

Riku Mäensivu

# Sähköisen määrälaskennan hyödyntäminen LVI-tarjouslaskennassa

Opinnäytetyö  
Talotekniikka

2020



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Riku Mäensivu	Insinööri (AMK)	Huhtikuu 2020
<b>Opinnäytetyön nimi</b>  Sähköisen määrälaskennan hyödyntäminen LVI-tarjouslaskennassa		50 sivua 10 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>  Are Oy		
<b>Ohjaaja</b>  Jarmo Tuunanen		
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Tutkimustyön aiheena oli selvittää sähköisen määrälaskennan nykytilannetta LVI-alalla. Tavoitteena oli saada kattava näkemys sähköisen määrälaskennan käyttömahdollisuuksia LVI-urakoinnissa. Sähköisen määrälaskennan tarkkuutta, tehokkuutta, ajankäyttöä sekä kustannuksia vertailtiin perinteiseen laskentamenetelmään. Sähköisen määrälaskennan tarkoituksena on tehostaa työntekijöiden työtä sekä tarkentaa määräluetteloiden tarvikemääriä.</p> <p>Tutkimuksessa määrälaskenta toteutettiin sekä käsinlaskentamenetelmällä että sähköisellä laskentamenetelmällä. Sähköisen määräluettelon luomisessa käytettiin MagiCAD-suunnitteluohjelmistoa. Kummallakin laskentamenetelmällä luotuja määräluetteloita vertailtiin keskenään ja näin saatiin tulokset sähköisen menetelmän tarkkuudesta. Määrälaskenta tehtiin kolmesta eri tutkimuskohteesta.</p> <p>Työn tuloksien perusteella todettiin, että tarvikemäärät olivat tarkkoja sähköisellä laskentamenetelmällä. Ajankäytöllisesti sähköinen määrälaskenta oli paljon nopeampaa ja tehokkaampaa kuin perinteinen määrälaskenta. Sähköisellä määrälaskennalla kustannukset laskevat, koska suurin osa määrälaskennan kuluista syntyy työntekijöiden käytetyistä työtunneista. Työn tuloksena sähköinen määrälaskenta otettiin laajempaan käyttöön toimeksiantajayrityksessä.</p>		
<b>Asiasanat</b>  määrälaskenta, tarjouslaskenta, lvi		

Author (authors)	Degree	Time
Riku Mäensivu	Bachelor of Engineering	April 2020
<b>Thesis title</b>		50 pages 10 pages of appendices
Utilization of electronic quantity calculation in HVAC offer calculation		
<b>Commissioned by</b>		
Are Oy		
<b>Supervisor</b>		
Jarmo Tuunanen		
<b>Abstract</b>		
<p>The subject of this thesis was to find out the present situation of electronic quantity calculation in HVAC field. The objective was to get a clear idea how widely it could be utilized in HVAC contracting. The exactness, effectiveness, use of time and costs of electronic quantity surveying were compared to traditional manual calculation method. The purpose of electronic quantity surveying is to increase the productivity of the offer calculator's work and specify utensil numbers in the quantity lists.</p> <p>In this thesis quantity surveying was executed by using both the manual calculation method and the electronic calculation method. The quantity list was made by using MagiCAD design software, with which it was possible to import automatic quantity lists. The quantity lists created by both calculation methods were compared with each other and this way the results of the exactness of the electronic method were obtained. The quantity calculation was made in three different research subjects.</p> <p>Based on the results of this thesis it can be stated that the number of accessories was exact with an electric calculation method. In terms of time used, the electronic quantity surveying was much quicker and more efficient than the traditional manual quantity surveying. With the electronic quantity surveying the costs decreased because most of the costs of quantity surveying arise from the hours worked by employees. The electronic quantity surveying was brought into wider use in the company as a result of the work.</p>		
<b>Keywords</b>		
quantity surveying, offer calculation, hvac		

# SISÄLLYS

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 TARJOUSLASKENTA .....	8
2.1 Tarjouspyynnön arviointi .....	9
2.2 Kustannusten määrittely .....	10
2.2.1 Materiaalikustannukset .....	10
2.2.2 Työkustannukset.....	11
2.2.3 Hintatarjoukset laitteista .....	11
2.2.4 Alihankinnat .....	11
2.2.5 Erilliskustannukset .....	12
2.3 Tarjoushinnan määrittely .....	12
2.4 Tarjouksen laadinta .....	12
2.5 Urakkaneuvottelu ja – sopimus.....	13
2.6 Tarjouksen jälkilaskenta .....	13
3 MÄÄRÄLASKENTA .....	14
3.1 Määrälaskennassa käytetyt menetelmät.....	15
3.1.1 Käsinlaskentamenetelmä.....	15
3.1.2 Laskentaohjelmat.....	16
3.2 Määrälaskennan nykytilanne .....	16
3.2.1 Valmis määräluettelo .....	17
3.2.2 Määräluetteloiden pilottihanke .....	18
4 MÄÄRÄLASKENNAN TOTEUTUS .....	19
4.1 Määrälaskennan valmistelu .....	20
4.2 Määrälaskenta käsinlaskentamenetelmällä .....	21
4.3 Sähköinen määrälaskenta .....	23
4.3.1 MagiCAD-suunnitteluohjelmisto.....	23
4.3.2 Oletusarvoisen määrälistan luominen.....	24

5	TULOKSET JA VERTAILU .....	28
5.1	Tarvikemäärät .....	28
5.2	Laskenta-aika .....	33
5.3	Laskentamenetelmien vertailu .....	34
5.3.1	Tarkkuus .....	34
5.3.2	Ajankäyttö ja tehokkuus .....	35
5.3.3	Kustannukset .....	36
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	37
	LÄHTEET .....	39

## KUVALUETTELO

## LIITTEET

Liite 1. Käsinelaskennan osaluettelo

Liite 2. Tutkimuskohteiden kootut tarvikemäärät

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

<b>3D</b>	<i>3-dimensional</i> kolmiulotteinen.
<b>BIM</b>	<i>Building information model</i> Rakennuksen tietomalli.
<b>CAD</b>	<i>Computer-aided desing</i> Tietokoneavusteinen suunnittelu
<b>DWG</b>	<i>Drawing</i> Autodeskin omistama tiedostomuoto Autocad-ohjelmalle.
<b>EPJ</b>	MagiCAD-ohjelmiston omistama tiedostomuoto projekteille.
<b>IFC</b>	<i>Industry Foundation Classes</i> Avoin tiedonsiirtostandardi.
<b>IV</b>	Ilmanvaihto
<b>JCAD</b>	Jidea Oy:n rekisteröimä määrälaskentaohjelmisto.
<b>LVI</b>	Lämpö-, vesi-, ilmastointi
<b>Objekti</b>	Suunnitteluohjelmistossa yksittäisiä osia kuvataan objekteina.
<b>TATE18</b>	Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo 2018.
<b>YSE 1998</b>	Yleiset sopimusehdot 1998.
<b>YTV2012</b>	Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

## 1 JOHDANTO

Talotekniikka-alan yritykset ovat viime vuosien aikana ottaneet askeleita kohti sähköisempää toimintaympäristöä. Tämän myötä työtapoja on kehitettävä myös työntekijöiden toiminnassa digitaalisempaan suuntaan. Tarvittavia työkaluja on olemassa, mutta niiden käyttö on vähäistä. Oleellista kehityksen kannalta on järjestelmien hallitseminen ja niiden käytön oppiminen.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää ja vertailla sähköisen määrälaskennan hyötyjä perinteiseen käsinlaskentamenetelmään verrattuna. Lisäksi tavoitteena on selvittää mahdolliset ongelmakohdat ja etsiä niihin ratkaisut. Määrälaskennan tärkeyden ymmärtämiseksi, työssä kuvataan LVI-tarjouslaskentaprosessin eri vaiheet. Sähköisen määrälaskennan tarkoituksena on tehostaa tarjouslaskijoiden työtä sekä tarkentaa määräluetteloiden tarvikemääriä. Sähköinen määrälaskenta toteutetaan käyttämällä MagiCAD-suunnitteluohjelmistoa. Markkinoilla on useita muitakin ohjelmistoja tähän tarkoitukseen, mutta aiheen rajauksen takia ne on jätetty tarkoituksellisesti pois. Tutkimuksen laajuutta rajataan myös laskettavien tutkimuskohteiden lukumäärällä. Tutkimuksen jälkeen tarkoituksena on luoda toimeksiantajayritykselle ohjeistus sähköisestä määrälaskennasta tarjouslaskennan tueksi. Sähköisessä määrälaskennassa kehittämisen taustalla on Lean Construction – periaate tehdä asioita paremmin, tarpeenmukaisesti ja ilman turhaa hävikkiä, eli ylimääräistä työtä. [1, s. 2.]

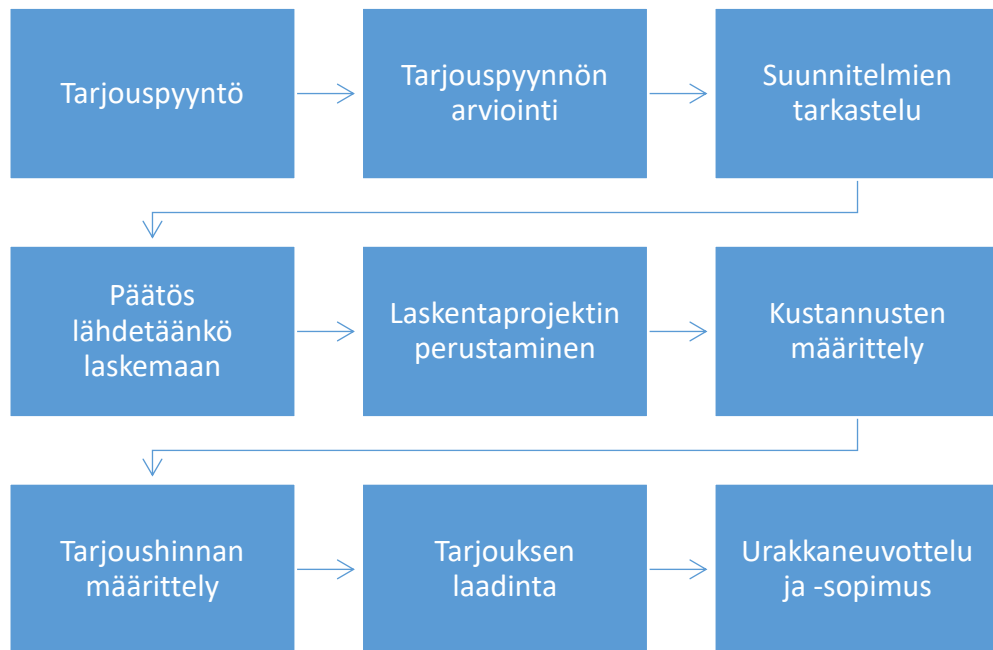
Opinnäytetyön toimeksiantajayrityksenä on Are Oy, joka tarjoaa talotekniikan ratkaisuja ja palveluita Suomessa, Ruotsissa ja Pietarin alueella Venäjällä. Are Oy työllistää kokonaisuudessaan noin 3200 työntekijää. Yrityksen tarjoamiin palveluihin kuuluu talotekniikan kaikki osa-alueet uudisrakentamisesta korjausrakentamiseen ja rakennusten ylläpitoon ja huoltoon. Yritys on perustettu vuonna 1913, jolloin se teki pelkästään putkiasennuksia ja toimi nimellä A. Onninen. Toimintaa kehitettiin sen jälkeen 1990-luvulle asti, jolloin muodostettiin Onvest-konserni, johon Are Oy kuuluu. 2000-luvulla Aren toiminta on laajentunut kiinteistön koko elinkaaren kattaviin palveluihin. Yrityksen strategiana on kehittää ja kasvattaa toimintaa entisestään. Asiakaslähtöisyys on eräs Aren kulmakivistä, ja tämä näkyy yrityksen asiakastyytyväisyydessä. Vuonna 2018 Aren liikevaihto oli 397 miljoonaa euroa. [2.]

## 2 TARJOUSLASKENTA

Talotekniikan saralla on jo pitkään ollut kova kilpailutilanne urakoiden saamisen suhteen, eikä näköpiirissä ole kilpailun vähenemistä. Tarjouslaskenta on eräs yrityksen suurimmista kilpailukyvyyn mittareista, jonka takia yrityksille on elintärkeää pystyä muodostamaan kilpailukykyisiä sekä riittävän tarkkoja tarjouksia. Tämän edellytyksenä on, että yrityksen tarjouslaskenta on toimivaa ja luotettavaa. Virheisiin ei ole varaa, koska muuten jäävät toteutettavaksi vain sellaisia kohteita, joiden käyttökate jää turhan alhaiseksi. [3, s. 3.]

Tarjouslaskennalla tarkoitetaan siis prosessia, jossa urakoitsija määrittää tarjottavan urakan tarjoushinnan. Tarjouslaskennan tavoitteena on saada sellaisia toimeksiantoja, jotka ovat yritykselle tuottavia. Se ei pelkästään riitä, että tarjouspyyntö hyväksytään ja työ saadaan sujuvasti tehtyä, vaan työn pitää tuottaa yritykselle rahallista tulosta. Tarjotuista töistä vain pieni osa johtaa tilaukseen. Tämä tarkoittaa sitä, että laskentaan ei ole kannattavaa käyttää turhia resursseja. Ohi menneet työt, eli ne työt, joista on jätetty tarjous, mutta ei ole saatu tilausta, eivät ole yritykselle tuottavia.

Tarjouslaskentaa voidaan ajatella prosessina, jossa on määrätyssä järjestyksessä suoritettavat vaiheet. Jotta prosessi onnistuisi ongelmitta, on jokainen vaihe suoritettava huolellisesti. Laskennassa tehdyt laiminlyönnit voivat johtaa virheeseen. Virheellinen lopputulos voi johtaa kilpailun häviämiseen tai vastavasti yritys saa työn, jota ei ole mahdollista saada kannattavaksi. Tarjouslaskentaprosessin vaiheet on esitetty kuvassa 1. [3, s. 17.]



Kuva 1. Tarjouslaskentaprosessin vaiheet [6, s.17]

## 2.1 Tarjouspyynnön arviointi

Tarjouslaskenta lähtee liikkeelle tarjouspyynnin arvioimisella. Tarjouspyynnön arvioimisessa tarkoituksena on selvittää mitä on oleellista tietää tarjouksen jättämisestä varten. Tärkeää on miettiä mitä tarjouksen jättäminen yritykselle merkitsee ja onko työtilanne sellainen, että tarjouksen laskeminen on tarpeellista. Jos yrityksellä ei ole tarjouksessa pyydetyn urakan alkamishetkellä resursseja työn totuttamiseen: sitä ei kannata laskea. [3, s. 18.]

Arviointivaiheessa on syytä myös tarkastella suunnitelmien sisältöä. Niiden pohjalta voidaan arvioida, onko kohde toteutuskelpoinen. Esimerkiksi kaupallisissa asiakirjoissa voi olla joitakin ehtoja, joihin yritys ei voi sitoutua. Lisäksi LVI-suunnitelmissa voi olla paljon ristiriitoja työselostuksen kanssa, jolloin tarjouksen laskeminen on työlästä.

Tarjouspyynnön arvioimisessa pitää ottaa myös huomioon tarjouksen lähettäjä, josta voi muodostua potentiaalinen yhteistyökumppani. Potentiaalinen yhteistyökumppani on sellainen, jonka kanssa on aikaisemmin tehty onnistuneesti töitä ja joka todennäköisesti käyttää yrityksen palveluita jatkossa. Asiakas, jonka tiedetään tarvitsevan jatkuvasti yrityksen palveluita, on myös potentiaalinen kumppani. Tilanteessa, jossa kysely on tullut jonkun läheisen henkilön kautta, on tärkeää suhtautua tarjoukseen erityisellä tarkkuudella. Tarjouskyselijä voi olla myös

entuudestaan tuntematon, jolloin on syytä olla tarkkana. Joissain tapauksissa kyselyn lähettäjä saattaa vain kilpailuttaa urakkahintaa toisten yritysten kautta, vaikka käyttääkin urakan toteuttamiseen omaa vakiotoimittajaansa. [3, s. 18.]

