



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Atte Kinnunen

Sähköisen ja perinteisen laskennan vertailu ja laskennan tarkkuus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

8.3.2019

Tekijä Otsikko	Atte Kinnunen Sähköisen ja perinteisen laskennan vertailu ja laskennan tarkkuus
Sivumäärä Aika	20 sivua 8.3.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Osmo Massinen Pertti Ranto
<p>Insinööriyön aiheena oli tutkia, kannattaisiko tilaajayrityksen hyödyntää tarjouslaskennassa sähköistä laskentaohjelmistoa perinteisen paperikopioista tapahtuvan laskennan sijaan. Tavoitteena oli verrata perinteisen ja sähköisen laskennan hyötyjä ja haittoja, sekä vertailla laskentanopeutta ja tarkkuutta näiden välillä. Tämän lisäksi tehtiin myös vertailu erään jo toteutetun kohteen toteutuneista materiaaalimenoista suhteessa laskennan aikaisiin materiaaliarvioihin.</p> <p>Työ aloitettiin laskemalla kohde uudestaan käyttämällä sähköistä laskentaohjelmistoa. Käyttöohjeisiin perehtymisen jälkeen laskenta-asiakirjat siirrettiin pdf-muotoisina laskentaohjelmaan ja tehtiin massoittelu sähköpisteiden, johtoteiden ja vahvavirtakaapelointien osalta.</p> <p>Työn tuloksena havaittiin, että perinteinen ja sähköinen laskenta eivät juurikaan eroa tarkkuudeltaan toisistaan. Laskennan työläimpään vaiheeseen eli kaapeloinnin mittaamiseen kului arviolta jopa enemmän aikaa laskentaohjelmalla kuin perinteisin menetelmin. Työn seurauksena yritys päätti suorittaa kattavamman kokeilun sähköisen laskennan osalta.</p>	
Avainsanat	Tarjouslaskenta, sähköinen laskenta, perinteinen laskenta

Author(s) Title	Atte Kinnunen Comparison between Traditional and Computer Aided Calculation and Accuracy of Calculation
Number of Pages Date	20 pages 8 March 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Osmo Massinen, Senior Lecturer Pertti Ranto
<p>The purpose of this study was to determine if computer aided calculation software should be used instead of traditional calculation methods. The goal was to compare pros and cons of traditional and computer aided calculation. Also comparison between calculated quantities and materialized quantities were performed.</p> <p>The study started by re-calculating one of our already finished projects by using calculation software. After reading the manual the blueprints were ported into the software in pdf files. After that the electric points, cable routes and electric cables were calculated.</p> <p>The result of this study shows that the accuracy was similar in both calculation methods and the most time consuming phase of calculation, measuring the cables, might have taken even longer time with the program than by calculating them with traditional methods. As a result company decided to make more comprehensive experiment with calculation program. calculation program.</p>	
Keywords	Offer calculation, computer aided calculation, traditional calculation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tarjouslaskenta	2
2.1	Tarjouslaskennan haasteet	4
2.2	Laskennan kulku	4
3	Lisä- ja muutostyöt	6
4	Sähköinen tarjouslaskenta	8
5	Perinteisen ja sähköisen laskennan vertailu	9
6	Laskettujen ja toteutuneiden materiaalikulujen vertailu	17
7	Yhteenveto	18
	Lähteet	20

Lyhenteet ja käsitteet

dwg	Yleinen suunnittelutiedostomuoto
kaluste	Näkyviin jäävä sähköpiste, kuten pistorasia
massa	Sähköpisteiden yhteenlaskettu määrä.
rissa	Digitaalinen karttamittari
STUL	Sähkö- ja teleurakoitsijoiden liitto
sähköpiste	Tasokuviin piirretty pistorasia, jakorasia tai vastaava piirrosmerkki.

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoitus on selvittää olisiko tilaajayrityksen kannattavaa siirtyä sähköiseen laskentaan perinteisen paperikuvista laskemisen sijaan. Tällä hetkellä yrityksen kaikki laskenta tapahtuu paperikuvista. Vertailussa käytettiin erästä sähköistä laskentaohjelmistoa, jonka avulla pyrittiin alustavasti selvittämään sähköisen laskennan hyötyjä ja haittoja verrattuna perinteiseen laskentaan. Ohjelmisto on suunnattu sähköurakoitsijoille nopeuttamaan ja tarkentamaan laskentaa.

Tavoitteena on selvittää, saisiko yritys kustannussäästöjä sähköiseen laskentaa siirtymisestä laskennan nopeutumisen ja kopiokustannussäästöjen muodossa. Työssä selvitetään myös kuinka hyvin laskennasta saadut määrät vastaavat todellista menekkiä. Työssä lasketaan uudelleen eräs jo valmistunut kohde ja verrattiin sähköisestä laskelmasta saatuja massoja urakkatarjouksen aikaisiin laskelmiin. Tämän lisäksi halutaan tutkia, kuinka hyvin lasketut massat vastaavat toteutuneita materiaalikustannuksia.

Työssä keskitytään vertailemaan sähköisellä ohjelmalla tehtyä laskennan nopeutta, tarkkuutta ja mielekkyyttä perinteiseen laskentaan verrattuna. Tämän lisäksi halutaan selvittää, kuinka hyvin laskenta vastaa varsinaista toteumaa ja olisiko syytä kehittää menetelmiä parantamaan laskennan tarkkuutta vastaavissa kohteissa. Laskennan tarkkuus on laskennan nopeuden kanssa tärkein ominaisuus, jolla laskennan onnistumista voi mitata.

Laskentaan saatavat materiaalit ovat joko sähköisessä pdf-muodossa tai ne toimitetaan suoraan paperisina. Materiaalit voidaan toimittaa myös dwg-formaatissa, mutta tämä on todella harvinaista. Toimitettavat asiakirjat jaetaan kaupallisiin- ja teknisiin asiakirjoihin. Kaupallisia asiakirjoja ovat muun muassa urakkaohjelma ja -rajaliite. Näissä asiakirjoissa määritellään urakan aikatauluja, maksueriä ja hankintarajoja.

Teknisiin asiakirjoihin kuuluvat sähkötyöselostus, kaaviot, määräluettelot ja tasokuvat. Sähkötyöselityksessä määritellään kunkin järjestelmän osalta järjestelmät halutun lopputuloksen mukaisiksi. Sähkötyöselitystä on hyvä käyttää apuna laskennan aikana, sillä se on teknisistä asiakirjoista tärkeysjärjestyksessä pätevin. Kaavioissa on määriteltynä urakkaan kuuluvien järjestelmien tarkemmat tiedot ja toteutusperiaatteet. Sähkötasoihin on puolestaan piirretty johtotiet, valaisimet, keskuskeskukset, sähköpisteet ja kaapeloinnit. Ylei-

sesti ainoa määrällinen massalista, joka urakoitsijalle toimitetaan on valaisinluettelo. Valaisinluettelossa on määritelty valaisinten tyypit ja määrät valmiiksi laskettuna helpottamaan urakan laskemista.

2 Tarjouslaskenta

Sähköurakointi alkaa aina urakkatarjouksen jättämisestä, jota edeltää tarjouslaskenta. Tarjouslaskennan tarkoituksena on laskea urakkaan kuuluvat materiaalit mahdollisimman tarkasti, jotta saadaan tarkka hinta materiaaleille, jotka voidaan laskea ja pystytään arvioimaan loput urakkaan kuluvat kustannukset kuten purkutyöt ja näin annettua urakkatarjouksessa urakan toteuttamiselle katteellinen hinta. Urakkatarjous on sitova, ja jos laskenta on suoritettu hutiloiden, voi urakan suorittamiseen kulua enemmän rahaa kuin oli laskettu. Tällöin yritys tekee tappiota eikä yritystoiminta ole kannattavalla pohjalla. Tarjouslaskijan tehtävänä on laskea urakalle hinta mahdollisimman tarkasti ja nopeasti. Optimitilanteessa katteeton urakkahinta vastaa urakan toteutuneita kustannuksia.

