



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tony Lindgren

Tietomallipohjaisen määräluettelon käyttö kustannuslaskennassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

8.3.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tony Lindgren Tietomallipohjaisen määräluettelon käyttö kustannuslaskennassa 26 sivua 8.3.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	talotekniikkapäällikkö Niko Nieminen lehtori Tuomo Heikkinen
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli perehtyä rakennuksen sähkötekniisten töiden tietomallipohjaiseen kustannuslaskentaan ja sen ongelmiin. Tietomallipohjainen kustannuslaskenta tehdään käyttämällä tietomallista saatavia materiaali- ja määräluetteloita. Tavoitteena oli kehittää Lehto Tilat Oy:n kustannuslaskentaprosessia sujuvammaksi ja laskelmia vastamaan paremmin rakennusprojektin todellisia kustannuksia.</p> <p>Työ aloitettiin vertailemalla tähän asti tehtyjä tietomallipohjaisia materiaali- ja määräluetteloita sähköurakoitsijoiden käsin tekemään määrälaskentaan. Vertailun tuloksena huomattiin toistuvasti suuria eroavaisuuksia kaapelointien ja putkitusten määrissä sekä kokonaisu hinnassa. Eroavaisuuksien epäiltiin johtuvan siitä, että tietomallipohjaisissa materiaali- ja määräluetteloissa ei ole huomioitu eri asennustapoja, asennusvaroja tai materiaalihävikkiä.</p> <p>Työn tuloksena syntyi ohjeistus tietomallipohjaiseen kustannuslaskentaan sekä erilaisia Excel-pohjaisia laskureita, joilla on mahdollista määrittää materiaali- ja määräluettelon tuotteille eri asennustapoja sekä lisätä määriin hävikit ja asennusvarat. Työn tuloksena selvinneet kustannuslaskennan ongelmat otettiin uusien projektien laskennassa huomioon. Uuden laskentaohjeistuksen ja Excel-pohjaisten laskureiden myötä laskenta tarkentui ja niiden avulla saavutetaan tarkempia tuloksia.</p>	
Avainsanat	kustannuslaskenta, sähkö, tietomalli

Author Title Number of Pages Date	Tony Lindgren Use of Building Information Model Based Bill of Materials for Cost Accounting 26 pages 8 March 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Niko Nieminen, Building Services Manager Tuomo Heikkinen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this work was to study cost accounting of electrical installations based on the building information model and its problems. Cost accounting is executed by using the bill of materials received from the building information model. The goal of the work was to improve the efficiency of Lehto Tilat Oy's cost accounting process and make the calculations correspond better to the actual costs of the construction project.</p> <p>The study was conducted by comparing previous bill of materials of building information model to manually performed quantity surveying by electrical contractors. The comparison revealed large frequent differences in the amounts and total costs of cabling and pipework. The differences are believed to be derived from that the bill of materials of building information did not consider different installation methods or material losses.</p> <p>As a result of this study, a guideline for cost accounting of electrical installations based on building information model and several Excel-based calculators were created. The Excel-based calculators enable defining the different installation methods to the bill of materials and adding of material losses. The findings made in this study concerning the issues in cost accounting are taken into account in Lehto Tilat Oy's future project calculations. With Excel-based calculators, the project calculations are more accurate.</p>	
Keywords	cost accounting, electrical, BIM

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tietomallipohjainen suunnittelu	3
2.1	MagiCAD-suunnitteluohjelmisto	4
2.2	Määräluettelot tietomallinnuksessa	7
3	Sähköasennustöiden hinnoittelu	8
3.1	Hinnoittelun perusta	8
3.2	Urakkahinnoittelu	9
4	Kustannusten määrittely	12
4.1	Määrälaskenta perinteisesti	12
4.2	Määrälaskenta määräluettelon mukaan	13
4.3	Tarjouslaskentaohjelmistot	14
5	Broker Estimate -tarjouslaskentaohjelmisto	15
5.1	Tarjouksen luominen ja positiot	15
5.2	Tuoterakenteet ja nimikkeet	16
5.3	Massojen lisääminen	18
5.4	Loppusivu	19
6	Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan kehitys	21
6.1	Kustannuslaskennan ongelmat	21
6.2	Uusi MEP-tiedosto	22
6.3	Tuoterakenteet	22
6.4	Materiaali- ja määräluettelot	23
6.5	Excel-laskurit sujuvoittamaan kustannuslaskentaa	23
6.6	Ohjeistus kustannuslaskentaan positioittain	24
7	Yhteenveto	25

Lyhenteet

CAD Computer-aided Desing. Tietokoneavusteinen suunnittelu.

BIM Building Information Model. Rakennuksen tietomalli.

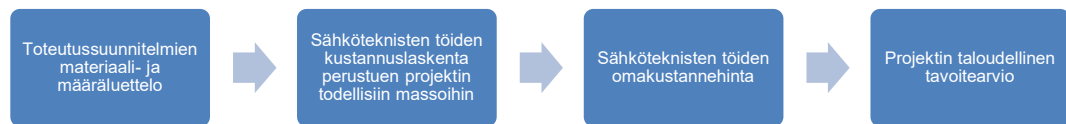
1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutkia rakennuksen sähkötekniisten järjestelmien tietomalliin pohjautuvan kustannuslaskennan ongelmakohtia. Tietomallipohjainen kustannuslaskenta perustuu tietomallintamalla tehtyjen sähkösuunnitelmien materiaali- ja määräluetteloihin. Materiaali- ja määräluettelo on luettelo kaikista materiaaleista ja laitteista ja niiden määrästä, jotka esiintyvät sähkösuunnitelmissa. Tietomallipohjaisella kustannuslaskennalla pyritään vähentämään käsin tehtävää määrälaskentaa kaksiulotteisista tasopiirustuksista ja näin tehostamaan ja tarkentamaan laskentaprosessia.

Tietomallinnettu sähkösuunnitelma on kolmiulotteinen, joten sähkösuunnittelija pystyy piirtämään kaapeloinnit, johtotiet sekä muut metreissä mitattavat tuotteet niiden todellista reittiä pitkin. Nykyiset CAD-suunnitteluohjelmistot mahdollistavat metreissä mitattavien tuotteiden todellisen pituuden laskemisen materiaali- ja määräluetteloon. Kaksiulotteisista tasopiirustuksista voidaan myös tuottaa materiaali- ja määräluettelo, mutta niihin kannattaa sisällyttää vain kappalemääränä laskettavat tuotteet. Suunnitelma on kaksiulotteinen, joten metreissä mitattavien tuotteiden pituutta ei ole mahdollista laskea niiden todellista reittiä pitkin.

Insinööriyön toimeksiantaja on Lehto Tilat Oy. Lehto Tilat Oy on osa Lehto Group konsernia. Lehto Group Oyj on suomalainen rakennus- ja kiinteistöalan konserni ja sen palvelualueita ovat asuntojen, toimitilojen, koulujen ja hoivatiilojen rakentaminen sekä kerrostalojen putkiremontit. Lehto Tilat Oy keskittyy toimitilojen rakentamiseen [1]. Lehto Group listautui Helsingin pörssiin vuonna 2016 [2].

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää Lehto Tilat Oy:n tietomallipohjaisen kustannuslaskennan epäkohdat verrattuna käsin tehtävään määrä- ja kustannuslaskentaan ja pyrkiä tarkentamaan, vakioimaan sekä sujuvoittamaan laskentaprosessia. Kuten kuvassa 1 on esitetty, kustannuslaskenta tehdään toteutusvaiheeseen suunnitelmilla, jolla pyritään selvittämään rakennuksen sähkötekniisten töiden omakustannushinta perustuen todellisiin tuotemääriin jo ennen rakennustöiden aloittamista. Kustannuslaskennan pohjalta tehdään rakennusprojektin sähkötekniisille töille taloudellinen tavoitearvio.



Kuva 1. Kustannuslaskennan periaate prosessikaaviossa.

