiin tai panoksiin (kuva 3). Tarvittaessa voidaan hankkeen projektihallinnassa etenkin tuotantovaiheessa käyttää jatko-osittelua tarpeen mukaan.²¹ Hankeosittelu sisältää suurempia kokonaisuuksia, esimerkiksi kadut, tiet, liittymät ja sillat. Tuoteosalla tarkoitetaan kokonaisuuksia, jotka muodostuvat useammasta rakennusosasta. Tuoteosiin jaoteltaessa voidaan käyttää esimerkiksi toimituskokonaisuuksia, kuten rakennuksen runkoa tai pohjatöitä, kuten maankaivu ja anturoiden rakentaminen.²² Hankeosittelusta voidaan siirtyä tuoteositteluun jos esimerkiksi rakennuskohteen maaperä- tai olosuhdetietojen puuttumisen vuoksi hankeosia ei vielä voida jakaa suoraan rakennusosiin.²³ Rakennusosalla tarkoitetaan rakennuskohteeseen pysyvästi

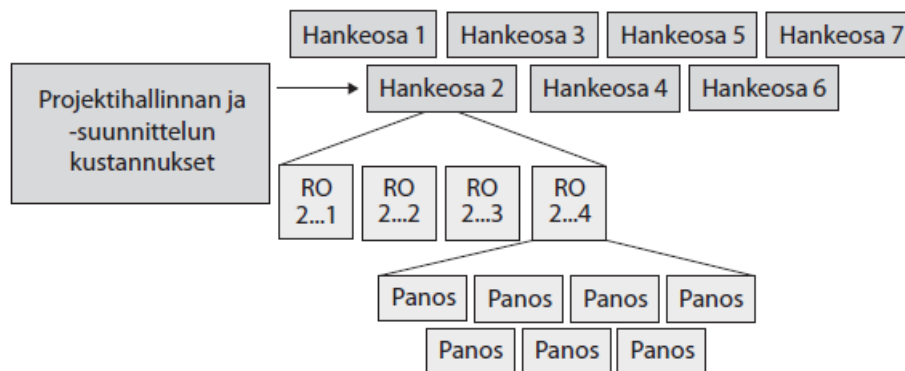
²⁰ Lindholm, Mika. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa, s. 10.

²¹ Rakennustieto Oy. 2015. Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, Määrämittausohje, s. 6.

²² Enkovaara, E., Haveri, H., Jeskanen, P. 1999. Rakennushankkeen kustannushallinta, s. 80.

²³ Lindholm, M., Junnonen, J. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta, s. 13.

jäävää osaa, joka voidaan käsittää itsenäisenä osana. Rakennusosia voivat olla esimerkiksi väylän kantava kerros tai rakennuksen antura.²⁴ Rakennusosien mittaamista ja rajapintojen määrittelemistä on käsitelty infrahankkeiden osalta Infra 2015 Hanke- ja rakennusosanimikkeistössä. Panosperusteisessa osittelussa hanke ositellaan yleensä tuotantovaihetta varten rakennusosista tuotanto-osiin eli panoksiin²⁵. Panosperusteisessa osittelussa otetaan kantaa tuotannon vaatimiin resursseihin, koneisiin ja laitteisiin.



Kuva 4. Infrahankkeessa yleisesti käytetty perusosittelu.²⁶

Infrahankkeissa perinteisesti käytettävää perusosittelua on havainnollistettu kuvassa 4. Hanke jaotellaan sen alkuvaiheessa hankeosiin ja suunnittelun edetessä siirrytään hankeosista suoraan rakennusosapohjaiseen ositteluun. Tuoteosittelun käyttö infrahankkeissa on siten suhteellisen harvinaista. Panoksiin perustuvaa osittelua käytetään puolestaan pääosiin tuotantovaiheessa.²⁶

2.2 Infrahankkeiden kustannuslaskennan menetelmät

Kustannuslaskenta voidaan jakaa määrälaskenta- ja hinnoitteluvaiheisiin. Infrahankkeiden kustannuslaskennassa on huomioitava, että laskenta eroaa toisistaan suunnittelu- ja tarjousvaiheen laskennassa. Kustannuslaskentavaihe voidaan tehdä standardikustannuslaskennalla tai kohdekohtaisella kustannusarviomenettelyllä. Standardikustannuslaskennassa kaikkien kohteen määrätietojen ei tarvitse olla selvillä, vaan hanke voidaan ositella tuoterakenteisiin ja kustannukset määräytyvät yleisten tuoterakennetie-

²⁴ Rakennustieto Oy. 2015. Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, Määrämittausohje, s. 16.

²⁵ Lindholm, M., Junnonen, J. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta, s. 14.

²⁶ Rakennustieto Oy. 2015. Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, Määrämittausohje, s. 11.

tojen perusteella. Suunnitelmien tarkkuuden parantuessa voidaan käyttää kohdekohtaisia määrätietoja ja siirtyä tarkempaan kohdekohtaiseen kustannusarviomenettelyyn. Laskennan tarkkuus vaihtelee hankkeen vaiheen mukaan ja riippuu erityisesti hankkeen osittelutarkkuudesta, käytettävissä olevista tiedoista sekä hankkeen tietojen tarkentumisesta.²⁷

2.2.1 Viitekohdemenetelmä

Viitekohdemenetelmässä uuden rakennuskohteen kustannuksia arvioitaessa hyödynnetään aiemmin toteutettujen rakennushankkeiden laajuus-, määrä- ja kustannustietoja. Viitekohdemenetelmän periaatteena on siten vertailla vastaavan aiemmin toteutetun hankkeen tietoja uuteen hankkeeseen ja sitä kautta selvittää uuden kohteen kustannukset vertailemalla kohteiden eroja ja yhtäläisyyksiä. Vertailukohteena voidaan käyttää yksittäistä toteutettua kohdetta ja sen toteumatietoja, viitekohdetta tai useampia toteutettuja rakennuskohteita. Viitekohdemenetelmän käyttämiseksi tarvitaan toteumatietoja aiemmista hankkeista, joita suunnittelijalla ei välttämättä ole saatavilla. Myös laskentaa tekevältä henkilöltä vaaditaan hyvä asiantuntemus ja kokemus kustannuslaskennasta sekä aiempien kohteiden ja niiden kustannuksiin vaikuttaneiden tekijöiden tuntemusta. Menetelmän etuna on kuitenkin sen nopeus ja tietojen nopea saatavuus, mikäli toteumatietoja aiemmista kohteista on saatavilla. Kahden kohteen välisiä eroja voi kuitenkin olla vaikea havaita ja arvioida erojen kustannusvaikutuksia. Lisäksi suhdanteiden vaikutuksesta rakennuskustannusten hinnat muuttuvat, joten aiemmin toteutettujen hankkeiden tiedot vanhentuvat. Viitekohdemenettelyn apukeinona voidaan käyttää erokustannusmenettelyä.²⁸

2.2.2 Erokustannusmenettely

Erokustannusmenettelyn avulla voidaan arvioida viitekohdemenettelyssä käytettävän viitekohteen ja uuden hankkeen erot. Erokustannusmenettelyä käytetään kun arvioidaan hankkeen osaa, jonka riskialttiuden tai muun syyn vuoksi vaatii kustannusten tarkempaa arviointia. Erokustannusmenettelyssä tarkempaa laskentaa vaativa hankkeen osa lasketaan muuta kokonaisuutta tarkemmin ja laskennan jälkeen yhdistetään jälleen hankekokonaisuuteen. Erokustannusmenettelyllä tehtävän laskennan mahdollistamiseksi tulee suunnitelmien olla tarkennettu laskettavasta kokonaisuuden osasta

²⁷ Lindholm, M., Junnonen, J. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta, s. 39.

²⁸ Lindholm, M., Junnonen, J. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta, s. 40.

sellaiselle tasolle, jolla kustannuslaskennan tarkempi suorittaminen on mahdollista. Erokustannusmenettelyllä saadaan selville viitekohteen tai tilastoaineiston normaalitason ja erokustannusmenettelyllä laskettavan kohteen välinen määrä- ja kustannusero.²⁹

2.2.3 Tilastomenettely

Tilastomenettely on viitekohdemenetelmän tapainen kustannuslaskentamenetelmä, jossa toteutuneista hankkeista kerätään kustannustietoja ja tarkastellaan niitä tilastollisesti ja selvitetään eri tekijöiden vaikutuksia kustannuksiin. Tilastolliset menetelmät ovat etenkin suunnittelun alkuvaiheessa nopeita ja helppokäyttöisiä laskentamenetelmiä. Jotta tilastollisia menetelmiä voidaan käyttää luotettavasti, tulee kuitenkin olla suuri tietokanta hankkeista. Lisäksi kustannustekijöiden syy- ja seuraussuhteita voi olla vaikea tunnistaa. Myös tilastomenettelyssä tulee huomioida tietojen vanhentuminen suhdannevaihtelujen tuloksena, joten tiedostot vaativat jatkuvaa ylläpitoa ja päivitystä.³⁰

Tilastomenettelyssä käytettäviä parametreja mallinnetaan laskennallis-empiirisen tutkimuksen kautta, kun tutkimustiedon perusteella analysoidut tiedot testataan vielä empiirisen tutkimuksen avulla. Mallit voivat olla yksinkertaisimmillaan viitekohteina käytetyistä hankkeista laskettuja tunnuslukuja esimerkiksi €/m² tai €/m, joiden avulla voidaan arvioida uusien kohteiden kustannuksia.³¹ Vastaavia tunnuslukuja käytetään esimerkiksi hankeosalaskennassa.

2.2.4 Hankeosamenetelmä

Hankeosamenetelmää eli hankeosalaskentaa voidaan käyttää investointihankkeissa, kun suunnittelu on vielä luonnosvaiheessa, eikä hankkeen osittelua voida tehdä luotettavalla tasolla rakennusosiksi. Hankeosamenetelmässä koko suunnitteluhanke jaetaan hankeosiin ja hankeosittain liitetään hintatieto arvioituihin määrätietoihin. Hankeosia voivat olla esimerkiksi väylä, liittymä tai silta. Hankeosan hinnoittelu perustuu esimerkiksi tiedossa olevaan väylän poikkileikkaustyyppiin ja väylän arvioituun pituuteen. Hintatiedoksi hankeosalle saadaan keskimääräisen suunnitteluratkaisun perusteella mal-

²⁹ Lindholm, M., Junnonen, J. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta, s. 40.

³⁰ Lindholm, M., Junnonen, J. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta, s. 40-41.

³¹ Lindholm, M., Junnonen, J. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta, s. 41.

linnettu hinta, esimerkiksi euroa per väylämetri tai kappale. Olosuhdetietojen mukaan keskimääräistä hintaa voidaan päivittää tarkemmaksi lisäkustannuksin.³² Hankeosalaskennan avulla saadaan laskettua hankkeelle alustava kustannusarvio.³³

Hankeosalaskentaa käytettäessä tulee huomioida koko suunnittelualueen laajuus.³⁴ Määrätiedot jaotellaan Infra2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistön Määrämittausohjeen mukaisesti hankeosiin. Hankeosataso on karkein yleisesti käytetty osittelutaso infrahankkeessa.³⁵ Kohdistamalla määrätiedot nimikkeistön mukaisille litteroille, saadaan määrätiedot välitettyä hankkeen eri osapuolille standardoidulla tavalla jäseneltynä.³⁶ Hankeosalaskentamenetelmää käytettäessä mitataan suunnitelmasta määrät hankenimikkeistön määrämittausohjeen mukaisesti. Hankeosittain tehtävässä määrälaskennassa väylät mitataan metreinä, aukiot neliömetreinä ja esimerkiksi liittymät ja ympäristötaideteokset kappalemäärinä. Valaistuksen kaltaiset rakenteet voidaan väylälle sijoitettuna ilmoittaa metreinä ja aukiolle neliömetreinä.³⁷

2.2.5 Rakennusosamenetelmä

Rakennusosamenetelmä eli rakennusosalaskenta on laskentatapa, jossa rakennuskustannukset lasketaan rakennusosittain. Rakennusosien määrät saadaan suunnitelmista mittaamalla. Rakennusosamenettelyä käytettäessä rakennuskustannukset saadaan mitattujen määrien sekä rakennusosittain määritettyjen yksikköhintojen tulona. Laskennassa käytetään rakennusosien sen hetkisiä keskimääräisiä kustannustietoja. Rakennusosalaskentaa käytetään rakennuskustannusten laskemiseen suunnitteluvaiheessa, jolloin se voi palvella suunnittelun ohjausta tai laskelman avulla voidaan vertailla eri suunnitelmavaihtoehtojen kustannusvaikutuksia. Laskentamenetelmää käytetään myös tarjouslaskennassa, kun määritetään työmaakustannuksia ja omakustannushintaa. Vaihtoehtoisesti työmaakustannukset voidaan laskea panospohjaisella menetelmällä. Mikäli suunnitelmat eivät vielä mahdollista rakennusosamenetelmän käyttöä, voidaan rakenteet laskea mallintamalla ne kokonaisuuksiksi ja käyttää hankeosalaskentaa.³⁸ Suurien väylähankkeiden suunnitteluvaiheessa käytetään rakennusosalaskentaa kustannuslaskentamenetelmänä heti kun rakennusosat ovat suunnitelmista mitattavissa.

³² RIL ry. 2006. Infrarakentamisen kustannushallinta, s. 43.

³³ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 24.

³⁴ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 18.

³⁵ Rakennustieto Oy. 2015. Infra2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, Määrämittausohje, s. 8.

³⁶ Rakennustieto Oy. 2015. Infra2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, Määrämittausohje, s. 5.

³⁷ RIL ry. 2006. RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, s. 44.

³⁸ Lindholm, M., Junnonen, J. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta, s. 41-42.

Rakennusosalaskentaa voidaan käyttää väylähankkeissa jopa jo yleissuunnitteluvaiheessa.³⁹

Rakennusosalaskentamenetelmän käyttämiseksi määrätiedot tulee mitata suunnitelmista rakennusosittain Infra 2015 Hanke- ja rakennusosanimikkeistön Määrämittausohjeen mukaisesti.⁴⁰ Rakennusosalaskennassa tärkeille nimikkeille löytyy yksikkökustannuksista useita erihintaisia nimikkeitä, joissa yksikkökustannus vaihtelee yleisimmin työmäärän tai olosuhteiden mukaan. Nimikkeen valinta tulee tehdä huolellisesti, jotta rakennusosan kustannukset saadaan mahdollisimman oikein. Rakennusosalaskennassa kaikkiin massoihin lisätään tarvittavat lisäkustannukset erikseen omina litteroinaan. Kuljetuskustannukset ovat lisäkustannuksista yleisimpiä. Hanketehtävät lisätään rakennusosalaskelmaan laskennan valmistuttua, eivätkä rakennusosat saa siten sisältää hankekustannuksia.⁴¹ Rakennusosalaskennan käytöstä eri suunnitteluvaiheissa on kerrottu tarkemmin luvussa 3.

2.2.6 Panospohjainen kustannusarvio

Panospohjainen kustannusarvio on lähinnä rakennusvaiheessa käytettävä kustannuslaskentamenetelmä, sillä se vaatii laskettavasta kohteesta erittäin tarkat määrätiedot rakennusosittain sekä mahdollisesti myös tuotannon suunnittelua. Panospohjaisen kustannusarvion kautta voidaan arvioida ositellun hankkeen tehtävien resurssitarvetta ja kustannuksia. Laskenta siten edellyttää, että kohteesta on saatavilla rakennussuunnitelmatasoiset suunnitelmat sekä panoksia koskevat menekki- ja hintatiedot. Panospohjainen kustannusarvio saadaan, kun rakennussuunnitelmista lasketaan määrät ja määritellään niitä koskevat keskeiset kustannusmuuttujat, esimerkiksi olosuhteet ja kuljetusmatkat. Rakennusosien hinnoittelu tehdään panospohjaisesti selvittämällä jokaisen eritellyn rakennusosan toteuttamiseen vaadittavat suoritukset ja hinnoittelemalla ne panoshinnastojen avulla.⁴²

2.2.7 Tuoteosalaskenta

Tuoteosalaskentamenetelmällä voidaan laskea tuoteosiin jaoteltuja rakennushankkeita. Tuoteosalaskennassa tuoteosan hinnoittelu perustuu tuoteosaan sisältyvien rakennus-

³⁹ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 24.

⁴⁰ RIL ry. 2006. RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, s. 49.

⁴¹ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 29.

⁴² Lindholm, M., Junnonen, J. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta, s. 41.

osien yksikkökustannuksiin, esimerkiksi rakennuksen runko €/kpl. Tuoteosalaskennalla saadaan puitehinta rakennuskustannuksille, joiden perusteella voidaan muodostaa kustannustavoite. Tuoteosalaskentaa voidaan käyttää, kun rakennuskustannusten puitehinta halutaan laskea tuoteosiin perustuvalla menetelmällä tai kun määrätiedot on ositeltu tuoteosiin.⁴³ Tuoteosamenetelmä on infrahankkeissa vähemmän käytetty menetelmä, koska niissä on vähemmän keskenään samankaltaisia tuoteosia verrattuna talonrakennushankkeisiin.⁴⁴

2.2.8 Tuotemallimenettely

Tuotemallimenettely eli tietomallimenettely on tietomallipohjainen tapa laskea kustannuksia. Laskennassa käytetään lähtötietoina 3D-muodossa tehtyjä suunnitelmia ja tietomalleja. Tuotemallimenettelyn avulla voidaan hyödyntää kolmiulotteisten kappaleiden mittatietojen lisäksi rakennusosiin mahdollisesti liitettyjä tuotetietoja. Laskentavaiheessa voidaan määrittellä mitkä tietomalliin mallinnetut osat huomioidaan laskennassa. Tuotemallimenettelyn edellytyksenä on määrälaskennan kannalta riittävän kattava ja huolellisesti mallinnettu tietomalli.⁴⁵ Lisäksi tuotemallimenettely mahdollistaa nopeiden ja yksiselitteisten vaihtoehtoverailujen tekemisen eri suunnitteluratkaisujen kustannusvaikutusten suhteen.⁴⁶

2.3 Määrälaskentamenetelmät

Määrälaskennan tavoitteena on tuottaa hankkeen eri vaiheissa ja eri tarkoituksiin tarvittavaa määrätietoa. Määrätiedoilta vaadittavaan tarkkuuteen ja muotoon vaikuttavat lähtötietojen saatavuus, suunnitelmien tarkkuustaso sekä määrätiedon käyttötarkoitus. Määrätietoa tarvitsevat kaikki hankkeen osapuolet. Tilaaja käyttää määrätietoja päätöksenteossa sekä suunnittelun ja kustannusten ohjauksessa. Suunnittelija puolestaan tarvitsee määrätietoja suunnitelmavaihtoehtojen vertailemiseksi ja kustannuslaskentaan. Tuotantovaiheessa määrätietoja tarvitaan hankkeen rakentamisen valmisteluun, kun täytyy antaa tarjous ja muodostaa tavoitearvio, selvittää lisä- ja muutostyötarpeet, tarkkailla menekkejä rakentamisen aikana sekä jälkilaskentavaiheessa. Lisäksi urakoit-

⁴³ Enkovaara, E., Haveri, H., Jeskanen, P. 1999. Rakennushankkeen kustannushallinta, s. 80-81.

⁴⁴ Orajarvi, S. 2013. Menetelmä- ja taloudellisuusstandardit infrarakentamisessa, s. 23.

⁴⁵ Lindholm, Mika. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa, s. 14-15.

⁴⁶ RIL ry. 2006. RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, s. 61.

sija käyttää määriä aikataulun ja resurssien suunnitteluun ja valvontaan sekä hankintoihin.⁴⁷

Infra-alalla määrätieto jaotellaan hankkeen suunnitteluvaiheesta riippuen laskentavaiheessa nimikkeistöä käyttäen hanke- tai rakennusosiin.⁴⁸ Eri suunnitteluvaiheissa tapahtuvaa kustannushallintaa on selvitetty tarkemmin luvussa 2.6. Suunnitteluvaiheesta riippumatta infra-alalla on yleisesti käytössä Infra2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistön Määrämittaushje. Kustannuslaskennassa on tärkeää, että hankkeen määrät ja kustannukset arvioidaan ohjeen mukaisesti mitään rakenneosaa unohtamatta. Tässä luvussa esitellään määrälaskentaprosessia infrasuunnittelun näkökulmasta. Määrälaskentamenetelmistä tärkeimpinä esitellään poikkileikkauspohjainen sekä tietomallipohjainen määrälaskenta.

2.3.1 Poikkileikkauspohjainen määrälaskentamenetelmä

Infra-alalla määrälaskentaa voidaan tehdä poikkileikkaus- tai tietomallipohjaisesti tai suoraan suunnitelmasta alueita tai määriä mittaamalla. Poikkileikkauspohjainen laskenta on perinteinen tapa tehdä väylien massa- ja määrälaskentaa. Poikkileikkauspohjaisista määrälaskentatavasta käytettäessä määrät lasketaan ajantasaisista poikkileikkauskuvannoista. Poikkileikkauspohjaisella määrälaskentatavalla laskettaessa väylästä luodaan poikkileikkauskuvannot vähintään 20 metrin välein, mutta tarvittaessa poikkileikkausten väliä voidaan tihentää poikkileikkauksen muutoskohdissa tai muissa väylän erikoiskohdissa.⁴⁹ Massamäärien laskenta suoritetaan poikkileikkauksissa esitettyjen väylän rakennekomponenttien perusteella suunnittelujärjestelmän avulla. Suunnittelujärjestelmällä tehtävässä poikkileikkauspohjaisessa laskennassa massamäärät muodostuvat poikkileikkausten välisillä alueilla kahden peräkkäisen poikkileikkauksen komponenttien pinta-alojen keskiarvoina, jotka sitten kerrotaan paaluvälin pituudella.⁵⁰ Paaluväleittäin jaotellut massat voidaan jakaa paalukohtaiseksi massaluetteloksi suunnitelma-asiakirjojen liitteeksi tai laskea rakennusosittain yhteen esimerkiksi väyläkohtaisesti, jolloin saadaan rakennusosittain jaoteltua määrätietoa kustannuslaskentaa varten.

⁴⁷ Lindholm, M., Junnonen, J. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta, s. 42-43.

⁴⁸ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 18.

⁴⁹ Hartikainen, P. 2013. Tien rakennussuunnitelma toimintaohjeet, s. 32.

⁵⁰ Civil Engineering Spreadsheets. 2016. Average End Area Method.

Poikkileikkauspohjaisen massalaskennan ongelmana on suunnitellun tiedon yleistäminen, kun massalaskenta perustuu 20 metrin välein luotuihin poikkileikkauksiin.⁵¹ Poikkileikkauspohjaisella menetelmällä massamääriä laskettaessa kaikki poikkileikkauskuvantojen välillä tapahtuvat muutokset jäävät laskennassa huomiotta, mikä vääristää laskennan lopputulosta verrattuna suunniteltuun tietomalliin.

2.3.2 Tietomallipohjainen määrälaskentamenetelmä

Nykyinen tietomallipohjainen suunnittelu tuottaa määrätietoa entistä automaattisemmin ja suunnitelmien havainnollisuuden vuoksi myös määrätiedon oikeellisuudesta voidaan varmistua aiempaa paremmin.⁵² Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa voidaan hyödyntää tietomallipohjaisen suunnittelun yhteydessä suunnitelmamalliin tallennettua metatietoa ja rakenteiden ominaisuustietoa.⁵³ Tietomallipohjaisen määrälaskennan myötä manuaalista määrälaskentaa voidaan vähentää ja siten keskittää suunnittelijoiden resursseja suunnittelutyöhön ja hyödyntää määrälaskennasta jäänyt aika esimerkiksi taloudellisempien suunnitelmavaihtoehtojen kehittämiseen⁵². Väylän tietomallipohjaista suunnittelua on ohjeistettu ja sille on asetettu määrälaskennan näkökulmasta vaatimuksia 2015 julkaistujen Yleisten inframallivaatimusten osassa 9. Määrälaskenta ja kustannusarviot.⁵⁴

Määrälaskentaan käytettävää ohjelmistoa ei ohjeistuksessa ole määritelty, mutta ohjelmiston tulee soveltua tietomallipohjaiseen määrälaskentaan. Laskentaan käytetty ohjelmisto ja sen versio sekä laskennan vastuhenkilö tulee kertoa tietomalliselostuksessa. Laskentaan käytettävän ohjelmiston tulisi voida tunnistaa ja ryhmitellä laskentaan käytettävät objektit ohjelmallisesti ja niistä pitäisi pystyä lukemaan määrälaskennan kannalta tarvittavat mittatiedot. Kun rakenteiden ja määrien tunnistaminen mallista on automaattista, on määrien päivitys määrälaskentaan käytettävän mallin päivittyessä tehokasta. Mikäli tietomallissa ei ole mallinnettu suoraan määrälaskentaan tarvittavaa

⁵¹ Janhunen, N. Henkilökohtainen tiedonanto 8.9.2015.

⁵² Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 - Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 3.

⁵³ Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 - Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 8.

⁵⁴ Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 - Määrälaskenta ja kustannusarviot.

tietoa, voidaan määrätiedot johtaa mallin muista rakennusosista. Määrälaskija voi myös mallintaa muita rakennusosia täyttäen tarvittavat tiedot malliin.⁵⁵

Tietomallipohjaisessa laskennassa hankkeen sisältäessä useita eri tekniikkalajeja, tehdään määrälaskenta yhdistelmämallista⁵⁶. Lähtökohtaisesti laskenta tehdään kuitenkin inframallista. Laskenta voidaan ohjelmiston laskentamahdollisuuksista riippuen tehdä joko suunnittelijan alkuperäisestä mallista tai muuhun tiedonsiirtomuotoon tuotetusta mallista. Käytettäessä alkuperäistä suunnittelijan mallia, tulee varmistua, että se sisältää kaikki viitetiedostot ja objektit. Lisäksi tulee huolehtia, että malli toimii myös laskijan ohjelmistoilla, mikäli laskennan suorittaa ulkopuolinen määrälaskija. Kaikkea määrätietoa ei välttämättä saada suoraan tietomallista, joten tulee lisäksi varmistua manuaalisesti tai muilla menetelmillä laskettavista rakenteista. Tietomalliaineistosta tulisi ilmetä miltä osin aineisto soveltuu määrälaskentaan ja tietomalliaineiston määrälaskentaan vaikuttavista poikkeamista tulisi olla maininta tietomalliselostuksessa. Määrälaskennan lähdeaineiston oikeellisuus ja ajantasaisuus on projektissa aina pääsuunnittelijan ja suunnittelijoiden vastuulla.⁵⁷

2.4 Tietoaineistot

Tietoaineistoilla tässä yhteydessä käsitetään Finnmap Infra Oy:ssä käytettäviä määrä- ja kustannuslaskentaan liittyviä tietoaineistoja, tietovarastoja, tai kirjallisuutta. Kustannuslaskentaan liittyviä julkisia tietoaineistoja ovat lähinnä erilaiset määrä- ja kustannuslaskentavaihetta ohjeistavat julkaisut. Finnmap Infra Oy:ssä kustannuslaskennan yleisohjeistuksena toimivat Liikenneviraston ohjeet kustannuslaskennasta ja kustannusten hallinnasta suunnitteluprojektin aikana. Liikenneviraston ohjeet ovat julkisia ohjeistuksia, joita voi ladata Liikenneviraston internet-sivuilta. Tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan osalta tietomalleille asetettuja vaatimuksia ja ohjeita käsitellään puolestaan InfraBIM YIV2015 yleisissä inframallivaatimuksissa. Määrälaskentaan liittyviä ohjeistuksia ja alan yleisesti sovittuja rajapintoja, esimerkiksi rakennusosalaskentaa suoritettaessa, voidaan hakea Rakennustieto Oy:n tietoaineistoista. Rakennustieto Oy:n ylläpitämiä tietoaineistoja ovat esimerkiksi InfraRYL Infrarakentamisen yleiset

⁵⁵ Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 17-18.

⁵⁶ Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 11.

