



Tarjouslaskentatyökalun päivitys

Nina Sallinen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2022

Älyteollisuuden automaattioratkaisujen ylempi tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Älyteollisuuden automaatoratkaisujen ylempi tutkinto-ohjelma

SALLINEN, NINA:
Tarjouslaskentatyökalun päivitys

Opinnäytetyö 70 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Toukokuu 2022

Työn tavoitteena oli kehittää toimeksiantajan käyttämää tarjouslaskentatyökalua siten, että se soveltuu kattamaan koko sähkö-, instrumentointi- ja automaatiotoimituskokonaisuuden, jolloin tarjouslaskennat voidaan toteuttaa jatkossa yhdellä mallilla. Tutkimusstrategiana oli selvittää sähkö-, instrumentointi- ja automaatiotoimituksien sisältö ja vaiheet. Tavoitteena oli laatia tarjouslaskentatyökalu, joka kattaa sähkö- automaatio- ja instrumentointiprojektitoimituksen.

Opinnäytetyö koostuu kirjallisuustutkimuksesta, jonka osa-alueita olivat sähkö-, instrumentointi- ja automaatiosuunnittelun vaiheet sekä toimitusprojektin vaiheet, joiden avulla pyrittiin määrittämään tarjouslaskentaan oikealaajuinen sisältö. Lisäksi tutustuttiin kustannusperusteisen tarjouslaskennan perusteisiin. Tutkimusote oli konstrukttiivinen.

Tutkimuksen päätuote oli tarjouslaskentatyökalu sekä tarjouslaskentaan ja sähkö- automaatio- ja instrumentointisuunnitteluun tutustuttava kirjallisuuskatso.

Opinnäytetyön tuloksena kehitetyssä tarjouslaskentatyökalussa käytetään paljon tuntiarvioita erityisesti suunnitteluosuudessa ja tuntiarviot perustuvat kokemusperäiseen tietoon. Laskennassa käytettävät arviot olisi hyvä tarkastaa toteutuneiden projektien jälkilaskennan perusteella. Toteutuneista projekteista on saatavilla tiedot suunnittelun laajuudesta sekä suunnitteluun käytetyn ajan saa tarkastettua toiminnanohjausjärjestelmästä.

Asiasanat: tarjouslaskenta, projektitoimitus, suunnittelu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Programme Master's Degree Programme in Automation in Smart Industry

SALLINEN NINA:
Updating a Cost Calculation Tool

Master's thesis 70 pages, appendices 0 pages
May 2022

The aim of the thesis was to develop a cost calculation tool for electrical, instrumentation and automation project deliveries. The research strategy was to clarify the content and main phases of the electrical, instrumentation and automation (EIA) deliveries. The aim was to find new ideas for implementing the calculations and to improve cost calculation tool to meet the current needs.

The study was qualitative in nature and the data were collected from the literature and through unstructured interviews. The literature search aimed to determine the correct content for the cost calculation tool. The main content of the literature search included the phases of the electrical, instrumentation and automation engineering and the phases of the delivery project. The research approach of the thesis was a constructive study because the goal was to solve an existing problem.

The results of the thesis are an updated cost calculation tool and a literature review of cost calculation and EIA-engineering.

The cost calculation tool uses a pre-defined values which are based on already completed projects. Those values should be further evaluated after the thesis. The actual costs of the completed projects are available in the ERP system.

Key words: cost calculation, project delivery, engineering

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaaminen	7
1.2	Viitekehys ja tutkimuskysymykset	8
2	TUTKIMUSMENETELMÄ	10
2.1	Tutkimuksessa käytetty menetelmä	10
2.2	Konstruktivisen tutkimuksen vaiheet	11
2.3	Teemahaastattelu	12
3	AUTOMAATIOSUUNNITTELUN VAIHEET	14
3.1	Määrittelyvaihe	16
3.2	Suunnitteluvaihe.....	17
3.3	Toteutusvaihe.....	18
3.4	Asennusvaihe ja toiminnallinen testaus	18
3.5	Kelpuutusvaihe.....	19
3.6	Tuotantovaihe	19
3.7	Purku.....	20
4	INSTRUMENTOINTISUUNNITTELU	21
4.1	Suunnittelun lähtötiedot.....	21
4.2	Toteutussuunnittelu	21
4.3	Asennussuunnittelu	23
4.4	Asennus	24
5	SÄHKÖSUUNNITTELU	25
5.1	Hankesuunnittelu	25
5.2	Ehdotussuunnittelu.....	26
5.3	Yleissuunnittelu	26
5.4	Toteutussuunnittelu.....	27
5.5	Vastaanotto ja käyttöönotto.....	28
6	PROJEKTITOIMITUKSET	29
6.1	Toimitusprojektin elinkaari.....	29
6.1.1	Projektin markkinointi ja myynti	30
6.1.2	Projektin toteutus.....	31
6.1.3	Käyttö ja käytön tukeminen	35
7	PROJEKTIN HINNOITTELU JA TARJOUSLASKENTA	36
7.1	Kustannusperusteinen hinnoittelu	36
7.2	Projektin tarjoushinta.....	38
7.2.1	Kustannuksien arviointi.....	38
7.2.2	Kate	41

7.2.3 Riskivaraukset	42
8 TARJOUSLASKENTATYÖKALUN PÄIVITYS	44
8.1 Tarjouksen yhteenveto	44
8.2 Tarjouksen osa-alueen yhteenveto	46
8.3 Kappalemäärään perustuvat kustannukset	47
8.3.1 Automaatioon liittyvät hankinnat	47
8.3.2 Instrumentointiin liittyvät hankinnat	48
8.3.3 Sähkölaitteiden hankinnat	49
8.3.4 Ostopalvelut	49
8.4 Tuntiarvioon perustuvat kustannukset	50
8.5 Piirimääriin perustuva kustannusarvio	50
8.6 Matkustamiseen liittyvät kustannukset	52
8.7 Käyttöönoton kustannukset	53
9 TUTKIMUKSEN YHTEENVETO	54
9.1 Tutkimusongelma	54
9.2 Teoreettisen tiedon hankinta	55
9.3 Ratkaisujen laatiminen	55
9.4 Ratkaisun toimivuuden testaus	57
9.5 Teoriakytkentöjen näyttäminen ja arvon osoittaminen	59
9.6 Soveltuvuuden tarkastelu	60
10 POHDINTA	61
10.1 Opinnäytetyön tulokset	61
10.2 Luotettavuus	62
10.3 Haasteet	64
11 KEHITYSEHDOTUKSET	65
LÄHTEET	68

LYHENTEET JA TERMIT

ATEX	Atmospheres explosives, räjähdysvaaralliset tilat
FAT	Factory Acceptance Testing, tehdastestaus
HTK	henkilötyökuukausi
NPV	Net Present Value, nettonykyarvo
PI-kaavio	Putki- ja instrumenttikaavio
SAT	System Acceptance Testing, hyväksymistestaus
SIA	sähkö, instrumentointi ja automaatio
SKOL	Teollisuusliiton henkilöryhmittely
TLJ	Turvallisuuteen liittyvä järjestelmä

1 JOHDANTO

Pärjätäkseen kilpailuilla markkinoilla yrityksellä on oltava toimiva tarjouslaskentamalli, joka perustuu luotettavaan kustannuslaskentaan. Hyvin toteutetulla kustannuslaskennalla pystytään määrittämään tarjouslaskennan perusteena olevat kustannukset. Riittävän tarkka kustannusperustan tunteminen toimii perustana järkevästi toteutettavalle tarjouslaskennalle. Toimiva tarjouslaskenta mahdollistaa yrityksen pärjäämisen; liian korkea hinta vähentää voitettuja tarjouksia, mutta liian matala hinta voi aiheuttaa tappioita liian edullisesti myydyistä projekteista.

1.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaaminen

Kehittämistehtävän tavoitteena oli kehittää projektien tarjouslaskentaa teollisuuden sähkö-, instrumentointi- ja automaatioprojektitoimituksien (SIA) osalta. Tavoitteena oli vahvistaa olemassa olevien laskentojen perusteena olevat oletukset, löytää uusia ideoita laskennan toteuttamiseksi sekä laatia tarjouslaskentatyökalu, joka vastaa nykyisiä tarpeita. Tarjouslaskentatyökalulla tulee pystyä laatimaan SIA-kokonaistoimituksen kustannusarvio ja tarjoushinta.

Tarjouksia tekevä henkilö on voinut itse rakentaa mieleisensä tarjouslaskentapohjan tai muokata olemassa olevia itselle mielekkäämmäksi, jonka seurauksena käytössä on useita erilaisia tarjouslaskentamalleja. Tällöin riippuen tarjouksen tekijästä, voivat tehdyt tarjoukset olla toisistaan poikkeavia. Olisi tärkeää yhtenäistää toimintatapa siten, että jokaisella on käytössä sama tarjouslaskentamalli. Tällöin riippumatta tekijästä tarjoukset pysyisivät samanlaisina. Työn tavoitteena on käydä läpi olemassa olevia työkaluja ja yhtenäistää niistä yksi tarjouslaskentatyökalu kattamaan koko SIA-toimituskokonaisuus. Työssä käsitellään tarjouslaskentamateriaalia, joka on salassa pidettävää aineistoa eikä sitä voida opinnäytetyössä julkisesti esittää. Tästä syystä opinnäytetyön raportissa keskitytään esittämään yleisesti tarjouslaskennan periaatteita käyttäen keksittyjä arvoja. Myöskään tarjouslaskentatyökalun visuaalista ilmettä ei

esitellä kokonaisuudessaan, vaan toteutettu laskenta esitetään esimerkkeinä ja otteina tarjouslaskentatyökalusta.

Opinnäytetyön aihe rajataan tarjouslaskentaan eli tarjouspyynnön saapumisesta tarjoushinnan määrittämiseen. Opinnäytetyössä ei käsitellä projektin markkinointia eikä jälkilaskentaa. Opinnäytetyön päätuote on päivitetty tarjouslaskentatyökalu sekä tarjouslaskentaan ja SIA-suunnittelun vaiheisiin tutustuttava kirjallisuuskatsaus.

1.2 Viitekehys ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön viitekehykseen haettiin tietoja ja näkökulmia kirjallisuudesta. Tarkasteltavia viitekehyksen osa-alueita olivat sähkö-, instrumentointi- ja automaatio-suunnittelun vaiheet ja toimitusprojektin vaiheet, joiden avulla pyrittiin määrittämään tarjouslaskentaan oikealaajuinen sisältö. Kananen (2015) luettelee kvalitatiivisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmiksi haastattelut, havainnoiminen ja dokumentit. Aineistonkeruumenetelmät voidaan jakaa primääri- ja sekundääriaineistoon. Primääriaineisto on kerätty nimenomaista tutkimusta varten. Se koostuu havainnoinnin, haastattelujen ja kyselyjen avulla tuotetusta aineistosta. Sekundääriaineistoa ovat ilmiöön liittyvät olemassa olevat dokumentit. (Kananen 2015, 24, 76.)

Tässä työssä aineistonkeruumenetelmänä käytettiin sekä dokumentteja että haastatteluja. Opinnäytetyön tietoperusta koostuu pääasiassa sekundääriaineistosta, koska sillä sen perusteella määritetään tarjouslaskentamallin tuleva sisältö. Lisäksi hyödynnettiin primääriaineistoa, kuten olemassa olevia laskentamalleja, jotta työstä pystyttiin tekemään toimeksiantajan tarpeita vastaava. Tieto hankittiin pääasiassa kirjallisuudesta sekä Internet-lähteistä ja Tampereen ammattikorkeakoulun tietokannoista. Kerättyyn aineistoon tutustuttiin pääasiassa lukemalla. Luettaessa aineistoa tiivistettiin ja kiinnitettiin huomiota toistuviin ilmaisuihin ja termeihin.

Työn tietoperusta perustuu sähkö- automaatio- ja instrumentointisuunnittelun vaiheisiin ja kustannusperusteisen tarjouslaskennan perusteisiin. Teoreettisena

aineistona tässä työssä käytettiin kustannus- ja tarjouslaskentaan liittyviä kirjoja ja artikkeleita sekä SIA-suunnitteluun liittyvää kirjallisuutta. Teoreettisen aineiston pohjalta saatiin käsitys siitä, mitä kustannuslaskennassa tulee ottaa huomioon ja miten tarjouslaskenta toteutetaan. Primääriaineistoa, eli haastattelujen tuottamaa aineistoa hyödynnettiin konstruktion testausvaiheessa.

Kehittyminen edellyttää, että on tunnettava nykytilanne sekä määriteltävä poistettava ongelma. Ongelmaan vaikuttavien tekijöiden analysointi on tärkeää tutkimuksen onnistumisen kannalta. Vastauksia ongelmaan voidaan lähteä hakemaan muuttamalla ongelma tutkimuskysymyksiksi, joilla tuotetaan ongelman ratkaisemisen vaatima tieto. (Kananen 2015, 35-36.) Opinnäytetyössä ongelma oli yhtenäisen tarjouslaskentamallin puuttuminen, sillä SIA-kokonaistoimituksia varten oli olemassa erilaisia laskentapohjia riippuen kokonaisuudesta ja tarjouksen laskijasta. Kehittämistehtävän tavoitteena oli laatia yksi yhteinen tarjouslaskentatyökalu, joka kattaa kokonaistoimitukset ja jolla pystytään laatimaan SIA-kokonaistoimituksen kustannusarvio ja tarjoushinta.

Tässä opinnäytetyössä tutkimuskysymyksiksi muodostuivat seuraavat:

- Mistä SIA-kokonaistoimituksen kustannukset muodostuvat?
- Mitkä ovat SIA-suunnittelun suunnitteluvaiheet?
- Mistä projektien kustannukset muodostuvat?
- Mitä toimitusprojektin tarjouslaskennassa tulee huomioida?