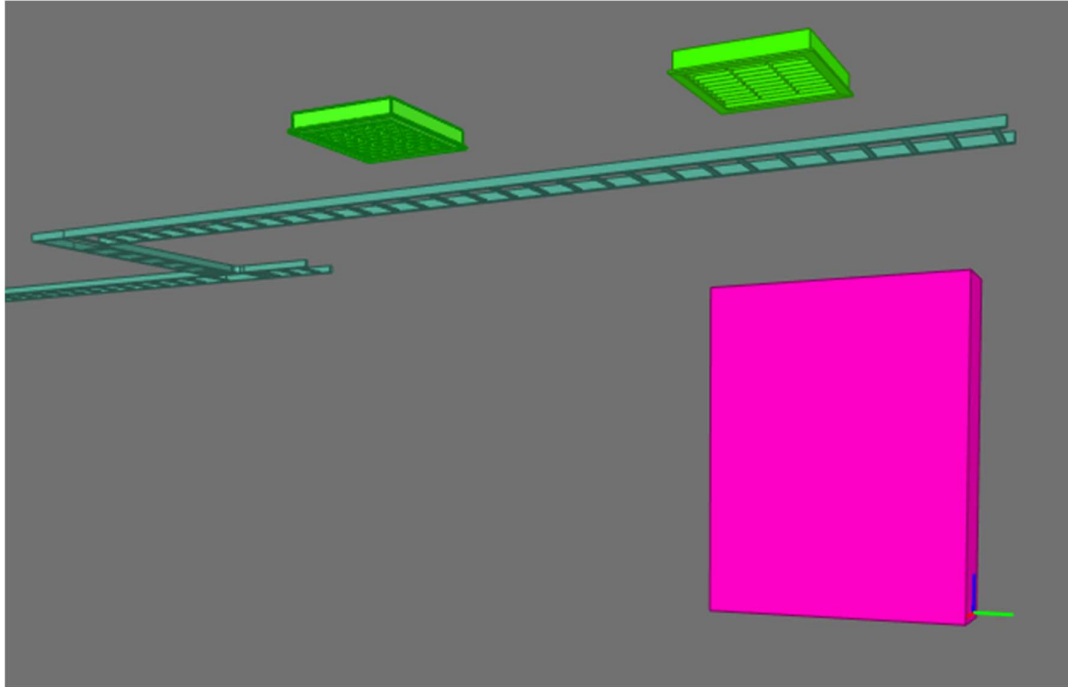
Työ tehtiin perehtymällä sähkötöiden hinnoitteluun ja tutkimalla, miten tietomallipohjaisen määräluettelon massoja voisi käyttää kustannuslaskennassa mahdollisimman tehokkaasti.

2 Tietomallipohjainen suunnittelu

Sähkösuunnittelussa on siirrytty käsin piirtämisestä digitaaliseen tietokoneavusteiseen CAD-suunnitteluun (englanniksi Computer-aided Design) ja siitä edelleen yhä enemmän tietomallintamiseen. Tietomallista käytettiin ennen termejä tuotemalli tai tuotetietomalli, mutta nykyisin yleisesti käytettäväksi termiksi on vakiintunut tietomalli. Rakennuksen tietomalli (englanniksi Building Information Model, BIM) on rakennuksesta luotu kolmeulotteinen virtuaalimalli. Tietomalli sisältää rakennuksen kolmiulotteisen mallin lisäksi yksityiskohtaisia tietoja rakennuksen eri osista ja materiaaleista ja siihen voidaan lisätä tietoa myös rakennuksen koko elinkaaresta kuten suunnittelusta, rakentamisesta ja käytöstä. [3, s. 3.]

Tietomallipohjaisella suunnittelulla pyritään tehostamaan suunnitteluprosessia sekä parantamaan rakentamisen laatua sekä tuottavuutta ja se tuo lisäarvoa kaikille rakennushankkeen osapuolille. Rakennuttajan, tilaajan ja rakennuksen käyttäjien kannalta suunnitelmien kolmiulotteisen visualisoinnin avulla havainnollisuus paranee, joka tukee päätöksentekoa rakennushankkeen aikana. Suunnittelijoiden kannalta suunnitelmien yhteensovitus ja muunneltavuus paranevat. Kaikkien suunnittelualojen tietomallit yhdistetään niin sanotuksi yhdistelmämalliksi, jolloin pystytään selvittämään mahdolliset yhteenlöymäykset sekä muut suunnitteluvirheet jo etukäteen. Rakentajan ja urakoitsijoiden kannalta suunnitelmien havainnollisuus paranee ja tietomallista saadaan tarkat määrä- ja mittatiedot, joiden avulla kustannushallinta tehostuu. [3, s. 9.]

Yleisten tietomallivaatimusten mukaan sähköjärjestelmistä mallinnetaan sähkönjakelu-järjestelmät, kuten muuntajat ja kytkinlaitokset, keskuskeskukset, johtotiet ja valaisimet. [4, s. 28.] Asennuskalusteita, asennuskaapeleita ja -putkituksia ei vaadita mallinnettavaksi. Jos asennuskalusteet, -kaapelit ja -putkitukset halutaan mallinnettavan joko kattavamman tietomallin tai materiaali- ja määräluettelon takia, tulee tästä sopia erikseen suunnittelusopimuksessa. Sähköjärjestelmien tietomalli luodaan käyttämällä arkkitehdin kaksiulotteisia CAD-piirustuksia tai arkkitehdin kolmiulotteista tietomallia. [3, s. 28–29.] Sähköjärjestelmiä voidaan tietomallintaa useilla CAD-suunnitteluohjelmistoilla kuten suomalaisilla MagiCADilla ja CADSillä. Kuvassa 2 näkyy MagiCADilla tietomallinnettu jakokeskus, johtoteitä ja valaisimia.



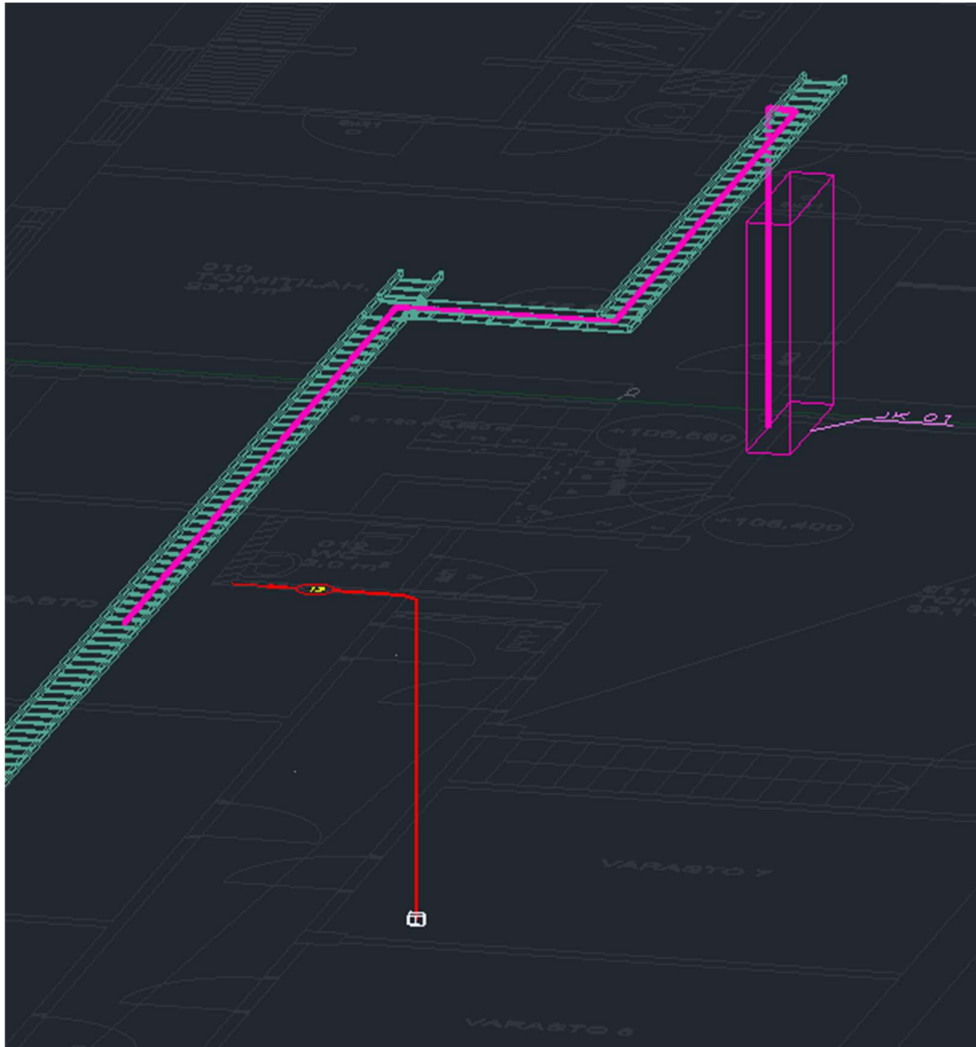
Kuva 2. Tietomallinnettu jakokeskus, johtotiet ja valaisimet.

2.1 MagiCAD-suunnitteluohjelmisto

MagiCAD on alun perin suomalaisen Progman Oy:n kehittämä talotekniikkasuunnitteluohjelmisto. Sittemmin vuonna 2014 Progman Oy yhdistyi kansainvälisen Glodon-konserin kanssa. Yhdistymisen myötä yhtiön nimeksi tuli MagiCAD Group [5]. MagiCAD sisältää lähes 300 kansainvälisen laitevalmistajan tuotteista yli miljoona BIM-objektia, jotta suunnittelu voidaan tehdä alusta alkaen todellisilla tuotteilla. Suunnittelu voidaan tehdä joko kaksiulotteisesti tai kolmiulotteisesti. MagiCAD Create -lisäosalla on mahdollista luoda omia objekteja, jos objektikirjastosta ei löydy sopivaa. [6.]