⁵⁷ Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 16-17.

laatuvaatimukset ja siihen liittyvä Infra-nimikkeistöjärjestelmä: Infra 2015 Rakennus-osa- ja hankenimikkeistö Määrämittausohje. Rakennustieto Oy:n tietoaineistojen käyttöä varten yrityksellä on lisenssejä. Kustannuslaskennassa käytettävä kustannustieto saadaan Rapal Oy:n tarjoamasta Fore-palvelusta. Fore on maksullinen kustannustietopalvelu, jonka käyttöä varten Finnmap Infra omistaa lisenssejä. Liikenneviraston ja ELY-keskusten hankkeissa on kustannushallinnassa sovittu käytettävän Rapal Oy:n Fore-palvelun ohjelmistoja ja tietoaineistoja⁵⁸.

Suunnitteluaineiston tietoaineistona käytetään monia erilaisia lähtötietoja, mutta erityisesti määrälaskentaan liittyvät erilaiset hankekohtaisesti saatavat mittatiedot ja niistä koottavat tietomallit. Määrälaskennan näkökulmasta tärkeimmässä osassa ovat maastomittausten ja laserkeilausaineistojen perusteella koostettu maastomalli sekä pohjatutkimukset ja niiden pohjalta tulkitut maaperämallit. Maaperämalleissa on esitetty pohjatutkimusten mukaiset maalaji- ja kelpoisuusrajat. Suunnittelun tietoaineistoista määrä- ja kustannuslaskentaan tarvitaan lisäksi yrityksen sisäisessä käytössä olevia suunnittelujärjestelmän poikkileikkauskirjastoja, joita käytetään suunnitelmamallia laadittaessa.

⁵⁸ Montin, P ym. 2011. Fore-palvelu väylähankkeiden kustannushallinnassa, s. 7.

3 Tietomallinnus ja kustannushallinta väylähankkeiden suunnittelussa

Väylähankkeet ovat tyypillisesti hyvin pitkäkestoisia hankkeita, ja yhden hankkeen toteutumiseen voikin kulua useita vuosia. Tietomallinnus voi alkaa hankkeen missä vaiheessa tahansa. Tavoitteena on, että suunnitelma kulkee tietomallipohjaisena hankkeen vaiheesta toiseen täydentyen ja lähtötietomalli päivitetään viimeisillä tiedoilla kussakin hankkeen suunnitteluvaiheessa.⁵⁹ Väylähankkeen suunnitteluvaiheissa kustannuksia seurataan eri tavalla riippuen suunnittelun tarkkuustasosta ja valmiusasteesta. Suunnittelun edetessä suunnitteluratkaisut tarkentuvat ja tarkempi määrälaskenta mahdollistuu. Suunnitteluprojektin alkuvaiheessa kustannuksia seurataan asiantuntija-arvioiden ja hankeosalaskennan kautta tehdyistä kustannusarvioista ja myöhemmissä vaiheissa siirrytään rakennusosapohjaiseen määrä- ja kustannuslaskentaan.⁶⁰



Kuva 5. Infrahankkeen vaiheet.⁶¹

Tässä luvussa käydään läpi, mitä vaatimuksia tietomallipohjainen kustannuslaskenta asettaa mallinnusprosessille. Tässä tietomallinnusta ja kustannushallintaa käsitellään suunnitteluprojektin näkökulmasta, eli esisuunnitteluvaiheesta rakennussuunnitteluun (kuva 5).

3.1 Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan vaatimukset mallinnusprosessille

Tietomallipohjaisesti tehtävä kustannuslaskenta asettaa tarkempia vaatimuksia määrälaskentaprosessissa käytettävälle tietomallille ja sen mallinnusprosessille verrattuna poikkileikkauspohjaisesti tehtävään määrälaskentaan. Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV 2015) -ohjeissa on asetettu sekä vaatimuksia että ohjeita tietomallinnusta varten, jotta voidaan varmistaa mallintamisen laatutason sopivuus tietomallipohjaiseen määrälaskentaan. Määrälaskentaprosessin asettamia vaatimuksia tietomalleille on kä-

⁵⁹ Niskanen, J. 2015. Yleiset inframallivaatimukset 2015 YIV2015, Osa 1 Tietomallipohjainen hanke, s. 5.

⁶⁰ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta.

⁶¹ Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 9.

sitelty YIV 2015 -ohjeiden osassa 9. Määrälaskenta ja kustannusarviot. Ohjeistuksen mukaan määrälaskentaan käytetään yhdistelmämallia, jotta voidaan varmistua rakenteiden ja järjestelmien yhteensopivuudesta ennen määrälaskennan suorittamista. Ohjeistuksessa määrätään, että laskentaan käytettävät rakennusosat ja pinnat eivät saa olla sisäkkäisiä tai päällekkäisiä, jotta tietomallipohjaisen määrälaskennan tulokset ovat luotettavia. Rakennusosien jaottelussa ja nimeämisessä tulee lisäksi ottaa huomioon infran tietomallinnusta varten laadittu InfraBIM-nimikkeistö sekä alalla yleisesti käytössä oleva Infra rakennusosa- ja hankenimikkeistö.⁶²

3.2 Esisuunnitteluvaihe

Esisuunnitteluvaiheessa arvioidaan rakennushankkeen tarpeellisuutta, etsitään rakennushankkeelle periaatteellisia vaihtoehtoja ja tehdään niiden pohjalta mahdollisimman kustannustehokkaita ratkaisuja ennen hankkeen yleissuunnitteluvaihetta. Esisuunnitteluvaiheessa muodostetaan suunnittelutavoitteet, jotka toimivat pohjana yleissuunnittelulle. Esisuunnitteluvaiheessa rakennushanketta suunnitellaan vielä hyvin karkealla tasolla ja tietomallinnuksen rooli on pienempi kuin seuraavissa suunnitteluvaiheissa.⁶³ Tavoitteena on löytää kaikki toteuttamiskelpoiset suunnitelmavaihtoehdot sekä alustavasti kartoittaa niiden vaikutuksia esimerkiksi liikenteelle, ympäristölle, maankäytölle ja hankkeen rakennuskustannuksiin. Kaikkia vaihtoehtoja ei tarvitse esisuunnitteluvaiheessa mallintaa kolmiulotteisesti ja tuotettavan aineiston laatutaso saa vaihdella tapauskohtaisesti.⁶⁴

Tässä suunnitteluvaiheessa korostuu kustannushallinnan näkökulmasta rakennushankkeen vaihtoehtojen vertailu ja hankkeen kokonaiskustannusten selvittäminen kustannusarvion laatimista varten sekä väylänpitoon tarvittavien investointien selvittämiseksi. Kustannushallinta tehdään esisuunnitteluvaiheessa hankeosapohjaisesti, minkä lisäksi apuna käytetään asiantuntija-arvioita.⁶⁵ Kustannusarvio tulee laatia sillä tark-

⁶² Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 6-7.

⁶³ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 22.

⁶⁴ Niskanen, J. 2015. Yleiset inframallivaatimukset 2015 YIV2015, Osa 1 Tietomallipohjainen hanke, s. 15.

⁶⁵ Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 11.

kuudella, että sitä voidaan luotettavasti käyttää esisuunnitteluvaiheen vaihtoehtojen vertailussa sekä yleissuunnitelman kustannuslaskennan pohjätietona.⁶⁶

3.3 Yleissuunnitteluvaihe

Yleissuunnitteluvaiheessa tutkitaan väylähankkeen vaihtoehtoja esisuunnittelua tarkemmin ja perehdytään hankkeen ympäristövaikutusten arvioimiseen. Yleissuunnitteluvaiheessa määritetään väylän likimääräinen sijainti ja tilantarve huomioiden nykyinen ja tuleva maankäyttö hankkeen vaikutusalueella. Suunnittelun tarkkuus määritellään hankekohtaisesti siten, että voidaan kuitenkin varmistua hankkeen teknisestä, taloudellisesta ja ympäristöllisestä toteuttamiskelpoisuudesta.⁶⁷

Yleissuunnitteluvaiheessa suunnitteluprojektia ei ole välttämättä vielä kannattavaa suunnitella täysin tietomallipohjaisesti, mutta hankkeen lähtötietomalliin kerätään tietoja esimerkiksi nykyisistä rakennuksista, laitteista ja järjestelmistä, luontoarvoista, maa- ja kallioperästä sekä maaston muodoista hankkeen vaikutusalueelta. Tietomallinnusta voidaan hyödyntää yleissuunnitteluvaiheessa myös määrätiedon hankkimiseen, mikäli väylät on yleissuunnitelman tietomalliin mallinnettu. Yleissuunnitelmaan pohjautuva kustannusarvio ja määrälaskenta tehdään yleensä hankeosalaskentana sekä asiantuntija-arvioiden perusteella. Mikäli määrätietoa on saatavilla yleissuunnitteluvaiheessa, voidaan sitä hyödyntää, mutta rakennusosapohjaisesti tehtävät laskelmat muutetaan usein lopulta hankeosalaskennan muotoon yleissuunnitelman kustannusarvioon. Tulevaisuudessa tietomallintamisen lisääntyessä voidaan rakennusosalaskentaan siirtyä jo yleissuunnitteluvaiheessa.⁶⁸ Määrälaskentaa varten hanke voidaan ositella pienempiin osiin esimerkiksi väylittäin jakamalla suunnittelualan päätte, muut maantiet, kadut, yksityistiet ja kevyen liikenteen väylät omiksi kokonaisuuksikseen. Muita ositteluvaihtoehtoja ovat muun muassa projektin jaottelemisen alueittain, lohkoittain, hankeosittain tai rakennusosittain.⁶⁹

⁶⁶ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 22.

⁶⁷ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 24.

⁶⁸ Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 12.

⁶⁹ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 18.

3.4 Tie- ja ratasuunnitteluvaihe

Tie- ja ratasuunnitteluvaihe ovat hallinnollisten päätösten kannalta tärkeitä suunnitteluvaiheita. Tässä vaiheessa suunnittelu tarkentuu ja väylä voidaan rakenteineen osoittaa paikalleen. Samalla tarkistetaan väylän tekniset ratkaisut ja niiden toteutettavuus. Teknisten ratkaisujen suunnittelun tarkkuustaso paranee yleissuunnitelmavaiheesta ja tietomallinnusta voidaan hyödyntää aiempaa paremmin hankkeen suunnittelussa.⁷⁰ Lähtötietomallin tietojen keruu viimeistellään tie- ja ratasuunnitteluvaiheessa ja suunnittelu-kohteesta laaditaan väylämalli sekä tarvittavista tekniikkalajeista omat mallit, jotka kaikki kootaan yhdistelmämalliksi. Yhdistelmämallin avulla voidaan tarkistaa eri tekniikkalajien yhteensopivuus ja käyttää sitä massa- ja määrälaskennassa.⁷¹

Viimeistään tie- ja ratasuunnitelmien ollessa luonnosvaiheessa tulisi hankkeessa siirtyä hankeosalaskennasta rakennusosalaskentaan. Tällöin suunnitelmien tarkkuustaso on pääosin riittävä määräpohjaiseen kustannusten arviointiin.⁷² Merkittävä osa kustannuksista muodostuu siltojen, järjestelmien sekä telematiikan lisäksi niin kutsutuista päämassoista, eli hankkeelta muodostuvista leikkausmassoista sekä hankkeelle tuotavista, rakennekerroksiin käytettävistä massoista. Hankkimalla suunnittelu-kohteen pohjaolosuhteista kattavat lähtötiedot, voidaan vaikuttaa päämassoista aiheutuvien kustannusten luotettavuuteen ja vähentää suunnitteluhankkeen kustannuksiin kohdistuvia riskejä ja epävarmuuksia.

3.5 Rakennussuunnitteluvaihe

Rakennussuunnitteluvaiheessa väylät ja niihin liittyvät rakenteet, varusteet ja järjestelmät suunnitellaan niin tarkasti, että rakentaminen suunnitelmien pohjalta on mahdollista ja urakka voidaan kilpailuttaa.⁷³ Rakennussuunnitelmavaiheessa pyritään arviomaan hankkeen rakennuskustannukset mahdollisimman luotettavasti.⁷⁴ Kun pohjatutkimuksia on kerätty riittävästi, voidaan suunnittelualueelta koota lähtötiedoiksi maaperämalli,

⁷⁰ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 29.

⁷¹ Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 11.

⁷² Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 12.

⁷³ Liikennevirasto. 2014. Tiehankkeiden mallipohjaisen suunnittelun hankinta, s. 14.

⁷⁴ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 34.

joka parantaa määrälaskennan tarkkuustasoa.⁷⁵ Samoin tie- ja ratasuunnitteluvaiheen lähtötiedoiksi kerätyjä kallio- ja maastomallia voidaan vielä tarkentaa lisää tarvittaessa suunnittelun riittävän tarkkuustason varmistamiseksi. Rakennussuunnitteluvaiheessa suunnittelukohteesta mallinnetaan kaikki rakennettavat pinnat, mikä mahdollistaa tarkankin tietomallipohjaisen määrälaskennan⁷⁶. Määrälaskentaan käytetään tie- ja ratasuunnitteluvaiheen tavoin yhdistelmämallia, jonka yhteensopivuus on varmistettu eri tekniikkalajien kesken⁷⁷.

Rakennussuunnitteluvaiheessa kaikki määrät lasketaan rakennusosatarkkuudella ja määriin lisätään kuljetuskustannukset suunnittelijan arvioimien kuljetusmatkojen perusteella. Kuljetusten määrät on toistaiseksi lisättävä kustannusarvioon käsin kaikissa suunnitelmavaiheissa, koska niitä ei vielä saada tietomallipohjaisesti laskettua.⁷⁵ Rakennusosalaskelman lisäksi kustannusarvioon lisätään hanketehtävien kustannukset rakennusosalaskelmaan perustuvina prosenttiosuuksina⁷⁸.

⁷⁵ Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 13.

⁷⁶ Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 12.

⁷⁷ Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot, s. 5.

⁷⁸ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 19.

4 Kustannusarvion laadun mittaaminen ja mittarin luominen

Tässä luvussa käsitellään taustaa rakennushankkeen kustannusriskien hallinnasta sekä kustannusarvioiden laadunvarmistuksesta. Lisäksi käydään läpi mittaamiseen liittyvää teoria-aineistoa luvussa 6.2 esiteltävän mittarin taustaksi.

4.1 Epävarmuustekijöiden huomiointi rakennushankkeen toteutuskustannusten hallinnassa

Suunnitteluvaiheissa tunnistetut epävarmuustekijät pyritään huomioimaan suunnittelua ohjaavina tekijöinä ja siten poistamaan niiden mahdollinen kustannusvaikutus. Väylähankkeissa tunnistamattomien epävarmuustekijöiden kustannukset huomioidaan varuksina hanketehtäviin lisättävinä prosenttiosuuksina. Suunnitelmien tarkentuessa riskivarausten prosenttiosuudet pienenevät. Riskivaraukset kokonaisurakan hanketehtävissä ovat Liikenneviraston ohjeistuksen mukaisesti eri suunnitteluvaiheissa seuraavat:

- Esisuunnitteluvaihe 14 %
- Yleissuunnitteluvaihe 10 %
- Tie- ja ratasuunnitteluvaihe 7 %
- Rakennussuunnitteluvaihe 5 %.⁷⁹

Infrahankkeissa olosuhdetekijöillä on suuri vaikutus hankkeen riskeihin ja sitä kautta toteutuskustannuksiin. Pohjaolosuhteet ja perustamistavat vaikuttavat suuresti hankkeen kustannuksiin, ja yllätyksillä esimerkiksi pohjamaan tai kallion laadun suhteen voi olla merkittävä vaikutus hankkeen kustannusarviossa pysymiseen. Myös rakennushankkeen ympäristön laatu on yksi tärkeä kustannuksiin vaikuttava olosuhdetekijä. Hankkeen sijoittuminen keskusta, taajamaan tai haja-asutusalueelle vaikuttaa merkittävästi hankkeen kustannuksiin, sillä mitä rakennetumpaan ympäristöön rakennetaan sitä enemmän huomioitavia rakenteita ja työtä hidastavia tekijöitä ympäristöstä löytyy. Rakentamisolosuhteisiin voi vaikuttaa myös työlle asetetut aikarajoitukset esimerkiksi rata- tai louhintatöissä. Myös muut ympäristötekijät kuten suojelukohteet tai pilaantuneet maat vaikuttavat hankkeen kustannuksiin.⁸⁰ Kustannustavoitteeseen pääsemisek-

⁷⁹ Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 19-20.

⁸⁰ RIL ry. 2006. RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, s. 17.

si suunnittelun alkuvaiheessa korostuukin riittävä lähtötietojen hankinta, jotta mahdollisiin riskeihin voidaan varautua suunnittelun aikana.

BuildingSMART Finlandin rakennusalan asiantuntijoista koostuvassa kehitysryhmässä keskusteltiin lähtötietojen kattavuuden ja luotettavuuden vaikutuksesta hankkeen kustannuksiin. Todettiin, että kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttaa merkittävästi suunnittelualueella tehtyjen pohjatutkimusten määrä, sillä hankkeen pohjatutkimusten määrään lisääntyminen ja hyvät tutkimustiedot hankkeen pohjaolosuhteista tuovat varmuutta hankkeen massamäärien tarkkuuteen. Toisaalta puutteellisin pohjatiedoin suunniteltu hanke voi rakennusvaiheessa tuottaa kalliita yllätyksiä, mikäli pohjaolosuhteet ovat oletettua huonommat.⁸¹

4.2 Kustannushallinnan laadunvarmistus

Kustannushallinnassa laadunvarmistus suoritetaan suunnitelmille tehtävän laadunvarmistuksen tavoin. Määrä- ja kustannusarviolle tehdään itselleluovutus, johon osallistuu suunnittelijan lisäksi hankkeen toinen suunnittelija tai hankkeen laadunvarmistaja. Liikenneviraston Väylähankkeiden kustannushallinta -ohjeesta löytyy pohja sisäisen tarkastuksen suorittamista varten.⁸²

Sisäisessä tarkastuksessa eli itselleluovutuksessa arvioidaan kustannuslaskelman luotettavuutta ja määrien oikeellisuutta. Erityisen tärkeää on varmistaa eri tekniikkalajien väliset rajapinnat, jotta voidaan varmistua, että suunnitelma kattaa kaikki suunnitellut asiat ja toisaalta määrissä ja kustannuksissa ei ole eri tekniikkalajien välillä päällekkäisyyksiä. Laajemmin hankkeen kustannushallinnan onnistumista voidaan arvioida vertaamalla kustannuslaskelmaa aiempiin kustannuslaskelmiin ja -tavoitteisiin.⁸²

4.3 Mittaaminen ja mittarin luominen

Mittaamalla tehtävä tutkimus on empiiristä eli tarkkailevaa tutkimusta, joka voidaan jakaa kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen tutkimukseen. Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus pyrkii ymmärtämään tutkimuksen kohdetta ja tutkii kohteen valintojen ja käytöksen syitä. Kvalitatiivinen tutkimus vastaa kysymyksiin: miksi, miten ja millainen. Kva-

⁸¹ BuildingSMART Finland, Määrälaskentapilotti-kehitysryhmä. Henkilökohtainen tiedonanto 26.10.2015.

⁸² Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, s. 15.

litatiivisen tutkimuksen otos on yleensä suppea ja tutkimuskohteet on valittu tarkkaan. Tutkimuksessa aineistoa kerätään yleensä haastatteluin tai vaikkapa käyttämällä hyväksi päiväkirjoja tai muuta ei-numeerista materiaalia. Kvantitatiivinen tutkimus puolestaan on tilastollista tutkimusta, jolla pyritään selvittämään lukumääriin ja prosentiosuuksiin perustuvia asioita. Kvantitatiivinen tutkimus vastaa esimerkiksi kysymyksiin: mikä, missä, paljonko ja kuinka usein. Tutkimuksen otos on yleensä suuri ja ilmiötä pyritään kuvaamaan numeerisesti. Tutkimusmenetelmiä kvantitatiivisessa tutkimuksessa voivat olla esimerkiksi standardoiduilla tutkimuslomakkeilla tehtävät kyselyt, joissa vastausvaihtoehdot ovat ennalta määrättyjä. Kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen aineiston kokoamisvaiheen eroavaisuuksista huolimatta tutkimustapojen välillä ei ole suurta eroa aineiston luokittelussa, päättelyssä ja tulkinnassa. Kvantitatiivisia analyysejä pidetään kuitenkin kvalitatiivisia analyysejä yksiselitteisempinä.⁸³ Kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen ei tarvitse olla toisiaan pois sulkevia, vaan molempia menetelmiä voidaan käyttää samassa tutkimuksessa.⁸⁴

Mittarilla käsitetään yleensä mittavälinettä, jonka tarkoituksena on kerätä tietoa tutkimuskohteesta. Mittari voi olla yksittäinen testipatteristo tai suuremman mittariston osana toimiva osamittari. Yksinkertaisimmillaan mittari voi käsittää vain yhden kysymyksen, mutta yleensä mittari koostuu yhdestä tai useammasta kysymysosioista, jotka sisältävät useampia kysymyksiä. Mittarin tavoite on havainnoida mitattavaa ilmiötä mahdollisimman objektiivisesti. Mittarin hyvyys vaikuttaa mittarin avulla saatavan tiedon luotettavuuteen. Mittarin luotettavuudesta kertovat sen reliabiliteetti sekä validiteetti.⁸⁵ Mittarin luotettavuutta käsitellään hieman tarkemmin luvussa 4.5.

Mittarin luominen tulee aloittaa teoriasta, eli mietitään, mitä jo tiedetään tai oletetaan tiedettävän tutkittavasta ilmiöstä. Teorian perustalta luodaan tutkittavasta ilmiöstä keskeiset käsitteet ja niiden operationalisoinnit ja sitä kautta kyetään luomaan mittari.⁸⁶ Operationalisoinnilla tarkoitetaan mitattavan määrään yhdistämistä käsitteeseen.⁸⁷ Mittarin luomisen vaiheisiin kuuluu oman pohdinnan tai teorian pohjalta alustavan mittarin kehittäminen, mittarin osioiden kriittinen tarkastelu esimerkiksi asiantuntijatahon toimesta, mittarilla tehtävä pilottitutkimus ja mittarin kehitystyö tai uudistaminen pilottitutkimuksen pohjalta.⁸⁸ Mittarin kehittäminen suoraan valmiiksi voi olla hankalaa, sillä

⁸³ Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus, s. 16-18.

⁸⁴ Heikkilä, T. 2014. Kvantitatiivinen tutkimus, s. 6.

⁸⁵ Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 43.

⁸⁶ Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 49.

⁸⁷ Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 28.

⁸⁸ Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 50.

mitta-asteikon valinta mittaustiedon keruumenetelmien luominen voivat vaatia jatkokehitystyötä. Myös esimerkiksi prosessia mitatessa, itse prosessin muuttuminen voi vaatia mittarin muokkausta.⁸⁹ Kehitettävän mittarin tulisi kuitenkin olla sellainen, että se ei aiheuta mittarin käyttäjille lisätyötä. Mikäli mittarin käyttö tuottaa paljon lisätyötä, kokee käyttäjä mittaamisen vaikeaksi ja epämieluisaksi, mikä puolestaan vaikeuttaa tutkimuksen edistymistä.⁹⁰ Mittarin käyttö kannattaa yrityksessä aloittaa pienemmästä yksiköstä, jolla on kiinnostusta mittarin kehittämistä kohtaan, jolloin myöhemmin mittarin jalkauttamisessa käyttöön voidaan tarvittaessa käyttää tätä yksikköä referenssinä muille.⁹¹

Kun mittaria luodaan, voidaan käyttää pohjaa, jonka avulla voidaan välttää yksittäisen mittarin suunnitteluun liittyviä ongelmia. Pohjassa on esitetty seuraavat kysymykset pohdittavaksi mittaria kehittäväälle taholle:

- Mittari – Minkä niminen mittari on? Kertooko nimi mittarin sisällöstä ja mittarin on tärkeydestä?
- Tarkoitus – Mitä mittarilla halutaan saavuttaa? Miksi se halutaan ottaa käyttöön?
- Yhteys päämääriin – Mihin mittarilla pyritään? Mitkä ovat esimerkiksi ne yrityksen liiketoiminnan päämäärät, jotka mittariin liittyvät?
- Tavoite – Mille tasolle toiminta halutaan kehittää mittarin avulla? Onko kilpailijoilla vastaavia mittareita käytössä ja minkä tasoisia ne ovat? Missä ajassa haluttu taso voidaan saavuttaa?
- Kaava – Miten tutkittavaa toimintaa voidaan mitata? Voidaanko esittää matemaattisia kaavoja? Onko mittari selkeä ja ilmaiseeko se selvästi, mitä tietoa sillä halutaan kerätä? Minkälaista käyttäytymistä mittarilla edistetään?
- Kaavan sisältö – Kuinka tarkkaa tietoa mittarilla saadaan? Onko tarkkuustaso sopiva?
- Taajuus – Kuinka usein mitataan?
- Kuka mittaa – Kuka on mittaamisen vastuhenkilö?
- Puutteet ja virheet – Onko jotakin, mitä mittari jättää systemaattisesti mitaamatta? Mitä mittari kertoo väärin? Voiko mittaria huijata?
- Tietolähde – Mistä hankittava tieto saadaan?

⁸⁹ Kankkunen, K., Matikainen, E., Lehtinen, L. 2005. Mittareilla menestykseen, s. 22.

⁹⁰ Kankkunen, K., Matikainen, E., Lehtinen, L. 2005. Mittareilla menestykseen, s. 24.

⁹¹ Kankkunen, K., Matikainen, E., Lehtinen, L. 2005. Mittareilla menestykseen, s. 124.

- Kuka reagoi tuloksiin – Kenen vastuulla on toiminnan kehittäminen tutkimustulosten avulla saadun tiedon pohjalta? Kenellä on oikeudet mittarin seuraamiseen?
- Miten reagoidaan tuloksiin – Mihin toimenpiteisiin ryhdytään mittaustuloksen perusteella?⁹²

4.4 Mitta-asteikot

Tilastotieteiden näkökulmasta mittaaminen on fysikaalisten suureiden mittaamista laajempi käsite. Mittaaminen voi tilastotieteissä tarkoittaa asioiden luokittelua, järjestystä tai ominaisuuksien määrittämistä. Mittaus voi siis olla esimerkiksi kotipaikkakunnan, sukupuolen, mielipiteen tai asenteen määrittämistä. Mitta-asteikkojen avulla voidaan luokitella tai järjestellä tilastollisia muuttujia.⁹³

Laatuero-, luokittelu- tai nominaaliasteikko on yksinkertainen mitta-asteikko, jolla voidaan mitata asioita, jotka voidaan laadullisesti erotella toisistaan. Laatueroasteikolla ei voida erotella asioita määrällisesti toisistaan. Asteikolla mitattavia muuttujia ovat esimerkiksi sukupuoli, siviilisäätö, silmien väri tai vaikkapa kuntamuoto.⁹⁴ Laatueroasteikon muuttujilla ei voida suorittaa laskutoimituksia eikä niitä voida laittaa järjestykseen ominaisuuksiensa perusteella. Muuttujille saatavista arvoista voidaan kertoa ainoastaan ovatko ne keskenään erilaisia vai samanlaisia.⁹⁵

Järjestys- eli ordinaaliasteikon avulla voidaan puolestaan mitata määrällisiä asioita. Järjestysasteikolla mitattava muuttuja kertoo onko jotain ominaisuutta enemmän tai vähemmän kuin toista ominaisuutta, mutta sen avulla ei kyetä kertomaan kuinka paljon enemmän tai vähemmän ominaisuutta on. Muuttujia voivat olla esimerkiksi erilaiset arvojärjestykset organisaatioissa, koulutustausta, mineraalien kovuus tai sairauksien tarttuvuus. Järjestysasteikon avulla voidaan kertoa esimerkiksi, että yrityksen organisaatiossa toimitusjohtaja on korkea-arvoisempi kuin projektipäällikkö, mutta ei voida sanoa, että toimitusjohtaja olisi esimerkiksi kaksi kertaa projektipäällikköä arvokkaampi.⁹⁵ Järjestysasteikollisille muuttujille ei tavallisesti lasketa keskiarvoa, koska asteikon arvot eivät välttämättä ole asteikolla tasavälein. Poikkeuksen keskiarvon laskentaan voivat tehdä mielipidemittaukset, joissa keskiarvoa voidaan käyttää kuvaamaan yleisen

⁹² Kankkunen, K., Matikainen, E., Lehtinen, L. 2005. Mittareilla menestykseen, s. 140-141.