2 TUTKIMUSMENETELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää toimeksiantajan tarjouslaskentatyökalua, jolloin opinnäytetyö on selkeästi kehittämistutkimus. Kanasen (2015) mukaan kehittämistutkimusta ei pidetä omana tutkimusmenetelmänä, vaan se koostuu useista eri tutkimusmenetelmistä. Käytetyt tutkimusmenetelmät valitaan tutkimusongelman ja kehittämiskohteen mukaisesti. (Kananen 2015, 33.) Tässä opinnäytetyössä tutkimusmenetelmäksi valittiin konstruktiiivinen tutkimus, sillä työn tavoitteena on ratkaista olemassa oleva ongelma.

Opinnäytetyö koostuu kirjallisuustutkimuksesta ja kehitystehtävästä. Kirjallisuustutkimuksessa käsitellään sähkö- automaatio- ja instrumentointisuunnittelun vaiheita sekä tutustutaan kustannusperusteisen tarjouslaskennan perusteisiin. Kvalitatiivisia menetelmiä käytettiin konstruktion testausvaiheessa, jolloin haastateltiin tarjouslaskentaa tekeviä henkilöitä.

2.1 Tutkimuksessa käytetty menetelmä

Konstruktiiivinen tutkimus tarkoittaa suunnittelua, mallintamista, mallien toteutusta ja testaamista. Se muistuttaa innovaatioiden tuottamista ja siksi se soveltuu konkreettisiin tuotoksiin, kuten mallin tai suunnitelman tekoon. (Konstruktiiivinen tutkimus n.d.) Konstruktiiivisen tutkimuksen etu on sen luonnollinen soveltuvuus yhdistämään tutkimus ja käytäntö. Haittapuolena on, että verrattuna teoreettiseen tutkimukseen, voivat konstruktiiivisen tutkimuksen tulokset olla liian arkaluontoisia julkaistaviksi. (Lukka 2001.)

Konstruktiiivinen tutkimusote perustuu teoriaan ja aikaisempiin tutkimuksiin ja siinä on teoreettinen viitekehys, johon uusi konstruktio rakennetaan. Myös konstruktion tulokset kytetään aikaisempaan tietämykseen aiheesta. (Virtanen 2006, 47.)

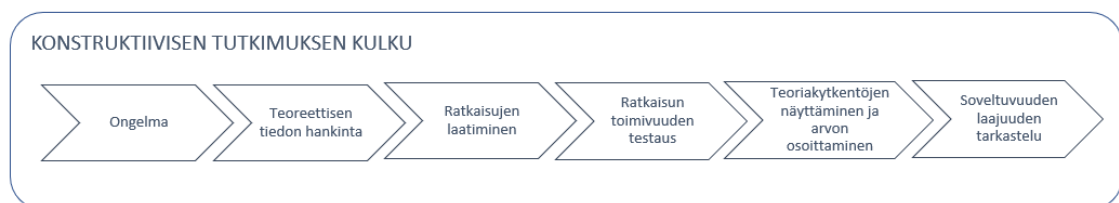
Konstruktiiivisen tutkimusotteen ydinpiirteet edellyttävät, että se keskittyy tosielämän ongelmiin, jotka koetaan tarpeelliseksi ratkaista (Lukka 2001). Konstruktio tarkoittaa ongelmanratkaisua mallin, kuvion, suunnitelman tai vastaavan rakentamisen avulla. Mikä tahansa konstruktio ei kuitenkaan täytä tieteellisen

tutkimuksen vaatimuksia, vaan olennainen osa tieteellistä konstruktivistista tutkimusta on sen kytkeytyminen aikaisempaan teoriaan, kirjallisuuteen ja tutkimukseen aiheesta. Olennaista on myös ratkaisun uutuuden ja toimivuuden osoittaminen. Tutkijan tehtävänä on rakentaa yritykselle teoriaan perustuva ratkaisu, jonka toimivuus todetaan käytännössä. Menetelmä vaatii yrityksen organisaation ja toimintatapojen syvällistä ymmärrystä, että käyttökelpoinen ratkaisu voidaan räätälöidä yrityksen käyttöön. (Virtanen 2006, 47-48.)

Konstruktivisessa tutkimuksessa tuotetaan yksi pätevä ratkaisu. Tutkimusotteelle on ominaista, että onnistunut konstruktio on yleistettävissä ja siirrettävissä myös muihin yrityksiin. Menetelmän tarkoituksena on tuottaa yleistettävää tietoa, joka saavutetaan yhden tapauksen syvällisen ymmärryksen kautta. Konstruktivisen tutkimuksen raportoinnin painopiste on kehitetyn ratkaisun esittelyssä, ratkaisun teoriakytkentöjen näyttämisessä, uutuusarvon esittelyssä ja yleistettävyyden toteamisessa. (Virtanen 2006, 48-49.)

2.2 Konstruktivisen tutkimuksen vaiheet

Konstruktivisen tutkimuksen prosessi etenee kuuden vaiheen kautta kuvion 1 mukaisesti (Konstruktivinen tutkimus n.d.; Virtanen 2006, 50).



KUVIO 1. Konstruktivisen tutkimuksen vaiheet

Ensimmäinen vaihe on relevantin, tutkimuksellisesti mielenkiintoisen ongelman etsiminen. Tavallisesti ongelma löytyy yrityksessä keskustelujen perusteella. (Virtanen 2006, 50.) Useilla tieteenaloilla tutustuminen käytännön edustajien ajatuksiin ja toimintaan voi olla konstruktivisen tutkimusotteen potentiaalisten tutkimusaiheiden kannalta hyvä lähde. (Lukka 2001.)

Toisessa vaiheessa hankitaan esiymmärrys tutkimuskohteesta syvällisen teoreettisen ja käytännöllisen tiedon avulla. Etnografisia metodeja (haastattelut ja kirjallisen aineiston analysointi) hyödyntämällä tutkija voi alkaa perehtyä nykytilaan ja tutkimusongelmaan. Esiymmärrys voi syntyä myös aiemmista opinnoista tai aiempia tutkimuksia koskevaan kirjallisuuteen perehtymisestä. (Konstrukttiivinen tutkimus n.d.; Virtanen 2006, 50; Lukka 2001.)

Kolmas vaihe on innovaatiovaihe, jossa ratkaisumalli konstruoidaan. Se on vaiheista kaikkein tärkein, sillä sen onnistuminen on ratkaisun edellytys; jos uutta ratkaisumallia ei löydy, ei konstruktion luomista käytännössä voida jatkaa. Innovaatiovaihe tapahtuu yhdessä yrityksen edustajien kanssa ja se edellyttää tiivistä osallistumista yrityksen toimintaan. (Virtanen 2006, 50.)

Neljännessä vaiheessa ratkaisun toimivuus testataan eli osoitetaan konstruktion oikeellisuus (Virtanen 2006, 50). Tämä tutkimusvaihe erottaa konstruktivisen tutkimusotteen tyypillisestä analyttisestä mallinnuksesta, joissa kehitetyt konstruktiot usein vain rakennetaan ilman, että niiden empiiristä toteuttamiskelpoisuutta millään tavoin testataan (Lukka 2001).

Viidennessä vaiheessa näytetään ratkaisun teoriakytkennät ja osoitetaan ratkaisun arvo (Konstrukttiivinen tutkimus n.d.). Tutkimuksen teoriakytkennän periaatteelliset vaihtoehdot ovat uuden teorian kehittäminen, vanhan jalostaminen, sen testaus tai havainnollistaminen (Lukka 2001).

Kuudennessa vaiheessa tarkastellaan ratkaisun soveltumisalueen laajuutta. Yksi konstruktion ominaisuuksista on mahdollisuus soveltaa luotua ratkaisua muihin vastaaviin ongelmiin toisissa yrityksissä. (Virtanen 2006, 50.)

2.3 Teemahaastattelu

Teemahaastattelu on yksi kvalitatiivisen tutkimuksen tiedonkeruumenetelmä. Teemahaastattelua voidaan käyttää kehittämistutkimuksessa, kun haetaan ymmärrystä tutkittavasta kohteesta. Tutkittava aihe voi olla tutkijalle vieras, jolloin perustietämystä voidaan kartuttaa keskustelemalla aiheeseen perehtyneen haastateltavan kanssa. (Kananen 2012, 99-100; Kananen 2010, 53.)

Haastattelu voidaan toteuttaa joko yksilö- tai ryhmähaastatteluna. Yksilöhaastattelut tuottavat tarkempaa ja luotettavampaa tietoa, mutta ne ovat suurelle haastateltavajoukolla työläitä toteuttaa. Ryhmähaastattelussa haastattelijan on hoidettava haastattelu siten, että jokainen saa ilmaistua mielipiteensä ja ajatuksensa. Ryhmähaastattelu tuottaa tiivistetystä tiedosta. (Kananen 2010, 53.)

Teemahaastattelussa teemana on pikemminkin koko tutkittavaa ilmiötä kattava aihekokonaisuus tai keskustelunaihe, joka täydentyy ja tarkentuu haastateltavan vastausten mukaan. Teemaa ei pidä sekoittaa yksityiskohtaiseen kysymykseen. Tästä syystä haastattelua varten rakennettu kysymysrakenne ei saa olla liian yksityiskohtainen. Liian yksityiskohtainen rakenne voi ohjata haastattelua käsitkirjoitusmaisesti ilman, että vastaukset kuljettavat haastattelua. Teemat valitaan siten, että ne kattavat mahdollisimman hyvin koko ilmiön. Kysymyksillä pitäisi varmistaa kaikkien osa-alueiden mukaantulo. Teemahaastattelun alussa ei mennä yksityiskohtiin, sillä yksityiskohta voi sulkea pois merkityksellisiä ei-yksityiskohtaisia asioita. (Kananen 2012, 102-103.)

Paras tapa haastattelujen tallentamiseen on digitaalinen nauhuri, joka vapauttaa haastattelijan mekaanisesta vastausten kirjaamisesta. Tallennetut haastattelut puretaan tekstimuotoon. Litteroinnissa eli aukikirjaamisessa on eri tasoja alkaen sanatarkasta kirjaamisesta pelkän asian poimimiseen haastateltavan sanomisista. (Kananen 2012, 108.)

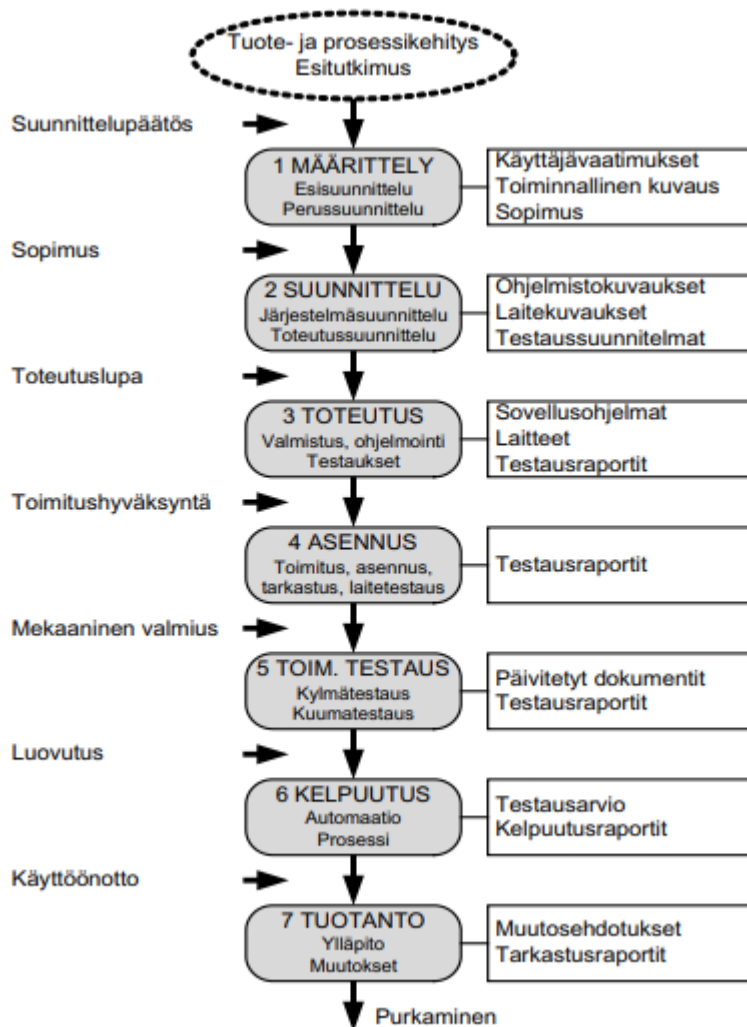
Laadullisen aineiston analyysimenetelmiä on useita ja ne jäävät aina tutkijan päätettäväksi. Sisältöanalyysin kohteena voivat olla kaikki tekstimuodossa olevat aineistot, kuten teemahaastattelut, kertomukset, kuvaukset ja raportit. Sisältöanalyysin tavoitteena on paljastaa tekstin ydin ja tehdä siitä tiivistetty kuvaus. (Kananen 2012, 116).

3 AUTOMAATIOSUUNNITTELUN VAIHEET

Automaatiojärjestelmällä on elinkaari, kuten sen ohjaamalla laitteistollakin. Elinkaariajattelun avulla voidaan jäsentää ja koota automaatiojärjestelmään liittyviä toimenpiteitä ja vaatimuksia. Vaiheistusta voidaan käyttää myös projektin hallintaan ja henkilöresurssien arviointiin. Järjestelmän elinkaareen voidaan katsoa kuuluvaksi seuraavat päävaiheet; suunnittelu, toteutus ja käyttöönotto, käyttö ja kunnossapito sekä purku ja kierrätys. (Koskinen 2018, 8; Laatu automaatiossa n.d, 17, 31.)