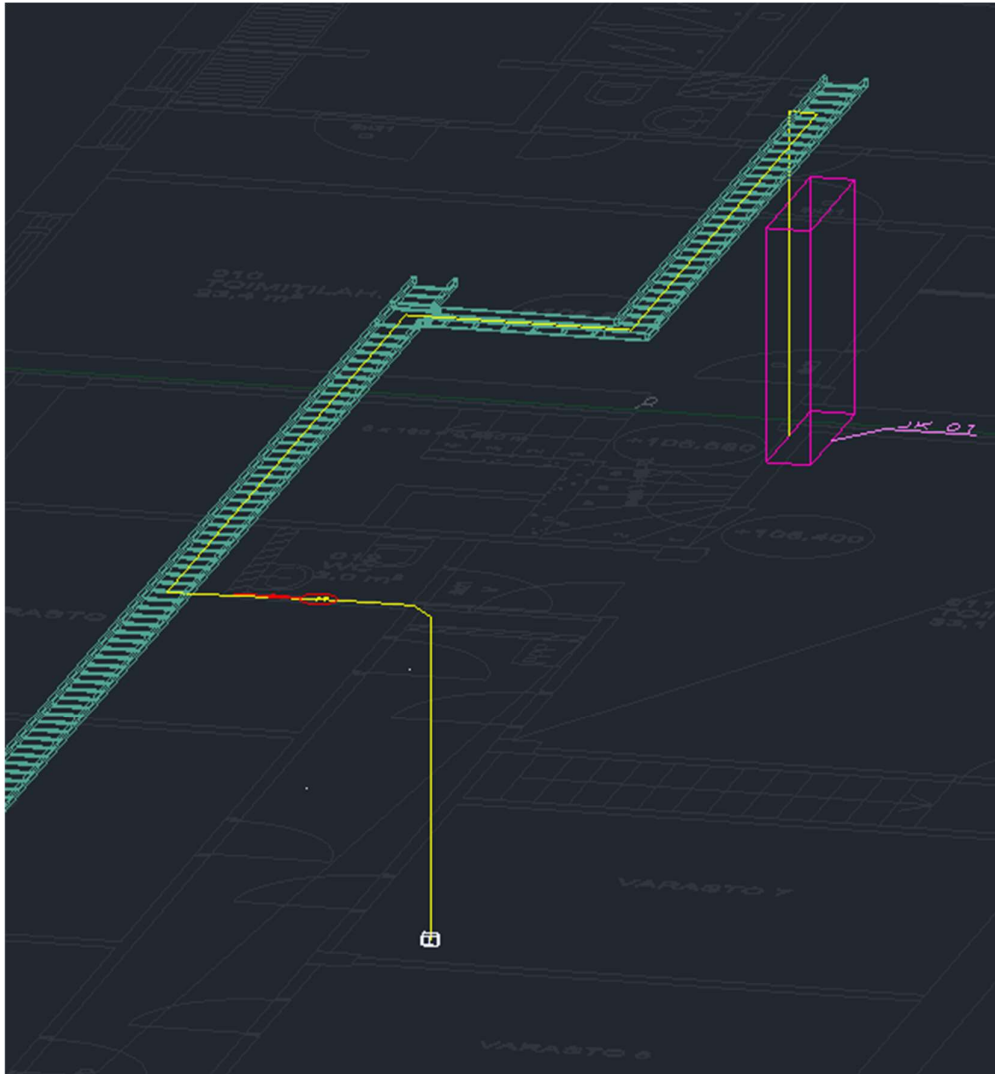
MagiCAD on johtava tietomallintamisen mahdollistava suunnitteluohjelmisto, joka tarjoaa myös kattavat työkalut määrälaskentaan. Sähkösuunnittelussa MagiCAD mahdollistaa kaapeleiden määrälaskennan niiden todellista reittiä pitkin. Kaapelointien suunnittelu todellista reittiä pitkin tehdään Cable Packets- eli kaapelipaketti-toiminnolla. Kaapelipaketti piirretään tasopiirustukseen pääjohtoteille ja jokainen laite liitetään vain napin painalluksella kaapelipakettiin. Näin pystytään määrittämään jokaisen kaapelipakettiin

liitetyn laitteen tarkka pituus laitteelta keskukselle. [7.] Kuvassa 3 kaapelipaketti näkyy violetina viivana lähtien jakokeskuksen alareunasta ylös johtotielle. Ohjelma laskee kaapelin pituuden kojeelta kaapelipaketin liitospisteeseen ja liitospisteestä keskukseseen, johon kaapelipaketti on liitetty. Kaapelipaketteja ei yleensä jätetä näkyviin tasopiirustuksiin tai tietomalliin, vaan ne piilotetaan näkyvistä ennen tiedoston muuntamista PDF- tai IFC-tiedostoksi.



Kuva 3. Kaapelipaketti johtotiellä.

Kuvassa 4 näkyy kaapelipakettiin liitetyn pistorasian ryhmäkaapelin reitti pistorasialta jakokeskuksen alareunaan asti. Ohjelma mittaa keltaisen viivan perusteella kyseisen ryhmäkaapelin pituuden määräluetteloon. Todellisuudessa valmiin asennuksen kaapelin pituus sähkökeskukselta pistorasialle olisi kutakuinkin yhtä pitkä kuin keltaisen viivan pituus, mutta kustannuslaskennassa kaapelin pituuteen on otettava huomioon myös hävikki ja asennusvara kaapelin molempiin päihin.



Kuva 4. Ryhmäkaapelin reitti, jonka perusteella ohjelma laskee pituuden määräluetteloon.

2.2 Määräluettelot tietomallinnuksessa

Materiaali- ja määräluettelot sisältävät kaikki materiaalit ja niiden määrät, jotka sähkösuunnittelija on suunnitelmiin piirtänyt. MagiCADilla materiaali- ja määräluetteloiden sisällön voi räätälöidä tarpeen mukaiseksi. Luetteloiden tulisi sisältää ainakin seuraavat tiedot, jotta niitä voi hyödyntää kustannuslaskennassa:

Pisteet

- tuotetieto
- kappalemäärä
- lisätietona asennustapa ja IP- luokka.

Kaapelointi ja putkitukset

- tuotetieto
- kokonaispituus
- kappalemäärä.

Johtotiet

- tuotetieto
- kokonaispituus
- kappalemäärä
- asennustapa (pystyyn/vaakaan).

Keskukset

- keskuksen nimi
- mitat (leveys*korkeus*syvyys).

Kuvassa 5 näkyy malli ryhmäkaapeleiden materiaali- ja määräluettelosta.

	A	B	C	D
1	Tuote	Pituus (m)	Lukumäärä (kpl)	Piirustus
2	MMJ 3x2,5 S	25,1	3	Testipiirustus.dwg
3	MMJ 5x1,5 S	27	4	Testipiirustus.dwg
4	MMJ 5x2,5 S	10,1	1	Testipiirustus.dwg
5	MMJ 3x1,5 S	64	8	Testipiirustus.dwg

Kuva 5. Ryhmäkaapeleiden materiaali- ja määräluettelo.

3 Sähköasennustöiden hinnoittelu

3.1 Hinnoittelun perusta

Sähköasennustöiden hinnoittelu perustuu Sähkötekniset työnantajat STTA ry:n, Palvelualojen työnantajat PALTA ry:n ja Sähköalojen ammattiliitto ry:n väliseen Sähköistys- ja sähköasennusalan työehtosopimukseen. Urakkahinnoittelua käytetään alle yhden kilovoltin vahva- ja heikkovirta-asennuksien hinnoittelussa sekä suurjänniteasennuksissa tapauskohtaisesti sopien. [8, s. 111–112.]

Urakkahinnoittelun hintojen käyttö edellyttää, että asennusryhmällä on käytettävissään työtehtäviin soveltuva ja riittävä työkaluvarustus. Työkaluvarustus tulee olla mitoitettu siten, että työ voidaan suorittaa ilman työjärjestyksen muuttumista, hankaloitumista tai odottamista. [8, s. 113.]

Urakkahinnoittelu on 11-osainen. Osioissa on määritelty taulukoilla tai lisäselvityksillä, miten asennustyöt hinnoitellaan. Urakkahinnoittelu on jaoteltu seuraaviin osiin:

- johdanto
- määritelmiä
- keskusten asennus
- kojeiden asennus
- keskusten ja kojeiden kytkentä
- putkitus ja siihen liittyvät työt

- johtojen ja johtimien asennus
- upotettavien pinnallisten koje- tai jakorasioiden, pistoliittimien ja haaroitusrasioiden tai vastaavien asennus ja/tai kytkentä sekä yleiskaapelointi
- valaisimien asennus
- johtoteiden asennukset
- hinnoittelun täydennysosa.