Yllä lueteltujen asioiden perusteella voi helposti huomata, että tarjouspyyntöä pitää arvioida varsin laajasti. Päätöksentekoon on syytä osallistua useita eri henkilöitä, jotta saadaan mahdollisimman monta näkökulmaa tarjousta koskien. Kun päätös tarjouksen laskemisesta tehdään, on siitä hankala perääntyä. Lisäksi on muistettava, että tehty tarjous on aina sitova. Jos kuitenkin käy niin, että yritys päättää olla osallistumatta tarjouksen laskemiseen, on se tehtävä hyviä tapoja noudattaen. Kohteliasta on ilmoittaa tarjouskyselyn lähettäjälle suoraan asiasta tai sitten voidaan jättää niin suuri tarjous, jota asiakkaan ei ole kannattavaa hyväksyä. [4, s. 68–70.]

## **2.2 Kustannusten määrittely**

Suurin työ tarjouslaskennassa on materiaali- ja työkustannusten määrittäminen. Kustannusten määrittelyssä tarkkuus on ratkaiseva tekijä. Kustannukset kannattaa määrittää laskemalla asiakirjoista tarkasti tarvikemäärät ja kuluva työaika projektille, jolloin päästään hyvään laskentatarkkuuteen. [3, s. 23.] Jos kustannukset määrittelee niin sanotusti hihasta, erehtymisen riski voi olla hyvinkin suuri. Hiinhinta on eräänlainen intuitiivinen menetelmä arvioida tarjousta kokemuksen perusteella vertaamalla sitä samanlaisiin jo tehtyihin projekteihin [5, s.120–122]. Tarvikemäärien laskenta on esitetty luvussa 3.

### **2.2.1 Materiaalikustannukset**

Materiaalikustannuksiin laskettavat materiaalit, eli putket, venttiili, kalusteet, voidaan määritellä muutamilla eri tavoilla. Yksinkertaisin tapa on laskea materiaaleille hinnat sopimustoimittajan kuvastosta tai verkkosivuilta yksitellen, josta saadaan materiaalien kokonaiskustannukset. Tätä tapaa on kannattavaa käyttää vain hyvin pienissä projekteissa, joissa materiaalia on hyvin vähän ja ne ovat kaikki saatavana suoraan tukkuliikkeen varastosta. Toinen tapa on laittaa tukkuliikkeen myyntihenkilölle materiaaliluettelo ja kysyä tarjousta materiaaleille. Tällä tavalla tarjouslaskija säästää aikaa merkittävästi, kun ei tarvitse laskea hintaa jokaiselle tarvikkeelle erikseen.

Nykyaikana käytössä on lukuisia tarjouslaskentaohjelmia, jotka on luotu helpottamaan materiaalikustannusten määrittämistä. Tarjouslaskentaohjelmisto sisältää valmiiksi sopimuskumppanien materiaalien hinnat ja sen hetkisen talotekniikka-alan työehtosopimuksen mukaiset työajat. Nämä yhdessä helpottavat ja nopeuttavat materiaali- ja työkustannusten määrittämistä.

### **2.2.2 Työkustannukset**

Työkustannusten määrittelyssä on suositeltavaa käyttää voimassa olevan työehtosopimuksen mukaisia työaikoja tarvikkeiden asennuksille. Työehtosopimuksesta on määriteltä, miten kauan yhden tarvikkeen asennukseen kuluu aikaa, jonka perusteella voidaan laskea tarjottavaan projektiin kuluva aika. Työkustannuksia määritellään usein myös kokemuspohjaisella menetelmällä. Kokeneella projektinjohtajalla tai tarjouslaskijalla on näkemys siitä, kuinka kauan aikaa menee määrätyn tarvikkeen asennukseen, ja voi näin määrittää työhön kuluva kokonaisajan.

### **2.2.3 Hintatarjoukset laitteista**

Lähes aina urakkaan sisältyy joitain laitteita, joista on tarvetta kysyä hintatarjouksia. Hintatarjoukset kysytään suurimmaksi osin laitteiden valmistajilta sähköisinä tarjouspyyntöinä. Tarjouspyyntöjä laitetaan yleensä suurimmista laitteista, joita ei löydy suoraan tukkuliikkeiden varastoista. Näitä voivat olla esimerkiksi ilmanvaihtokoneet, huippuimurit, lämmönjakokeskukset sekä varaajat. Tarjouspyyntö on syytä lähettää mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jotta valmistajat ehtivät tekemään tarjouksen kohtuullisessa ajassa.

### **2.2.4 Alihankinnat**

Usein urakoitsija ei kykene tekemään kaikkia töitä, joita tarjouspyyntö velvoittaa. Tällaisessa tilanteessa urakoitsija voi hyödyntää alihankkijoita, jotka ovat erikoistuneet juuri näihin töihin. Alihankintoja ovat muun muassa erikoismittaukset, putkien eristykset ja nuohoukset. Alihankintoja kysyttäessä on tarpeellista tietää tarjottavan urakan alustava aikataulu, jotta alihankkija on tietoinen tehtävän työn ajankohdasta ja on näin varannut resursseja sille ajalle. Alihankintoja ei tarvitse huomioida, jos yritys pystyy tekemään näitä töitä omalla työvoimallaan.

### 2.2.5 Erilliskustannukset

Urakan kokonaiskustannusten määrittämisessä on otettava huomioon myös muita kustannuksia, joita edellytetään urakan loppuunsaattamiseen. Urakkaan sisältyy usein sellaisia kuluja, joita ei voida määrittää urakkahinnoittelulla. Esimerkkinä voidaan todeta purkutyöt, joille ei ole olemassa valmiiksi määriteltä urakkahinnoittelua, vaan kustannukset on määriteltävä kokemusperäisesti. Muita erilliskustannuksia ovat aputyöt, ylityöt, kuljetukset ja varastointi, vakuutukset, suunnittelu, tarkastukset, takuutyöt, jälkityöt, sosiaalikustannukset sekä työkohteen sijainnista johtuvat kustannukset. Tällaisten töiden osuus tavanomaisessa rakennuskohteessa on suuruusluokaltaan noin 20–25 %. [3, s. 34.]

### 2.3 Tarjoushinnan määrittely

Tarjouksen kokonaishinta määritetään lisäämällä tarjouslaskijan määrittelemä kate laskettujen kustannusten ja erilliskustannusten päälle. Katetarve määräytyy yritys- ja tapauskohtaisesti. Urakkatarjouksen hinnan määrittämisessä on lisäksi huomioitava mahdolliset riskit ja kustannusnousuvaraukset, jotta pysytään budjetissa. Budjetti osoittaa minimikatteen johon hintaa määrittäessä on päästävä. [3, s. 42.]

Hinnoittelussa joudutaan joskus käyttämään osahinnoittelua, joka tarkoittaa sitä, että kokonaishinta on jaettu osiin erillisen tarjouksaavakkeen mukaisesti. Tämä on yleinen muoto tarjousta pyydetäessä, koska tällöin tilaajalla on optio jättää joitakin työvaiheita pois. Osahintojen edellytyksenä on se, että niitä ei voida laskea, mikäli kyseinen kokonaisuus jätetään pois. [3, s. 43.]

Kokonais- ja osahinnoittelun lisäksi on olemassa yksikköhinnoittelu, jossa määritellään erilliset kappale- tai metrihinnat. Tätä tapaa käytetään yleensä pienien muutostöiden kohdalla. [3, s. 44.]

### 2.4 Tarjouksen laadinta

Tarjous laaditaan hinnoittelulla saatujen tietojen pohjalta. Tarjous on ilmoitus hinnasta, millä urakoitsija on valmis tekemään tarjouspyynnössä esitetyt työt. Tarjouksen laadinnassa määritellään ehdot, kuten toimitusaika, maksuehto, voimassaoloaika sekä sopimusehdot. Lisäksi yksityishenkilöille tehtävässä tarjouksessa

on ilmoitettava arvonlisäveron sisältävä kokonaishinta. Ehdoista poikkeaminen esimerkiksi maksuehtojen osalta tulee olla määritelty tarjouksessa. Ennen tarjouksen lähettämistä asiakkaalle on varmistettava, että se sisältää kaikki projektin toteutuksen kannalta olennaiset tekniset ja taloudelliset seikat. [3, s. 47–52.]

Tarjous lähetetään määräaikaan mennessä tarjouksen pyytäjälle, joko sähköpostitse tai suljetussa kirjekuoressa. Huoliteltu tarjouskirjeen ulkoasu jättää hyvän kuvan yrityksestä. Kun tarjouskirjeestä löytyy yrityksen nimen lisäksi yhteystiedot, yrityksen logo, y-tunnus ja kaupparekisterinumero, antaa se kuvan laadukkaaseen työhön tähtäävästä yrityksestä. [3, s. 51–52.]

Urakkatarjouksen sitovuus alkaa siitä hetkestä, kun tarjouksen saaja on saanut tiedon sen sisällöstä. Tässä kohtaa tarjous voidaan peruuttaa ainoastaan erityisestä syystä. Tarjouksen antaja on lähtökohtaisesti vastuussa tarjouksen sisällöstä virheistä. [3, s. 52.]

## **2.5 Urakkaneuvottelu ja – sopimus**

Urakkatarjouksen hyväksyminen johtaa urakkaneuvotteluihin. Urakkaneuvottelu on tilaajan ja urakoitsijan välinen neuvottelutilanne, jossa käydään läpi sopimuksen lopulliset asiat. Urakkaneuvotteluihin pääseminen ei siis takaa, että lopullinen sopimus syntyy. Tilaaja saattaa tässä vaiheessa esittää tarkentavia kysymyksiä, joihin urakoitsijan tulee osata vastata. Urakkaneuvottelutilanteesta on suotavaa tehdä muistiinpanoja, jotta voidaan myöhemmin olla varmoja siitä mitä on sovittu. [3, s. 53–54.]

Kun sekä tilaaja että tarjouksen jättänyt urakoitsija pääsevät yhteisymmärrykseen sopimuksen sisällöstä, voidaan tehdä lopullinen sopimus. Tämän jälkeen jäljellä on vielä sopimusten allekirjoittaminen. Allekirjoituksen saa tehdä vain siihen oikeutettu yrityksen edustaja, joten henkilön oikeus allekirjoitukseen on myös syytä tarkistaa. [3, s. 54.]

## **2.6 Tarjouksen jälkilaskenta**

Työn valmistumisen jälkeen olisi suotavaa tehdä tarjouksen jälkilaskenta, jonka tarkoituksena on tarkistaa tehdyn työn taloudellinen onnistuminen. Tällä tavoin

pyritään kehittämään yrityksen tarjouslaskennan tarkkuutta ja paikkansapitävyyttä. Jälkilaskennan avulla saadaan tietoa tarjouslaskennan paikkansapitävyydestä määrien ja hintojen suhteen. Keräämällä kustannustietoa useammasta kohteesta samoin periaattein saadaan tilastollista tietoa kustannustehokkuudesta. [6, s. 45–46.]

Jälkilaskenta tapahtuu vertailemalla suunniteltuja kustannuksia toteutuneen työn kustannuksiin. Samalla kun verrataan työ- ja materiaalikustannuksia, voidaan vertailla toteutuneita määriä laskettuihin määriin. Lisäksi voidaan arvioida muutostöiden vaikutusta tarjottuun urakkahintaan. Jälkilaskentaa voidaan tehdä jo hankkeen toteutuksen aikana, joka helpottaa tarjouksen jälkilaskentaa työn valmistuttua. [6, s. 45–47.]

### **3 MÄÄRÄLASKENTA**

Määrälaskenta - jota usein kutsutaan myös massoitteeksi - kuuluu osaksi kustannusten määrittelyä. Määrälaskenta on se työvaihe, jossa tarjouslaskija laskee työhön tarvittavat tarvikkeet suunnitelmien pohjalta. Näitä tarvikkeita ovat esimerkiksi suunnitelmiin piirretyt putket, kanavat, kojeet sekä päätelaitteet. Määrälaskennan tarkoituksena on saada tarkka määrä asennettavista tarvikkeista, jotka otetaan huomioon tarjoushintaa laskettaessa.

Määrälaskenta on olennainen osa tarjouslaskentaa, ja hyvin tehtynä se helpottaa myös työn toteuttamista. Jos urakoitsija pääsee tilaajan kanssa sopimukseen ja työ saadaan yritykselle, on tarvikkeiden uudestaan laskeminen turhaa resurssien käyttöä. Tästä syystä määrälaskentavaiheessa luodut osaluettelot kannattaa pitää hyvin tallessa.

Tarjouslaskentavaiheessa kappalemäärien laskemiseen kuluu aikaa jopa 70–80 % tarjouksentekoaajasta [7]. Määrälaskentaan käytetyn ajan minimointi tuo huomattavia säästöjä yrityksen toimintaan. Tarjouslaskentaan käytetty aika on aina huomioitu lopullisen tarjouksen hinnassa, joten ihan työn tilaajan kannalta on hyödyllistä saada tarjouslaskentavaiheeseen käytettyä aikaa minimoitua.

Määrälaskennan aloittaminen tulee aina aloittaa lukemalla huolellisesti työselostukset ja kaupalliset asiakirjat. YSE 1998 (Yleiset sopimusehdot 1998) määrittelee asiakirjojen pätevyysjärjestyksen. Tämä on syytä ottaa huomioon määrälistaa tehdessä.

### **3.1 Määrälaskennassa käytetyt menetelmät**

Määrälaskentaa voidaan toteuttaa muutamalla eri menetelmällä. Menetelmän valinta riippuu hyvin paljon projektin suuruudesta ja suunnitelmien laadusta. Usein pienemmissä projekteissa tarjouskyselyvaiheessa urakoitsijoille toimitetaan suunnitelmat paperisena tai sähköisenä PDF-muodossa. Tällöin määrälaskentaa on paras tehdä perinteisellä käsinlaskentamenetelmällä. Suuremmissa projekteissa voidaan hyödyntää ohjelmistoja, jotka laskevat määriä sähköisistä suunnitelmista.

#### **3.1.1 Käsinlaskentamenetelmä**

Käsinlaskentamenetelmässä tarjouksen laskija laskee tarvikemäärät paperisista kuvista ja tekee niistä määräluettelon joko paperille tai Excel-pohjaisiin laskenta-kaavakkeisiin. Käsinlaskentaa voidaan tehdä monella eri tavalla, ja jokainen tarjouslaskija muodostaa mieleisensä tavan. Periaatteena laskenta on kuitenkin samanlaista; lasketaan putket tai kanavat metrimääräisesti ja osat sekä laitteet kapalemääräisesti. Tarjouslaskija mittaa suhdeviivaimella putkimetrit suunnitelmien mittakaavan mukaisesti, joka yleensä on 1:50. Laskennan helpottamiseksi tarjouslaskijan on hyvä värittää tussilla jo lasketut tarvikkeet paperiseen suunnitelmaan, jotta samaa osaa ei laskettaisi vahingossa toista kertaa. Eri järjestelmät on hyvä merkitä eri värisellä tussilla kuvien lukemisen helpottamiseksi.

Jos määrälaskennassa päädytään käsinlaskentamenetelmään, on aluksi tarpeellista saada paperisessa muodossa olevat LVI-suunnitelmat. Urakkaohjelmassa on kerrottu, kuka on vastuussa suunnitelmien toimittamisesta. Usein tilaaja on velvollinen toimittamaan paperiset suunnitelmat urakoitsijalle [8, s. 5]. Joissain tapauksissa näin ei ole, ja tällöin urakoitsijan on kustannettava ne itse.

Käsinlaskennan avuksi on kehitetty erilaisia apuvälineitä, esimerkiksi digitaalinen karttamittari, jonka avulla pystytään mittaamaan etäisyyksiä paperisista suunnitelmista.

### 3.1.2 Laskentaohjelmat

Määrälaskentaan erikoistuneilla laskentaohjelmilla, esimerkiksi JCAD, voidaan laskea määriä sähköisessä muodossa olevista suunnitelmista. Suunnitelmat voivat olla joko PDF-, DWG- tai JPG-muodossa. Laskentaohjelmissa määrälaskentaa tehdään valitsemalla hiirellä järjestelmän eri osuuksia, jolloin ohjelma laskee valitun putkiosuuden pituuden. Samalla tavalla ohjelma pystyy laskemaan muiden tarvikkeiden määrät ja luo niistä valmiin määräluettelon. [9.]

Suunnittelijat suunnittelevat rakennuskohteita yhä useammin tietomallinnuksella. Tietomallinnetuissa kohteissa määrälaskennan manuaalinen mittaaminen voidaan korvata 3D-mallien tietokoneavusteisella mittauksella. Ohjelma luo laskentakomennon avulla valmiin määräluettelon tarjouslaskijan käytettäväksi. Tietomallipohjaista määrälaskentaa voi hyödyntää talotekniikan jokaisella osa-alueella. [10, s. 5.]