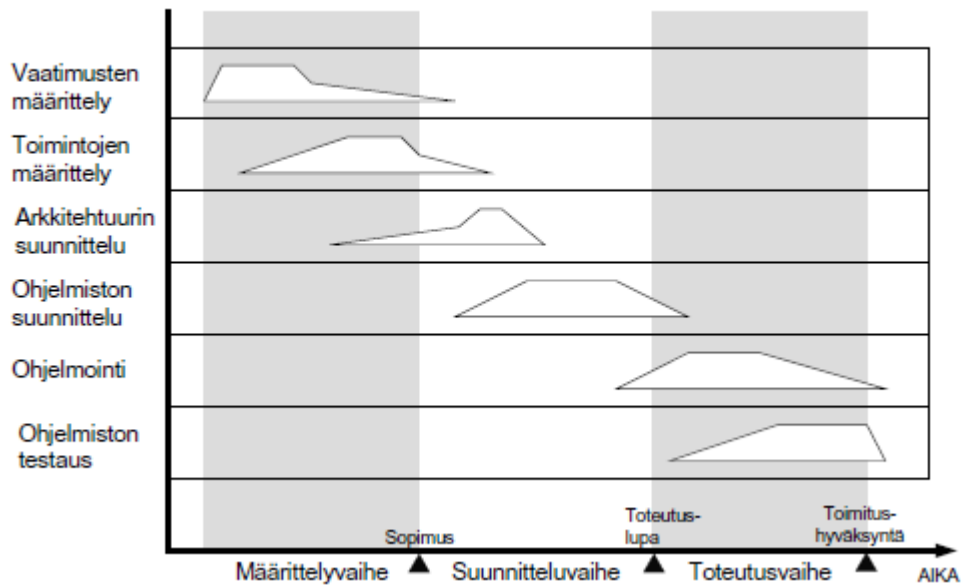
Automaatiosuunnittelun ja toteutuksen laatu perustuu systemaattisiin toimintatapoihin, valvontaan ja testaamiseen. Standardit ja erilaiset laatujärjestelmät rakentuvat erilaisien elinkaarimallien ympärille ja elinkaarimallit on määritelty eri lähteissä eri tavoin. (Laatu automaatiossa n.d, 16.) Tässä kappaleessa esitetty elinkaarimalli on tarkoitettu erityisesti automaatioprojekteihin, kuten järjestelmähankintoihin.

Projektimalli koostuu seitsemästä askeleesta, jotka on esitetty kuviossa 2. Automaation määrittely lähtee liikkeelle prosessikuvauksesta, josta vaihe vaiheelta edetään kohti testausta ja käyttöönottoa. Jokaisessa vaiheessa suunnittelu tarkentuu ja vaihe dokumentoidaan ja raportoidaan.



KUVIO 2. Automaatiojärjestelmän projektimallin vaiheet (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 16)

Käytännön suunnittelutoiminnassa projektin tiedot täydentyvät ja muuttuvat iteraatiivisesti ja rinnakkain eli myöhemmän vaiheen suunnittelutehtävä voi myös oikaista ja täydentää aikaisempaa materiaalia. Kuvio 3 esittää kuinka suunnittelun sisältö painottuu eri projektin vaiheille ja kuinka tiedot täydentyvät suunnitteluvaiheiden välillä. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 14.)



KUVIO 3. Suunnittelun sisällön painottuminen projektimallin eri vaiheisiin (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 14)

3.1 Määrittelyvaihe

Määrittelyvaihe on päävaiheista ajallisesti ensimmäinen ja sen aikana määritellään järjestelmän vaatimukset ja toiminnot tarkempaa suunnittelua ja toteutusta varten. Automaation määrittely lähtee liikkeelle prosessikuvauksesta, joka kuvaa niitä prosessin osia, joita automaatiolla on tarkoitus hallita. Kuvaus sisältää muun muassa

- putki- ja instrumenttikaaviot eli PI-kaaviot
- ajotapakuvaukset
- käynnistyssekvenssit
- normaalit ja hätäpysäytykset
- lukituskuvaukset.

Varsinkin isommissa projekteissa määrittelyvaihe jakaantuu kahteen alavaiheeseen; esisuunnitteluun (preliminary design) ja perussuunnitteluun (basic design). (Laatu automaatiossa n.d, 18-19; Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 16, 20-21; PSK 3603, 3.)

Esisuunnittelun tavoitteena on määrittää automatisointitarpeet, kustannukset ja hyödyt sekä vaatimukset järjestelmälle. Esisuunnitteluvaiheessa selvitetään, onko tarve erilliselle turvallisuuteen liittyvälle järjestelmälle (TLJ). Tarve määräytyy esisuunnittelun aikana tehtävästä riskianalyysistä. Yleisesti käytössä olevissa prosesseissa (kuten voimakattilat), voi tarve turvallisuuteen liittyvälle järjestelmälle olla tiedossa jo ennalta. (Laatu automaatiassa n.d, 18-19; Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 16.)

Automaatiojärjestelmän suunnittelun lähtötiedot syntyvät esisuunnitteluvaiheessa prosessikuvauksen perusteella. Lähtötietoja ovat mm. signaalilistat, säätöpiirien lukumäärät, toimilaitteiden mitoitus tiedot, erilaisten näyttöjen lukumäärät. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 21.) Perussuunnitteluvaiheessa keskitytään järjestelmän ajotapoihin ja järjestelmän tarkempaan kuvaukseen. Vaiheen lopputulos on allekirjoitettu automaatiojärjestelmän toimitussopimus liitteineen. (Laatu automaatiassa n.d, 18-19.)

3.2 Suunnitteluvaihe

Järjestelmäsuunnittelussa tarkennetaan sovelluksen arkkitehtuuria sekä suunnittelua, siten että automaatiojärjestelmän toteutus voidaan aloittaa. Suunnitteluvaiheessa edetään kokonaisuuden tarkastelusta yksityiskohtaisempaan suunnitteluun ja sen aikana luodaan piirikohtaiset kuvaukset sekä testaussuunnitelmat. (Laatu automaatiassa n.d, 18-19.)

Suunnitteluvaiheen päättyessä toteutuksen kuvaus sisältää kaiken tarvittavan informaation järjestelmän hankintaa, valmistusta, testausta ja asentamista varten. Tyypillisesti tämä tietosisältö kattaa järjestelmän laitearkkitehtuurin, tiedonsiirtoverkon ja kaapeloinnin, ohjelmistoarkkitehtuurin ja näyttöjen määrittäykset sekä asennus- ja sijoituskuvaukset ja laite- ja ohjelmatestauksien kuvaukset (FAT, SAT). Näiden perusteella voidaan koostaa myöhemmin myös tarvittava luovutusdokumentaatio sekä viranomaisien edellyttämä dokumentaatio. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 23.)

3.3 Toteutusvaihe

Toteutusvaiheesta vastaa automaatiojärjestelmän toimittaja, joka voi ostaa laitteisto- ja ohjelmistokomponentteja ulkopuoliselta toimittajalta. Toteutusvaiheessa automaatiojärjestelmän toimittaja tekee suunnitelmien mukaisen ohjelmoinnin sekä hoitaa laitteiden valmistuksen, hankinnat ja kokoonpanon. Toteutuksen aikana suoritetaan katselmuksia ja testausta yleensä toimittajan tiloissa. Vaiheen keskeinen osa on tehdastestaus eli FAT (Factory Acceptance Testing), johon myös loppuasiakas osallistuu. Toteutusvaihe päättyy, kun tehdastestaus on hyväksytty. Testauksen jälkeen automaatiojärjestelmä on valmis toimitettavaksi loppuasiakkaan tiloihin. (Laatu automaatiossa n.d, 17–19.)

Toteutusvaiheen dokumentaatiosta tärkeimpiä ovat tekniset dokumentit, asennus- ja käyttöohjeet sekä testaussuunnitelmat ja tehdastestauksien dokumentaatio. Toteutus tulee tehdä toimittajan laadunhallintajärjestelmän mukaisesti. (Laatu automaatiossa n.d, 17–19.)

3.4 Asennusvaihe ja toiminnallinen testaus

Asennusvaiheessa tehdastestattu järjestelmä ja siihen kuuluvat kenttälaitteet sekä muut laitteet kuljetetaan ja asennetaan paikalleen. Laitteisto testataan piiri-kohtaisesti instrumentoinnin, laitteiden ja järjestelmän osalta. Kun laitteisto on mekaanisesti valmis, voidaan siirtyä toiminnallisiin testauksiin. (Laatu automaatiossa n.d, 17–19.)

Toiminnallisella testauksella varmistetaan lopulliseen käyttöympäristöön asennettujen järjestelmien ja laitteistojen toiminta. Toiminnallinen testaus aloitetaan kylmätestauksella, jossa testataan automaatiojärjestelmän hälytykset, lukitukset ja muut turvallisuustekijät käyttäen mahdollisimman turvallista väliainetta, kuten vettä. Kuumetestaus tehdään kylmätestauksien jälkeen käyttäen todellisia prosessikemikaaleja. Kuumetestauksen yhteydessä testataan usein myös laajemat kokonaisuudet, kuten sekvenssit. Syntyneellä testausaineistolla ja tarvittaessa erillisellä hyväksymistestauksella (System Acceptance Testing, SAT),

järjestelmän toimivuus todennetaan ja se luovutetaan loppuasiakkaalle. (Laatu automaatiassa n.d, 19–20.)

3.5 Kelpuutusvaihe

Kelpuutusvaihe muodostuu automaation teknisestä loppukelpuutuksesta ja prosessikelpuutuksesta. Kelpuutus on tarpeen erityisesti turvallisuuden kannalta vaativissa prosesseissa, joissa vaaditaan järjestelmän laadun dokumentoitua osoittamista. Tällaisia kohteita on esimerkiksi lääketeollisuudessa. Vastaava jakso voidaan toteuttaa myös muissa vaiheissa, esimerkiksi takuuajana järjestettävänä suorituskykykokeina. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 17.)

Kelpuutusvaiheen tavoitteena on osoittaa kertyneet aineiston ja mahdollisten lisätiestien avulla, että järjestelmä on suunniteltu ja toteutettu vaatimusten mukaisesti. Kelpuuttaminen on loppuasiakkaan laadunvalmistuksen vastuulla. (Laatu automaatiassa n.d, 21.)

3.6 Tuotantovaihe

Luovutuksen jälkeen alkaa tuotantovaihe, jolloin automaatiojärjestelmän elinkaari jatkuu normaalin käytön, ylläpidon ja muutosten myötä. Tuotantovaiheessa järjestelmän huollosta, korjauksista ja muutoksista tulee huolehtia, jotta järjestelmä pysyy laadullisesti suunnitelman mukaisena koko elinkaarensa ajan. Järjestelmään tehtävät muutokset vaativat tarkkaa muutostenhallintaa. (Laatu automaatiassa n.d, 23.)

Tuotannon kriittiset mittalaitteet tulee kalibroida määräajoin, samoin järjestelmälle voi olla määritetty muita määräaikaistestausvaateita. (Laatu automaatiassa n.d, 93.)

3.7 Purku

Jo suunnitteluvaiheessa tulee huomioida, että automaatiojärjestelmän elinkaareen kuuluu myös järjestelmästä luopuminen ja sen hävittäminen. Koska tekniikka kehittyy nopeasti, on varauduttava järjestelmien hallittuun uusimiseen. (Laatu automaatiassa n.d, 22) Automaatiojärjestelmä voidaan poistaa käytöstä osin tai kokonaan määritetyn käyttöiän täyttymisen, taloudellisesti kannattamattoman korjauksen tai kohteen muiden muutoksien vuoksi (Kunnossapidon toimintatavat 1998, 6).

Käytöstä poistosta tulee laatia erillinen suunnitelma, jotta poisto toteutetaan turvallisesti aiheuttamatta vaaraa prosessille. Suunnitelmassa tulee huomioida mahdolliset tietoturvariskit. Joissakin tapauksissa tietoja on myös säilytettävä vielä purkamisen jälkeen, jolloin vanhan version ja jo puretun järjestelmän dokumentit on säilytettävä niin kauan kuin vastaan voi tulla tarve selvittää esimerkiksi jonkin tuote-erän valmistushistoria. Laitteiston ja kaapeloinnin purkamiseen voi liittyä kierrätys- ja ympäristönäkökohtia. (Laatu automaatiassa n.d, 22,104.)

4 INSTRUMENTOINTISUUNNITTELU

Instrumentti on yleisnimitys sellaisesta laitteesta, jota käytetään teollisuudessa prosessin tilan mittaamiseen, tiedon muokkaamiseen, välittämiseen tai prosessin ohjaamiseen. Esimerkiksi anturi on instrumentti, joka mittaa prosessimuuttujaa ja antaa sen perusteella tietyn mitattavan lähtöarvon. Kaikissa tuotantoprosesseissa on instrumentteja ja instrumentointijärjestelmiä huolehtimassa tuotannon optimaalisesta toiminnasta. (Jumppanen 2001, 172-173; Sivonen 2001, 5.) Instrumentointi sisältää mittausanturit, toimilaitteet, venttiilit, signaalinmuodostuksen ja -siirron, paikallisohjauslaitteet, kaapelit ja putkitukset sekä asennustarvikkeet (PSK 4603, 2).

