



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ritva Hietikko-Kaukola

Perinteisen ja tietomallipohjaisen määräluettelon pohjalta laaditun kustannusarvion vertailu

Täydentävät rakenteet

Opinnäytetyö

Syksy 2022

Insinööri (ylempi AMK), Rakentaminen



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (ylempi AMK), Rakentaminen

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Ritva Hietikko-Kaukola

Työn nimi: Perinteisen ja tietomallipohjaisen määräluettelon pohjalta laaditun kustannusarvion vertailu – Täydentävät rakenteet

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2022

Sivumäärä:57

Tämän ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyön toimeksiantajana on Rakennusliike Lapti Oy. Tutkimuksessa tarkastellaan viittä, jo valmistunutta julkista rakennuskohdetta. Tutkimuksen tavoitteena on tietomallipohjaisen laskennan luotettavuuden tutkiminen urakkalaskennan täydentävissä rakenteissa (littera 4). Tutkimuksessa tarkastellaan yleisesti tietomallin ja sen pohjalta tehdyn kustannusarvion luotettavuutta. Tietomallin pohjalta saatuja kustannusarvioita verrataan aikaisemmin tuotettuun kustannusarvioon. Tutkimuksen lopputuloksena saadaan kustannusarvioiden laskennallinen kustannusero tutkituista hankkeista.

Tämän tutkimuksen avulla yritetään selvittää aihetta kokonaisvaltaisesti tuomalla tietomallien määräsisältöä suoraan kustannuslaskentaohjelmaan. Tietomalleissa havaittuja virheitä ja puutteita ei ole lähdetty korjaamaan tässä tutkimuksessa. Tutkimuksessa tarkastellaan pääryhmän suorituspäätöksiä alueittain ja vertaillaan perinteisen määräluettelon ja tietomallin pohjalta suorituspäätösten määriä ja niiden pohjalta tehtyä kustannusarviota.

Tämän tutkimuksen perusteella tietomallista ei voida suoraan tuottaa Lapti Oy:n tavoitteen, 2–3 %:n mukaista kustannuslaskentatarkkuutta. Tutkimuksen perusteella täydentävissä rakenteissa tietomallipohjaisen määräluettelon kustannusarvio on 8,6 % pienempi kuin määräluettelo, joka on laadittu perinteisin menetelmin. Tämän tutkimuksen tietomallipohjaisten määräluetteloiden kustannusarvioiden tarkkuuden parantamiseksi voidaan esittää kolme ratkaisuvaihtoehtoa. Ensimmäisenä ratkaisuna on tietomallin tarkkuuden lisääminen. Toisena vaihtoehtona on, että puuttuva informaatio, esimerkiksi liitosrakenteet, huomioidaan laskentajärjestelmässä tuote- ja panosrakenteena. Mahdolliset muutokset ja korjaukset tietomallissa eivät välity tällöin laskentajärjestelmään. Kolmantena ratkaisuna on puuttuvan kustannusosuuden korvaaminen kustannusvarauksella kustannuslaskelmaan. Tarvittavan kustannusvarauksen laskeminen vaatisi lisää tämän tutkimuksen tapaista vertailevaa tutkimusta ja isomman otoksen. Aihe on kokonaisuudessaan mielenkiintoinen ja vaatii lisätutkimusta sekä laskennan kehittämistä.

¹ Asiasanat: kustannusarvio, luettelo, määrä, tietomalli

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Master's Degree Programme: Construction

Specialisation: Building Construction

Author: Ritva Hietikko-Kaukola

Title of thesis: Comparison of cost estimate with bill of quantities and building information model – Supplementary structures

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2022

Number of pages: 56

The study was commissioned by Rakennusliike Lapti Oy. The study examined five already constructed public construction projects. The aim of the study was to examine the reliability of the building information-based planning calculations in supplementary structures of construction costs (littera 4). The thesis studied the reliability of the building information model and the cost estimate based on the model. The new cost estimate was compared with a cost estimate conducted earlier.

The purpose of the thesis was to investigate the subject comprehensively by implementing the building information model results directly in the cost estimate calculations. The mistakes and deficits observed in the building information models were not corrected on purpose.

Based on this study, the building information model cannot be used to directly produce Lapti's cost of estimate target accuracy of 2–3%. The study shows that using the building information model resulted in 8,6% lower cost estimate than the traditional bill of quantities in supplementary structures. Three solutions can be presented based on the results. The first solution increases the accuracy of the building information model. The second solution is that missing information should be considered in the calculations. The third solution is that missing costs should be replaced with a cost reservation in cost calculations. Calculating the needed cost reservation would require more research and a larger sample than this study could provide. The subject is interesting, and it requires more research.

¹ Keywords: cost estimate, catalog, amount, building information model

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	9
1 JOHDANTO	11
1.1 Työn taustaa.....	11
1.2 Työn tavoite.....	14
1.3 Työn rakenne	15
1.4 Tutkimusmenetelmät.....	15
1.5 Rakennusliike Lapti Oy.....	17
2 TEORIAA TIETOMALLINNUKSESTA SEKÄ MÄÄRÄ- JA KUSTANNUSLASKENNASTA	18
2.1 Yleistä tietomalleista.....	18
2.2 Tietomallit määrälaskennassa.....	19
2.3 Kustannuslaskentamenettelyt.....	23
2.4 Tietomallipohjaisen laskennan haasteet kustannuslaskennassa	27
3 RAKENNUSLIIKE LAPTI OY:N OHJELMISTOT	28
3.1 Bluebeam Revu 20 -määrälaskentaohjelma.....	28
3.2 Solibri Office -ohjelma	28
3.3 Jydacom, rakennusalan toiminnanohjausjärjestelmä	29
4 TUTKIMUS PERINTEISEN MÄÄRÄLUETTELON JA TIETOMALLIN POHJALTA TEHDYN KUSTANNUSARVION VÄLILLÄ.....	31
4.1 Rakennusurakan tuoterakennepohjainen ja vallitseva urakkalaskentajärjestelmä	31
4.1.1 Tuoterakennepohjainen urakkalaskentajärjestelmä	31
4.1.2 Vallitseva urakkalaskentajärjestelmä	32
4.2 Vertailukohteiden lähtötiedot	33
5 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI.....	35

5.1	Ikkunoiden ja erikoisikkunoiden määrien ja kustannusten vertailu	35
5.1.1	Metalli-ikkunat	35
5.1.2	Puuikkunat	38
5.1.3	Vesikaton kattoikkunat, savunpoistoikkunat ja -luukut	40
5.2	Ovet ja metallirakenteiset erikoisovet	40
5.2.1	Metalliovet	40
5.2.2	Puuovet	44
5.2.3	Erytisovet	46
5.3	Väliseinät	46
5.4	Erytis- ja jakoseinät, sisäpuoliset kaiteet ja käsijohteet	47
5.5	Hornit	48
5.6	Tutkimushankkeiden kustannusvertailut litteran 4 eri alueilla	48
5.6.1	Kustannusvertailu kohteessa 1	48
5.6.2	Kustannusvertailu kohteessa 2	49
5.6.3	Kustannusvertailu kohteessa 3	50
5.6.4	Kustannusvertailu kohteessa 4	50
5.6.5	Kustannusvertailu kohteessa 5	51
5.7	Litteran 4 vertailu kustannuksissa eri hankkeilla	51
6	POHDINTA JA YHTEENVETO	53
6.1	Tutkimuksen tulokset	53
6.2	Tulosten analysointia	53
6.3	Pohdintaa ja keinoja laskennan tarkentamiseen	53
6.3.1	Tietomallin tarkkuuden lisääminen	54
6.3.2	Tuote- ja panosrakenteen huomioiminen laskentajärjestelmässä tarvittaessa poisjääville rakenteille	54
6.3.3	Kustannusvaraus kustannuslaskelmaan	54
	LÄHTEET	56

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Yhdistelmämalli sisältää useamman suunnittelualan tietomallit	19
Kuvio 2. Kohteen 5 Tietomalliseloste s. 1.	22
Kuvio 3. Kohde 5 mallinnustilanne s. 2.	23
Kuvio 4. Kustannusarviointimenettelyjen tarkkuustaso.	25
Kuvio 5. Teräsbetonipilarin suoritteet (betonointi, raudoitus ja muottityö) ja panokset (työ-, materiaali- ja muut kustannukset).	26
Kuvio 6. Bluebeam Revu 20 -määrälaskentaohjelman työpöytänäköymä.	28
Kuvio 7. Solibri Office -ohjelman työpöytänäköymä.	29
Kuvio 8. Rakennusalan toiminnanohjausnäköymä Jydacom:in työpöytänäköymä.	30
Kuvio 9. Pääryhmä 4:n kustannusvertailu tämän tutkimuksen hankkeilla.	52
Taulukko 1. Talo 80 -nimikkeistöjärjestelmän rakentamisosien pääryhmät ja suoritusryhmät	12
Taulukko 2. Talo 80 -nimikkeistön rakentamisnimikkeet	13
Taulukko 3. Talo 80 -nimikkeistön suoritusnimikkeet	13
Taulukko 4. Keskeisiä kustannuslaskentamenettelyjä ja niiden käyttäjiä	24
Taulukko 5. Metallilasiseinien lukumäärävertailu eri hankkeilla.	35
Taulukko 6. Metallikkunoiden lukumäärävertailu eri hankkeilla.	35
Taulukko 7. Metallilasiseinien neliömäärävertailu eri hankkeilla.	36
Taulukko 8. Metallikkunoiden neliömäärävertailu eri hankkeilla.	36

Taulukko 9. Metallisisäikkunan neliömäärä eri hankkeilla.....	37
Taulukko 10. Metallisisäikkunoiden lukumäärävertailu eri hankkeilla.	37
Taulukko 11. Metalliiikkunoiden liittymärakennvertailu eri hankkeilla.	37
Taulukko 12. Puuikkunoiden neliömäärävertailu eri hankkeilla.....	38
Taulukko 13. Puuikkunoiden lukumäärävertailu eri hankkeilla.....	38
Taulukko 14. Puusisäikkunoiden neliömäärävertailu eri hankkeilla.	39
Taulukko 15. Puusisäikkunoiden lukumäärävertailu eri hankkeilla.	39
Taulukko 16. Puuikkunoiden liittymärakennvertailu sisä- ja ulkoseinillä eri hankkeilla.....	40
Taulukko 17. Metalliuulko-ovien lukumäärävertailu eri hankkeilla.....	41
Taulukko 18. Metallilasiulko-ovien lukumäärävertailu eri hankkeilla.	41
Taulukko 19. Ikkunoiden ja ovien yhteenlaskettu neliömäärä ulkoseinillä eri hankkeilla....	41
Taulukko 20. Metallilasiulko-ovien liittymärakennvertailu eri hankkeilla.....	42
Taulukko 21. Metalliuulko-ovien liittymärakennvertailu eri hankkeilla.	42
Taulukko 22. Metallilasiovien liittymärakennvertailu kohteella 1.	43
Taulukko 23. Metalliovien liittymärakennvertailu kahdella eri hankkeella.....	43
Taulukko 24. Metallipalo-ovien liittymärakennvertailu kahdella eri hankkeilla.....	43
Taulukko 25. Metallii- ja metallilasiulko-ovien liittymärakennvertailu kohteella 2.	44
Taulukko 26. Puuovien lukumäärävertailu eri hankkeilla.	44
Taulukko 27. Puuovien liittymärakennvertailu eri hankkeilla.	45
Taulukko 28. Muurattujen väliseinien neliömäärävertailu eri hankkeilla.....	46
Taulukko 29. Levyväliseinien neliömäärävertailu eri hankkeilla.	46

Taulukko 30. Kustannusvertailu littera-alueella 4 kohteessa 1.	49
Taulukko 31. Kustannusvertailu littera-alueella 4 kohteessa 2.	49
Taulukko 32. Kustannusvertailu littera-alueella 4 kohteessa 3.	50
Taulukko 33. Kustannusvertailu littera-alueella 4 kohteessa 4.	50
Taulukko 34. Kustannusvertailu littera-alueella 4 kohteessa 5.	51
Taulukko 35. Tämän tutkimuksen kustannusvertailu eri hankkeilla litteralla 4.	51

Käytetyt termit ja lyhenteet

BIM Kirjainyhdistelmä BIM on lyhenne englanninkielisistä sanoista Building Information Model (rakennuksen tietomalli) tai Building Information Modeling (rakennuksen tietomallinnus).

IFC-muoto Kirjainyhdistelmä IFC on lyhenne englanninkielisistä sanoista Industry Foundation Classes. IFC on tietomalliohjelmistojen yhteinen mallien kuvaustapa (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 23). IFC-malli mahdollistaa avoimen tiedonsiirron eri ohjelmistojen välillä, jolloin eri malleja voidaan siirtää ohjelmistosta toiseen.

Järjestelmämalli Talotekniikkasuunnittelijan tuottama talotekniikkajärjestelmän suunnittelumalli (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 23).

Rakennemalli Rakennesuunnittelijan tuottama suunnittelumalli (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 23).

Rakennuksen tietomalli

Rakennuksen tietomalli on rakennuksen ominaisuuksien aineellinen ja toiminnallinen kuvaus digitaalisessa muodossa, mikä mahdollistaa tiedon jakamisen yhteisesti sovitulla tavalla (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 15).

Rakennusosamalli Rakennusosamalli on arkkitehdin tuottama malli (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 23).

Yhdistelmämalli Yhdistelmämalli on mallikokonaisuus, jossa on yhdistettynä useiden suunnittelualojen 3D-tietomalleja samassa koordinaatistossa. Sen avulla voidaan tehdä esimerkiksi mallien yhteensopivuustarkasteluja (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 24).

YTV2012

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 YTV2012, julkaisusarja tietomallinnetun rakennushankkeen vaatimuksista.

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Rakennusalalla on käytössä nimikkeistöjä, jotka on tarkoitettu rakennushankkeen osapuolten väliseen tiedonsiirron parantamiseen (Rakennustieto, 2018, s. 23). Nimikkeistö toimii tiedonvaihdon perustana hankkeen eri osapuolten välillä koko hankkeen olemassaolon ajan.

Urakkahinnoittelussa rakennusliikkeet ostavat Talo 80 -nimikkeistöön tai 2000 -nimikkeistöön pohjautuvan valmiin määräluettelon määrälaskentatoimistolta. Vaihtoehtoisesti rakennusliike laskee määräluettelon perinteisesti piirustuksista laskentaresurssiensa mukaan. Perinteisten piirustusten lisäksi käytössä ovat myös tietomallit. Rakennusurakan määräluettelo hinnoitellaan ja tarjotaan urakkakilpailussa.

Pohjana on Talo 80 -nimikkeistö, jossa rakennusosat on jaettu eri kokonaisuuksiin. Järjestelmä on julkaistu vuonna 1981, ja se on edelleen alalla käytössä (Rakennustieto, 2018, s. 98). Talo 80 -nimikkeistössä rakentamisnimikkeet on jaettu 10:een eri osa-alueeseen.

Talo 80 -nimikkeistö on luokiteltu rakentamisnimikkeisiin ja suoritusnimikkeisiin (Rakennustieto, 2018, s. 98). Rakentamisnimikkeiden pääryhmien 2–5 koodi on kaksinumeroinen, ja se jakautuu kahteen osaan eli pääryhmään ja rakentamisosaan. Rakentamisnimikkeiden pääryhmien 0 ja 1 sekä 6–9 koodi on kolminumeroinen, ja sillä on kolme tasoa. Nämä kolme tasoa ovat pääryhmä, alapääryhmä ja rakentamisosa. Suoritusnimikkeiden pääryhmät 1–9 jaetaan kahteen tasoon, pääryhmään ja suoritusosaan.

Esimerkiksi tässä tutkimuksessa tarkasteltavalle levyrakenteiselle seinälle saadaan Talo 80 -nimikkeistöstä nimike seuraavalla tavalla: valitaan pääryhmä 4, täydentävät rakenteet. Seuraavaksi valitaan rakentamisosa 45, kevyet väliseinät. Seuraavaksi valitaan suoritusosa 6, puu- ja levytyö. Tämän suoritusnimikkeen alta saadaan puurunkotyö 61 ja levytyö 62. Lisäksi valitaan suoritusosa 7, lämmön- ja ääneneristys sekä lisäksi 71, pehmeä mineraalivilla. Näin saadaan kevyelle levyväliseinälle Talo 80 -nimikkeistön

Taulukko 2. Talo 80 -nimikkeistön rakentamisnimikkeet (Rakennustieto, 2018, s. 99).