### 3.2 Määrälaskennan nykytilanne

Vielä tänäkin päivänä määrälaskentaa tehdään paljon perinteisellä käsinlaskentamenetelmällä. Määrälaskennan vieminen sähköisempään suuntaan onkin ollut polttavana aiheena jo useampien vuosien ajan. Todellisuudessa sähköisten määräluetteloiden käyttö on ollut mahdollista jo noin 20 vuoden ajan, mutta niiden käyttöönotto on ollut sopimusteknisistä syistä hidasta. Jopa talotekniikan alan liitot ovat luoneet suosituksia sähköisten laskentaohjelmien hyödyntämiseksi. Siitä huolimatta määrälaskenta ei lähtenyt kasvamaan sähköisempään suuntaan. [11.]

Määrälaskentaa helpottavien ohjelmistojen käyttö on käsin laskettavaa määrälaskentaa vähäisempää. Tämä johtuu usein siitä, että ohjelmistojen käytöstä ei ole yrityksessä tarpeeksi osaamista tai niistä ei ole yksinkertaisesti yrityksillä tietoa. Ohjelmistot ovat pääosin helppokäyttöisiä ja niiden käyttöönottoon on olemassa lukuisia ohjeita.

### 3.2.1 Valmis määräluettelo

LVI-suunnittelijat käyttävät pääosin työssään suunnitteluohjelmistoja, joissa piirretyt putkistot ja materiaalit esiintyvät tiedostossa eri objekteina. Näille objekteille on määritelty omat tiedot, joiden perusteella ne erottuvat toisista objekteista. Näitä tietoja on esimerkiksi objektin koko, materiaali, pituus ja mahdolliset lisätiedot, kuten vaikka putkien eristyspaksuus. Nämä ovat samoja tietoja, jota jokainen tarjouslaskija ottaa huomioon tarjouslaskennan määrälistaa tehdessään. Suunnitteluohjelmistoissa nämä tiedot ovat kuitenkin tiedostossa itsessään valmiina. Nämä tiedot pystytään tuomaan suunnitelmasta suoraan yhtenä luettelona, jota kutsutaan valmiiksi määräluetteloksi. Suunnittelija pystyy siis tuomaan suunnitellut määrät suoraan ohjelman kautta erillisenä listana, jota urakoitsija pystyisi hyödyntämään tarjouslaskennassa. Tämä ei kuitenkaan ole vielä nykyään standardisoitu käytäntö. Todellisuudessa määrälistoja hyödynnetään vain pienessä osassa rakennushankkeita.

BuildinSMART Finland talotekniikan toimialaryhmän vuoden 2015 projektina oli saada määrälistat urakoitsijoiden käyttöön. Asiaa jarruttaa edelleen vuonna 2020 kysymys määräluettelon sisällön vastuusta. Määräluetteloiden toimittaminen taloteknisistä suunnitelmista ei ole teknisesti hankalaa, kunhan pystytään sopimaan, mitä tietoa tuotetaan, mikä on tarkkuustaso ja millä alkutiedoilla se on tuotettu. Ratkaistavia asioita ovat enimmäkseen juridiset asiat, kuten mitä siinä vaiheessa tehdään, kun määräluettelot eivät pidäkään 100 % paikkaansa. Yhden vaihtoehdon tähän asiaan on tuonut BuildingSMART Finland talotekniikan toimialaryhmän laatima YTV2012 Täydentävä liite Osa 4. Määrälaskennan prosessiohje. Liitteeseen on listattu vastuut eri toimijoiden välillä. Vastuut on esitetty kuvassa 2. [11; 1, s. 6.]

### 3 Vastuut

- Määräluetteloiden oikeellisuuden vastuu on tilaajalla.
- Suunnittelijan vastuu määräluetteloiden oikeellisuudesta on sama, mitkä ovat tilaajan vaatimukset suunnitelmien tarkkuudesta.
- Urakoitsijan vastuulla on suunnitteluaineiston ja määräluettelon oikeellisuuden sekä yhteensopivuuden arviointi.
- Osapuolten sopimusvastuu määritellään tarkemmin osapuolten välisissä sopimuksissa.

Kuva 2. Määräluetteloiden vastuut [1, s. 6]

Lisäksi ryhmä teetti vuonna 2014 ”Talotekniikan tietomalli” -kyselyn, johon vastasi 193 henkilöä. Vuotta myöhemmin samainen kysely uusittiin, jolloin vastaajia saatiin kasaan yhteensä 221 henkilöä. Kysely oli suunnattu talotekniikan suunnittelijoille, urakoitsijoille sekä tilaajille. Kyselyn tarkoituksena oli kartoittaa tietomallikäytäntöjä Suomessa sekä kehittää talotekniikatoimialaryhmän toimintaa vastausten perusteella. Määrälistoja koskevien kysymysten tuloksena saatiin: 16,7 % LVI-urakoitsijoista saivat sähköisesti tuotetut määräluettelot urakkakyselyiden yhteydessä ja loput 83,3 % saivat ne harvoin tai eivät koskaan. Tämä kertoo siitä, miten vähän ohjelmallisia määrälistoja hyödynnetään Suomessa. [11; 12, s. 14.]

Kyselytutkimuksen yhteyteen luotiin laskelma kustannuksista ja mahdollisesta säästöpotentiaalista koskien ohjelmallisia määrälistoja. Toimitilojen taloteknisen urakkalaskennan kokonaiskustannukset vuosittain olivat 40–64 milj. euroa vuodessa. Tästä summasta mahdollista säästöpotentiaalia on 32–51 milj. euroa vuodessa, jos ohjelmallisten määrälistojen toimittaminen olisi kaikkialla käytössä. [12, s. 21.]

### **3.2.2 Määräluetteloiden pilottihanke**

Vuonna 2017 BuildingSMART Finland talotekniikan toimialaryhmä toteutti ”Taloteknisten määräluetteloiden pilotointi” -hankkeen. Hankkeen tavoitteena oli pilotoida taloteknisten määräluetteloiden saamista suunnittelijoilta suoraan urakoitsijoille. Tämän takana oli määräkustannuksien mittaukseen käytetyn turhan ajan karsiminen pois tarjouslaskennasta. Määräluetteloiden laajempi käyttöönotto tuo etuja sekä urakoitsijoille, suunnittelijoille että rakennuttajille. [7.]

Hankkeessa tarkoituksena oli etsiä sopivia rakennushankkeita, joissa olisi voinut tehdä yhteistyötä rakennuttajien kanssa ja näin olisi saatu tietoa määrälistojen eduista. Sopivien rakennushankkeiden löytyminen tuotti kuitenkin haasteita ja tiukan aikataulun takia toimialaryhmä joutui turvautumaan varasuunnitelmaan, jossa verrattiin perinteisin menetelmin laskettuja kohteita tietomallisuunnitelmien pohjalta sähköisesti laskettuihin kohteisiin. Tämän lisäksi toimialaryhmä teetti haastattelun tarjouslaskijoille, jotta saataisiin tietoa heidän suhtautumisestaan määräluetteloiden toimittamiseen. [7.]

Talotekniikkatoimialatyöryhmän vetäjä Tero Järvinen, Granlund Oy, kertoo blogissaan avoimesti hankkeen tuloksista. Järvisen mukaan hanke epäonnistui projektisuunnitelman näkökulmasta, mutta jatkuvan parantamisen periaatteilla se voidaan ajatella onnistuneeksi. Lisäksi Järvinen tuo tekstissä esiin yleisen ongelman rakennusalalla ”paljon on vielä parannettavaa ja vaikka fiksuja kehitysehdotuksia nousee esiin, ei niitä syystä tai toisesta oteta käyttöön.” [13.]

Hankkeen epäonnistumisen syynä oli se, että työryhmä ei löytänyt todellisia urakalaskentaprojekteja hankkeeseen. Työryhmä ei pystynyt vakuuttamaan todellisten hankkeiden vetäjiä siitä, että valmiiden määräluetteloiden antaminen urakoitsijoiden käyttöön on hyvä ratkaisu kokonaisuutta ajatellen. Yhtenä tärkeänä syynä Järvinen nostaa esiin, että rakennusalalla puuttuu halu kehittää omaa osaamistaan. On helppo tehdä vanhalla tutulla tavalla, vaikka mahdollisuuksia olisi kehittää alaa parempaan suuntaan. [13.]

#### **4 MÄÄRÄLASKENNAN TOTEUTUS**

Tutkimustyössä määrälaskenta on toteutettu kolmessa eri kohteessa. Jokaisessa kohteessa määrälaskenta on tuotettu sekä käsinlaskentamenetelmällä että sähköisellä määrälaskennalla. Kohteet ovat liiketoiminnallisista syistä salaisia, joten kohteiden nimet on korvattu numeroilla. Myös kohteiden LVI-suunnitelmat ovat salaisia, joten niitä ei ole esitetty työssä. Kuvassa 3 on esitetty kohteiden yleistiedot.

## Kohde 1

- Uudisrakennus
- Kerroksia 7
- Kerroksen pinta-ala noin 800m<sup>2</sup>
- Ilmanvaihtourakka

## Kohde 2

- Toimitilojen laajennus
- Kerroksia 1
- Kerroksen pinta-ala noin 2600m<sup>2</sup>
- Ilmanvaihtourakka

## Kohde 3

- Linjasaneeraus
- Kolme rakennusta
- Kerroksia 4
- Käyttövesiputkistojen saneeraus

Kuva 3. Laskentakohteiden yleistiedot

Kohteessa 1 on yhteensä seitsemän kerrosta. Kohteen laajuuden takia laskenta on rajattu koskemaan vain yhden kerroksen ilmanvaihtojärjestelmää. Laskettavaksi kerrokseksi valikoitui kolmas kerros. Kohteessa 2 laskentaan on huomioitu ensimmäisen kerroksen ilmanvaihtojärjestelmä. Kohteessa 3 laskenta on rajattu koskemaan 1-4 kerroksien sisäpuolisia käyttövesiputkia. Laskentaan ei ole sisällytetty vesikalusteita. Laskentaesimerkit käsinlaskennassa sekä sähköisessä laskennassa on tehty kohteen 2 LVI-suunnitelmista.

### 4.1 Määrälaskennan valmistelu

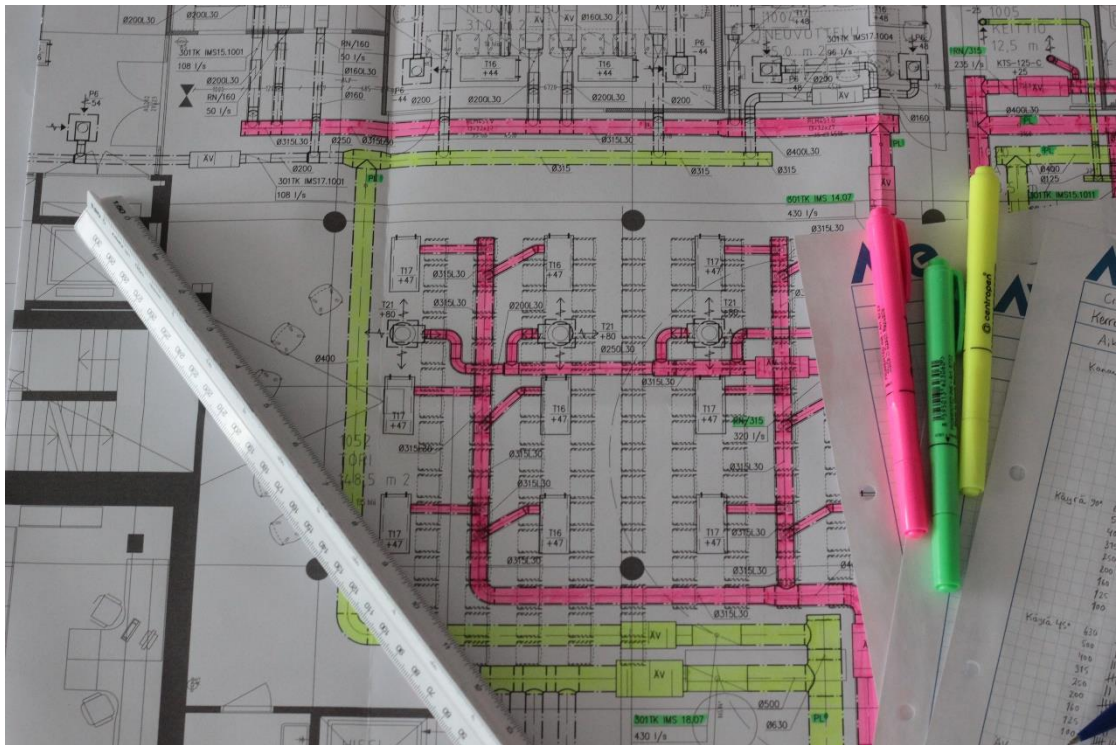
Määrälaskentaa varten on aluksi luettava LVI-työselostus huolella läpi. Selostuksessa mainittuja määrittämiä verrataan suunnitelmiin ja samalla tehdään muistiinpanoja huomioitavista kohdista. Muistiinpanoja on tarpeellista tehdä, jotta laskentavaiheessa muistaa huomioitua LVI-selostuksen ja suunnitelmien ristiriidat.

Sähköistä määrälaskentaa varten on tärkeää saada tilaajalta tai suunnittelijalta DWG-muotoiset LVI-suunnitelmat. Usein tilaajat antavat tarjouslaskentavaiheessa pelkät PDF-muotoiset suunnitelmat, ja näiden määrälaskenta on tehtävä joko erillisellä määrälaskentaohjelmistolla tai käsinlaskentamenetelmällä.

Sähköisen määrälaskennan valmisteluun on syytä käyttää alussa paljon aikaa, jotta saadaan selvitettyä, voidaanko suunnitelmista ajaa ohjelman kautta määräluettelo. Suunnitelmien on oltava sellaiset, että niissä piirretyt järjestelmät näkyvät objekteina. Jos suunnitelmat on niin sanotusti räjäytetty osiksi, ei niistä saada ajettua sähköisesti tuotettuja määrälistoja. Räjäyttäminen tarkoittaa siis sitä, että suunnittelija on antanut suunnitteluohjelmistoon komennon, jolla se poistaa kaikista järjestelmien osa-alueista annetut määrittelyt. Komentoa ei voida jälkikäteen perua. Tällaisessa tilanteessa sähköistä määrälaskentaa ei voida suorittaa.

#### **4.2 Määrälaskenta käsinlaskentamenetelmällä**

Laskenta aloitetaan tekemällä paperille osaluettelo. Osaluettelo on lista mihin tarjouslaskija merkitsee lasketut tarvikkeet. Pyöreät ja kantikkaat kanavat merkitään metrimääräisesti yhteenlaskuna ja muut osat kirjataan ylös tukkimiehen kirjjanpidolla. Laskennan helpottamiseksi lasketut metrit ja osat voi värjätä tussilla, jotta samaa kohtaa ei lasketa uudestaan. Eri väreillä voidaan selventää laskentaa sen mukaan mitä järjestelmää ollaan laskemassa. Kuvassa 5 on värjätty tuuloilmakanavat pinkillä, poistoilmakanavat keltaisella ja päätelaitteiden tekstit vihreällä värillä. Täyttämätön ja täytetty osaluettelon esimerkki löytyy liitteestä 1.



Kuva 5. Määrälaskenta käsinlaskentamenetelmällä

Kun suunnitelmista on saatu laskettua kanavametrit ja osat, voi sen jälkeen laskea päätelaitteet. Joissain urakkakohteissa suunnittelijat voivat antaa valmiit listat laitteista. Esimerkiksi kohteen 2 suunnitelmissa suunnittelija oli antanut päätelaitteille valmiit listat, joten niiden laskeminen voidaan jättää huomioimatta. Varmuuden vuoksi on kuitenkin syytä tarkistaa listojen paikkaansa pitävyys. Aivan viimeiseksi lasketaan kanavaeristykset. Kanavaeristyksiä lasketaan metrimääräisesti suunnitelmien pohjalta. Laskennan jälkeen suunnitelma kannattaa tarkastaa muutamaan kertaan läpi, jotta voidaan olla varmoja siitä, että kaikki järjestelmän osat on otettu huomioon määrälaskennassa.