⁹³ Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus, s. 81.

⁹⁴ Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 44.

⁹⁵ Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 45-46.

mielipiteen arvoa. Tällöin järjestysasteikon muuttujan arvot tulee saada kuvattua mitta-asteikolla mahdollisimman tasavälein, jolloin muuttujaa käsitellään välimatka-asteikollisena.⁹⁶

Välimatka- eli intervalliasteikolla voidaan kertoa jo muuttujien välisten erojen suuruuksista. Välimatka-asteikkoa käyttäen voidaan esimerkiksi sanoa, että A:n ja E:n välinen etäisyys on tietyn suuruinen. Lämpötila ja kalenteriaika ovat esimerkkejä välimatka-asteikosta. Tälle asteikolle on tyypillistä, että ei ole mitään tiettyä nollakohtaa, joka olisi kaikilla asteikoilla mitattuna sama. Esimerkiksi lämpötilalla ei ole nollakohtaa, sillä Celsius-asteikon, Fahrenheit-asteikon ja Kelvineiden 0 astetta ei ole sama lämpötila. Kuten järjestysasteikon yhteydessä jo mainittiin, useat testit, joilla mitataan jotain tiettyä ominaisuutta, kuten motivaatiota tai asennetta, on pyritty tekemään välimatka-asteikollisiksi. Keskeinen esimerkki välimatka-asteikosta on Likert-asteikko.⁹⁷ Välimatka-asteikollisille muuttujille voidaan laskea muun muassa keskiarvo.⁹⁸

Likert-asteikkoa käytetään monesti mittaamaan juuri edellä mainittujen kaltaisia ominaisuuksia, kuten tutkittavan mielipidettä, asennetta tai motivaatiota. Asteikon avulla tutkitaan siis koehenkilön omaa näkemystä mitattavasta asiasta. Kuten kuvasta 6 voidaan nähdä, muotoillaan Likert-asteikolla mitattavat kysymykset yleensä positiivisten väittämien muotoon. Vastauksiin Likert-asteikolla käytetään useimmiten 5-7-portaista mitta-asteikkoa, joiden skaala vaihtelee yleensä välillä erittäin voimakkaasti eri mieltä – erittäin voimakkaasti samaa mieltä.⁹⁹ Asteikko voi kuitenkin olla myös 4, 5, 7 tai 9 -portainen. Likert-asteikkoa käytettäessä tulee pohtia tapauskohtaisesti miten eri arvot ja asteikon keskikohta ilmaistaan sanallisesti.¹⁰⁰ Kun vastausasteikolla on vaihtoehtoja pariton määrä, jää vastaajalle asteikon keskelle neutraali vastausvaihtoehto¹⁰¹.

⁹⁶ Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus, s. 81.

⁹⁷ Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 46-47.

⁹⁸ Heikkilä, T. 2014. Kvantitatiivinen tutkimus, s. 62.

⁹⁹ Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 47.

¹⁰⁰ Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus, s. 53.

¹⁰¹ Heikkilä, T. 2014. Kvantitatiivinen tutkimus, s. 39.

Ole hyvä ja ota kantaa seuraaviin ammattikorkeakouluopetusta koskeviin väittämiin. Valitse omaa mielipidettäsi lähinnä kuvaava vaihtoehto.

	täysin samaa mieltä	jokseen- kin samaa mieltä	en samaa enkä eri mieltä	jokseen- kin eri mieltä	täysin eri mieltä
1. Opetus vastasi työelämän vaatimuksia.	5	4	3	2	1
2. Opetus oli yhteistyövalmiuksia edistävää.	5	4	3	2	1
3. Opetus oli ammatillista kasvua edistävää.	5	4	3	2	1
4. Opetuksen taso oli korkea.	5	4	3	2	1
5. Opettajat olivat asiantuntevia.	5	4	3	2	1
6. Opettajat olivat riittävän vaativia.	5	4	3	2	1

Kuva 6. Esimerkki Likert-asteikollisesta kysymyksestä.¹⁰²

Toinen asennetta kuvaava asteikko on Likert-asteikon lisäksi Osgoodin asteikko. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi tuote- tai yrityskuvatutkimuksissa ja sen avulla voidaan vertailla vaikkapa kilpailevia yrityksiä tai tuotteita keskenään. Osgoodin asteikko on 5-7-portainen, ja sen ääripäinä ovat vastakkaiset adjektiivit. Kuvassa 7 on esitetty kaksi esimerkkiä Osgoodin asteikollisista kysymyksistä, joiden koodaus on toteutettu eri tavalla. Vastausten käsittelyn kannalta positiivisilla lukuarvoilla tehty koodaus on helpompi käyttää.¹⁰³ Käytettäessä 7-portaista asteikkoa, on suomalaisille yleensä parempi käyttää kouluarvosana-asteikkoa 4-10 kuin asteikko 1-7, joka puolestaan on tutumpi ulkomaalaisille.¹⁰⁴

Yritys A:n palvelu on	hidasta	-3	-2	-1	0	1	2	3	nopeaa
Yritys B:n palvelu on	hidasta	-3	-2	-1	0	1	2	3	nopeaa

Kassa on mielestäni	hidas	1	2	3	4	5	6	7	nopea
---------------------	-------	---	---	---	---	---	---	---	-------

Kuva 7. Kaksi esimerkkiä Osgoodin asteikolla arvioitavista kysymyksistä.¹⁰⁵

Sekä Likertin että Osgoodin asteikoilla mitattaville kysymyksille voidaan tarvittaessa antaa vastausvaihtoehdoksi 0 "en ole käyttänyt", "en osaa sanoa" tai muu vastaava

¹⁰² Heikkilä, T. 2014. Kvantitatiivinen tutkimus, s. 40.

¹⁰³ Heikkilä, T. 2014. Kvantitatiivinen tutkimus, s. 38, 42.

¹⁰⁴ Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus, s. 55.

¹⁰⁵ Heikkilä, T. 2014. Kvantitatiivinen tutkimus, s. 42.

kysymykseen sopiva vaihtoehto. Tällöin vastaajalla on mahdollisuus ohittaa kysymys, mikäli hänellä ei ole aiheesta kokemusta. Vastausvaihtoehto ”en osaa sanoa” voi kuitenkin olla vastaajalle liian houkutteleva, joten vaihtoehtoa kannattaa käyttää harkiten. Vaikka Likertin ja Osgoodin asteikkojen tapaisille mielipidekyselyille ei voida tavallisesti laskea keskiarvoa, voidaan muuttujille yleisen asenteen hahmottamiseksi laskea keskiarvo. Keskiarvon laskemista ja ymmärrettävyyttä voidaan helpottaa antamalla pienin lukuarvo skaalan kielteisimmälle arvolle (1 = täysin eri mieltä) ja positiivisimmalle arvolle suurin lukuarvo (5 = täysin samaa mieltä). Positiivista kysymyksen muotoilua käytettäessä keskiarvojen tulkinta on mahdollisimman loogista.¹⁰⁶

VAS-asteikko eli Visual Analogue Scale on mittarityyppi, joka on kehitetty erityisesti subjektiivisten asioiden, kuten kivun, mielihyvän tai mielipiteen mittaamiseen. VAS-mittareita on erilaisia, mutta yksi tavallisimmista mittareista on 10 cm jana, jonka ääripäiden väliin vastaaja merkitsee mielipiteensä parhaaksi katsomaansa kohtaan. Mittarin etuna on, että vastaaja voi antaa arvoja numeroarvojen väliltä. Esimerkiksi sen sijaan, että pitäisi valita edustaako mielipide vaihtoehtoa 4 vai 5, voi antaa vastauksen vaihtoehtojen välistä. Tutkijan kannalta tämä tarkoittaa saatavaa tietoa. Toisaalta, koska vaihtoehdot on kuvattu sanallisesti vain janan molemmissa päissä, voi saatava tieto olla Likert-asteikkoa karkeampaa, kun VAS- mittarissa käytetylle skaalalle ei saada sanallisia ilmaistuja numeroita.¹⁰⁷

Suhdeasteikko on myös yksi välimatka-asteikon tyyppi. Tällaisia muuttujia voivat olla esimerkiksi paino, pituus, rahan käyttö tai vaikkapa poissaolokerrat. Suhdeasteikolla muuttujaa kuvaa se, että kun jokin ominaisuus loppuu, se voidaan ilmaista kaikilla mitattavilla yksikäsitteisesti.¹⁰⁷ Suhdeasteikollisilla muuttujilla on siis yksiselitteinen nollakohta. Suhdeasteikon avulla voidaan myös mitata kuinka moninkertainen jonkin muuttujan arvo on toiseen verrattuna tai laskea muuttujalle tunnuslukuja, kuten keskiarvo.¹⁰⁸

Absoluuttinen asteikko on mitta-asteikko, jossa muuttujan arvolla voi olla vain yksi merkitys. Absoluuttisella asteikolla voidaan mitata esimerkiksi lukumääriä. Vaikkapa virhei-

¹⁰⁶ Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus, s. 53-54.

¹⁰⁷ Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 48.

¹⁰⁸ Heikkilä, T. 2014. Kvantitatiivinen tutkimus, s. 61-62.

den lukumäärää mitattaessa voidaan käyttää absoluuttista asteikkoa, sillä virheiden lukumäärää voidaan ilmaista yksikäsitteisesti lukumäärinä 0,1,2 jne.¹⁰⁹

Mittarin kysymyksiä asetettaessa tulee olla huolellinen ja varmistaa, että jokainen kysymys on tarpeellinen ja mahdollistaa kerättävän tiedon saamisen halutussa muodossa. Tulee myös katsoa, että kysytään ainoastaan yhtä asiaa kerrallaan. Lisäksi kysymysten ei tule olla liian pitkiä, monimutkaisia tai johdattelevia. Kysymysten tulee olla yksiselitteisesti ja selkeästi ilmaistuja ja niiden kieliasun tulee olla virheetön ja korrekti. Slangia ja sivistyssanoja tulisi välttää ja erikoissanastoa käyttää harkiten. Tyylikeinoja, kuten tekstin alleviivausta tai lihavoitua voi käyttää kysymysten olennaisten asioiden korostamiseksi tarvittaessa.¹¹⁰

4.5 Mittarin luotettavuus

Mittarin luotettavuudesta kertovat sen reliabiliteetti ja validiteetti. Mikäli uuden mittarin kehittämistä varten tehtävien tutkimusten yhteydessä löytyy jo kehitetty vastaava mittari, jonka reliabiliteetti ja validiteetti on tutkittu, on sen käyttö suositeltavaa. Tällöin mittarin luotettavuus on tutkittu ja mittaria on sen lisäksi yleensä testattu riittävän suurella henkilömäärällä. Mittarin sopivuus omalle tutkimuskohteelle tulee toki aina tarkistaa.¹¹¹ Mittarin luotettavuus vaikuttaa aina suoraan verrannollisesti tutkimuksen luotettavuuteen, sillä luotettava mittari antaa luotettavia tutkimustuloksia.¹¹²

Mittarin luotettavuutta kuvataan reliabiliteetilla ja validiteetilla, jotka molemmat tarkoittavat luotettavuutta, vaikka näkökulma on hieman eri. Reliabiliteetin avulla selvitetään tutkimuksen toistettavuutta, kun taas validiteetin avulla voidaan kertoa mitataanko mittarilla sitä, mitä on tarkoitus mitata.¹¹² Reliabiliteettia tutkimalla varmistetaan tulosten tarkkuus, ettei mittari tai tutkimus tuota sattumanvaraisia tuloksia. Tutkimustulosten pitää esimerkiksi olla samanlaisia mittaajasta riippumatta. Validiteetin avulla tutkitaan puolestaan mittarin pätevyyttä ja varmistetaan, että tutkija on asettanut mittarilleen tai tutkimukselleen riittävän täsmälliset tavoitteet. Tutkimuksen validiteettia tutkimalla voidaan varmistaa mittauksessa esiintyvän systemaattisen virheen puuttuminen. Tutki-

¹⁰⁹ Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 48.

¹¹⁰ Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus, s. 57.

¹¹¹ Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 43-44.

¹¹² Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 50.

muksen tai mittarin luotettavuuden tutkiminen kuuluu hyvän tutkimuksen perusvaatimuksiin ja se tulisi tehdä mittaria kehitettäessä.¹¹³

¹¹³ Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus, s. 29-30.

5 Kustannuslaskentaprosessin nykytila Finnmap Infra Oy:ssä

Tietomallipohjainen suunnittelu on hyvää vauhtia kehittynyt ja yleistynyt infra-alalla viime vuosina. Finnmap Infra Oy:ssä on useita hankkeita suunniteltu tietomallipohjaisesti, mutta tietomalleja hyödyntävä määrä- ja kustannuslaskenta vaatii vielä tutkimus- ja kehitystyötä. Yksi tämän insinööriyön päätavoitteista oli selvittää sekä määrä- ja kustannuslaskentaprosessin nykytila yrityksessä että suunnittelujärjestelmän tarjoamat mahdollisuudet tietomallipohjaiseen määrälaskentaan. Tässä luvussa työhön on dokumentoitu ja selostettu yrityksessä käytettävä nykyinen määrä- ja kustannuslaskentaprosessi, ja pyritty tunnistamaan prosessin ongelmakohdat. Lisäksi on tutkittu suunnittelujärjestelmän tarjoamia työkaluja, jotka soveltuisivat tietomalleja hyödyntävään määrälaskentaan. Luvussa on perehdytty myös määrä- ja kustannustiedon yhdistämiseen nykytilanteessa. Laskentaprosessiin on tutustuttu työtehtävien kautta, eli tekemällä määrä- ja kustannuslaskentaa suunnitteluprojektien yhteydessä.

5.1 Määrä- ja kustannuslaskentaprosessin nykytila

Nykyisin määrä- ja kustannuslaskennan prosessi sijoittuu Finnmap Infra Oy:ssä pääosin suunnitteluhankkeiden loppuvaiheeseen. Määrälaskenta voi suurissa hankkeissa viedä huomattavan paljon aikaa, sillä laskenta voi kestää muutamista päivistä jopa pariin viikkoon. Määrälaskentaa tehdään rakennuskustannusten selvittämiseksi tai tarvittaessa suunnittelun lomassa vaihtoehtovertailuja varten. Määrälaskentaa tehdään hankkeiden päämassojen osalta poikkileikkauspohjaisesti, minkä lisäksi joitain rakenteita ja varusteita on laskettava ja mitattava suunnitelmista manuaalisesti. Tulevaisuudessa tavoitteena on kuitenkin siirtyä tietomalleja kattavasti hyödyntävään määrälaskentaprosessiin.

Poikkileikkauspohjaisesti tehtävä määrälaskentaprosessi on dokumentoitu liitteeseen 1. Prosessikaaviosta voidaan havaita määrä- ja kustannuslaskennassa olevan useita välivaiheita, jotka kuitenkin ovat nykyisellä poikkileikkauspohjaisella määrälaskentavalla välttämättömiä laskentaprosessin kannalta. Useita välivaiheita sisältävän laskentaprosessin ongelmana on, että suunnitelmien päivittyessä suuri osa massa- ja määrälaskennasta voidaan joutua tekemään uudelleen. Tällainen tapaus voisi olla esimerkiksi tien tasauksen nostaminen tai laskeminen, jolloin rakenteisiin vaadittavat massa-

määrät muuttuvat¹¹⁴. Pahimmillaan yhden väylän tasauksen muuttaminen voi vaikuttaa myös siihen liittyviin väyliin, jolloin massa- ja määrälaskenta joudutaan suorittamaan uudelleen useammalla kuin yhdellä väylällä. Koska määrälaskentaprosessi perustuu nykyisin massojen osalta pääosin poikkileikkauspohjaiseen laskentatapaan, joudutaan suunnitelmamuutosten jälkeen päivittämään ja tarkastamaan myös paalukohtaiset poikkileikkaukset. Pahimmassa tapauksessa paalukohtaisia poikkileikkauksia joudutaan korjailemaan jopa käsityönä, mikäli joitain yksityiskohtia ei ole mallinnettu varsinaiseen suunnitelmaan riittävän tarkasti. Myös massansiirron suunnittelua tehtäessä voidaan joutua vielä muuttamaan suunnitelmia, mikäli hankkeen massatasapaino ei ole riittävällä tasolla¹¹⁵.

Väyläsuunnittelu tehdään nykyisin pääosin mallintamalla, joten mahdollisuus tietomallipohjaisen määrälaskennan suorittamiseen on suunnittelun näkökulmasta olemassa, kunhan suunnittelujärjestelmä tarjoaa sopivat työkalut määrälaskentaan. Kuten aiemmin mainittiin, joudutaan poikkileikkauspohjaisen määrälaskennan lisäksi osa määristä laskemaan suunnitelmista yksitellen käsityönä. Tällaisia suunnitelman rakennusosia ovat esimerkiksi väylien varusteet, kuten vaikka katokset, roska-astiat ja penkit. Määrälaskenta jaotellaan aina lopulta laskentatavasta riippumatta InfraRYL:n mukaisin litte-roin Infra-nimikkeistön määrämittaushjetta noudattaen.

Määrälaskennan yhteydessä määrätietoa yhdistetään kustannustietoon Rapal Oy:n Fore-palvelussa. Määrä- ja kustannustiedon yhdistäminen voidaan tehdä esimerkiksi väylä kerrallaan tai tekniikkalajeittain. Suunnittelujärjestelmästä laskettavat määrätiedot voidaan ensin kerätä Excel-tiedostoon, josta ne viedään Foreen joko yksitellen tai laskentataulukon tuontitoiminnolla. Etenkin päämassojen osalta laskennan välivaiheena käytetään lähes aina Excel-tiedostoa, mutta määrätietojen syöttäminen Foreen saate-taan silti tehdä käsityönä. Foressa kustannustietoon sisältyy hanke- ja rakennusosa-kohtaisesti muun muassa työ-, materiaali- ja kuljetuskustannuksia. Oletuksena kuitenkin useissa hanke- ja rakennusosissa on, että kuljetuskustannukset sisältyvät rakennusosan yksikköhintaan yhteen kilometriin saakka¹¹⁶. Kuljetuskustannuksia lisätään siten kustannuslaskelmaan rakennusosakohtaisesti myös käsin, jotta voidaan varmistua riittävän pitkien kuljetusmatkojen huomioimisesta ja niiden kustannuksiin varautumisesta kustannusarviossa. Kuljetuskustannukset voivat olla merkittävän suuri osa rakennekerrosten rakennuskustannuksista.

¹¹⁴ RIL ry. 2006. RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, s. 60.

¹¹⁵ Janhunen, N. Henkilökohtainen tiedonanto 13.10.2015.

¹¹⁶ Rapal Oy. 2011. Infrarakentamisen kustannushallinnan ohje Helsingin kaupungille, s. 9.

5.2 Määrälaskentaprosessin välineet ja työkalut Bentleyyn suunnittelujärjestelmässä

Massa- ja määrälaskennan työkaluja tutkitaan Bentleyyn PowerCivil for Finland V8i SS4 -suunnitteluohjelmistossa sekä internetlähteistä. Tavoitteena on selvittää mitä kyseisellä suunnitteluohjelmiston versiolla pystytään tekemään ja mitä uusia ominaisuuksia aiempiin massa- ja määrälaskennan työkaluihin verrattuna suunnittelujärjestelmässä on. Tutkittaessa eri työkalujen toimintaa pohditaan työkalujen kehitystarpeita ajantasaisen määrä- ja kustannuslaskennan mahdollistamiseksi.

5.2.1 Poikkileikkauspohjainen määrälaskentatyökalu

Poikkileikkauspohjaista määrä- ja massalaskentaa voidaan suorittaa End-area volumes -työkalun avulla. Työkalun ominaisuuksia on havainnollistettu taulukossa 1. Vastaavaa työkalua käytetään nykyisin väylän massalaskennassa. Työkalu vaatii toimiakseen Bentleyyn PowerCivil SS4 -versiolla mallinnetun väylän sekä siitä halutuina paaluvälein erilliseen tiedostoon tehdyt poikkileikkauskuvannot. Yleisesti poikkileikkaukset tehdään 20 metrin välein. Työkalun avulla voidaan laskea massamäärät poikkileikkausten mukaisin paaluvälein jaoteltuna.¹¹⁷ Ongelmana on kuitenkin tietomallinnuksen avulla suunnitellun tarkan tiedon yksinkertaistuminen, kun laskentatyökalun avulla saatavat massamäärät ovat keskiarvoja poikkileikkausten väleillä tapahtuvista muutoksista. Tästä poikkileikkauspohjaisen laskennan aiheuttamasta tiedon yksinkertaistamisesta yritetään tietomallipohjaisen massa- ja määrälaskennan avulla päästä eroon. End-area volumes -työkalun ongelmaksi tiedon yksinkertaistamisen lisäksi määrälaskentaprosessia tutkittaessa on todettu sen vaatimat useat työvaiheet ennen varsinaista massalaskentaa.

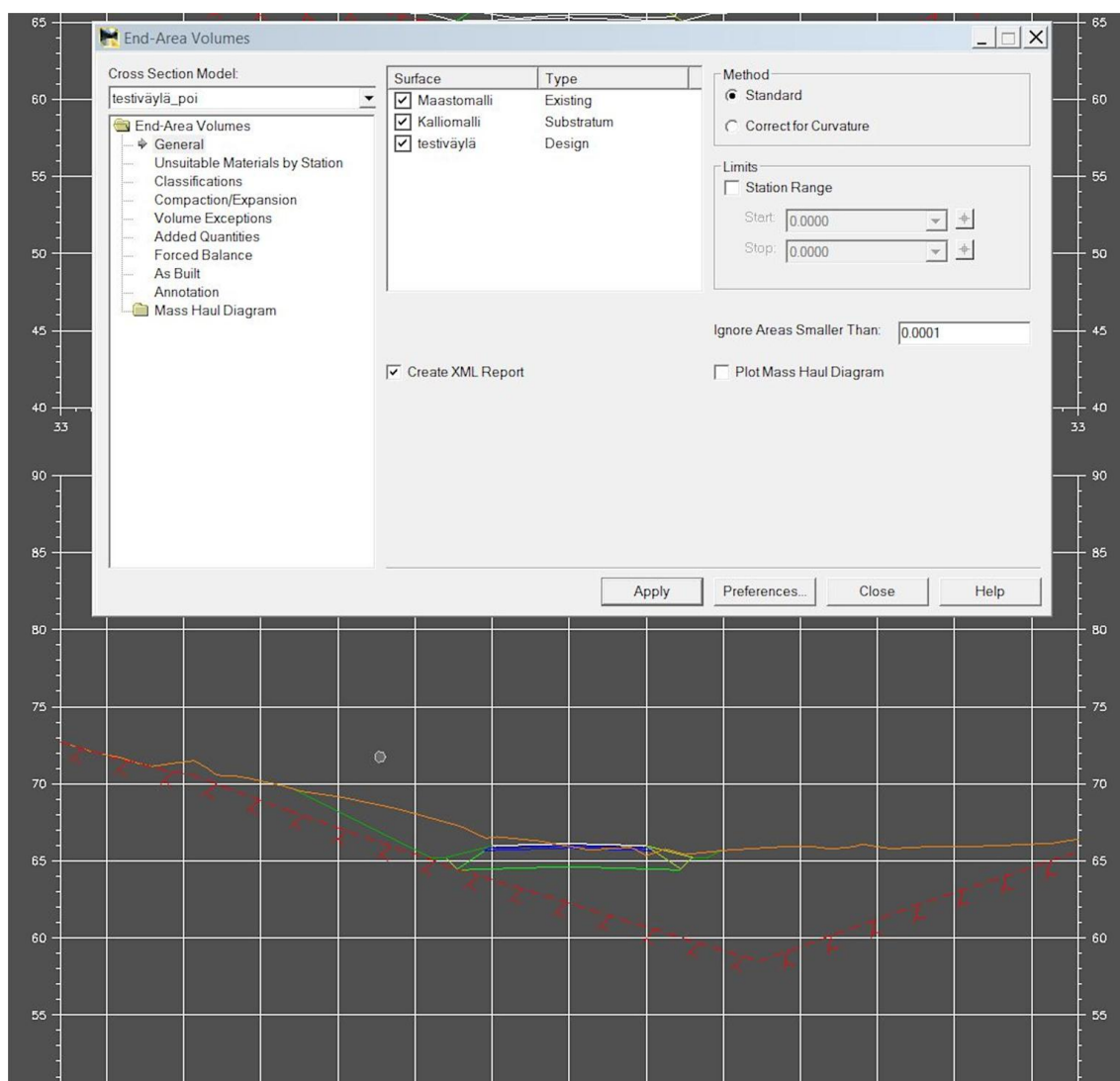
¹¹⁷ Bentley Communities -internetsivut. 2015. Civil Design Wiki. Component Quantities - What are my options using OpenRoads?

Taulukko 1. End-area volumes -massalaskentatyökalun ominaisuudet.

Ominaisuudet									
Työkalu	Massojen laskenta suoraan väylästä (ei tarvita poikkileikkauksia)	Huomioi massalaskennassa väylän epäjatkuvuuden (ei laske clip-toiminnolla poistetun osan massoja)	Laskee massat paaluväleittäin	Laskee leikkaus- ja täyttömassat	Laskee pintamaan- tai mullan poiston	Laskee louhittavat massat	Yksikkökustannukset unit cost -kentän kautta *)	XML-raportti saatavissa ja voidaan muokata xsl-tiedostoilla	Huomiot
Corridor Modeling: End-area volumes		X	X	X	X	X *)		X	Vanha poikkileikkausperusteinen tapa laskea, pyritään pois tästä
Huomiot						*) Laskee louhittavan kallion määrän kun verrataan väylän rakennetta kalliomalliin			

Huonoista puolistaan huolimatta End-area volumes -työkalu sisältää massa- ja määrälaskennalle välttämättömiä ominaisuuksia, joita ei muilla suunnittelujärjestelmän työkaluilla vielä ole. Työkalun avulla voidaan laskea poikkileikkauksissa esitettyjen väylän rakenteiden massamäärät sekä leikkaus- ja täyttömassat mukaan lukien louhinta. Lisäksi pystytään laskemaan pintamaan- ja mullan poisto halutulta alueelta, mikä ei ole mahdollista muilla suunnittelujärjestelmän massalaskennan työkaluilla. Pintamaan poiston alue voidaan poikkileikkauksilaskennan yhteydessä määrittää paaluväleittäin, mutta alueena pintaan viety rajausta pintamaan poistosta on poistettu ohjelmistoversiosta. Poikkileikkauksipohjaisessa massalaskennassa pystytään myös huomioimaan väylästä poistetut osat ja epäjatkuvuuskohtat paaluväleittäin (kuva 8).¹¹⁸

¹¹⁸ Bentley Communities -internetsivut. 2015. Civil Design Wiki. Component Quantities - What are my options using OpenRoads?



Kuva 8. End-area volumes -työkalun ikkuna ja väylän poikkileikkaus. Määrälaskentaan halutun paaluvälin voi määrittää työkaluikkunan Station range -kohdasta.¹¹⁹

Tällä työkalulla tehtävä massalaskenta tuottaa raporttina xml-muotoiset tiedot laskettavan kohteen rakenteista ja määristä, jotka voidaan muuntaa haluttuun muotoon xsl-tiedostojen avulla.¹²⁰ Raportti voidaan muuttaa esimerkiksi tien rakennussuunnitelman asiakirjoja varten vaadittavaan paalukohtaisen massaluettelon muotoa vastaavaksi (taulukko 2). Kustannustietojen liittämistä määrätietoon on tutkittu Finnmap Infra Oy:n sisäisesti aiemmalla ohjelmistoversiolla ja on todettu, että kustannustietoja ei voida liittää määrätietoon suunnittelujärjestelmässä nykyisillä työkaluilla.¹²¹ End-area volumes

¹¹⁹ Kuvakaappaus PowerCivil SS4 –suunnittelujärjestelmästä.

¹²⁰ Bentley Communities -internetsivut. 2015. Civil Design Wiki. Component Quantities - What are my options using OpenRoads?