Rakentamisnimikkeet										
0 Rakennuttajan kustannukset	1 Maa- ja pohjarakennus	2 Perustukset ja ulkop. rakenteet	3 Runko- ja vesikattorakenteet	4 Täydentävät rakenteet	5 Pintarakenteet	6 Kalusteet, varusteet ja laitteet	7 Konetekniset työt	8 Työmaan käyttökustannukset	9 Työmaan yhteiskustannukset	
1 ---	11 Raivaus ja purku	21 Anturat	31 ---	41 Ikkunat	51 Vesikate	61 Kalusteet	71 Lämpö-, vesi- ja viemärytyöt	81 Työnaikaiset rakenteet	91 Työmaan hallinto	
2 Rahoituskulut	12 Maankaivu	22 Perusmuurit, -palkit, ja -pillarit	32 Kantavat väliseinät ja pilarit	42 Eritysisikkunat	52 Sisäseinien pintarakenteet	62 Varusteet	72 Ilmanvaihtotyöt	82 Työnaikaiset asennukset	92 Avustavat rakennustyöt	
3 Suunnittelu ja tutkimus	13 Louhinta	23 Kantava alapohja	33 Laatat ja palkit	43 Ovet	53 Sisäkattojen pintarakenteet	63 Laitteet ja koneet	73 Sähköttyöt	83 Työmaan koneet ja laitteet	93 Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset	
4 Yhtiökulut, osuudet ja korvaukset	14 Pohjarakenteet ja pohjavahvistus	24 ---	34 Portaat	44 Erityisovet	54 Porrashuoneen pintarakenteet	64 Tilaryhmäkalusteet	74 Siirtotekniikka	84 Työkoneet, työkalut ja -välineet	94 Talviliisätyöt	
5 Rakennuttaminen ja valvonta	15 Salaajat ja putkijohdot	25 Väestönsuoja-rakenteet	35 Ulkoseinä	45 Kevyet väliseinät	55 Ulkoseinien pintarakenteet	65 ---	75 ---	85 Työmaan käyttötarvikkeet	95 Urakkahinnan muutokset	
6 Liittymismaksut	16 Täyttö ja tiivistys	26 Maanvarainen laatta	36 Ulkotasot ja parvekkeet	46 Erityisväliseinät ja jakoseinät	56 Lattian pintarakenteet	66 ---	76 ---	86 Käyttösaineet ja energia	96 Sopimuspohjaiset erityiskustannukset	
7 Markkinointi	17 Rakennusalueen rakenteet	27 Erityisrakenteet	37 Ullako ja kattorakenteet	47 Kaiteet, hoitotasot ja -sillat	57 Erityistilojen pintarakenteet	67 Väestönsuojan varusteet	77 ---	87 Työmaakulut	97 Työntekijöiden palkanlisät	
8 Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset	18 Ulkovarusteet	28 Ulkopuoliset rakenteet	38 Tilaelementit	48 Hormit, tulisijat, kanavat ja piiput	58 Maalaus ja tapetointi	68 ---	78 Rakennuttajan hankintojen aputyöt	88 Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset	98 Työntekijöiden sos.kulut	
9 ---	19 ---	29 ---	39 ---	49 ---	59 ---	69 ---	79 ---	89 ---	99 ---	

Taulukko 3. Talo 80 -nimikkeistön suoritusnimikkeet (Rakennustieto, 2018, s. 99).

Suoritusnimikkeet									
1 Muottityö	2 Rauditus ja betonityö	3 Metall- ja peltityö	4 Muuraus, rappaus, laatoitus	5 Elementtityö	6 Puu- ja levytyö	7 Lämmön- ja ääneneristys	8 Veden- ja kosteudeneristys	9 Muut työt	
11 Lautamuottityö	21 Rauditus	31 ---	41 Tiilimuuraus	51 Betonielementtityö	61 Puurunkotyö	71 Pehmeä mineraalivilla	81 Sivelyeristys	91 Luonnonkivityöt	
12 Levymuottityö	22 Betonointi	32 ---	42 a	52 Kevytbetonielementtityö	62 Levytyö	72 Kova mineraalivilla	82 Bitumikermieristys	92 Lasilevytyöt	
13 Kasettimuottityö	23 Betonin jälkityö	33 Teräsrunkotyö	43 Harkkomuuraus ja ladonta	53 Metallielementtityö	63 Puuverhous	73 Ruiskueristys	83 Muu kermieristys	93 Mattotyöt	
14 Suurmuottityö	24 Betonipintojen hionta	34 ---	44 ---	54 Tiillelementtityö	64 ---	74 Solumuovieristys	84 Muovikalvoeristys	94 Muovi-, levy- ja profiilityöt	
15 Pöytämuottityö	25 ---	35 Muototankotyö	45 Ohutrappaus	55 ---	65 Rakennuspuusepäntyy	75 Kevytoraeristys	85 Valueristys	95 Maalaus ja tapetointi	
16 Kulma- ja tunnelimuottityö	26 Pintabetonityö	36 Peltityö	46 Rappaus	56 Puuelementtityö	66 Listoituis	76 Kevytbetonieristys	86 Metallilevyeristys	96 ---	
17 Erityismuottityö	27 Sementtityö	37 Muotolevytyö	47 Tasoitetyö	57 Elementtien jälkityö	67 Heloituis	77 Muu lämmön- ja ääneneristys	87 ---	97 ---	
18 Muottien purku ja puhdistus	28 Betonimassan valmistus	38 Muu metallityö	48 Laatoitus	58 Elementtien saumaus	68 ---	78 Paperieristys	88 ---	98 ---	
19 ---	29 ---	39 ---	49 ---	59 ---	69 ---	79 ---	89 ---	99 ---	

Määrien manuaalinen mittaaminen piirustuksista voidaan korvata määrien laskemisella mallista (Jävjä & Lehtoviita, 2016, s. 61). Suunnittelija on muodostanut rakennuksesta tietomallin, joka muodostuu erilaisista rakennusosamalleista. Tietomallipohjaisen piirustuksen rakennusosamallien tietosisällössä on paljon informaatiota. Se, mitä laskija haluaa käyttöönsä, on hänen itsensä valittavissa. Rakennusosamallit sisältävät kappaleita, pituuksia, leveyksiä, pinta-aloja ja tilavuuksia. Rakennusosamallit eivät kuitenkaan sisällä kaikkea informaatioita, mitä määrälaskennassa tarvitaan. Laskija lisää puuttuvan informaation esimerkiksi erilaisten kaavojen kautta johtamalla. Tällöin palataan laskennan kannalta 2D-piirustusten antamiin määreisiin. Ajatuksena olisi helpottaa ja nopeuttaa laskentaa, jolloin määreet tulisi saada suoraan tietomallista.

Tämän tutkimuksen pääajatuksena on selvittää, millaista määrälaskentaa tukevaa tietoa tietomalleista saa ja millaisiin tuloksiin niiden kautta päästään. Tietomallipohjaisen tietosisällön hyödyntäminen Talo 80 -nimikkeistön pohjalta määrälaskennassa aiheuttaa kuitenkin omia haasteita. Talo 80 -nimikkeistön mukaan rakennusosiin liittyviä määriä jakautuu useammalle litteralle monelle eri osa-alueelle luettelossa. Saadut tietosisällöt rakennusosamallien pohjalta ja niiden jakaminen oikeaoppisesti oikeille litteroille ei kuitenkaan kevennä työmäärää eikä liioin nopeuta.

1.2 Työn tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on tietomallipohjaisen laskennan luotettavuuden tutkiminen urakkalaskennan täydentävissä rakenteissa (littera 4). Tutkimuksessa vertaillaan tietomallin antamaa tietosisältöä ja vastaavia perinteisesti 2D-piirustusten perusteella lasketuja määriä keskenään. Tutkimuksessa tarkastellaan yleisesti tietomallin luotettavuutta: Millaisia poikkeavuuksia eri rakennemalleista otettujen määrien eroavaisuus aiheuttaa kustannusarvioon? Mistä mahdolliset poikkeavuudet johtuvat?

Tutkimukseen valittiin Talo 80 -nimikkeistön täydentävät rakenteet (littera 4), koska tämä alue on hyvä kokonaisuus rakennusosien määrien ja kustannusten vertailuun. Täydentävien rakenteiden pääryhmä on mallinnettu arkkitehdin rakennusosamalleilla, ja ne ovat hyviä ja selkeitä kokonaisuuksia vertailussa.

Jos vertailuun olisi valittu esimerkiksi runko- ja vesikattorakenteet tai jokin muu pääryhmä, olisi tutkimus ollut huomattavasti haasteellisempi. Arkkitehti mallintaa kohteen rakennusosamallina ja rakennesuunnittelija vastaavasti samat rakenneosat rakennemallina. Näiden eri suunnittelijoiden mallien välillä saattaa olla suuriakin eroavaisuuksia keskenään. Lisäksi on selvitettävä, kumpaa edellisistä suunnittelumalleista määrälaskentatoimisto on käyttänyt, vai onko heidän laskentansa perustunut niiden molempien, sekä rakennusosamallin että rakennemallin kompromissiratkaisuun. Seuraava tutkimus olisi hyvä toteuttaa juuri runko- ja vesikattorakenteille. Edellä mainittu pääryhmä on laskenta-alueena merkittävä ja aikaa vaativa, jolloin tietomallien hyödyntämisestä laskennassa olisi suuri hyöty.

1.3 Työn rakenne

Tutkimuksessa vertaillaan muutaman jo valmistuneen hankkeen pohjalta, millaisia tuloksia Solibri Anywhere -ohjelma antaa tietomalleista. Vertailussa käytetään samoista hankkeista yrityksen ulkopuolisilta määrälaskentatoimistoilta saatuja määräluetteloja. Tutkimuksessa vertaillaan tietomallipohjaisen suunnitelman antamia määriä ja perinteisesti tuotetun määräluettelon määriä keskenään. Tulokset tulostetaan Solibri Anywhere -ohjelmasta Excel-
taulukkona, johon valitaan tiettyjä ominaisuuksia tietomallin antamasta informaatiosta.

Tässä tutkimuksessa lasketaan tietomallipohjaisten määrien perusteella kustannusarvio. Tutkimuksen tuloksena vertaillaan saatua kustannusarviota aikaisemmin tuotettuun kustannusarvioon. Tutkitaan, voidaanko jatkossa käyttää tietomallia suoraan urakkahinnoittelussa. Selvitellään, voiko tietomallien antamaan tietosisältöön luottaa.

Tämän tutkimuksen lopputuloksena saadaan kustannusarvioiden vertailuprosentti tutkituista hankkeista. Tutkimuksen hankkeiden alkuperäiset kustannusarvot ovat jälkilaskennan perusteella luotettavia. Vertailuprosenttien keskiarvolla voidaan analysoida tietomallien antamien määrien luotettavuutta hinnoittelussa. Millaisin toimenpitein saatua vertailuprosenttia voidaan jatkossa hyödyntää tietomallipohjaisissa kustannusarvioissa?

1.4 Tutkimusmenetelmät

Tämä tutkimus on konstruktivistista, eli on luonteeltaan kvalitatiivista tutkimusta. Tämän tutkimuksen tavoitteena on muutos, jota ennen tulee tehdä muutoksen kokeilu.

Konstruktioivinen tutkimusote on yksi tapa case-tutkimuksen suorittamiseen (Luukka i.a.). Konstruktioivisen tutkimusotteen ydinpiirre on keskittyä tosielämän ongelmiin, jotka koetaan käytännössä tarpeellisiksi ratkaista. Konstruktioivinen tutkimus on luonteeltaan kokeellista: kehitettyä ja implementoitua uutta konstruktioita tulisi tarkastella instrumenttina, jolla yritetään havainnollistaa, testata tai jalostaa aikaisempaa teoriaa tai luoda kokonaan uusi teoria.

Laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus on tieteellisen tutkimuksen menetelmäsuuntaus, jossa pyritään ymmärtämään kohteen laatua, ominaisuuksia ja merkityksiä

kokonaisvaltaisesti (Jyväskylän yliopisto, i.a.). Laadullista tutkimusta voidaan toteuttaa monella erilaisella menetelmällä. Näissä menetelmissä yhteisenä piirteenä korostuu muun muassa kohteen esiintymisympäristöön ja taustaan, kohteen tarkoitukseen ja merkitykseen, ilmaisuun ja kieleen liittyvät näkökulmat. Kvalitatiivisessa sisällön analyysissä ollaan kiinnostuneita tutkittavaan ilmiöön liittyvistä sisällöllisistä merkityksistä (Seitamaa-Hakkarainen, i.a.).

Tämän tutkimuksen avulla yritetään selvittää aihetta kokonaisvaltaisesti. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten luotettava tietomallien tuottama määräsältö on kustannuslaskennassa. Kokeilu toteutetaan tuomalla tietomallien määräsältöä suoraan kustannuslaskentaohjelmaan. Työssä vertaillaan nykyisellä menetelmällä tuotettuja sekä tietomalleilla tuotettuja määräluetteloita ja kustannusarvioita keskenään. Edellisen oletuksena on, että nykyisellä menetelmällä tuotettu tieto on oikeaa niille tehdyn jälkilaskennan perusteella.

Tutkimuksen vertailuun valittiin 4-suoritusnimike eli täydentävät rakenteet. Alue on selkeä, ja tarkasteltavat tietomallit on mallinnettu arkkitehdin rakennusosamalleilla. Täydentävät rakenteet sisältävät rakennuskohteen ikkunat ja ovet, kevyet väliseinät, kaiteet sekä hoitotasot ja hormit yms. Pääryhmän suoritusnimikkeitä tarkastellaan tutkimuksessa alueittain ja vertaillaan perinteisen määräluettelon ja tietomallin pohjalta suoritusnimikkeiden määriä ja niiden pohjalta tehtyä kustannusarviota.

Tutkimuksessa on mukana viisi urakkakohdetta. Urakkakohteet eli tutkimuskohteet ovat julkisia rakennuksia. Vertailussa on mukana kolme yksi- tai kaksikerroksista päiväkotia, kaksikerroksinen päiväkoti ja neuvola sekä yksi kolmikerroksinen kaupungin arkistorakennus. Tutkimuskohteet on nimetty seuraavasti: kohde 1, kohde 2, kohde 3, kohde 4 ja kohde 5. Tarkasteltavat tutkimushankkeet ovat Rakennusliike Lapti Oy:n aikaisempia urakkakohteita. Rakennusliike on hinnoitellut valmiiden, määrälaskentatoimistojen tuottamien määräluetteloiden pohjalta kustannusarviot. Tämä tutkimus pohjautuu samaan, jo tehtyyn panoshinnoitteluun. Tutkimuksessa on hinnoiteltu kustannusarvio tietomallin pohjalta ja verrattu sitä aikaisempaan määräluettelon pohjalta tehtyyn kustannusarvioon.

1.5 Rakennusliike Lapti Oy

Rakennusliike Lapti Oy on kasvava rakennusalan konserni (Rakennusliike Lapti, i.a.). Yrityksen pääkonttori sijaitsee Oulussa. Lisäksi toimistoja löytyy viideltä muulta paikkakunnalta. Yrityksellä on takanaan menestyksekkäs yli kolmenkymmenen vuoden historia, ja se työllistää noin 600 työntekijää.

Yrityksen toiminta keskittyy asunto-, palvelu- ja toimitilarakentamiseen sekä kiinteistökehitykseen Suomessa (Rakennusliike Lapti, i.a.). Rakennusliike Lapti Oy on kasvukeskusten rakentaja. Rakennusliike Lapti Oy:llä vastuullisuus perustuu arvoihin, kuten rehellisyyteen, rohkeuteen, innostavuuteen ja vastuuntuntoisuuteen. Vastuullisuus heijastuu muun muassa yrityksen tapaan toimia suhteessa asiakkaisiin, yhteistyökumppaneihin ja muihin sidosryhmiin. Yrityksessä on ammattitaitoinen koulutettu henkilökunta. Työntekijöiden työturvallisuudesta huolehditaan monin eri tavoin, ja työmaat pidetään turvallisina kaikille siellä käyville. Rakennusliike Lapti Oy:n perusajatuksena on, että jokaisella työntekijällä on oikeus lähteä terveenä töistä.

Rakennusliike Lapti Oy:n talorakentamisen toimintajärjestelmällä on RALA-sertifikaatti (Rakennusliike Lapti, i.a.). Se on rakennusalan arviointimenettely ja perustuu yrityksen toimintajärjestelmän auditointiin. Toimintajärjestelmä sisältää yleisen kuvauksen toiminnasta, menetelmäohjeet sekä prosessikuvaukset. Toimintajärjestelmää seurataan, mitataan ja kehitetään systemaattisesti eri tavoin.