Paperille tehdyt muistiinpanot kannattaa tämän jälkeen joko skannata sähköiseen muotoon tai kirjata ylös esimerkiksi Excel-taulukkoon. Tällä tavalla tarvikkeista on helpompaa kysyä tarjousta valmistajilta tai tukkuliikkeeltä. Kohdeyrityksessä on käytössä tarjouslaskentaohjelmisto, jossa on valmiiksi sopimuskumppanien hinnastot, joten tarvikkeista ei ole tarvetta kysyä erillisiä tarjouksia. Tarjouslaskentaohjelmisto helpottaa myös määrälaskentaa, koska se antaa hinnat myös asennustarvikkeille, kuten kannakkeille. Ohjelmiston etuna on, että venttiileitä tai ilmamääräsäätimiä ei ole tarvetta priorisoida laskennan alkuun ja sinne syötetyt tarvikkeet jäävät talteen myöhempää käyttöä varten. Jos taas laitteiden

hintoja on tarpeellista pyytää hintatarjouksena, on ne syytä laskea ihan laskennan alkuvaiheessa.

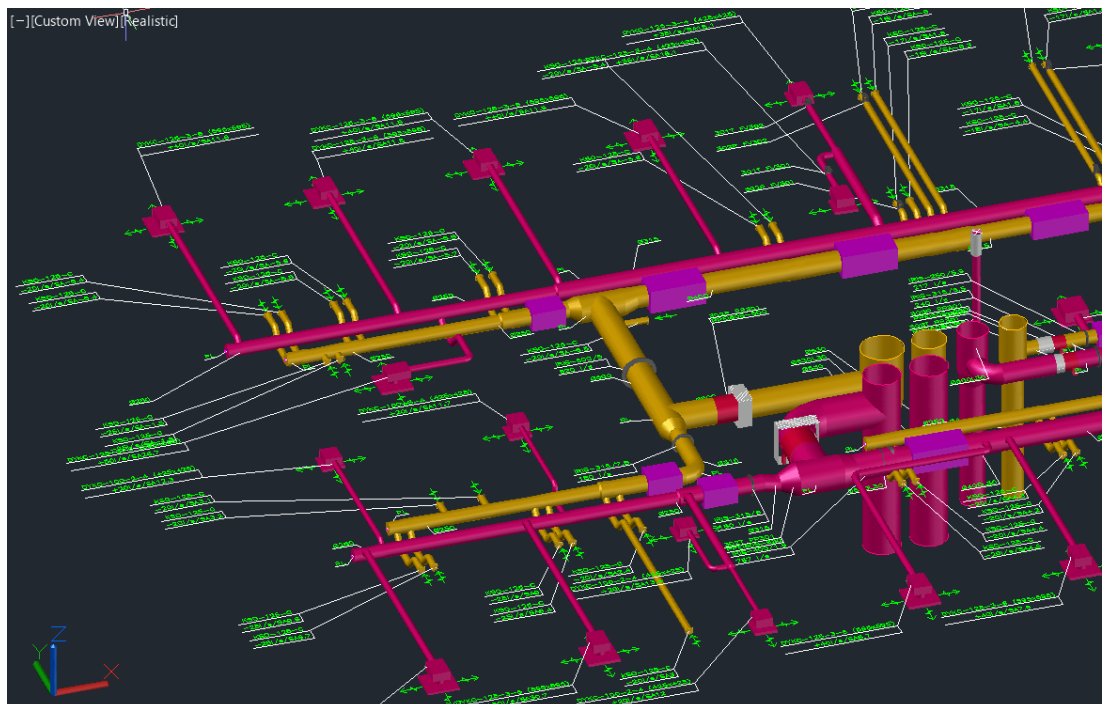
### 4.3 Sähköinen määrälaskenta

#### 4.3.1 MagiCAD-suunnitteluohjelmisto

MagiCAD on suomalaisen MagiCAD Group Oy:n kehittämä CAD-ohjelmisto talotekniseen suunnitteluun. MagiCAD Group Oy on osa kansainvälistä Clodon Group -konsernia. Se toimii Autodeskin kehittämien AutoCAD- ja Revit-ohjelmien päällä. MagiCAD on johtava tietomallinnusratkaisu LVI- ja sähkösuunnitteluun, jota käyttää tuhannet yritykset yli 80 eri maassa. Ohjelmistokehittäjillä on jo yli 35-vuoden kokemus LVIS-alalta ja MagiCAD on ensimmäistä kertaa lanseerattu markkinoille vuonna 1998. [14.]

MagiCAD sisältää työkalut taloteknisten järjestelmien suunnitteluun ja piirtämiseen. Sen sisältämä sähköinen BIM-kirjasto sisältää yli miljoona kappaletta BIM-objektia. Jokainen BIM-objekti vastaa mitoiltaan ja teknisiltä tiedoiltaan todellista tuotetta. Jokainen tuote on tarkistettu valmistajien toimesta. [14.]

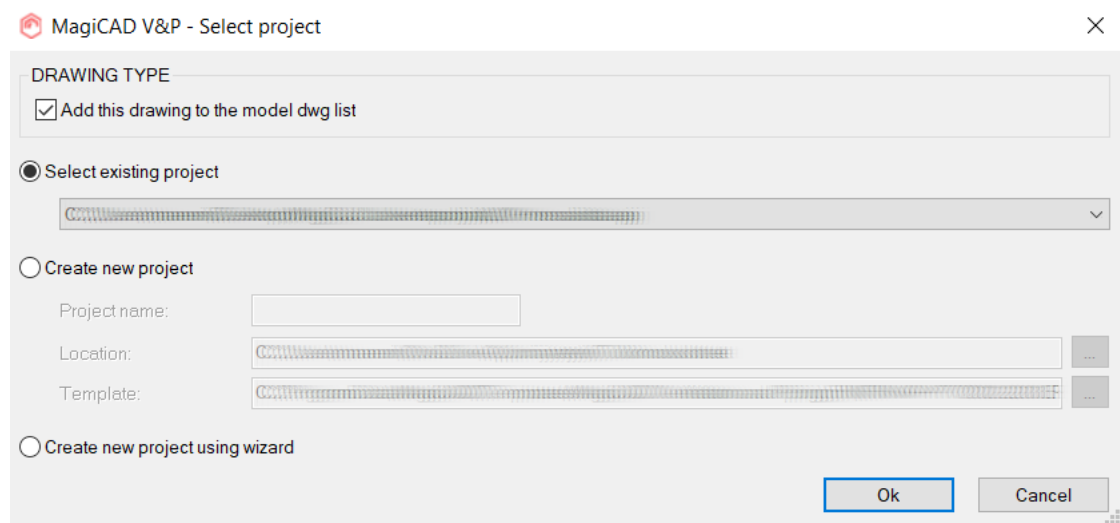
Kuvassa 6 on esitetty 3D-näkymä kohteen 3 ilmanvaihtosuunnitelmassa.



Kuva 6. Kuva kohteen 3 ilmanvaihtosuunnitelmista 3D-näkymässä

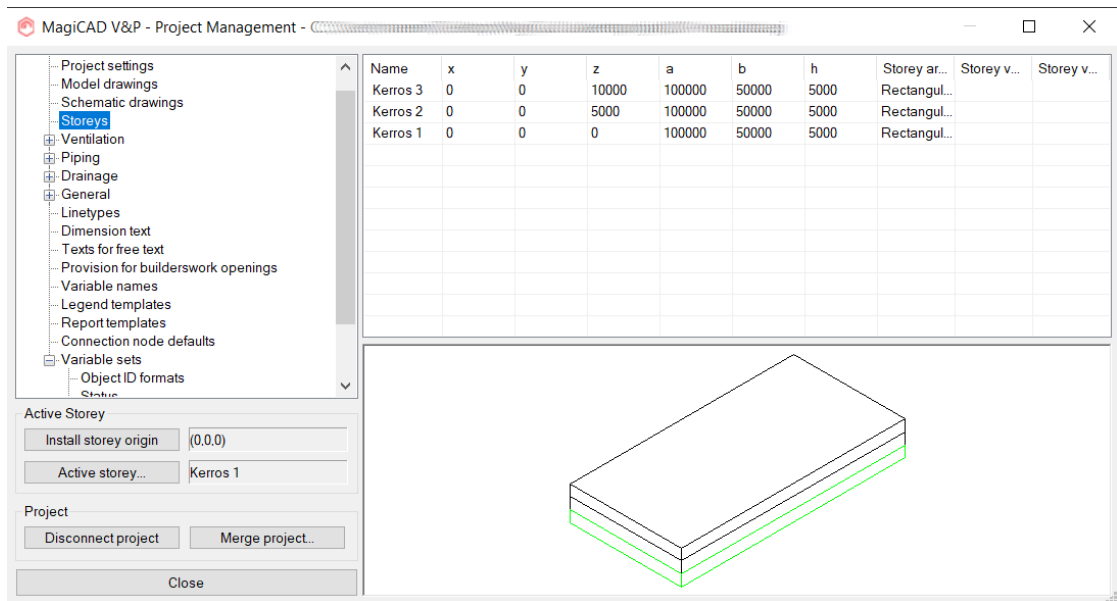
### 4.3.2 Oletusarvoisen määrällistan luominen

Sähköinen määrälaskenta aloitetaan tekemällä laskentakansio, jonne kerätään LVI-suunnitelmat DWG-muotoisina. Kansioon on hyvä tehdä oma kansio ohjelmasta tuoduille määräluetteloille. DWG-muodossa olevat suunnitelmat avataan MagiCAD-suunnitteluohjelmalla. Ennen määräluettelon tuomista on perustettava uusi projekti MagiCAD projektitietokantaan. Projektina voidaan myös käyttää jostain vanhaa projektia, kunhan se on tallennettu EPJ-tiedostoksi. EPJ-päätteinen tiedostomuoto sisältää projektin määrytykset, kuten huonekorkeudet.



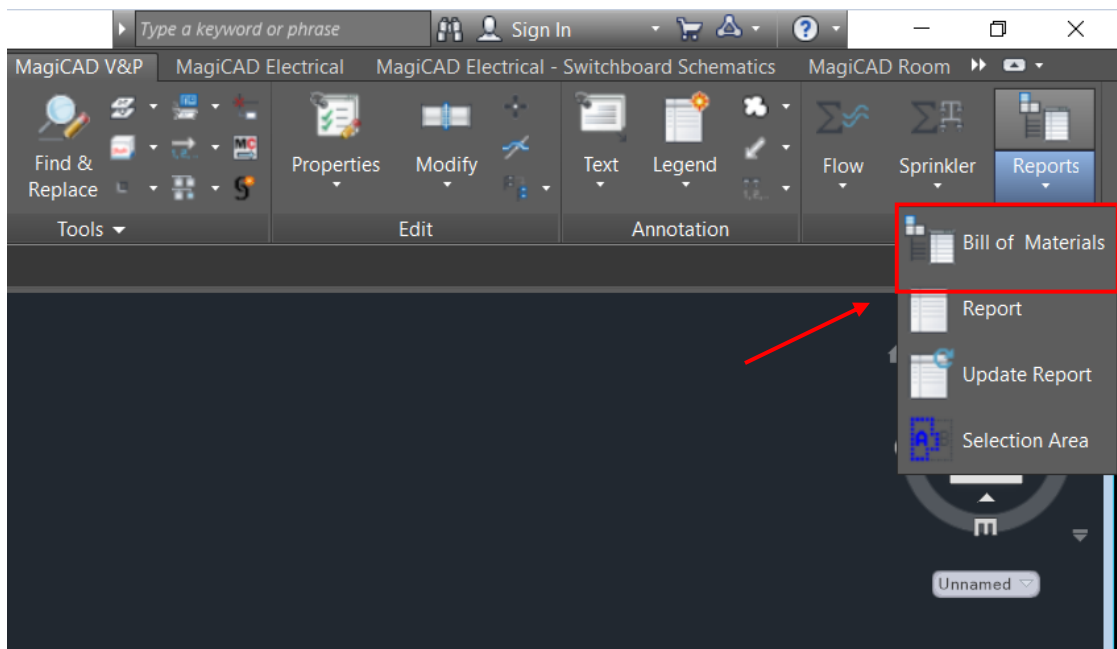
Kuva 7. Projektin valitseminen MagiCAD-ohjelmassa

Projektin valitsemisen jälkeen avautuu projektitietokannan hallintaikkuna. Projektitietokannan hallinnassa pystytään muuttamaan projektille määriteltyjä arvoja ja määritteitä. Kuvassa 8 on esimerkiksi esitetty huonekorkeuksien määrittely. Lisäksi projektitietokannassa voidaan muuttaa yksittäisten komponenttien arvoja, joka on hyödyksi LVI-suunnittelussa.



Kuva 8. Huonekorkeuksien määrittely projektitietokannassa

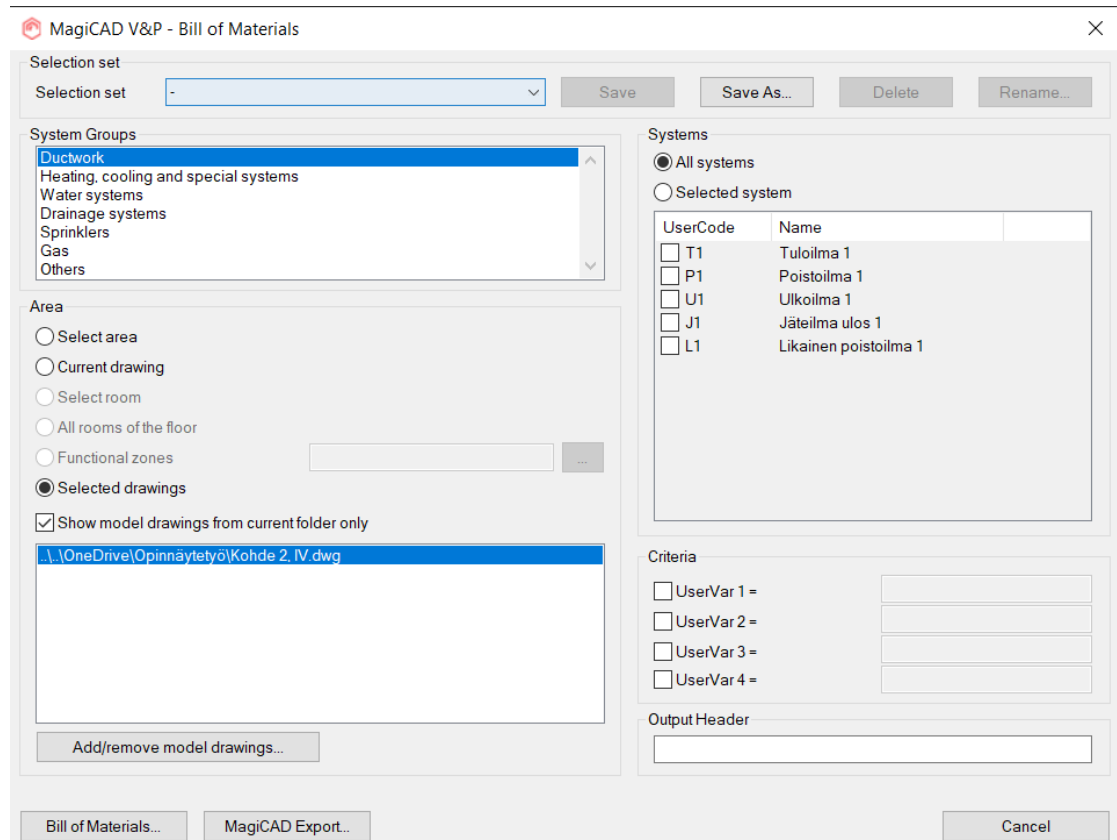
Projektin valitsemisen jälkeen voidaan aloittaa määräluettelon tekeminen MagiCAD-ohjelmasta löytyvällä Bill of Materials -toiminnolla, jonka kautta voidaan ajaa oletusarvoinen määräluettelo [14]. Bill of Materials -ikkuna avautuu Ventilation & Piping-välilehden Calculation-osiosta (kuva 8) tai kirjoittamalla MagiCAD-komentoriville Magimas-komento.



Kuva 9. Calculation välilehti, Bill of Materials

Bill of Materials -ikkunassa määrälaskenta voidaan kohdistaa tiettyihin suunnitelman osa-alueisiin ja sitä voidaan suodattaa erilaisilla rajauksilla [7]. Määräluette-

losta voidaan rajata pois esimerkiksi ne järjestelmät, jotka eivät kuulu urakka-alueeseen. Määräluettelo pystytään kerralla luomaan useasta eri suunnitelmasta, joka on hyödyllinen ominaisuus esimerkiksi kerrostalojen määrälaskennassa. Kuvassa 9 on esitetty Bill of Materials -ikkuna.