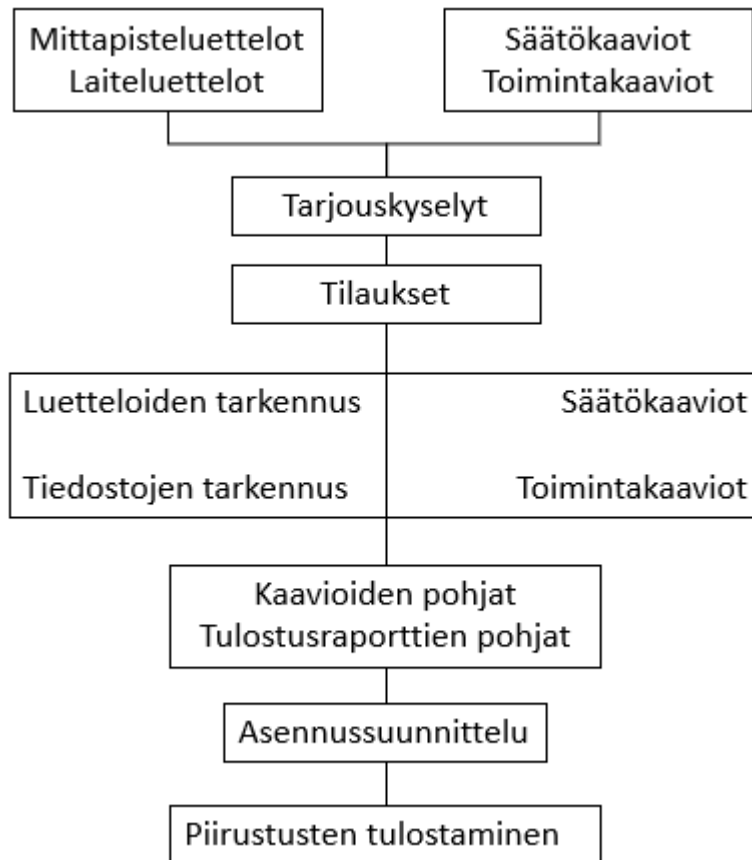
4.1 Suunnittelun lähtötiedot

Yksityiskohtainen instrumentointisuunnittelu voidaan aloittaa, kun yksityiskohtainen mekaaninen suunnittelu on riittävän pitkällä. Instrumentointisuunnittelija tarvitsee tiedot tuotantoprosessista ja vaadittavista valvonnoista. Nämä tiedot saadaan toiminnallisesta kuvauksesta ja mekaanisista piirustuksista. Tarve asentaa tuntoelin tai muu instrumentointiin liittyvä komponentti tiettyyn paikkaan voi aiheuttaa tarpeen päivittää mekaanista suunnitelmaa, jolloin tarvitaan myös eri vaiheiden välistä yhteistyötä. (Laatu automaatiassa n.d, 16.)

Instrumentointisuunnittelu myötävaikuttaa PI-kaavioiden ja toimintakuvauksien päivitykseen. Se voi myös tarkentaa erillisten laitekokonaisuuksien, kuten esimerkiksi pumppaamoiden, yhdistämistä muuhun kokonaisuuteen. (Instrumentation engineering and design n.d.)

4.2 Toteutussuunnittelu

Instrumentointisuunnittelu etenee rinnakkain automaatiosuunnittelun kanssa. Kuviossa 4 esitetään instrumenttisuunnittelun toteutussuunnittelun vaiheet.



KUVIO 4. Automaatio- ja instrumentointisuunnittelun vaiheet (Sivonen 2001, 229, muokattu)

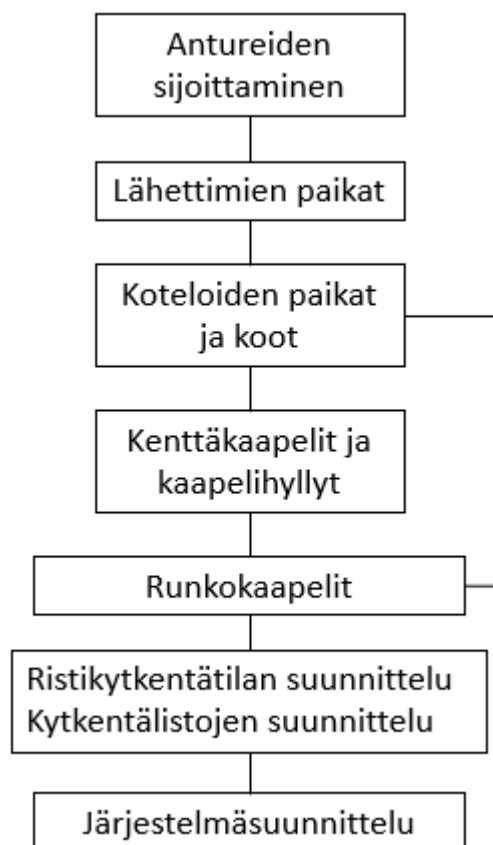
Toteutus suunnittelu aloitetaan täydentämällä prosessisuunnittelun tuottamia mittapiste- ja laiteluetteloita tarjouskyselyitä varten (Instrumentation engineering and design n.d.). Tavallisesti järjestelmään tulevien kenttälaitteiden valinnat tehdään arvioimalla niiltä vaadittavaa mekaanista suorituskykyä sen sijaan, että annettaisiin yksityiskohtainen kuvaus laitteesta. Tarjouspyynnössä tulee määrittellä laitteet ja niihin liittyvät rajoitteet, standardit ja määräykset. (Sivonen 2001, 229; PSK 4603, 2, 5.) Luettelot tarkennetaan hankintojen perusteella (Sivonen 2001, 229).

Laitemäärityksen yleisenä vaatimuksena on laitteiden hankintamäärittelyihin määritetyt standardit ja muut turvallisuussäädökset, kuten painelaite- ja kemikaaliturvallisuus- ja ATEX-säädökset. Lisäksi asiakkaalla voi olla erityisvaatimuksena omia vaatimuksia, kuten tiettyjen valmistajien tuotteiden käyttäminen. Tämä on hyvä huomioida tarjousvaiheessa, sillä toimittaja voi myös halutesaan tarjota laitteiston käyttäen itse valitsemaansa instrumentteja, kunhan se on

selkeästi esitetty tarjousvaiheessa. (Karvonen 2014, 9; Electrical engineering and design n.d.)

4.3 Asennussuunnittelu

Asennussuunnittelun tavoitteena on tuottaa sellaiset piirustukset, joiden mukaan instrumentointilaitteiden valmistaminen, asentaminen ja hankinta voidaan suorittaa yksiselitteisesti. Asennussuunnittelu tarvitsee lähtötiedoiksi PI-kaavion, mittapisteluettelon, laitoksen layout-piirustukset ja putkistopiirustukset. Asennussuunnittelu voidaan jakaa useampaan vaiheeseen; konetekninen suunnittelu, sijoitussuunnittelu ja kaapelointisuunnittelu. Asennussuunnittelun eteneminen on esitetty kuviossa 5. (Sivonen 2001, 235; Instrumentation engineering and design n.d.)



KUVIO 5. Asennussuunnittelun eteneminen (Sivonen 2001, 236, muokattu)

Koneteknisessä asennussuunnittelussa määritetään jokaiselle yksittäiselle laitteelle tarkka paikka ja asennustapa. Laitteet piirretään putkisto- ja koneteknisiin

piirustuksiin. Konetekniseen suunnitteluun voidaan määrittää myös asennustyyppikuvien tuottaminen. Asennustyyppikuvissa määritetään laitteiden yksityiskohmainen asentaminen ja asennusmateriaalit. (Sivonen 2001, 235-236.; Instrumentation engineering and design n.d.)

Sijoitussuunnittelussa määritetään mittapisteiden paikat prosessin suhteen niin, että ne ovat mittausteknisesti mahdollisimman hyvässä paikassa. Sijoitussuunnitteluvaiheessa sijoitetaan myös lähettimet, vahvistimet ja kenttäkotelot prosessitilaan. Laitteiden merkitseminen piirustuksiin on tärkeää, että laitteille on varattu siten oma paikkansa, eikä samaan kohtaan sijoiteta muita laitteita. (Sivonen 2001, 235.)

Kaapelointisuunnittelussa tehdään piirustukset, joiden mukaan liitynnät kytketään antureista tietojärjestelmään. Suunnittelussa huomioidaan myös sähkö- ja pneumatiikkasyötöt sekä sähkölämmitykset. Kaapelointisuunnittelun tuloksena syntyvät kaapeliluettelot, jakokoteloitten ja ristikytkennän liitinlistat sekä niitä vastaavat merkinnät piirikaavioihin. Piirikaavioissa esitetään kaikki kyseiseen piiriin tai piiriosaan kuuluvat laitteet, liittimet kaapelit, kotelot ja tilat, joissa piiri sijaitsee. (Sivonen 2001, 236, 243.)

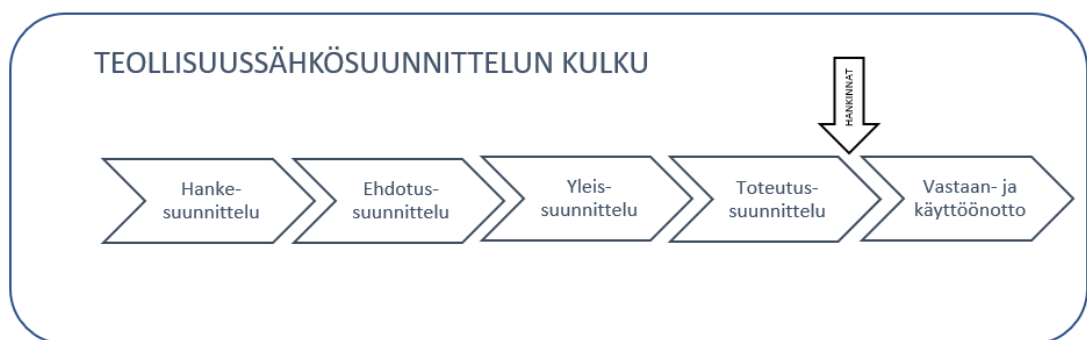
4.4 Asennus

Automaatiojärjestelmän asennusvalmistelujen ja -aikataulujen kannalta kriittisin vaihe on usein instrumenttien ja toimilaitteiden asennukset sekä kaapeleiden vedot kytkentätiloihin tai kenttälaitteille. Yleensä pyritään siihen, että koko automaatiojärjestelmä asennetaan kerralla. Mikäli näin ei voida tehdä, on asennussuunnitelmissa kuvattava, kuinka eri osien asentaminen aiotaan vaiheistaa. Varsinkin suurien järjestelmien asennuksessa voi olla mahdollista, että kaikkia kenttälaitteita ei ole vielä asennettu, kun toisaalla tehdään jo laitteistotestausta. (Laatu automaatiossa n.d, 66.)

Asennusten suorittaminen dokumentoidaan asennusraporttiin, johon kirjataan ainakin tehdyt laitekonfiguroinnit, toimitettujen laitteiden mallit ja määrät varaosineen sekä laitteiston sijoittelu. (Laatu automaatiossa n.d, 67.)

5 SÄHKÖSUUNNITTELU

ST-kortissa 13.28 (2020) esitetään yleisesti käytössä oleva käytäntö dokumentoinnin laatimisesta suunnittelun eri vaiheissa. Useimmiten edellisessä suunnitteluvaiheessa laaditut dokumentit ovat perusta seuraavalle vaiheelle ja dokumentit täydennetään kussakin vaiheessa tarvittavalle tasolle. Suunnittelun kulku jaetaan hankkeen edistymisvaiheen mukaan hanke-, ehdotus-, yleis-, toteutus- ja käyttöönottovaiheeseen (kuvio 6). (ST 13.28 2020, 9.)



KUVIO 6. Teollisuussähkösuunnittelun kulku

Jumpposen (2001) mukaan jako ei aina ole yksiselitteinen, esimerkiksi yleis-suunnitteluvaiheessa voidaan laatia dokumentteja, joita käytetään toteutuksessa ja toteutusvaiheessa dokumentteja, jotka ovat sellaisenaan käyttöönottovaiheen dokumentaatiota. Dokumenttien yksityiskohtaisuus ja luonne määräytyvät projektin tavoitteiden ja vaiheen mukaan. Yleensä yleissuunnitelmadokumentit esittävät vain perustietoa, mutta toisinaan ne voivat olla myös niin yksityiskohtaisia, että niitä voidaan pitää myös toteutusvaiheen dokumentaationa. (Jumpponen 2001, 511.)

5.1 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheessa kerätään tietoja ja suunnittelutavoitteita hankeohjelman pohjaksi. Lähtötietoina ovat käyttäjien ja omistajien asettamat tavoitteet, jotka on voitu esittää tarveselvityksissä tai muissa erillisissä päätöksissä ja

muistioissa. Hankesuunnitteluvaiheessa laaditaan selostus tavoitteista sekä laatumäärittelyistä, ja usein myös määritellään alustavasti tekniset päätilat ja niiden sijoitusvaihtoehdot. (ST 13.28 2020, 10.) Jumpposen (2001, 511) mukaan hankesuunnitteluvaiheessa määritellään hankkeen pääpiirteet ja suunnittelun tarkentuessa tarkennetaan myös sähkösuunnittelun dokumentteja.