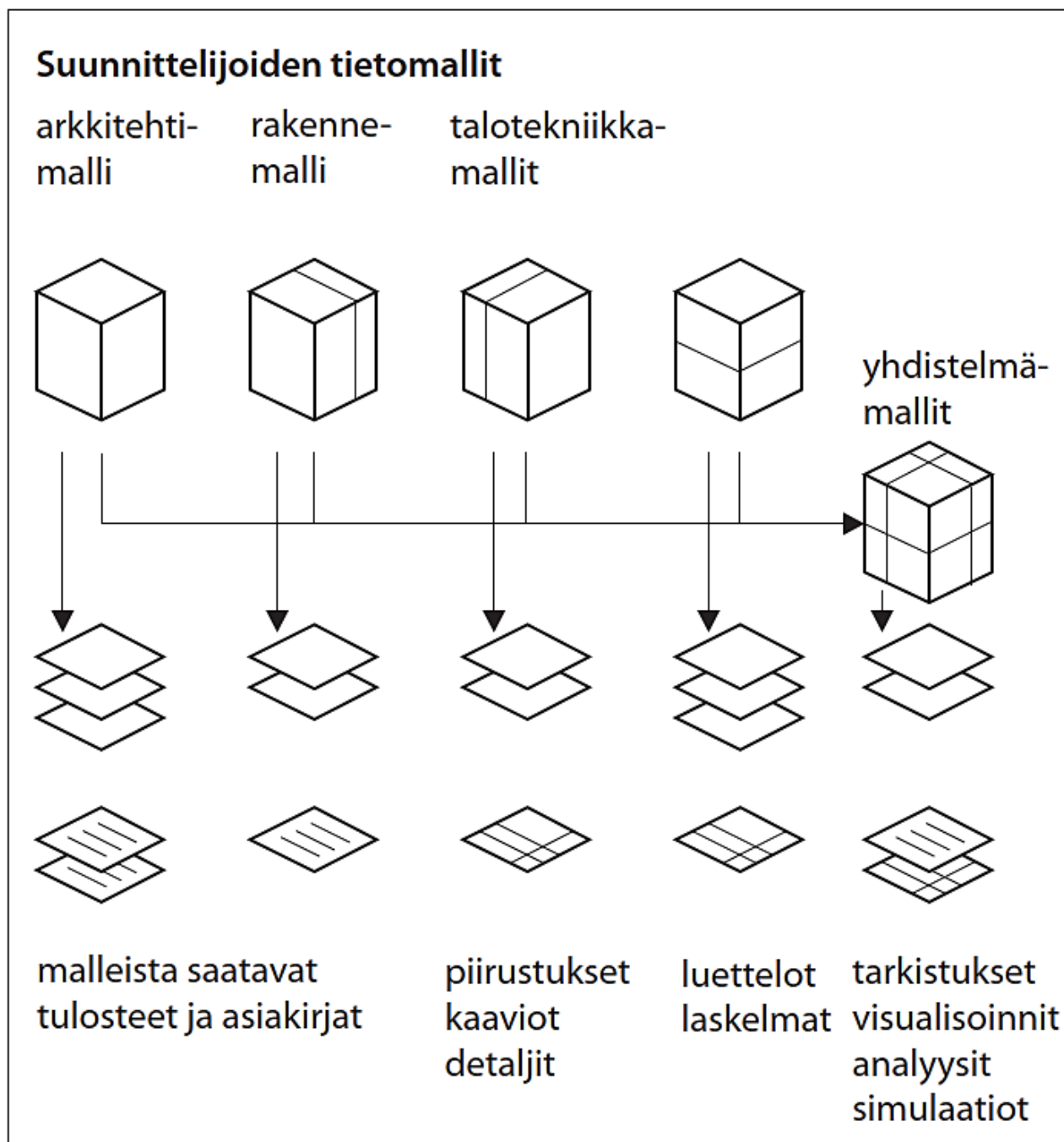
2 TEORIAA TIETOMALLINNUKSESTA SEKÄ MÄÄRÄ- JA KUSTANNUSLASKENNASTA

2.1 Yleistä tietomalleista

BIM on osa nykyaikaista rakentamista ja rakennusalan digitalisoitumista (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 15). BIM-käsitteellä tarkoitetaan rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren tarkastelua digitaalisessa muodossa. Tietomalleja hyödynnetään rakennuksen koko elinkaaren ajan, alkaen suunnittelun alusta ja jatkuen vielä rakennusprojektin jälkeenkäytön ja ylläpidon aikana (Rakennustieto, 2012d, s. 2). Jäväjä ja Lehtoviita (2016, s. 10) kirjoittavat, että tietomallit kannattaa ottaa työmaalla käyttöön. Sen myötä rakennusurakoitsija voi kehittää omaa tietomalliosaamistaan ja saada mallien käytöstä positiivisia kokemuksia, jotka edelleen kannustavat tietomallien laajempaan käyttöön.

Rakennuksen tietomalli mahdollistaa eri rakennustietojen vaihdon, jakamisen sekä käytön (Rakennustieto, 2016, s. 3). Tietomalli yleisesti ymmärrettynä koostuu objekteista, niiden ominaisuuksista sekä objektien välisistä yhteyksistä (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 13). Tietomalli sisältää tietoa ja tietojen välisiä suhteita. Projektin edetessä tietomallin informaatio tavoittaa kaikki osapuolet digitaalisessa muodossa ja reaaliajassa.

Arkkitehdin tuottamat rakennusosamallit, rakennesuunnittelijan tuottamat rakennemallit sekä talotekniikkasuunnittelijoiden tuottamat järjestelmämallit on jatkuvasti varmistettava IFC-malleilla muodostettavilla yhdistelmämallitarkasteluilla (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 26). Rakennuksien ominaisuuksien aineellinen ja toiminnallinen kuvaus ovat digitaalisessa muodossa, (mts. 13). Tämä mahdollistaa eri suunnittelualojen välisen tietojen jakamisen sovitulla tavalla. Yhdistettyjen mallien perusteella tehdään suunnitelmasisällön päällekkäisyys-, törmäys- ja ristiintarkistamiset (Rakennustieto, 2010, s. 5). Kuviossa 1 on havainnollistettu yhdistelmämallia. Yhdistelmämalli sisältää useamman suunnittelualan tietomalleja.



Kuvio 1. Yhdistelmämalli sisältää useamman suunnittelualan tietomallit (Rakennustieto, 2010, s. 5).

2.2 Tietomallit määrälaskennassa

Yleiset tietomallivaatimukset, YTV2012, on määritellyt määrälaskennan menetelmiä, määrälaskennan vaatimuksia malleille sekä määrälaskentaan liittyviä tyypillisiä ongelmakohtia

osassa 7 (Rakennustieto, 2012c). Määrälaskija voi hyödyntää tietoa arkkitehdin, rakenne- ja talotekniikan suunnittelijoiden tietomalleista sekä edellä mainittujen yhdistelmämalleista.

Tietomalleihin perustuva toiminta muuttaa määrälaskijan työtä merkittävästi (Rakennustieto, 2018, s. 31). Määrälaskijan työssä rutiinityö vähenee ja samalla ammattitaidon vaatimus kasvaa. Määrälaskijasta tulee vahvemmin määräasiantuntija. Rakennuksen tietomalli ei kuitenkaan ratkaise tyhjentävästi määrälaskentaan liittyviä kysymyksiä. Määräasiantuntijan ammattitaitoa tarvitaan edelleen laskennan lähtötietojen ja lähtömateriaalin arvioinnissa, laskennan kattavuuden varmistamisessa, vaihtoehtoehtojen esille tuomisessa ja tulosten jäsentämisessä. Tietomallien antama informaatio antaa valmista tietoa ja määräsältöä määrälaskijan käyttöön.

Mallipohjaisen määrälaskennan tyypillisiä ongelmakohtia on jo huomattu (Rakennustieto, 2012c, s.7). Listaus ei ole kattava, mutta sen avulla saa käsityksen siitä, minkä tyyppisiin asioihin on syytä kiinnittää huomiota, kun määriä lasketaan suunnittelijoiden tekemistä malleista. Tietomallista löytyy eri suunnittelualojen mallien päällekkäisyyttä oikein toteutettuna. Arkkitehdin mallista löytyy samoja kantavia rakenteita kuin rakennesuunnittelijan mallista sekä arkkitehdin mallissa on usein mallinnettuna taloteknisiä päätelaitteita. Tähän tutkimukseen käytetään ainoastaan mallin antamaa tietosisältöä ja sen vaikutuksia määräluettelossa ja kustannusarviossa. Tämä tutkimus pohjautuu arkkitehdin rakennusosamallien tietosisältöön.

Rakennuksen tietomalleista tehtävän määrälaskennan alussa on sovittava ja selvitettävä projektin laskennasta seuraavia asioita (Rakennustieto, 2012c, s. 6): Käytetäänkö yhden vai useamman suunnittelualan malleja ja mitä määriä kustakin malleista lasketaan. On selvitettävä, käytetäänkö laskennassa suunnittelijan alkuperäistä mallia vai siitä tuotettua IFC-mallia. Rakennusselostuksen osalta on selvitettävä, onko se yhteneväinen mallissa olevien tietojen kanssa. Lisäksi on selvitettävä pääpiirteissään mallien ja rakennusselostuksen muutokset verrattuna edellisiin laskennassa käytettyihin versioihin. Tässä tutkimuksessa on ainoastaan tietomalleja. Muita laskennan asiakirjoja ei ole ollut käytettävissä. Vertailua ei ole tehty mahdollisista muutoksista tietomallin ja rakennusselostuksen välillä.

Tietomalliseloste on kunkin suunnittelualan ylläpitämä kuvaus oman suunnittelumallin sisällöstä, käytetyistä mallinnustavoista ja mahdollisista poikkeamista yleisiin vaatimuksiin tai mallinnustapoihin nähden (Rakennustieto, 2012a, s. 4). Se kertoo, mihin tarkoitukseen malli on julkaistu ja mikä on sen tarkkuusaste.

Kuvioissa 3 ja 4 esitetään tutkimuksessa tarkastellun tutkimushankkeen tietomalliselostetta kohteesta 5. Kuviossa 2 on hankkeen tietomalliseloste. Tietomalliselosteessa on kerrottu ohjelmistot tai niiden ohjelmistoversiot, jolla tietomallit on tehty. Lisäksi siinä kerrotaan, mitä objekteja on mallinnettu, millä geometriatarkkuudella ja tietosisällöllä (Rakennustieto, 2012b). Tietomalliselosteesta ilmenee mallin nimi ja tiedonsiirtomuoto. Suunnittelijoiden kannalta tärkeät origon koordinaatit löytyvät myös tietomalliselosteesta. Kuviossa 3 on hankkeen mallinnustilanne. Mallinnustilanteesta näkee käytetyn mallin tarkkuustason ja sen, millaisia poikkeuksia tarkkuustasoon on tehty. Lisäksi kuviossa 3 havainnollistetaan mallin poikkeavuuksia suunnittelun eri vaiheissa. Tutkimuksen tietomalliseloste löytyy hankkeen arkkitehtipiirustusten yhteydestä tietomallin kanssa.

Tietomalliseloste		ARK
Case 5		
Havainnollistuskuva		
Selosteen pvm	21.6.2021	
Suunnittelusta vastaavat henkilöt ja yhteystiedot	Tietomalliyhteyshenkilö	
	xxxx	
	Vastaava suunnittelija	
	xxxx	
	Projektipäällikkö	
	xxxx	
Mallinnustarkoitus	Rakennusosamalli	
Ohjelmistot, tiedonsiirto	Revit 2018	
Tiedonsiirtomuoto	IFC 2x3	
Tiedoston nimi	744_RO-malli	
Nimikkeistöt	TALO 2000	
Mittayksiköt	mm	
Origo ja kierto	E 24 493 025.7309 N 6 815 561.1491 Kiertokulma 25.65° koordinaatin X suhteen.	
Kerrokset	3	

Kuvio 2. Kohteen 5 Tietomalliseloste s. 1.

Mallinnustilanne	
Mallin tarkkuustaso	YTV 2012 taso
Poikkeukset tarkkuustasosta	- pintamateriaalit ja värit eivät vastaa IFC-mallissa suunnitteluratkaisuja. IFC:n tarkkuustaso on rakennusosamalli.
Poikkeukset normaalista mallinnustavasta	-
Huomioitavia asioita mallissa	- IFC-exportatessa osa seinistä hälyttää päällekkäisyydestä eri seinätyyppien kohtaamispaikoissa (sisäkulmien rakenneliittymät). Seinätyyppien liittymiset menevät revitissä mallinnusteknisesti oikein.
	- Pilarien ja palkkien liitokset katto ja seinärakenteiden kanssa aiheuttaa törmäystarkastelussa varoituksia.
	- Alumiini-ikkunoihin on mallinnettu savunpoistoikkunat curtainwall curtainwall:in sisässä mallinnusteknisistä syistä.
	- VSS oviaukko on mallinnettu kahdella ovella, joista toinen on valmistajanvakio pintakiinnitteinen käyntiovi ST-1 ja toinen on VSS ovi SO-1. SO-1 on mallinnustarkkuudeltaan vain kulkuaukko.
	- Räystäsrakenteet on mallinnettu suuntaa antavasti.
	- Siirtohyllyjen oikeita 3Dmalleja ei ole saatu tuotetoimittajalta. Piirustuksissa näkyy tuotetoimittajan pohjakuvat hyllyistä, mutta mallissa vain hyllyjen pinta-ala on vahvistettu.
Päivämäärä	Muutosloki (uusin ylimpänä)

Kuvio 3. Kohde 5 mallinnustilanne s. 2.

Edellä olevien kuvioden 2 ja 3 avulla on helpompi tarkastella suunnittelu- ja rakentamiskäytäntöjä määräämistä tietomallipohjaisista piirustuksista. Näihin muutoksiin on mahdollisuus reagoida nopeammin määrälaskijan mutta myös hankinnan ja työmaan näkökulmasta.

2.3 Kustannuslaskentamenettelyt

Rakennusalalla kustannuslaskentaan käytetään neljää pääasiallista menettelytapaa (Rakennustieto, 2018, s. 36). Näitä vertaamiseen käytettyjä menettelytapoja ovat:

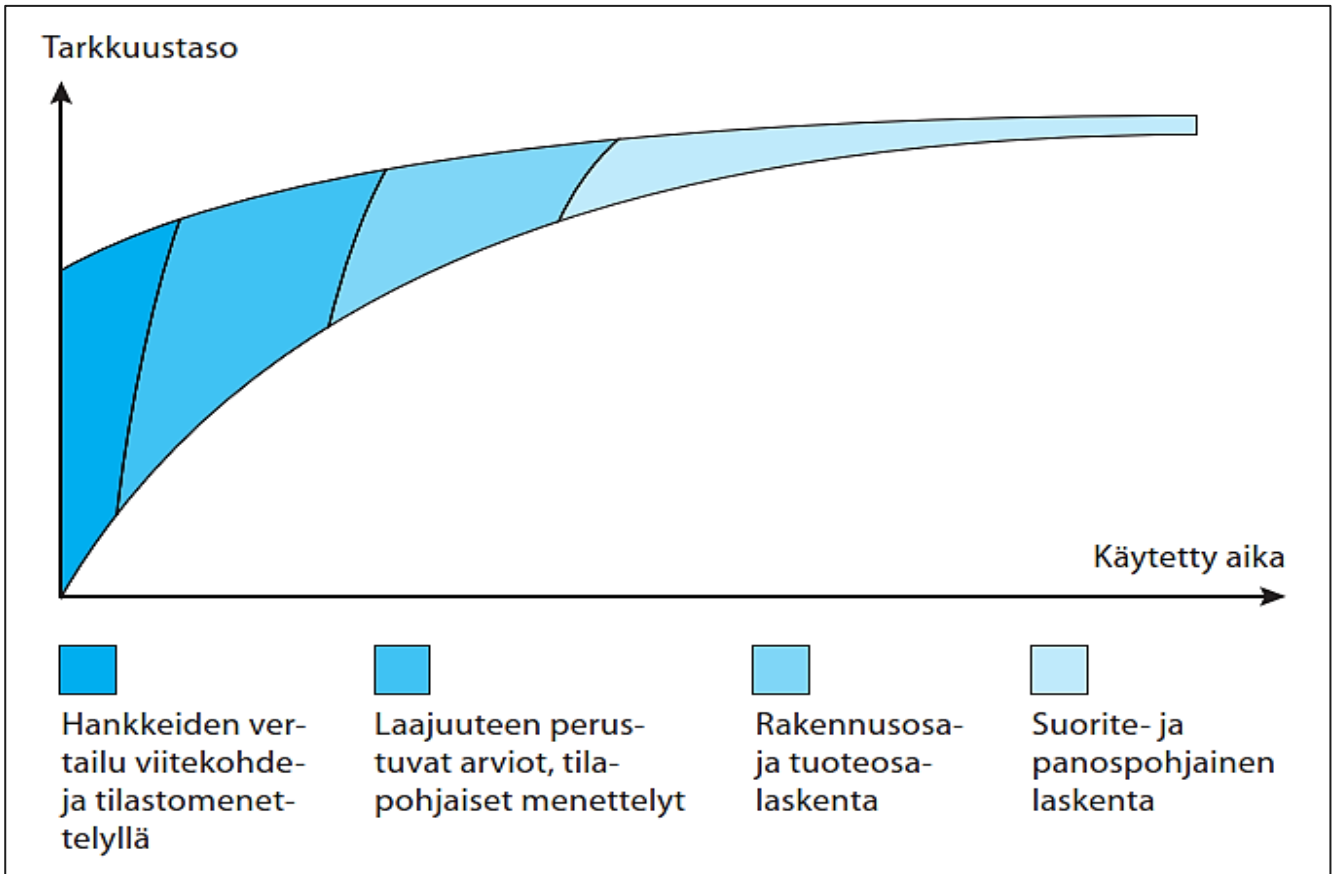
- projektin viite-, kohde- ja tilastomenettelyt

- projektin laajuuteen perustuva arviointi, esimerkiksi tilapohjaisin menetelmin
- rakennus- ja tuoteosien määriin ja hintoihin perustuva laskenta
- suorite- ja panostason laskentamenetelmä.