Kuva 10. Bill of Materials -ikkuna

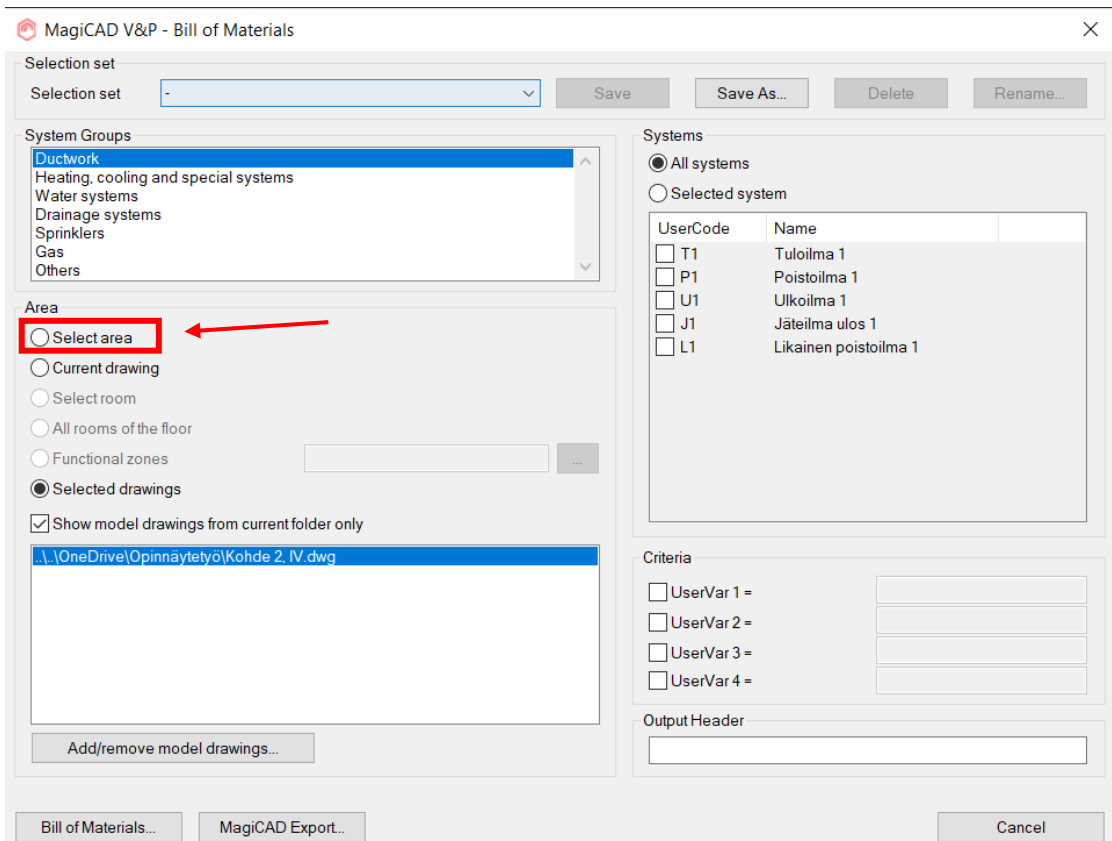
Kohteen laskennassa määräluettelo on rajattu koskemaan ainoastaan ilmanvaihtojärjestelmiä. Kaikki järjestelmän osa-alueet on sisällytetty laskentaan. Oletusarvoinen määräluettelo saadaan ajettua ulos ikkunan oikeasta alareunasta löytyvällä Bill of Materials -valintakohdalla. Tämän jälkeen sen voi viedä Excel-taulukkolaskentaohjelmaan ja järjestellä mieleiseen muotoon. Määräluettelo on esitetty kuvassa 11.

Class	Size	Series	Product	N	L [m]
Duct	100		PK FeZn "Lindab Rekt"		26,9
Duct	125		PK FeZn "Lindab Rekt"		81,4
Duct	160		PK FeZn "Lindab Rekt"		223,6
Duct	200		PK FeZn "Lindab Rekt"		106,3
Duct	250		PK FeZn "Lindab Rekt"		68,3
Duct	315		PK FeZn "Lindab Rekt"		130,3
Duct	400		PK FeZn "Lindab Rekt"		0,6
Duct	400		PK FeZn "Lindab Rekt"		86,2
Duct	500		PK FeZn "Lindab Rekt"		65,1
Duct	630		PK FeZn "Lindab Rekt"		118
Duct	800		PK FeZn "Lindab Rekt"		4
Duct	1000		PK FeZn "Lindab Rekt"		3,2
Duct	300x150		SK FeZn "Lindab Safe"		8,3
Duct	500x150		SK FeZn "Lindab Safe"		2,7
Duct	600x300		SK FeZn "Lindab Safe"		0,5
Duct	600x600		SK FeZn "Lindab Safe"		0,5
Duct	1000x1000		SK FeZn "Lindab Safe"		11,9
Duct	1400x600		SK FeZn "Lindab Safe"		21,7

Kuva 11. Oletusarvoinen Bill of Materials -määräluettelo

Oletusarvoinen määräluettelo on sellaisenaan melko hankala lukea. Tämän takia tarjouslaskijan voi rajata ja suodattaa sitä haluamallaan tavalla, esimerkiksi Excel-taulukkolaskentaohjelmassa. Määräluettelossa voi olla sellaisia osia, mitä ei asennustyössä yleisesti käytetä, mutta suunnitteluohjelmistossa ne ovat olemassa. Suunnitelmissa voi olla esimerkiksi suora ilmanvaihtokanava, josta haarautuu kahteen vastakkaiseen suuntaan kytkentäkanavistot. Sähköisessä määräluettelossa tällaisessa kohdassa osaksi on merkattu x-haara. Ilmavaihtoasennuksissa hyvin harvoin käytetään x-haaroja, ja tällaiset kohdat tehdään sen sijaan lähtökauluksilla.

Joissain tilanteissa olemassa olevat järjestelmät on erotettu uusista järjestelmistä pelkällä tekstiviittauksella. Tämä tarkoittaa siis sitä, että suunnittelija on määritellyt uudet ja olemassa olevat kanavat samaan järjestelmään kuuluvaksi. Näin ollen ohjelmisto ottaa määräluetteloon mukaan myös olemassa olevat objektit, joka johtaa virheellisiin tarvikemääriin. Useasti olemassa olevia kanavia on tekniikka-kuilujen pystynousuissa. Kuilujen osuudet voidaan laskea käsin ja vähentää lopullisista tarvikemääristä. MagiCAD-ohjelmistossa tämä voidaan kuitenkin tehdä niin, että määralistaa tehdessä Bill of Materials -toiminnolla valitaan määriteltävä alue itse. Määriteltävän alueen ulkopuolelle voidaan näin rajata ne alueet, joita ei määräluetteloon haluta. Valinta-alueen määrittely on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Määräluettelon valinta-alueen määrittäminen

## 5 TULOKSET JA VERTAILU

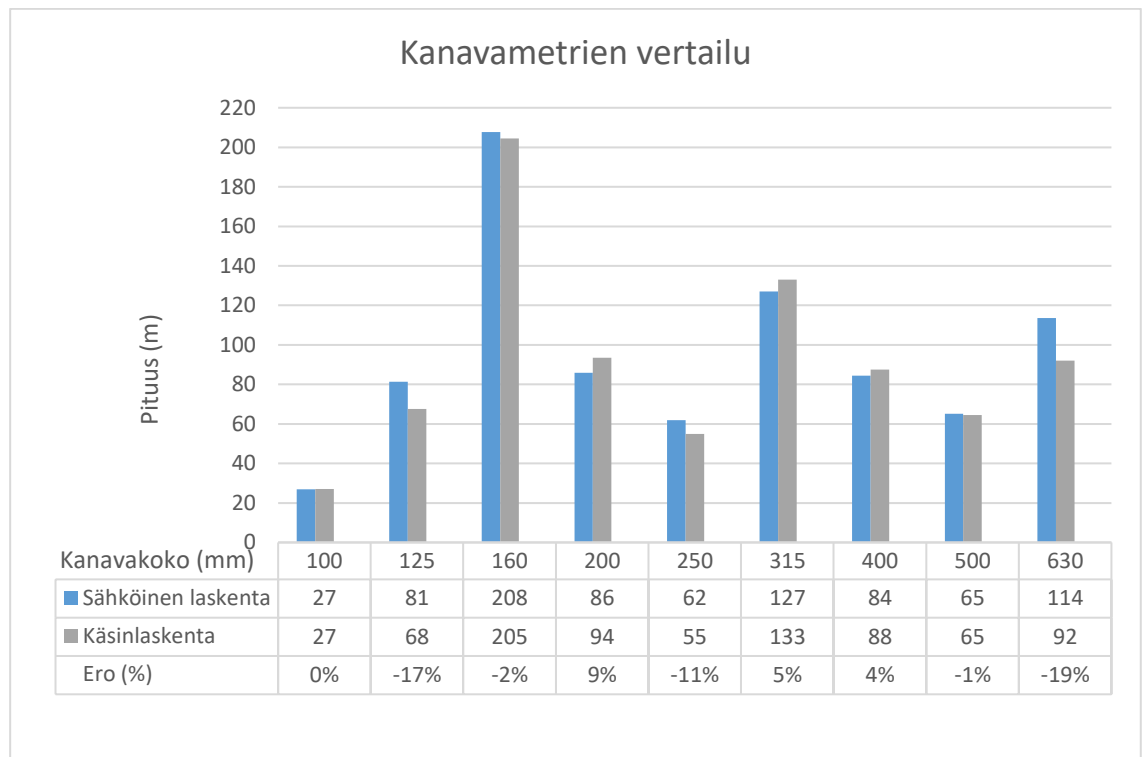
Tuloksissa tarkoituksena on esitellä käsin ja sähköisesti laskettuja tarvikemääriä ja sen perusteella vertailla niiden poikkeamia toisiinsa. Lisäksi vertaillaan menetelmien tehokkuutta ja niiden tuomia kustannuksia. Tarkoituksena ei ole esitellä kaikkia määrälaskennan tuloksia, vaan esimerkkejä tarvikemääristä. Kohteiden kootut tarvikemäärät on esitetty liitteessä 2.

### 5.1 Tarvikemäärät

Tarvikemäärien tuloksissa on verrattu käsinlaskennalla tehtyjen määräluetteloiden määriä sähköisesti tuotettujen määrälisöjen määriin. Laskettujen määrien eroavaisuuden on esitetty sen mukaan, paljonko sähköisesti tuotetut määrät eroavat käsinlasketuista. Kohteiden 1, 2 ja 3 tuloksia on esitetty kuvissa 13-18.

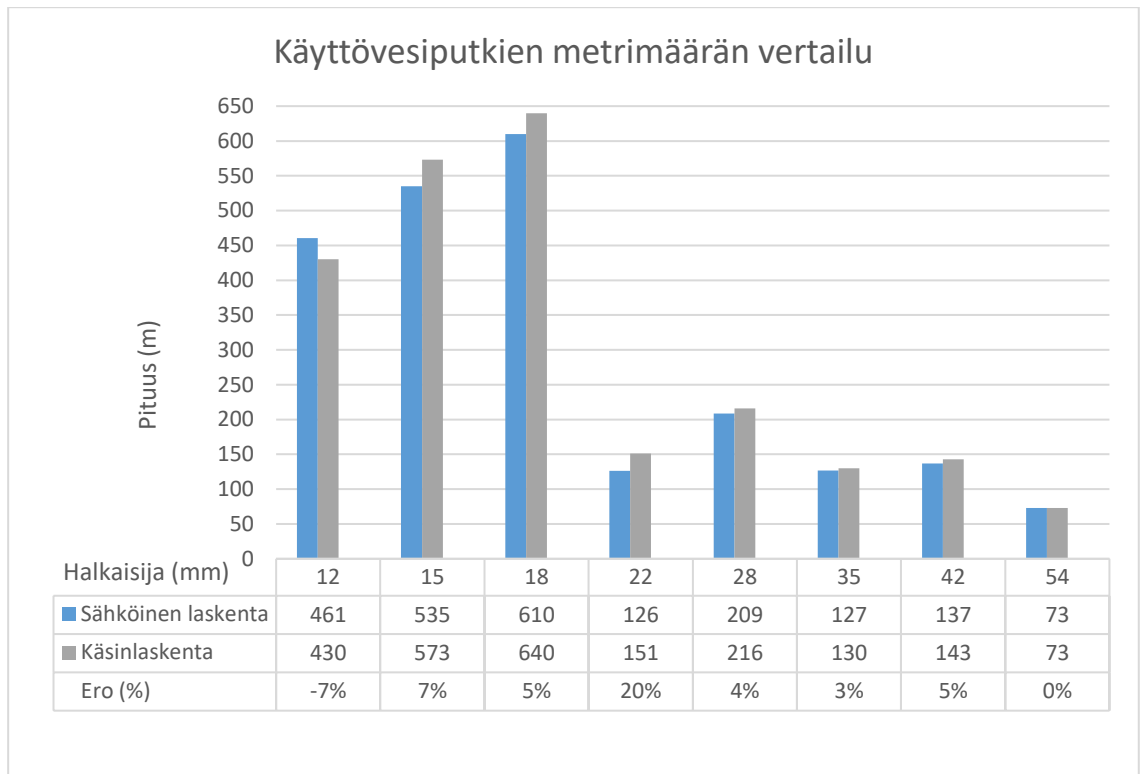
Vertailussa päätettiin ottaa tietyt tavoiteprosentit, jonka perusteella tarkkuutta pystyttäisiin arvioimaan. Työssä käytetyt prosentit eivät ole eksakteja, vaan prosentit ovat arvioita. Prosentuaalisissa eroissa pyrittiin putki- ja kanavametreissä,

sekä kanavaosissa alle 20 prosentin eroihin. Päätelaitteiden ja venttiilien osalta tavoiteltu eroprosentti oli alle 15 prosenttia.



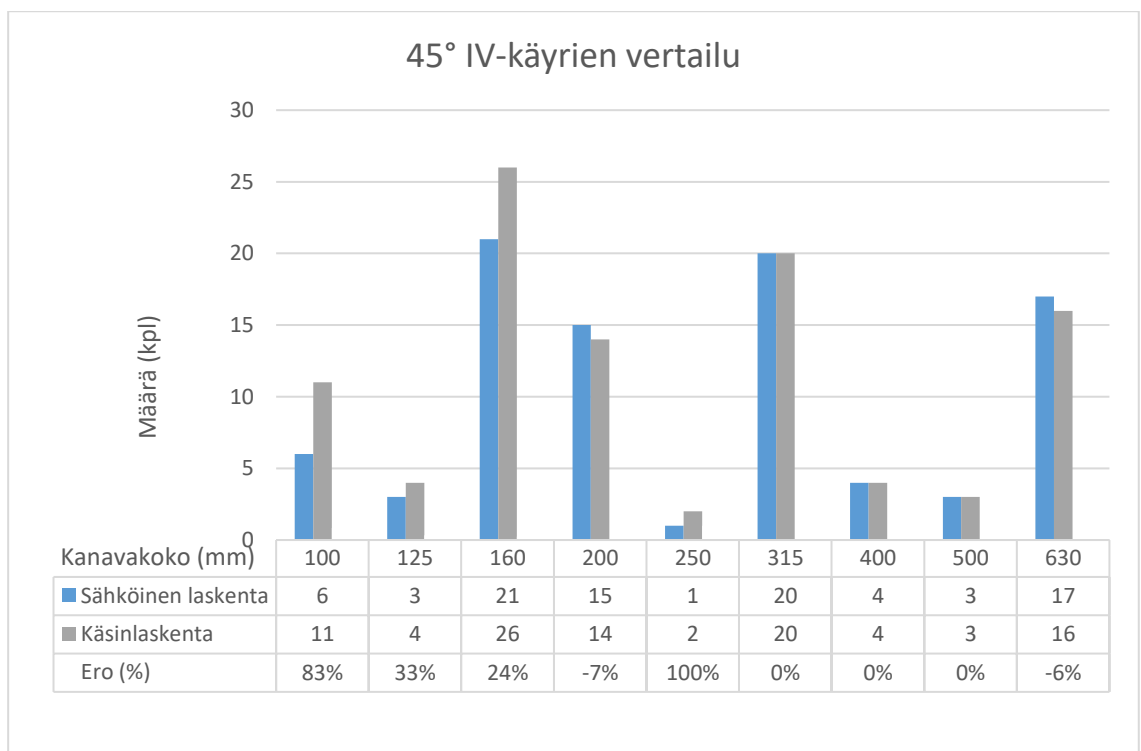
Kuva 13. Kohteen 2 kanavametrioiden vertailua

Kuvassa 13 on laskettujen kanavametrioiden metrimäärät sekä niiden prosentuaalinen eroavaisuus kohteessa 2. Kuvasta voidaan huomata metrimäärien olevan hyvin lähellä toisiaan kummallakin laskentamenetelmällä. Tulos menetelmien välillä on tarpeeksi tarkka, koska prosentuaaliset erot kanavametrioiden määrissä pysyivät alle 20 prosentissa. Suurin prosentuaalinen ero näkyy kanavakoossa 630 mm. Eroavaisuus johtuu tekniikkakuilujen laskentaeroista menetelmien välillä. Asiaan syvennyttään tarkemmin luvussa 5.3.1.