5.2 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaiheessa tarkastetaan hankesuunnitelman tavoitteet, selvitetään liittymävaihtoehdot ja esitetään toteutusratkaisuja liittyen tila- ja sisustusratkaisuihin. (ST 13.28 2020, 10.) Tässä vaiheessa dokumentaatio on sähköistyshankkeen sisältöä määrittävää ja lopputulokselle vaatimuksia esittävää ja siinä esitetään tietoa hankkeen laajuudesta, laadusta ja liittymisistä muihin suunnitelmiin. (Jumpponen 2001, 511.)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa laaditaan yleensä asemapiirustus, selvitys liittymistavoista ja reiteistä sekä tyyppitilojen valaistus- ja kalustusperiaatteet. Lisäksi voidaan määritellä myös investointi-, elinkaarikustannus- ja energiankäytön laskelmia päätöksenteon tueksi. (ST 13.28 2020, 10.)

5.3 Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheessa laaditaan yleisdokumentit vaihtoehdosta, joka on valittu ehdotussuunnitteluvaiheen perusteella (ST 13.28 2020, 8). Järjestelmän suunnittelu lähtee yleensä liikkeelle yleiskaavion laatimisesta. Siinä tarkoitus on esittää yleiskatsaus järjestelmään, ja vasta yleiskaavion hyväksynnän jälkeen siirrytään yksityiskohtaisempaan suunnitteluun. (Ruppa ym. 1996, 113.)

Yleissuunnitteluvaiheessa laaditaan tekstimuotoiset järjestelmäkuvaukset ja asemapiirros sekä määritetään jakelu-, ohjaus- ja maadoitusjärjestelmät sekä mahdolliset muut järjestelmät ja periaatteet. Yleissuunnitteluvaiheen dokumentaatiota ovat tekstimuotoiset järjestelmäkuvaukset, jakelu- ja järjestelmäkaaviot, alustavat laiteluettelot sekä tasopiirustukset. Yleissuunnitteluvaiheen tasopiirustuksessa

esitetään pääjohtoreiitit, periaatteelliset valaistusratkaisut, tila- ja suojausluokitukset sekä ryhmitysalueet. Siinä piirrosmerkki esittää laitteen likimääräisen sijainnin ja tarkentavat tiedot (esim. asennuskorkeudet) esitetään tekstimuotoisena selityksenä. (ST 13.28 2020, 8,10, 14; Electrical engineering and design n.d.)

5.4 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa dokumentaatiota täydennetään tarkentamalla yleissuunnitteluvaiheessa laadittuja suunnitelmia. Se jakautuu kahteen vaiheeseen, joiden tuloksina ovat hankintaa palvelevat ja toteutusta palvelevat suunnitelmat. (ST 13.28 2020, 11.)

Hankintoja palvelevassa dokumentaatiossa esitetään tekniset ratkaisut mahdollisimman selvästi niin, että kohteen määrälaskenta ja hinnoittelu olisivat yksiselitteisiä. Vaiheessa tarkennetaan tasopiirustuksia johtoteineen ja pistesijoittelukuvineen sekä laaditaan kaapeli- ja laiteluettelot teknisine määrittelyineen. Tarvittaessa voidaan laatia myös määräluettelot hankintoja varten. (ST 13.28 2020, 11.)

Hankintasuunnittelussa laaditaan myös keskusten pääkaaviot, joissa esitetään käytettävät komponentit ja kaapelointitiedot sekä mallipiirikaaviot kaikista erityyppisistä lähdöistä. Mallipiirikaavioissa esitetään käytettävät komponentit ja muita hankintaa ja asennusta palvelevia tarkentavia määrityksiä. (ST 13.28 2020, 11, 16, 17.) Piirikaavio on sähköpiirustus, jossa esitetään järjestelmän, osajärjestelmän tai laitteen sähkötekniset yksityiskohdat (Purra ym. 1996, 53). Se antaa tietoa johdotuspiirustusten- ja -luetteloiden laatimiseen, ja sitä voidaan käyttää käytövaiheessa myös koestukseen ja vianetsintään. (Jumpponen 2001, 373.)

Toteutussuunnittelun toteutusta palvelevassa suunnittelussa täydennetään ulkoalueille tulevien asennusten sekä tasopiirustuksien johdotussuunnitelmat. Lisäksi laaditaan sähköselostus sekä pää- ja piirikaaviot asennusten toteuttamista varten. (ST 13.28 2020, 11.)

5.5 Vastaanotto ja käyttöönotto

Vastaan- ja käyttöönottovaiheessa varmistetaan toteutuksen suunnitelmanmukaisuus ja järjestelmien oikea toiminta. Asennuksille suoritetaan asennustapa- ja käyttöönottotarkastukset, joista tehdään tarkastuspöytäkirjat osaksi luovutusdokumentaatiota. (ST 13.28 2020, 11.)

Tarkastus- ja luovutusdokumentaatioissa esitetään projektiin sisältyneiden asennusten, kojeistojen ja laitteiden sijainti, asennustiedot, mitoitukset ja kytkennät. Dokumentaation avulla laitteistoa voidaan käyttää, huoltaa, tarkastaa ja korjata. (Jumpponen 2001, 513-514.)

6 PROJEKTITOIMITUKSET

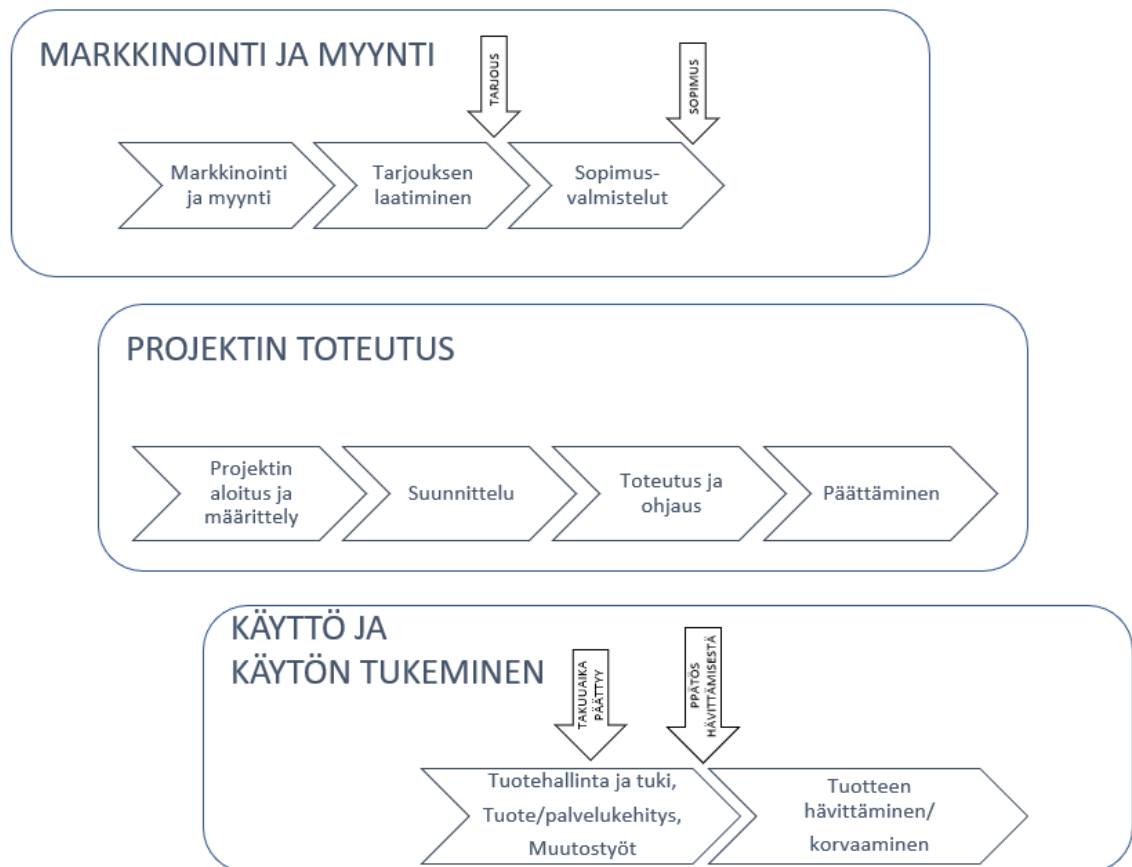
Termillä *toimitusprojekti* tarkoitetaan tietyn tuotteen, palvelun tai ratkaisun toimitamista asiakkaalle tuottamaan arvoa välittömän asiakaskohtaisen ratkaisun avulla. Ratkaisu voi olla asiakkaan liiketoiminnan uudelleenorganisointi tai asiakkaalle räätälöity toimituskokonaisuus. (Artto, Martinsuo & Kujala 2006, 20-21, 44-45.)

Projektin tavoitteena on tuottaa asiakkaalle hyötyä, joka ylittää projektin aiheuttamat kustannukset. Toimittaja pyrkii toteuttamaan projektin kannattavasti ja samalla täyttämään asiakkaan odotukset. (Seppälä 2016, 2.) Toimittajalle toimitusprojektin tekeminen on liiketoiminnan muoto, joten intressinä on myös mahdollisimman kustannustehokas toteutus, sillä säästäminen kustannuksissa lisää projektista saatavaa katetta. (Artto ym. 2006, 22.)

Toimitusprojektit sisältävät usein osapuolille luottamuksellisia asioita. Toimittaja ei paljasta tilaajalle toimittajan omia kustannuksia ja katetavoitteita, vaan asiakas näkee ainoastaan tarjoushinnan. Toimittajalle puolestaan ei paljasteta kilpailevien toimittajien tarjoussisältöä tai niihin liittyviä yksityiskohtaisia liiketoimintatavoitteita. Sopimuksissa määritellään sekä tilaajaa että toimittajaa koskevat yhteiset ehdot, jotka voivat sisältää kannustimia tai sanktioita. Toimitusprojektin tavoitteet muodostuvat tilaajan vaatimuksien pohjalta. (Artto ym. 2006, 22.)

6.1 Toimitusprojektin elinkaari

Toimitusprojektin elinkaari projektitoimittajan näkökulmasta useammasta päävaiheesta, jotka on esitetty kuviossa 7. Projektin myynti ja markkinointi kattaa kaikki vaiheet ennen projektisopimuksen allekirjoittamista. (Artto ym. 2006, 54.)



KUVIO 7. Projektin päävaiheet

6.1.1 Projektin markkinointi ja myynti

Projektitoimittajan näkökulmasta toimitusprojektin elinkaari alkaa markkinoinnista ja myynnistä, sillä ensimmäiset karkeat suunnitelmat toteutuksesta tehdään usein jo myyntivaiheessa. Projektitoimittaja voi projektin myyntivaiheessa vaikuttaa projektin määrittelyyn ja tulevaan tarjouspyyntöön siten, että se sopii projektitoimittajan käytössä olevaan teknologiaan ja osaamiseen. Vaikka toimittaja joutuu sitomaan asiantuntemustaan myyntivaiheessa ilman varmuutta saako projektin toimitettavakseen, on ennakkoinvestointi toimittajan kannalta mielekäs sen kasvattaessa mahdollisuutta saada projekti. (Arto ym. 2006, 50-53, 63, 102.)

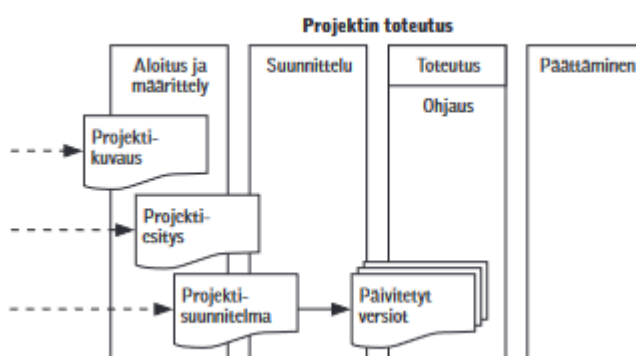
Tarjouksessa kuvataan selkeästi projektitoimittajan tekninen ratkaisu sekä sen avulla saavutettavat edut. Tarjoukseen tulee sisältää kaikki projektin toteutuksen kannalta olennaiset tekniset ja taloudelliset asiat, kuten hinnoittelu ja sen perusteet, toteutuksen laajuus ja muut sopimusehdot. Molempien osapuolien kannalta

on tärkeää, että tarjouksen ehdot ja sisältö on yksiselitteisesti määritetty. (Arto ym. 2006, 73.)

Jos asiakas hyväksyy projektitoimittajan tarjouksen ilman muutoksia, siitä tulee automaattisesti molempia osapuolia sitova sopimus. Monet projektitoimitukset ovat kuitenkin monimutkaisia kokonaisuuksia, joten yleensä tarjoustusta on tarve tarkentaa ja muokata varsinaiseksi sopimukseksi. Asiakas valitsee usein vähintään kaksi toimittajaa, joiden kanssa se lähtee tarkempiin sopimusneuvotteluihin. Asiakas tekee päätöksen toimittajan valinnasta neuvottelujen pohjalta valitsemiensa kriteerien perusteella. Sopimusneuvotteluiden päätteeksi tehdään molempia osapuolia sitova sopimus. (Arto ym. 2006, 76, 81.)

6.1.2 Projektin toteutus

Projektin toteutus koostuu neljästä päävaiheesta; aloitus ja määrittely, suunnittelu, toteutus ja ohjaus sekä luovutus kuvion 8 mukaisesti. Projektin toteuttaminen aloitetaan määrittämällä sen tavoitteet. Määrittelyvaiheessa selvitetään projektin sidosryhmät, tavoitteet ja toteutustavat. Projektin suunnitteluvaiheessa sovitaan projektin tavoitteesta, sisällöstä, toteutustavoista, resursseista ja muista projektin yksityiskohdista. (Arto ym. 2006, 100, 101, 105.)