Menestyksellisen ja pitkäaikaisen yritystoiminnan edellytyksenä on, että markkinoilla on riittävää kysyntää yrityksen tarjoamille palveluille [1, s. 6]. Etenkin tiukentuvat energialuokitukset ja jatkuvasti kehittyvät LED-valaisimet älykkäine ohjauksineen pitävät huolen, että saneerattavia kohteita riittää jatkossakin. Yritystoiminnan jatkuvuuden kannalta myös tarjouslaskennan tulee olla nopeaa ja tarkkaa sillä yritys ilman liikevaihtoa ei menesty muuttuvilla markkinoilla. Kilpailu alalla on kovaa ja useimmiten alle kymmenes jätetyistä tarjouksista johtaa tilaukseen. Tämän johdosta yrityksellä tulee olla riittävä volyyymi tarjousten jättämiseen suhteutettuna yrityksen kokoon ja asentajien lukumäärään nähden.

Laskentavolyymia voidaan kasvattaa mahdollisesti nopeammalla sähköisellä laskennalla, lisäämällä tarjouslaskijoiden määrää tai jättämällä työläimpiä laskentavaiheita kuten kaapelointien mittaaminen väliin ja käyttää arviointia ja keskimittoja näiden laskemiseen. Aikaisemmin laskettuja kohteita voidaan myös käyttää hyödyksi ja arvioida urakkahinta käyttämällä neliöhintaa. Tällöin aikaisemmin lasketun kohteen urakkahinta jaetaan kohteen lattia-alalla ja näin saadaan karkea arvio laskennassa olevan kohteen urakkahinnasta kertomalla neliöhinta laskennassa olevan kohteen pinta-alalla. Viimeisin näistä ei kuitenkaan ole yleistä eikä yleisimmin suotavaa sillä laskentavirheiden määrä näillä keinoin lisääntyy ja riskit kasvavat. Jos rakennuksessa on useampia kerroksia, voidaan myös laskea yksi kerros ja käyttää tätä referenssinä ja laskea muut kerrokset

kertomalla kyseisen kerroksen materiaali- ja työkustannukset muiden kerrosten lukumäärällä.

Tarjouslaskennassa tärkeintä on tarkkuus, ja sillä pyritään minimoimaan riskiä, että urakka tarjottaisiin liian halvalla ja urakointi olisi tappiollista. Erityisesti saneerattavissa kohteissa on syytä miettiä tarkkaan, onko varattu riittävästi henkilötyötunteja muun muassa purku- ja selvitystöille. Tarjouslaskennan haastavin vaihe onkin purkujen ja tuntitöiden arviointi. Näitä ei voi tarkkaan laskea mistään, vaan ne on pakko arvioida.

Myös laskennan nopeus eli tehokkuus on tärkeää. Koska vain osa tarjouksista johtaa tilaukseen, voidaan laskennan volyymistä suoraan arvioida saatujen tilausten määrä. Laskenta itsessään on sähköurakoinnin tärkein osa-alue, mutta koska se ei suoranaisesti tuota mitään, sitä pidetään vain yrityksen pakollisena kulueränä. Tästä syystä tarjouslaskennan tulisi olla mahdollisimman tehokasta mahdollisimman pienillä resursseilla.

Urakkaneuvotteluihin kutsutaan useimmiten muutama halvimmän tarjouksen antanutta yritystä. Neuvotteluissa käydään aina läpi tarjouksen sisältö ja varmistetaan, että tarjous sisältää suunnitelma-asiakirjojen mukaiset työt ja tarvikkeet. Joissain tapauksissa asiakirjoissa voi olla ristiriitoja tai pieniä epäselvyyksiä sen suhteen, mitä on tarkoitettu sisältyvän urakkaan. Nykyään suunnitelmiin on jo tarjousvaiheessa saattanut tulla useita revisiomuutoksia, joita ei välttämättä ole haluttu julkistaa tarjousvaiheessa. Nämä muutokset pyritään tarkentamaan urakkaneuvotteluissa. Muutoksista pyydetään laskemaan hintavaikutus ja antamaan päivitetty tarjous, joka sisältää näiden muutosten kustannusvaikutukset. Hankkeen tilaaja määrittelee urakkamuodon omien tarpeidensa ja tavoitteidensa mukaisesti. Kuitenkin kaikkia urakkamuotoja sitovat samat rakennusalan yleiset YSE 1998:n sopimusehdot. Yli 10 000 euron arvoisissa sähköurakoissa sitoo toimijoita myös rakennusalan kuluttajasopimus RYS-9 1998. [2]

Epäselvyyksistä on kuitenkin urakoitsijoille hyötyä, sillä ne johtavat yleensä lisä- ja muutostöihin. Rakennussuunnitelman muuttumisesta, joka ottamalla huomioon toisaalta muutoksen aiheuttaman urakoitsijan velvollisuuksien lisääntymisen ja toisaalta näiden vähentymisen johtaa kustannusten nousuun, tulee urakoitsijan saada urakkahintaan muutosta vastaava lisäys [3, s. 10].

2.1 Tarjouslaskennan haasteet

Haasteita laskentaan luovat jatkuva kiire, jonka johdosta laskentaan ei ole aikaa paneutua riittävästi. Kiire johtuu pääasiassa urakoiden toteutusaikatauluista ja urakoiden lyhyistä laskenta-ajoista. Laskennassa yksi tärkeimmistä tarkkuuteen vaikuttavista tekijöistä on rutiini eli laskennan tekeminen aina samassa järjestyksessä. Rutinoituminen vähentää virheitä kiireenkin keskellä. Kiireellisten urakkatarjousten kohdalla normaalista laskentajärjestyksestä on kuitenkin poikettava ja rutiinia rikottava, jotta urakkalaskenta saataisiin suoritettua aikataulun puitteissa. Järjestelmätoimittajat toivovat usein valmiiksi lasketut massat, jotta voivat antaa tarjoukset järjestelmistä. Tämä helpottaa ja nopeuttaa tarjouksen saamista järjestelmätoimittajilta.

Työnkuvaan kuuluvat myös jatkuvat keskeytykset eri muodoissa. Kiireelliset sähköpostit vaativat välitöntä vastausta. Puhelut kollegoilta, järjestelmätoimittajilta ja asentajilta vaativat työn keskeyttämistä ja hetkellistä siirtymistä tekemään jotain muuta työtehtävää. Laskentapöydälle palatessa kestää hetken ennen kuin muistaa mihin jäi ja laskentaa pystyy jatkamaan taas tehokkaasti.

Suunnitelmapuutteet ja -ristiriidat luovat myös oman haasteensa laskentaan. Suunnittelu toteutetaan usein lyhyellä aikataululla, jonka johdosta laskentakuvat eivät ole lähelläkään toteutuskuvia. Järjestelmien sijoituskuvat ja massat puuttuvat ja näiden järjestelmien olemassaolo mainitaan ainoastaan sähköselostuksessa. Tämä vaikeuttaa laskentaa, koska järjestelmän hintavaikutus on mahdollisesti arvioitava.