Laskentaa tehdään rakennushankkeen eri vaiheissa eritasoisilla lähtöaineistoilla. Laskentamenettelyjä ja niiden käyttäjiä on karkeammasta yksityiskohtaisempaan edeten taulukon 4 ja kuvion 4 mukaisesti.

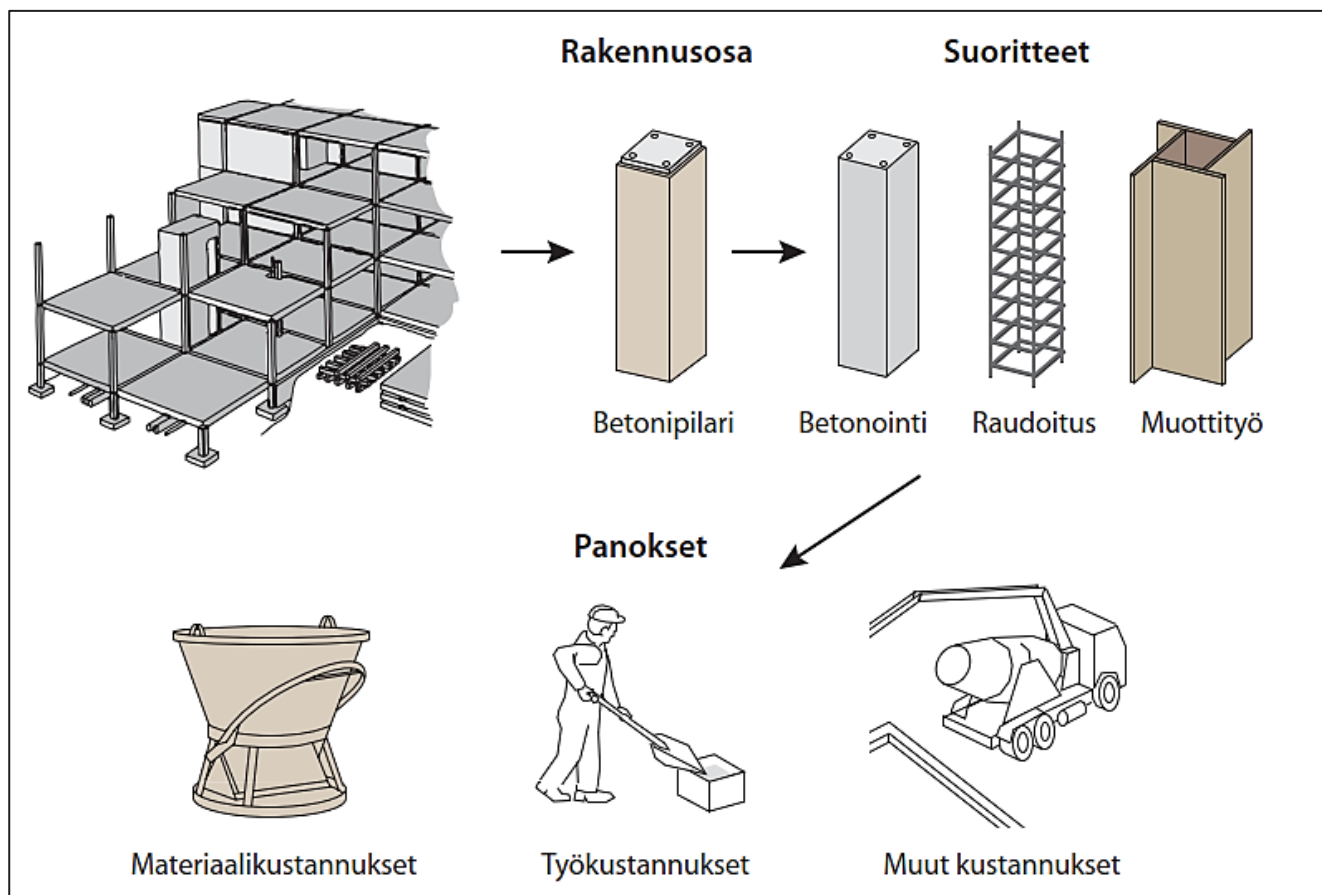
Taulukko 4. Keskeisiä kustannuslaskentamenettelyjä ja niiden käyttäjiä (Rakennustieto, 2018, s. 36).

Menettely	Suorittajat
Viitekohde- ja tilastomenettelyt	rakennuttaja, suunnittelija
Laajuus- ja tilapohjaiset menettelyt	rakennuttaja, suunnittelija, päätoteuttaja
Rakennusosa- ja tuoteosalaskenta	päätoteuttaja, rakennuttaja, erikoisurakoitsijat
Suorite- ja panospohjainen laskenta	päätoteuttaja, erikoisurakoitsijat



Kuvio 4. Kustannusarviointimenettelyjen tarkkuustaso (Rakennustieto, 2018, s.36).

Suoritelaskennan perusteena ovat suoritelmäärät, jotka saadaan kohteen suunnitelmien ja määräluettelon pohjalta. Suoritelaskennassa hinnoitellaan kohteen määrät panosten ja niiden hintatietojen avulla. Kuviossa 5 on esitetty betonipilarin tuottamiseen vaadittavia suoritteita ja panoksia. (Rakennustieto, 2018, s. 45). Tämän tutkimuksen hankkeet on laskettu ennen tämän tutkimuksen tekoa suorite- ja panospohjaista laskentaa käyttäen.



Kuvio 5. Teräsbetonipilarin suoritteet (betonointi, raudoitus ja muottityö) ja panokset (työ-, materiaali- ja muut kustannukset) (Rakennustieto, 2018, s.45).

Rakentamisen valmisteluvaiheessa urakoitsija eli päätoteuttaja laatii hankkeen toteutus-suunnitelmat, valmistelee hankintoja sekä laatii hankkeen tavoitearvion (Rakennustieto, 2018, s. 13). Rakennustöiden edetessä seurataan kustannusten muodostumista. Tavoitteena on ennakoida hankkeen kokonaiskustannuksia ja varmistaa, että kustannukset pysyvät kustannusarvion puitteissa.

Rakennushankkeen valmistuttua alkaa jälkilaskentavaihe (Rakennustieto, 2018, s. 13). Jälkilaskentavaiheessa urakoitsija tekee jälkilaskelmansa ja tarkistaa taloudellista lopputulosta. Saatua tietoa urakoitsija hyödyntää omassa kustannustiedoston päivityksessään ja uusien kohteiden kustannuslaskennassa.

2.4 Tietomallipohjaisen laskennan haasteet kustannuslaskennassa

Tietomallien käyttöönotto alalla muuttaa hankkeen kustannusten hallintaa sekä toimintaprosessin että työkalujen muutoksen myötä (Rakennustieto, 2018, s. 31). Määrälaskijan rutiinityö vähenee ja laskijan ammattitaidon vaativuus kasvaa. Tietomallien pohjalta saatavien määrien hyödyntämisellä vähennetään aikaa ja inhimillisiä virheitä. Määräasiantuntijan ammattitaitoa tarvitaan edelleen laskennan lähtötietojen ja lähtömateriaalien arvioinnissa, laskennan kattavuuden varmistamisessa, vaihtoehtojen esille tuomisessa ja tulosten jäsentelemisessä.

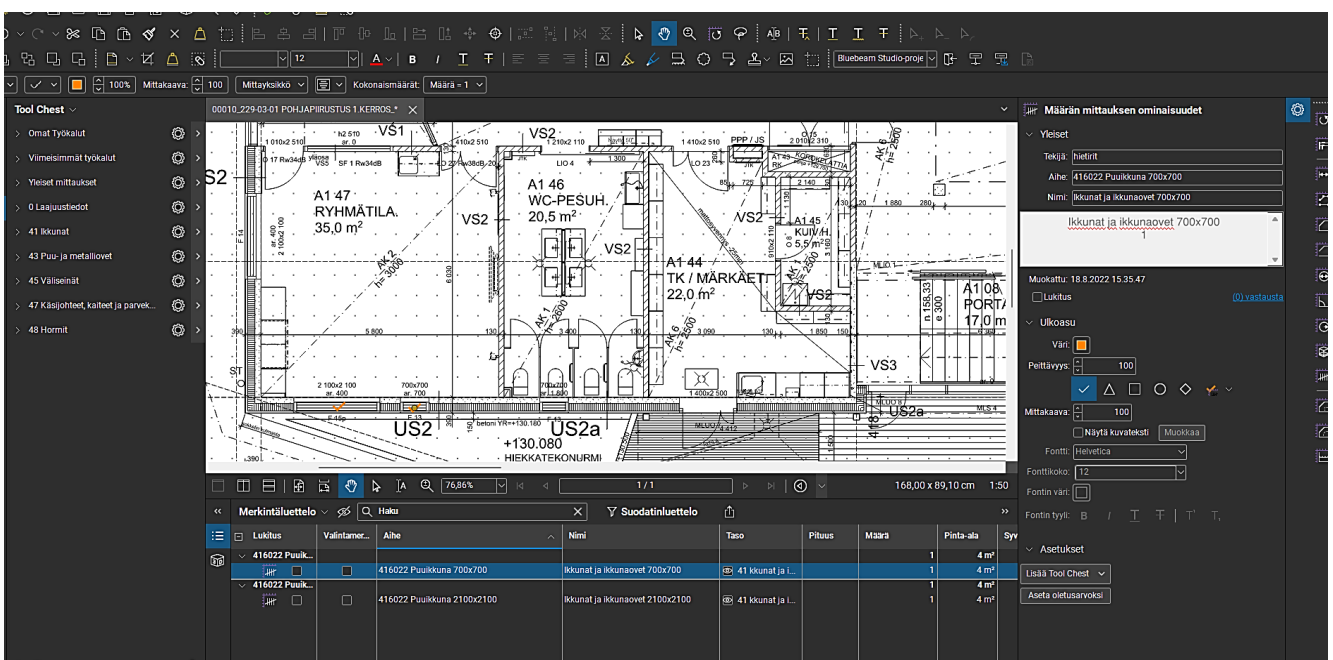
Tietomalleihin ei ole tallennettu detaljisuunnittelutietoa (Rakennustieto, 2018, s. 31). Erilaiset liittymärakenteet jäävät määrälaskijan vastuulle arvioitaviksi ja huomioitaviksi. Määrälaskentaa ja siitä seuraavaa hinnoittelua tulee täydentää hankkeen muilla suunnitelmilla.

Määrälaskennassa voidaan käyttää sekä suunnittelutoimiston alkuperäisessä tiedostomuodossa että IFC-muodossa olevaa tietomallia (Rakennustieto, 2018, s. 32). Mallin tietosisältö on täydellisempää alkuperäisessä tiedostomuodossa olevassa mallissa. IFC-tyyppistä tiedostoa käytettäessä laskijan on varmistuttava siitä, mitkä rakennusosat on luettu mukaan IFC-tiedostoon natiivitiedosta ja miten määrälaskennassa käytettävä ohjelmisto pystyy käsittelemään IFC-tiedostossa olevia rakennusosia.

3 RAKENNUSLIIKE LAPTI OY:N OHJELMISTOT

3.1 Bluebeam Revu 20 -määrälaskentaohjelma

Yrityksellä on määrälaskentaohjelmiana Bluebeam Revu 20. Ohjelma on suunniteltu määrälaskentaan, aluesuunnitteluun sekä suunnitelmien vertailuun ja kommentointiin (Arkance Systems, i.a.). Ohjelma on helppokäyttöinen ja soveltuu hyvin 2D-piirustusten pohjalta mitaamiseen. Kuviossa 6 on työpöytäkymä Bluebeam Revu 20 -määrälaskentaohjelmasta.

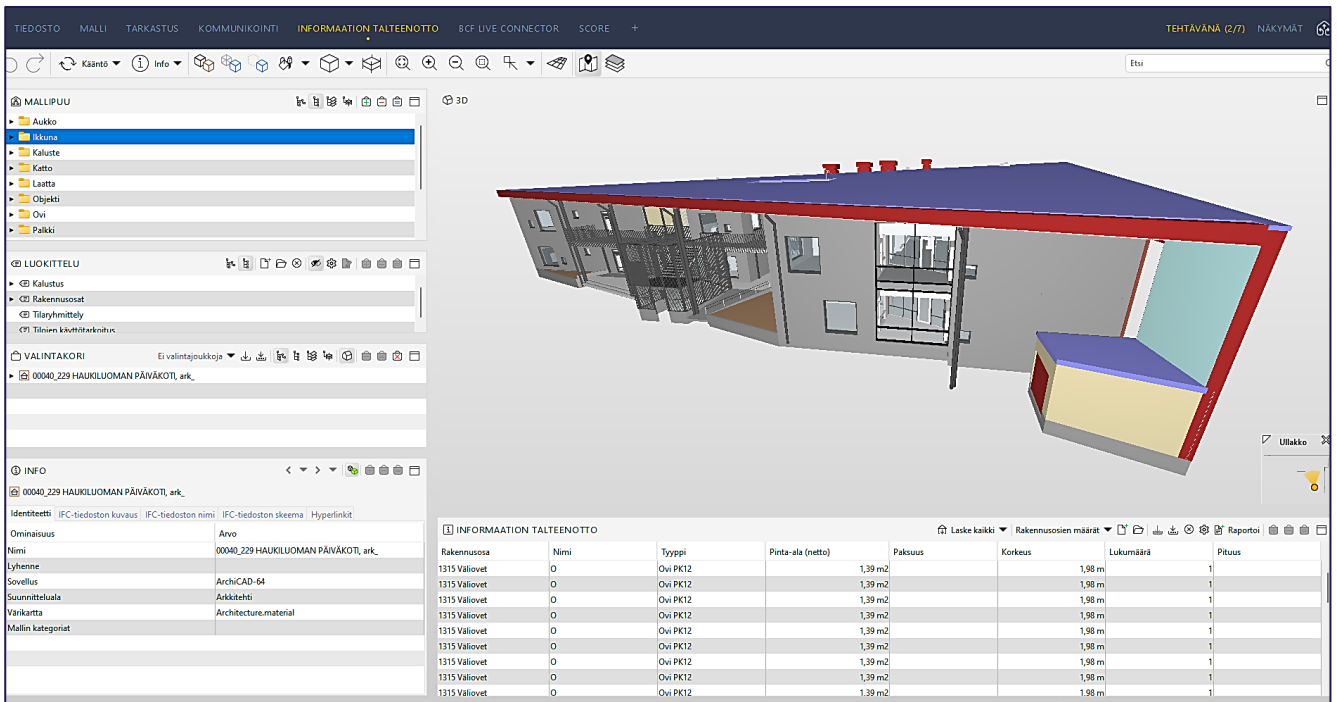


Kuvio 6. Bluebeam Revu 20 -määrälaskentaohjelman työpöytäkymä.