KUVIO 8. Projektin toteutuksen vaiheet (Arto ym. 2006, 103)

Aloitus ja määrittely

Aloitus- ja määrittelyvaiheessa tehdään projektikuvaus, projektiesitys ja projektisuunnitelma. Vaikka projektikuvaus ja -esitys tarvitaan yleisesti vain kertaluonteisesti suunnittelupäätöstä varten, niitä voidaan myös kehittää edelleen ja hyödyntää myöhemminkin projektin viestinnässä ja tulosten esittelyssä. Määrittelyvaiheen dokumentteja valmistellaan jo ennen projektin toteutusta myynnin osana ja ne ohjeistavat ja linjaavat projektin toteutusta. Erityisesti projektisuunnitelmaa päivitetään projektin kuluessa ja sitä käytetään projektin toteutus- ja ohjausvaiheen johtamisen välineenä. (Artto ym. 2006, 103.)

Projektikuvaus on myynti- ja markkinointivaiheen aikaisen valmistelutyön tulos, joka on alustava hahmotelma siitä, miksi projektia harkitaan, mitä se koskee ja miten se voidaan toteuttaa. Kuvaus voi sisältää ideoita projektin laajuudesta, toteutustavoitteista, yhteistyökumppaneista ja toteutustavoista. Kuvaus on lähtökohta projektisuunnittelulle. Kuvauksen perusteella asiakas voi viestiä toimittajalle mahdollisista hankintatarpeista ja toimittajalle se luo mahdollisuuden vaikuttaa projektin tavoitteisiin ja määrittelyyn. Projektikuvaus on myös hyvä väline sitouttaa kaikki projektin osapuolet ja sidosryhmät mukaan projektiin jo heti sen alkuvaiheessa. Projektikuvaus voi olla suullinen tai kirjallinen. (Artto ym. 2006, 103-105; Morton 2017.)

Projektiesitys on lyhyt tiivistelmä projektin perustiedoista, jonka projektipäällikkö tarvitsee päätöksentekotarkoituksiin. Ensisijaisesti esitystä käytetään ylemmän johdon päätöksentekotarkoituksissa, mutta mahdollisesti myös myöhemmin projektin viestinnässä. Esityksessä korostuvat projektin hyödyt, tarkoitus ja tavoitteet, ja siitä karsitaan tekniset ja operatiiviset yksityiskohdat. Esitystä käytetään esimerkiksi investointipäätöksiin, alustaviin resurssivarauksiin ja tarvittavien tarjouspyyntöjen valmisteluun. (Artto ym. 2006, 105.)

Suunnittelu

Suunnitteluvaiheessa projektitoimittaja sopii asiakkaan ja yhteistyökumppaneiden kanssa projektin tavoitteista ja sisällöstä, toteutustavoista ja muista toteutuksen yksityiskohdista. Projektia usein suunnitellaan rinnakkain projektin myynnin kanssa. Suunnittelutyö päättyy projektisuunnitelmaan. Projektisuunnitelma on projektinhallinnan keskeinen väline, jolla pidetään työ oikeansisältöisenä ja

tasapainoisena kokonaisuutena. Suunnitelmassa kuvataan projektin sisältö, kulku, tavoitteet, toimintatavat ja johtamisperiaatteet sekä henkilöiden roolit ja vastuut. Projektisuunnitelma tarkentuu projektin edetessä. (Arto ym. 2006, 105; Morton 2017)

Toteutus ja ohjaus

Tekniset suunnitelmat täsmentyvät projektin aikana ja lisäksi suunnitelmiin voidaan joutua tekemään muutoksia. Muutostenhallinnan toimintatavoilla on oleellinen merkitys projektin laajuuden hallinnassa. Laajuutta hallitaan läpi projektin, sillä laajuuden muutokset vaikuttavat projektin kustannuksiin. Laajuuden hallitsemiseksi työ on syytä jakaa helpommin hallittaviin osakokonaisuuksiin. Työn määrittämisen kannalta on tärkeää, että osarakenteet ovat hallittavia, toisistaan riittävän riippumattomia ja oleellisia kokonaisuuden kannalta. On myös tärkeää, että kokonaisuuksien edistymää voidaan seurata. (Arto ym. 2006, 110, 112.)

Toteutus- ja ohjausvaiheessa on tärkeää seurata myös projektin laajuutta. Sillä varmistetaan, ettei projektissa tehdä ylimääräistä tai tarpeetonta työtä sellaisten ominaisuuksien toteuttamiseksi, joita asiakas ei suoranaisesti tarvitse ja jotka näin ovat ylilaatua. Myöhemmin käyttövaiheessa ylilaatu voi olla jopa ylimääräinen riesa, sillä tarpeettomiin ominaisuuksiin joudutaan panostamaan ylimääräistä työtä ylläpidon ja päivitysten yhteydessä. (Arto ym. 2006, 120.)

Resurssien hallinta

Projekti on aikataulultaan rajattu kokonaisuus, jolloin ajan ja resurssien hallinta ovat kiinteästi sidoksissa toisiinsa; muutos toisessa tekijässä vaikuttaa toiseen. Aikataulun hallinnalla varmistetaan, että projekti voidaan toteuttaa suunnitellussa ajassa. Aikataulunhallinta sisältää myös tehtävien välisten riippuvuuksien arviointia, muutostenhallintaa ja resurssien hallintaa. Resurssit on oltava saatavilla oikeaan aikaan ja niitä pitää pystyä käyttämään tehokkaasti. Erityisesti henkilöresurssien kohdalla työtehtäviin kuluva ajan aliarviointi johtaa herkästi aikataulusta lipsumiseen, virheisiin tai laadun heikkenemiseen. Tehollinen työaika on usein eri kuin projekteissa käytettävissä oleva kokonaisuus, joten projektin aikataulutuksessa on otettava huomioon alle 100 prosentin työteho jokaisen työntekijän kohdalla. Tämä johtuu siitä, että projektin kuluessa tulee kaikenlaisia keskeytyksiä, kuten sairauksia, lomaa, kokouksia ja muita keskeytyksiä, joten

henkilöstön keskimääräiseksi työtehoksi kokonaistyöajasta voidaan arvioida noin 70 prosenttia. (Artto ym. 2006, 121-122, 130.)

Resurssien tarpeen arviointia voidaan tehdä määrittämällä kuinka monta henkilötyökuukautta jokin projekti tai projektinvaihe vaatii. Henkilötyökuukaudet voidaan laskea kaavalla (1)

$$HTK = \frac{TA}{TTK} * \frac{100\%}{TTA(\%)}, \quad (1)$$

jossa HTK on henkilötyökuukaudet kuukausina, TA on tuntiarvio tunteina, TTK on työtunnit kuukaudessa ja TTA on tehollinen työaika prosentteina.

Työtunnit kuukaudessa (TTK) lasketaan kaavalla (2)

$$TTK = \frac{(52 \frac{vko}{a} * 5 \frac{d}{vko} - 12 \frac{kk}{a} * VL) * TAP}{12 \frac{kk}{a}}, \quad (2)$$

jossa 52 on viikkojen määrä vuodessa, 5 on työpäivien määrä viikossa, 12 on kuukausien määrä vuodessa, 4 viikkojen määrä kuukaudessa, VL on lomapäivien kertyminen kuukaudessa ja TAP on työaika päivässä.

Yhdistämällä edellä esitetyt kaavat 1 ja 2, saadaan kaava (3)

$$HTK = \frac{TA}{\frac{(52 \frac{vko}{a} * 5 \frac{d}{vko} - 12 \frac{kk}{a} * VL) * TAP}{12 \frac{kk}{a}}} * \frac{100\%}{TTA(\%)}. \quad (3)$$

Ylempien toimihenkilöiden työehtosopimuksen mukaan lomia kertyy yli vuoden mittaisista työsuhteista 2,5 päivää kultakin täydeltä lomanmääräytymiskuukaudelta (Työsuhdeopas 2019, 30). Päivittäiseksi työajaksi on oletettu 7,5 h. Kaavalla (3) tuntiarvio, esimerkiksi 3000h, saadaan muutettua henkilötyökuukausiksi:

$$HTK = \frac{3000h}{\frac{(52 \frac{vko}{a} * 5 \frac{d}{vko} - 12 \frac{kk}{a} * 2,5 \frac{d}{kk}) * 7,5 \frac{h}{d}}{12 \frac{kk}{a}}} * \frac{100(\%)}{70\%} = 29,8 \text{ kk}$$

Päätttäminen

Projekti voidaan päättää, kun tulokset on saatu valmiiksi ja niille on saatu asiakkaan hyväksyntä. Päätämiseen liittyvät vastuut ja valtuudet on määriteltävä selkeästi. Mikäli projektia ei päätetä selkeästi, on riskinä projektihenkilöstön jääminen kiinni projektiin vielä pitkään suunnitellun lopetuksen jälkeen, jolloin uusien projektien resurssienhallinta kärsii. (Arto ym. 2006, 121-122, 308-309.)

Keskeneräistä projektia ei pidä hyväksyä valmiina, mutta projekti voidaan päättää, vaikka puutelistalle olisi jäänyt tehtävää. Tällöin puutelistan tehtävät hoidetaan erikseen jälkitöinä, jotka eivät kuitenkaan vaadi projektin olemassaoloa eikä siihen liittyvää raskasta organisaatiota. (Arto ym. 2006, 121-122, 309.)

6.1.3 Käyttö ja käytön tukeminen

Projektitoimittajan toimitukseen kuuluu usein koekäyttövaiheeseen osallistuminen ja käyttöönoton ja käytön tukeminen alussa. Isoissa tehdasprojekteissa päät-laitteet toimittaneet projektitoimittajat osallistuvat kuukausien mittaiseen toiminnan käynnistämiseen. Myös asiakkaan henkilöstön kouluttaminen kuuluu oleellisena osana suuriin projektitoimituksiin. Luovutuksen ja omistusoikeuden siirron jälkeen voimassa olevat takuut varmistavat sen, että projektitoimittaja vastaa toimituksesta ja mahdollisista puutteista vielä luovutuksen jälkeisenäkin aikana. (Arto ym. 2006, 121-122, 346.)

Luovutus voidaan toteuttaa myös ennalta sovituissa osissa jo ennen projektin päättymistä, jotta valmistuneelle työlle saadaan asiakkaan hyväksyntä. Näihin osaluovutuksiin sidotaan yleensä myös maksupositit. Mikäli ison projektin koko työ luovutettaisiin kerralla, olisi vaarana puutteisiin takertuminen, koko projektin riitauttaminen ja yhteistyön kariutuminen. (Arto ym. 2006, 121-122, 346.)

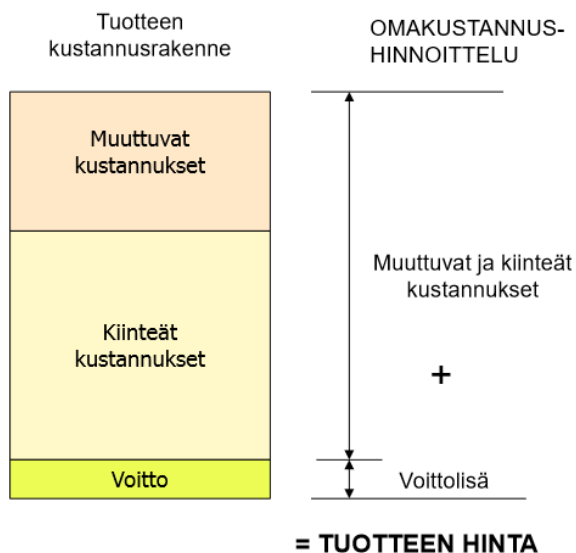
7 PROJEKTIN HINNOITTELU JA TARJOUSLASKENTA

Projektin hinnoittelu ja kannattavuusarviointi edellyttävät kustannusten arviointia. Arviointi voidaan toteuttaa esimerkiksi kustannuslajeittain, kuten työkustannukset, ainekustannukset, pääomakustannukset ja muut kustannukset. Koska asiakaskohtaisille projektitoimituksille ei yleensä ole listahintoja niiden ollessa kerran toistuvia kokonaisuuksia, joudutaan hinnoittelu toteuttamaan tapauskohtaisesti. Tällöin jo tarjouksen laatiminen voi aiheuttaa suuret kustannukset, sillä tarjouksen hinnoittelu voi olla työlästä ja aikaa vievää. Myös tarjouksen laadintakustannukset on huomioitava projektin kannattavuusarvioinnissa. (Seppälä 2016, 5, 50.)

Tässä opinnäytetyössä on keskitytty kustannusperusteiseen hinnoitteluun. Seppälän (2016) mukaan kustannusperusteinen hinnoittelu on selkeä ja asiakkaalle oikeudenmukainen hinnoittelutapa. Siinä tuotteen myyntihinta koostuu toimittajan omista kustannuksista ja tuottotavoitteesta. Se toimii tilanteessa, jossa kilpailijat käyttävät samaa hinnoittelumallia ja asiakas tuntee toimittajan kustannukset ja ansaintalogiikan. Kyseinen malli on ollut käytössä myös aiemmin käytetyissä tarjouslaskentamalleissa. (Seppälä 2016, 39.)

7.1 Kustannusperusteinen hinnoittelu

Kustannusperusteisessa hinnoittelussa hinta voidaan määrittää omakustannusperiaatteella. Se perustuu siihen, että tuotteen tai palvelun on maksettava kaikkien välittömästi aiheuttamat kustannukset ja oma osuutensa välillistä kustannuksista. Näiden kustannusten päälle lisätään haluttu voitto ja verot. Sen tuloksena saadaan alin hinta, jolla voittoa voidaan tehdä (Kuvio 9). (Seppälä 2016, 42.)