3.2 Urakkahinnoittelu

Keskusten asennus

Keskusten asennushinta määräytyy keskuksen etuosan pinta-alan mukaan sekä sen, kiinnitetäänkö keskus kiveen vai puuhun. Asennushintaan sisältyy valmiin keskuksen asentaminen ja kiinnittäminen, keskuksen valmisteleminen kytkentäkuntoon, varokkeiden sekä niiden varusteiden asentaminen ja upotuskehyyksen, nimikointien sekä suoja-kaapin tai ovilaitteen asentaminen. Asennushinta ei sisällä keskuksen kytkentähintoja vaan kytkentähinnat esitetään osassa Keskusten ja kojeiden kytkentä. Heikkovirtajärjestelmien ristikytkentäkaapit hinnoitellaan myös Keskusten asennus -osan mukaan. [8, s. 118–119.]

Kojeiden asennus

Kojeiden asennuksessa hinnoitellaan kaikki muut kojeet, joita ei hinnoitella muissa osissa. Asennushinta määräytyy kojeen painon ja kiinnitystavan mukaan. Asennushinta sisältää kojeen sulakkeiden asennuksen varusteineen, kytkentätilojen kansien avaamisen ja sulkemisen enintään neljän kiinnityskohdan osalta, tiivisteiden ja vedonpoiston asennuksen sekä kojeen merkinnän. [8, s. 119–123.]

Keskusten ja kojeiden kytkentä

Keskusten ja kojeiden kytkentähintaan sisältyy kaapelin pujottaminen yhden tiivisteiden läpi, kaapelin pään avaaminen sekä kaapelin kytkentäkuntoon saattaminen ja sen kytkentä. Kytkentähinta määräytyy johdinpoikkipinta-alan ja johtimien lukumäärään mukaan

sekä sen, onko kyseessä pelkät johtimet, asennuskaapeli vai armeerattu kaapeli. [8, s. 123–126.]

Putkitus ja siihen liittyvät työt

Kaapelin tai johtimen suojaputken asennuksen hinta määräytyy putken ulkohalkaisijan sekä asennustavan mukaan. Asennushintaan sisältyy elementtirakentamaisessa elementtiliitos ja putkitussuunnan merkitseminen, putken katkaiseminen, jatkaminen ja taivuttaminen, tarvittava kiinnittäminen alustaansa, tehdasvalmisteisen kaaren asennus sekä kevyeen väliseinään enintään 30 millimetrin läpiviennin tekeminen ulkohalkaisijaan enintään 28 millimetriä paksulle putkelle. [8, s. 127–129.]

Johtojen ja johtimien asennus

Johtojen ja johtimien asennuksen hinta määräytyy johdinpoikkipinta-alan ja asennustavan mukaan. Asennustapoja ovat uppoasennukset, johtoteille asennukset ja pinta-asennukset. Uppoasennukset on jaettu edelleen kolmeen alaluokkaan: johtimien asennukseen putkeen tai onteloon, kaapelin asennukseen maahan ja kaapelin asennukseen putkeen, onteloon tai kanaaliin. Johtoteille asennukset on jaettu kaapelin kiinnitysvälin mukaan kolmeen alaluokkaan: oikaistuna, kiinnitettynä ja kiinnitettynä määrätäisyydelle johtotielle. Pinta-asennukset on jaettu asennuskohteen materiaalin mukaan kahteen alaluokkaan puuhun ja kiveen/metalliin. [8, s. 129–131.] Taulukossa 1 on määritetty johtojen ja johtimien asennus.

Taulukko 1. Johtojen ja johtimien asennus [8, s. 131].

2710 JOHTOJEN JA JOHTIMIEN ASENNUS		1		2		3		4		5		6		7		8	
Johdinpoikkipinta/ mm ² enintään €/m		Uppoasennukset						Johtoteille asennukset						Pinta-asennukset			
		Johtimien asennus putkeen ja onteloon		Maahan	Putkeen, putketon, onteloon ja kanaaliin		Oikais- tuna	Kiinnitet- tynä	Kiinnitettynä määrätäisyydelle		Puu	Kivi, metalli					
11	2,5 mm ²	0,11	0,28	0,63	0,51*	0,51	1,12	1,12	1,73								
12	6 mm ²	0,16	0,39	0,80	0,61	1,09	1,32	1,37	1,90								
13	16 mm ²	0,24	0,39	0,93	0,67	1,24	1,59	1,67	2,25								
14	35 mm ²	0,35	0,73	1,16	0,97	1,78	2,04	2,13	2,91								
15	70 mm ²	0,43	0,88	1,31	1,21	2,04	2,39	2,71	3,91								
16	120 mm ²	0,61	1,21	1,67	1,67	2,59	3,10	3,75	5,45								
17	185 mm ²		1,52	1,83	2,10	3,36	4,02	4,66	6,46								
18	300 mm ²		1,83	2,13	2,84	4,26	5,24	5,57	7,67								
19	800 mm ²		2,13	2,74	3,86	5,63	7,37	7,71	9,75								

Upotettavien ja pinnallisten koje- tai jakorasioiden, pistoliittimien ja haaroitusrasioiden tai vastaavien asennus ja/tai kytkentä

Tässä osassa esitetään koje- ja jakorasioiden, pistoliittimien, haaroitusrasioiden sekä yleiskaapelointijärjestelmän asennuksen ja kytkennän hinnoittelu. Kojerasiat ja rasiakojeet, kuten esimerkiksi pistorasiat ja kytkimet hinnoitellaan pelkän asennustavan perusteella johdinpoikkipinnan ollessa maksimissaan 2,5 neliömillimetriä. Hintaan sisältyy kojerasian asennus tarvikkeineen, rasiakojeen kiinnitys ja enintään kuuden johtimen kytkentä, nimiketarran valmistus ja asennus sekä kaapelin vedonpoiston toteuttaminen nipusiteellä. Jakorasioiden hinta määritetään asennustavan ja johdon poikkipinta-alan perusteella. Jakorasian asennuksen hintaan sisältyy rasian asennus tarvikkeineen sekä enintään 25 johdinpäähän kytkentä. Ylimenevät johdinpäät hinnoitellaan erikseen. Yleiskaapelointipisteiden hinnoittelu jaetaan rasioiden lukumäärän mukaan neljään eri luokkaan. Luokat on jaettu seuraavasti: ensimmäiset 100 rasiaa, 101–300 rasiaa, 301–500 rasiaa ja yli 500 rasiaa. Hintaan vaikuttaa myös se, onko piste suojaamaton (U/UTP) vai suojattu (F/UTP, U/FTP, SF/UTP ja S/FTP). Yleiskaapelointipisteen hintaan sisältyy kojerasian sekä tarvittavien tarvikkeiden asennus, ristikytkentäkaapin ja rasian välisen kaapelin asennus, ristikytkentäkaapin pään kytkentä sekä valmiiden nimiketarrojen asennuksen. Hinnat ovat samat yksi- ja kaksiosaisille rasioille. [8, s. 132–137.]

Valaisimien asennus

Valaisimien asennuksen hinta määräytyy valaisimen painon sekä asennustavan mukaan. Valaisimen asennuksen hintaan sisältyy valaisimen paikalleen asennus, ryhmäjohdon kytkentä valaisimeen, lampun tai loisteputken asennus, valaisimen kiinnitys sekä sen purkaminen ja kokoaminen. Ketjutettavan valaisimen ryhmäjohdon jatkaminen hinnoitellaan erikseen. Valaisimien asennus -osassa hinnoitellaan myös valaisinpylväiden asennus. [8, s. 137–140.]

Johtoteiden asennukset

Johtotiet hinnoitellaan kokonaispituuden ja johtotietyyppin mukaan. Hinnoittelussa käytettäviä johtotietyyppejä ovat johtohylly, valaisinripustuskisko, johtokanava ja raskas johtohylly (paino yli 4 kg/m). Pituuden mukaan hinnoittelu jaetaan kolmeen osaan: ensimmäiset 1–200 metriä, 201–800 metriä ja 801–1500 metriä. [8, s. 140–141.]

Hinnoittelun täydennysosat

Hinnoittelun täydennysosassa hinnoitellaan aiemmissa osissa esiintyvien asennusten lisä-, korjaus- muutos- ja täydennystyöt. Lisä-, korjaus-, muutos- ja täydennystöitä ovat muun muassa keskuskomponenttien säätö, kaapelin vedonpoiston asennus ja kaapeleiden, johtimien, kojeiden ja keskusten merkitseminen tunnuksilla. Täydennysosassa hinnoitellaan myös heikkovirtakaapeleiden asennus niiden ulkohalkaisijan perusteella. [8, s. 141–146.]

4 Kustannusten määrittely

Kustannusten määrittely aloitetaan määrälaskennalla. Määrälaskennassa kerätään yhteen laskentakohteen tarvittavat materiaali- ja työmäärät. Materiaali- ja työmäärät kerätään joko perinteisesti laskemalla käsin tai hyödyntämällä materiaali- ja määrälueteloita.