¹²¹ Brax, J., Sundberg, R. 2011. Massat MicroStationista Foren.

-työkaluun ei ole ohjelmistokehityksenkään myötä lisätty mahdollisuutta yhdistää kustannustietoja poikkileikkauksista laskettaviin määriin.

Taulukko 2. Testiväylällä tehdystä määrälaskennasta tehty paalukohtainen massataulukko.¹²²

Paalu	Leikkaus	Kalliomalli	Taytto	Päällystekerros	Kantavakerros	Irtilouhinta	Kallioleikkaus	vis_luiskat	vis_päällyste	Luiskatäyttö	Jakavakerros
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.000	42	670	0	14	16	85	0	0	0	47	0
40.000	44	1552	4	27	32	171	0	0	0	135	0
60.000	114	1008	7	27	32	171	0	0	0	151	0
80.000	426	126	3	27	32	85	0	0	0	94	155
100.000	698	0	0	27	32	0	0	0	0	59	310
120.000	878	1	0	27	32	0	0	0	0	56	309
140.000	896	1	0	27	32	0	0	0	0	56	309
160.000	470	0	0	27	32	0	0	0	0	69	310
180.000	89	0	14	27	32	0	0	0	0	109	310
200.000	39	18	103	27	32	0	0	0	0	189	310
220.000	28	81	111	27	32	0	0	0	0	202	310
240.000	368	358	22	27	32	85	0	0	0	127	155
260.000	679	1044	0	27	32	171	0	0	0	112	0
280.000	321	1954	12	27	32	171	0	0	0	131	0
300.000	67	2503	12	27	32	171	0	0	0	131	0
320.000	85	2581	0	27	32	171	0	0	0	131	0
327.949	7	511	0	5	6	34	0	0	0	26	0

5.2.2 Komponenttipohjainen määrälaskentatyökalu

Väylärakenteen komponenteista voidaan suorittaa määrälaskentaa Component quantities -työkalulla. Component quantities -työkalulla voidaan suorittaa massalaskenta suoraan mallinnetusta väylästä, eikä suunnitelmasta tarvitse luoda poikkileikkauksuvantoja massalaskentaa varten. Massalaskentatyökalun ominaisuuksia on havainnollistettu taulukossa 3. Työkalulla saadaan laskettua ainoastaan Bentleyyn PowerCivil SS4 -versiolla mallinnettuja väyliä. Component quantities laskee väylälle suunniteltujen rakennekerrosten massamäärät sekä leikkauksen ja täytön, pois lukien louhittavan kalliön määrän.¹²³

¹²² Kuvakaappaus PowerCivil SS4 –suunnittelujärjestelmästä.

¹²³ Bentley Communities -internetsivut. 2015. Civil Design Wiki. Component Quantities - What are my options using OpenRoads?

Taulukko 3. Component quantities -massalaskentatyökalun ominaisuudet.

Työkalu	Ominaisuudet								Huomiot
	Massojen laskenta suoraan väylästä (ei tarvita poikkileikkauksia)	Huomioi massalaskennassa väylän epäjatkuvuuden (ei laske clip-toiminnolla poistetun osan massoja)	Laskee massat paaluväleittäin	Laskee leikkaus- ja täyttömassat	Laskee pintamaan- tai mullan poiston	Laskee louhittavat massat	Yksikkökustannukset unit cost -kentän kautta *)	XML-raportti saatavissa ja voidaan muokata xsl-tiedoilla	
Corridor Modeling: Component quantities	X		X	X			X *)	X *)	Parhaat lähtökohdat kehittämiselle tämän työkalun pohjalta. Tarve olisi lähinnä puuttuvien End-area volumens-työkalun ominaisuuksien liittämiseen työkaluun
Huomiot							*) ei voida syöttää tietokannasta, naputeltava käsin ennen raporttia	*) InRoadsin xsl-tiedostot täytyy muokata PowerCivil SS4:lle toimiviksi	

Component quantities -työkalu ei huomioi väylän epäjatkuvuuksia, vaan laskee koko väylän rakenteet.¹²⁴ Työkalua käytettäessä tulisikin väylän mallinnusvaiheessa huomioida, että väylän rakenteet on mallinnettu vain niiltä osin, kun ne on tarkoitus rakentaa. Työkalulla ei siten saada suoraan louhintojen määrätietoja, vaikka suunnittelukohteesta olisikin kalliomalli. Irtilouhinta taas muodostuu väylärakenteen leikatessa kallionpinnan, jolloin työkalu laskee koko jakavan kerroksen osuuden irtilouhintarakenteeksi. Työkalu ei siis osaa laskea louhittavan kallion osuutta väylällä, vaan se täytyy selvittää erillisten laskentojen kautta, joissa väylän rakennetta verrataan kallionpintamalliin.

Työkalu laskee massat paaluväleittäin, mikä käy ilmi laskennasta saatavasta xml-muotoisesta raportista. Laskennassa käytettävään paaluväliin voidaan vaikuttaa väylän suunnitteluvaiheessa kun valitaan kuinka usein poikkileikkausmalli ”pudotetaan” väylän suuntaukseen. Suunnittelujärjestelmän design stages -valikon kautta voidaan vaikuttaa kerrointa käyttämällä siihen kuinka tiheästi olevista poikkileikkauksista väylä muodostuu. Jos suunnitteluvaiheessa valitaan poikkileikkauksen pudotusväliksi 5 metriä ja design stages -valikossa käytetään kerrointa kaksi, muodostuu väylä 10 metrin välein suunnitelmaan. Component quantities -työkalu käyttää tätä pudotusvälin ja kertoimen avulla saatua lukemaa massalaskennassa ja suorittaa laskennan siten esimerkiväylällä 10 metrin paaluvälein. Mitä pidempää paaluväliä laskennassa käytetään, sitä epätarkempi tulos laskennasta saadaan. Etenkin kohdissa, jossa väylässä on pysty- tai vaa-

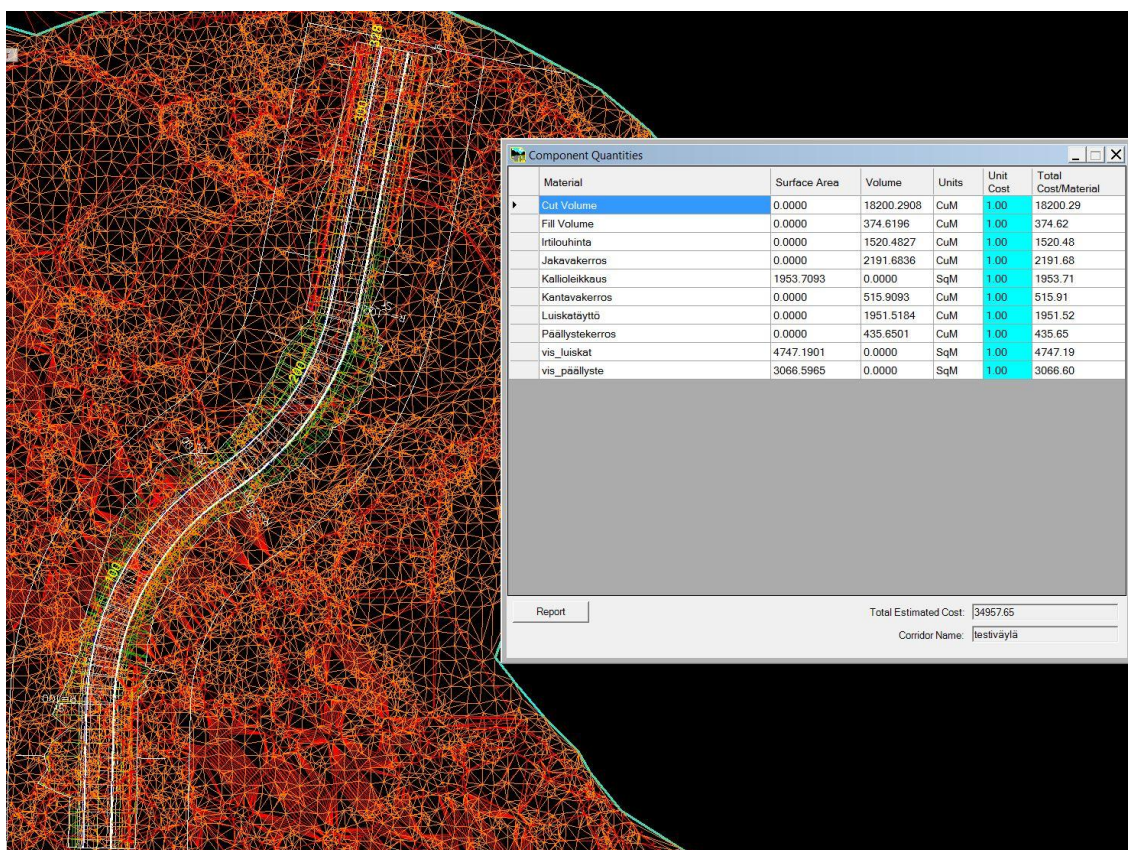
¹²⁴ Bentley Communities -internetsivut. 2015. Civil Design Wiki. Component Quantities - What are my options using OpenRoads?

kakaarre, olisi laskennan tarkkuuden parantamiseksi tarpeen käyttää tiheämpää paaluväliä tai erilaisia paaluväliä kaarteissa tihentäviä asetuksia¹²⁵.

Suunnitelmassa käytettävää poikkileikkausmallin pudotusväliä tulisi pohtia hankekohdaisesti riippuen suunnitelman tarkkuudesta ja suunnittelukohteen tyypistä. Rakennussuunnitteluvaiheessa olisi siten tarpeen käyttää tiheämpää väliä poikkileikkauksissa kuin esimerkiksi tie- tai yleissuunnitelmavaiheessa. Myös suunnittelukohteen vaikutus käytettävään paaluväliin tulisi huomioida suunnittelua aloitettaessa. Mitä suurempaa mitoitusnopeutta suunniteltavalla väylällä käytetään, sitä pidemmällä välillä erilaiset poikkileikkauksen muutokset väylällä tapahtuvat. Tämä vaikuttaa myös suunnitelmassa ja massalaskennassa käytettävään poikkileikkausväliin, jolloin esimerkiksi moottoritieellä metrin välein tehtävä suunnittelu olisi ylimitoitettua, mutta taas pienipiirteisellä kadulla metrin välein pudotettu poikkileikkaus antaisi varmasti sekä suunnittelun että määrälaskennan kannalta sopivan tarkat tulokset. Tiesuunnittelussa on Finnmap Infra Oy:ssä yleisesti käytetty poikkileikkauksen pudotusvälinä viittä metriä, jonka voidaan katsoa tuottavan kaarteissa tiheämpää paaluväliä käytettäessä riittävän tarkan tuloksen väylän massamääriä laskettaessa.¹²⁶

¹²⁵ Hartikainen, P. 2013. Tien rakennussuunnitelma toimintaohjeet, s. 32

¹²⁶ Janhunen, N. Henkilökohtainen tiedonanto 8.9.2015.



Kuva 9. Testiväylästä Component quantities -työkalulla lasketut määrätiedot. Unit cost – kenttään voi syöttää manuaalisesti rakenteiden yksikköhintoja.¹²⁷

Component quantities -työkalulla laskettuihin massamääriin voidaan yhdistää kustannustietoa rakenteiden yksikkökustannuksista unit cost -kentän kautta (kuva 9).¹²⁸ Unit cost -kentän kustannustietoja ei kuitenkaan voi ajaa suunnittelujärjestelmään esimerkiksi tietokannan kautta, vaan tiedot on syötettävä kenttiin yksitellen käsityönä.¹²⁹ Määrätiedoista saadaan End-area volumes -työkalun tapaan xml-muotoinen raportti, joka voidaan muuttaa xsl-tiedoston avulla haluttuun muotoon. Component quantities työkalulle tulisi kuitenkin muokata omia xsl-muuntotiedostoja, mikäli massat halutaan muuttaa esimerkiksi paalukohtaisen massataulukon muotoon. Xml-tiedostoja voidaan myös tuoda Exceliin ja muokata siellä haluttuun muotoon.

¹²⁷ Kuvakaappaus PowerCivil SS4 -suunnittelujärjestelmästä.

¹²⁸ Bentley Communities -internetsivut. 2015. Civil Design Wiki. Component Quantities - What are my options using OpenRoads?

¹²⁹ Bentley Communities -internetsivut. 2015. Component Quantities.

5.2.3 Muut massalaskennan työkalut suunnittelujärjestelmässä

PowerCivil for Finland V8i SS4 tarjoaa kaksi muuta massalaskennan työkalua edellä esiteltyjen lisäksi; Element component quantities -työkalun sekä Create cut & fill volumes -työkalun. Työkalujen ominaisuudet on havainnollistettu taulukossa 4.

Taulukko 4. Muiden massalaskentatyökalujen ominaisuudet.

Työkalu	Ominaisuudet								Huomiot
	Massojen laskenta suoraan väylästä (ei tarvita poikkileikkauksia)	Huomioi massalaskennassa väylän epäjatkuvuuden (ei laske clip-toiminnolla poistetun osan massoja)	Laskee massat paaluväleittäin	Laskee leikkaus- ja täyttömassat	Laskee pintamaan- tai mullan poiston	Laskee louhittavat massat	Yksikkökustannukset unit cost -kentän kautta *)	XML-raportti saatavissa ja voidaan muokata xsl-tiedostoilla	
Analysis & Reporting: Element component quantities	X	X	X				X	X *)	Laskee vain väylän komponenttien tilavuudet, ei huomioi maasto- tai kalliomallia laskennassa
Terrain modeling: create cut & fill volumes	(Vaatii terrain modelit väylän pinnoista, mutta ei poikkileikkauksia)			X (Kahta pintaa vertailemalla)		X (Jos tehdään tarvittavat pinnat ja vertaillaan niitä)			Soveltuu käytettäväksi erikoistapauksissa, mutta ei voida suorittaa täydellistä massalaskentaa
Huomiot								*) InRoadsin xsl-tiedostot täytyy muokata PowerCivil SS4:lle toimiviksi	

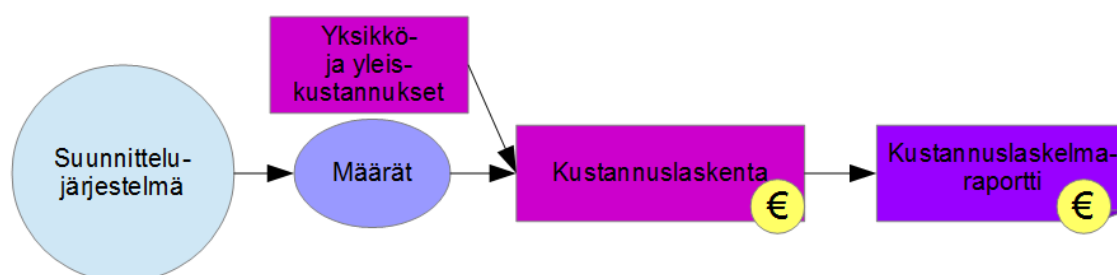
Element component quantities on Component quantities -työkalun kaltainen massalaskennan väline, joka laskee väylän massat paaluväleittäin suoraan väylästä, eikä vaadi poikkileikkauksia massalaskentaa varten. Työkalu huomioi väylän epäjatkuvuudet toisin kuin Component quantities -työkalu. Element component quantities -työkalun avulla ei kuitenkaan saada laskettua väylän leikkaus- ja täyttömassoja, koska työkalu ei vertaa väylän pintoja maasto-, maaperä- tai kalliomalleihin. Element component quantities -työkalun avulla ei myöskään voida laskea pintamaan tai mullan poistoa eikä louhittavia massoja. Kustannustiedon liittäminen määrätietoon on mahdollista unit cost -kentän kautta, mutta jokainen väylärakenteen osan yksikkökustannus on lisättävä yksitellen käsityönä suunnittelujärjestelmään. Element component quantities tuottaa määrälaskennasta xml-raportin, jota voidaan muiden raporttien tavoin muokata luettavampaan muotoon erillisillä xsl-tiedostoilla tai ohjelmilla, kuten esimerkiksi Excelillä.¹³⁰

¹³⁰ Bentley Communities -internetsivut. 2015. Civil Design Wiki. Component Quantities - What are my options using OpenRoads?

Terrain modeling -valikosta löytyvä Create cut & fill volumes -työkalu poikkeaa laskentavaltaan muista PowerCivil SS4:n massalaskennan työkaluista. Työkalulla voidaan vertailla eri pintojen välisiä tilavuuksia, mutta työkalu vaatii toimiakseen väylästä tehtävät pintamallit sekä vertailuun käytettävät maasto- ja kalliomallit. Työkalu ei sovellu massalaskennan suorittamiseen kokonaisuutena, mutta sillä voidaan erikoistapauksissa tarkastella eri pintojen välisiä tilavuuksia, leikkauksia ja täyttöjä.¹³¹ Työkalu voisi olla käytettävissä esimerkiksi louhittavan kallionpinnan tilavuuden selvittämiseen, mutta ratkaisu tietomallipohjaiseen määrälaskentaan työkalu ei ole. Työkalulla ei myöskään saada paaluväleittäin jaoteltuja massamääriä tai tilavuuksia eikä xml-muotoista raporttia määristä.¹³¹

5.3 Määrä- ja kustannustiedon yhdistäminen nykytilanteessa

Nykytilanteessa suunnitteluprosessin edetessä määrätieto yhdistetään kustannustietoon yleensä vasta kunkin suunnitteluvaiheen lopussa. Suunnittelun edetessä vaihtoehtovertiluja varten saatetaan kuitenkin tehdä rakennuskustannusten laskentaa suunnitteluvaiheen aikana. Liikenneviraston ja ELY-keskusten hankkeissa käytetään kustannuslaskennan työkaluna Rapal Oy:n Fore-palvelua.¹³² Mikäli suunnitelman taso mahdollistaa rakennusosittain tehtävän määrien mittaamisen, käytetään kaikissa hankkeen vaiheissa Foren rakennusosapohjaista Rola-ohjelmistoa.¹³³



Kuva 10. Yksinkertaistettu prosessikaavio määrä- ja kustannuslaskennan prosessin nykytilasta.

Kuvassa 10 on havainnollistettu hyvin yksinkertaistettua määrä- ja kustannuslaskennan prosessia nykytilassa. Nykyisin menetelmin määrä- ja kustannustietoa toisiinsa yhdistettäessä lasketaan suunnitelmasta ensin määrät, jotka käsin tai rajapinnan avulla siir-

¹³¹ Bentley Communities -internetsivut. 2015. Civil Design Wiki. Component Quantities - What are my options using OpenRoads?

¹³² Montin, P. ym. 2011. Fore-palvelu väylähankkeiden kustannushallinnassa, s.7.

¹³³ Liikennevirasto. 2014. Tiehankkeiden mallipohjaisen suunnittelun hallinta, s. 11.

retään Rola-palveluun, jossa kustannuslaskenta tehdään. Tällä hetkellä rajapintana voidaan käyttää Excel-tiedostoa, jossa määrät on jaoteltu InfraRYL 2015 määrämitysohjeen mukaisille nimikkeille.¹³⁴ Rolassa määrätieto yhdistetään yksikkökustannuksiin nimikkeiden mukaisesti. Kustannuslaskelmaan lisätään sitten rakennusosien materiaalien kuljetuskustannukset tarvittavilta osin ja muut rakennusosien määriin kulumattomat kustannukset sekä riskivaraukset, yleiskustannukset sekä tilaajan kustannukset prosenttiosuuksina rakennusosalaskelmasta. Lopuksi valmis rakennusosat ja hankekustannukset sisältävä kustannuslaskelma tarkastetaan ja siitä tuotetaan suunnitteluvaiheen arvio hankkeen toteutuskustannuksista kustannuslaskelmaraporttina.

Suunnittelija näkee suunnitteluratkaisujen rakennuskustannukset kustannuslaskentavaiheessa, minkä lisäksi ne tulostuvat kustannuslaskelman raporttiin. Voidakseen siis tehdä kustannusvertailua eri suunnitelmavaihtoehdoille, tulee määrä ja kustannuslaskennan prosessi viedä kustannuslaskentavaiheeseen saakka. Mikäli halutaan tehdä nopea vertailu eri suunnitelmavaihtoehtojen kustannuksista, voidaan kustannuslaskennassa käyttää vain hankkeen päämassojen massamääriä ja tarvittaessa muiden merkittävimpien rakennusosien määrätietoja.

¹³⁴ Fore – UKK, Rola -internetsivu.

6 Tietomallipohjainen laskenta ja sen luotettavuuden mittarointi

Tässä luvussa esitellään insinööriyön tulokset. Työn tuloksena on ensin kerätty tietomallipohjaisen kustannuslaskennan mahdollistamiseksi vaadittavia kehitystarpeita Finnmap Infra Oy:n näkökulmasta. Kehitystarpeiden lisäksi työn tuloksena on laadittu suunnitteluvaiheen kustannusarvion luotettavuutta kuvaava mittari.

6.1 Tietomallipohjaisen laskennan edellytykset

Jotta väyläsuunnittelussa voitaisiin siirtyä tietomallipohjaiseen määrälaskentaan ja hallita toteutuskustannustietoja ajantasaisesti suunnittelun edetessä, vaaditaan paljon kehitystyötä. Tarvittavat kehityskohteet vaihtelevat yritysten sisäisesti tehtävästä kehitystyöstä suunnittelujärjestelmien kehitystarpeisiin ja palvelujen, kuten Foren tai vastaavan työkalun, kehittämiseen. Lähtökohtana ajantasaiselle toteutuskustannusten seurannalle on tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan mahdollistaminen ja käyttöönotto alan yleisenä toimintatapana. Koko infrasuunnittelualan kehitystyötä vaaditaan ennen kuin ajantasainen toteutuskustannusten seuranta on käytännössä mahdollista. Tässä luvussa kehitystarpeita tarkastellaan erityisesti Finnmap Infra Oy:n näkökulmasta. Kehitystarpeita tutkittiin teemahaastattelujen avulla, joita tehtiin opinnäyteyön aikana viisi kappaletta. Teemahaastattelujen pohjalta kerätyt kehitystarpeet on esitelty luvuissa 6.1.1–6.1.4.

Teemahaastatteluissa haastateltaviksi valittiin viisi yrityksen eri suunnittelualoja edustavaa kokenutta suunnittelijaa (liite 4). Haastateltavista kaksi oli tietekniikan suunnittelijoita, yksi geoteknisen alan suunnittelija sekä yksi katu- ja vesihuollon suunnittelija. Tämän lisäksi teemahaastatteluihin valittiin mukaan yrityksen kehityspäällikkö. Suunnittelukokemusta vastaajille oli kertynyt 5-10 vuotta, pois lukien kehityspäällikkö, jonka työnkuvaan ei kuulu suunnittelutyötä. Teemahaastattelut toteutettiin 11.3.–22.3.2016 välisenä aikana Finnmap Infra Oy:ssä. Teemahaastattelun kysymykset on esitetty liitteessä 3 ja vastaukset on koottu liitteeseen 5.

6.1.1 Finnmap Infra Oy:n sisäiset kehitystarpeet

Yrityksen sisäisiä kehitystarpeita kartoitettaessa teemahaastatteluissa selvisi, että hankkeissa tehdään määrälaskentaa sekä käsin kuvista mittaamalla, poikkileikkauspohjaisesti että tietomallista. Hyviä kokemuksia määrälaskennasta oli saatu niin poikkileikkauspohjaisesti tehtävällä laskentatavalla kuin tietomallipohjaisella laskentamenetelmälläkin. Geotekniikan suunnittelussa laskettavat määrät olivat niin vähäisiä, että määrälaskentaprosessia ei koettu erityisen kuormittavaksi. Määrien laskentaan käytettiinkin pääosin manuaalista laskentatapaa. Myös katusuunnittelussa määriä laskettiin pääsääntöisesti piirtämällä laskettavista pinta-aloista kappaleita ja niiden avulla laskettiin määriä joko pinta-aloittain tai tilavuuksina. Katusuunnittelussa tietomallinnuksen koettiin olevan vielä melko vähäistä, vaikka tietomallipohjaista suunnittelua onkin viime aikoina vaadittu aiempaa enemmän. Vesihuollon osalta tietomallipohjaisuutta voitiin hyödyntää määrälaskennassa tulostamalla suunnittelujärjestelmästä kaivojen ja putkien määrät suoraan suunnitelmamallista. Tiesuunnittelussa tietomallipohjaista laskentatapaa kerrottiin käytettävän poikkileikkauspohjaisen laskentamenetelmän rinnalla lähinnä nopeiden vaihtoehtovertailujen määrälaskennassa. Teemahaastatteluissa kuitenkin koettiin, että hankkeen aikana tehtävää määrälaskentaa tulisi tehdä enemmän tietomallipohjaisesti, ja siitä tulisi tehdä nykyistä rutiinomaisempaa. Yleisesti koettiin, että tietomallipohjaiseen laskentatapaan siirtymiseen tulisi panostaa. Tietomallipohjaiseen laskentaan siirryttäessä toimintatapoja tulisi yhtenäistää ja pohtia miten tietomallipohjaista laskentaa voidaan hyödyntää parhaiten.¹³⁵

Tutkittaessa Finnmap Infra Oy:n massa- ja määrälaskentakäytäntöjä kävi siis ilmi, että suunnittelijat tekevät massa- ja määrälaskentaa hieman eri tavoin. Sekä geotekniikan että katusuunnittelun osastoilla todettiin, että heidän pitäisi paremmin perehtyä tiehankkeiden määrälaskentamenetelmiin. Parhaiden toimintatapojen kartoitusta kaivattiin kuitenkin koko yrityksen laajuisesti ja osastojen sisällä kaivattiin toimintatapojen yhtenäistämistä projektista riippumatta. Teemahaastatteluissa toivottiin, että parhaat työtavat ja -menetelmät selvitettäisiin, dokumentoitaisiin ja otettaisiin koko yrityksen laajuisesti käyttöön.¹³⁵ Työtapojen dokumentoinnissa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi työkentelymenetelmien videointia, jolloin niitä voitaisiin käyttää opetusmateriaalina. Yrityksen sisäisesti on laadittu joitakin kirjallisia ohjeistuksia suunnittelujärjestelmän käyttöoppaiksi, mutta kattava ohjeistus esimerkiksi tietomallipohjaisiin määrälaskentamene-

¹³⁵ Teemahaastattelu 1 -vastaukset. 2016.

telmiin puuttuu. Vaihtoehtona opetusvideoiden laatimiselle, tulisi suunnittelujärjestelmän kirjalliset ohjeistukset viimeistellä.