2.2 Laskennan kulku

Laskenta alkaa tarjouspyynnöstä. Useimmissa tapauksissa rakennuttaja toimittaa tarvittavan laskenta-aineiston paperisessa tai sähköisessä muodossa pdf-tiedostoina. Laskenta-aineiston saavuttua tarkistetaan asiakirjaluetteloa apuna käyttäen, että kaikki laskennassa tarvittavat asiakirjat on toimitettu ja laskennan voi aloittaa. Ensin luetaan sähköselostus, johon on hyvä tehdä merkintöjä huomioitavista asioista ja kirjata tärkeimmät urakkahintaan vaikuttavat tekijät huomiolistaan, joka on hyvä käydä läpi viimeistään siinä vaiheessa, kun massoja alkaa syöttämään järjestelmään varmistuakseen siitä, että kaikki tarvittavat asiat on huomioitu selostuksen mukaisesti. Massat syötetään laskentaohjelmaan paketteina. Sähköurakan pakettirekisteri on sähköurakoinnin tarjouslaskenta-

ja massoitteluohjelmissa käytettävä tietokanta, johon on koottu sekä tarvikkeita että sähköalan työehtosopimuksen mukaista työtä. Pakettirekisteri on tarkoitettu helpottamaan ja nopeuttamaan tarjouslaskentaa. [4]

Tämän jälkeen siirrytään massalaskentaan. Massojen laskennan voi aloittaa, joko sähköpisteistä tai kaapeloinneista. Suositeltavaa on aloittaa laskenta pisteistä kahdesta syystä. Laskemalla pisteet ensin on kaapeloinnin arvioimiseen mahdollista käyttää pisteille arvioitua kaapelin keskimittaa ja pystytään säästämään aikaa kaapeloinnin mittauksesta. Toiseksi jos kaapeloinnin mittaamiseen on riittävästi aikaa puuttuvat pisteet yleensä huomaa kaapeleita mitattaessa. Yleisimpiä sähköpisteitä ovat pisto- ja jakorasiat, kytkimet ja yleiskaapelointirasiat. Kun pisteet on laskettu ja kirjattu ylös voidaan aloittaa kaapeleiden mittaaminen. Kuvassa 1 on tarjouslaskijan tärkeimpiä työkaluja: rissa kaapeleiden mittaamiseen ja merkkaukseen laskettujen massojen yliviivaukseen.



Kuva 1. Kuvassa mittasuhdeviivain, rissa ja yliviivaustusseja.

Kaapeleiden laskennassa apuna käytetään rissaa eli digitaalista karttamittaria. Mittarissa on valmiiksi asetettuna yleisimmät sähkökuvissa käytettävät mittakaavat, joita muuttamalla saadaan helposti ja nopeasti laskettua kaapelit eri mittakaavaisista kuvista ilman, että muuntosuhteita tarvitsee käyttää. Kaapelointi ja siihen kuuluvat työt muodostavat merkittävän osan urakan kokonaishinnasta. Tämän johdosta kaapeloinnin mittaus on syytä suorittaa huolellisesti ja aikaa käyttäen. Nousujohtojen ja ryhmäkaapeloinnin jälkeen voidaan siirtyä järjestelmien laskemiseen.

Yleisimpiä järjestelmiä ovat kulunvalvonta-, rikosilmoitin-, kameravalvonta- ja paloilmainsinjärjestelmät. Järjestelmistä lasketaan massat ja massaluettelo lähetetään sähköselostuksen ja järjestelmäkavion kanssa järjestelmätoimittajalle tarjouskyselyn muodossa. Myös valaisimista ja keskuksista pyydetään tarjoukset. Tarjousten saavuttua tarjouksen sisältö tarkastetaan ja varmistetaan, että tarjous on tarjouspyynnön mukainen ja että siihen ei ole sisällytetty optioita.

3 Lisä- ja muutostyöt

Lisätyö on urakoitsijan suoritus, joka urakkasopimuksen mukaan ei alun perin kuulu hänen suoritusvelvollisuuteensa [5, s. 3] ja muutostyö puolestaan sopimusten mukaisten suunnitelmien muuttumisesta aiheutuva urakoitsijan suorituksen muutos [6, s. 3]. Lisä- ja muutostyöt ovat siis urakka-aikana joko asiakirjapuutteista tai tilaajan toiveista tehtyjä muutoksia, joiden tarkoitus on saada lopputuloksesta tilaajan toiveiden mukainen. Yleisimpiä lisä- ja muutostöitä ovat rasialisäykset tai näiden siirrot. Lisätyöt on YSE 46 §:ssä jätetty osapuolten sopimusvapauden piiriin. Urakoitsijalla ei ole velvollisuutta suorittaa lisätyötä. Vastaavasti tilaajalla ei ole velvollisuutta tilata lisätyötä alkuperäisen urakkasopimuksen osapuolena olevalta urakoitsijalta. [7, s.99]

Merkittävistä lisä- tai muutostöistä tilaaja lähettää urakoitsijalle tarjouspyynnön haluamistaan lisätöistä. Urakoitsija laskee itselleen lisätöistä aiheutuvat kustannukset ja antaa tarjouksen lisätöistä. Tämän jälkeen tilaaja hyväksyy tai hylkää sen samaan tapaan kuin varsinaisen urakkatarjouksenkin kanssa.

Pienten ja kiireellisten muutostöiden osalta on yleisesti sovittu urakkasopimuksessa, että näiden ei tarvitse erikseen tulla tarjouksena tilaajan puolelta vaan ne voidaan sopia paikallisesti esimerkiksi tilaajan valtuuttaman henkilön kanssa.

Lisätöiden laskenta

Lisätyötarjouksen pyytämisen jälkeen tilaaja lähettää urakoitsijalle revisoidun kuvasarjan. Kuvasarja sisältää yleensä muutosluettelon, piirustusluettelon ja revisoidut kuvat. Muutosluettelossa on kuvakohtaisesti eritelty, mitä muutoksia kuhunkin kuvaan on tehty helpottamaan ja nopeuttamaan tarjouslaskentaa. Piirustusluettelon tarkoituksena on varmistaa, että kaikki revisoidut kuvat on toimitettu ja lisätyötarjous saadaan kokonaisuudessaan tarjottua tilaajalle.

Revisioituihin kuviin on merkitty muuttuneet asennukset joko revisionuolin tai -pilvin. Tämä helpottaa ja nopeuttaa lisätöiden laskemista. Välillä suunnittelijat kuitenkin unohtavat merkitä muutokset muutosluetteloon tai revisionuolet. Yleensä kuvat kannattaakin vielä kertaalleen katselmoida läpi verraten uuden revision kuvaa sen hetkiseen viimeisimpään vastaavaan kuvaan. Näin varmistutaan siitä, että kaikki kuviin lisätyt muutokset saadaan laskutettua. On myös mahdollista, että työmaalla on sovittu tehtäviksi joitain vähäisiä lisä- tai muutostöitä. Näitä ei välttämättä aina ilmoiteta suunnittelijalle, joka piirtää kuvat. Näin ollen niitä ei myöskään ole piirretty revisioituihin kuviin. Tästä syystä laskijan onkin hyvä olla yhteydessä urakan projektinhoitajaan, jotta nämäkin työt saadaan tarjottua tilaajalle.