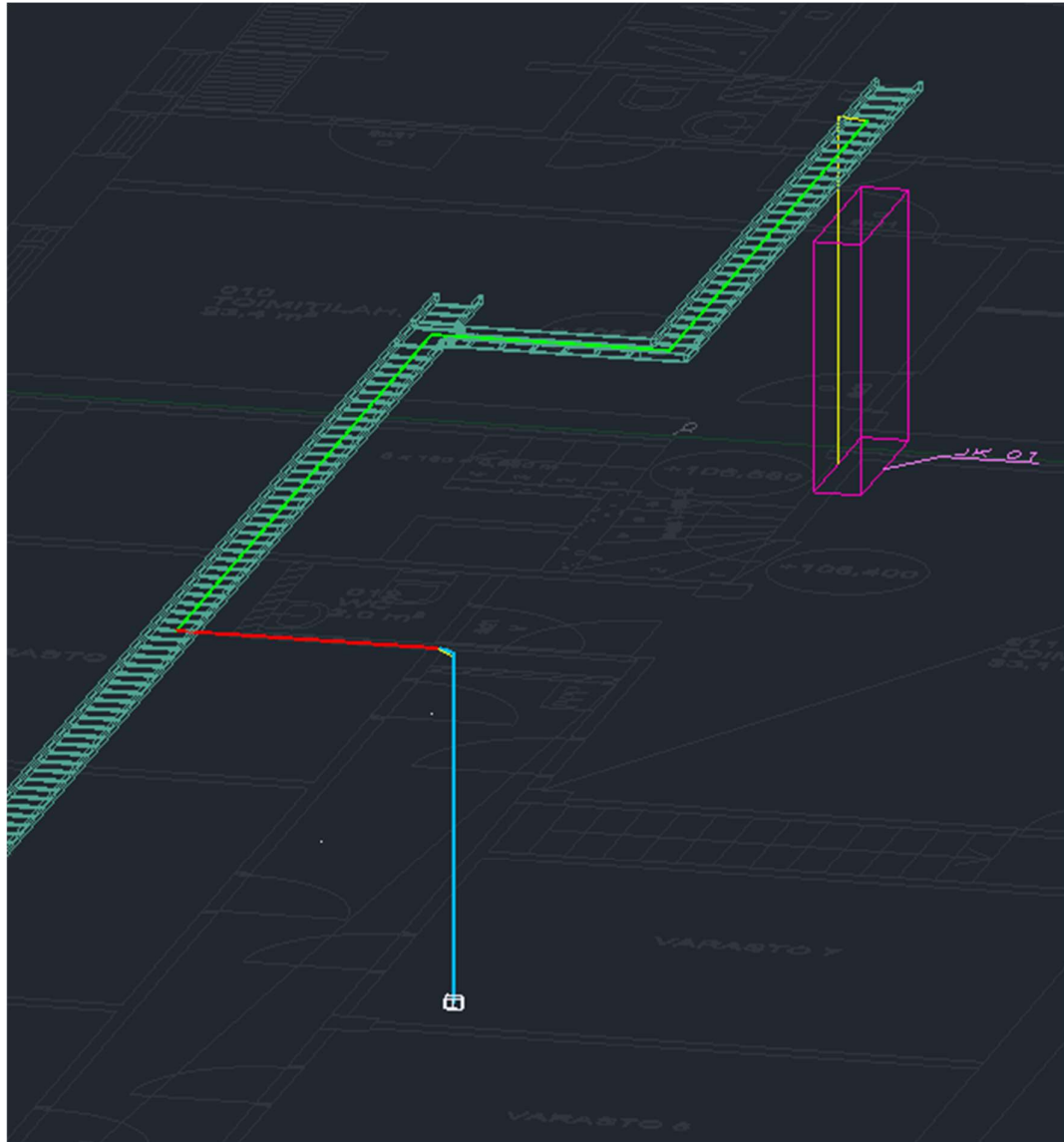
4.1 Määrälaskenta perinteisesti

Määrälaskenta tehdään perinteisesti mittaamalla kaapeleiden ja johtoteiden pituudet ja laskemalla sähköpisteiden määrät paperisista tasopiirustuksista. Nykyisin käytetään myös laskentaohjelmistoja, joilla määrät voi laskea PDF-tiedostoista. Kaapelimäärien mittaaminen paperisista tasopiirustuksista tai PDF-tiedostosta on työläs osa laskentavaihetta, ja laskentatarkkuus voi kärsiä kovassa kiireessä. Virheet määrälaskennassa voivat aiheuttaa kertautuvia vahinkoja, joiden paikkaaminen myöhemmin on hankalaa. Huolellisella käsin tehtävällä määrälaskennalla voidaan kuitenkin päästä jopa parin prosentin laskentatarkkuuteen, mutta se vaatii paljon työtä ja aikaa. [9, s. 23.]

4.2 Määrälaskenta määräluettelon mukaan

Hyödyntämällä materiaali- ja määräluetteloita määrä- ja kustannuslaskennassa säästyy aikaa ja laskijan työmäärä vähenee. Materiaali- ja määräluettelo sisältää täsmälleen sen määrän tarvikkeita kuin sen, mitä sähkösuunnitelmissa näkyy. Näin ollen määrälaskennan inhimillisten laskentavirheiden määrä pienenee.

Määräluetteloita käyttämällä määrälaskennassa on kuitenkin huomioitava, että määräluettelot eivät sisällä asennusvaroja eikä materiaalihävikkiä, vaan ne on laskettava erikseen ennen määrien syöttämistä laskentaohjelmistoon. Määräluetteloiden kaapeleista on myös eroteltava eri asennustavat. Eri asennustavoilla voi olla huomattava kustannusvaikutus suuremmissa projekteissa. Kuvassa 6 on esitetty esimerkkitapauksen pistorsian ryhmäkaapelin neljä erilaista asennustapaa. Sininen osa kaapelista on asennettu putkeen, punainen osa on kiinnitettynä kiveen, vihreä osa on kiinnitettynä johtotielle ja keltainen osa on oikaistuna.



Kuva 6. Kuvan asennuksessa kaapelin eri asennustavat on eroteltuna eri värein.

4.3 Tarjouslaskentaohjelmistot

Kustannukset määritellään syöttämällä määrälaskennassa kerätyt tarvike- ja työmäärät positiioittain tarjouslaskentaohjelmistoon. Tarjouslaskentaohjelmistot helpottavat laskentaa ja vähentävät laskenta- ja käsittelyvirheitä. Tarjouslaskentaohjelmistojen tietokannat sisältävät Sähköistys- ja sähköasennusalan urakkahinnoittelun mukaiset työnimikkeet

hintoineen jokaiselle urakkahinnoittelussa mainitulle työsuoritteelle sekä tukkureiden tuoterekisterit materiaaleille ja tarvikkeille. Ohjelmistot sisältävät myös valmiita tuoterakenteita, jotka helpottavat laskentaa. Tuoterakenteet sisältävät tietyn työn suorittamiseen tarvittavat materiaalit, tarvikkeet sekä työnimikkeet. [9, s. 23–24.] Tarjouslaskentaohjelmistoja on useita, mutta tässä työssä keskitytään Oy Mercus Software Ltd:n Broker Estimate -tarjouslaskentaohjelmistoon.

5 Broker Estimate -tarjouslaskentaohjelmisto

Broker Estimate -tarjouslaskentaohjelmisto on yksi osa Broker Site Manageria. Broker Site Manager on Oy Mercus Software Ltd:n kehittämä projektinhallintajärjestelmä. Broker Site Manager tarjoaa tarjouslaskennan lisäksi työkaluja muun muassa projektin hallintaan ja työnohjaukseen. [10.] Lehto Tilat Oy ei käytä Broker Estimatea varsinaiseen tarjouslaskentaan vaan projektin kustannusten selvittämiseen.

5.1 Tarjouksen luominen ja positiot

Laskenta Brokerilla aloitetaan määrittämällä asiakas, jolle tarjous luodaan. Lehdon tapauksessa tarjoukset jäävät vain yrityksen sisäiseen käyttöön, joten asiakkaan määrittäminen ei ole välttämätöntä ja asiakkaan paikalla voidaan käyttää Lehto Group Oyj:tä. Asiakkaan alle avataan tarjous ja tarjoukselle määritetään positiot. Positioiden enimmäismäärää ei ole rajattu ja positioiden määrä voi vaihdella projektikohtaisesti. Kuvassa 7 näkyy harjoitustarjouksen alle luodut esimerkkipositiot. Selkeä yhtenäinen positiointi helpottaa laskelman tarkastusta ja laskelmien vertailua.

Tony Lindgren									
Lehto Group Oyj									
000041 Laskennassa Harjoitus		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. Nousukaapelointi	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2. Ryhmäkaapelointi	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Heikkovirtakaapelointi	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4. Aluekaapelointi	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5. Keskusasennukset	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6. Valaisimet	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7. Johtotiet	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8. Maadoitukset	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9. Sähköpisteet	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10. Savunpoistojärjestelmä	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11. Rakennusautomaatiojärjestelmä	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12. Yleiskaapelointijärjestelmä	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13. Paloilmoitinjärjestelmä	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Kuva 7. Esimerkki tarjouksen rakenteesta.