Teemahaastatteluissa kaikki vastaajat näkivät tietomallipohjaisen määrälaskennanhyväneä kehityssuuntana koko yrityksen laajuisesti. Geoteknisten rakenteiden sekä katusuunnittelun osalta tietomallipohjaisen määrälaskennan mahdollistamiseksi huomautettiin, että rakenteet tulisi voida mallintaa vaivatta. Nyt suunnittelu molemmilla osastoilla on edelleen paljolti vielä kaksiulotteista, jolloin tietomallipohjainen laskenta ei ole edes mahdollista. Jotta geoteknisten rakenteiden tietomallipohjainen määrälaskenta olisi mahdollista, tulisi esimerkiksi stabilointien, kevennysrakenteiden, tukiseinien ja tukiseinäelementtien mallintamista tutkia, jotta se palvelisi sekä suunnittelua että määrälaskentaa. Katusuunnittelussa puolestaan koettiin, että heidän käyttämänsä suunnittelujärjestelmä ei tue tiesuunnittelun kaltaista tietomallipohjaista suunnittelua. Koettiin, että tietomallinnuksen lisääntymisen kautta tulisi pyrkiä pois määrälaskentatavasta, jossa osa määrästä lasketaan tietomallista ja osa käsin mittaamalla. Tavoitetilana pidettiin tilannetta, jossa rakenteet mallinnettaisiin kokonaisuudessaan ja niiden osalta määrät saataisiin suoraan tulostettua ulos mallista ilman monimutkaisia määrälaskentaprosesseja.¹³⁶

Kustannuslaskennan osalta koettiin, että yrityksen sisällä olisi hyvä saada kehitettyä yleistä kustannustietoutta. Riskien hinnoittelun ja kustannusarvioiden luotettavuuden kehittäminen mainittiin myös kehitystarpeena. Tiesuunnittelussa määrä- ja kustannuslaskennan kehitystarpeiksi mainittiin hankkeen aikana tehtävän kustannushallinnan parantaminen. Katusuunnittelussa puolestaan tilaajien toimesta ei ole pyydetty hankkeiden aikana kustannuslaskentaa suunnitelman välivaiheista. Katusuunnittelussa käytäntönä oli ollut, että suunnitteluratkaisujen karsiminen oli melko harvinaista ja tarvittaessa tilaaja tekee päätöksen hankkeen rakentamisesta vaiheittain investointikustannusten jakamiseksi pidemmälle aikavälille.¹³⁶

6.1.2 Suunnittelujärjestelmän kehitystarpeet

Teemahaastatteluissa todettiin suunnittelujärjestelmän osalta, että tietomallipohjaisen laskennan tulisi kehittyä edelleen. Koettiin, että asian eteenpäin vieminen on suunnittelujärjestelmää kehittävän Bentleyyn vastuulla, eikä yksittäinen suunnitteluyritys voi asi-

¹³⁶ Teemahaastattelu 1 -vastaukset. 2016.

aan merkittävästi vaikuttaa paitsi tuomalla esiin kehitystoivomuksia ja -tarpeita. Suunnittelujärjestelmän PowerCivil SS4 -ohjelmistoversion todettiin toimivan hyvin, mutta kehittämiskohteitakin löydettiin. Bentley'n PowerCivil SS4 -ohjelmistoversio kerrottiin olevan käytössä vain teostasolla, ja muut suunnittelualat käyttävät joko aiempaa ohjelmistoversiota, PowerCivil SS3:a, tai sen lisäosia.¹³⁷

Teemahaastatteluissa todettiin tarve pystyä laskemaan tietomallipohjaisesti kaikki poikkileikkauspohjaisesti saatavat määrätiedot.¹³⁷ Kuten liitteessä 2 on havainnollistettu, ei tietomallipohjaista laskentaa käytävällä Component quantities -työkalulla voida laskea kaikkia samoja asioita, mitä taas poikkileikkauspohjaista laskentatapaa hyödyntävällä End-area volumes -työkalulla. Voidaankin todeta, että ajantasainen toteutuskustannusten laskenta ei ole nykyisillä työkaluilla mahdollista ja massalaskennan työkaluja tulee vielä kehittää paremmin tietomallinnusta hyödyntävään suuntaan.

Taulukko 5. Tietomallipohjaisen määrälaskennan tavoitetyökalun ominaisuudet

Työkalu	Ominaisuudet								
	Massojen laskenta suoraan väylästä (ei tarvita poikkileikkauksia)	Huomioi massalaskennassa väylän epäjatkuvuuden (ei laske clip-toiminnolla poistetun osan massoja)	Laskee massat paaluväleittäin	Laskee leikkaus- ja täyttömassat	Laskee pintamaan- tai mullan poiston	Laskee louhittavat massat	Yksikkökustannukset unit cost -kentän kautta *)	XML-raportti saatavissa ja voidaan muokata xsl-tiedostoilla	Huomiot
Tavoitetilan massalaskentatyökalu	X (Kuten Component quantities)	X (Paaluvälien hallinnan mahdollisuus)	X (Laskennassa koko väylän komponenttien tilavuus, mutta massojen jaottelu)	X (Kuten End-area volumes)	X (Kuten End-area volumes)	X	X (Yksikkökustannus vietävissä suunnittelujärjestelmään projektikohtaisen tietovaraston kautta)	X (Määrät saatava väylittäin ja paalukohtaisesti eroteltuina)	Tavoitteena saada suoraan tietomallinnetuista komponenteista tilavuuspohjaisesti laskeva massalaskentatyökalu

Tietomallipohjaisen määrälaskennan mahdollistamiseksi, on työssä luonnosteltu tarvittavan laskentatyökalun ominaisuuksia. Tavoiteltavan massalaskentatyökalun ominaisuuksia on esitelty taulukossa 5. Tavoitetilassa massalaskenta voitaisiin siis tehdä ilman poikkileikkauksikuvantoja suoraan tietomallinnetusta väylästä PowerCivilin Component quantities -työkalun tapaan. Työkalulla tulisi pystyä jaottelemaan väylän massat ja määrät paaluväleittäin, koska esimerkiksi urakoitsijat tarvitsevat hankkeen päämassat väyläkohtaisesti paaluväleille jaoteltuna. Myös massalaskennan onnistumista ja massamäärien oikeellisuutta pystyy tarkastelemaan helpommin, kun väylän massat on jaoteltu paaluväleittäin. Suunnittelijan näkökulmasta väylän massalaskentaa tulisi myös

¹³⁷ Teemahaastattelu 1 -vastaukset. 2016.

pystyä hallitsemaan paaluväleittäin ennen laskennan suorittamista päällekkäisyyksien välttämiseksi. Eli laskentavaiheessa väylälle tulisi voida määrittää paaluväli, jolta laskenta suoritetaan.

PowerCivilissä toimiva End-area volumes -työkalu sisältää monia hyviä ominaisuuksia, jotka toimisivat myös tietomallipohjaisessa massalaskennassa. Leikkaus- ja täyttömassojen laskenta on välttämätön ominaisuus myös tietomallipohjaisessa massalaskennassa luotettavan laskennan aikaansaamiseksi.¹³⁸ Leikkaus- ja täyttömassojen laskennassa tulisi pystyä huomioimaan myös mullan ja pintamaan poisto, mikä End-area volumes -työkalulla on mahdollista.¹³⁹ Leikkausmassoista myös kallion louhinta tulisi pystyä laskemaan tietomallipohjaisesti. Laskentatyökalun pitäisi siten pystyä vertailemaan mallinnettua väylää maanpintamallin lisäksi maaperä- tai kalliomalliin, johon kallionpinta on mittausten perusteella mallinnettu.¹³⁸

Component quantities sekä Element component quantities -työkaluille on annettu ominaisuus, jonka avulla mallista lasketuille rakennekerroksille pystyy antamaan yksikkökustannuksia Unit cost -kentän kautta.¹³⁹ Valitettavasti yksikkökustannukset on syötettävä jokaisen väylän laskennan yhteydessä käsityönä, mikä heikentää työkalun käytettävyyttä suuresti.¹⁴⁰ Kehitystarpeita tutkittaessa kaivattiin mahdollisuutta yhdistää kustannustietoja määrätietoon tietokantapohjaisesti. Koettiin, että mikäli yksikkökustannukset olisivat yhdistettävissä määriin jonkinlaisen suunnittelujärjestelmään linkitetyn tietovaraston kautta, voisi yksikkökustannuskentästä olla merkittävää hyötyä määrä- ja kustannuslaskennassa etenkin väylien välistä vertailua helpottavana tekijänä.¹³⁸

Teemahaastatteluissa toivottiin, että suunnittelujärjestelmästä määrätietojen ulos vieminen olisi nykyistä helpompaa. Ja toisaalta, että määrä- ja kustannustietojen yhdistämisen rajapinta olisi nykyistä kehittyneempi ja automatisoidumpi. Kehitysehdotuksena mainittiin esimerkiksi eräänlainen venti-toiminto, jonka avulla määrätieto saataisiin tulostettua Infra-nimikkeistön mukaisina litteroina suoraan ulos suunnittelujärjestelmästä.¹³⁸ Tavoitteena olisi saada määrätiedot suunnittelujärjestelmästä suoraan oikeanlaisessa muodossa ulos määräluetteloiksi ja myöhemmin saada määrätieto yhdistettyä kustannustietoon esimerkiksi jonkinlaisen rajapinnan avulla¹³⁸. Nykytilanteessa suunnittelujärjestelmästä saadaan määrätiedot xml-koodina, joka voidaan muokata haluttuun

¹³⁸ Teemahaastattelu 1 -vastaukset. 2016.

¹³⁹ Bentley Communities -internetsivut. 2015. Civil Design Wiki. Component Quantities – What are my options using OpenRoads?

¹⁴⁰ Bentley Communities -internetsivut. 2015. Component Quantities.

muotoon Excel-tiedostossa tai xsl-tiedoston avulla. Testattaessa määrälaskennan toimintoja ja työkaluja PowerCivil SS4-ohjelmistoversiolla huomattiin, että xml-raportin muuntotiedostot, joita on aiemmin käytetty InRoadsissa, eivät toimi PowerCivil SS4:ssä. Jotta määrätiedot olisi mahdollista saada nykyiseen tapaan halutussa taulukkomuodossa, tulisi aiempi InRoads-ohjelmistoversiolle tehty massalaskennan muuntotiedosto muokata PowerCivilissä toimivaksi. Muuntotiedoston kehitystyö olisi mahdollista tehdä yrityksen sisäisenä kehitystyönä. Muita sisäisen kehitystyön kohteita olisi suunnittelujärjestelmään liittyen ohjelman asetusten hallinta ja kehittäminen määrälaskennan ja kustannushallinnan näkökulmasta. Geo- ja katusuunnittelussa jo pelkkä siirtyminen tietomallinnukseen vaatii erityisesti suunnittelujärjestelmän asetusten muokkusta.¹⁴¹

6.1.3 Kustannustietopalvelun kehitystarpeet

Finnmap Infra Oy käyttää Rapal Oy:n tuottamaa Fore-palvelua suunnitteluprojektien rakennuskustannusten laskennassa ja hallinnassa. Erityisesti väyläsuunnitteluhankkeet ovat pääosin Liikenneviraston ja ELY-keskusten hankkeita, joissa on ohjeistettu käyttämään Forea kustannuslaskennan työkaluna.¹⁴² Fore-palvelulla on siten infra-alan suunnitteluhankkeissa hyvin tärkeä rooli kustannuslaskennan kehittämisessä tietomallinnusta hyödyntävään suuntaan, ellei infra-alalle synny muita vastaavia kattavia kustannustietoja tarjoavia palveluja.¹⁴¹

Teemahaastatteluissa todettiin, että suunnittelujärjestelmän ja Rapal Oy:n tarjoaman kustannustiedon palvelun välille kaivattiin tietomallipohjaista yhteyttä, sillä sen avulla pystyttäisiin tehostamaan kustannuslaskennan prosessia. Kustannus- ja määrätieto tulisi voida yhdistää suunnittelujärjestelmän ja kustannustietopalvelun välillä nykyistä tehokkaammin. Excel toimii tällä hetkellä ainoana rajapintana suunnittelujärjestelmästä saatavan määrätiedon ja kustannustiedon välillä määrätietojen käsin syötön lisäksi, joten tietomallipohjaista suunnittelua hyödyntävälle rajapinnalle olisi selkeä tarve. Vaihtoehtoisesti kustannustietoja pitäisi jakaa avoimemmin, jotta ajantasainen toteutuskustannusten seuranta olisi mahdollista suunnittelujärjestelmässä tai muualla kuin kustannustietoja toimittavassa palvelussa.¹⁴¹

¹⁴¹ Teemahaastattelu 1 -vastaukset. 2016.

¹⁴² Montin, P. ym. 2011. Fore-palvelu väylähankkeiden kustannushallinnassa, s. 7.

Teemahaastattelussa koettiin, että Foren tarjoamat kustannustiedot ovat pääosin luotettavia, mutta todettiin, ettei niihin aina voida luottaa. Esimerkkinä mainittiin päällysteet, joiden hintatietojen koettiin olevan virheellisiä todellisiin rakennuskustannuksiin verrattuna. Lisäksi kaivujen, tuettujen kaivantojen ja tukiseinien ja tukiseinäelementtien koettiin geosuunnittelun osalta olevan ongelmallisia. Myös erityisesti rakennustöitä hidastavien olosuhteiden, kuten vilkkaasti liikennöidyn väylän huomioiminen rakentamisen kustannuksissa koettiin olevan epätarkkaa. Koettiin, että kustannusten muodostumisen pitäisi olla selkeämpää ja läpinäkyvämpää, minkä lisäksi yksikköhinnan muodostuminen tulisi olla helposti tarkasteltavissa kustannuslaskentaa tehtäessä. Yksikköhinnan muodostavia seikkoja tulisi voida tutkia esimerkiksi silloin, kun louhitaan tai stabiloidaan pieniä määriä. Tällöin mobilisaatiokustannukset ovat suhteessa suuremmat kuin suurempia määriä louhittaessa tai stabiloitaessa ja Foren tietoihin perustuvaa yksikköhintaa tulisi voida säätää nykyistä helpommin. Toisaalta geoteknisten rakenteiden suunnittelussa Foren käytön todettiin olevan kuitenkin melko ongelmatonta, koska määrälaskenta on vähäistä vaikkapa tiesuunnitteluosastoon verrattuna.¹⁴³

Kehitystarpeena esitettiin, että Foren ja erityisesti Rolan yksikköhintojen muodostumisen älykkyyttä tulisi kehittää suunnittelijan näkökulmasta. Sen sijaan, että suunnittelijan tulisi nykyisellä tavalla valita rakennusosia lisätessä ovatko hankkeen rakennekerrosten määrät suuria määriä vai ei, voisi yksikköhinta kehittyä hankkeessa automaattisesti, jolloin tietyn raja-arvon ylittyessä kyseisen rakennusosan yksikköhinta laskisi automaattisesti. Myös kuljetuskustannusten lisäämiseen toivottiin nykyistä älykkäämpää ratkaisua. Ehdotettiin, että kuljetuskustannukset voitaisiin lisätä määriin nykyistä helpommin esimerkiksi käyttämällä oletusmatkaa, jonka mukaan Fore lisäisi automaattisesti päämassoihin kuljetusmatkat syötettyjen määrien mukaisesti. Oletusmatkaa olisi hyvä kuitenkin voida muokata rakennusosakohtaisesti tarpeen mukaan.¹⁴³

6.1.4 Muut mahdolliset välineet, ohjelmat ja työkalut

Määrä- ja kustannuslaskennassa suunnittelujärjestelmästä saatavaa määrätietoa käsitellään suunnittelujärjestelmän jälkeen yleensä Excel-tiedostoissa ennen tietojen viemistä Foreen. Yrityksen sisäisenä kehitystyönä on laadittu erilaisia Excel-taulukkoita, joiden avulla määrätietoa voidaan käsitellä haluttuun muotoon. Näiden taulukoiden toimintaa tulisi tutkia ja valita suunnittelualoittain parhaat toimintatavat ja sen pohjalta

¹⁴³ Teemahaastattelu 1 -vastaukset. 2016.

kehittää jokaiselle suunnittelualalle oma Excel-tiedosto määrätietojen muokkausta varten. Taulukot on nykyisin laadittu hankkeen lopussa tehtävää määrälaskentaa varten, mutta kehitystyössä tulisi huomioida myös hankkeen aikana tehtävän kustannushallinnan näkökulma.¹⁴⁴

6.1.5 Suunnitteluvaiheen tietomallipohjaisen kustannushallinnan mahdollistaminen

Tietomallipohjaisen massa- ja määrälaskennan etu on poikkileikkauspohjaiseen laskentaan verrattuna tietomallista saatavan massa- ja määrätiedon hyvä tarkkuustaso sekä mahdollisuus siirtää eri rakenneosien metatietoja määrälaskentaprosessin mukana kustannusarvioon. Ajantasaisen rakennuskustannusten seurannan kannalta poikkileikkauspohjainen massamäärien laskenta ei ole tulevaisuuden työkalu. Suunnittelujärjestelmää tulisi pystyä automatisoimaan nykyisestä määrälaskennan suhteen ja määrätiedot tulisi saada yhdistettyä kustannustietoihin nykyistä helpommin.

Käytettäessä poikkileikkauspohjaista määrälaskentatapaa mallinnettua tietoa yksinkertaistetaan. Laskennassa käytettävien paaluvälien välillä tapahtuvat muutokset poikkileikkauksissa eivät näy massalaskennassa, mikä aiheuttaa kustannusarvioihin epätarkkuutta. Ideaalitulanteessa tietomallipohjaista massalaskentaa käytettäessä olisi mahdollista saada väyläkohtaiset massalaskelmat vähintäänkin hankkeen päämassoista suoraan tietomallista. Tavoitetilanteessa hankekohtaiset kustannustiedot ja määrätiedot voitaisiin myös yhdistää huomattavasti nykyistä automatisoidummin ja nopeammin. Tavoitetilanteeseen pääsy nykytilanteesta vaatii alan yleistä kehitystyötä ja mahdollista määrätietojen esitystavan standardointia sekä ohjelmistotoimittajien että suunnitteluyritysten sisäistä kehitystyötä.

Ajantasaisen rakennuskustannuseurannan tavoite on mahdollistaa määrä- ja kustannuslaskennan tehostaminen ja säästää suunnittelijan aikaa määrälaskennasta suunnittelutyön tekemiseen. Tietomallipohjaisen määrälaskennan avulla voitaisiin päästä tilanteeseen, jossa määrälaskenta tehdään jokaisella laskentakerralla keskenään samalla tavalla laskennan automatisoinnin ansiosta. Tietomallinnuksen kehitystyötä tulisi yleisesti alalla suunnata mallintamisen käytäntöjen lisäksi määrälaskennan sekä kustannushallinnan suuntaan, mikäli tulevaisuudessa halutaan siirtyä tietomallipohjaiseen määrälaskentaan. Ajantasaisen rakennuskustannusten seurannan mahdollistamiseksi

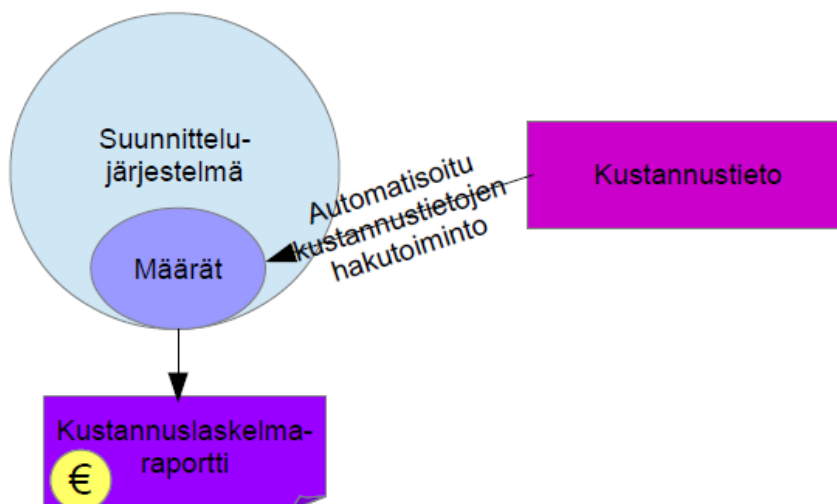
¹⁴⁴ Teemahaastattelu 1 -vastaukset. 2016.

suunnittelujärjestelmän määrälaskentatyökaluja tulisi kehittää, jotta merkittäviä kehityskaskeleita voitaisiin saavuttaa. Myös kustannustiedon palvelut vaativat kehitystyötä ennen kuin rakennuskustannuksia voidaan seurata ajantasaisesti.

Välitavoitteena ajantasaisen rakennuskustannusseurannan mahdollistamiseen tulisi kehittää täysin tietomallipohjainen määrälaskentaprosessi. Tämä vaatii suunnittelujärjestelmien ja määrälaskentatyökalujen kehitystyötä, jota tulisi tehdä ohjelmistotoimittajien ja järjestelmiä käyttävien suunnittelijoiden yhteistyönä. Yhteistyöllä voitaisiin varmistaa, että ohjelmistokehityksessä osataan ottaa huomioon kaikki suunnittelijoiden tarpeet. Lopullisena tavoitteena ajantasaisen rakennuskustannusseurannan kehittämiseksi voidaan pitää tilannetta, jossa suunnittelun edetessä suunnittelijalla on koko ajan saatavilla suunnitteluhankkeen sen hetkiset kustannukset, jotta suunnittelun kustannusohjausta voidaan tehdä mahdollisimman tehokkaasti.

Kuten edellä todettiin, vaatii ajantasaisen rakennuskustannusseurannan mahdollistaminen kehitystyötä kaikilta infrasuunnittelun osapuolilta ja ohjelmisto- sekä palvelutoimittajilta, mielellään yhteistyössä keskenään. Kehitystyötä tulisi myös pohtia alan yleisissä kehitysryhmissä, jotta alan kehitystä ohjataan yhtenäisten tavoitteiden mukaisesti. Merkittävänä infra-alan kustannustietopalvelun toimittajana Rapal Oy:llä olisi erinomainen mahdollisuus lähteä kehittämään infra-alan määrä- ja kustannuslaskentaa tietomallinnusta hyödyntävään suuntaan osallistumalla sekä alan yleisiin kehitysryhmiin että tekemällä kehitystyötä yrityksen sisäisesti. Toisaalta kehitystyöstä jättäytyminen voi hidastaa koko infra-alan kehitystä, mikäli muita yhtä päteviä infra-alan kustannustietoja tarjoavia palveluja ei synny alalle.

Ajantasaisen rakennuskustannusten seurannan tavoitetilaa on visioitu insinööriyön yhteydessä. Tavoitetilaa pohdittaessa on visioitu mitä eri tapoja määrä ja kustannustiedon yhdistämiseen tulevaisuudessa voisi olla. Ensimmäisestä tulevaisuuden visiota on esitelty kuvassa 11. Tässä määrätieto on suunnittelujärjestelmässä ja kustannustieto, yksikkökustannukset sekä hankkeen hanketehtävien kustannukset haetaan automaattisesti rajapinnan avulla suunnittelujärjestelmään ja yhdistetään siellä määrätietoon. Suunnittelujärjestelmästä voidaan kustannuslaskennan jälkeen tulostaa tai tallentaa kustannuslaskelman raportti.

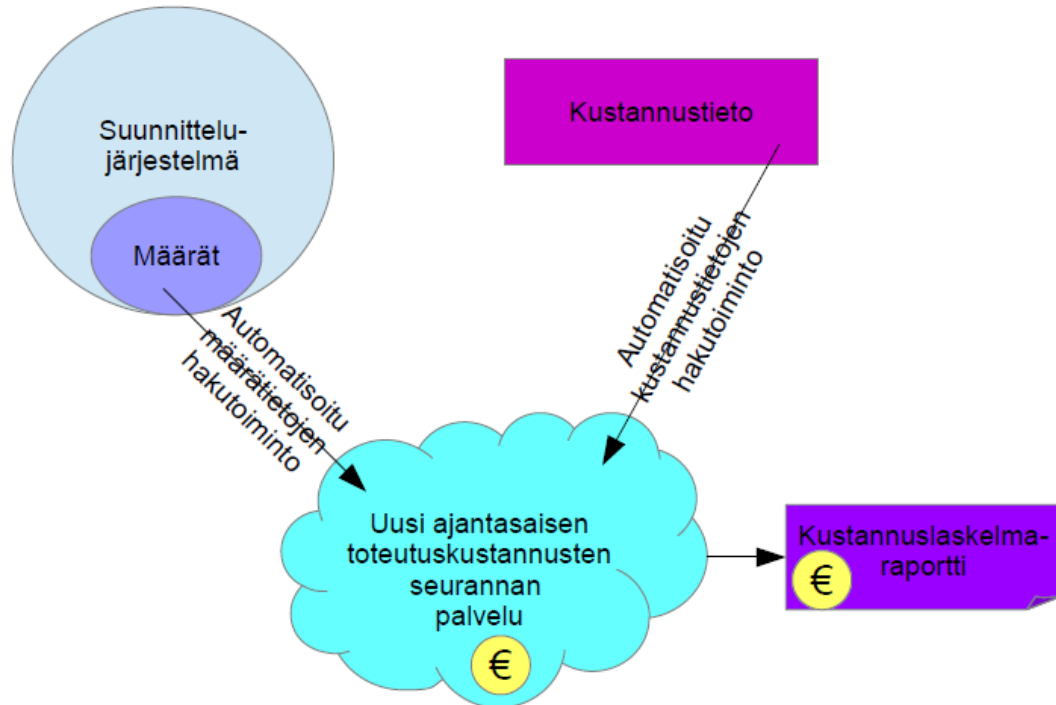


Kuva 11. Tulevaisuuden tavoitetilan ensimmäinen visio.

Alkeellisempi versio edellä kuvatun kaltaisesta tavasta yhdistää määrä- ja kustannustieto on PowerCivil SS4:stä löytyvä unit cost -toiminto, jota on esitelty luvussa 5.2.2. Unit cost -toimintoa tulisi kehittää edelleen, jotta kustannustietoa voitaisiin tuoda järjestelmään tietovarastosta. Lisäksi kaikki määrätieto tulisi olla mahdollista saada tulostettua suunnitelmamallista tietomallipohjaisella laskentatavalla, väyläkohtaisesti jaoteltuna. Ensimmäisen vision toteutumiseksi vaadittaisiin paljon kehitystyötä suunnittelujärjestelmän suhteen, minkä lisäksi kustannustiedot tulisi olla avoimesti saatavilla tietovaraston muodossa. Myös automatisoitu rajapinta suunnittelujärjestelmän sekä kustannustiedon väliltä puuttuu. Ongelmaksi voisi tässä tapauksessa muodostua myös esimerkiksi kuljetuskustannusten lisääminen kustannuslaskelmaan, sillä niitä ei saada tällä hetkellä suoraan tietomallista. Myös kustannusarvion ja laskelmien jakaminen hankkeen eri osapuolille ja niiden säilyttäminen hankkeen eri vaiheissa, voisi olla nykyistä ongelmallisempaa, kun käytössä on useampia suunnittelujärjestelmiä. Tiedon jakaminen tulisi kenties ratkaista jonkinlaisen pilvipalvelun avulla.

Toista tulevaisuuden tavoitetilan visiota on esitelty kuvassa 12. Visiossa määrätieto saataisiin edelleen laskettua tietomallipohjaisesti ja määrätietoa hallinnoitaisiin suunnittelujärjestelmän sisällä. Kustannustieto saataisiin esimerkiksi Foren kaltaisesta kustannustiedon palvelusta tai tietovarastosta, josta kustannustietoa olisi kuitenkin mahdollista saada avoimesti muiden palvelujen käyttöön. Määrä- ja kustannustieto yhdistettäisiin uudessa toteutuskustannusseurannan palvelussa, joka poimisi määrätiedon automaattisesti suoraan suunnittelujärjestelmästä sekä määrien litteroita vastaavat kustannus-

tiedot kustannustiedon tietovarastosta. Tässä uudessa palvelusovelluksessa voitaisiin sekä seurata hankkeen kustannuksia ajantasaisesti että tulostaa kustannuslaskelma-raportit.



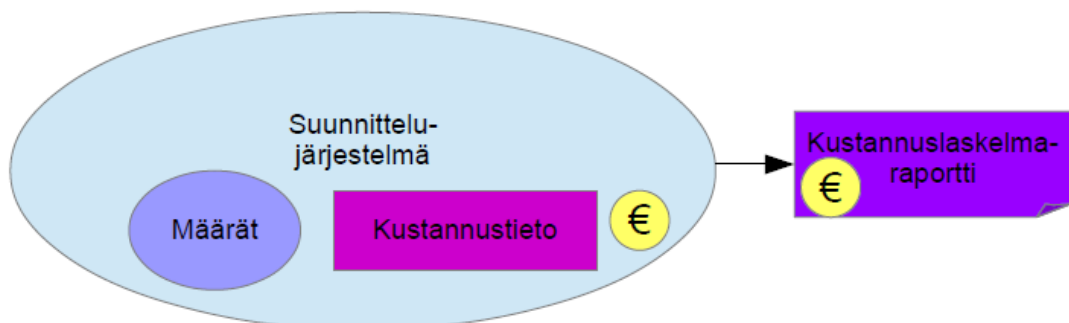
Kuva 12. Tulevaisuuden tavoittilan toinen visio.