KUVIO 9. Omakustannushinnoittelun periaate (Seppälä 2016, 40, muokattu)

Jako muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin tehdään sen mukaan, kuinka kustannukset reagoivat toiminnan volyymissa tapahtuviin muutoksiin. Muuttuvat kustannukset kasvavat toimituslaajuuden kasvaessa ja pienenevät sen pienetessä. Kiinteät kustannukset eivät muutu toimituslaajuuden muuttuessa. (Tenhunen 2013.)

Kustannusperusteinen hinnoittelustrategia pyrkii välttämään riskejä korostaen markkinoinnissa muita kilpailukeinoja kuin hinta. Kustannusperusteisessa hinnoittelussa hinta määräytyy tuotantokustannuksien ja kate-/voittotavoitteen perusteella. Se ei huomioi lainkaan palvelusta asiakkaan saamaa hyötyä, ja sen vaarana on yli- tai alihinnoittelu suhteessa muuhun markkinaan. (Seppälä 2016, 28, 36.)

Kustannusperusteisen hinnoittelu sisältää ”kehäpäätelmävaaran”, eli hinnan korkeus vaikuttaa myynnin kehitykseen ja päinvastoin. Myös välillisten kustannuksien kohdistaminen voi tällä hinnoitteluperiaatteella olla hankalaa. Kustannukset käsitellään usein kiinteinä, eikä niihin silloin kohdistu niin merkittävää motivaatiota kustannusten alentamispyrkimyksiin. Erityisesti palvelutuotannossa kustannukset ovat hyvin henkilösidonnaisia. (Seppälä 2016, 42.)

7.2 Projektin tarjoushinta

Projektin tarjoushinta voidaan antaa k ntt summana tai pilkkottuna pienempiin osiin. Hinnan pilkkomiseen liittyy riski siitä, että asiakas poimii osista vain edullisemmin hinnoitellut osuudet hankkien kalliimmat osuudet toiselta tarjoajalta. Tarjouksen on oltava mahdollisimman yksityiskohtainen ja sisältö tarkan kuvauksen siitä mitä hintaan kuuluu ja mitä siihen ei kuulu. Lisäksi siihen tulee kirjata selkeästi miten mahdolliset lisätyt, matkakustannukset ja asiakkaasta johtuvat aika- taulu- ja sis lt muutokset vaikuttavat hintaan. (Seppälä 2016, 51.)

Tarjoukseen voidaan lisätä optioita eli valinnaisia, projektia täydentäviä lisäominaisuuksia. Varsinaisen tarjouksen tulee t ytt t  tarjouspyynnön minimivaatimukset, joten projektitoimittaja voi optioilla pit t  tarjoushinnan alhaisena ja kuitenkin tarjota asiakkaalle valinnaisia lisäominaisuuksia. (Arto ym. 2006, 72.)

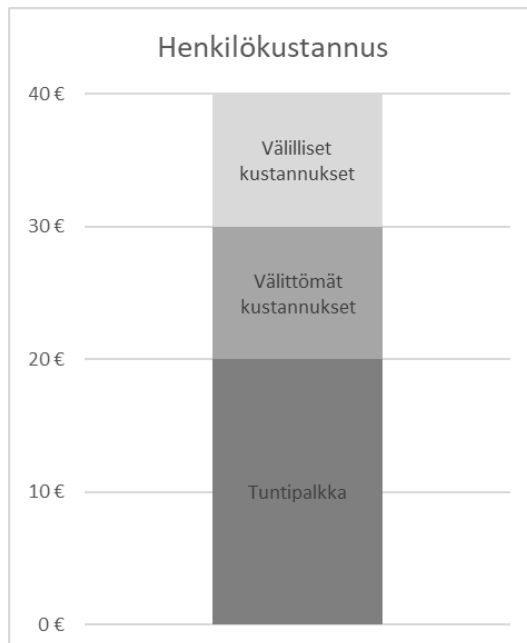
7.2.1 Kustannuksien arviointi

Projektin kustannukset koostuvat useista tekijöistä, kuten henkilöstökuluista, materiaalikuluista, tiloista ja laitteista. Lisäksi kuluja voi tulla materiaalihankinnoista ja alihankinnasta. (Arto ym. 2006, 158-159.)

Henkilöstökustannukset

Henkilöstökustannukset sisältävät henkilöstön palkat, koulutukset, työpisteet ja liiketilat. Työntekijästä täytyy bruttopalkan lisäksi maksaa välittöminä kustannuksina pakolliset sosiaaliturva- ja vakuutusmaksut, jotka ovat noin 50 % palkan suuruudesta. Tällöin työntekijän todelliset kustannukset ovat 1,5-kertaiset maksettuun palkkaan nähden ja tämä tulee huomioida tarjouslaskennassa. V litt mien kustannuksien lisäksi työntekijästä muodostuu välillisiä toimitila-, laite, koulutus- ja tarvikekustannuksia, jotka tulee myös kohdistaa keskim araisin  projektity lle. Välilliset kustannukset voidaan laskea käyttämällä yleiskustannuskerrointa. Yleiskustannuskerroin voisi olla esimerkiksi 0,5. Tällöin henkilön palkkakustannukset ovat välilliset ja välittömät kustannukset huomioiden kaksinkertaiset henkilön bruttopalkkaan nähden. (Arto ym. 2006, 156,166.) Kuviossa 10 on esitetty henkilökustannuksien muodostuminen, jos työntekijän tuntipalkka olisi 20  .

Tällöin huomioiden myös välittömät ja välilliset kulut työntekijästä muodostuvat kustannukset olisivat yhteensä 40 €.



KUVIO 4. Henkilökustannuksen muodostuminen

Teknolgiateollisuus ryhmittelee henkilöt osaamistason perusteella kahdeksaan eri pätevyys- eli SKOL-luokkaan. Alimpaan SKOL-luokkaan kuuluvat avustajat ja harjoittelijat, ylimpään johtavat erityisasiantuntijat. SKOL-luokituksen perusteena ovat koulutustaso ja työkokemus tietyn tasoisista tehtävistä. (Henkilöryhmittely n.d.) Henkilön osaamistaso vaikuttaa suoraan henkilön palkkakustannuksien suuruuteen.

Mahdolliset ylityöt kannattaa huomioida mahdollisuuksien mukaan jo tarjouslaskennassa, jos sellaisia tiedetään projektiin sisältyvän. Teollisuusliiton (Teollisuusliitto n.d.) mukaan vuorokautisesta ylityöstä maksetaan kahdelta ensimmäiseltä tunnilta 50 prosentilla korotettu palkka. Seuraavilta tunneilta maksetaan 100 prosentilla korotettu palkka.

Piirimääriin perustuva kustannusarvio

Toinen malli henkilökustannuksien arvioimiseksi sähkö-, instrumentointi- ja automaatio suunnitteluprojekteissa on piirimääriin perustuva laskentamalli. Piirimääräperusteisessa tavassa lasketaan erityyppisien piirien määrät (moottori, venttiili,

analogiatulo, binääritulo jne.) ja määritetään eri tyypeille aika, joka suunnitteluun keskimäärin menee. Suunnitteluun menevä aika riippuu useista tekijöistä, kuten dokumentaation laajuudesta, käytettävästä suunnittelujärjestelmästä ja -automaatiojärjestelmästä. Yksinkertaisimmillaan piirimääriin perustuva aika-arvio lasketaan kaavalla (4)

$$SK=PM * TA*OKH, \quad (4)$$

jossa SK on suunnittelukustannus euroina, PM on piirimäärä, TA on piirikohtainen suunnittelu-aika-arvio ja OKH on tuntikohtainen omakustannehinta (€/h).

Hankinnat ja ostopalvelut

Projektitoimittaja voi joutua hankkimaan raaka-aineita, materiaaleja ja laitteita sekä joissain tapauksessa myös henkilöstöresursseja ulkopuolisilta tekijöiltä. Tällöin jo tarjouslaskentavaiheessa tarvitaan sitovaa tietoa alihankkijoiden hinnoittelusta ja resurssien saatavuudesta sekä laitetoimittajien hinnastoista että laitesaatavuudesta. (Artto ym. 2006, 72, 176.)

Joissain yrityksissä tarkoituksellisesti keskitytään juuri omaan ydinosaan ja hankitaan kaikki sen ulkopuolinen osaaminen alihankintana ulkopuolelta. Se mahdollistaa myös riskin jakamisen useamman toimijan kanssa. (Artto ym. 2006, 176.)

Projektinhallinta

Projektin hallinnalla tarkoitetaan projektin johtamista yhtenä kokonaisuutena tavoitteiden mukaisesti. Se voi pitää sisällään projektin suunnittelua, johtamista, resurssien organisointia, raportointia ja kokonaisuuden hallintaa. (Artto ym. 2006, 101.)

Myös projektinhallintaan liittyvät kustannukset on huomioitava tarjouslaskennassa. Siihen käytettävät tunnit voidaan arvioida esimerkiksi tietyllä prosenttiosuudella suunnittelutunneista tai arvioida aiemmin toteutettujen projektien perusteella.

Matkustaminen

Projekteihin liittyy usein matkustamista, ja siitä aiheutuvat kustannukset on huomioitava myös tarjouslaskennassa. Matkustamiseen liittyviä kustannuksia ovat esimerkiksi matka-aika, päivärahat, ateriat- ja majoittumiskorvaukset sekä kilometrikorvaus ja matkalippukustannukset (Työmatkakustannusten korvaukset verotuksessa 2021). Vuonna 2022 kokopäiväraha Suomessa on 45 euroa ja kilometrikorvauksen perussumma 0,46 €/km. (Verohallinto 2022.)

7.2.2 Kate

Tarjouslaskennassa tulee huomioida myös projektin tuottojen ja kustannuksien erotukselle asetettu katetavoite eli projektille arvioitu voitto (Arto ym. 2006, 44). Projektilla voi olla useita eri katetavoitteita. Esimerkiksi optioille on voitu määrittää korkeampi katetavoite kuin toimitukseen sisältyville kokonaisuuksille tai laitehankinnoilla eri kate kuin suunnittelutunneilla.

Katteen suuruuteen vaikuttaa moni asia. Korkeammalla katteella voidaan saavuttaa enemmän voittoa, mutta korkean hinnan takia tarjous ei tule valituksi edullisempien vaihtoehtojen joukosta. Joissakin tapauksissa voidaan tarjota projektia niin edullisella hinnalla, ettei kauppa tuota toimittajalle ollenkaan voittoa. Tähän voi olla syynä saavuttaa asiakasreferenssi, jonka avulla voidaan kasvattaa yrityksen mainetta myöhempiä laajempia markkinoita varten. Toisaalta toimittaja on voinut laskelmoida voitto-odotuksen sisällyttämisen todennäköisiin muutostöihin ja lisätilauksiin. Asiakkaan sitouduttua toimittajaan, muutoksista aiheutuvat lisätilaukset on usein käytännönsyistä otettava samalta toimittajalta. Projektin kannattavuuden hankkiminen kalliiden lisätöiden kautta voi kuitenkin riskeerata asiakassuhteen kehityksen, jos asiakas havaitsee laskelmoinnin. (Arto ym. 2006, 77.) Katetuotto prosentti ilmoittaa montako prosenttia katetuotto on myyntituotosta. Katetuotto prosentti lasketaan Tomperin (2014, 33) esittämällä kaavalla (5)

$$KT (\%) = \frac{100\% * KT (e)}{MT (e)}, \quad (5)$$

jossa $KT (\%)$ on katetuotto prosentteina, $KT(e)$ on katetuotto euroina ja $MT(e)$ on myyntituotto euroina.

Edellä esitetystä kaavasta saadaan johdettua katettuotto euroina, kun haluttu katetuottoprosentti on määritetty. Tällöin katettuotto (€) saadaan laskettua kaavalla (6)

$$KT(e) = \frac{MT(e) * KT(\%)}{100\%} \quad (6)$$

Tomperin (2014, 89) mukaan projektin myyntihinta lasketaan kaavalla (7)

$$MH(e) = OKH * \frac{100\%}{100\% - kate\%}, \quad (7)$$

jossa MH(e) on projektin myyntihinta euroina, OKH on projektin omakustanhinta euroina ja kate(%) on projektin haluttu kate prosentteina.

7.2.3 Riskivaraukset

Riskienhallinta kuuluu olennaisena osana tarjouslaskentaan, sillä sen avulla minimoidaan yritykselle haitalliset vahingot (Kinni ym. 2004, 2, 6). Erityisesti projekteihin liittyvä ainutkertaisuus ja epätäydellinen tieto tulevasta tapahtumista aiheuttavat sen, ettei kaikkia projektiin vaikuttavia tekijöitä pysty suunnittelussa huomioimaan ja siitä syystä riskit ja riskien hallinta ovat olennainen osa projektitoimintaa. Riskienhallinta on johdettua toimintaa koko projektin läpi ja riskienhallinnan toimenpiteet vaikuttavat riskeihin ja niiden suuruuteen jo ennaltaehkäisevästi. (Artto ym. 2006, 196.)

Projektitoiminnassa riskit voivat liittyä esimerkiksi projektin aikatauluun, kustannuksiin ja laajuuteen (Artto ym. 2006, 196). Riskit voidaan jakaa vahinkoriskeihin, jotka ovat tavallisesti vakuuttamiskelpoisia, ja liiketaloudellisiin riskeihin, joiden ottaminen kuuluu normaaliin liiketoimintaan (Kinni ym. 2004, 2, 6). Vahinkoriskeillä tarkoitetaan epäsuotuisia tapahtumia, kuten onnettomuuksia tai tulipaloja. Ne ovat luonteeltaan on/off -tyyppisiä, eli ne joko toteutuvat tai eivät toteudu. Liiketoimintariskit voivat liittyä esimerkiksi rakennetun laitteiston toimivuuteen, tekniseen hyvyyteen tai kaupalliseen kannattavuuteen. Ne voivat olla myös projektin

aikaisia riskejä, jotka voivat hankaloittaa suunnitelman mukaista toteutusta tai kannattavaan tulokseen pääsemistä. Tällaisia riskejä ovat esimerkiksi teknisten ratkaisujen toteutettavuus, ratkaisumahdollisuuksien muuttuminen projektin aikana, projektiorganisaation muutokset tai osaamisen puute. (Artto ym. 2006, 197-198.)