Tarjouksen nimen perässä olevat luvut vasemmalta oikealle ovat työtuntien yksikkökesto, materiaalin nettokustannus yhteensä, työn nettokustannus yhteensä, alihankintakustannus yhteensä, muiden kulujen kustannus yhteensä ja edellä mainitut kustannukset yhteensä. Positioiden nimien perässä ovat muuten samat luvut, mutta ensimmäinen luku on position kerroin.

5.2 Tuoterakenteet ja nimikkeet

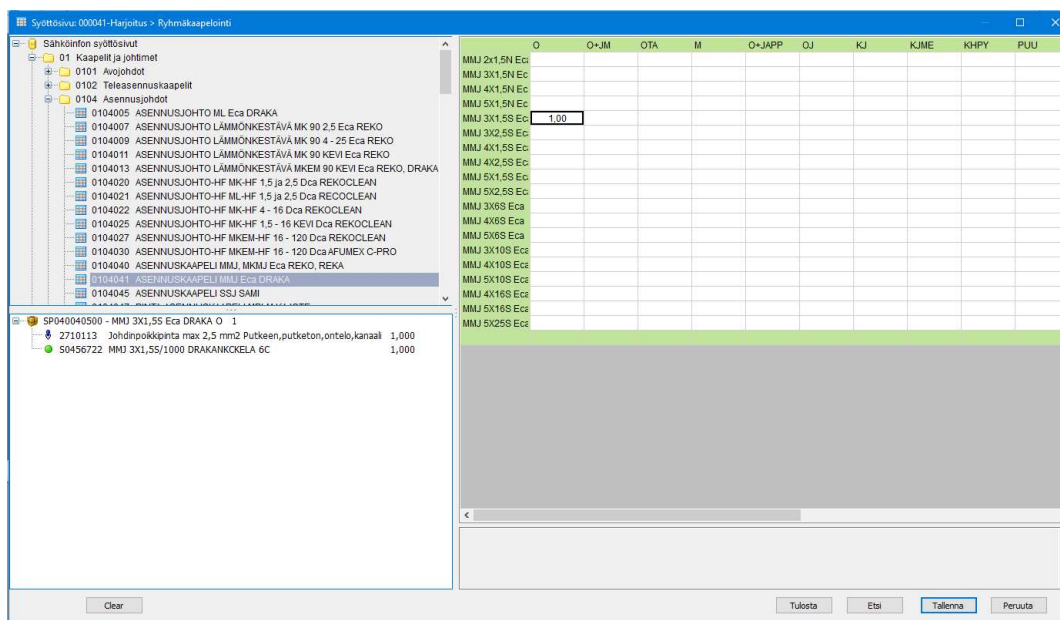
Laskenta Brokerilla perustuu tuoterakenteisiin sekä työ- ja materiaalinimikkeisiin. Tuoterakenteet ovat Brokerin tietokannassa olevia valmiita tuotepaketteja, jotka sisältävät tiettyssä työsuoritteessa tarvittavat materiaalit ja työt. Materiaalinimikkeet ja niiden hinnat tulevat tukkureiden hinnastoista. Materiaalitoimittajat on mahdollista valita joko halvimman hinnan tai tietyn toimittajan mukaan. Työnimikkeet ja niiden hinnat tulevat Sähköis-työ- ja sähköasennusalan työehtosopimuksen urakkahinnoittelusta. Tuoterakenteet ovat merkitty Brokerissa ruskeana ”lahjapakettina”, työnimikkeet sinisellä lapiolla ja materiaalinimikkeet vihreällä pallolla. Kuvassa 8 näkyy tuoterakenteita positioiden alla. Tuoterakenteet on avattu ja niiden alla näkyvät rakenteen sisältämät materiaalit ja työnimikkeet. Esimerkiksi Ryhmäkaapelointi-position alla näkyvä yksi kappale MMJ 3x1,5S/1000 Eca DRAKA O -tuotepakettia sisältää yhden metrin Drakan valmistamaa MMJ 3x1,5S Eca -kaapelia sekä sen asennuksen putkeen, onteloon tai kanaaliin.

Tony Lindgren												
Lehto Group Oyj												
000041 Laskennassa Harjoitus												
1.	Nousukaapelointi	1,00										
	SP060124200	AMCMK 4x25/16 Eca PRYSMIAN O	1,00									
	2710143	Johdinpoikkipinta max 35 mm2 Putkeen,putketon,ontelo,kanaali	1,00									
	S0621855	AMCMK 4X25+16/1000 PRYSMIAN	1,00	M								
2.	Ryhmäkaapelointi	1,00										
	SP040040200	MMJ 3X1,5N Eca DRAKA O	1,00									
	2710113	Johdinpoikkipinta max 2,5 mm2 Putkeen,putketon,ontelo,kanaali	1,00									
	S0456422	MMJ 3X1,5N/1000 DRAKANKCKELA 8E	1,00	M								
3.	Heikkovirtakaapelointi	1,00										
	SP028060600	KLMA-HF Dca 4x0,8+0,8 AFUMEX O	1,00									
	2710113	Johdinpoikkipinta max 2,5 mm2 Putkeen,putketon,ontelo,kanaali	1,00									
	S0241227	MERKINANTOKAAPELI-HF AFUMEX KLMA-HF DCA 4X0.8+0.8 PKS500	1,00	M								
4.	Aluekaapelointi	1,00										
	SP060254205	MCMK 4X2,5/2,5 Eca DRAKA M+SK	1,00									
	2710112	Johdinpoikkipinta max 2,5 mm2 Maahan	1,00									
	3121151	Muov. suojakourun asentaminen Asennus	1,00									
	S0602143	MCMK 4X2,5+2,5/1000 DRAKANKKELA K7	1,00	M								
	S5261209	XYS 1090 KELT.PVC SUOJAKOU.PIT.3M,MAX KAAPELIHALK.75MM	1,00	M								
5.	Keskusasennukset	1,00										
	SP40210210	KESKUKSEN ASENNUS 1,0 m2 PUU	1,00									
	2310111	Keskus Puu	1,00									
	S1347356	Yleisruuvi. kk 5x60 PZZ. 100KPL/PAK5x60 PZZ. 100KPL/PAK	4,00	KPL								
6.	Valaisimet	1,00										
	SP40010220	VALAISIN ASENNUS MAX 3KG EI KIIN	1,00									
	2910113	Paino enintään 3 kg, max sivu 175 cm Kiinnittämättä	1,00									
	S4209517	MODULIVALAISIN AIRAM PLATA 30W/830 VA	1,00	KPL								
7.	Johtotiet	1,00										
	SP14735360	TIKASHYLLY KS20-300 L=6000 PG MEKA S<200	1,00									
	SP8814600030	1xMEKA KS20 SEINÄ (S) MEKA	1,00									
	S1356622	KIILA-ANKKURI S-KA 10/10X9200132,SÄHKÖSINKITTY,KIERRE M10,PITU	2,00	KPL								
	S1449486	KK/KS20 KIINNIKEEI KÄY MK KESKIKANNAKKEELLE	1,00	KPL								
	S1449592	VK-300 2KN SEINÄKANNATINTIKASHYLLYT	1,00	KPL								
	3010111	Johtohyllyn asennus 1-200 m	1,00									
	S1449482	SSR/KS20 LIITOSKAPPALE	0,33	KPL								
	S1449503	KS20-300 KAAPELIHYLLY 6M/1TIKASHYLLYT PITUUS 6000MM	1,00	M								
8.	Maadoitukset	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9.	Sähköpisteet	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10.	Savunpoistojärjestelmä	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11.	Rakennusautomaatiojärjestelmä	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12.	Yleiskaapelointijärjestelmä	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13.	Paloilmoitinjärjestelmä	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Kuva 8. Tuoterakenteet näkyvät positoiden alla.

5.3 Massojen lisääminen

Määrälaskennassa lasketut massat voidaan syöttää Brokeriin joko käsin tai kopioida Excel-tiedostosta. Käsin syöttämällä tuoterakenteet ja nimikkeet voidaan hakea Brokerin tietokannasta tai käyttää syöttösivua. Ennen syöttösivulle menoa valitaan positio, jonka massat halutaan syöttää. Syöttösivu aukeaa uuteen ikkunaan ja näyttää kuvan 9 mukaiselta. Syöttösivun vasemmasta yläkulmasta voidaan etsiä tuotteet tyypeittäin ja valmistajittain. Oikeaan reunaan aukeaa vihreävalkoinen taulukko, jossa näkyy saman valmistajan tuotteet ja eri asennustavat tuotteille. Massat syötetään lisäämällä tuotteen määrä soluun oikean tuotteen ja asennustavan kohdalta. Oikeassa alakulmassa näkyy valitun solun sisältämä tuoterakenne ja tuoterakenteen sisältö. Syöttösivulla voidaan syöttää kaikki position massat kerralla ja lopuksi "Tallenna"-painiketta painamalla ohjelma hakee kaikki valitut tuoterakenteet, työ- ja materiaalinimikkeet syötettyine määrineen ja lisää ne valitun position alle.