3.2 Solibri Office -ohjelma

Solibri Office -ohjelma on tarkoitettu tietomallien tarkasteluun ja mittaukseen. Ohjelmaa käytetään kohteen määrälaskentaan ja visualisointiin niin laskennan aikana kuin myös rakennusvaiheen aikana. Malleista saadaan haettua määrien lisäksi paljon muutakin tietoa, ja luokittelemalla mallin sisältämät komponentit voidaan tietoa lajitella ja jäsenellä esimerkiksi tiedonjaon tarpeisiin (Solibri a Nemetschek Company, i.a.-a).

Informaation talteenotossa (ITO) kerätään tietomallin sisältämää tietoa. ITO sallii käyttäjän kerätä, lajitella, järjestellä, visualisoida ja raportoida IFC-mallien sisältämää tietoa. Tämä tieto voi olla tilatietoa, määrätietoa tai esimerkiksi kertoa rakennuksen vaipan koon energialaskelmia varten (Solibri a Nemetschek Company, i.a.-b). Kuviossa 7 on esitetty Solibri Office -ohjelman työpöytäkymä.



Kuvio 7. Solibri Office -ohjelman työpöytäkymä.

3.3 Jydacom, rakennusalan toiminnanohjausjärjestelmä

Yrityksessä on käytössä rakennusalan toiminnanohjausjärjestelmä Jydacom, joka on erinomainen työkalu tarjouslaskentaan, tuotantoon, palkanlaskentaan ja hankintaan (JD JYDACOM a part of EG, i.a.). Jydacom on Suomen johtava rakennusalan järjestelmä. Ohjelma antaa käyttäjän päättää, millä tavalla laskentaa tekee. Käytössä on yksinkertainen, rivitasoinen suoritehinnoittelu. Tarvittaessa laskentaa voi tehdä suorite- tai panospohjaisesti tai tuoterakennetasolla ja jopa sijaintipaikkoihin jaettuna. Tarjouslaskenta-toiminto mahdollistaa usean laskijan yhtäaikaisen laskennan samalla hankkeella. Tarjouslaskennan tuottamaa tietoa voidaan hyödyntää hankinnoissa, aikataulutuksessa, työsuunnittelussa

ja tarjouksen laadinnassa. Kuviossa 8 on esitetty rakennusalan toiminnanohjausjärjestelmä Jydacom:in työpöytä näkymä.

Suoritteet	Koodi	Kl	Selite	Määrä	Yksikkö	Työ h / Yks.	Työ h	Työ €/h	Työ €/Yks.	Työ €	Aine €/Yks.	Aine €	Alh €/Yks.	Alh €	Summa / Yks.	Summa	Muisto	Vapaa ryhmi...	Kuvaus
44103			TS1 luku, lukuunotto Aboley 4190 + sargoitus LOQ	1,00	lpi														
45			KEYET VALSEINAT																
4540			Muuratut väliseinät																
45401			VSI/VSS, Kah 130mm väliseinä (Väliseinä tarjous 54,25 €/m ² sis. pakki)	985,00	m ²						23,36	23 009,60		29,00	28 965,00	52,36		51 574,60	
45402			-ed. yläpäällos, kts RAK 00013	343,00	jm	0,100	34,30	21,380	2,14	733,33	2,50	857,50			6,13		2 104,17		
45403			-ed. alapäällos, kts RAK 00013	343,00	jm	0,100	34,30	21,380	2,14	733,33	2,50	857,50			6,13		2 104,17		
45404			-ed. aukonviivyspölkki	64,00	lpi						38,50	2 464,00			38,50		2 464,00		
45405			VSI/VSS, Kah 85mm väliseinä	7,00	m ²	0,050	0,35	16,380	0,82	5,73	15,02	105,14		26,00	182,00	42,41		296,89	
45406			-ed. yläpäällos, kts RAK 00013	2,00	jm	0,100	0,20	21,380	2,14	4,28	2,50	5,00			6,13		12,27		
45407			-ed. alapäällos, kts RAK 00013	2,00	jm	0,100	0,20	21,380	2,14	4,28	2,50	5,00			6,13		12,27		
4560			Kipsilevyväliseinät																
45601			VSS, teräsrunkurunko 65mm k600 + viila 50mm (3041bm ²)	153,00	m ²	0,050	7,65	16,380	0,82	125,31	10,66	1 631,25		19,60	2 998,80	31,65		4 843,07	
45602			-ed. yläpäällos	91,00	jm	0,050	4,55	20,460	1,02	93,09				4,74	431,34	6,48		589,60	
45603			-ed. levytyys, kipsilevy 13mm mol.puol. -sis.ed	304,00	bm ²														
45604			VSS, teräsrunkurunko 65mm k600 + viila 50mm (3042bm ²)	168,00	m ²	0,050	8,40	16,380	0,82	137,59	20,66	3 471,17		29,40	4 939,20	51,45		8 644,28	
45605			-ed. yläpäällos	53,00	jm	0,050	2,65	20,460	1,02	54,22				4,74	251,22	6,48		343,39	
				250	lpi					142,91		2 910,51		135 260,20	323 199,22			463 407,29	

Suoritteiden panokset	Koodi	Kl	Selite	Yksikkö	Menekk	Kapasiteetti	Määräkerron	Määrä (sis.kerr.)	A-hinta (ei sis.kerr.)	A-hintakerron	A-hinta (sis.kerr.)	Summa / Yks.	Summa	Summa sis. isot
0102	1.1		rakennusies	h	0,050	20,000	1,00	0,35	16,380	1,00	16,380	0,82	5,73	9,75
4541.020	2		Väliseinapölkki 300x85x198 - pontti-kaasti-rahdi - TRE	m ²	1,000	1,000	1,00	7,00	15,020	1,00	15,020	15,02	105,14	105,14
4541.025	3		Kahharkkomuuraus - Muurauksille Kova - TRE	m ²	1,000	1,000	1,00	7,00	26,000	1,00	26,000	26,00	182,00	182,00

Hankkeen panokset	Koodi	Kl	Selite	Määrä	Yksikkö	A-hinta (ei sis.kerr.)	Summa/määrä	Summa	Summa sis. isot	Oletusmenekki	Kohdistettu	A-hinta muutettu	Kohdistettujen TA-summaloodi	Kohdistettujen HR-koodi	Hinta voimassa	Lähdehanki
0101	1.1		Ohjeistus	5 463,72	h	20,460	20,70	113 120,06	192 304,00	1,000	Kyllä	1.9.2017 16:04:18				
0102	1.1		rakennusies	627,56	h	16,380	16,42	10 302,77	17 514,71	1,000	Kyllä	22.11.2016 16:08:09				
03208.1	2		energialaskenta, rivitalo		lpi		200,000			1,000	Kyllä	1.6.2016 11:30:34				
0910	2		ainelisa	70,00	lpi	1,000	1,00	70,00	70,00	1,000	Kyllä	14.10.2013 15:38:35				
0911	2		ainelisa (m ²)	4 235,00	m ²	1,000	0,66	2 800,00	2 800,00	1,000	Kyllä	5.5.2016 12:24:17				
0912	2		ainelisa (jm)	135,00	jm	1,000	1,00	135,00	135,00	1,000	Kyllä	3.11.2015 15:00:56				

Kuvio 8. Rakennusalan toiminnanohjausnäkö Jydacom:in työpöytä näkymä.

4 TUTKIMUS PERINTEISEN MÄÄRÄLUETTELON JA TIETOMALLIN POHJALTA TEHDYN KUSTANNUSARVION VÄLILLÄ

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, saako tietomallien pohjalta tehdyllä määräluettelolla vertailukelpoisen kustannusarvion perinteiseen laskentamenetelmään verrattuna. Tutkimuskohteiksi valikoitui aikaisemmin laskettuja julkisia rakennuksia. Tutkimuksen hankkeiden alkuperäiset kustannusarviot ovat jälkilaskennan perusteella luotettavia. Tämä tarkoittaa, että perinteisen laskentamenetelmän kustannusarviot ovat hyvin lähellä todellisia kustannuksia. Tutkimus antaisi erilaisen tuloksen, jos tutkimuskohteina olisi esimerkiksi asuntokohteet. Asuntokohteissa esimerkiksi ikkuna-, ovi- ja väliseinätyypit ovat eri kohteiden välillä yhtenäiset, ja niitä voidaan hinnoittelussa luotettavasti käyttää vertailupohjana uusille hankkeille.

Tutkimus tehtiin tietomallin pohjalta, eikä käytössä ollut muita asiakirjoja. Vertailuun otettiin jokaisesta hankkeesta määrälaskentatoimiston laskema määräluettelo ja sen pohjalta tehty kustannusarvio. Tutkimukseen valittiin tarkasteltavaksi pääryhmä 4 eli täydentävät rakenteet. Tämän pääryhmän rakennusosamallit ovat arkkitehdin mallintamia ja vertailussa hyviä kokonaisuuksia.

4.1 Rakennusurakan tuoterakennepohjainen ja vallitseva urakkalaskentajärjestelmä

Laskentapäällikkö Heikkilän (2022) mukaan rakennusliikkeellä voi olla joko ns. tuoterakennepohjainen tai vallitseva urakkalaskentajärjestelmä. Hänen mukaansa järjestelmät ovat yrityskohtaisia, ja muotoutuvat jokaisessa rakennusliikkeessä yrityksen omiin tarpeisiin.

4.1.1 Tuoterakennepohjainen urakkalaskentajärjestelmä

Määrälaskentatoimiston toimittama määräluettelo toimii hyvin ns. urakkalaskennan tuoterakennepohjaisessa urakkalaskentajärjestelmässä ja on tasapuolisesti kaikkien urakoitsijoiden yhteiskäytössä (Heikkilä, 2022). Heikkilän mukaan määräluettelo on tarkka, ja tuoterakenteet litteroituvat omille riveilleen Talo 80 -nimikkeistön tai 2000 -nimikkeistön mukaan. Heikkilä kertoo, että laskijat hinnoittelevat määräluettelon määrät

laskentajärjestelmässään. Lapti Oy:n laskentajärjestelmässä on käytössä rivitasoinen suoritehinnoittelu. Määrälaskentatoimiston määräluettelossa ei ole huomioitu suoritteen työn tai hankkeen panoksien osuutta. Se jää Heikkilän haastattelun mukaan laskijan oman arvioinnin varaan työ- ja panoshinnoittelun osalta laskentajärjestelmässä.

Tuoterakennepohjaista urakkalaskentajärjestelmää käytetään rakennusliikkeen omassa tuotannossa, rajatussa, toistuvassa tuotantotyyppissä, kuten esimerkiksi asuinkerrostalorakentamisessa, kertoo laskentapäällikkö Heikkilä (2022). Muut rakennustuotantosunnat, kuten julkiset rakennukset, ovat hänen mukaansa haasteellisempia urakkalaskentajärjestelmiä. Esimerkiksi rakennetyyppien ja rakennusosien tarjonta on erilainen ja yksilöllinen.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan tietomallipohjaista määrälaskentaa ja hinnoittelun luotettavuutta. Rakennusosatieomalli antaa informaatiota/ tietoa kappalemääristä, pituuksista, leveyksistä, pinta-aloista sekä tilavuuksista (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 61). Tietomallin määräsältö on laskijalle valmista tietoa, jos sitä voidaan luotettavasti kustannuslaskennassa käyttää, kiteyttää laskentapäällikkö Heikkilä (2022). Samalla hän jää pohtimaan tavoiteltavaa ajansäästöä kustannuslaskennassa, mikäli tietomallien informaatio on ristiriitaista ja epäluotettavaa.

4.1.2 Vallitseva urakkalaskentajärjestelmä

Vallitsevassa urakkalaskentajärjestelmässä hinnoittelu voidaan tehdä tuote-rakenne-suorite-panostasolla, sanoo laskentapäällikkö Heikkilä (2022). Hänen mukaansa yritys tekee omia panos- ja tuoterakenteita, jotka koostuvat tietyistä kokonaisuuksista, esimerkiksi ikkunan hinnoittelussa asennuksineen. Niiden hinnoitteluun tarvitaan ikkunan koko ja niiden lukumäärä. Vallitsevassa urakkalaskentajärjestelmässä laskennassa ko. ikkunarakenteelle on luotu tuote- ja panoshinta varsinaiselle ikkunalle ja sen asennukselle. Samoin ikkunan liittymärakenne on hinnoiteltu asennustöineen tuote- ja panoshinnoittelulla. Heikkilän mukaan vallitsevassa urakkalaskentajärjestelmässä tietomallien pohjalta saatavilla määrillä voidaan hinnoitella, mikäli tietomalliin on mallinnettu tarvittavat tuoterakenteet.

Vallitseva urakkalaskentajärjestelmä vaatii laskijaltakin ammattitaitoa tämän hyödyntäessä tietomallipohjaista laskentaa, toteaa Heikkilä (2022). Hänen mukaansa tietomallin pohjalta

saatu informaation käyttö hinnoittelussa onnistuu, mikäli laskentaohjelman panos- ja tuoterakennerivillä on huomioitu laskettavan rakenteen, esimerkiksi ikkunan liittymärakenne, sekä vesipelti ja siihen liittyvät rakenteet. Edellä mainitulle liittymärakenteen tuote- ja panosriville laskija on tässä tapauksessa sisällyttänyt myös vesipellin ja sen liittymärakenteet.

Tämän tutkimuksen mukaista tietomallin informaation hyödyntämistä voidaan käyttää juuri vallitsevassa urakkalaskentajärjestelmässä. Urakoitsija on luonut omia panos- ja tuoterakenteita, joiden avulla tutkimuksessa kyetään tekemään kohteen vertaileva kustannusarvio. Valmiille panos- ja tuoterakenneriveille on helppo syöttää tietomallin pohjalta saatu informaatio kustannuslaskentaohjelmassa.

4.2 Vertailukohteiden lähtötiedot

Tässä tutkimuksessa on viisi eri hanketta, joista vertailu tehdään. Hankkeissa on vertailun pohjana neljän eri määrälaskentatoimiston laskemat määräluettelot. Tutkimuksessa on käytössä ainoastaan tietomallit ja niiden pohjalta kerätyt määrät. Tarkentavia detaljeja, leikkauspiirustuksia ja rakennetyyppejä ei ole ollut tutkimuksessa käytössä. Tutkimuksessa tarkastellaan ja vertaillaan perinteisen määräluettelon ja tietomallin pohjalta saatuja määriä ja niiden pohjalta laadittuja kustannusarvioita pelkästään tietomallien pohjalta. Tutkimuksessa on oletettu, että laskenta perustuu ainoastaan rakennusosamallin antamiin määriin eikä laskija johda omien laskelmien kautta määriä määräluetteloon. Kustannusarvioissa on käytetty aikaisemmin hinnoiteltuja rakennusosia ja -panoksia.

Tässä tutkimuksessa on viisi eri hanketta, joista vertailu tehdään:

- Kohde 1. Pohjapinta-ala 1340 m², bruttopinta-ala 2485 m² ja rakennuksen tilavuus 10 800 m³. Hankkeen kokonaishinta-arvio on 3 791 417 euroa.
- Kohde 2. Pohjapinta-ala 1973 m², bruttopinta-ala 3708 m² ja rakennuksen tilavuus 18 000 m³. Rakennuksessa on luhtikäytävä ja porraskäytävä. Kohteessa on erilliset pihavarasto ja ulkoiluvälinevarasto. Hankkeen kokonaishinta-arvio on 6 164 829 euroa.

- Kohde 3. Pohjapinta-ala 1595 m², bruttopinta-ala 1730 m² ja rakennuksen tilavuus 7520 m³. Kohteessa on erilliset pihavarasto ja ulkoiluvälinevarasto. Hankkeen kokonaishinta-arvio on 3 178 249 euroa.

- Kohde 4. Pohjapinta-ala 1494 m², bruttopinta-ala 1660 m² ja rakennuksen tilavuus 7292 m³. Hankkeen kokonaishinta-arvio on 2 997 346 euroa.

- Kohde 5. Pohjapinta-ala 1160 m², bruttopinta-ala 2 760 m² ja rakennuksen tilavuus 11 390 m³. Hankkeen kokonaishinta-arvio on 4 652 454 euroa.