Haasteeksi toisessa visiossa voi muodostua kustannustiedon saatavuus tietovarastosta, sillä Rapal Oy:n Foresta ei tällä hetkellä ole vastaavalla periaatteella saatavilla kustannustietoa. Yleiskustannusten sekä kuljetusmatkojen ja -kustannusten lisääminen laskelmaan tulisi tehdä uudessa palvelussa. Toki myös määrälaskentaprosessia olisi kehitettävä tietomallipohjaiseksi sekä määrätiedon muoto kenties standardoitava vision toteutuksen mahdollistamiseksi ja sen toimivuuden takaamiseksi yhdessä useamman eri suunnittelujärjestelmän kanssa. Visio sisältää kaksi rajapintaa, jotka myös vaativat kehitystyötä. Rajapinnat muodostuvat suunnittelujärjestelmän ja uuden toteutuskustannuseurannan palvelun välille sekä kustannustiedon ja uuden palvelun välille. Toisaalta rajapinnat olisi mahdollista ratkaista palvelun kehittämisen yhteydessä. Mikäli määrätiedon laskenta ja kustannustiedon tietovaraston kehitys saataisiin ratkaistua, voisi edellä kuvatun kaltaisen palvelun kehitystyön tehdä jopa Finnmap Infra Oy:n sisäisenä kehitystyönä, mikä voisi antaa yritykselle kilpailuetua muihin suunnittelukonsultteihin nähden.



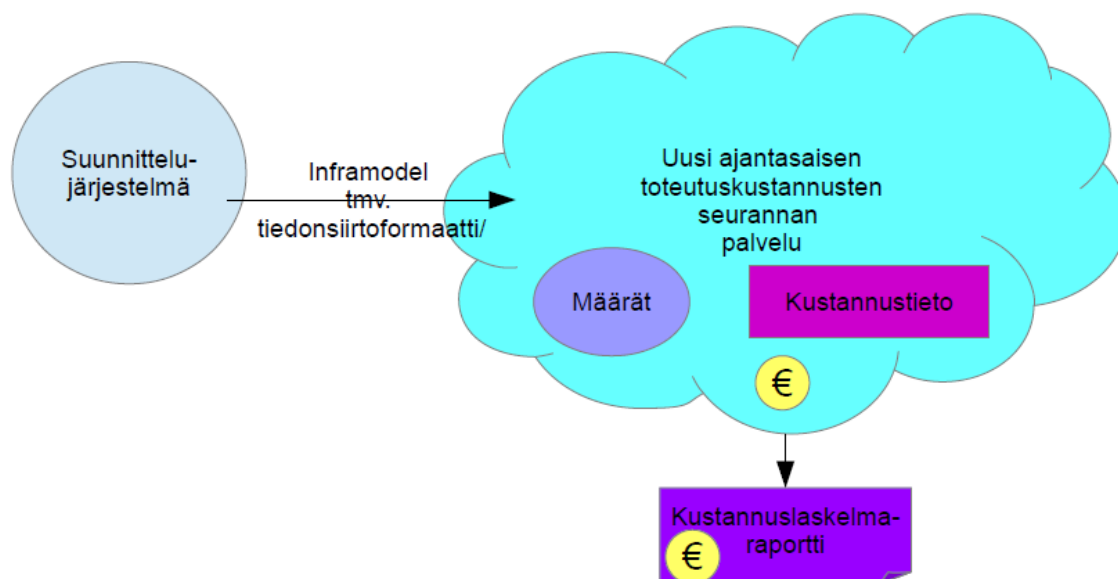
Kuva 13. Tulevaisuuden tavoitetilan kolmas visio.

Tavoitetilan kolmas visio (kuva 13) on edellä esitellyn toisen vision kaltainen, mutta nyt kustannustietoa tarjoava palvelu tarjoaisi myös ajantasaisen toteutuskustannusseurannan palvelun. Edellisen vision tapaan uusi kehitettävä palvelu hakisi määrätiedot suunnittelujärjestelmästä automaattisesti. Rajapintoja olisi siten suunnittelujärjestelmän ja ajantasaisen toteutuskustannusseurannan palvelun välillä. Kolmannen tavoitetilan vision kaltainen tilanne voisi toteutua, mikäli esimerkiksi Rapal Oy kehittäisi toimintaansa ja alkaisi tarjota kuvatun kaltaista nykyistä automatisoidumpaa palvelua ja kehittäisi rajapintaan työkalun suunnittelujärjestelmän ja Foren välille. Määrätiedon esitystavan ja siirtomuodon vakiointi olisi varmasti tässäkin tapauksessa tarpeen. Finnmap Infra Oy:n kannalta etuna tässä tavoitetilanteessa olisi suunnittelukonsultin näkökulmasta edellistä visiota pienempi kehitystarve. Tässäkin tavoitetilassa määrätietoa tulisi pystyä käsittelemään nykyistä paremmin suunnittelujärjestelmässä, mikä puolestaan vaatisi kehitystyötä suunnitteluohjelmistoyritykseltä.



Kuva 14. Tulevaisuuden tavoitetilan neljäs visio.

Neljännessä tulevaisuuden tavoitetilan visiossa kustannustieto on sisällytettyä suunnittelujärjestelmään ja koko kustannuslaskentaprosessi tehdään suunnittelujärjestelmän sisällä. Valmiin kustannuslaskelman voisi kuitenkin tulostaa haluamassaan muodossa ulos suunnittelujärjestelmästä. Kuvasta 14 voidaan havaita, että verrattuna aiemmin esiteltyihin visioihin, tässä tavoitetilassa määrä- ja kustannuslaskentaprosessiin sisältyvistä rajapinnoista on päästy eroon. Toimiessaan koko kustannuslaskentaprosessi voitaisiin saada paljon nykyistä kevyemmäksi ja todella mahdollistaa ajantasainen toteutuskustannusten seuranta. Toisaalta tällaisen vision toteutuminen vaatisi suurta kehitystyötä suunnittelujärjestelmiä tarjoavalta yritykseltä ja todennäköisesti myös uuden liiketoiminnan aloittamista kustannustietopalvelun tarjoamiseksi. Olisi varmasti eduksi, jos suunnittelujärjestelmä olisi suomalainen, jolloin koko järjestelmä tukisi parhaiten suunnittelijoiden tarpeita ja alan yleisiä vaatimuksia. Haasteeksi tällaisessa tavoitetilassa voisi muodostua kustannuslaskelmien jakaminen muiden suunnittelun tekniikkalajien tai osapuolien kanssa, mikäli käytössä on eri suunnittelujärjestelmät.



Kuva 15. Tulevaisuuden tavoitetilan viides visio toteutettaisiin ulkopuolisena laskentapalveluna.

Ajantasaisen toteutuskustannusseurannan viides visio (kuva 15) muistuttaa talo- ja rakennesuunnittelussakin käytettyä prosessia, jossa suunnittelujärjestelmässä tuotetaan tietomallipohjainen suunnitelma, joka sovitussa tiedostomuodossa viedään erilliseen määrä- ja kustannuslaskennan ohjelmaan tai palveluun. Vastaava toiminto löytyy esimerkiksi Tocoman Oy:n tarjoamasta määrä- ja kustannuslaskennan järjestelmä-

tä.¹⁴⁵ Rajapintana voisi siis suunnittelujärjestelmän ja palvelun välillä toimia esimerkiksi edelleen kehitetty inframodel-tiedonsiirtoformaatti. Tämä vaatisi suunnitteluprosessilta ehdotonta tarkkuutta ja kattavaa mallinnustyötä, jotta määrälaskennan perusteella tietomallista saatavien määrien oikeellisuudesta voitaisiin varmistua. Väylärakenteiden lisäksi kustannuslaskentaa varten tulisi ulkopuoliseen määrä- ja kustannuslaskennan ohjelmistoon viedä myös lähtötietomalli tarvittavilta osin, jotta rakennettavia pintoja voitaisiin vertailla laskennassa olemassa oleviin rakenteisiin.

Jatkotoimenpiteinä ajantasaisen rakennuskustannusten seurannan mahdollistamiseksi, tulee työn aikana esiin tulleet kehitysideat ja -tarpeet käydä läpi yrityksen sisäisesti ja pohtia miten kehitystarpeisiin vastataan. Osa työn aikana ilmenneistä kehityskohteista koskee suunnittelujärjestelmän kehitystyöstä vastaavaa Bentley Systemsiä ja Rapal Oy:n ylläpitämää Fore-palvelua. Työn valmistuttua pyritään järjestämään yritysten kanssa tapaamiset kehitystarpeiden läpikäymiseksi. Tavoitteena on saada aikaan todellisia parannuksia tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan mahdollistamiseksi.

6.2 Suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuuden mittari

Tarve suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuuden mittaamiseen pohjautui siihen, että hankkeen eri vaiheiden ja toimijoiden välillä rakennuskustannuksiin vaikuttavaa tietoa hukkuu, kun hankkeen toimijat vaihtuvat. Vaikka iso osa suunnitteluratkaisuista ja poikkeamista raportoidaan erilaisiin selostuksiin, ei niitä välttämättä huomioida kustannusarvioissa. Finnmap Infra Oy:ssä oli siten herännyt ajatus, että näitä kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä tulisi jotenkin pystyä mittaamaan ja raportoida kustannusarvion luotettavuudesta eteenpäin hankkeen muille osapuolille. Etenkin hankkeiden aikaisessa vaiheessa alustavat kustannusarviot perustuvat asiantuntijoiden arvioihin ja hankkeesta tehdään paljon oletuksia rakentamisen kustannuksista, vaikka hankkeen lähtötiedot ovat hyvin hataralla pohjalla ja suunnitteluratkaisut ovat vielä tekemättä. Näiden alustavien kustannusarvioiden perusteella kuitenkin tehdään suuria poliittisia päätöksiä, vaikka kustannusarviot eivät välttämättä perustu mihinkään varmaan tietoon. Mittarin avulla voitaisiin viestiä jo aikaisessa vaiheessa kustannusarvioiden luotettavuudesta ja mahdollisesti jopa ennustetusta kustannusarvion vaihteluvälistä.

¹⁴⁵ Tutti, T. Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016.

Toinen näkökulma mittarin kehittämiseksi oli suunnitteluvaiheessa suunnittelijan havaitsemat epävarmuudet esimerkiksi lähtötiedoissa, joita ei kuitenkaan välttämättä dokumentoida suunnittelun aikana ainakaan kustannusarvion yhteydessä. Esimerkiksi geoteknikko voi todeta suunnitellessaan, että tiedot rakennuspaikan pohjaolosuhteista ovat puutteelliset, mutta lisätutkimuksia ei enää ehditä suunnitteluvaiheen aikana tekemään. Mittarin avulla voidaan viestiä näitä epävarmuuksia hankkeen seuraavaan vaiheeseen ja todeta, että puutteelliset pohjaolosuhteiden tiedot voivat aiheuttaa muutoksia suunnitteluratkaisuihin. Etenkin rakennussuunnitteluvaiheen epävarmuudet voivat heijastua helposti rakennusvaiheeseen ja aiheuttaa lisäkustannuksia. Suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuuden mittarilla pyritään siis valvomaan kustannuslaskelman luotettavuutta ja sitä kautta sekä kustannusarvion että suunnitelmien laatua.

6.2.1 Kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavat tekijät

Tutkittaessa kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä, käytettiin aineiston hankintamenetelmänä yhteiskehittelyä, jonka ohjaajana toimi allekirjoittanut. Yhteiskehittelyyn osallistui toimijoita yrityksen eri osastoilta. Osallistujat olivat tietekniikan osastolla projektipäällikkönä toimiva Niko Janhunen, yrityksen kehityspäällikkö Markku Pie-nimäki, geotekniikan osaston osastopäällikkö Jyrki Pihlajamäki sekä katu- ja aluesuunnitteluosaston osastopäällikkö Marko Ranta.

Yhteiskehittelyssä pohdittiin suunnitteluvaiheen kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä. Tavoitteena oli tunnistaa tekijät, jotka voivat aiheuttaa muutoksia kustannusarvion suunnitteluvaiheen jälkeen, mutta, joihin voidaan suunnitteluvaiheessa vaikuttaa tai varautua. Yhteiskehittelyn tuloksena saatiin luettelo suunnitteluvaiheen kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavista tekijöistä, joiden pohjalta voidaan rakentaa asiaa kuvaava mittari. Suunnitteluvaiheen kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavat tekijät jaettiin sopiviin teemoihin, joiden alle kerättiin luotettavuustekijöitä. Luotettavuustekijät löytyvät listattuna liitteestä 6.

Teemoiksi muodostuneet aihealueet kustannusarvion luotettavuustekijöitä pohdittaessa olivat hankkeen tavoitteen määrittely, lähtötietojen luotettavuus, suunnittelun taso ja valmiusaste, määrätietojen luotettavuus, kustannustiedon luotettavuus, kustannuslaskennan tunnusluvut, hankkeen toteutus sekä hankkeen aikataulu. Hankkeen tavoitteen määrittelyn osalta luotettavuuteen vaikuttaviksi tekijöiksi nousivat hankkeen suunnittelun perusteisiin liittyvät tekijät eli liikenteellisten tavoitteiden selkeys, liikenneturvalli-

suuden tason määrittäminen, suunnitelman laatutason määrittäminen sekä viimeisten maankäytön, kaavoituksen ja liikenteellisten ennusteiden huomioiminen suunnittelussa. Todettiin, että kaikki edellä mainitut tekijät tulisi olla selvillä ja määritettyinä suunnittelun alkuvaiheessa, jotta suunnitteluratkaisut perustuvat vankalle pohjalle ja vältettäisiin suurten muutosten tekeminen hankkeen suunnitelmiin. Jos hankkeen aikana todetaan, että liikenteelliset ennusteet hankkeen alueella ovatkin huomattavasti luultua suuremmat, voi se vaikuttaa väylien suunnitteluun ja rakentamiseen aivan perusratkaisuista, kuten ajokaistojen leveyksistä ja liittymätyyppien valinnasta, lähtien.

Lähtötietojen luotettavuus on yksi tärkeimmistä rakennuskustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavista tekijöistä. Lähtötietojen luotettavuuteen tässä yhteydessä käsitettiin riittävät pohjatutkimustiedot pohjamaan ja maalajien kelpoisuuden sekä kallion ja maalajien rajojen selvittämiseksi. Lisäksi maastomittaukset ja erityisesti kattava ja tarkka maastomalli ovat tärkeitä suunnittelun lähtötietoja. Maastomalli toimii suunnittelijalla yhtenä tärkeänä osana suunnittelun lähtötietomateriaalia läpi koko suunnitteluvaiheen. Maastomallia ja maaperämallia käytetään apuna suunniteltaessa väylien geometrioita ja tarkasteltaessa esimerkiksi hankkeen määriä ja massatasapainoa. Maastomallin ja muiden lähtötietojen tulee olla suunnitteluvaiheessa luotettavalla tasolla, jotta voidaan varmistua määrätietojen luotettavuudesta. Myös aiempien suunnitelmien luotettavuus lähtötietoina on tärkeää etenkin perusparannushankkeissa rakennuskustannusarvion luotettavuuden näkökulmasta.

Suunnitteluratkaisujen valmiusaste ja suunnittelun taso tai laatu vaikuttavat mallinnuksen laatuun ja valmiusasteeseen ja sitä kautta määrälaskentaan ja kustannuksiin. Suunnitteluratkaisujen valmiusastetta pohdittaessa kyse on lähinnä siitä kuinka valmiiksi suunnitteluratkaisut on mietitty ja millä todennäköisyydellä niitä tullaan vielä mahdollisesti muuttamaan hankkeen edetessä. Myös työn toteutustavan huomioiminen suunnitteluratkaisuista päättämisen yhteydessä on tärkeää, jotta voidaan varmistua, että suunnitteluratkaisu on järkevästi toteutettavissa hankkeen rakennusvaiheessa. Suunnittelun laadun ja valmiusasteen katsottiin liittyvän myös hankkeen mallinnuksen valmiusasteeseen. Määrätietojen oikeellisuuteen vaikuttaa suunnitteluratkaisujen lisäksi tietomallin valmiusaste ja mallinnuksen taso, koska määrät lasketaan suunnitelma- mallien perusteella. Hankkeen massatasapainon tarkastelu voidaan tehdä määrälaskennan jälkeen ja mikäli hanke on liian yli- tai alijäämäinen leikkaus- ja täyttömassojen suhteen, saattaa sillä olla vielä vaikutus hankkeen suunnitelmiin. Hankkeessa, jossa leikkausmassoja jää yli suunniteltua enemmän, voidaan vielä suunnittelun loppuvai-

heessa joutua vaihtamaan esimerkiksi korkealle penkereelle rakennettavien teiden rakenteita, jotta rakenteisiin kelpaavat massat saadaan käytettyä hankkeen alueella ja siten vähennettyä massojen kuljetuksesta aiheutuvia kustannuksia.

Määrätietojen luotettavuudella on suora vaikutus kustannustietojen luotettavuuteen, kun kyse on rakennusosalaskennasta tai hankeosalaskennasta. Kustannusarvion perustuksessa pitkälti suunnitelmien perusteella laskettuihin tai arvioituihin määrätietoihin, tulee määrätietojen luotettavuutta arvioida kriittisesti. Määrätietojen luotettavuuteen vaikuttaa määrälaskennan kattavuus ja onko kaikki määrät laskettu kaikkien tekniikkalajien osalta. Eri tekniikkalajien välisistä rajauksista kustannuslaskennassa tulee sopia hankekohtaisesti. Kun määrät on saatu laskettua, tulee lisäksi varmistua, että tarvittaessa yksikkömuunnokset esimerkiksi kuutiometreistä tonneiksi on tehty oikein ja massakertoimia on käytetty tarvittaessa. Kun määriä kirjataan Foreen, tulee siis varmistua, että syötettävän määrätiedon mittayksikkö vastaa nimikkeen mittayksikköä. Lisäksi tulee lopuksi vielä huolehtia, että kaikki suunnitelman määrätiedot on varmasti syötetty Foreen.

Kustannustiedot infrahankkeiden suunnitteluvaiheessa perustuvat usein Foren kustannustietoihin. Kustannustiedon luotettavuutta tulisi kuitenkin pohtia ja tarkastella kustannusarvioissa käytettäviä yksikköhintoja kriittisesti. Rakennusosan yksikköhinta ei välttämättä vastaa Foren esittämää keskimääräistä hintaa, jos esimerkiksi käytetään tavallisuudesta poikkeavaa työtapaa. Todellista kustannusta voi kuitenkin olla vaikea arvioida suunnittelijan näkökulmasta. Kustannustiedon luotettavuuteen on tässä liitetty kuljetusmatkat ja niihin liittyvät kustannukset. Kuljetusmatkat tulisi hyväksyttää aina tilaajalla, jotta asiasta on yhteinen näkemys. Kuljetusmatkojen lisäkustannusten huomioiminen kustannusarviossa on tärkeää, sillä joissain tapauksissa kuljetuskustannukset voivat kaksinkertaistaa rakennekerroksiin käytettävien maamassojen kustannukset.

Kustannuslaskennan tunnuslukuihin lasketaan Foressa kustannuslaskentaan lisättävät hankkeen kertoimet ja hanketehtävät sekä indeksi, joihin rakennuskustannukset on sidottu. Foressa kustannusarviota laadittaessa tulee hankkeelle määrittää hankekohtainen kokovaikutuskerroin, aluekerroin sekä toteutusympäristön kerroin. Kertoimien avulla voidaan säätää hankkeen kustannuksia kokonaisuudessaan sen mukaan kuinka suuri hanke on, missä päin Suomea hanke sijaitsee ja minkälaisessa ympäristössä hanke toteutetaan. Hankkeen kertoimet tulee sopia yhdessä tilaajan kanssa, sillä etenkin suurissa hankkeissa kertoimilla voi olla suuri vaikutus kustannusarvioon. Myös

hanketehtäväprosentteista tulee sopia tilaajan kanssa. Esimerkiksi suurissa 100 milj. € hankkeissa jo 5 % muutos hanketehtävien prosenttiosuudessa tarkoittaa 5 milj. € muutosta kustannusarvioon. Infra-alalla rakennuskustannukset sidotaan yleensä maanrakennuskustannusindeksiin (MAKU), mutta käytettävästä indeksin pisteluvusta tulee sopia yhdessä tilaajan kanssa. Kustannusarvion laatimisen loppupuolella on myös hyvä vertailla aiempien suunnitteluvaiheiden kustannusarvioiden kustannustasoa viimeimpään tietoon ja pohtia vastaavatko kustannuslaskennan tulokset aiempien vaiheiden kustannustavoitteita.

Hankkeen toteutusvaiheen ratkaisuista tulisi olla mahdollisimman paljon tietoa jo suunnitteluvaiheessa, jotta kustannusarviossa osataan varautua esimerkiksi hankkeen toteutuksen vaiheistukseen. Suunnitelmat ja kustannusarviot laaditaan pääsääntöisesti sillä ajatuksella, että hanke rakennetaan kerralla. Etenkin kadunrakennushankkeissa saatetaan rakentamisen käynnistyessä kuitenkin pilkkoa hanke pienemmiksi kokonaisuuksiksi kustannusten jaksottamiseksi pidemmälle aikavälille. Rakentamisen vaiheistus vaikuttaa kuitenkin hankkeen kustannusarvion luotettavuuteen, joten tieto mahdollisesta vaiheittain rakentamisesta tulisi tulla tilaajalta suunnittelijalle jo suunnitteluvaiheessa. Rakennusvaiheessa kustannusarvion pätevyyteen vaikuttavat myös urakoitsijan valitsemat työtavat sekä rakennusajankohta. Esimerkiksi talvirakentaminen on suolan maan aikana tehtäviin töihin verrattuna rajoitetumpaa ja hitaampaa, mikä voi aiheuttaa lisäkustannuksia. Toteutusvaiheessa myös kaivanto-olosuhteet voivat olla yllättäviäkin riippuen hankkeen pohjatutkimusten kattavuudesta, joten niitä sekä muita rakennuspaikan olosuhdetekijöitä tulisi pohtia kustannusarviota laadittaessa.

Suunnitteluvaiheessa laadittavan kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavat myös aikataulukelijät. Tilaajan aikataulun sanelema suunnitteluun käytettävissä oleva aika ja suunnittelun kiireellisyys voivat vaikuttaa suunnitelmien laatutasoon ja sitä kautta rakennuskustannusten luotettavuuteen. Toisaalta suunnitteluvaiheen kiire voi aiheuttaa rakennusvaiheessa viivästyksiä, jos työmaalla huomataan ja joudutaan ratkomaan ongelmia, joita ei suunnitteluvaiheessa ole huomattu tai ehditty ratkaista.

6.2.2 Mittarin kehitystyö

Mittarin kehitystyö aloitettiin pohtimalla kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä, joita esiteltiin luvussa 6.2.1. Luotettavuustekijöiden tunnistamisen jälkeen alettiin pohtia miten näitä tekijöitä voitaisiin mitata suunnitteluvaiheessa, jotta saataisiin

jonkinlainen arvio tai luokitus kustannusarvion luotettavuudelle. Mittarille haettiin esimerkkejä muista mittareista ja tutustuttiin hieman millä eri tavoin esimerkiksi prosesseja mitataan. Tiedossa oli, että rakennusalalla käytetään yleisesti rakennustyömaan turvallisuutta kuvaamaan TR-mittauksia, minkä lisäksi löytyi muiden muassa fysioterapiaprosessia fysioterapeutin näkökulmasta mittaava mittari¹⁴⁶. Vastaavanlaista kustannusarvion luotettavuudesta kertovaa mittaria ei kuitenkaan löytynyt.

Mittareihin tutustumisen jälkeen pohdittiin teorian kannalta miten kustannusarvion luotettavuutta voisi mitata ja millaista mitta-asteikkoa voisi käyttää. Luotettavuustekijöiden pohjalta syntyi ajatus, että asioita voisi mitata Likert-asteikollisella mittarilla, jossa luotettavuustekijöiden pohjalta muodostetaan väittämiä. Toinen alustava vaihtoehto kustannusarvion luotettavuuden mittaamiselle oli Fore-pohjainen mittari, jossa rakennusosalaskelmassa annettaisiin sekä määrälle että yksikköhinnalle numeerinen arvio luotettavuudesta prosentteina, joiden keskiarvona saataisiin rakennusosan luotettavuus. Koko rakennusosalaskelman luotettavuus puolestaan saataisiin rakennusosien luotettavuuden keskiarvona. Mittaria luonnosteltiin Foresta tulostettuun Excel-tiedostoon (kuva 16).

Koko laskelma					0,95		0,95			Luotettavuuden oletusarvot
Rakennusosat										
Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Maara	Maaran luotettavuus	Yks. hinta	Yks.hinnan luotettavuus	Yhteensä	Luotettavuus yhteensä	Huom.	
M1		m	572		438,67 €		250 920 €	0,898	Laskes keskiarvon M1-väylän yhteenlasketuista luotettavuusluvuista	
1111	Puiden runkojen suojaus laudoilla	kpl	10	0,95	24,90 €	0,95	249 €	0,9025		
1112	Hyötöpuun halkuu pienet määrät (alle 10 kpl)	kpl	3	1	27,46 €	0,95	82 €	0,95		
1131	Rumpujen purku *	mtr	10	0,95	17,85 €	0,95	178 €	0,9025		
1135	Likenteenohjauslaitteiden purku (kuljetus < 5 km)	kpl	2	1	83,40 €	1	167 €	1		
1135	Opastustaulun siirto < 10 m2	kpl	1	1	228,18 €	0,95	228 €	0,95		
1151	Asfaltin jyrshintä (kuljetus < 5 km)	m2tr	4 970	0,8	2,21 €	0,95	11 004 €	0,76		
1151	Asfalttipäällysteen poisto, väliarastoon (kuljetus < 5 km)	m2tr	363	0,8	4,94 €	0,9	1 792 €	0,72		
1151.1	+kuljetuksen lisäkustannus (10-20 km), asfalttipäällysteen poisto *	m2tr	4 970	0,8	0,24 €	0,95	1 178 €	0,76		
1159	Asfalttipäällysteen sahaus/leikkaus	mtr	2 287	0,95	2,74 €	1	6 261 €	0,95		
1331	Murskearina rummuille	m3tr	4	0,95	38,58 €	1	154 €	0,95		
1331.11	+kuljetuksen lisäkustannus (10-15 km), kiviainesarinat	m3tr	4	0,95	5,35 €	0,95	21 €	0,9025		
1435.9	Tierummun puhdistus (miesvoimin)	m	67	1	68,91 €	0,95	4 617 €	0,95		
1612	Maaleikkaus, massojen kuljetus penk. ja täyttöihin (500-5000 m3ktr), normaalit olosuhteet	m3ktr	682	0,95	5,58 €	0,95	3 803 €	0,9025		
1613	Maaleikkaus, massojen kuljetus läjitykseen (500-5000 m3ktr), normaalit olosuhteet	m3ktr	1 743	0,95	6,41 €	0,95	11 168 €	0,9025		
1613.3	+kuljetuksen lisäkustannus (10-15 km), maaleikkaus ja läjitys tai kaatopaikka	m3ktr	1 743	0,95	5,56 €	0,95	9 694 €	0,9025		

Kuva 16. Ote teknisen mittarin luonnoksesta.

Tämän tekniseksi mittariksi nimetyn mittarivaihtoehdon ongelmaksi huomattiin kuitenkin mittarin raskas käytettävyys, kun rakennusosalaskelma tulisi käydä nimikkeittäin läpi. Toisaalta mittaria käytettäessä voisi päättää millä nimikkeistön tasolla rakennusosalaskelmassa luotettavuusarvioita tehdään. Mittarin ajatuksena oli, että se voisi toi-

¹⁴⁶ Laaksonen, M. 2008. Prosessin arviointimittarin tuottaminen – Itsearviointimenetelmä polvi- ja lonkka- tekonivelleikatun potilaan fysioterapiaprosessin arviointiin.

mia Rolan yhteydessä jopa alan yleisenä standardina, mikäli kustannusarvion luotettavuuden mittaaminen tulisi alalla tavaksi. Teknisen mittarin isoimmiksi ongelmiksi koettiin kuitenkin koituvan sen raskas käytettävyys ja ongelma mittarin tuloksien analysoinnissa. Mitä tarkoittaisi, jos mittarin mukaan yksittäisen rakennusosan luotettavuus olisi 90 %? Merkitsisikö se sitä, että kustannukset voisivat vaihdella +/- 10 %? Aiemmissä tutkimuksissa oli kuitenkin jo todettu, että rakennuskustannusten vaihteluväli ei ole symmetrinen¹⁴⁷, joten mittarin tuloksen tulkinnassa koettiin olevan ongelma. Teknisen mittarin sijaan lähdettiin kehittämään suunnittelijan näkemysten ja luotettavuustekijöiden kautta mittaavaa mittaria.