Lisätöiden hinnoittelu

Lisätöitä voidaan hinnoitella usealla eri tavalla. Yksi yleisimmistä tavoista on yksikköhintaluettelo, jonka tilaaja tai rakennuttaja pyytää tarjouksen liitteeksi. Yksikköhintaluetteloon täytetään tilaajan haluamat tarvikkeet. Yksikköhintaluettelo sisältää useimmiten ainakin valaisimien hinnat. Laskijan kannalta yksikköhintainen lisätyöhinnoittelu on kaikista helpoin ja nopein tapa laskea ja hinnoitella lisä- ja muutostyöt. Hinnoittelussa käytetään Sähkö- ja teleurakoitsijaliiton ylläpitämää yksikköhintaluetteloa. Luettelo päivitetään kaksi kertaa vuodessa vastaamaan sen hetkisiä materiaali- ja työhintoja. Yksikköhintaluettelosta saa helposti valittua myös kilometrikorvaukset ja mahdolliset asentajille kuuluvat päivärahat riippuen kohteen sijainnista. Yksikköhintaluettelosta kattaa kaikki ylei-

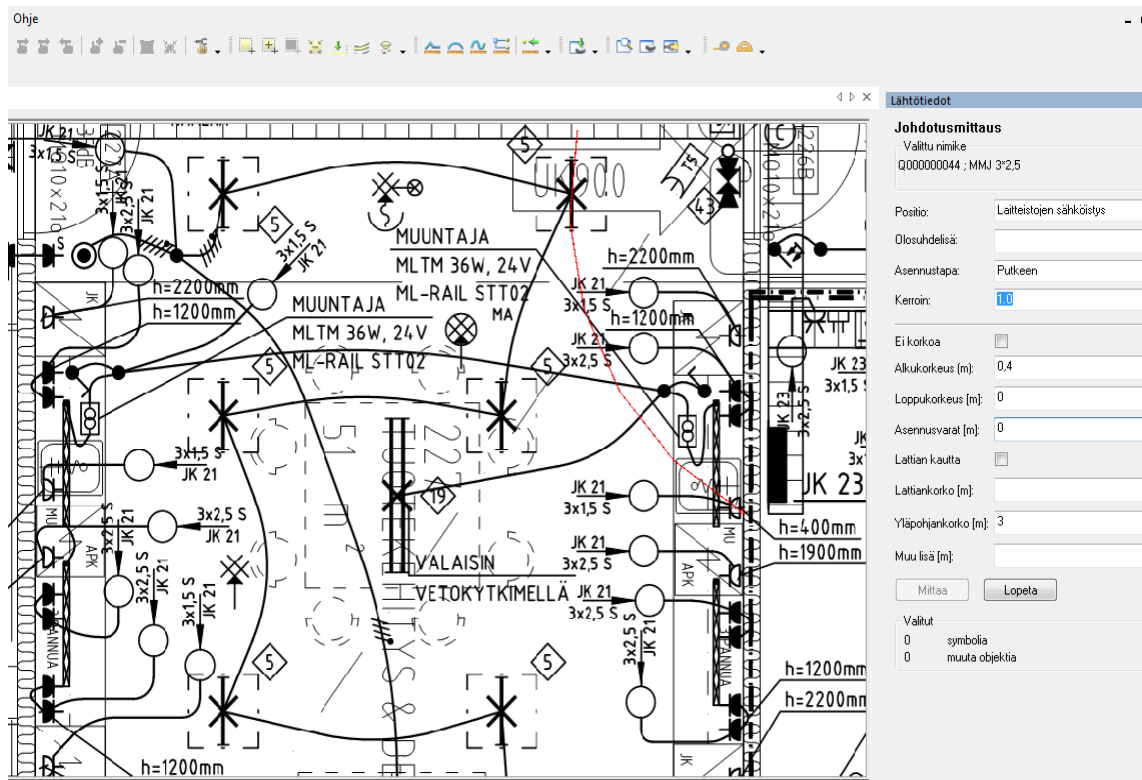
simmin lisä- ja muutostöissä käytetyt sähköpisteet, johtotiet ja kaapelit. Yksikköhintaohjelmasta valitaan massat samaan tapaan kuin laskentaohjelmasta, ja ne ovat pakettimuotoisia, joten laskijan ei tarvitse itse hinnoitella mitään. Paketit sisältävät materiaalit, työt ja pienen katteen.

Urakoitsija voi myös itse hinnoitella lisä- ja muutostyönsä parhaaksi katsomallaan tavalla ja tilaaja joko hyväksyy tai hylkää sen. Lisätöidenkin laskennassa voidaan käyttää hyväksi tarjouslaskentaohjelmistoa, jossa massat syötetään ohjelmaan samaan tapaan, kuin laskennankin aikana ja materiaalien ja töiden päälle lisätään urakan tarjousvaiheessa käytetty kate. Tämä vaihtoehto on lähes yhtä helppo kuin STUL:n yksikköhintaluettelon käyttäminen sillä erotuksella, että tällä keinolla joutuu itse laskemaan materiaali- ja työpötille katteet.

4. Sähköinen tarjouslaskenta

Pakettirekisterit ovat aivan avainasemassa, sillä tarjouslaskentaohjelmahan on periaatteessa vain laskukone, joka hyödyntää paketteja [8]. Useimmissa sähköisissä laskentaohjelmissa on mahdollista siirtää lasketut paketit suoraan laskentaohjelmaan. Tämä lyhentää laskenta-aikaa, koska laskettuja massoja ei tarvitse syöttää yksitellen ohjelmaan vaan ohjelma tekee sen välittömästi.

Ajansäästö sähköisellä laskentaohjelmalla lienee mahdollista yksinkertaisissa toimisto ja kerrostalokohteissa, joissa kaapelointia on vain vähän ja huonekorkeus pysyy samana koko kohteen osalta. Näin ollen kytkentävaroja ja korkoja ei tarvitse jatkuvasti muuttaa. Tämä osoittautui laskentaohjelmalla hyvin työlääksi ja aikaa vieväksi operaatioksi tilassa, jossa kaapelien asennustavat ja huonekorot vaihtuivat jatkuvasti. Kaapelityypin vaihto, huonekoron asettaminen ja kytkentävarat pitää laskentaohjelmassa tehdä klikkailemalla jokainen kohta erikseen ja asettamalla arvot. Kohteissa, joissa kaapelit kulkevat kerrosten välillä eri keskuksille samasta tilasta, tämä aiheuttaa jatkuvia säätöjä arvojen asettamiseen, mikä lisää virhemahdollisuutta ja virheellisten arvojen jälkikäteen tarkastaminen ja korjaaminen on käytännössä mahdotonta. Kaapelityyppejä vaihtaessakin paketti pitää useamman valikon kautta käydä vaihtamassa oikeaksi. Tämä hidastaa laskentaa todella paljon. Varsinkin jos kaapelityyppi vaihtuu useamman kerran, mikä on hyvinkin tavallista muissa kuin tavanomaisimmissa konttori- ja asuinrakennuksissa. Kuvassa 2 on erään sähköisen laskentaohjelman johtomittaustoiminnolla kaapeloinnin mittausta.



Kuva 2. Esimerkkikuva erään sähköisen laskentaohjelmiston johtomittausvalikosta.

Dwg-muotoisista kuvista saa lasketut massat piilotettua kuvasta, jolloin ruudulla näkyy vain laskematta jääneet artikkelit. Pdf-kuvissa tämä ei toimi, mutta ohjelmaan voisi luoda ominaisuuden, jonka avulla valitsemalla esimerkiksi kaksiosaisen pistorasian ohjelma näyttäisi vain tämän tyyppiset pisteet check-merkillä ja piilottaisi kaikki muut lasketut pisteet. Näin olisi helppo tarkastaa, että ei ole laskenut pistorasiaa esimerkiksi johtokanavana. Näitä virheitä tuli laskennan aikana useita, kun viimeinen läpikäynti kuvaan tehtiin ja löydettiin erityyppisiä laskematta jääneitä pisteitä ja välissä unohti tehdä pistetyyppiin vaihdon. Tämän tyyppisten virheiden korjaaminen on hyvin työlästä, koska kaikki pisteet oli käytävä läpi heti, kun huomaa, että virheitä oli tapahtunut. Tämäkin vie laskennasta aikaa, mutta rutiinilla tämäkin asia todennäköisesti helpottuisi. Perinteisellä laskennalla tämäntyyllisiä virheitä ei näin helposti pääse syntymään.