Kuva 9. Kuva syöttösivusta.

Massojen syöttäminen käsin tai syöttösivun kautta on työläs ja aikaa vievä työvaihe, joten ratkaisuksi Mercus Software on kehittänyt Brokeriin mahdollisuuden tuoda massat

Excel-tiedostosta. Excel-tiedosto voi olla valmis suunnittelijan tekemä materiaali- ja määräluetelo sähkösuunnitelmista tai käsin tehdyn määrälaskennan tuloksena kirjattu luetelo materiaaleista ja niiden määristä. Excel-tiedoston on sisällettävä vähintään Tuote- ja Määrä-sarakkeet. Tuote-sarake kertoo, mikä tuote on kyseessä, ja Määrä-sarake kertoo, paljonko kyseistä tuotetta on. Ensimmäisellä kerralla luettelossa oleville tuotteille on haettava Brokerin tietokannasta tuoterakenne, tuote- tai työnimike. Seuraavalla kerralla Broker yhdistää automaattisesti tutun tuotteen valittuun tuoterakenteeseen tai nimikkeeseen. Edellä mainitusta syystä Excelistä kopioidessa on hyvä käyttää tuotteilla täsmälleen samaa nimikettä, jotta Broker oppii tunnistamaan tuotteet automaattisesti.

5.4 Loppusivu

Kun kaikki massat on syötetty, määritetään loppusivulla projektin lopullinen kustannus. Loppusivulle syötetään sellaiset projektin ja yrityksen kulut, jotka eivät suoraan näy työ- ja materiaalikustannuksina. Tällaisia kustannuksia ovat sosiaalikulut, Sähköis-työ- ja sähköasennusalan työehtosopimuksen määrittelemät asentajille maksettavat lisät ja korvaukset, työnjohto-, teline- ja kopiokustannukset sekä yrityksen yleiskustannusprosentti. Kuvassa 10 näkyy tyhjän tarjouksen loppusivunäkymä.

Laskennasta:			Vakiot:			Tunnusluvut:		
Lasketut tarvikkeet netto	0,0	eur	Sotu	0,0	%	Materiaalikerron	1,0	
Lasketut tarvikkeet brutto	0,0	eur	Kärkimieslisä	0,00	eur/h	Työhintakerron	1,0	
Laskettu työ netto	0,0	eur	TES-kerron	1,00		Alihankintakerron	1,0	
Laskettu työ brutto	0,0	eur	Km-korvaus	0,42	eur/km	Muut kulut kerron	1,0	
Laskettu alihankinta netto	0,0	eur	Ateriakorvaus	10,50	eur/pv	Työkalut kerron	1,0	
Laskettu alihankinta brutto	0,0	eur	Työtunteja päivässä	8,0	h			
Työtunnit yhteensä	0,0	h	Työpäiviä viikossa	5,0	kpl/vko	Tuntihintakate	0,0	eur/h
Alihankintatunnit yhteensä	0,0	h	Matkatunnin hinta	18,0	eur/h			
Muut kustannukset	0,0	eur						
Työkalut	0,0	eur	Materiaalihinnan nousu	0,0	%			
Tavoitekate materiaalit	0,0	%	Työhinnan nousu	0,0	%			
Tavoitekate työt	0,0	%						
Tavoitekate alihankinta	0,0	%						
Tavoitekate muut kustannukset	0,0	%						
Tavoitekate työkalut	0,0	%						
Työmaa:			Työaika:			Sivukulut:		
Etäisyys yhteen suuntaan	0,0	km	Asentaja	0,0	hlö	Työnjohto	0,0	eur
Meno - Paluu	0,0	krt/vko	Työviikkoja	0,0	vko	Kopioikustannukset	0,0	eur
Matka-aika	0,0	h/suunta	Työpäiviä	0,0	pv	Teinekustannukset	0,0	eur
Majoitus	0,0	€/vrk	Monella autolla ajetaan?	0,0	autoa			
						Yleiskustannus %	0,0	%
Tarvikkeet	0,0	eur				Yleiskustannus osuus	0	eur
Kustannuslaskenta:			Tavoitehinnoittelu:			Hinnan simulointi:		
Päivärahat	0,0	eur	Kokonaistavoitekate	0,0	eur	Tarjottu hinta alv0%	0,0	eur
Km-korvaukset	0,0	eur	Kate edellisellä	0,0	%	Kate edellisellä	0,0	%
Kärkimieslisät	0,0	eur	Tavoitetarjoushinta	0,0	eur	Kate edellisellä	0,0	eur
Matka-aika	0,0	eur						
Majoitus	0,0	eur						
Muut kustannukset	0,0	eur						
Lasketut materiaalit	0,0	eur						
Lasketut työt ja lisät	0,0	eur						
Sotut	0,0	eur				Materiaalibrutto	0,0	eur
Lasketut alihankinnat	0,0	eur				Työn brutto	0,0	eur
Työkalut	0,0	eur				Alihankintabrutto	0,0	eur
Omakustannushinta yhteensä	0,0	eur						

Kuva 10. Broker Estimate -tarjouksen loppusivu.

Sosiaalikulutusprosentti Sähkö- ja teleurakoitsijaliiton mukaan on vuonna 2019 77,11 %. Sosiaalikulutukset koostuvat sosiaalipalkoista ja -maksuista. Sosiaalipalkkoihin luokituvat arkipyhäkorvaukset, sairausajan palkat ja vuosilomapalkat. Sosiaalimaksuja ovat sosiaaliturva- ja eläkemaksut sekä vakuutukset. [11, s. 21–22.] Sähköistys- ja sähköasennusalan työehtosopimuksessa on määritetty sähköasentajille maksettavaksi ateriakorvaus, matkakorvaukset sekä urakkaryhmän kärkimiehelle kärkimieskorvaus urakkaryhmän koon mukaan [8]. Broker laskee asentajille maksettavat korvaukset ja lisät päivittäin jokaista asentajaa kohden projektin keston mukaan. Yrityksen yleiskustannusprosentti riippuu yrityksen kulurakenteesta. Yleiskustannusprosentti kattaa sellaiset kulut, joita ei voi kohdistaa yksittäiselle työkohteelle. Sellaisia kuluja ovat muun muassa johdon ja konttoritoimihenkilöiden palkat, toimitilojen vuokrat ja ylläpitokulut, kirjanpito ja muut toimistokulut. [11, s. 23.]

Lehto Tilat Oy ei tee itse sähköurakointia ja laskennalla pyritään selvittämään rakennusprojektin sähkötekniisten töiden kustannukset, joten edellä mainitut loppusivulle syötettävät kulut ovat arvioitava sähköurakoitsijan näkökulmasta. Loppusivun täytön jälkeen Broker laskee projektille tavoitetarjoushinnan. Tavoitetarjoushinta on sähköurakoitsijan katteeton omakustannehinta. Lopullinen kustannus projektille saadaan lisäämällä tavoitetarjoushintaan arvioitu sähköurakoitsijan käyttämä kateprosentti.

6 Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan kehitys

Kustannuslaskentaa pyrittiin kehittämään tietomallipohjaisten määräluetteloiden avulla nopeammaksi ja tarkemmaksi. Määräluetteloiden avulla pyritään vähentämään käsin tehtävä määrälaskenta minimiin. Huolella tehdyn sähkösuunnitelman määräluettelo sisältää lähes kaikki rakennusprojektissa tarvittavat sähköasennusten materiaalit ja tarvikkeet. Määräluettelot eivät sisällä kuitenkaan materiaalihävikkiä tai asennusvaroja, joten ne on otettava kustannuslaskennassa huomioon. Ennen kustannuslaskennan aloittamista on selvítettävä määräluettelon kaikki puutteet, jotta ne voidaan huomioida kustannuslaskennassa.

6.1 Kustannuslaskennan ongelmat

Tietomallipohjaisen kustannuslaskennan käyttöönoton jälkeen kustannuslaskelmat eivät ole olleet kovin kattavia. Laskelmat ovat toistuvasti liian matalia verrattuna sähköurakoitsijoiden urakkatarjouksiin. Materiaali- ja määräluetteloiden on todettu olevan liian puutteellisia käytettäväksi sellaisenaan, koska asennustapoja ei ole eroteltu ja luettelot eivät sisällä asennusvaroja tai materiaalihävikkiä. Sähköurakoitsijoiden määrälaskentaa, sähkösuunnittelijalta saatua määräluetteloja ja kolmannen osapuolen käsin tehtyä määrälaskentaa vertailemalla löydettiin huomattavat eroavaisuudet nousu-, ryhmä- ja heikkovirta-kaapelointien ja putkituksien määrissä. Seuraavissa luvuissa on raportoitu toimenpiteitä, joilla tietomallipohjaista kustannuslaskentaa pyrittiin tehostamaan.