5 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

5.1 Ikkunoiden ja erikoisikkunoiden määrien ja kustannusten vertailu

5.1.1 Metallikkunat

Tutkimuksen projekteissa on metallilasiseiniä sekä metallikkunoita. Metallikkunoita on ainoastaan kahdessa tarkasteltavassa kohteessa viidestä. Tietomalli poikkesi toisessa kohteessa huomattavasti sekä neliö- että lukumäärällisesti. Metallilasiseinien lukumäärä on molempien luetteloiden mukaan sama paitsi kohteessa 5 lukumääräero on 92,3 % määräluetteloiden välillä. Kohteessa 1 lukumäärä poikkesi 30 % metallikkunoiden osalla. Muut ikkunat oli mallinnettu kevyinä ulkoseininä ja metallilasiseininä, mikä vaikeutti ikkunoiden listaamista mallista. Tämän tutkimuksen metallilasiseinien ja -ikkunoiden lukumäärävertailu on esitetty taulukoissa 5 ja 6.

Taulukko 5. Metallilasiseinien lukumäärävertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Metallilasiseinän lukumäärä [kpl]				
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	6	40	1	4	13
Tietomallin pohjalta	6	40	1	4	25
Vertailu %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	92,3 %

Taulukko 6. Metallikkunoiden lukumäärävertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Metallikkunan lukumäärä [kpl]	
	Kohde 1	Kohde 4
Määräluettelon pohjalta	10	14
Tietomallin pohjalta	7	14
Vertailu %	-30,0 %	0,0 %

Metallilasiseinät ja -ikkunat on hinnoiteltu pinta-aloina ja niiden hintaan kuuluvat lasitukset. Määrälaskentatoimiston määräluettelon mukaan toisessa kohteessa on kolme erilaista ikkunaprofiilia, jotka on litteroitu erikseen. Tietomalleissa profiileita ei ole eritelty. Ulkorakennuksen metallikkunat sekä varsinaisen rakennuksen metallikkunat ja -lasiseinät pystyy jakamaan eri profiloituille riveille. Tietomallipohjista voi eritellä lasituksista, mihin tulee

kirkasta tai värikalvoa eri ikkunatyyppeihin. Tutkimuksessa ei ole käytössä ikkunakaavioita eikä rakennustyöselostusta, josta erittelyt olisi voinut selvittää. Näin ollen lasitukset hinnoitellaan yhdellä rivillä erittelemättä. Taulukoissa 7 ja 8 on metallilasiseinien ja -ikkunoiden neliömäärävertailut tässä tutkimuksessa.

Taulukko 7. Metallilasiseinien neliömäärävertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Metallilasiseinä neliömäärä [m ²]				
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	185	47	3	54	120
Tietomallin pohjalta	104	47	1	55	135
Vertailu %	-43,8 %	0,0 %	-66,7 %	1,9 %	12,5 %

Taulukko 8. Metallikkunoiden neliömäärävertailu eri hankkeilla

Määrälaskentamenetelmä	Metalli-ikkunan neliömäärä [m ²]	
	Kohde 1	Kohde 4
Määräluettelon pohjalta	17	33
Tietomallin pohjalta	12	35
Vertailu %	-29,4 %	6,1 %

Tietomallista ei löytynyt samoja ikkunoita, joita perinteisessä määräluettelossa oli määritetty. Puuttuvat ikkunarivit jätetään hinnoittelematta kustannusarvioissa.

Metallilasiseinät olivat erikokoisia tietomallipohjalta. Hinnoittelussa on uusia rivejä niiden ikkunoiden osalla, joita ei ollut valmiina.

Määrälaskentatoimiston tekemässä määräluettelossa oli metallilasiseinille määritetty teräsrungot lasiseinien ympärille. Teräsrunkoa ei ole tietomalliin mallinnettu, joten sen koko ja hinnoittelu tulisi laskijan arvioida. Tässä tutkimuksessa ko. teräsrunkoa ei ole arvioitu eikä hinnoiteltu kustannusarvioon.

Metallisisäikkunoiden lukumäärät olivat kolmessa kohteessa samat, tosin pinta-alamäärät poikkesivat toisistaan. Kustannusarvioissa hinnoittelu tehdään neliöhinnalla, joten poikkeamalla on suuri merkitys kustannuksissa. Taulukoissa 9 ja 10 on esitetty metallisisäikkunoiden neliö- ja lukumäärävertailut tässä tutkimuksessa.

Taulukko 9. Metallisisäikkunan neliömäärä eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Metallisisäikkunan neliömäärä [m ²]			
	Kohde 1	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	45	3	4	6
Tietomallin pohjalta	37	1	4	21
Vertailu %	-17,8 %	-66,7 %	0,0 %	250,0 %

Taulukko 10. Metallisisäikkunoiden lukumäärävertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Metallisisäikkunan lukumäärä [kpl]			
	Kohde 1	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	6	1	1	2
Tietomallin pohjalta	6	1	1	7
Vertailu %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	250,0 %

Metalli-ikkunoiden liittymärakenteissa on eroavaisuutta muissa paitsi kohteessa 2. Liittymärakenteita ei ole mahdollista eritellä saumausten, tiivistysten ja listoitusten osalta, koska käytettävissä ei ole ikkunadetaljia. Laskenta perustuu tietomallisisältöön ja sen antaman karmipituuteen. Tilkinän ja ulkopuolisen saumauksen sekä sisäpuolisen kittauksen ja peltilistoituksen määrä on suoraan tietomallin pohjalta saatu karmipituus. Ulkopuolinen peltilistoitusta tulee laskea ikkunoiden kokojen perusteella. Tietomalliin ei ollut mallinnettu vesipeltejä. Laskijan tulee johtaa vesipeltien pituus ikkunoiden kokojen perusteella, kuten ulkopuolinen listoituskkin.

Kohteessa 5 ei ollut eritelty liittymärakenteita. Vertailu suoritettiin karkeammin metallilasi-seinien osalta. Tietomallin pohjalta liittymärakenteet olisi voinut eritellä tarkemmin. Taulukossa 11 on metalli-ikkunoiden liittymärakennevertailu tässä tutkimuksessa.

Taulukko 11. Metalli-ikkunoiden liittymärakennevertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Metalli-ikkunoiden liittymärakenne [jm]				
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	179	40	6	140	165
Tietomallin pohjalta	138	40	3	146	232
Vertailu %	-22,9 %	0,0 %	-50,0 %	-4,3 %	40,6 %

5.1.2 Puuikkunat

Puuikkunoissa oli poikkeavuutta pinta-alojen määriä vertailtaessa. Tietomalli antaa ikkunalle leveyden ja korkeuden aukkokoon mukaan. Ikkunan pinta-ala määräytyy aukkokoon pohjalta. Määrälaskentatoimisto laskee ikkunakoon ikkunakaavion perusteella. Ikkunakaavioita ei ole tässä tutkimuksessa käytettävissä. Suurissa ikkunaneliömäärissä ero suurenee luonnollisesti. Kahden kohteen lukumäärät ovat täsmälleen samat kummankin luettelon pohjalta.

Puuikkunoilla, esimerkiksi Pihla-ikkunat, on erilaisia ikkunamalleja (esim. A-, B-, D-, T-, E-malli). Lisäksi ikkunoita hinnoitellaan eri desibeli- ja paloluokitusten perusteella. Tietomalli antaa ikkunalle koon ja nimen/ tyypin. Joissakin malleissa on palo ja/ tai dB-luokitus. Ikkunoiden mallia, yksi-, kaksi- tai kolmiosainen ikkuna, ei ole mahdollista tietomallin mallista irrottaa.

Tuuletusikkunalliset ikkunat hinnoitellaan omalla rivillä ja luonnollisesti omalla hinnalla tavallisiin ikkunoihin verrattuna. Tietomalleissa ei tuuletusikkunallisia ikkunoita ole eritelty. Hinnoittelussa tulisi huomioida uusi keskihinta, joka soveltuisi niin tuuletusikkunallisiin kuin tavallisiin ikkunoihin. Ikkunakaavion puuttuessa hinnoittelua ei voinut eritellä kustannusarvioissa. Taulukoissa 12 ja 13 on esitetty puuikkunoiden neliö- ja lukumäärävertailu tässä tutkimuksessa.

Taulukko 12. Puuikkunoiden neliömäärävertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Puuikkunoiden neliömäärä [m ²]				
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	133	201	121	93	10
Tietomallin pohjalta	248	220	152	100	11
Vertailu %	86,5 %	9,5 %	25,6 %	7,5 %	10,0 %

Taulukko 13. Puuikkunoiden lukumäärävertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Puuikkunoiden lukumäärä [kpl]				
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	55	75	61	40	3
Tietomallin pohjalta	66	75	66	40	4
Vertailu %	20,0 %	0,0 %	8,2 %	0,0 %	33,3 %

Puusisäikkunoiden pinta-alavertailussa ja lukumäärien vertailussa ovat poikkeavuudet samassa suhteessa kuin ulkoseinienkin puuikkunoissa. Määrien poikkeavuus ei selity myöskään sillä, että puuikkuna olisi mallinnettu puusisäikkunalla. Neliö- ja lukumääräpoikkeavuudet ovat niin puuikkunoissa kuin puusisäikkunoissakin samassa suhteessa erilaiset. Neliömäärien poikkeavuus johtuu samasta syystä kuin puuikkunoillakin. Määrälaskentatoimisto on laskenut puusisäikkunoiden neliömäärän ikkunakaavion perusteella, ja tietomallissa on ikkunan aukkoko. Taulukoissa 14 ja 15 on esitetty puusisäikkunoiden neliö- ja lukumäärävertailu eri hankkeiden välillä tässä tutkimuksessa.

Taulukko 14. Puusisäikkunoiden neliömäärävertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Puusisäikkunoiden neliömäärä [m ²]			
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4
Määräluettelon pohjalta	82	104	61	34
Tietomallin pohjalta	90	146	61	37
Vertailu %	9,8 %	40,4 %	0,0 %	8,8 %

Taulukko 15. Puusisäikkunoiden lukumäärävertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Puusisäikkunoiden lukumäärä [kpl]			
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4
Määräluettelon pohjalata	19	28	25	10
Tietomallin pohjalta	22	28	25	11
Vertailu %	15,8 %	0,0 %	0,0 %	10,0 %

Sälekaihtimien hinnoittelu luetteloon pohjautuu ikkunoiden neliömäärään. Käytössä ei ole ikkunatyypiluetteloa, mistä voisi tarkastella, onko sälekaihdin yli vai alle neliömetrin kokoinen. Isommissa ikkunaneliömäärissä poikkeama voi olla todella suuri, ja tämä vääristää kustannuksia. Ikkunoiden irtopainikkeita ei voi laskea tietomallien perusteella.

Metalli- ja puuikkunoiden liittymärakenteen vertailu tehtiin ulko- ja sisäikkunoiden osalta. Tietomallin pohjalta luettelossa on tarkasteltavan ikkunan karmipituus, jota voi hinnoiteltaessa pitää liittymärakenteen määränä. Määräluettelossa ikkunoiden liittymärakenteita on hinnoiteltu tilkityksinä, saumauksina sekä ulko- ja sisälistoituksina. Tietomallin pohjalta on käytettävissä ikkunan karmipituus. Mallista ei saa irrotettua vesipellin ja listoitusten määrää, joten laskijan tulee laskea ne ikkunamittojen pohjalta. Osa määrälaskentatoimistoista

litteroi vesipellit litteralle 55, joten niiden tarkastelu osassa tutkittavista kohteista ei ole mahdollista tässä tutkimuksessa. Taulukossa 16 on esitetty puuikkunoiden liittymärakennvertailu sisä- ja ulkoseinällä tässä tutkimuksessa.

Taulukko 16. Puuikkunoiden liittymärakennvertailu sisä- ja ulkoseinillä eri hankkeilla.

Määälaskentamenetelmä	Puuikkunoiden liittymärakenne sisä- ja ulkoseinällä [jm]				
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	470	763	437	372	23
Tietomallin pohjalta	462	775	587	315	66
Vertailu %	-1,7 %	1,6 %	34,3 %	15,3 %	187,0 %

Ikkunoista on ikkunatoimittaja antanut tarjouksen, joka näkyy kustannusarviossa korjausrivinä. Korjausrivi on alkuperäisessä ja tutkittavassa kustannusarvioissa mukana.

5.1.3 Vesikaton kattoikkunat, savunpoistoikkunat ja -luukut

Savunpoiston aukaisulaitteista ja laukaisukeskusta ei ole mallinnettu tietomallissa. Tutkimuksessa arvioitiin yhtenä eränä savunpoistolaitteet, -ohjauskeskukset, -napit ym. Hinnoittelussa ko. laitteet on huomioitu, mutta kustannus on itsessään virheellinen.

5.2 Ovet ja metallirakenteiset erikoisovet

5.2.1 Metalliovet

Metalliovien lukumäärissä on poikkeavuutta tietomallin ja perinteisen määräluettelon välillä. Osassa kohteissa lukumäärät täsmäsivät keskenään. Osa metalliovista on mallinnettu väliseinämallilla, mikä laskijan tulee oivaltaa laskennan aikana.

Metalliulko-ovien osalta lukumäärien poikkeamat ovat joidenkin kohteiden osalla suuria. Voidaan päätellä, että osa metalliovista on mallinnettu metalli-ikkunaseininä, mikä selittää poikkeavuudet metalli-ikkunoiden osalla. Metallilasiseinien poikkeamat olivat suurempia perinteisen luettelon kuin tietomallin pohjalta. Metalliovet ja -ikkunat on huomioitu molemissa luetteloissa, mutta ne on suunniteltu eri malleilla ja hinnoiteltu vastaavasti eri riveillä.

Taulukoissa 17 ja 18 on esitetty metalli- ja metallilasiulko-ovien lukumäärävertailu tässä tutkimuksessa.

Taulukko 17. Metalliuulko-ovien lukumäärävertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Metalliuulko-ovien lukumäärä [kpl]				
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	2	18	2	2	3
Tietomallin pohjalta	2	18	13	2	1
Vertailu %	0,0 %	0,0 %	550,0 %	0,0 %	-66,7 %

Taulukko 18. Metallilasiulko-ovien lukumäärävertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Metallilasiulko-ovien lukumäärä [kpl]			
	Kohde 1	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	9	2	7	4
Tietomallin pohjalta	9	1	7	0
Vertailu %	0,0 %	-50,0 %	0,0 %	-100,0 %

Tietomallin pohjalta tuotettu luettelo antaa ikkunoiden ja ovien yhteenlasketuksi neliömääräksi suurempia arvoja kuin perinteisesti lasketun määräluettelon pohjalta. Taulukon 19 mukaan ikkunoiden ja ovien osuus tutkimuksen kohteiden ulkoseinillä on 11,5 %–36,2 %. Kiinnostavaa on, esiintyykö ulkoseinien aukotuksessa yhtäläiset ristiriitaisuudet. Tutkimus rajoittuu ainoastaan litteralle 4, joten ulkoseinien aukkojen osuutta litteralla 35 ei voida tässä tutkimuksessa vertailla.

Taulukko 19. Ikkunoiden ja ovien yhteenlaskettu neliömäärä ulkoseinillä eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Ikkunoiden ja ovien yhteenlaskettu neliömäärä ulkoseinillä [m ²]				
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	374	130	178	206	150
Tietomallin pohjalta	417	177	201	239	168
Vertailu %	11,5 %	36,2 %	12,9 %	16,0 %	12,0 %

Metalliovet hinnoitellaan tietomallin pohjalta alkuperäisellä neliöhinnalla, mikä on tutkimuksen pohjalla. Kaikkia määrälaskentatoimiston laskemia ja määräluettelossa olevia ovityyppejä ei löydy. Hinnoittelussa käytetään vastaavia neliöhintoja uusille ovityypeille.

Metallipalo-ovet on mallinnettu metalliovina tutkimuksen kohteen tietomallissa. Tietomallin pohjalta palo-ovien paloluokituksia ovien ja liittymärakenteiden osalta ei voi eritellä ja hinnoitella.

Ulko-ovien osalla on mallinnettu myös potkupeltejä, jotka hinnoittelussa kuuluvat ovirakenteeseen. Ovien umpiosat ja lasitukset kuuluvat myös ovien hintaan, joten niiden umpiosia ja lasituksia ei ole hinnoiteltu erikseen luettelossa. Toisaalta metalliovien umpiosia ja lasituksia ei ollut mahdollista tietomallista irrottaa eikä tutkimuksessa ollut käytössä ovikaavioita.