5 Perinteisen ja sähköisen laskennan vertailu

Tein vertailun laskentatapojen välillä laskemalla erään toteutuneen tuotanto- ja varasto-tilan uudelleen käyttämällä sähköistä laskentaohjelmistoa. Olin laskenut kyseisen kohteen jo aikaisemmin ja olimme voittaneet tarjouskilpailun ja saaneet kohteesta tilauksen. Kohde oli jo kokonaisuudessaan toteutunut, joten pystyin myös vertailemaan laskennan

onnistumista suhteessa toteutuneisiin materiaalihankintoihin jotka kohde vaati. Vertailu tehtiin käyttäen pdf- ja dwg-muotoisia kuvia. dwg-muotoisten kuvien käyttö oli hyvin pin-tapuolista johtuen siitä, että nämä kuvat julkistetaan vasta toteutusvaiheessa. Yleisesti tarjousvaiheessa kuvat saa joko paperisena tai pdf tiedostoina.

Varsinaiseen laskentaan pois lukien ohjelman käytön opetteluun ja omien pakettien luomisen meni aikaa hieman alle viikko pdf-kuvia käyttämällä. Tämänhetkiselällä laskentakokemuksella arvioisin perinteisellä tavalla laskemisen olevan hieman hitaampaa kuin käyttäen sähköistä laskentaohjelmaa. Tässä pitää kuitenkin ottaa huomioon, että kohde oli jo ennestään tuttu, mutta ohjelmiston käytössä on runsaasti parantamisen varaa. dwg-muotoisista tasoista laskemalla massalaskenta nopeutui huomattavasti. Ohjelma etsi tasoista kaikki symbolit ja listasi ne siistiksi taulukoksi, josta pystyi helposti etsimään tarvittavat ja laskettavat symbolit. sähköisessä laskentaohjelmassa on myös toiminto, jolla pystyisi siirtämään massat suoraan tarjouslaskentaohjelmistoon, jota yritys käyttää tarjouslaskennassa. Tämän ominaisuuden käyttöä en kuitenkaan opetellut tämän insinööriyön puitteissa.

Johtoteiden laskenta

Tarjouslaskenta on hyvä aloittaa johtoteistä. Näin saa hyvän kokonaiskuvan kohteesta ja sen pääjohtoreiteistä ja nousujohtoreiteistä. Tämä nopeuttaa myöhemmin kaapeleiden mittausta. Johtoreittien mittauksessa sähköinen laskenta oli nopeampaa, koska ohjelma merkitsi itse mitatut johtoreitit ja tussaamiseen ja tulosten kirjaamiseen ei tarvinnut käyttää aikaa. Johtoteiden mittaaminen on yksi vähiten aikaa vievistä osuuksista tarjouslaskennassa. Ne ovat kuitenkin yksi kalleimmista urakan hintaan vaikuttavista tekijöistä heti järjestelmien ja heikko- ja vahvavirtakaapeloinnin jälkeen.

Sähköpisteiden laskenta

Sähköpisteiden, kuten pistorasioiden ja kytkinten, laskennassa dwg-muotoisista kuvista laskenta oli ehdottomasti nopeinta. Ohjelma laski symbolit kaikista halutuista tasoista ja listasi ne siistiksi taulukoksi, josta oli helppo etsiä tarvittavat ja laskettavat massat. Tämän laskentamuodon ainut huono puoli on, että ilman manuaalista laskentaa täytyy kuva tarkastaa huolellisesti, jotta nähdään, mitä ohjelma on laskenut. Ongelmia muodostavat muun muassa WC-tilojen peilivalaisimiin piirretyt kalusteissa tai valaisimissa olevat pistorasiat, jotka ovat kiinteitä asennuksia, ja ne kuuluvat jo valaisimen hintaan. Ohjelma ei

myöskään tunnista räjäytettyjä symboleita, joten nämä on kuitenkin mahdollista laskea manuaalisesti samaan tapaan kuin pdf-kuvista. Kolmas ongelma on, jos suunnittelija on käyttänyt samaa symbolia kuvaamaan useita eri pisteitä. Pystykourun symbolia käytetään usein myös kuvaamaan pieniä valaisimia, kuten spotteja. Vaikka laskenta nopeutuukin radikaalisti sen hyöty voi olla täysin turhaa jos helposti vältettävien laskentavirheidensä takia urakka on laskettu väärin.

Pdf-tasoista ja papereista laskemalla pistelaskentaan menee arvioni mukaan sähköisesti laskemalla jopa enemmän aikaa. Pisteitä jää käytännössä jokaisesta tasosta muutama laskematta ensimmäisellä kierroksella laskentatavasta riippumatta. Käsillä laskemalla puuttuvat pisteet on helppo lisätä paperille, jos ne jäävät laskematta. Sähköisessä laskennassa niiden lisääminen ohjelman sisällä on mielestäni todella hankalaa, varsinkin jos puuttuvat pisteet huomaa vasta kaapelointeja mitatessa. Tällöin pisteen lisääminen laskentaan vaatii laskentatavan muutosta ja laskettava artikkeli on uudelleen etsittävä pakettiluettelosta, jotta tämän saa lasketuksi. Vaihe helpottuu, jos käytössä on valmis suppeampi pakettiluettelo tai se on tehty itse valmiiksi vastaamaan kohteen tarpeita ennen laskennan aloittamista. Tämä kuitenkin vaatii useita tunteja ohjelman säätöjen tekemiseksi, mikä on luonnollisesti pois muusta laskentaan käytettävästä ajasta.

Kaapelointien laskenta

Kaapeleiden mittaaminen on laskennan ehdottomasti aikaa vievin vaihe. Kaapeleiden mittaaminen oli yllättäen perinteisellä laskentatavalla kaikkein nopeinta. Dwg- ja pdf-muotoisista kuvista kalusteiden ja asennusvarojen asettaminen oli ohjelmassa hankalaa. Jos ne unohti vaihtaa siirryttäessä eri korkuiseen tilaan, kaapeleita tuli helposti laskettua liikaa. Tämä oli ongelmallista varsinkin kyseisessä kohteessa, jossa samassa tasossa oli matalaa toimistotilaa ja korkeaa varastotilaa. Tämän korjaaminen jälkikäteen tuotti ongelmia ja vei huomattavasti aikaa. Käsillä laskennassa korot on helppo lisätä rissan antamaan lukemaan ja kirjata paperille. Dwg-kuvista lasketut kaapelit saa piilotettua ja näin ne eivät häiritse jatkolaskentaa ja kuvasta on selkeä katsoa, mitä on ja mitä ei ole laskettu. Pdf-kuvissa ongelmaksi muodostuivat viivat, jotka ohjelma piirtää lasketun matkan välille. Varastotiloissa, jossa asennus on harvaa, tämä ei ollut ongelma. Toimistotilasta puolestaan tuli täysi kaaos, jossa viivasotku peitti käytännössä koko tason, vaikka viivan paksuus oli säädetty todella ohueksi.

Laskennan tarkkuus

Vertailin tarjousvaiheen aikaisia käsin tekemiäni laskelmia ja pdf-tasoista laskemiani massoja keskenään. Havaittiin, että pistorasiapisteiden ja atk-pisteiden välinen ero käsin ja tietokoneella laskiessa oli muutaman kappaleen luokkaa. Voidaan siis todeta, että kummallakin laskentatavalla saavutetaan sama tarkkuus. Tämän lisäksi useimmissa tapauksissa tämä parin pisteen puuttumisella tai liikaa laskemisella ei ole vaikutusta tarjoushintaan käytännössä ollenkaan.