Teknisen mittarin rinnalla kehiteltiin eteenpäin ajatusta sekä Likert-asteikollisesta että Osgoodin asteikolla mittaavasta mittarista. Mittarityyppien koettiin sopivan kustannuslaskelman luotettavuuden mittaamiseen, koska mitta-asteikkojen avulla voidaan selvittää vastaajan oma näkemys mitattavasta aiheesta. Mittarivaihtoehtoja luonnosteltiin sillä ajatuksella, että mittarit olisivat Excel-pohjaisia ja sisältäisivät kerättyjen luotettavuustekijöiden pohjalta muotoiltuja väittämiä. Osgoodin asteikolla toimivaa mittaria varten väittämistä pyrittiin muodostamaan vastakkaiset adjektiivit sisältäviä väittämiä, mikä osoittautui hankalaksi. Kävi nopeasti ilmi, ettei kaikista luotettavuustekijöistä voi muodostaa järkeviä väittämiä ja Osgoodin asteikon käyttäminen mittarissa hylättiin.

Osgoodin asteikon ohella kehitettiin Likert-asteikollisen mittarin väittämiä luotettavuustekijöiden perusteella (kuva 17). Luotettavuustekijöiden pohjalta muotoillut väittämät jaettiin teemoihin väliotsikoiden alle mittarin jäsentelemiseksi. Väittämät muotoiltiin positiivisiksi ja niihin lisättiin ensin vastausasteikoksi vastausvaihtoehdot 1-10, mutta myöhemmin vastausasteikko muutettiin 7-portaiseksi. Mittariin lisättiin myös 0-vaihtoehto niitä väittämiä varten, jotka eivät koske mitattavan hankkeen kustannusarviota. Tavoitteena oli saada kustannusarvion luotettavuudelle luotettavuusluokka laskeamalla vastattujen väittämien keskiarvo. Väittämiä muodostettaessa pyrittiin kysymään vain yhtä asiaa kerrallaan, mutta huomattiin, että joillain aihealueilla usealla eri kysymyksellä lähes samasta aiheesta kysyminen saattaisi painottaa tiettyjä luotettavuustekijöitä liikaa. Näissä ristiriitaisissa tapauksissa tehtiin päätökset painottaen mittarin hyvyttä, joten päädyttiin yhdistelemään joitakin väitteitä. Itse mittarin luotettavuus arvotettiin tässä tärkeämmäksi, jotta useat samankaltaiset kysymykset eivät painottaisi liikaa mittarin antamaa luokitusta suhteessa luotettavuustekijän todelliseen vaikutukseen kustannusarviossa.

¹⁴⁷ Manninen, A. 2009. Väylähankkeen esisuunnitteluvaiheen kustannushallinta, s. 106-109.

Hanke:										
Tilajataho:										
Suunnitteluvaihe:										
Suunnitelmien valmiusaste: %										
Pvm:										
		Erittäin vahvasti samaa mieltä	Vahvasti samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	Ei eri eikä samaa mieltä	Jokseenkin eri mieltä	Jokseenkin vahvasti eri mieltä	Ei koske tätä hanketta		
Väite		10	9	8	7	6	5	4	0	Raportoi poikkeamat ja puutteet
Tavoitteen määrittely										
Suunnitelmien laatutaso on määritetty selkeästi.										
Hankkeen liikenteelliset tavoitteet ovat selvät.										
Hankkeen liikenneturvallisuuden taso on määritetty selkeästi.										
Suunnitelma on tehty perustuen viimeisimpiin ennustuksiin alueen maankäytön ja liikenteen kehityksestä.										
Lähtötiedot										
Pohjamaan lähtötiedot ovat kattavat.										

Kuva 17. Ote Likert-asteikollisesta mittarista luonnosvaiheessa.

Likert-asteikollisen mittarin mitta-asteikko muutettiin kouluarvosana-asteikkoa vastavaksi, asteikolle 4-10. Kouluarvosana-asteikkoa käyttämällä saatiin vastaajan kannalta helposti ymmärrettävä asteikko, kun luku 10 vastasi parasta ja 4 heikointa tulosta. Käyttämällä paritonta määrää vastausvaihtoehtoja, saatiin mitta-asteikon keskelle neutraali vastausvaihtoehto. Vastausvaihtoehto 0 säilytettiin myös mitta-asteikolla. Excel-taulukko muokattiin laskemaan vastausten keskiarvo siten, että vastauksella "0" ei ole vaikutusta laskentaan. Mittariluonnos esiteltiin yrityksessä insinööriyön ohjausryhmälle ja päätettiin, että mittari valitaan jatkokehittelyyn. Likert-asteikollinen mittari nimettiin suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuuden mittariksi.

HANKKEEN KUSTANNUSARVION LUOTETTAVUUSMITTARI										
Mittarin tarkoituksena on kuvata suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuutta luotettavuusluokituksen avulla ja dokumentoida kustannusarvioon liittyvät poikkeamat, epävarmuudet tai puutteet. Palautetta ja kehitysehdotuksia mittariin liittyen voi lähettää osoitteeseen: sari.pehkonen@finnmap-infra.fi										
Täyttöohjeet:										
1. Tallenna kopio mittarista projektiansioon.										
2. Täytä hankkeen perustiedot kaavakkeen yläosan kenttiin.										
3. Arvioi hanketta vastaamalla väittämien tupla-klikkaamalla kunkin rivin arvosanasaraketta (4...10). Mikäli väittämä ei koske kyseistä hanketta, klikkaa saraketta 0 "Ei koske tätä hanketta".										
4. Raportoi väittämien kohdalle asiaa koskevat kommentit, epävarmuudet tai puutteet niille varattuun sarakkeeseen.										
5. Taulukko laskee automaattisesti keskiarvon antamiesi arvosanojen perusteella.										
6. Muista tallentaa!										
Hanke:										
Tilajataho:										
Suunnitteluvaihe:										
Suunnitelmien valmiusaste: %										
Pvm:										
		Erittäin vahvasti samaa mieltä	Vahvasti samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	Ei eri eikä samaa mieltä	Jokseenkin eri mieltä	Jokseenkin vahvasti eri mieltä	Ei koske tätä hanketta		
Väite		10	9	8	7	6	5	4	0	Kirjaa mahdolliset poikkeamat ja puutteet
Tavoitteen määrittely										
Suunnitelmien laatutasovaatimus on määritetty selkeästi.										
Hankkeen liikenteelliset tavoitteet ovat selkeät.										
Hankkeen liikenneturvallisuuden taso on määritetty selkeästi.										
Suunnittelu perustuu tuoreisiin ennustuksiin alueen maankäytöstä ja liikenteen kehityksestä.										
Lähtötiedot										
Pohjamaan lähtötiedot ovat kattavat.										
Maalajien kelpoisuus on selvitetty ja huomioitu hankkeen suunnittelussa kattavasti.										
Hankkeesta on tehty maaperämalli.										
Hankkeesta on tehty suunnittelualueen kattava tarkka ja luotettava maastomalli.										
Hankkeen vanhat suunnitelmat ovat käytettävissä ja luotettavia (perusparannushankkeet).										

Kuva 18. Ote mittarista VBA-koodin lisäämisen ja ulkoasun muokkaamisen jälkeen.

Kun jatkokehittelyyn valittavasta mittarista oli tehty päätös, muokattiin mittarin väittämiä vielä parempaan kieliasuun ja niiden sisältöä pohdittiin uudelleen, jotta voitiin varmistua mittarin kattavuudesta. Mittarin käytettävyyttä parannettiin lisäämällä Excel-taulukkoon VBA-koodaus. Koodaamisesta vastasi Markku Pienimäki. Koodin avulla voitiin varmistaa, että mittarissa on mahdollista antaa vain yksi vastaus väitettä kohden. Samalla mittarin ulkoasuun tehtiin pieniä parannuksia ja koodin avulla mittariin lisättiin sen täyttämistä helpottavia toimintoja. Mittaria muun muassa muokattiin siten, että vastattaessa

väittämään muuttuu teksti mustasta harmaaksi, jolloin on helpompi huomata mihin väittämiin on jo vastattu (kuva 18). Mittariin lisättiin myös tulostamista helpottava välilehti, joka hakee vastaukset automaattisesti mittari-välilehdeltä. Tulostettavassa mittarissa annettuja vastauksia on havainnollistettu värein.

Mittariin lisättiin vielä toiminto, jolla se kerää jokaisesta mittauksesta olennaiset tiedot erilliseen lokitiedostoon. Kerättäviä tietoja ovat muun muassa hankkeen nimi, tilaaja, suunnitelmavaihe, suunnitelmien valmiusaste, mittauspäivämäärä ja -aika, kustannusarvion summa mittaushetkellä, mittaustulos eli kustannusarvion luotettavuus sekä keskihajonta. Lokitiedoston tarkoitus on mahdollistaa yksittäisen hankkeen kustannusarvion luotettavuuden kehittymistä projektin aikana sekä yrityksen kaikkien projektien kustannusarvioiden luotettavuuksien kehittymistä ajan myötä.

6.2.3 Ehdotus mittariksi ja mitattaviksi asioiksi

Insinööriyössä kehitettiin esitys suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuuden mittarista. Mittari on kehitetty yhteiskehittelynä koottujen rakennuskustannusarvion luotettavuustekijöiden pohjalta ja pilotoinnin kautta mittaria on jatkokehitetty työn aikana. Viimeisin versio kehitetystä mittarista on esitetty liitteessä 7.

Mittarilla pyritään kuvaamaan suunnitteluvaiheessa arvioitujen rakennuskustannusten luotettavuutta ja raportoimaan mahdolliset puutteet tai epävarmuudet hankkeen jatko-suunnittelua tai rakentamista varten. Mittari on uudenlainen viestintätyökalu hankkeen tilaajaa varten tai seuraaville suunnittelijoille. Mittarin avulla voidaan selvittää suunnittelijan näkemys kustannusarvion luotettavuudesta. Myöhemmin jatkotutkimuksen kautta voidaan luokitukseen liittää jopa ennuste kustannusarvion vaihteluvälistä esimerkiksi prosenttiosuuksina.

Finnmap Infra Oy:n näkökulmasta mittarilla pyritään viestimään avoimesti sekä tilaajalle että myöhempään hankkeen vaiheisiin suunnitteluvaiheessa ratkaisemattomista epävarmuustekijöistä, jotka voivat myöhemmin vaikuttaa hankkeen kustannuksiin. Yrityksen näkökulmasta mittari toimii myös tarkastuslistana suunnitteluprojektin aikana tai loppuvaiheessa, jolloin voidaan havaita puutteet ja vielä täydentää suunnitelmia tarvittaessa. Mittarilla voidaan siis parantaa suunnittelun laatua.

Mittari on Excel-pohjainen makroja sisältävä tiedosto. Se sisältää käyttöohjeen, hankkeen perustiedot kokoavan osion, kustannuslaskelman luotettavuutta mittaavat väitteet sekä vastauksia tarkentavat raportointikentät. Lisäksi mittari antaa välittömästi tuloksen kustannusarvion luotettavuuden luokasta. Kustannusarvion luotettavuutta mitataan siihen vaikuttavien luotettavuustekijöiden perusteella. Kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä on kerätty sekä liitteeseen 6 että esitelty luvussa 6.2.1. Luotettavuustekijöiden perusteella on laadittu 39 positiivisesti muotoiltua väittämää, joiden perusteella luotettavuustekijöiden huomioimista suunnitteluprojektissa arvioidaan. Väittämät on jaettu teemoihin ja otsikoitu mittarin rakenteen selkeyttämiseksi. Teemojen otsikot ovat:

- Tavoitteen määrittely
- Lähtötiedot
- Suunnittelun taso ja valmiusaste
- Hankkeen tietomallinnuksen taso
- Määrätietojen luotettavuus
- Kustannustiedon luotettavuus.
- Kustannuslaskennan tunnusluvut
- Hankkeen toteutusvaihe
- Aikataulu

Jokainen teema sisältää kahdesta kuuteen teemaan liittyvää väittämää. Teemoihin jaoteltujen väittämien lisäksi on mittariin jätetty kaksi vapaata kenttää sellaisia hankkekohtaisia kustannusarvioon vaikuttavia seikkoja varten, joita ei ole muualla mittarissa käsitelty.

Mitta-asteikkona luotettavuuden arvioimiseen käytetään Likert-asteikollista mittarityyppiä, jolla väittämiä voi arvioida kouluarvosana-asteikolla 4-10. Vastaukset on kuvattu myös sanallisesti välillä ”erittäin vahvasti eri mieltä” – ”erittäin vahvasti samaa mieltä. Lisäksi arvosana-asteikkoon on lisätty väittämän ohittava vastausvaihtoehto 0 ”Ei koske tätä hanketta”. Väitteisiin annetaan vastaus kaksoisnapsauttamalla vastausvaihtoehtoa vastaavaa solua, jolloin soluun ilmestyy saraketta vastaava numeroarvosana. Mittari on koodattu siten, että kuhunkin väitteeseen voi antaa ainoastaan yhden vastauksen. Vastatut väitteet kirjoitetaan harmaalla, jotta ne voidaan erottaa vastaamatto-

mista. Mittari laskee automaattisesti vastausten keskiarvon, joka ilmoitetaan sekä lukuarvona, että arvoluu'un avulla mittarin alareunassa. Väitteitä ei ole painotettu keskiarvossa, eli jokainen kohta on keskiarvon kannalta samanarvoinen. Keskiarvo pyöristetään lisäksi lähimpään kokonaislukuun, jota vastaava sanallinen arviointi ilmoitetaan keskiarvon yhteydessä. Numeraalisen vastauksen lisäksi mittarissa on jokaista väitettä varten avoin kenttä, joihin voi kirjata erityisiä huomioita, poikkeamia ja selitteitä väitteisiin liittyen.

Mittarissa on mittaustuloksen tulostamista varten oma "PRINTTI"-välilehti, joka hakee vastaukset automaattisesti mittari-välilehdeltä. "PRINTTI"-välilehdellä vastauksia on havainnollistettu antamalla arvosanoille värikoodaus (liite 7). Tulostamisen helpottamiseksi välilehti on muokattu A3-kokoisena tulostuvaksi. Lisäksi mittaustulos on koodattu tallentumaan erilliseen tulokset-tiedostoon. Tulokset-tiedostoon ei tallenneta yksittäisten vastausten tietoja, vaan taustatiedot mitattavasta hankkeesta, kustannusarvio mitaushetkellä, mittaustulos, keskihajonta, vastausten määrä, tallennuspäivämäärä ja -aika sekä mittauksen laatija. Tulokset-tiedostoa voidaan käyttää yksittäisten hankkeiden kustannusarvioiden luotettavuuden kehittymisen seurantaan tai kustannusarvioiden luotettavuuden kehittymisen seurantaan koko yrityksen laajuisesti.

Mittaria on tarkoitus käyttää suunnitteluhankkeissa sekä hankkeiden aikana aina kustannuslaskentaa tehtäessä. Mittarin käyttö on kustannuslaskennasta vastaavan henkilön vastuulla, mutta toisaalta mittaria voivat käyttää kaikki projektin suunnittelijat oman tekniikkalajinsa osalta. Oikeudet mittarin seuraamiseen tulisi kuitenkin olla kaikilla projektiin kuuluvilla henkilöillä ja tarvittaessa muilla suunnitteluosaston toiminnasta vastaavilla henkilöillä.

Mittarilla mitattava tieto perustuu suunnittelun aikana tehtyihin päätöksiin ja ratkaisuihin. Mittarin tuloksia tulkittaessa on huomioitava, että mittarilla mitataan subjektiivisia näkemyksiä luotettavuudesta ja suunnittelun tasosta, joten vääristämällä omia näkemyksiään, esimerkiksi todellista tilannetta positiivisempaan suuntaan, voidaan vaikuttaa mittaustuloksiin. Mittarin avulla havaittuihin puutteisiin kustannusarvion luotettavuudessa tulee reagoida tapauskohtaisesti, mutta päävastuu toimenpiteistä on hankkeen projektipäälliköllä ja pääsuunnittelijalla. Mittaustulosten pohjalta voidaan tarvittaessa parannella suunnitteluratkaisuja tai tehdä muita tarvittavia toimenpiteitä kustannusarvion luotettavuuden ja laadun parantamiseksi.

6.2.4 Mittarin pilotointi

Suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuuden mittaria testattiin Finnmap Infra Oy:ssä kahdella tiehankkeella. Ensimmäinen pilottihanke oli ”Vt 4 ja Vt 13 parantaminen Huutomäen kohdalla, Äänekoski”. Mittaria käytti hankkeessa pääsuunnittelijana toiminut Anna Elf. Hankkeessa tehtiin Finnmap Infran toimesta alueelle tiesuunnitelma, joka rakennetaan ST-urakkana. Hankkeen tiesuunnitelman kustannusarvio oli 21 300 000 € MAKU-indeksiin 10/2015 sidottuna ja pisteluku oli 109,10 (2010 = 100). Suunnitelmien valmiusaste mittaria käytettäessä oli 100 %, eli hanke oli valmis ja luovutettu tilaajalle. Mittari antoi hankkeen tiesuunnitelmavaiheen kustannusarviolle arvosanan 8,6, eli kiitettävä. Tämän ensimmäisen pilotoinnin tavoitteena oli saada tietoa mittarin käytettävyydestä ja selvittää onko mittarissa huomioitu riittävästi erilaisia kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ja toisaalta painottuuko jokin aihealue mittarissa liikaa.

Mittarin käytettävyyden kanssa ei testin yhteydessä ollut ongelmia. Mittari koettiin helpokäyttöiseksi ja mittarin käyttämiseen ei kulunut liikaa aikaa. Myös mittarin Excel-pohjaisuus koettiin hyväksi ominaisuudeksi, sillä Excel on työkaluna jo ennestään tuttu ja mittaritiedoston saa tallennettua projektikansioon. Mittariin tehty VBA-koodaus toimi moitteettomasti testin yhteydessä, eikä mittarin toiminnassa ilmennyt ongelmia.

Mittarin pilotoinnin yhteydessä tehtiin muutamia huomioita ja kehitysehdotuksia mittarin parantamiseksi. Väittämien muotoilun osalta huomio kiinnittyi aikataulua koskevien väittämien aikamuotoihin. Jotta mittaria käytettäessä sekä suunnittelun ollessa kesken että sen valmistuttua väittämät olisivat ymmärrettäviä, annettiin väittämien verbeille vaihtoehdot sekä preesens että perfekti muodoissa.

Sisällöllisesti pilotoinnissa tuli esille, että mittari ei ota kantaa pohjanvahvistusratkaisuihin tai taitorakenteisiin, vaan ne on kaikki yhdistetty väittämään ”Suunnitteluratkaisut eivät enää muutu.” Koska pohjanvahvistusratkaisut ovat väylärakenteissa taitorakenteiden ohella kalliita rakenteita, katsottiin, että niiden vaikutusta kustannusarvion luotettavuuteen voi korostaa mittarissa. Muita mittarin sisältöön liittyviä asioita olivat lisäksi ylijäämämaiden sijoituspaikat eli läjitysalueet ja niiden aiheuttamien kustannusten luotettavuus sekä johtosiirtokustannusten luotettavuus. Pilottihankkeessa ei ollut lainkaan määritelty läjitysalueita, mikä saattaa rakennusvaiheessa aiheuttaa muutoksia kustannuksiin hankkeen kustannusarvioon verrattuna. Johtosiirtokustannusten suuruus suhteessa hankkeen kustannusarvioon voi olla hyvin hankekohtaista, mutta niitä joudutaan

tekemään lähes poikkeuksetta aina kun hanke sijoittuu rakennettuun ympäristöön. Pilotihankkeessa arvioidut johtosiirtokustannukset olivat noin 2 % koko hankkeen kustannusarviosta, kun siltojen osuus kustannuksista oli noin 13,5 %.

Kustannuslaskennan tunnuslukuja käsittelevien väittämien osalta heräsi kysymys painottuvatko hankkeen kertoimet ja hanketehtävien osuuden vaikutus kustannusarvion luotettavuuteen liikaa mittarissa. Toisaalta jo mittarin kehitysvaiheessa todettiin, että hankkeen kertoimien muutoksilla voi olla erittäin suurissa 100 M€ hankkeissa useiden miljoonien eurojen vaikutus hankkeen kustannusarvioon.

Toinen mittarin pilotointi tehtiin tiesuunnitelmahankkeessa ”Klaukkalan ohikulkutie, tiesuunnitelma, Nurmijärvi ja Vantaa”. Hankkeen valmiusaste oli mittausvaiheessa 95 %, eli suunnitelmat oli lähetetty tilaajalle esikopioina kommentoitavaksi. Hankkeen esikopio-vaiheen kustannusarvio oli 33 500 000 € sidottuna MAKU-indeksiin ja pisteluku oli 109,1 (2010 =100). Mittarin testaajana toimi projektin pääsuunnittelija Lauri Harjula. Mittaus antoi hankkeen kustannusarvion luotettavuudelle arvosanan 8,5 eli hyvä.

Parannusehdotuksena mittariin toivottiin ohjeistusta siitä mistä näkökulmasta mittarin väittämiä tulisi pohtia. Myös kustannuslaskennan tunnusluvut -kohdan väittämistä pohdittiin voisiko väittämiä yhdistää. Ehdotettiin, että koko- ja aluevaikutuskertoimiin liittyvät väittämät yhdistettäisiin ja toteutusympäristön kertoimeen liittyvä väittäjä jätettäisiin erilleen. Pilotoinnin yhteydessä pohdittiin myös mihin lopullinen käyttöön otettava mittari kannattaisi sijoittaa yrityksen tietojärjestelmässä. Pilotoinnissa mittarin käytettävyyttä pidettiin hyvänä. Mittarin pilotointia eri hankkeissa jatketaan insinööriyön valmistuttua.

6.2.5 Mittarin jatkokehitystarpeet

Mittarin luomisen vaiheisiin kuuluu oman pohdinnan tai teorian pohjalta alustavan mittarin kehittäminen, mittarin osioiden kriittinen tarkastelu esimerkiksi asiantuntijatahon toimesta, mittarilla tehtävä pilottitutkimus ja mittarin kehitystyö tai uudistaminen pilottitutkimuksen pohjalta.¹⁴⁸ Mittarin kehittelytyössä insinööriyön aikana päästiin kehittämään esitys mittarista, minkä lisäksi sitä ehdittiin parannella pilottitutkimuksista saadun

¹⁴⁸ Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä, s. 50.

palautteen pohjalta. Mittarin kehitystyö vaatii lisää pilottihankkeita, jotta mittari saadaan varmasti mittaamaan oikeita asioita.

Pilotointien perusteella mittarin luotettavuuden voidaan arvioida olevan hyvällä tasolla. Ensimmäisen pilottihankkeen valmiusaste oli 100 %, eli hanke oli luovutettu tilaajalle, jolloin kustannusarvion luotettavuudenkin tulisi tiesuunnitelmavaiheessa olla lähellä kiitettävää luokitusta. Pilotoinnin yhteydessä mittarille saatiin keskiarvoksi 8,6, jolla mittarin luokituksen mukaisesti päästään kiitettävään luokitukseen. Toisen pilottihankkeen valmiusaste oli 95 %, eli suunnitelmat olivat tilaajalla kommentoitavana. ja mittarilla kustannusarvion luotettavuudeksi saatiin 8,5 eli hyvä. Pilotoidut hankkeet olivat valmiusasteiden suhteen lähellä toisiaan, minkä lisäksi mittarilla saadut tulokset kustannusarvion luotettavuudesta vastaavat toisiaan, kun verrataan hankkeiden valmiusasteita ja mittaustuloksia keskenään.

Jatkokehitystä varten ensimmäisen pilotoinnin yhteydessä ehdotettiin, että mittariin voisi kustannusarvion kehitysten seuraamiseksi lisätä kentän, johon voisi raportoida mittaushetkellä voimassaolevan kustannusarvion. Myös suunnitteluvaiheen jälkeen tietoon tulleita tarjous- tai urakkavaiheen kustannustietoja voisi päivittää myöhemmin joko mittarin yhteyteen tai erilliseen Excel-tiedostoon. Ensimmäisen pilotoinnin jälkeen mittariin lisättiin kustannusarvio-kenttä, minkä lisäksi mittariin kehitettiin tallennustoiminto tietojen keräämiseksi jatkokehittelyä varten. Rakennuskustannusten kehittymistä hankkeittain tulee seurata jatkossa, jotta mittarin yhteyteen voitaisiin myöhemmin liittää arvio luotettavuusluokitusta vastaavasta kustannusvaihtelun ennusteesta.

6.3 Mittaroinnin hyödyt

Suunnittelijan näkökulmasta mittarista on etua kustannusarvion itselleluovutusprosessin tukena. Mittari toimii työkaluna määrä- ja kustannustiedon oikeellisuuden varmistamiseksi sekä tilaajalle luovutettavien suunnitelma-asiakirjojen laadun parantamiseksi. Suunnittelukonsultille ja tilaajalle mittarin etuna on, että sen avulla saadaan luokitus kustannusarvion laatutasolle sekä samalla voidaan kirjata muistiin kustannuksiin liittyvät poikkeamat ja epävarmuudet. Mittarin avulla voidaan siten siirtää kustannusarvioon liittyvää tietoa helposti suunnittelijalta tilaajalle.

Tilaaajan näkökulmasta mittarista on hyötyä läpi suunnitteluvaiheiden. Tarveselvitysvaiheessa tehtävät kustannusarviot voivat olla hyvin hataralla pohjalla lähtötietojen suhteen, mikä heikentää kustannusarvion luotettavuutta. Tarveselvitysvaiheessa suunnittelu ja niihin perustuva alustava kustannusarvio voidaan tehdä täysin ilman pohjatutkimuksia, mikä voi aiheuttaa suuriakin muutoksia kustannusarvioon myöhemmissä suunnitteluvaiheissa. Tarveselvitysvaihe toimii pienissä väylähankkeissa usein tietosuunnitelmaa edeltävänä selvitysvaiheena, jonka pohjalta tehdään hallinnollisia päätöksiä. Ilman tietoa kustannusarvion luotettavuudesta, toteutettavien väylähankkeiden arvotusprosessi ja sen pohjalta tehtävät päätökset kohteiden rakentamisjärjestyksestä sekä budjetteihin tehtävät varaukset perustuvat epävarmaan kustannustietoon. Päätäjillä ei välttämättä ole tietoa kuinka luotettavasti kustannukset on arvioitu. Kustannusarvion luotettavuudesta kertovan mittarin avulla voitaisiin viestiä sen luotettavuudesta helposti ja mittarista voisi olla apua jopa poliittisessa päätöksenteossa. Mittarin avulla voitaisiin mahdollisesti havaita hankkeelle kohdistuvia riskejä ja varautua niihin kustannustavoitetta laadittaessa.

Suunnitteluvaiheen edettyä rakennussuunnittelutasolle, voidaan kustannusarvion luotettavuusmittarin avulla kommunikoida kustannusarvioon liittyviä poikkeamia myös tarjousvaiheeseen tai urakoitsijalle. Mittarin toimittaminen urakoitsijoiden tiedoksi voisi mahdollistaa luotettavamman arvion rakennusvaiheen riskeistä ja niistä aiheutuvista kustannuksista, mikä puolestaan voisi mahdollistaa edullisemmat urakkahinnat.