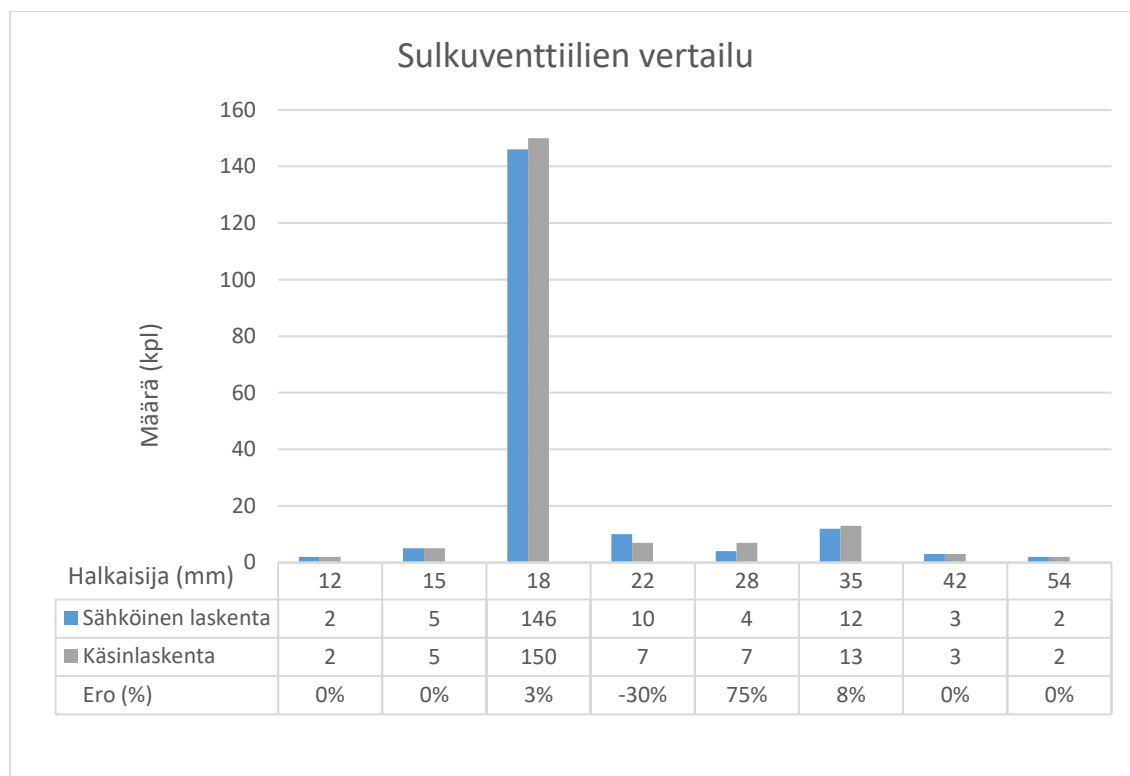
Kuva 14. Kohteen 3 käyttövesiputkien metrimäärän vertailua

Kohteen 3 käyttövesiputkien metrimäärät on esitetty kuvassa 14. Kuvasta voidaan huomata putkimetrejä olevan sähköisellä laskentamenetelmällä 5-20 % vähemmän, kuin käsinlaskentamenetelmällä. Ainoa poikkeus esiintyy putkikoossa 12 mm, jossa oli sähköisellä menetelmällä hieman enemmän putkimetrejä.



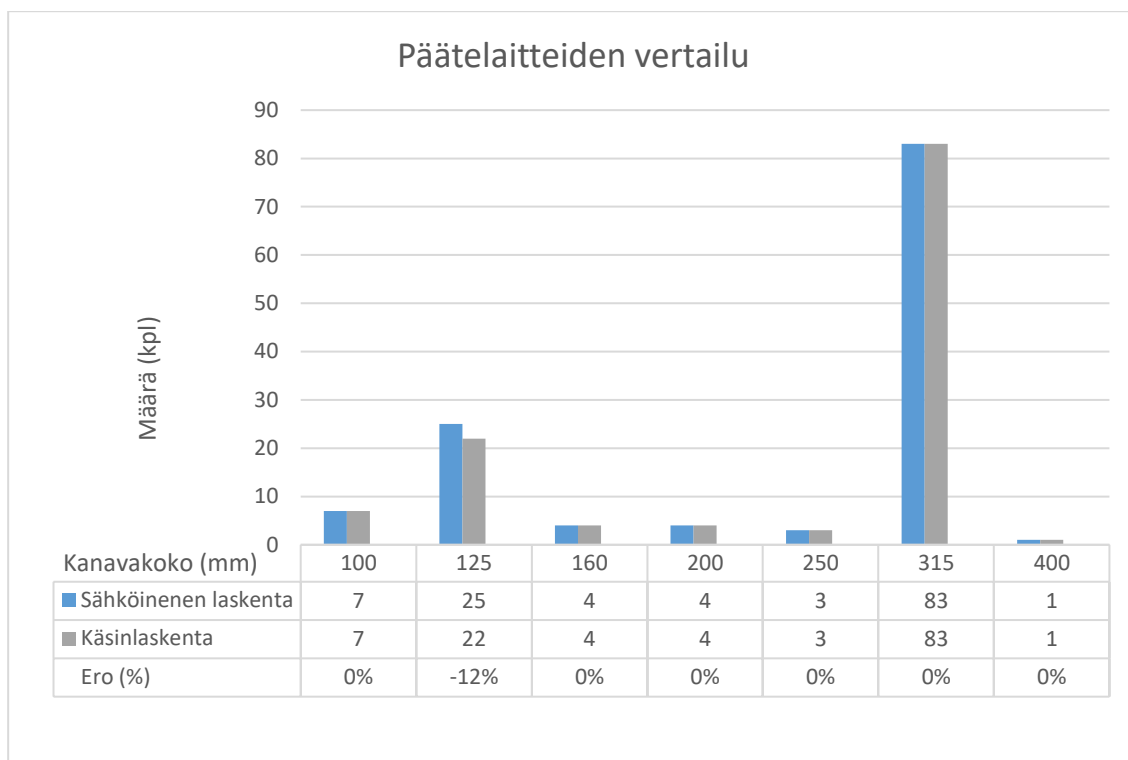
Kuva 15. Kohteen 2 45° IV-käyrien vertailua

45 asteen IV-käyrien tuloksia on esitetty kuvassa 15. Tuloksista voidaan todeta pieniä eroavaisuuksia menetelmien välillä. Käsineläskentämenetelmällä on huomioitu ylimääräisiä käyriä kanavakoossa 100-160 mm. Tämä johtunee siitä, että kohteen kytkentäkanavien kohdalla oli useita kanavien risteyskohtia, joissa kanavien ylityksiin oli laskettu liikaa 45 asteen käyriä. Suurempien kanavakokojen määrät olivat lähes identtiset kummallakin laskentamenetelmällä.



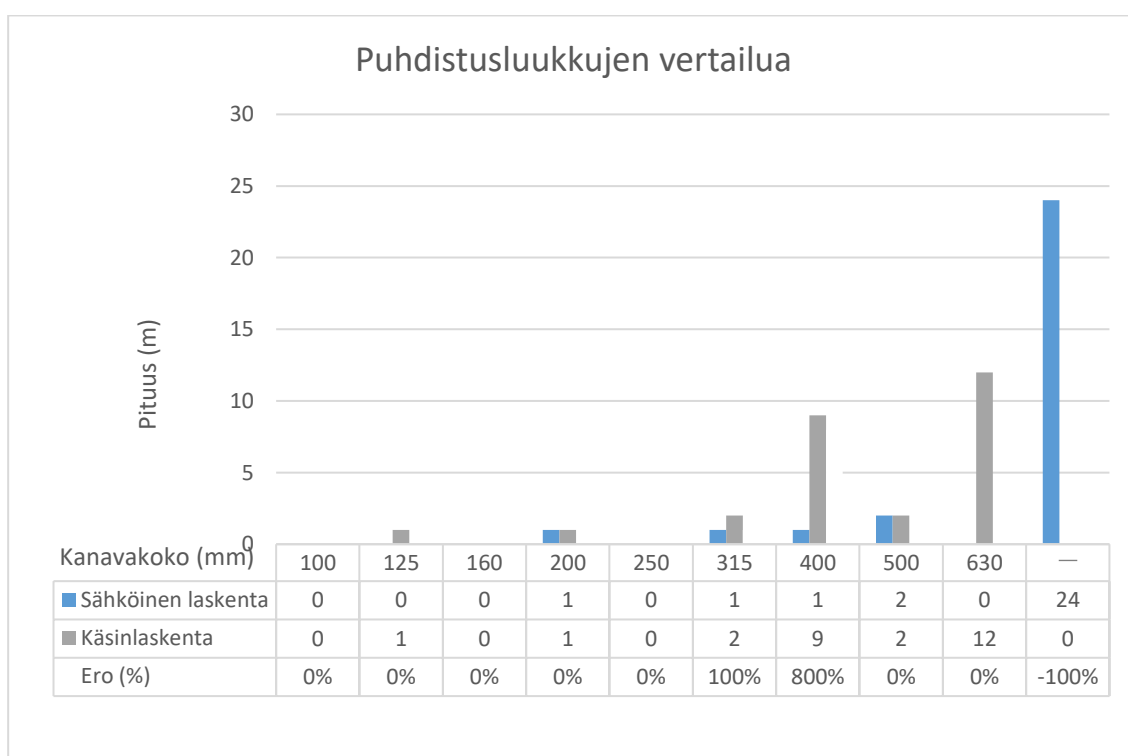
Kuva 16. Kohteen 3 sulkuventtiilien vertailua

Kuvassa 16 on esitetty kohteen 3 sulkuventtiilien vertailua. Voidaan todeta, että sulkuventtiilien määrät sähköisellä menetelmällä laskettuna ovat hyvin tarkkoja käsin laskettuihin kappalemääriin verrattuna. Vaikkakin eroprosentti putkikoossa 28mm oli korkea, ei se aina kerro tarkkuudesta. Kappalemäärät olivat 28mm sulkuventtiileissä niin pienet, että pienikin ero vaikuttaa prosentuaalisesti suurelta.



Kuva 17. Kohteen 1 päätelaitteiden määrien vertailua

Kohteen 1 tulo- ja poistoilmapäätelaitteiden tulokset on esitetty kuvassa 17. Päätelaitteiden tuloksissa on vertailtu KSO- ja DYCK-nimisten päätelaitteiden kappalemääriä. Kuten kuvasta voidaan huomata, niin päätelaitteiden määrät ovat hyvin tarkat menetelmien välillä. Ainoa ero esiintyy kanavakoon 125 mm KSO-venttiileissä. Eroprosentti pysyi kaikissa venttiileissä alle tavoitteen.

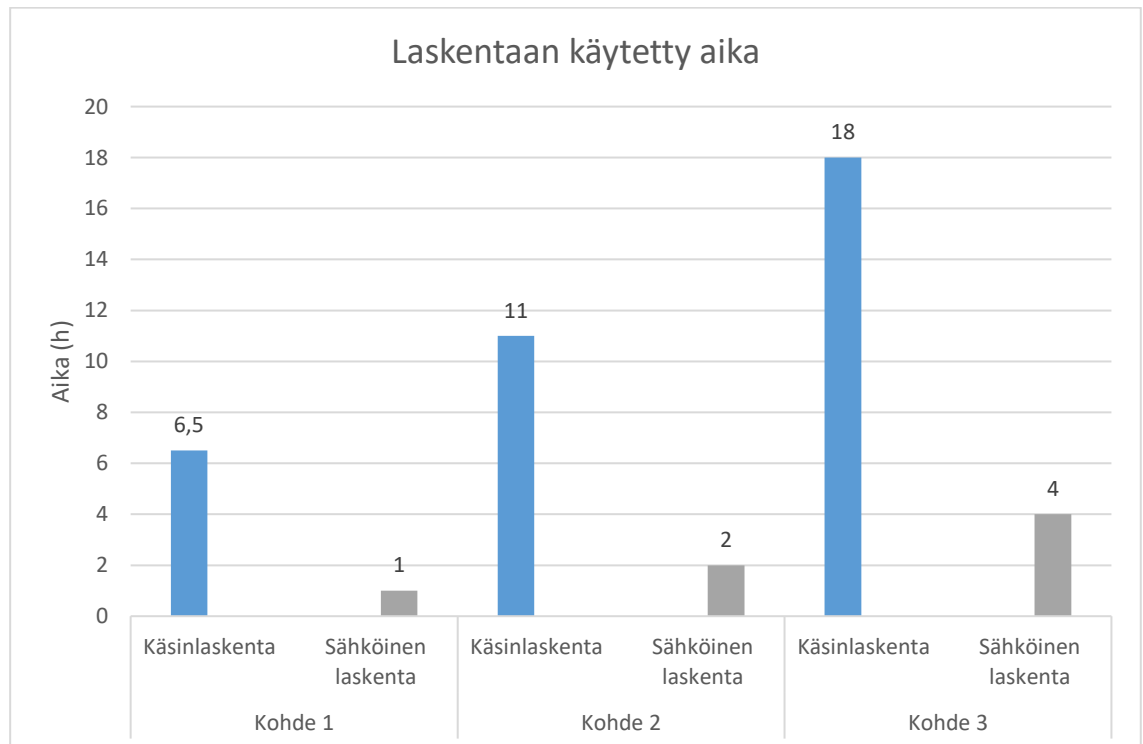


Kuva 18. Kohteen 2 puhdistusluukkujen määrien vertailua

Kuvassa 18 on kohteen 2 puhdistusluukkujen tulokset ja vertailu. Kuvasta voidaan huomata, että puhdistusluukkujen määrissä on suuria eroja menetelmien välillä. Sähköisellä määrälaskennalla suurin osa luukuista on piirretty määrittelemättömänä puhdistusluukkuna, jonka takia luukkujen määrät eroavat menetelmien välillä. Lisäksi sähköisissä suunnitelmissa osa kanavatulpista oli merkitty puhdistusluukuiksi, joka osaltaan vaikutti kappalemäärien eroihin.

## 5.2 Laskenta-aika

Aikavertailussa vertailtiin molempien laskentamenetelmien aikavaikutusta määrälaskennassa. Laskenta-aika on aloitettu siitä hetkestä, kun suunnitelmat on saatu käsiin ja päätetty, kun määräluettelo on ollut valmis tarjouslaskentaohjelmistoon syötettäväksi. Käytettyyn laskenta-aikaan on siis huomioitu määrälaskennan valmisteluun kuluva aika. Laskenta-ajan tulokset on havainnollistettu kuvassa 18, josta huomataan sähköiseen laskentaan kuluneen huomattavasti vähemmän aikaa verrattuna käsinlaskentaan. Laskentaa kulunut aika on pyöristetty puolen tunnin tarkkuudella.



Kuva 19. Laskentaan käytetty aika kohteittain

### 5.3 Laskentamenetelmien vertailu

Laskentamenetelmien vertailussa analysoidaan menetelmien tarkkuutta, ajankäyttöä, tehokkuutta sekä kustannuksia. Tarkoituksena on tarkastella laskentamenetelmien eroa ja syventyä erojen syihin.