Kaapeloinnin ja johtoteiden osalta käsin laskiessa ryhmäkaapeleita tuli suhteessa hieman yli 2 % enemmän kuin sähköisellä laskentaohjelmistolla laskien. Tämä virhe aiheutuu siitä, että mitatessa kaapeleita käsin rissaa ei pysty pysäyttämään tarkalleen kohtaan, josta kaapeli alkaa ja josta se loppuu. Tämän lisäksi mittauksen alkamispisteessä rissan rulla liikkuu hieman, vaikka mittausta ei ole edes aloitettu. Voidaan siis todeta, että tässäkin suhteessa kumpikin laskentatapa on yhtä tarkka tarpeeksi pienellä virhemarginaalilla. Kaapelointeja harvoin toteutetaan samalla tavalla, mitä suunnittelija on kuviin piirtänyt. Kokenut laskija osaa ottaa tämän huomioon. Varsinkin paloilmaintasoinnissa kaapeli on usein piirretty siten, että kaapeli vedetään suorinta reittiä putkiasenteisesti ilmaisimelta ilmaisimelle. Yksikään asentaja ei sitä näin kuitenkaan kaapeloisi vaan kaapelointi toteutetaan johtoteitä pitkin tehden lyhyitä pistoja ilmaisimelle kaapelihyllyjä ja valaisinripustuskiskoja hyväksikäyttäen siten, että johtotieltä tehdään lyhyt pisto ilmaisimelle niin että kaapeli kulkee samaa putkea pitkin ilmaisimelle ja takaisin tehden silmukan käyden ilmaisimella. Tällä tavoin kaapelia kuluu enemmän, mutta työn osuudessa säästetään. Kaapelin asennushinta oikaistuna johtotielle on 0,51 €. Putkeen asennuksen hintaan joudutaan laskemaan mukaan myös putken materiaalit ja asennus. Työkustannus on siis moninkertainen johtotieasennukseen verrattuna. Vaikka kaapelia kuluisi huomattavasti enemmän, mutta jos työn osuudessa säästetään, kokonaishinta järjestelmän kaapeloinnille tulee huomattavasti halvemmaksi, sillä työn osuus verrattuna materiaalin hintaan on korkea. Kaapeleiden ja putkituksen asennushintoja erilaisilla tavoilla on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

2610		1	2	3
	Putken ulkohalkaisija	Pinta-asennukset		
	€/m	Uppo, alas-lasketut katot	Muuratut, roilotut, hirren sisään, ontelot, kuorilaatat, puu tai hylly	Kivi tai metalli
11	Enintään 21 mm	0,96*	0,98	1,73
12	Enintään 28 mm	1,19*	1,27	1,93
13	Enintään 45 mm	1,48	2,25	2,64
14	Enintään 70 mm	1,83	2,75	3,18
15	Enintään 150 mm	2,17	3,26	4,50
	€/kpl	1		
21	Suoja- tai läpivientiputkilisä, siirtymäkappale	1,59		
22	Uralista tai vastaava	0,53		

*Katso 2601.6

Taulukko 1. [9, s. 128] Putkien asennushintoja erilaisiin pintoihin.

2710 JOHTOJEN JA JOHTIMIEN ASENNUS									
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 määrätisyydelle	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

*Katso 2701.13

2711 Cu-JOHTOJEN JA JOHTIMIEN ASENNUS, poikkipinnat 120 mm ² – 800 mm ²									
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 määrätisyydelle	Puu	Kivi, metalli
16	120 mm ² Cu	0,61	1,21	1,67	1,83	2,84	3,10	3,75	5,45
17	185 mm ² Cu		1,52	1,83	2,32	3,69	4,02	4,66	6,46
18	300 mm ² Cu		1,83	2,13	3,13	4,69	5,24	5,57	7,67
19	800 mm ² Cu		2,13	2,74	4,25	6,20	7,37	7,71	9,75

2715 JOHTOJEN TAI JOHTIMIEN VETO TOISTEN ASENTAMIIN PUTKIIN			
Johdinpoikkipinta/mm ² enintään	€/m	1	2
		Johtimien asennus putkeen/onteloon	Johdon tai johtimien asennus putkeen
11	2,5 mm ²	0,13	0,82
12	6 mm ²	0,20	1,04
13	16 mm ²	0,31	1,20
14	35 mm ²	0,42	1,37
15	70 mm ²	0,51	1,55
16	120 mm ²	0,69	1,89
17	185 mm ²		2,06
18	300 mm ²		2,41
19	800 mm ²		3,10

Taulukko 2. [10, s. 131] Kaapeleiden asennushintoja erilaisilla asennustavoilla.

Voidaan todeta, että laskenta on yhtä tarkkaa sekä perinteisellä tavalla käsin laskien kuin tietokoneohjelmalla. Keskus- ja järjestelmäkaaviot on kuitenkin viisasta tulostaa. Keskuskytkennät on helpompi laskea käsin, ja järjestelmäkaaviot on hyvä pitää näkyvillä laskennan tukena, ellei käytössä satu olemaan useampaa näyttöä, jolle ne saisi levitettyä rinnan tasojen kanssa, jotta turhalta ikkunanvaihdolta vältyttäisiin. Järjestelmäkaavioissa on usein määritelty kaapelityypit, ja ne ovat tasokuvia pätevämpiä asiakirjoja. Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli asiakirjoissa on ristiriitoja, on työ tehtävä järjestelmäkaaviossa määritellyllä tavalla.

Laskennan nopeus

Sähköisen laskennan hyvät puolet tulevat voimakkaammin esille toimisto ja asuinkohteissa. Tarkasteluun käytetty tuotantolaitos ei varsinaisesti tällainen ollut. Toimistojen laskentaa nopeuttaa se, että niissä on usein huoneissa täsmälleen sama kalustus kuten asuinkohteissa. Ohjelmaan pystyy lisäämään omia paketteja, jotka voivat koostua monesta sähköpisteestä kuten kolmesta pistorasiasta ja yhdestä atk-pisteestä. Näin ohjelma osaa ottaa huomioon koko kalusteryhmän yhdellä hakutoiminnolla ja etsii nämä kaikki tasosta.