Liittymärakenteissa on eroavaisuutta. Tietomallissa ovien liittymärakenteena käytetään ovien karmipituutta. Määrälaskentatoimisto laskee liittymärakenteeseen myös kynnyksen osuuden. Laskentatavan erilaisuus selittää liittymärakenteen eroavaisuuden. Liittymärakenteiden esitystavassa oli määrälaskentatoimistojen luetteloissa eri esitystapoja, mikä vaikeutti vertailua eri luetteloiden välillä. Taulukoissa 20—24 on tämän tutkimuksen metalliovien liittymärakennevertailuja.

Taulukko 20. Metallilasiulko-ovien liittymärakennevertailu eri hankkeilla.

Mitä verrataan	Metallilasiulko-ovien liittymärakennemäärä [jm]		
	Kohde 1	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	68,3	53	25
Tietomallin pohjalta	55,6	45,6	0
Vertailu %	-18,6 %	-14,0 %	100,0 %

Taulukko 21. Metalliuulko-ovien liittymärakennevertailu eri hankkeilla.

Mitä verrataan	Metalliuulko-ovien liittymärakennemäärä [jm]			
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	16,8	87	19	20
Tietomallin pohjalta	12,7	99	10,7	5
Vertailu %	-24,4 %	13,8 %	-43,7 %	-300,0 %

Taulukko 22. Metallilasiovien liittymärakennevertailu kohteella 1.

Mitä verrataan	Metallilasiovien liittymärakennemäärä [jm]	
	Kohde 1	
Määräluettelon pohjalta	40,2	
Tietomallin pohjalta	12,1	
Vertailu %	-69,9 %	

Taulukko 23. Metalliovien liittymärakennevertailu kahdella eri hankkeella.

Mitä verrataan	Metalliovien liittymärakennemäärä [jm]	
	Kohde 1	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	25,3	0
Tietomallin pohjalta	19,3	318
Vertailu %	-23,7 %	100,0 %

Taulukko 24. Metallipalo-ovien liittymärakennevertailu kahdella eri hankkeilla.

Mitä verrataan	Metallipalo-ovien liittymärakennemäärä [jm]	
	Kohde 1	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	24,6	311
Tietomallin pohjalta	19,9	0
Vertailu %	-19,1 %	-100,0 %

Kustannusarviossa on heloitustarjous, joka näkyy yhtenä eränä luettelossa. Heloituksia ei saa tietomallista irrotettua.

Jydacom-hinnoittelussa tilkitys voidaan hinnoitella ja siihen käytetään tietomallista saatua karmipituutta. Ovien peltilistoitus täytyy laskea riippuen siitä, tuleeko listoitus vain toiselle puolelle ovea vai molemmin puolin. Listoitusta yksinään ei ole mallinnettu tietomallissa. Kohteen 2 osalta ei ollut määräluettelossa eritelty metallilasi- ja metalliovien liittymärakenteita toisistaan. Tutkimuksessa ko. ovien liittymärakenteet on yhdistetty vertailun takia. Tämän tutkimuksen kohteen 2 metalli- ja metallilasiulko-ovien liittymärakenteen vertailutaulukko taulukossa 25.

Taulukko 25. Metall- ja metallilasiulko-ovien liittymärakennevertailu kohteella 2.

Mitä verrataan	Metalli- ja metallilasiulko-ovien liittymärakennemäärä [jm]
	Kohde 2
Määräluettelon pohjalta	118
Tietomallin pohjalta	120
Vertailu %	1,7 %

Kynnystyyppejä ei ole eritelty tietomallista. Kynnykset on hinnoiteltu yhdellä tyyppillä, riippumatta siitä, mikä kynnyksen korkeus tai tyyppi on vai onko kyseessä jokin erikoiskynnys.

5.2.2 Puuovet

Tutkimuksessa hinnoiteltiin puuovet alkuperäisillä riveillä ja hinnoilla, mikä on perinteisesti tuotetun määräluettelon pohjalta tehty. Kustannusarvioissa oleva puuovitarjous on huomioitu tasausrivinä, mikä kuitenkin on alkuperäisessä ja uudessa tietomallipohjaisessa luettelossa sama, eikä sinällään vaikuta lopputulokseen.

Tietomalliin ei ole mallinnettu kaikkia samoja ovia, joita perinteisessä luettelossa on. Tietomallista löytyi vastaavasti ovia, joita määrälaskentatoimisto ei ole määräluetteloon kirjannut. Uudet ovityypit on kustannusarvioissa hinnoiteltu vanhojen, samoilla ominaisuuksilla jo hinnoiteltujen ovien pohjalta.

Tutkimuksen mukaan puuovien lukumäärissä oli poikkeavuutta. Tutkimuksessa tietomallin pohjalta puuovien lukumäärän osuus oli pienempi kuin perinteisen määräluettelon pohjalta. Ainoastaan yhden kohteen (kohde 3) puuovien lukumäärät olivat samat molemmissa luetteloissa. Taulukossa 26 on puuovien lukumäärävertailu tässä tutkimuksessa.

Taulukko 26. Puuovien lukumäärävertailu eri hankkeilla.

Mitä verrataan	Puuovien lukumäärä [kpl]				
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	99	140	90	82	22
Tietomallin pohjalta	93	116	90	77	21
Vertailu %	-6,1 %	-17,1 %	0,0 %	-6,1 %	-4,5 %

Puuovien liittymärakenteissa on reilusti poikkeamaa eri luetteloiden välillä. Erikoisesti huomion kiinnittää kohde 3, jossa lukumäärät täsmäsivät, mutta niiden välinen liittymärakente-ero on huomattavan suuri eli 62,5 %. Huomio antaa pohdittavaksi, miten tulos onkaan mahdollinen. Liittymärakenteissa oleva poikkeama luetteloiden välillä selittyy sillä, että tietomallin karmipituudessa ei ole kynnyksen osuutta lainkaan. Perinteisen luettelon liittymärakenteessa on myös kynnyksen osuus mukana. Tämän tutkimuksen liittymärakentevertailu eri hankkeiden välillä on esitetty taulukossa 27.

Taulukko 27. Puuovien liittymärakentevertailu eri hankkeilla.

Mitä verrataan	Puuovien liittymämäärä [jm]				
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	876	611	283	587	135
Tietomallin pohjalta	559	614	106	430	109
Vertailu %	-36,1 %	0,5 %	-62,5 %	-26,7 %	-19,3 %

Liittymärakennetta ei suoraan saa perinteisestä määräluettelosta. Määrälaskentatoimisto on laskenut ainoastaan tilkittävien ovien liittymärakenteen. Listoituksessa on iso ero niin laakaovien ovipielen kuin liukuovien pielen määrissä. Laskennassa ei ole käytettävissä ovidetaljia, ainoastaan tietomalli. Liukuovirakenteen aukon pielistaa ei ole mallinnettu erikseen. Jos ko. pielistan hinnoittelee luetteloon, käytössä ei ole ovidetaljeja, joista voisi määrittellä pielileveyden.

Puuovien kynnystyyppäjä ei ole eritelty tietomallin pohjalta. Kynnykset on hinnoiteltu yhdellä tyyppillä, oven leveyden mukaan, riippumatta siitä, mikä kynnyksen korkeus tai tyyppi on tai onko kyseessä jokin erikoiskynnys.

Hinnoittelussa on heloitustarjous, joka on käytössä myös tutkimuksen hinnoittelussa. Tietomalliin ei ole heloitusta puuovien osalta mallinnettu. Määrälaskentatoimiston määräluettelossa on hinnoiteltu ovien sormisuoja, jota ei tutkimuksen hinnoittelussa ole mukana. Ko. sormisuoja ei ole mallinnettu tietomalliin.

5.2.3 Erityisovet

Erityisovia ei ole mallinnettu tarkasteltaviin tietomalleihin. Esimerkiksi ryömintätilojen luukut ja taiteseinät jäivät hinnoittelematta, koska niille ei tietomallista löytynyt määrää. Määrälaskentatoimiston määräluettelossa oli hinnoittelurivit erityisoville joissakin tutkimuksen kohteissa.

5.3 Väliseinät

Tietomallista saadut väliseinämäärät poikkeavat määräluettelon pohjilta saaduista määristä. Muurattujen väliseinien osalla erot olivat kokonaisuudessaan pieniä, -7,1 %–7,7 %. Poikkeuksena kohteen 4 tietomallin pohjalta muurattua väliseinää on 34,5 % enemmän verrattuna perinteisesti lasketun määräluettelon määrään. Levyseinien kohdalla poikkeamat olivat suurempia, -31,6 %–21,6 %. Vastaavasti kohteen 4 kohdalla levyväliseinää on tietomallin pohjalta 58,8 % vähemmän. Iso poikkeama kohteen 4 kohdalla saattaa selittyä sillä, että perinteisesti lasketun muurattujen seinien osuus on tietomallissa mallinnettu levyväliseininä. Tämän tutkimuksen muurattujen ja levyväliseinien neliömäärävertailu on esitetty taulukoissa 28 ja 29.

Taulukko 28. Muurattujen väliseinien neliömäärävertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Muurattujen väliseinien neliömäärä [m ²]				
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	992	1023	0	304	543
Tietomallin pohjalta	922	1001	0	409	585
Vertailu %	-7,1 %	-2,2 %	0,0 %	34,5 %	7,7 %

Taulukko 29. Levyväliseinien neliömäärävertailu eri hankkeilla.

Määrälaskentamenetelmä	Levyväliseinien neliömäärä [m ²]				
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5
Määräluettelon pohjalta	370	1953	963	850	141
Tietomallin pohjalta	253	1790	1171	350	111
Vertailu %	-31,6 %	-8,3 %	21,6 %	-58,8 %	-21,3 %

Väliseinätyyppejä oli mallinnettu eri tyypeillä kuin mitä oli perinteisessä luettelossa. Tietomalleissa oli osa omana rakennetyypinä, osa pelkkinä seinärakenteina

rakennepaksuuden mukaan. Hormeja ja kantavia seiniä on mallinnettu väliseininä. Ristiriitaisuutta ilmeni kohteessa 3. Tietomallin pohjalta väliseinätyyppi VS4 oli perinteisesti laskeutuksessa määräluettelossa VS3. Lisäksi perinteisessä määräluettelossa oli jaoteltu kaksi väliseinätyyppiä kuivien ja kosteiden tilojen seiniin. Tietomallissa kyseistä jaottelua ei ollut mallinnettu. Hinnoittelussa arvioitiin kolmannes koko VS-tyypistä kosteiden tilojen väliseiniksi. Järjestelmäseinien yläosaa ei ole mallinnettu erikseen omana rakennetyypinä.

Muurattujen väliseinien aukonylityspalkkeja ei ole mallinnettu tietomallissa. Hinnoittelussa arvioitiin rakennemallin pohjalta aukkojen lukumäärä tai aukon leveys ikkunoiden ja ovien neliömäärän perusteella. Lukumäärähinnoittelussa arvioitiin yksi aukko mallinnettua seinää kohden ja vastaavasti metrihinnoittelussa arvioitiin aukon leveys ovien kohdalla jakamalla neliömäärä 2,1:llä tai ikkunoiden kohdalla 1,2:llä. Hinta ei ole tietomallin pohjalta tarkka, vaan hinnoittelun kannalta suuntaa antava. Vastaavasti levyseinien ovenylityspalkit ovat mallintamatta tietomallissa eivätkä ole hinnoiteltavissa kustannusarvioissa.

Kohteen 1 väliseinätyypin perinteisessä määräluettelossa on hinnoiteltu teräskiloja levyväliseinän runkoon. Näitä teräsmääriä ja kiinnitysosia, esimerkiksi SBKL 200x200 mm, ei tietomallissa ole mallinnettu, ja ne jäivät hinnoittelematta kustannusarvioista. Laatoitettavien seinäosuuksien tiheämpää runkojakoja ei ole tietomallissa huomioitu eikä ole hinnoiteltu kustannusarvioissa.

Väliseinien liittyminen kattoon poikkesi samassa suhteessa kuin neliömäärätkin. Poikkeamat ovat kuitenkin pieniä, vaikka prosentuaalisesti näyttävätkin suurilta. Väliseinien tiivistyskittauksia, muovi- ja rst-kulmalistoja ei ole mallinnettu tietomalliin. Näiden hinnoittelua ei ole kustannusarviossa.

5.4 Erityis- ja jakoseinät, sisäpuoliset kaiteet ja käsijohteet

Määräluettelon mukaan kohteessa 4 on taite- ja paljeovia litteralla 46. Tietomalliin edellä olevia ovia ei ole mallinnettu eikä myöskään huomioitu hinnoittelussa.

Laminaattijakoseiniä ovineen tietomallista on, mutta neliömäärissä on eroavaisuutta. Ovien määrä oli yhtäläinen. Kohteessa 3 ei ollut mallinnettu tietomalliin suihkujakoseiniä, mutta ne olivat perinteisen määräluettelon mukaan kohteessa olemassa.

Kohteen 4 tietomallissa ei ollut mallinnettu käsijohteita eikä niitä huomioitu kustannusarvioissa. Muiden tutkittavien kohteiden kaiteet on mallinnettu, mutta poikkeavuutta oli määriä vertailtaessa.

Alumiini-ikkunoiden kaiteita ei tietomallista löytynyt, mutta ne on hinnoiteltu perinteisessä määräluettelossa. Parvekelasikaiteiden kokoa tai mallia ei ollut tietomalleissa eritelty. Yhden kohteen ikkunoiden rst-kaiteita ei ollut saatavilla tietomallin pohjalta. Hinnoittelussa niillä on kuitenkin merkittävä osuus. Talotikkaita, kattopollareita ym. kattovarusteita ei ole tutkituissa tietomalleissa mallinnettu.

5.5 Hormit

Hormit ja pystykoteloinnit oli mallinnettu tietomallissa seininä. Hormiseinien määrät poikkesivat paljon tietomallin pohjalta. Väliseinätyyppejä ei ollut tutkimuksessa käytössä, joten on vaikea arvioida, oliko ko. hormoneilla ja koteloinneilla omat rakennetyypit, jolloin ne luonnollisesti litteroituvat littera-alueelle 45. Tutkimuksen pohjana on, että tiedot otetaan ainoastaan tietomallin pohjalta kustannusarvioon. Osa hormiseinistä on eritelty perinteisessä määräluettelossa kuiva- tai märkätilojen koteloinneiksi. Tietomallin pohjalta ko. erittelyä ei ole tehty. Kohteen 1 perinteisesti laaditussa luettelossa oli vss-ovikotelointi, mitä ei ollut tietomallinnettu lainkaan.

5.6 Tutkimushankkeiden kustannusvertailut litteran 4 eri alueilla

5.6.1 Kustannusvertailu kohteessa 1

Kohteen 1 kustannusvertailu tietomallin pohjalta litteran 4 alueelta on 85,5–3,4 % pienempi perinteisesti laskettuun kustannusarvioon verrattuna. Ikkunoiden ja erityisväliseinien osalta ero oli pienempi. Ovien ja väliseinien kohdalla muutos oli noin 15 %. Suurin poikkeama oli

kaiteiden ja hormien laskennan osalta. Poikkeavuus selittyi sillä, ettei kaiteita ja hormia ole mallinnettu tietomalliin.

Kustannusten puolesta poikkeavuudet eivät ole suuria, mutta kun tutkimusta tarkastellaan prosentuaalisesti, muutos on huomattava. Taulukossa 30 on tämän tutkimuksen kohteen 1 kustannusvertailut täydentävien rakenteiden eri littera-alueilla.

Taulukko 30. Kustannusvertailu littera-alueella 4 kohteessa 1.

Kohde 1			
Littera-alue	Määräluettelon pohjalta	Tietomallin pohjalta	Prosenttiero kustannusarvioissa [%]
41,42	133 472 €	128 088 €	-4,0 %
43,44	218 808 €	187 697 €	-14,2 %
45	77 551 €	65 762 €	-15,2 %
46	3 875 €	3 742 €	-3,4 %
47,48	29 701 €	4 300 €	-85,5 %

5.6.2 Kustannusvertailu kohteessa 2

Tarkasteltaessa kohteen 2 kustannusarviota litteralla 4 ikkunoiden osuus kasvoi tietomallin pohjalta tehdyssä kustannusarviossa 13,8 %. Ovien ja väliseinien kustannukset vastaavasti pienenevät 8,2–8,7 %. Erityisväliseinien osalta perinteisen määräluettelon ja tietomallin pohjalta tulokset täsmäsivät. Hormien ja kaiteiden kustannukset pienenevät tietomallin pohjalta, koska kaikkia hormoneja ja kaiteita ei ole mallinnettu tietomalliin. Tutkimuksessa kohteen 2 kustannusvertailut täydentävien rakennusosien eri littera-alueilla on esitetty taulukossa 31.