#### 5.3.1 Tarkkuus

Laskentamenetelmien tarkkuus riippuu hyvin paljon tarjouslaskijasta. Pääsääntöisesti käsin ja sähköisesti lasketut tarvikemäärät ovat hyvin lähellä toisiaan, mutta huonosti toteutettuna kummassakin menetelmässä esiintyy eroavaisuuksia. Sähköistä määrälaskentaa tehdessä on oltava varma siitä, että ohjelma ottaa määrälistaan mukaan kaikki alueen tarvikemäärät. Osaava sähköisen menetelmän käyttäjä pystyy luomaan suunnitelmista sellaiset määrälistat, mistä selviää kaikki tarvittavat tarvikemäärät. Kokematon käyttäjä kyllä saa ajettua määrälistan helposti ohjelmasta, mutta ei välttämättä ota huomioon kaikkia rajoituksia ja suodatuksia, mitä tarkkaan määrälaskentaan vaaditaan. Määrälaskennan tarkkuus riippuu paljon myös laskettavan tarvikkeen tyypistä.

Tarkasteltaessa kanavametrioiden ja -osien määrää, ei niissä ollut kovinkaan suurta eroa menetelmien välillä. Suurin ero löytyi ilmanvaihtokanavien puhdistusluukujen määrässä. Puhdistusluukut piirretään suunnitelmiin usein määrittelemättömänä objektina, jolloin sille ei ole määritetty kanavakokoa. Päätelaitteet ja kalusteet olivat melko identtiset kummallakin menetelmällä laskettuina.

Sähköisesti laskettujen käyttövesiputkien metrimäärät olivat kaikissa putkikoissa hieman käsin laskettuja pienemmät. Tämä johtui siitä, että käsin lasketuissa metrimäärässä oli määritetty jokaiselle pystynousulle hieman enemmän metrejä, kuin niissä oikeasti oli. Tämä ei ollut suuri ongelma näin pienessä kokonaisuudessa, mutta suurissa kohteissa tästä voi syntyä huomaamattomasti lisäkustannuksia. Sulkuventtiilien määrät olivat pieniä eroja lukuun ottamatta hyvin samat.

Vesijohtoja laskettaessa esiintyi muutamia ongelmia, jotka vaikuttavat paljon määrälistojen tarkkuuteen. Kylpyhuoneiden ja wc-tilojen pintaan asennettavat vesiputket oli kohteessa 3 merkitty suunnitelmiin kromattuna kupariputkena. Määrälistoja tehdessä kävi ilmi, että oletusarvoinen määräluettelo ei huomioi materiaali-muutosta, vaan laski kaikki kromatut kupariputket normaalina kupariputkena.

Tämä olisi voinut johtaa suuriinkin laskentavirheisiin, jos asiaa ei olisi huomioitu määrälistoja luodessa. Toinen huomioitava asia oli liitosmuhvien puuttuminen kokonaan sähköisistä määrälistoista. Syynä tähän on se, että sähköisissä suunnitelmissa putket piirretään suorana putkena, eikä niissä ole erikseen piirretty muhviliioksia. Jotta MagiCAD osaisi laskea muhviliiokset suunnitelmista, olisi suunnittelijan piirrettävä ne erillisinä objekteina

Sähköisellä menetelmällä tuli siis pientä eroa pystynousujen metri- ja osamäärissä, etenkin tekniikkakuiluissa. Tämä johtuu siitä, että sähköisiä suunnitelmia pystytään tarkastelemaan kolmiulotteisessa muodossa, kun taas paperisia suunnitelmia vain kaksiulotteisessa muodossa. Paperisista suunnitelmista on välillä hankalaa hahmottaa metrimääriä tai osia, jotka jäävät toisen järjestelmän alapuolelle tai jatkuvat suoraan alaspäin.

### **5.3.2 Ajankäyttö ja tehokkuus**

Tuloksista voidaan huomata, että käsinlaskennassa aikaa kuluu moninkertainen määrä sähköiseen laskentaan verrattuna. Kohteessa 2 laskentaan kului aikaa yli viisi kertaa enemmän kuin sähköisessä määrälaskennassa, kun se tehtiin perinteisesti käsinlaskentamenetelmällä. Sähköisessä määrälaskennassa noin puolet ajasta kului määrälistojen tuomiseen suunnitteluohjelmistosta ja loppuaika kului määrälistojen tarkasteluun, rajaamiseen ja järjestelyyn. Suurin vaikutus laskenta-aikaan on se, että materiaaleja ei tarvitse mitailla yksitellen sähköisissä suunnitelmissa, vaan ohjelmisto laskee ne automaattisesti. Lisäksi se, että sähköisesti tuotetussa määrälistassa on jo valmiiksi yhteenlaskettu kaikki määrät yhteen, nopeuttaa laskentaa huomattavasti. Käsinlaskentamenetelmällä määrälaskennan jälkeen kaikki tarvikkeet on laskettava erikseen yhteen, ennen kuin ne ovat valmiina tarjouslaskentaohjelmistoon syötettäväksi. Pitää kuitenkin huomioida, että suunnitelmien tarkasteluun kuluu aikaa monin verroin enemmän sähköisellä menetelmällä.

Sähköisellä määrälaskennalla minimoidaan se työvaihe, mihin yleensä kuluu eniten aikaa. Samalla määrälaskennasta jää pois turhia työvaiheita, kuten tarvikemäärien manuaalinen syöttäminen sähköiseen muotoon, laskettujen osien värjääminen tussilla sekä suurten tasokuvien selaaminen pöydällä. Laskennassa

säästetyn ajan tarjouslaskija voi käyttää esimerkiksi toisen tarjouksen laskentaan, mikä taas lisää työn tehokkuutta.

### **5.3.3 Kustannukset**

Tarjouslaskennan aiheuttamia kuluja ovat tarjouslaskijoiden palkat, paperi- ja kopiointikustannukset, ohjelmistokulut sekä toimistotarvikkeet. Suurin osa kustannuksista tulee suoraan tarjouslaskijoiden palkasta, mikä tarkoittaa sitä, että laskentaan käytetyn ajan vähentäminen on hyvä tapa saada kustannuksia alemmaksi. On vaikea arvioida ohjelmiston tuomaa säästöä, koska ohjelmisto ei ole vielä kokonaisvaltaisessa käytössä toimeksiantajayrityksessä. Sähköisen määrälaskennan kustannuksiin on lisäksi laskettava ohjelmiston käyttöönottoon kuluvat työtunnit. Uuden ohjelman käyttöönotto on väistämättä hidasta varsinkin silloin, jos käyttäjällä ei ole mitään kokemusta vastaavanlaisista ohjelmista.

Myös paperisten suunnitelmien kautta tehty määrälaskenta tuo kustannuksia yritykselle. Usein tapana on tilata paperiset suunnitelmat ulkoiselta toimitsijalta, joka sitten toimittaa ne tulostettuina ja taiteltuina suoraan tilaajan osoitteeseen. Tämä ei hetkellisesti ole suuri kustannus verrattuna kalliisiin ohjelmistolisensseihin, mutta pitkällä aikavälillä kustannukset voivat nousta yllättävän korkealle. Sähköisten suunnitelmien etuna paperisiin verrattuna on myös niiden ympäristöystävällisyys ja se, että niiden säilyttäminen ei vie toimistosta tilaa, toisin kuin paperiset pohjapiirustukset.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen aikana huomattiin, että LVI-tarjouslaskentaan perustuvaa kirjallisuutta on hyvin vähän saatavilla. Sen sijaan sähkö- ja rakennusala koskevaa kirjallisuutta tarjouslaskennasta ja kustannustenhallinnasta on olemassa hyvin paljon, jonka perusteella saatiin hyvin kattavaa tietoa työtä varten. Talotekniikan alan artikkeleita, julkaisuja sekä ohjeistuksia lukemalla sai paljon tietoa määrälaskennan nykytilanteesta. Näistä saatu tieto auttoi avaamaan näkemystä alalla vallitsevasta tilanteesta ja siitä, miksi sähköistä määrälaskentaa ei ole vielä laajemmin käytössä.

Tutkimuksessa onnistuttiin selvittämään sähköisen määrälaskennan nykytilannetta urakoitsijoiden näkökulmasta. Sähköisen määräluettelon luominen ohjelmallisesti MagiCAD:n kautta onnistuttiin tekemään niin, että tarjouslaskentaan käytetyn työn tehokkuus kasvoi. Ajankäytöllisesti sähköinen määrälaskenta oli huomattavasti nopeampaa kuin käsinlaskenta, mikä on kustannuksia ajatellen suuri säästö yritykselle. Nykyisellään määrälaskenta vie suurimman osat tarjouslaskentaan käytetystä ajasta, joten tutkimustulosten

Yksi tutkimuksen tärkeimmistä työvaiheista oli sähköisen määräluettelon tarkkuuden selvittäminen. Kummallakin laskentamenetelmällä saatiin luotua kattavat määräluettelot, joita vertailtiin keskenään. Tutkimustuloksien perusteella todettiin, että tarvikemäärät ovat tarpeeksi tarkkoja sähköisellä laskentamenetelmällä, joka mahdollistaa sen, että sähköisiä määräluetteloita voidaan hyödyntää käytännön työssä. Prosentuaaliset erot menetelmien välillä olivat niin pieniä, että kustannusten kannalta niistä synny suuriakaan eroja menetelmien välille. Sähköisiin määräluetteluihin ei silti voi luottaa täysin sokeasti, vaan aina on tarkastettava listojen paikkaansa pitävyys. Tämä oli ehdottomasti tutkimuksen arvokkain ja eniten aikaa vievä työvaihe.

Huomioitavaa on, että sähköisen määrälaskennan opettelemiseen tämän työn aikana kului useita kymmeniä tunteja. Jotta sähköisen määrälaskennan käyttöönotto on kannattavaa, tulee yrityksessä olla vähintään yksi asiaan perehtynyt henkilö. Ohjelmistojen käyttöönotto on niin työlästä, että täysin tyhjästä opettelu ei ole kannattavaa. Lisäksi huonosti määritellyt ohjelmalliset määräluettelot eivät ole sellaisenaan käyttökelpoisia.

Suunnitelmien tarkkuus nousi ensiarvoisen tärkeäksi lähtökohdaksi määrälaskennan menetelmää valitessa. Suuremmissa uudisrakennuskohteissa suunnitelmat olivat pääsääntöisesti tehty IFC-malliin, jolloin suunnitelmista tuodut määräluettelot olivat tarkkoja. Ongelmaksi muodostui pienten ja keskisuurten saneerauskohteiden suunnitelmien tarkkuus ja se, että näistä kohteista tilaajat harvoin toimittivat DWG-muotoisia suunnitelmia. Lisäksi sähköisten suunnitelmien tarkasteluvaiheessa huomattut puutteet vaikuttivat oleellisesti siihen, voitiinko sähköistä määrälaskentaa hyödyntää. Useasti saneerauskohteissa esiin nousi olemassa olevien järjestelmien raja-urakka alueen ulkopuolelle. Ongelma ratkaistiin rajaamalla olemassa olevat järjestelmät pois määrälistasta, jolloin saatiin oikeat tarvikemäärät määräluetteloon.

Tutkimuksen perusteella sähköinen määrälaskenta otettiin laajempaan käyttöön toimeksiantajayrityksessä. Opinnäytetyön yhteydessä luotiin sähköisen määrälaskennan ohjeistus yrityksen työntekijöiden käyttöön. Ohjeistusta on mahdollista tulevaisuudessa laajentaa koskemaan esimerkiksi sähköurakoitsijoiden tarjouslaskentaa. Ohje on liiketoiminnallisista syistä salainen, jonka takia sitä ei ole liitteenä tutkimuksessa.

## LÄHTEET

1. buildinSMART Finland, Talotekniikkatoimialaryhmä. YTV2012 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4, täydentävä liite: Talotekninen suunnittelu, määrälaskennan prosessiohje. Helsinki: buildingSMART Finland. PDF-dokumentti. 2015. Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012\\_Taydentava\\_liite\\_TATE\\_Proses-siohje.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012_Taydentava_liite_TATE_Proses-siohje.pdf) [viitattu 24.2.2020].
2. Are Oy. Yrityksen WWW-sivut. 2019. Saatavissa: <https://www.are.fi/> [viitattu 17.1.2020].
3. Autio, I. & Saastamoinen, A. Sähköurakoitsijan tarjouslaskenta. 3. painos. Espoo: Sähköinfo Oy. 2014.
4. Arto, K., Kujala, J. & Martinsuo, M. Projektiliiketoiminta. E-kirja. Espoo: WSOY. 2006. Saatavissa: [http://pbgroup.aalto.fi/en/the\\_book\\_and\\_the\\_glossary/projektiliiketoiminta.pdf](http://pbgroup.aalto.fi/en/the_book_and_the_glossary/projektiliiketoiminta.pdf) [viitattu 20.1.2020].
5. Pelin, R. Projektihallinnan käsikirja. 6. painos. Jyväskylä: Projektijohtaminen Oy. 2009.
6. Lindholm, M. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy. 2009
7. Gravicon & Granlund Oy. Taloteknisten määräluetteloiden pilotointi rakennusprojekteissa. Loppuraportti. PDF-dokumentti. 2017. Saatavissa: <http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/talotekniset-maalaruettelot-avuksi-urakkalaskentaan> [viitattu 24.2.2020].
8. RT-kortisto. LVI 03-10620: Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. 2018.
9. JCAD - Quanttos Oy. LVI-määrälaskenta. Yrityksen WWW-sivut. 2020. Saatavissa: <https://www.jcad.fi/maalaraskenta-lvi> [viitattu 3.3.2020].
10. buildinSMART Finland, Talotekniikkatoimialaryhmä. YTV2012 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 7. Määrälaskenta. Helsinki: buildingSMART Finland. PDF-dokumentti. 2012. Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_7\\_maalaraskenta.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_7_maalaraskenta.pdf) [viitattu 3.3.2020].
11. Järvinen, T. Massalistat urakkalaskentaan. WWW-dokumentti. 2015. Saatavissa: <http://tietomalli.blogspot.com/2015/02/materiaalilistat-urakkalaskentaan.html?view=sidebar> [viitattu 24.2.2020].
12. buildinSMART Finland, Talotekniikkatoimialaryhmä. Talotekniikan tietomallikysely 2015: Materiaalitiedon toimittaminen urakkalaskentaan.

PDF-dokumentti. 2015. Saatavissa: [https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/uutiset/bSF\\_TATE/bSF\\_tate\\_Tero\\_Jarvinen\\_27.11.2015.pdf](https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/uutiset/bSF_TATE/bSF_tate_Tero_Jarvinen_27.11.2015.pdf) [viitattu 24.2.2020].

13. Järvinen, T. TATE-määrälistoja ei urakoitsija tule näkemään. WWW-dokumentti. 2018. Saatavissa: <http://tietomalli.blogspot.com/2018/04/tate-maaratlistoja-ei-urakoitsija-tule.html> [viitattu 24.2.2020].
14. MagiCAD Software Manuals. Yrityksen WWW-sivut. 2020. Saatavissa: <https://help.magicad.com/> [viitattu 23.1.2020].
15. Pänkäläinen, M. Tietomalliprosessin tehostaminen sähkösuunnittelussa. PDF-dokumentti. 2018. Opinnäytetyö. Metropolian ammattikorkeakoulu, Insinööri YAMK, Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/156498> [viitattu 27.1.2020].