6.2 Uusi MEP-tiedosto

MEP-tiedosto eli MagiCADin projektitiedosto sisältää kaikki projektissa käytettävät tiedot ja asetukset kuten piirrosmerkit, tuotenimikkeet, tekstityylit, viivatyypit sekä materiaali- ja määräluettelopohjat. Vanha MEP-tiedosto sisälsi useiden eri valmistajien tuotteita, mikä teki tiedostosta suunnittelijan kannalta raskaan käyttää ja materiaali- ja määräluetteloista vaikealukuisia.

Siistimällä MEP-tiedoston tuotenimikkeet ja piirrosmerkit tehostettiin sekä suunnittelua että kustannuslaskentaa. MEP-tiedostoa varten luotiin Excel-tiedosto, johon kirjattiin jokaiselle tuotteelle yksinkertainen, helposti ymmärrettävä nimike. Suunnittelija loi Excel-tiedoston pohjalta uuden MEP-tiedoston, jonka suunnittelutoimisto otti käyttöön uusissa Lehdon projekteissa. Eri valmistajien tuotteille ei ole enää omaa nimikettä, vaan uusi MEP-tiedosto sisältää vain yhden nimikkeen jokaista tuotetta kohden.

Suunnittelijan kannalta yksinkertaisempi MEP-tiedosto nopeuttaa suunnittelua, koska tuotteita ei ole enää eritelty valmistajittain. Kustannuslaskennan kannalta yksinkertaisempi MEP-tiedosto näkyy määräluetteloissa. Määräluettelot sisältävät samat nimikkeet projektista toiseen, jolloin ne pysyvät yksinkertaisina ja selkeinä ja nopeuttavat laskentaprosessia. Broker Estimate -laskentaohjelma muistaa käytetyt nimikkeet ja kopiaimalla määräluettelon Excel-tiedostosta leikepöydälle Broker hakee automaattisesti aiemmin käytetyt tuoterakenteet tutuille nimikkeille.

6.3 Tuoterakenteet

Broker Estimaten tietokantaan luotiin Lehdon käyttöön omia tuoterakenteita. Tuoterakenteet luotiin sellaisille materiaali- ja määräluettelon nimikkeille, joille ei löytynyt tietokannasta valmista tuoterakennetta. Uusia Lehdon omia tuoterakenteita luotiin sähköjärjestelmien maadoitukseen liittyviin töihin, palonkestävien johtotiejärjestelmien asennuksiin, LVI-laitteiden sähköistykseen sekä savunpoistojärjestelmiin liittyviin töihin.

6.4 Materiaali- ja määräluettelot

MagiCADistä tuotettavat materiaali- ja määräluettelot muokattiin palvelemaan kustannuslaskentaa mahdollisimman hyvin. Materiaali- ja määräluettelot sisältävät vain sellaisia tietoja, joita voidaan hyödyntää kustannuslaskennassa. Luetteloista tehtiin myös mahdollisimman yksinkertaisia ja luetteloiden rakenne vakioitiin pysymään projektista toiseen samanlaisena.

6.5 Excel-laskurit sujuvoittamaan kustannuslaskentaa

Materiaali- ja määräluetteloiden muokkaamista ja suodattamista varten luotiin laskennan avuksi Excel-laskureita. Laskureiden avulla voidaan helposti ja nopeasti määrittää tuotteille erilaisia asennustapoja, asennusvaroja tai hävikkiä, joilla kaikilla on huomattava vaikutus kokonaiskustannuksiin.

6.6 Ohjeistus kustannuslaskentaan positiointiin

Yritykselle luotiin omaan käyttöön ohjeistus sähkötekniisten töiden tietomallipohjaista kustannuslaskentaa varten. Ohjeistuksen avulla muu laskentaa tekevä henkilöstö pystyy ottamaan tietomallipohjaisen kustannuslaskennan ongelmat huomioon sekä ottamaan laskennan avuksi luodut Excel-laskurit käyttöön. Ohjeistus sisältää ohjeistuksen kustannuslaskentaan seuraavin positiointiin:

- keskusasennukset
- nousukaapelointi
- ryhmäkaapelointi
- rakennusautomaatiojärjestelmä
- sähköpisteet
- yleiskaapelointi
- muut heikkovirtajärjestelmät
- valaisimet
- johtotiet
- putkitukset.

7 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutkia ja selvittää rakennuksen sähkötekniisten töiden tietomallipohjaisen kustannuslaskennan ongelmakohtia. Tavoitteena oli tehostaa Lehto Tilat Oy:n kustannuslaskentaa toteutus suunnitteluvaiheessa taloudellisen tavoitearvion tekemistä varten. Kustannuslaskenta pyritään perustamaan projektin todellisiin massoihin, jolloin ideaalitulanteessa kustannuslaskelma on lähellä toteutuvia kustannuksia.

Työn aikana havaittiin, että tietomallin materiaali- ja määräluetteloiden käyttö kustannuslaskennassa ei ole aivan yksiselitteistä. Vaikka tietomalli olisi tehty hyvin ja materiaali- ja määräluettelo sisältäisi kaikki projektin massat, ei materiaali- ja määräluetteloita voi käyttää sellaisenaan kustannuslaskennassa. Luetteloihin ei sisälly esimerkiksi kaapelointien asennusvaroja, jotka on pakko laskea kustannuksiksi. Luetteloihin ei myöskään sisälly erilaisia asennustapoja tai materiaalihävikkiä, jotka voivat vaikuttaa huomattavasti kustannuksiin suuremmissa projekteissa.

Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa on kuitenkin potentiaalia, ja materiaali- ja määräluetteloiden avulla kustannuslaskenta on huomattavasti nopeampaa kuin käsin tehty määrälaskenta. Materiaali- ja määräluetteloiden eri tietoja hyödyntämällä saadaan paljon kustannuslaskennassa hyödynnettävää informaatiota, joka nopeuttaa laskentaa huomattavasti.

Tietomallipohjainen kustannuslaskenta ei ole vielä täysin virheetöntä, mutta laskentaa varten tehty ohjeistus ja Excel-työkalut sujuvoittavat laskentaa huomattavasti ja niiden avulla saavutetaan tarkempia tuloksia. Insinööriyön tuloksia on jo kokeiltu ja niitä aiotaan hyödyntää jatkossa myös tulevilla projekteilla. Tietomallipohjaista kustannuslaskentaa aiotaan myös kehittää eteenpäin saatujen tulosten ja kokemusten perusteella.

Lähteet

- 1 Lehdon tarina. Verkkoaineisto. Lehto Group Oyj. <<https://lehto.fi/yritys/>>. Luettu 14.12.2020.
- 2 Mustonen, Antti. 2016. Lehto Groupin lopullinen merkintähinta paljastui – Yhtiö: ”listautumisanti onnistui”. Verkkoaineisto. Kauppalehti. <<https://www.kauppa-lehti.fi/uutiset/lehto-groupin-lopullinen-merkintahinta-paljastui-yhtio-listautumisanti-onnistui/85767ead-9af9-3e74-9f2b-fd66d93bf02e>>. 27.4.2016. Luettu 14.12.2020.
- 3 Laine, Tuomas. 2008. Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa. Tampere: Rakennustieto Oy.
- 4 Heljomaa, Kimmo; Järvinen, Tero; Kaleva, Kari & Laine, Tuomas. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset osa 4. talotekninen suunnittelu. Verkkoaineisto. Rakennustieto.
- 5 Progman ja Glodon yhdistävät voimansa. 2014. Verkkoaineisto. MagiCAD Group. <<https://www.magicad.com/fi/blog/2014/04/01042014-progman-yhdistaa-voimat-glodonin-kanssa-ja-vahvistaa-asemaansa-pohjoismaissa/>>. 1.4.2014. Luettu 20.12.2020.
- 6 MagiCAD LVIS-suunnitteluun. Verkkoaineisto. MagiCAD Group. <<https://www.magicad.com/fi/mita-magicad-tarjoaa-lvis-suunnitteluun/>>. Luettu 20.12.2020.
- 7 Luomala, Petri & Pohjolainen, Mika. Neljä asiaa, jotka tulisi tietää MagiCAD Electricalista. Verkkoaineisto. MagiCAD Group. <<https://www.magicad.com/fi/blog/2019/03/nelja-asiaa-magicad-electrical/>>. 20.3.2019. Luettu 20.12.2020.
- 8 Sähköistys- ja sähköasennusalan työehtosopimus 1.4.2020–31.3.2022. 2020. Sähkötekniset työnantajat STTA ry; Palvelualojen työnantajat PALTA ry & Sähköalojen ammattiliitto ry.
- 9 Autio, Isto & Saastamoinen, Arto. 2017. Sähköurakoitsijan tarjouslaskenta. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 10 Tarjoama. Verkkoaineisto. Oy Mercus Software Ltd. <<https://www.mercus.net/>>. Luettu 4.11.2021.
- 11 Sähköurakan yksikkökustannuksia. 2019. Espoo: Sähköinfo Oy.