Taulukko 31. Kustannusvertailu littera-alueella 4 kohteessa 2.

Kohde 2			
Littera-alue	Määräluettelon pohjalta	Tietomallin pohjalta	Prosenttiero kustannusarvioissa [%]
41,42	117 186 €	133 396 €	13,8 %
43,44	244 299 €	224 171 €	-8,2 %
45	207 337 €	189 299 €	-8,7 %
46	48 953 €	48 719 €	-0,5 %
47,48	24 539 €	1 450 €	-94,1 %

5.6.3 Kustannusvertailu kohteessa 3

Kohteen 3 kustannusarvioissa ikkunoiden kustannukset nousivat tietomallin pohjalta 16,3 %. Ovien, väliseinien ja erityisväliseinien osalta kustannukset pienenevät reilut 20 %. Tässä tutkimuskohteessa hormien ja kaiteiden osuus nousi tietomallin pohjalta 53,2 %. Voidaan miettiä, onko määräluettelon pohjalta olevassa luettelossa hormit laskettu elementtirakenteisina hormoneina. Taulukossa 32 on esitetty kohteen 3 kustannusvertailu täydentävien rakenteiden eri littera-alueilla.

Taulukko 32. Kustannusvertailu littera-alueella 4 kohteessa 3.

Kohde 3			
Littera-alue	Määräluettelon pohjalta	Tietomallin pohjalta	Prosenttiero kustannusarvioissa [%]
41,42	62 723 €	72 941 €	16,3 %
43,44	142 410 €	113 762 €	-20,1 %
45	79 730 €	66 106 €	-17,1 %
46	6 180 €	4 508 €	-27,1 %
47,48	1 698 €	2 602 €	53,2 %

5.6.4 Kustannusvertailu kohteessa 4

Kohteen 4 kustannuksia vertailtaessa ikkunoiden ja ovien kustannukset yhtenevät perinteisen määräluettelon ja tietomallin pohjalta. Ero on vain pieni. Väliseinien ja erityisväliseinien osalla kustannukset pienenevät tietomallin pohjalta noin 35 %. Kaikkia perinteiseen määräluetteloon laskettuja väliseiniä ja kaiteita ei ole mallinnettu. Hormeja ja kaiteita on tietomallin mukaan huomattavasti enemmän ja kustannuksetkin ovat yli 300 % suuremmat mallin pohjalta. Kustannuksina se ei kovinkaan paljon, mutta vertailuprosentti antaa suuren arvon. Tämän tutkimuksen kohteen 4 kustannusvertailu täydentävien rakenteiden eri littera-alueilla on esitetty taulukossa 33.

Taulukko 33. Kustannusvertailu littera-alueella 4 kohteessa 4.

Kohde 4			
Littera-alue	Määräluettelon pohjalta	Tietomallin pohjalta	Prosenttiero kustannusarvioissa [%]
41,42	68 436 €	70 037 €	2,3 %
43,44	163 846 €	167 045 €	2,0 %
45	63 161 €	41 671 €	-34,0 %
46	67 647 €	43 588 €	-35,6 %
47,48	2 242 €	9 331 €	316,2 %

5.6.5 Kustannusvertailu kohteessa 5

Kohteen 5 ikkunoiden kustannusarvio oli suurempi tietomallin pohjalta. Ovien ja väliseinién osalta kustannukset pienenevät tietomallin pohjalta tutkimusta tarkasteltaessa. Erityisväli-seiniä ei ole perinteisen määräluettelon eikä tietomallin pohjalta kohteeseen laskettu. Hormien ja kaiteiden kustannukset pienenevät tietomallin pohjalta, koska kaikkia hormoneja ei ole mallinnettu tietomalliin. Taulukossa 34 on esitetty tämän tutkimuksen kohteen 5 kustannusvertailu täydentävien rakenteiden eri littera-alueilla.

Taulukko 34. Kustannusvertailu littera-alueella 4 kohteessa 5.

Kohde 5			
Littera-alue	Määräluettelon pohjalta	Tietomallin pohjalta	Prosenttiero kustannusarvioissa [%]
41,42	214 252 €	228 129 €	6,5 %
43,44	79 431 €	72 263 €	-9,0 %
45	46 778 €	44 524 €	-4,8 %
46	- €	- €	0,0 %
47,48	11 590 €	8 580 €	-26,0 %

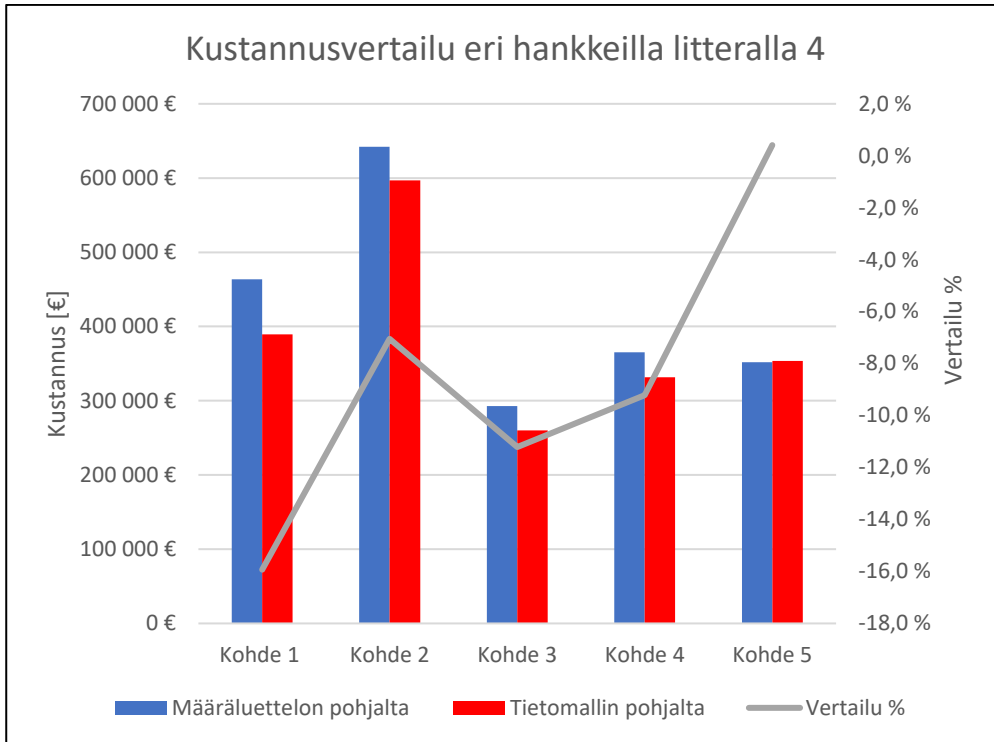
5.7 Litteran 4 vertailu kustannuksissa eri hankkeilla

Tarkasteltaessa kokonaisuudessa pääryhmän 4 eli täydentävien rakenteiden littera-alue, kustannusarviot pienenevät kaikkien tutkimushankkeiden osalla. Suurimmat poikkeavuudet olivat kohteessa 1 ja 3. Alle kymmenen prosentin poikkeavuudet olivat tämän tutkimuksen kohteessa 2 ja 4. Kohteen 5 lopputulos kustannuksiltaan oli lähes sama.

Vertailtavien tutkimuskohteiden kustannusvaikutuksien keskiarvoksi saadaan -8,6 %. Taulukosta 35 sekä kuvion 9 diagrammista näkee kustannusvaikutusten tulokset.

Taulukko 35. Tämän tutkimuksen kustannusvertailu eri hankkeilla litteralla 4.

Kustannusarvio litteralla 4						
Määrälaskentamenetelmä	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	Kohde 5	Keskiarvo
Määräluettelon pohjalta	463 407 €	642 314 €	292 741 €	365 332 €	352 051 €	423 169 €
Tietomallin pohjalta	389 589 €	597 035 €	259 919 €	331 672 €	353 496 €	386 342 €
Vertailu %	-15,9 %	-7,0 %	-11,2 %	-9,2 %	0,4 %	-8,6 %



Kuvio 9. Pääryhmä 4:n kustannusvertailu tämän tutkimuksen hankkeilla.

6 POHDINTA JA YHTEENVETO

6.1 Tutkimuksen tulokset

Tämän tutkimuksen tuloksena saatiin viiden julkisen rakennushankkeen kustannusarviovertailu täydentävien rakenteiden eli littera-alueelta 4 Talo 80 -nimikkeistössä. Tietomallipohjalta saatuja kustannusarvioita verrattiin jo aikaisemmin tehtyihin, toteutuneisiin rakennushankkeisiin. Tuloksena saatiin keskiarvoltaan 8,6 % pienempi kustannusarvio aikaisemmin tehtyihin verrattuna. Tämän tutkimuksen yksityiskohtaisempi tarkastelu löytyy luvusta 5.7 litteran 4 vertailu eri hankkeilla.

6.2 Tulosten analysointia

Urakkalaskennan tyypillinen hyväksyttävä hajonta on 2–3 % suuntaansa, ja näin myös Rakennusliike Lapti Oy:ssä. Tämän tutkimuksen perusteella tietomallista ei suoraan voida tuottaa tämän tavoitteen mukaista määrälaskentatarkkuutta. Toki otos on rajattu ja teoreettinen, koska tutkimuksessa määrälaskija ei ole tarkoituksella korjannut malleissa havaittuja virheitä ja puutteita. Tutkimuksen tavoitteena on juuri selvittää, mikä mallin korjaamaton luotettavuus informaatioisältömielessä on. Käytännön laskentatilanteessa edellä mainitut puuttuvat rakenteet määrälaskija lisää laskelmaan. Tällöin määrälaskijalla on käytössään kohteen yksityiskohtaiset detaljit ja rakennustapaseloste, josta voi täydentää määrälaskennan tarkkuutta ja sitä myöten kustannusarvioita.

6.3 Pohdintaa ja keinoja laskennan tarkentamiseen

Tietomallin pohjalta tehdyn määräluettelon ja siitä muodostetun kustannusarvion hallinta kustannusmielessä vaatii pohdintaa ja ratkaisuja, ellei jatkossakin luoteta määrälaskijan ammattitaitoon laskelmien täydentäjänä. Seuraavassa kolme erilaista ratkaisuvaihtoehtoa tutkimuksen tuloksille. Tämä tutkimus antaa aihetta tarkastella enemmän tietomallien pohjalta tehtävää kustannuslaskentaa.

6.3.1 Tietomallin tarkkuuden lisääminen

Malliin voidaan tietyissä rajoissa lisätä tarvittavia puuttuvia rakenteita. Kuitenkin mallintaminen tulisi pysyä tarpeeksi käyttökelpoisena ja se tulisi toteuttaa niin kuin ohjelmiston suunnittelija on ajatellut mallintamisen tapahtuvan. Esimerkiksi liitosrakenteiden tulisi mieluummin olla mallissa osa päärakenteen komponenttia kuin että se erikseen mallinnettaiisiin. 3D-määrälaskentaohjelman tulisi tarttua tähän informaatioon ja käyttää sitä määrän muodostamiseen ko. liitosrakenteen osalta. Jos jokainen liitosrakenne mallinnetaan erikseen malliin, vie mallinnustyö liikaa aikaa sekä kasvattaa hankkeen kustannuksia.

6.3.2 Tuote- ja panosrakenteen huomioiminen laskentajärjestelmässä tarvittaessa poisjääville rakenteille

Laskentajärjestelmässä on tuote- tai panosrakenteet, joissa on huomioitu tarvittavia tietomallista pois jääviä rakenteita (esimerkiksi liitosrakenteita). Ratkaisun hyvä puoli on, että kustannuspuoli saadaan paremmin oikeaksi, mutta itse rakenne eli määrärivi ei välttämättä ole oikea. Tällöin tiedon puutetta paikataan mahdollisesti väärällä informaatiolla, joka sitten myöhemmin korvataan mahdollisesti oikealla. Nykyaikaisen tiedonhallinnan näkökulmasta ratkaisu ei ole oikea. Suunnittelukokonaisuuteen tulisi syöttää vain oikeaa dataa ja vieläpä reaali-aikaisesti. Monet tuotemallipohjaista määrälaskentaa hyödyntävät laskentajärjestelmät kuitenkin toimivat ko. tavalla, koska parempaa ratkaisua ei ole. Jos yritys käyttää tuotannossaan standardoituja tuoterakenteita em. ongelmaa ei juurikaan ole. Ns. tuoterakene pohjaisessa ratkaisussa standardoituja rakenteita ei kuitenkaan voida käytännön syistä käyttää.

6.3.3 Kustannusvaraus kustannuslaskelmaan

Pelkästään puuttuvan kustannusosuuden korvaaminen kustannusvarauksella kustannuslaskelmaan. Ratkaisu on periaatteessa tiedonhallinnan kannalta oikea. Järjestelmään ei syötetä väärää tietoa, vaan puuttuva tieto korvataan järjestelmän sisäisellä varauksella, joka suunnittelun edetessä tarkentuu ja korvautuu oikealla tiedolla viimeistään työmaavaiheessa. Ratkaisun ongelma on oikean varauksen suuruuden laskeminen. Riittävän

luotettavan varausprosentin laskeminen vaatisi lisää tämän tutkimuksen tapaista vertailevaa tutkimusta sekä isomman otoksen.

LÄHTEET

Arkance Systems. (i.a.). *Bluebeam*. https://arkance-systems.fi/ohjelmistot/muut-ohjelmistot/bluebeam/?gclid=EAlaIQobChMI6WYtPf59wIVluxcCh2CBA_xEAAYAiAAEg-LagfD_BwE

Heikkilä, S. (laskentapäällikkö, Rakennusliike Lapti Oy). (12.10.2022). *Tuoterakennepohjainen ja vallitseva urakkalaskentajärjestelmä*. [asiantuntijahaastattelu].

JD JYDACOM a part of EG. (i.a.). *Jydacom on Suomen johtava rakennusalan järjestelmä*. <https://www.jydacom.fi/miksi-jydacom/>

Jyväskylän yliopisto (JY). (i.a.). *Koppa*. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus>

Jäväjä, P., & Lehtoviita, T. 2016. *Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla*. Rakennustieto.

Luukka, K. (i.a.). *Konstruktivinen tutkimusote*. [tps://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktivinen-tutkimusote/](https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktivinen-tutkimusote/)

Pihla-ikkunat. (i.a.). *Ikkunat*. https://www.pihla.fi/ikkunat/?gclid=EAlaIQobChMI2MnLttyR-QIVbQzmCh0QBAmwEAAYAiAAEgJ5MvD_BwE

Rakennusliike Lapti. (i.a.). *Lapti on rakennusalan kasvava konserni*. <https://lapti.fi/lapti-group/lyhyesti/>

Rakennustieto. (2010). *Tietomallinnettava rakennushanke: Ohjeita rakennuttajalle*. (RT 10-10992).

Rakennustieto. (2012a). *YTV 2012: Yleiset tietomallivaatimukset 2012: osa 1*. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf

Rakennustieto. (2012b). YTV 2012: Yleiset tietomallivaatimukset 2012: osa 4. <https://rt-rakennustieto-fi.libts.seamk.fi/haku?query=RT%2010-11211>

Rakennustieto. (2012c). YTV2012: Yleiset tietomallivaatimukset 2012: osa 7. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_7_maaralaskenta.pdf

Rakennustieto. (2012d). YTV2012: Yleiset tietomallivaatimukset 2012: osa 13. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_13_rakentaminen.pdf

Rakennustieto. (2016). YTV 2012: Yleiset tietomallivaatimukset 2012: osa1, yleinen osuus, osa4. <https://kortistot-rakennustieto-fi.libts.seamk.fi/resource/juha/content/10213#page=1>

Rakennustieto. (Ratu). (2018). *Rakennushankkeen kustannushallinta*.

Seitamaa-Hakkarainen, P. (i.a.). *Kvalitatiivinen sisällönanalyysi, Sisällön analyysin keskeisiä piirteitä*. METODIX. <https://metodix.fi/2014/05/19/seitamaa-hakkarainen-kvalitatiivinen-sisallon-analyysi/>

SOLIBRI NEMETSCHKE COMPANY. (i.a.-a). *Solibri Office*. <https://www.solibri.com/fi/solibri-office>

SOLIBRI NEMETSCHKE COMPANY. (i.a.-b). Aloittajan opas. <https://solibri-asset.s3.amazonaws.com/old-site/2016/03/9.6-Aloittajan-opas.pdf>