7 Yhteenveto

Kustannuslaskenta sijoittuu nykyisin suunnitteluprojekteissa usein projektien loppuvaiheeseen ja prosessi voi olla työläs sekä aikaa vievä. Tietomallinnuksen yleistyttyä infra-alalla pitäisi tietomalleja pystyä hyödyntämään määrä- ja kustannuslaskennassa nykyistä paremmin ja kustannuslaskennan prosessia tehostaa. Siirtyminen poikkileikkauspohjaisesta määrälaskennasta tietomallipohjaiseen tuottaisi nykyistä tarkempaa määrätietoa kustannuslaskentaa varten. Toisaalta kustannuslaskennan tuloksena saatavan kustannusarvion oletetaan olevan luotettava ja sitä käytetään erilaisia hankkeiden etenemistä koskevia päätöksiä tehtäessä. Kustannuslaskenta voi kuitenkin sisältää erilaisia oletuksia ja epävarmuuksia, joita ei raportoida kustannusarvion yhteydessä. Tässä insinööriyössä selvitettiin kustannuslaskennan prosessin tehostamista tutkimalla tietomallipohjaisen kustannuslaskennan mahdollistamista Finnmap Infra Oy:ssä. Lisäksi tutkittiin mahdollisuutta kuvata suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuutta mittarin avulla.

Suurin osa rakennushankkeen kustannuksista määräytyy jo suunnitteluvaiheessa, mikä vuoksi kustannushallinnalla on erityisen suuri rooli rakennushankkeissa. Infrahankkeissa suunnitteluvaiheen kustannuslaskentaa on tehty tähän tietomallintamisen yleistymiseen asti poikkileikkauspohjaiseen määrälaskentamenetelmään perustuen, mutta tietomallinnuksen myötä on tullut tarve siirtyä kohti tietomallipohjaista määrälaskentaa. Infrahankkeiden suunnittelussa kustannuslaskenta tehdään suunnitteluvaiheesta riippuen yleensä hankeosa- tai rakennusosamenetelmää käyttäen. Työssä esiteltiin hankeosa- ja rakennusosalaskennan lisäksi myös muita infrarakentamisessa käytettyjä kustannuslaskentamenetelmiä.

Hankkeiden tarveselvitys ja esisuunnitteluvaiheissa ei tietomallinnuksella ole vielä suurta roolia ja kustannuslaskenta perustuu hankeosamenetelmään sekä asiantuntija-arvioihin. Yleissuunnitteluvaiheessa tietomallinnusta hyödynnetään jo vähintään lähtötietojen keräämiseen ja osa määrätiedoista kustannuslaskentaa varten voidaan arvioida jo suunnitelmien perusteella, usein hankeosapohjaisesti. Viimeistään tie- ja rata-suunnitteluvaiheessa siirrytään rakennusosamenetelmään ja kustannusarvioiden luotettavuus paranee tarkemman suunnittelun ja mallintamisen myötä. Rakennussuunnitteluvaiheessa suunnitelmat tähtäävät toteutusvaiheeseen, jolloin määrätietoa voidaan mitata kattavasti tietomalleista ja suunnitelmista.

Kustannusarvion laadun valvonta perustuu nykyisin kustannusarvion itselleluovutusprosessiin. Itselleluovutuksen yhteydessä suunnittelija yhdessä toisen suunnittelijan kanssa tarkastavat kustannusarvion kattavuuden. Työssä kerättiin tausta-aineistoa tilastollisista tutkimusmenetelmistä kustannusarvion luotettavuuden mittaria varten. Pääpaino käsitellyissä tutkimusmenetelmissä oli kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmissä, joista tärkeimpänä esiteltiin Likert-asteikollinen mittari, jota voidaan käyttää esimerkiksi mielipidemittausten tekemiseen. Todettiin, että mittarin kehitys perustuu aina teoriaan ja vaatii kehitystyötä sekä testausta ennen kuin mittarin voidaan sanoa olevan valmis. Toisaalta prosessin kehittyessä tulee myös mittaria kehittää edelleen.

Nykyisiä määrä- ja kustannuslaskennan menetelmiä Finnmap Infra Oy:ssä tutkittiin käytännön työtehtävien kautta aiheeseen tutustumalla sekä tutkimalla internetlähteistä suunnittelujärjestelmänä käytetyn Bentley Systemsin PowerCivil for Finland V8i SS4 – ohjelmistoversiota. Lisäksi tutkittiin kustannuslaskennan työkaluna käytettävää Rapal Oy:n Fore-palvelua ja sen toimintoja. Suunnittelujärjestelmän työkaluja tutkittaessa todettiin, että edelleen poikkileikkauspohjaiseen määrälaskentaan soveltuva työkalu oli kattavin ja mahdollisesti tarvittavat toiminnot määrälaskennan suorittamiseksi suunnitteluprojektissa. Poikkileikkauspohjaisesta laskentatavasta tulisi kuitenkin pyrkiä pois sen suunnitelmatietoa yleistävän laskentamenetelmän vuoksi. Tietomallipohjainen, suoraan väylämallista määrät laskeva työkalu todettiin olevan kehityskelpoinen, mutta ei tässä vaiheessa sisältänyt kaikkia määrälaskentaan tarvittavia toimintoja. Muut suunnittelujärjestelmän määrälaskentatyökalut olivat toiminnoiltaan edellä mainittuja yksinkertaisempia, eivätkä tuoneet ratkaisua tietomallista suoritettavaan määrälaskentaprosessiin. Suunnittelujärjestelmän tutkimisen jälkeen todettiin, että siitä ei ole vielä tällä hetkellä mahdollista saada määrätietoja riittävän kattavasti suoraan tietomallista. Kustannuslaskentaan käytettävästä Fore-palvelusta todettiin, että määrätietojen vienti kustannuslaskentaa varten vaatii joko Excel-tiedoston käyttöä tai tiedot täytyy syöttää Foren käsityönä.

Tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan kehitystarpeita Finnmap Infra Oy:ssä tutkittiin teemahaastattelujen avulla. Haastattelujen perusteella saatiin tietoa yrityksen sisäisistä kehitystarpeista sekä suunnittelujärjestelmän että Foren kehitystarpeista. Kävi ilmi, että yrityksen sisällä tulisi yhtenäistää toimintatapoja ja parantaa tiedonkulkua eri osastojen välillä, jotta viimeisimmät tiedot parhaista mallinnusmenetelmistä ja määrälaskennan työkaluista olisivat käytössä kaikilla. Myös suunnittelunaikaiseen kustannushallintaan tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Suunnittelujärjestelmän

osalta todettiin, että yrityksen sisällä kaikki suunnitteluosastot eivät käytä keskenään samoja suunnitteluohjelmistoja. Osa käytössä olevista suunnitteluohjelmistoista ei tue lainkaan tietomallinnusta, mikä oli selkeä kehitystarve suunnittelujärjestelmälle tietomallinnuksen yleistyessä. Määrälaskentamenetelmien osalta tuli esiin tarve tehostaa määrälaskentaprosessia ja kehittää määrälaskennan työkaluja selkeästi tietomallipohjaisempaan suuntaan. Foren kehitystarpeiksi matkalla tietomallipohjaiseen kustannuslaskentaan mainittiin erityisesti kustannustietojen älykkyyden parantaminen, kustannustiedon taustalla olevien tietojen avoimempi jakaminen sekä määrä- ja kustannustiedon välisen rajapinnan kehittäminen tietomallipohjaista suunnittelua tukevaan suuntaan. Kehitystarpeita tullaan viemään eteenpäin tiedoksi asianosaisille tämän insinööriyön valmistuttua.

Kustannusarvion luotettavuuden mittaamiseksi kerättiin yhteiskehittelyä Finnmap Infra Oy:n sisäisesti suunnitteluvaiheessa kustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä. Luotettavuustekijöiden pohjalta lähdettiin kehittämään mittariaihioita, joista jatkokehittelyyn valittiin Likert-asteikkoon pohjautuva suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuuden mittari. Mittaria pilotoitiin yhdessä juuri valmistuneessa tie-suunnitelmahankkeessa, minkä pohjalta mittariin tehtiin pieniä muutoksia. Pilottivaiheen jälkeen tulokseksi saatiin yrityksen käyttöön Excel-pohjainen mittari, joka koostuu 37 luotettavuustekijöiden pohjalta muotoillusta väittämästä. Väittämiin vastataan koulu-arvosana-asteikolla 4-10 sen mukaan kuinka hyvin asia on hankkeessa toteutunut. Vastausvaihtoehtona on lisäksi kysymyksen ohittava vastausvaihtoehto, mikäli väittäjä ei koske mitattavaa hanketta. Numeeristen vastausten lisäksi väittämiin liittyviä poikkeamia voi kirjata kunkin väittämän yhteyteen lisättyyn tekstikenttään. Mittarin antama luokitus rakennuskustannusarvion luotettavuudesta perustuu väittämien vastausten perusteella saatavaan painottamattomaan keskiarvoon. Keskiarvon perusteella mittari antaa kustannusarviolle myös sanallisen luokituksen välillä kiitettävä - heikko. Jatkokehittelyä tulee mittarin luotettavuus tutkia sekä seurata mitattavien hankkeiden kustannusarvioiden kehitystä. Tulevaisuudessa tavoitteena on liittää luotettavuusluokitukseen arvio kustannusten vaihteluvälistä.

Lähteet

Kirjallisuuslähteet:

Brax, J., Sundberg, R. 2011. Massat MicroStationista Foreen. Finnmap Infra Oy:n sisäinen tutkimusraportti.

Enkovaara, E., Haveri, H., Jeskanen, P. 1999. Rakennushankkeen kustannushallinta. Kustantaja: Rakennustieto Oy, Helsinki. Kirjapaino: Gummerus Kirjapaino Oy, Saarijärvi 1999.

Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus. 7. uudistettu painos. Edita Prima Oy, Helsinki 2008. ISBN-978-951-37-4812-8.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2001. Tutkimushaastattelu – Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Yliopistopaino, Helsinki. ISBN 951-570-458-8.

Kankkunen, K., Matikainen, E., Lehtinen, L. 2005. Mittareilla menestykseen, Sokkolenosta hallittuun nousuun. Talentum Media Oy. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2005. ISBN 952-14-0967-3.

Lindholm, Mika. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Suomen rakennusmedia Oy, Helsinki. ISBN 978-952-5785-00-5.

Lindholm, M., Junnonen, J. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta. Julkaisija: Suomen Rakennusmedia Oy, Helsinki. Paino: Tammerprint Oy, Tampere 2012. ISBN 978-952-269-065-4.

Metsämuuronen, J. 2001. Metodologian perusteet ihmistieteissä. Metodologia –sarja. 2. painos. International Methelp Ky. ISBN 952-5372-08-1.

Montin, P., Savolainen, T., Kempainen, J., Penttala, M., Hirvikoski, A. 2006. RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Painopaikka: Dark Oy, 2006. ISBN 951-758-462-8.

Rakennustieto Oy. 2015. Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, Määrämittausohje. Rakennustietosäätiö RTS. Tammerprint Oy, Tampere 2015. ISBN 978-952-267-082-3.

Internetlähteet:

Asikainen, M., Kukkonen, R. 2013. Väylähankkeiden kustannushallinta, Liikenneviraston ohjeita lo-46/2013. Liikennevirasto, Helsinki.
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-46_vaylahankkeiden_kustannushallinta_web.pdf.

Bentley Communities -internetsivut. 2015. Civil Design Wiki. Component Quantities - What are my options using OpenRoads? Päivitetty 27.1.2015.
http://communities.bentley.com/products/road___site_design/w/road_and_site_design___wiki/19045.component-quantities-what-are-my-options-using-openroads.

Bentley Communities -internetsivut. 2015. Component Quantities.
http://communities.bentley.com/products/road___site_design/f/5922/t/107780.

BuildingSMART Finland-internetsivut. Luettu 26.2.2016. <http://www.buildingsmart.fi/5>

Civil Engineering Spreadsheets. Average End Area Method. Päivitetty 2016. Luettu 11.3.2016. <http://www.civilengineeringspreadsheets.com/AverageEndAreaMethod.php>

Fore – UKK, Rola -internetsivu. Luettu 14.1.2016. <http://docs.infra.net/display/FOREFAQ/Rola>. Päivitetty 28.5.2011

Hartikainen, P. 2013. Tien rakennussuunnitelma, toimintaohjeet. Liikenneviraston ohjeita 45/2013. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-45_tien_rakennussuunnitelma_web.pdf.

Heikkilä, T. 2014. Kvantitatiivinen tutkimus, verkkomateriaali.
<http://www.tilastollinentutkimus.fi/1.TUTKIMUSTUKI/KvantitatiivinenTutkimus.pdf>

InfraBIM. 2015. Yleiset inframallivaatimukset 2015 -internetsivut. Luettu 27.10.2015. www.infrabim.fi/yiv2015.

Laaksonen, M. 2008. Prosessin arviointimittarin tuottaminen – Itsearviointimenetelmä polvi- ja lonkkatekonivelleikatun potilaan fysioterapiaprosessin arviointiin. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia, Sosiaali- ja terveysala, ylempi ammattikorkeakoulututkiminto. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/42238/stadia-1207474056-1.pdf?sequence=1>.

Liikennevirasto. 2014. Tiehankkeiden mallipohjaisen suunnittelun hankinta. Liikenneviraston ohjeita 20k/2014 (Koekäytössä oleva ohje).
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-20_tiehankkeiden_mallipohjaisen_web.pdf.

Manninen, A. 2009. Väylähankkeen esisuunnitteluvaiheen kustannushallinta. TKK Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitoksen väitöskirjoja. ISBN 978-951-22-9970-6 (PDF). <http://lib.tkk.fi/Diss/2009/isbn9789512299706/isbn9789512299706.pdf>.

Microsoft Office tukisivusto. 2016. XML-perustietoja aloittelijoille. Luettu 5.4.2016. <https://support.office.com/fi-fi/article/XML-perustietoja-aloittelijoille-a87d234d-4c2e-4409-9cbc-45e4eb857d44>

Montin, P. ym. 2011. Fore-palvelu väylähankkeiden kustannushallinnassa. Liikenneviraston ohjeita 26/2011. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-26_fore-palvelu_vaylahankkeiden_web.pdf.

Niskanen, J. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, Osa 1 Tietomallipohjainen hanke. BuildingSMART Finland. http://infrabim.fi/yiv-2015/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf.

Orajarvi, S. 2013. Menetelmä- ja taloudellisuusstandardit infrarakentamisessa. Opin-
näytetyö, Oulun seudun ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/61500/Orajarvi_Sami.pdf?sequence=1.

Rapal Oy. 2011. Infrarakentamisen kustannushallinnan ohje Helsingin kaupungille. 11/2011, Tiivistelmä konsulttien käyttöön aluesuunnitelmien laadinnassa. http://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/ohjeet/aluesuunnitelman_lahtoaineisto/raportti_%20kustannushallintaohje_tiivis%20.pdf.

Rapal Oy. 2016. Rapal Oy:n internetsivut. Luettu 29.2.2016. <http://rapal.fi/fore/infrakustannuslaskentajarjestelma/>.

Ruuti, P., Janhunen, N. ja Pienimäki, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015, osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot. BuildingSMART Finland. http://www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2015/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA_9_Maaeraelaskenta_ja_kustannusarviot.pdf.

Serén, K. 2014. InfraBIM-sanasto. http://www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM_Sanasto_0-7.pdf.

Tauriainen, M. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012, osa 7. Määrälaskenta. https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_7_maaralaskenta.pdf.

Henkilökohtaiset tiedonannot:

BuildingSMART Finland, Määrälaskentapilotti-kehitysryhmä. Henkilökohtainen tiedonanto 26.10.2015. Määrälaskentapilotti-kehitysryhmän kokous.

Janhunen, N. Henkilökohtainen tiedonanto 13.10.2015. Keskustelu.

Tutti, T. Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016. Neuvottelu, Tocoman Oy.

Kustannuslaskentaprosessin nykytila Finnmap Infra Oy:ssä

Liite vain tilaajan käyttöön

PowerCivil for Finland V8i SS4 massalaskentatyökalujen ominaisuudet

Työkalu	Ominaisuudet								
	Massojen laskenta suoraan väylästä (ei tarvita poikkileikkauksia)	Huomioi massalaskennassa väylän epäjatkuvuuden (ei laske clip-toiminnolla poistetun osan massoja)	Laskee massat paaluväleittäin	Laskee leikkaus- ja täyttömassat	Laskee pintamaan- tai mullan poiston	Laskee louhittavat massat	Yksikkökustannukset unit cost -kentän kautta *)	XML-raportti saatavissa ja voidaan muokata xsl-tiedostoilla	Huomiot
Analysis & Reporting: Element component quantities	X	X	X				X	X *)	Laskee vain väylän komponenttien tilavuudet, ei huomioi maasto- tai kalliomallia laskennassa
Corridor Modeling: Component quantities	X		X	X			X *)	X *)	Parhaat lähtökohdat kehittämiselle tämän työkalun pohjalta. Tarve olisi lähinnä puuttuvien End-area volumes-työkalun ominaisuuksien liittämiseen työkaluun
Corridor Modeling: End-area volumes		X	X	X	X	X *)		X	Vanha poikkileikkauserusteinen tapa laskea, pyritään pois tästä
Terrain modeling: create cut & fill volumes	(Vaatii terrain modelit väylän pinnoista, mutta ei poikkileikkauksia)			X (Kahta pintaa vertailemalla)		X (Jos tehdään tarvittavat pinnat ja vertaillaan niitä)			Soveltuu käytettäväksi erikoistapauksissa, mutta ei voida suorittaa täydellistä massalaskentaa
Tavoitetilan massalaskentatyökalu	X (Kuten Component quantities)	X (Paaluvälien hallinnan mahdollisuus)	X (Laskennassa koko väylän komponenttien teoreettinen tilavuus, mutta massojen jaottelu)	X (Kuten End-area volumes)	X (Kuten End-area volumes)	X	X (Yksikkökustannus vietävissä suunnittelujärjestelmään projektikohtaisen tietovaraston kautta)	X (Määrät saatava väylittäin ja paalukohtaisesti eroteltuina)	Tavoitteena saada suoraan tietomallinnetuista komponenteista tilavuuspohjaisesti laskeva massalaskentatyökalu
Huomiot						*) Laskee louhittavan kallion määrän kun verrataan väylän rakennetta kalliomalliin	*) ei voida syöttää tietokannasta, naputeltava käsin ennen raporttia	*) InRoadsin xsl-tiedostot täytyy muokata PowerCivil SS4:lle toimiviksi	

Kehitystarpeet-teemahaastattelun kysymykset

Taustatiedot:

Suunnitteluala:

Suunnittelukokemus vuosina:

Käytettävät suunnitteluohjelmistot:

Eniten käytetty suunnitteluohjelmisto:

Käytetty kustannuslaskentamenetelmä (esim. poikkileikkauspohjainen, tietomallipohjainen...):

Määrälaskennan kehittämistarpeet Finnmap Infra Oy:ssä:

(Miten lasket määriä nykyisin? Mitä parannettavaa prosessissa on?)

- Toimintatavat
- Suunnittelujärjestelmä
- Muut mahdollisesti käytettävät ohjelmistot

Kustannuslaskennan kehittämistarpeet:

- Finnmap Infra Oy:ssä
- Rapal Oy:n Fore-palvelussa (kustannustietojen luotettavuus?)
- Muiden mahdollisten tahojen toimesta

Tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan mahdollistamiseksi tarvittavat työkalut:

- Suunnittelujärjestelmässä
- Rapal Oy:n Fore tai muu kustannuslaskennan palvelu

Kehitystarpeet-teemahaastatteluun osallistuneet henkilöt

Liite vain tilaajan käyttöön

Kehitystarpeet-teemahaastattelun vastaukset

Liite vain tilaajan käyttöön

Suunnitteluvaiheen rakennuskustannusarvion luotettavuuteen vaikuttavat tekijät

Mitkä asiat vaikuttavat kustannusarvion/-laskelman luotettavuuteen?

- Tavoitteen määrittelyn selkeys hankkeessa
 - Liikenteelliset tavoitteet
 - Liikenneturvallisuuden taso
 - Suunnitelman laatutaso
 - Maankäyttö ja kaavoitus, liikenteelliset ennusteet
- Lähtötietojen luotettavuus
 - Pohjamaa
 - Pohjatutkimusten määrä
 - Maalajien kelpoisuus
 - Kallio ja maalajit
 - Onko selvitetty kallion sijainti ja maalajirajat?
 - Maastomalli
 - Vanhojen suunnitelmien luotettavuus (erityisesti perusparannushankkeissa)
- Suunnittelun taso ja valmiusaste
 - Kuinka pitkälle suunnitteluratkaisut on mietitty?
 - Onko kaikista suunnitelluista ratkaisuista pystytty laskemaan määrät?
 - Mallinnuksen taso
 - Onko kaikki mallinnettu oikein?
 - Massatasapainon tarkastelut
 - Onko työn toteutustapa mietitty?
- Määrätietojen luotettavuus
 - Onko kaikki määrät voitu laskea kaikista tekniikkalajeista?
 - Onko määrät laskettu oikein?
 - yksikkömuunnokset ja massakertoimet
 - Onko kaikki määrät Foressa kirjattuna?
- Kustannustiedon luotettavuus

- Rapal Oy:n Fore käytössä, josta saadaan kustannustieto
 - Miten hinnat muodostuvat?
- Saadaanko ratkaisulle tai rakennusosalle oikea hinta?
 - FOREssa kustannustieto on "piilotettu" nimikkeiden sisälle ja todellista kustannusta on suunnittelijan näkökulmasta vaikea arvioida. Suunnittelijalla harvoin on tietoa materiaalikustannuksista ja työsuoritteista, jotta kustannuksia voisi yrittää laskea itse.
- Kuljetusmatkojen luotettavuus
- Kuljetuskustannusten yksikköhinnan luotettavuus
- Kustannuslaskennan tunnusluvut
 - Kertoimet
 - Hankkeen kokovaikutuskerroin
 - Hankkeen aluekerroin
 - Hankkeen toteutusympäristön kerroin
 - Hanketehtävien osuus rakennuskustannuksista
 - Kustannusarvion indeksi
 - Vastaavatko kustannuslaskennan tulokset aiempien vaiheiden kustannustasoa ja -tavoitteita?
- Hankkeen toteutus
 - Toteutuksen vaiheistus
 - Onko toteutuksen vaiheistus tiedossa?
 - Onko toteutuksen vaiheistukseen osattu varautua kustannusarviossa?
 - Suunnitelmat tehdään usein tietylle kokonaisuudelle, mutta kun rakentaminen käynnistyy voi olla että hanke pilkotaan pienemmäksi ja osissa tekeminen on aina kalliimpaa.
 - Urakoitsijan valitsema työtap
 - Työskentelyolosuhteet urakan aikana
 - Vuodenajan vaikutus kustannuksiin
 - Kaivantojen ja olosuhteiden vaikutus kustannuksiin
- Aikataulu
 - Suunnitteluun käytettävissä oleva aika
 - Tilaajan aikataulu
 - Hankkeen toteutusaikataulu

HANKKEEN KUSTANNUSARVION LUOTETTAVUUSMITTARI

Hanke:	Esimerkkihanke		Erittäin vahvasti samaa mieltä	Vahvasti samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	Ei eri eikä samaa mieltä	Jokseenkin eri mieltä	Vahvasti eri mieltä	Erittäin vahvasti eri mieltä	Ei koske tätä hanketta		
Tilaja:	XYZ-keskus											
Suunnitteluvaihe:	Tiesuunnitelma											
Suunnitelmien valmiusaste:	95 %	Pvm: 15.4.2016										
											Laatija: Esimerkkilaatija	
											Kustannusarvio: 11 000 000 €	

Väite	10	9	8	7	6	5	4	0	
Väite	10	9	8	7	6	5	4	0	Kirjaa mahdolliset poikkeamat ja puutteet
Tavoitteen määrittely									
Suunnitelmien laatutasovaatimus on määritelty selkeästi.		9							
Hankkeen liikenteelliset tavoitteet ovat selkeät.		9							
Hankkeen liikenneturvallisuuden taso on määritetty selkeästi.		9							
Suunnittelu perustuu tuoreisiin ennustuksiin alueen maankäytöstä ja liikenteen kehityksestä.			8						
Lähtötiedot									
Kaikki kustannuksiin vaikuttavat lähtötiedot on hankittu ja huomioitu laskennassa (esim. johtotiedot)		9							
Pohjamaan lähtötiedot ovat kattavat.			8						Väylien M1 ja K3 liittymäalueelta ei kairauksia.
Maalajien kelpoisuus on selvitetty ja huomioitu hankkeen suunnittelussa kattavasti.			8						
Hankkeesta on tehty maaperämalli.			8						
Hankkeesta on tehty suunnittelualan kattava tarkka ja luotettava maastomalli.		9							
Tiedot nykyisistä rakenteista ovat käytettävissä ja luotettavia (perusparannushankkeet).		9							
Suunnittelun taso ja valmiusaste									
Suunnitteluratkaisut eivät enää muutu.			8						
Pohjanvahvistusratkaisut eivät enää muutu.			8						
Taitorakenneratkaisut eivät enää muutu.			8						
Hankkeen massatasapainoa on tarkasteltu kattavasti.		9							
Hankkeelle on määritelty riittävän laajat läjitysalueet.		9							
Suunnitteluvaiheen ratkaisussa on huomioitu rakennustöiden toteutustavat.				7					
Hankkeen tietomallinnuksen taso									
Hankeessa on mallinnettu kaikki tehdyt suunnitteluratkaisut.			8						
Hanke on tietomallinnettu oikein YIV-ohjeiden mukaisesti.			8						
Määrätietojen luotettavuus									
Määrälaskennassa on huomioitu koko suunnitelman sisältö (kaikki tekniikkalajit).		9							
Määrälaskennassa on tehty yksikkömuunnokset oikein (esim. m ³ → t).		9							
Määrälaskennassa on käytetty massakertoimia oikein (esim. m ³ ktr → m ³ rtr).		9							
Kaikki määrätiedot on kirjattu Foreen.	10								
Kustannustiedon luotettavuus									
Foren hintoja on tarkasteltu kriittisesti ja tarpeelliset muutokset hintoihin on tehty.				7					
Hankkeen rakennusosille on saatu luotettavat yksikköhinnat.			8						
Laskennassa käytetyt kuljetusmatkat on hyväksytetty tilaajalla.		9							
Kuljetusmatkat on huomioitu kustannuslaskennassa.		9							
Hankkeessa käytetyt kuljetuskustannusten yksikköhinnat ovat luotettavat.			8						
Kustannuslaskennan tunnusluvut									
Hankkeen kokovaikutuskertoimen on määritetty tilaajan kanssa.	10								Määritetty hankeryhmän kokouksessa.
Hankkeen aluekerroin on määritetty tilaajan kanssa.	10								Määritetty hankeryhmän kokouksessa.
Hankkeen toteutusympäristön kerroin on määritetty tilaajan kanssa.	10								Määritetty hankeryhmän kokouksessa.
Hankkeen hanketehtävien osuudet on hyväksytetty tilaajalla.	10								Määritetty hankeryhmän kokouksessa.
Hankkeen kustannuslaskennan tuloksia on vertailtu aiempien vaiheiden kustannusarvioihin.		9							
Hankkeen kustannusarviossa käytettävä kustannusindeksi ja pisteluku on sovittu tilaajan kanssa.	10								Määritetty hankeryhmän kokouksessa.
Hankkeen toteutusvaihe									
Mahdolliset hankkeen toteutuksen vaiheistuksesta aiheutuvat kustannukset on otettu huomioon.								0	
Urakoitsijan valitsemat työtavat on huomioitu kustannuslaskennassa.				7					
Rakennusvaiheen olosuhteet on huomioitu kustannuslaskennassa (esim. vilkasliikenteinen rakennuspaikka, rakentaminen talvella tai erittäin helpot rakennusolosuhteet).				7					
Aikataulu									
Suunnitteluun käytettävissä oleva aika on/on ollut riittävä.			8						
Tilaaajan aikataulu on/on ollut tiedossa.			8						
Hankkeen toteutusajankohta on tiedossa.				7					
Muu erityinen hanketta koskeva tekijä, mikä?									

10	9	8	7	6	5	4	
Keskiarvo: 8.6 ± 0.92							1
Luotettavuus: Kiitettävä 38/1							

Kustannusarvion luotettavuusluokka määräytyy väittämien keskiarvon perusteella:

10 = Erinomainen 9 = Kiitettävä 8 = Hyvä 7 = Tyydyttävä 6 = Kohtalainen 5 = Välttävä 4 = Heikko