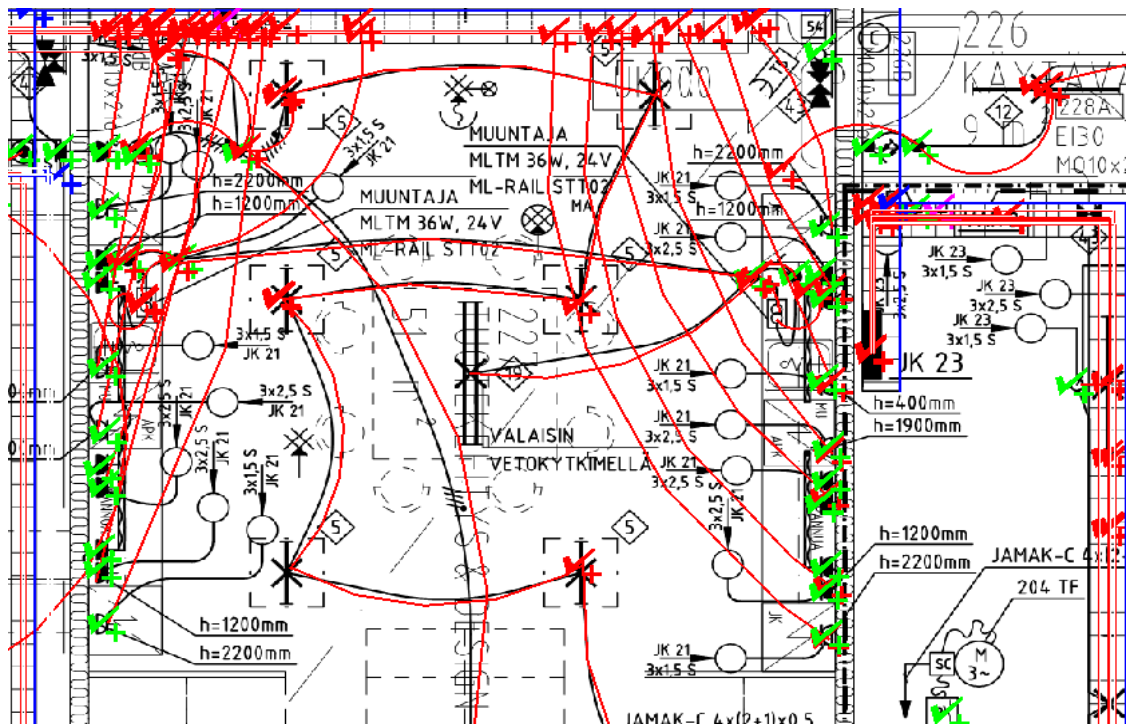
Laskemassani kohteessa oli myös hyvin tiiviisti pisteitä ja ryhmien vedot olivat pitkiä. Tästä syystä myös ryhmiä oli hyvin paljon. Pitkillä vedoilla kaapelit kuormittuvat enemmän ja tästä syystä pistorasioita ei oltu ketjutettu yhteen ryhmään paria kappaletta enemmän. Tämä teki tasoista hyvin sekavia ja hidasti laskentaa. Kohteessa oli myös runsaasti kalusteiden asennuskorkojen vaihteluita samassa tilassa. Toimistoissa kalusteiden korko ei juuri vaihtele pois lukien siivouspistorasiat. Uudemmissa toimistokohteissa sähkönjakelu toteutetaan joko johtokanavia pitkin tai yläjakeluna hyllyyn kiinnitetyillä pistorasioilla, josta syötöt otetaan käyttöön alasottoputkilla ja jatkojohdoilla tai pistorasiapylväillä. Tämä nopeuttaa laskentaa, koska asennuskorot pysyvät vakiona ja niitä ei tarvitse jatkuvasti vaihdella.

Sähköisillä laskentaohjelmilla pystyy myös siirtämään ohjelman laskemat paketit suoraan laskentaohjelmaan. Tästä syystä massojen koneelle syöttämiseen kulunut aika lyhenee huomattavasti. Tämä säästää kohteesta riippuen laskenta-aikaa 30 minuutista neljään tuntiin. Suurissa ja monimutkaisissa kohteissa jopa täysi työpäivä.

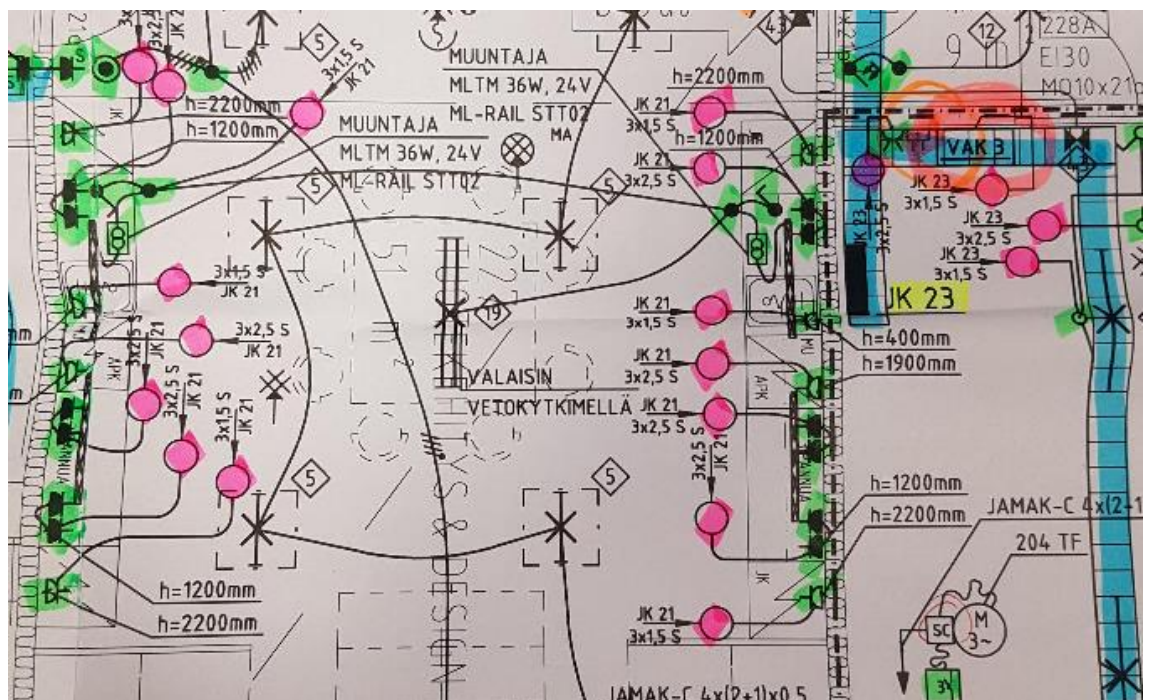
Laskennan mielekkyys

Perinteisellä tavalla laskeminen on itselleni mielekkäämpää. Koneella laskiessa pisteiden laskenta oli aavistuksen vaivattomampaa kuin perinteisellä laskentatavalla, mutta kaapelointia mitatessa tasosta tuli hyvin sekava ja oli vaikea tarkastaa, mitä oli laskettu, sillä kaapelointi peitti tasosta suuren osan. Kuvissa 6 ja 7 vertaillaan laskentatason selkeyttä keskenään yhden huoneen osalta sähköisellä laskentaohjelmistolla ja paperisena tasokuvana. Osasyynä mielekkyyden vertailun tuloksiin on vaikutusta sillä, että olen jo rutinoitunut käsin laskentaan, ja se on tuttu ja turvallinen tapa laskea urakat tarkasti.

Laskentaohjelmisto vaatisi hieman enemmän paneutumista ohjelman käyttöön, jotta siitä tulisi varmaa ja luontevaa. Lisäksi omien pakettien luomiseen olisi käytettävä työaika, jotta laskennasta saataisiin nopeaa. Ohjelmassa on sisällä tuhansia paketteja, jotka ovat tavallisessa laskennassa täysin turhia. Niiden helppo valitseminen valikosta on ensiarvoisen tärkeää, jotta laskenta pysyy nopeana ja mielekkäänä. Tämä ei kuitenkaan haittaa, jos laskentaohjelman säätöjen tekemiseen pystyy varaamaan riittävästi aikaa. Pitkällä aikavälillä säätöihin käytetty aika saadaan takaisin nopeutuneena urakoiden laske-
misella.



Kuva 3. Sähköisen laskentaohjelmiston laskentakuva merkintöineen



Kuva 4. Paperinen laskentakuva merkkauksineen

6 Laskettujen ja toteutuneiden materiaalikulujen vertailu

Lopuksi tehtiin tarkastelu vertaamalla toteutuneita materiaalikustannuksia laskennan aikaisiin. Vertailu tehtiin ainoastaan kalusteiden ja vahvavirtakaapeleiden osalta. Määrät saatiin keräämällä kaikki projektille kohdistetut ostolaskut ja etsimällä näistä tarvittavat kalusteet ja ryhmäjohtot. Havaittiin, että kalustemäärät täsmäsivät riittävällä tarkkuudella laskennanaikaisiin määriin. Kaapeloinnin osalta näin ei kuitenkaan ollut. Havaittiin, että kaapelia oli kulunut huomattavia määriä enemmän, kuin laskennasta saatu kaapelimäärä oli.