## Käsinlaskennan osaluettelo



		TUNNUS
	PÄIVÄYS	SIVU
Kanava Ø 800		
630		
500		
400		
315		
250		
200		
160		
125		
100		
Käyrä 90°		
630		
500		
400		
315		
250		
200		
160		
125		
100		
Käyrä 45°		
630		
500		
400		
315		
250		
200		
160		
125		
100		
ÄV		
315	500	
250	400	
200		
160		
125		
100		
Talppa		
630		
500		
400		
315		
250		
200		
160		
125		



		TUNNUS
		SIVU

## Käsinlaskennan osaluettelo



		TUNNUS
		SIVU
MYP	630/500 I 500/400 III 400/375 III II 400/250 II 375/250 III III 375/200 III 250/200 III III 200/160 III III III III III III III III II 160/125 III III III 160/100 I 125/100	630/400 I       250/160 III 200/125 I
LKP	630/630 III 630/375 III 500/500 II 500/375 III II 500/250 I 400/375 III 400/160 III 375/375 III 375/200 III III I 375/160 III III III III 250/250 III 250/200 III III I 250/160 III I 200/200 III III 200/160 III III III III III II 200/125 III I 160/160 III III III 160/125 III III III I 125/125 II	630/200 I 630/250 I 630/500 I 630/400 I 500/160 II 400/250 II 400/400 III 400/200 III II 400/100 I 375/250 III 375/100 III 375/125 II  250/100 III
PL	630 III III II 500 II 400 III III 375 II 250 200 I 160 125 I	

## Käsinlaskennan osaluettelo



		TUNNUS
		SIVU
IMS	500	III
	400	II
	375	III III
	250	IIII
	200	III III III III
	160	III III III III III III
	125	III II
	100	
		RN 315 II
		RN 250 I
		RN 160 II
		RN 125 I
		RN 100 III I
IRK	315	I
	250	I
	200	
	160	
	125	
	100	II
LYP	650	III
	500	I
	400	I
	315	I
	250	I
	200	I
	160	IIII
	125	
Tasotahvi	650	I
	500	I
	400	I
	250	I
	200	I

## Tutkimuskohteiden kootut tarvikemäärät

## Kohde 1

Sähköinen Määrälaskenta			
Tyyppi	KytKentäkoko	Pituus (m)	Määrä
Kanava	100	17,8	
Kanava	125	183,6	
Kanava	160	51,2	
Kanava	200	9,8	
Kanava	250	52,8	
Kanava	315	33,8	
Kanava	400	40	
Kanava	500	18,1	
Kanava	630	19	
Käyrä 90°	100		5
Käyrä 90°	125		44
Käyrä 90°	160		19
Käyrä 90°	200		0
Käyrä 90°	250		1
Käyrä 90°	315		2
Käyrä 90°	400		0
Käyrä 90°	500		3
Käyrä 90°	630		1
Käyrä 45°	100		2
Käyrä 45°	125		188
Käyrä 45°	160		11
Käyrä 45°	200		2
Käyrä 45°	250		4
Käyrä 45°	315		0
Käyrä 45°	400		0
Käyrä 45°	500		0
Käyrä 45°	630		0
T-haara	100/100/100		1
T-haara	125/125/100		2
T-haara	125/125/125		0
T-haara	160/160/100		2
T-haara	160/160/125		2
T-haara	160/160/160		3
T-haara	200/200/100		0
T-haara	200/200/125		4
T-haara	200/200/160		1
T-haara	200/200/200		0
T-haara	250/250/100		2
T-haara	250/250/125		41
T-haara	250/250/160		7
T-haara	250/250/200		0
T-haara	250/250/250		1
T-haara	315/315/100		0
T-haara	315/315/125		25
T-haara	315/315/160		4
T-haara	315/315/200		1
T-haara	315/315/250		2
T-haara	315/315/315		0
T-haara	400/400/100		0
T-haara	400/400/125		25
T-haara	400/400/160		0
T-haara	400/400/200		1
T-haara	400/400/250		2
T-haara	400/400/315		0
T-haara	400/400/400		0
T-haara	500/500/100		0
T-haara	500/500/125		1
T-haara	500/500/160		0

Käsinlaskenta			
Tyyppi	KytKentäkoko	Pituus (m)	Määrä
Kanava	100	17,5	
Kanava	125	166	
Kanava	160	48,5	
Kanava	200	10	
Kanava	250	56,5	
Kanava	315	38,5	
Kanava	400	39	
Kanava	500	21,5	
Kanava	630	22	
Käyrä 90°	100		3
Käyrä 90°	125		17
Käyrä 90°	160		14
Käyrä 90°	200		0
Käyrä 90°	250		1
Käyrä 90°	315		2
Käyrä 90°	400		0
Käyrä 90°	500		3
Käyrä 90°	630		1
Käyrä 45°	100		4
Käyrä 45°	125		319
Käyrä 45°	160		12
Käyrä 45°	200		0
Käyrä 45°	250		4
Käyrä 45°	315		0
Käyrä 45°	400		0
Käyrä 45°	500		0
Käyrä 45°	630		0
T-haara	100/100/100		0
T-haara	125/125/100		2
T-haara	125/125/125		0
T-haara	160/160/100		1
T-haara	160/160/125		2
T-haara	160/160/160		3
T-haara	200/200/100		0
T-haara	200/200/125		3
T-haara	200/200/160		1
T-haara	200/200/200		0
T-haara	250/250/100		2
T-haara	250/250/125		40
T-haara	250/250/160		8
T-haara	250/250/200		0
T-haara	250/250/250		1
T-haara	315/315/100		0
T-haara	315/315/125		24
T-haara	315/315/160		3
T-haara	315/315/200		1
T-haara	315/315/250		0
T-haara	315/315/315		0
T-haara	400/400/100		0
T-haara	400/400/125		25
T-haara	400/400/160		0
T-haara	400/400/200		1
T-haara	400/400/250		2
T-haara	400/400/315		0
T-haara	400/400/400		0
T-haara	500/500/100		0
T-haara	500/500/125		1
T-haara	500/500/160		0

## Tutkimuskohteiden kootut tarvikemäärät

## Kohde 1

T-haara	500/500/200		0
T-haara	500/500/250		1
T-haara	500/500/315		1
T-haara	500/500/400		0
T-haara	500/500/500		4
T-haara	630/630/200		0
T-haara	630/630/250		0
T-haara	630/630/315		0
T-haara	630/630/400		0
T-haara	630/630/500		2
T-haara	630/630/630		2
MYP	125/100		2
MYP	160/100		2
MYP	160/125		8
MYP	200/100		0
MYP	200/125		2
MYP	200/160		5
MYP	250/100		0
MYP	250/125		0
MYP	250/160		4
MYP	250/200		2
MYP	315/100		0
MYP	315/125		0
MYP	315/160		0
MYP	315/200		0
MYP	315/250		8
MYP	400/250		0
MYP	400/315		5
MYP	500/250		1
MYP	500/315		1
MYP	500/400		3
MYP	630/315		1
MYP	630/400		0
MYP	630/500		1
IV-tulppa	100		1
IV-tulppa	125		0
IV-tulppa	160		1
IV-tulppa	200		1
IV-tulppa	250		10
IV-tulppa	315		0
IV-tulppa	400		0
IV-tulppa	500		0
IV-tulppa	630		0
PL	100		0
PL	125		0
PL	160		0
PL	200		0
PL	250		0
PL	315		0
PL	400		0
PL	500		0
PL	630		0
PL	Tyhjä		29
PP	100		0
PP	125		0
PP	160		0
PP	200		0
PP	250		1
PP	315		1
PP	400		0
PP	500		3
PP	630		1
ÄV	100		0
ÄV	125		0
ÄV	160		0

T-haara	500/500/200		0
T-haara	500/500/250		2
T-haara	500/500/315		1
T-haara	500/500/400		0
T-haara	500/500/500		4
T-haara	630/630/200		0
T-haara	630/630/250		0
T-haara	630/630/315		0
T-haara	630/630/400		0
T-haara	630/630/500		3
T-haara	630/630/630		1
MYP	125/100		2
MYP	160/100		2
MYP	160/125		6
MYP	200/100		0
MYP	200/125		2
MYP	200/160		4
MYP	250/100		0
MYP	250/125		0
MYP	250/160		4
MYP	250/200		1
MYP	315/100		0
MYP	315/125		0
MYP	315/160		1
MYP	315/200		0
MYP	315/250		9
MYP	400/250		0
MYP	400/315		4
MYP	500/250		0
MYP	500/315		2
MYP	500/400		4
MYP	630/315		1
MYP	630/400		1
MYP	630/500		0
IV-tulppa	100		1
IV-tulppa	125		0
IV-tulppa	160		1
IV-tulppa	200		1
IV-tulppa	250		10
IV-tulppa	315		0
IV-tulppa	400		0
IV-tulppa	500		0
IV-tulppa	630		0
PL	100		0
PL	125		0
PL	160		2
PL	200		0
PL	250		2
PL	315		7
PL	400		1
PL	500		3
PL	630		1
PL	Tyhjä		0
PP	100		0
PP	125		0
PP	160		0
PP	200		0
PP	250		1
PP	315		1
PP	400		0
PP	500		3
PP	630		1
ÄV	100		0
ÄV	125		0
ÄV	160		0

## Tutkimuskohteiden kootut tarvikemäärät

## Kohde 1

ÄV	200	0
ÄV	250	2
ÄV	315	6
ÄV	400	4
ÄV	500	1
ÄV	630	0
IRIS	100	0
IRIS	125	14
IRIS	160	0
IRIS	200	0
IRIS	250	1
IRIS	315	3
IRIS	400	1
IRIS	500	3
IRIS	630	0
FV	160	2
DYKC	100	7
DYKC	125	25
DYKC	160	4
DYKC	200	4
KSO	100	3
KSO	125	83
KSO	160	1

ÄV	200	0
ÄV	250	2
ÄV	315	6
ÄV	400	4
ÄV	500	1
ÄV	630	0
IRIS	100	0
IRIS	125	0
IRIS	160	0
IRIS	200	0
IRIS	250	1
IRIS	315	3
IRIS	400	1
IRIS	500	3
IRIS	630	0
FV	160	2
DYKC	100	7
DYKC	125	22
DYKC	160	4
DYKC	200	4
KSO	100	3
KSO	125	83
KSO	160	1

## Tutkimuskohteiden kootut tarvikemäärät

## Kohde 2

Sähköinen Määrälaskenta			
Tyyppi	KytKentäkoko	Pituus (m)	Määrä
Kanava	100	26,9	
Kanava	125	81,4	
Kanava	160	207,8	
Kanava	200	85,9	
Kanava	250	61,9	
Kanava	315	127,1	
Kanava	400	84,4	
Kanava	500	65,1	
Kanava	630	113,6	
Käyrä 90°	100		13
Käyrä 90°	125		28
Käyrä 90°	160		70
Käyrä 90°	200		32
Käyrä 90°	250		5
Käyrä 90°	315		10
Käyrä 90°	400		2
Käyrä 90°	500		2
Käyrä 90°	630		3
Käyrä 45°	100		6
Käyrä 45°	125		3
Käyrä 45°	160		21
Käyrä 45°	200		15
Käyrä 45°	250		1
Käyrä 45°	315		20
Käyrä 45°	400		4
Käyrä 45°	500		3
Käyrä 45°	630		17
T-haara	125/125/125		2
T-haara	160/160/125		16
T-haara	160/160/160		13
T-haara	200/200/100		3
T-haara	200/200/125		6
T-haara	200/200/160		24
T-haara	200/200/200		10
T-haara	250/250/100		1
T-haara	250/250/160		6
T-haara	250/250/200		11
T-haara	250/250/250		4
T-haara	315/315/100		4
T-haara	315/315/125		2
T-haara	315/315/160		19
T-haara	315/315/200		11
T-haara	315/315/250		4
T-haara	315/315/315		4
T-haara	400/400/100		1
T-haara	400/400/160		4
T-haara	400/400/200		5
T-haara	400/400/250		2
T-haara	400/400/315		4
T-haara	400/400/400		4
T-haara	500/500/160		2
T-haara	500/500/250		1
T-haara	500/500/315		7
T-haara	500/500/500		3
T-haara	630/630/200		1
T-haara	630/630/250		1
T-haara	630/630/315		3
T-haara	630/630/400		1
T-haara	630/630/500		1
T-haara	630/630/630		8
LYP	100		0
LYP	125		4
LYP	160		14
LYP	200		3
LYP	250		1
LYP	315		3
LYP	400		2
LYP	500		1
LYP	630		5
MYP	125/100		6
MYP	160/100		1

Käsinlaskenta			
Tyyppi	KytKentäkoko	Pituus (m)	Määrä
Kanava	100	27	
Kanava	125	67,5	
Kanava	160	204,5	
Kanava	200	93,5	
Kanava	250	55	
Kanava	315	133	
Kanava	400	87,5	
Kanava	500	64,5	
Kanava	630	92	
Käyrä 90°	100		16
Käyrä 90°	125		29
Käyrä 90°	160		67
Käyrä 90°	200		30
Käyrä 90°	250		4
Käyrä 90°	315		10
Käyrä 90°	400		2
Käyrä 90°	500		2
Käyrä 90°	630		3
Käyrä 45°	100		11
Käyrä 45°	125		4
Käyrä 45°	160		26
Käyrä 45°	200		14
Käyrä 45°	250		2
Käyrä 45°	315		20
Käyrä 45°	400		4
Käyrä 45°	500		3
Käyrä 45°	630		16
T-haara	125/125/125		2
T-haara	160/160/125		16
T-haara	160/160/160		13
T-haara	200/200/100		3
T-haara	200/200/125		6
T-haara	200/200/160		22
T-haara	200/200/200		10
T-haara	250/250/100		4
T-haara	250/250/160		6
T-haara	250/250/200		11
T-haara	250/250/250		3
T-haara	315/315/100		4
T-haara	315/315/125		2
T-haara	315/315/160		19
T-haara	315/315/200		11
T-haara	315/315/250		5
T-haara	315/315/315		4
T-haara	400/400/100		1
T-haara	400/400/160		4
T-haara	400/400/200		7
T-haara	400/400/250		2
T-haara	400/400/315		4
T-haara	400/400/400		5
T-haara	500/500/160		2
T-haara	500/500/250		1
T-haara	500/500/315		7
T-haara	500/500/500		2
T-haara	630/630/200		1
T-haara	630/630/250		1
T-haara	630/630/315		3
T-haara	630/630/400		1
T-haara	630/630/500		1
T-haara	630/630/630		3
LYP	100		0
LYP	125		0
LYP	160		4
LYP	200		1
LYP	250		1
LYP	315		1
LYP	400		1
LYP	500		1
LYP	630		3
MYP	125/100		1
MYP	160/100		1

## Tutkimuskohteiden kootut tarvikemäärät

## Kohde 2

MYP	160/125	14
MYP	200/160	42
MYP	250/160	5
MYP	250/200	8
MYP	315/125	1
MYP	315/200	2
MYP	315/250	8
MYP	400/250	2
MYP	400/315	6
MYP	500/400	5
MYP	630/400	1
MYP	630/500	1
IV-tulppa	100	0
IV-tulppa	125	2
IV-tulppa	160	2
IV-tulppa	200	2
IV-tulppa	250	3
IV-tulppa	315	6
IV-tulppa	400	4
IV-tulppa	500	2
IV-tulppa	630	10
PL	100	0
PL	125	0
PL	160	0
PL	200	1
PL	250	0
PL	315	1
PL	400	1
PL	500	2
PL	630	0
PL	Tyhjä	24
ÄV	100	6
ÄV	125	11
ÄV	160	31
ÄV	200	20
ÄV	250	3
ÄV	315	11
ÄV	400	3
ÄV	500	3
ÄV	630	0
IMS	100	0
IMS	125	7
IMS	160	29
IMS	200	20
IMS	250	4
IMS	315	8
IMS	400	3
IMS	500	3
IMS	630	0
RN	100	6
RN	125	1
RN	160	2
RN	200	0
RN	250	1
RN	315	2
RN	400	0
RN	500	0
RN	630	0
IRIS	100	3
IRIS	125	0
IRIS	160	0
IRIS	200	0
IRIS	250	1
IRIS	315	2
IRIS	400	0
IRIS	500	0
IRIS	630	0
KSO	100	4
KSO	125	9
KSO	160	1
EHI	315	4

MYP	160/125	14
MYP	200/160	42
MYP	250/160	5
MYP	250/200	8
MYP	315/125	0
MYP	315/200	3
MYP	315/250	8
MYP	400/250	2
MYP	400/315	7
MYP	500/400	5
MYP	630/400	1
MYP	630/500	1
IV-tulppa	100	0
IV-tulppa	125	2
IV-tulppa	160	2
IV-tulppa	200	1
IV-tulppa	250	5
IV-tulppa	315	9
IV-tulppa	400	5
IV-tulppa	500	3
IV-tulppa	630	4
PL	100	0
PL	125	1
PL	160	0
PL	200	1
PL	250	0
PL	315	2
PL	400	9
PL	500	2
PL	630	12
PL	Tyhjä	0
ÄV	100	9
ÄV	125	8
ÄV	160	31
ÄV	200	20
ÄV	250	4
ÄV	315	9
ÄV	400	3
ÄV	500	3
ÄV	630	0
IMS	100	0
IMS	125	7
IMS	160	29
IMS	200	20
IMS	250	4
IMS	315	8
IMS	400	3
IMS	500	3
IMS	630	0
RN	100	6
RN	125	1
RN	160	2
RN	200	0
RN	250	1
RN	315	3
RN	400	0
RN	500	0
RN	630	0
IRIS	100	2
IRIS	125	0
IRIS	160	0
IRIS	200	0
IRIS	250	1
IRIS	315	1
IRIS	400	0
IRIS	500	0
IRIS	630	0
KSO	100	4
KSO	125	9
KSO	160	1
EHI	315	4

[illegible]