Urakka oli laskettu jo toiseen kertaan ja määrät olivat molemmilla kerroilla vertailukelpoisia keskenään. Täten kyseessä ei voi olla näppäily- tai laskentavirhe. Laskentavirheen sattuesssa urakasta on jätetty jotain laskematta, mitattu väärin tai joissain tapauksissa on sattunut arviointivirhe. Molemmilla kerroilla kaapelit mitattiin käyttämällä rissaa tai tietokoneella kaapelia seuraten. Laskentatulokset olivat vertailukelpoisia keskenään eli mitausvirheen mahdollisuuskin on olematon. Näppäilyvirheitä syntyy puolestaan silloin, kun laskentapapereista kirjataan tuloksia ohjelmaan. Näitäkin tapahtuu välillä kokeneimmillekin laskijoille. Yksittäinen näppäilyvirhekään ei silti selitä näin valtavaa puutetta kaapelimäärässä.

Kokonaisuudessaan ryhmäkaapeleita toimitettiin kohteeseen yli 4000 metriä enemmän kuin oli laskettu. Kohteeseen oli laskettu menevän ryhmäkaapeleita hieman yli 8000 metriä. Toteuma oli siis lähes 50 % yli laskettujen kaapelimassojen. Kyse ei ole mistään pienestä marginaalivirheestä. Kyseisen määrän asentaminen hyllylle vastaa kolmea henkilötyöviikkoa. Henkilötyöviikko tarkoittaa yhden asentajan täyttä työviikkoa, joka on 40 h.

Jäljelle jäävät vaihtoehdot ovat työmaalla liian pitkiksi jätetyt kytkentävarat, kaapeleiden katoaminen, kaapeleiden toimittamatta jättäminen ja kaapeleiden jyvittäminen väärälle projektille. Kohteessa määrä oli niin merkittävä, että yksikään edellä mainituista vaihtoehdoista ei tämän suuruiseen virheeseen yksinään riitä. Kytkentävarojen jättäminen on suotavaa, mutta välillä näkee tapauksia, että asennuksia varten on jätetty kaapelia kiepille nippusiteellä useita metrejä, vaikka puolen metrin pätkäkin olisi riittänyt. On ollut myös tapauksia, joissa tukkurin kuljettajat ovat itse kuitanneet lähetyksiä tai ovat kuitauttaneet lähetyksen toisen urakoitsijan työntekijällä, jos eivät ole välittömästi saaneet työmaan sähköurakoitsijan yhteyshenkilöä puhelimitse kiinni. Näitä puutteita on hyvin

työlästä ja jälkikäteen jopa mahdotonta selvittää etenkin, jos tavaraa on tullut kerralla runsaasti. Työmailla on yleisesti ottaen hyvin tiukka aikataulu ja toimitukset käydään usein läpi vain pintapuolisesti.

Loput vaihtoehtoista ovat, että joku taho on käynyt varastamassa työmaalta kaapeleita ja myynyt ne romukuparina tai käyttänyt omiin projekteihinsa. Viimeisin vaihtoehto on inhimillinen erehdys. Projektipäällikkö on voinut tilata oikeat tarvikkeet työmaalle, mutta laittanut tilausviitteelle väärän projektin numeron, jolloin kustannukset ovat jyvittyneet väärälle projektille.

7 Yhteenveto

Insinööriyössä tutkittiin sähköisen laskennan ja perinteisen paperilaskennan hyviä ja huonoja puolia ja sitä, kannattaako tilaajayrityksen siirtyä perinteisestä paperilaskennasta sähköiseen laskentaan. Insinööriyössä verrattiin laskennan nopeutta, tarkkuutta ja mielekkyyttä. Insinööriyössä tutkittiin myös, kuinka hyvin laskenta vastasi toteumaa. Tätä tutkittiin laskemalla yksi toteutunut urakkakohde ja verrattiin ensin sähköisellä laskentaohjelmistolla saatuja sähkömassoja urakkatarjouksen aikaisiin. Tämän jälkeen verrattiin projektille jyvitettyjä materiaaleja laskettuihin massoihin keräämällä tietokannasta kaikki projektille ostetut materiaalit ja etsimällä sieltä kalusteet ja vahvavirtakaapelit.

Työ alkoi perehtymisellä laskentaohjelmaan ja opettelemalla peruskäskyt, jotta laskenta päästäisiin aloittamaan. Perehtymisen jälkeen aloitettiin laskenta, jossa keskityttiin sähköpisteiden ja vahvavirtakaapeleiden laskemiseen ja vertailuun. Työn tuloksena saatiin kattava kuva sähköisen laskennan hyvistä ja huonoista puolista. Lisäksi voidaan todeta sähköisen laskennan olevan yhtä tarkkaa laskentaohjelmalla kuin paperikuvista käsin laskemalla. Ohjelman käyttö ja varsinkin kaapeleiden mittaaminen tuntui hankalalta. Säättöjä asennustapojen, korkojen ja kaapelityyppien välillä joutuu jatkuvasti tekemään laskennan edetessä. Tämä tekijä yhdessä kompaktin pakettiluettelon puuttumisen kanssa laskee ohjelman käyttömukavuutta huomattavasti.

Työn alussa minulla oli hyvinkin positiivinen kuva sähköisestä laskennasta. Tämä käsitys kuitenkin mureni hyvin nopeasti työn edetessä. Laskennan aikana huomasin, että sähköiset laskentaohjelmat on suunnattu ennemminkin yksinkertaisiin toimistotiloihin ja asuntokohteisiin, joissa pisteet on sommiteltu identtisiin ryhmiin ja joissa ryhmäkaapelointi on yksinkertaista, kaapelin asennustyyppi ei vaihdu jatkuvasti ja ryhmäkaapelointi

tapahtuu lähellä jakokeskusta. Näin ei kuitenkaan laskemassani kohteessa ollut. Sähköinen laskenta soveltuu kuitenkin useimpiin tarjoamiimme kohdetyyppeihin. Tästä syystä olemme päättäneet aloittaa sähköisen laskennan kokeilujakson varmistuaksemme sen paremmuudesta tietyin tyyppisissä kohteissa.

Laskennan tarkkuuden tarkastelu toteutuneisiin materiaalimenekkeihin jäi vielä hieman hämärän peittoon. Ryhmäkaapelointien puuttumisen syytä ei työn aikana saatu selvitettyä. Muuten työn tavoitteet savutettiin hyvin. Yritys sai kattavan analyysin sähköisen laskennan tarkkuudesta ja kannattaisiko sähköiseen laskentaan siirtyä ja olisiko se taloudellisesti kannattavaa. Yritys sai myös tietoa siitä kannattaako kytkentävaroja ja lähetyksiä seurata tulevissa projekteissa tarkemmin, jotta laskennanaikaiset materiaalit vastaisivat paremmin toteumaa.

Lähteet

- 1 Saastamoinen, 2014 Sähköurakoitsijan tarjouslaskenta. Suomi: Sähköinfo Oy s. 6
- 2 Oksanen, Antero;Laine,Ville& Kaskiaro,Kim. 2011, Urakkasopimukset: Hämeenlinna:CC Lakimiesten kustannus
- 3 YSE 1998 44 § s. 10
- 4 Verkkoaineisto <http://kauppa.sahkoinfo.fi/product/group/65>
- 5 YSE 1998 s. 3
- 6 YSE 1998 s. 3
- 7 Klementjeff, Larsén, Lehtonen, 2002 Urakoitsijan YSE-opas: Tammer paino, s.99
- 8 Sähkömaailma 5/2009
- 9 Sähköistys- ja sähköasennusalan työehtosopimus 2018-2020 s. 128
- 10 Sähköistys- ja sähköasennusalan työehtosopimus 2018-2020 s. 131