Riskin suuruus määräytyy sen todennäköisyyden ja vaikutuksen perusteella siten, että riskin suuruus on tulo, joka saadaan kertomalla todennäköisyys ja vaikutus keskenään (Artto ym. 2006, 199). Taulukossa 1 on esimerkkejä riskien määrittämisestä. Taulukossa on esitetty kaksi vahinkoriskiä, joista toisella on pieni todennäköisyys ja merkittävät seuraukset, ja toisella suuri todennäköisyys, mutta pienemmät seuraukset. Molempien riskien suuruus on lopulta yhtä suuri.

TAULUKKO 1. Riskin suuruuden määrittäminen (Artto ym. 2006, 200)

Tapahtuma	Tapahtuman toteutumistodennäköisyys * epäsuotuisa vaikutus	Odotusarvo (riskin suuruus)
Tulipalo työmaalla (oletus: palovakuutusta ei ole otettu)	0,00 001 * 1 000 000 €	10 €
Talon seinää maalattaessa 10 litran maaliastia putoaa telineeltä, jolloin maali valuu maahan	0,1 * 100 €	10 €

Riskejä voidaan pienentää erilaisin toimin, mutta se maksaa. Esimerkiksi palovakuutuksen ottamisen rationaalisuus perustuu siihen, että noin suuren riskin toteutuessa sen vaikutuksia ei kyettäisi kantamaan ilman merkittäviä muunlaisia vaikutuksia. (Artto ym. 2006, 200.) Riskit huomioidaan tarjouslaskennassa määrittämällä riskivaraukset, jotka korottavat tarjoushintaa.

8 TARJOUSLASKENTATYÖKALUN PÄIVITYS

Opinnäytetyön tavoitteena oli päivittää sähkö-, instrumentointi- ja automaatiotoimitusprojektien tarjouslaskentatyökalu. Työkalun avulla voidaan määrittää projektin omakustannehinta, jonka perusteella määritetään tarjoushinta. Työkalussa tuli huomioida toimeksiantajan toiveiden mukaisesti SIA-toimituksen sisältö sisältäen suunnittelun, laitehankinnat, asennuksen sekä testauksen ja käyttöönoton. Kustannukset muodostuvat pääosin henkilö- ja hankintakustannuksista, lisäksi laskennassa tulee huomioida välilliset kulut, kuten toimitila-, laite, koulutus- ja tarvikkeuskustannukset. Nämä on laskettu jo omakustannetuntihintaan, eikä sen muodostumista käsitellä tässä opinnäytetyössä tarkemmin.

Tarjouslaskentatyökaluun haluttiin selkeä yhteenvetosivu, jonka perusteella on helppoa poimia oikeat luvut tarjoukseen. Lisäksi laskennan tuli olla helppokäyttöinen siten, että siitä on helppo jättää toimitukseen sisällyttämättä kokonaisuuksia ulkopuolelle.

Laskennassa kaikki päivitettävät solut on korostettu, jolloin täytettävien ja tarkastettavien arvojen löytäminen on helppoa. Laskentaan tehdään esimerkkirivejä, joiden tavoitteena on varmistaa, että laskija tulee huomioineeksi kaiken olennaisen. Rivit voi tyhjentää, mikäli kyseiset asiat eivät sisälly laskettavaan projektitoimitukseen. Laskenta jaettiin omille välilehdilleen siten, että jokainen toimitusosuus on omalla välilehdellään. Näin tarjouksen ulkopuolelle jäävät osuudet ovat selkeämmin jätettävissä pois laskennasta. Lisäksi jokaiselle välilehdelle rakennettiin yhteenvetotaulukko, jolla esitetään sivun laskennan tulokset tiivistetysti. Tarkkaa jaottelua ei esitetä julkisessa raportissa, vaan keskitytään laskennan toteutustapaan.

8.1 Tarjouksen yhteenveto

Yhteenveto-sivulla esitetään mahdollisimman tiivistetysti kaikki tarjouksen kannalta oleellinen tieto ja se toimii etusivuna laskennalle. Sivulla syötetään kustannuksien laskennan ja tarjouksen määrittämisen kannalta olennaisimmat arvot,

kuten katteen suuruudet ja henkilön tuntikustannukset SKOL-luokittain. Näitä arvoja käytetään laskennassa useissa eri osuuksissa. Koska katteen suuruudet ja omakustannetuntihinnat vaihtelevat riippuen tuotteesta ja palvelusta, tulee niiden olla selkeästi eroteltu toisistaan. Taulukossa 2 on esitetty esimerkki arvojen syöttämisestä tarjouslaskentaan. Raportissa esitetyt arvot ovat esimerkkiarvoja.

TAULUKKO 2. Tarjouslaskennassa käytettävät hinnat ja katteet

KOKONAISTOIMITUSPROJEKTI	kate% kulut	kate% oma suunnittelu	kate% Laitteostot
Päätöimituksen katteet	14,0 %	20,00 %	7,0 %
Optioiden katteet	15,0 %	15,00 %	10,0 %

Hinnasto	Tunti-kustannus (oma)
SKOL1	44,00 €
SKOL2	43,00 €
SKOL3	42,00 €
SKOL4	41,00 €
SKOL5	40,00 €
SKOL6	39,00 €
Keskihinta	41,50 €

Olemassa olevissa tarjouslaskentamalleissa tarjouksen yhteenvedon osuus vaihteli. Osassa sellaista ei ollut lainkaan, vaan käyttäjän oli tiedettävä mitä tietoa lopulliseen tarjousmateriaaliin tulee poimia. Tämä haluttiin yhtenäistää päivityksessä työkalussa. Tarjouslaskenta haluttiin rakentaa siten, että käyttäjä näkee selkeästi mistä tarjous muodostuu ja mitä hinta sisältää. Osuuksien tarkempi esittäminen perustuu tarjouksen oikeellisuuden tarkastamiseen ja niiden tavoitteena on helpottaa virheiden huomaamista.

Taulukossa 3 on esimerkki yhteenvedosta. Yhteenvedoon sisällytettiin kaikkein olennaisin tieto laskennan tuloksista. Tarjouksen kannalta olennaisin tieto on myyntihinta. Tarjouslaskijan kannalta kiinnostavia tietoja ovat myös kate sekä tunti-arvio. Tuntiarvion avulla pystytään määrittämään projektin vaatima henkilöresurssien tarve.

TAULUKKO 3. Yhteenvedossa esitetään laskennan lopputulos tiivistetysti.

	Kustannukset yhteensä	kate %	kate yhteensä	myynti yhteensä	Tunnit yhteensä	Kate €/h	Osuus kokonais-hinnasta
1. Projektin hallinta	21 264 €	17,0%	4 344 €	25 608 €	344,9	12,60	2,1%
2. Koulutus	5 469 €	19,0%	1 282 €	6 751 €	8,0	160,23	0,5%
3. Suunnittelu	57 321 €	20,0%	14 330 €	71 651 €	1348,5	10,63	5,8%
4. Instrumentointi	16 653 €	7,0%	874 €	12 492 €	-	-	1,0%
5. Sähkölaitteet	355 897 €	8,0%	30 948 €	386 844 €	-	-	31,5%
6. Automaatiolaitteet	376 268 €	8,0%	32 719 €	408 987 €	-	-	33,3%
7. Automaatiokaapit	177 424 €	8,0%	15 428 €	192 853 €	-	-	15,7%
8. Asennus	2 000 €	5,0%	105 €	2 105 €	-	-	0,2%
9. Site activities	28 452 €	19,8%	7 035 €	35 487 €	524,0	13,43	2,9%
Riskivaraus				86 016 €			7,0%
Yhteensä	1 040 749 €	8,7%	107 066 €	1 228 795 €	2 225	48,11	100,0%

Tarjouslaskentaan sisällytettiin yksinkertainen resursointilaskenta (taulukko 4), jossa esitetään kuinka monta henkilötyökuukautta (HTK) kyseinen projekti vaatii. Henkilötyökuukausien määrä lasketaan tuntiarvion perusteella.

TAULUKKO 4. Yhteenvedo sivun laskennasta

	Työviikko	37,5 h
RESURSOINTI	Tunnit yhteensä	HTK
1. Projektin hallinta	210	1,5
2. Koulutus	8	0,1
Suunnittelu		-
Yleiset	40	0,3
Sähkösuunnittelu	436	3,0
Instrumentointisuunnittelu	62	0,4
Automaatiosuunnittelu	810	5,6
9. Site activities	-	4,0
Optiot	80	0,6

8.2 Tarjouksen osa-alueen yhteenvedo

Jokaisen välilehden ylälaitaan luotiin Yhteenvedo-taulukko, jossa esitetään kyseisen sivun laskentojen olennaisimmat tulokset tarjousta ja resursointia varten. Resursointi-sarakkeeseen lasketaan henkilötyökuukaudet, jotka lasketaan tuntiarvion perusteella. Lisäksi yhteenvedossa esitetään osa-alueen omakustannehinnot, katteet ja myyntihinnat. Yhteenvedossa esitetään sivun laskennat tiivistetysti, jolloin yhden otsikon laskenta voi koostua usean eri katealueen kustannuksista.

Sivukohtaisen yhteenvedon tavoitteena on, että mahdolliset virheet laskennassa tulisivat ilmi ja ne olisivat helpommin löydettävissä. Tästä syystä yhteenvedossa esitetään tiiviissä, mutta kattavassa muodossa koko sivun laskenta. (taulukko 5)

TAULUKKO 5. Yhteenveto sivun laskennasta

YHTEENVETOON						
1. Projektin hallinta	Tunnit yht.	Resursointi (HTK)	Kustannus yht. (oma)	kate %	kate yht.	myynti yht.
Vakuudet			8 000 €	4,0 %	333 €	8 333 €
Yleinen	210	1,4	8 000 €	6,0 %	511 €	8 511 €
Matkat			- €		- €	- €
Yhteenvetoon	210	1,4	16 000 €	5,0 %	844 €	16 844 €

8.3 Kappalemäärään perustuvat kustannukset

Kappalemääriin perustuvilla kustannuksilla tarkoitetaan tässä työssä esimerkiksi vakuuksia ja laitehankintoja. Koska projektien toimitussisältö vaihtelee, pyrittiin tarjouslaskenta rakentamaan siten, että se kattaa mahdollisimman laajasti yleisimmät hankinnat.

Taulukossa 6 esitetystä laskennasta tarjouksen tekijän tulee määrittää hankintojen, esimerkiksi koteloiden, kappalemäärä ja niiden kustannus. Laskenta laskee automaattisesti niiden yhteissumman ja kateprosentti tulee Yhteenveto-sivun taulukosta. Mikäli laskennassa halutaan käyttää muuta kateprosenttia, voi sen kirjoittaa soluun olemassa olevan arvon päälle.

TAULUKKO 6. Koteloiden kustannus- ja myyntihinta

	Nimitys	Nimitys	Tyyppi	Määrä	Yks. osto hinta	yks. osto yht.	kate % laiteostot	kate €	Myynti €
KOTELOT					3 000,00 €	5 000,00 €		435 €	5 435 €
	Kotelo 1	Rakennus A		1	1 000,00 €	1 000 €	8 %	87 €	1 087 €
	Kotelo 2	Rakennus B		2	2 000,00 €	4 000 €	8 %	348 €	4 348 €

Projektiin liittyvät hankinnat jaoteltiin usealle välilehdelle siten, että sähkö- ja automaatiolaitteet, kaapit ja kotelot sekä instrumentit ovat selkeästi omina osuuksinaan. Tämä helpottaa tarjouslaskennan tuloksien tarkastamista.

8.3.1 Automaatioon liittyvät hankinnat

Automaatiosuunnittelun esisuunnitteluvaiheessa on määritetty käytettävälle automaatiojärjestelmälle vaatimuksia, jotka tarjotun järjestelmän tulee täyttää.

Esisuunnittelun perusteella on tiedossa ainakin alustavat signaali- ja piirimäärät, jotka vaikuttavat automaatiojärjestelmän hankintaan. Esisuunnitteluvaiheen tietojen perusteella voidaan määrittää soveltuva automaatiojärjestelmäkokoisuus.

Tarjouslaskennassa on huomioitava kaikki toimitukseen sisältyvät järjestelmään liittyvät laitteet. Sisältöjen vaihdellessa toimituslaajuudesta riippuen ei laskentatyökaluun tehty tarkkaa laiteluettelo, vaan se tulee tarkastaa tarjouslaskentavaiheessa.

8.3.2 Instrumentointiin liittyvät hankinnat

Instrumentointiin liittyvät laitehankinnat, eli esimerkiksi anturointi ja paikallisohjauslaitteet, tulee huomioida kustannusarviossa ja siten tarjouslaskennassa. Tarjouslaskentatyökalu rakennettiin siten, että laiteluettelo voidaan tuoda Excel-muodossa osaksi tarjouslaskentaa. Instrumentointisuunnittelussa määritetään laitteelle vaatimukset ja omakustannehinta. Omakustannehinta voi perustua joko aiemmin sovittuun hinnastoon tai instrumenteista voidaan pyytää erillinen tarjous tarjouspyyntöä varten.

Tarjouslaskentaan luotiin valmis instrumenttiluettelo, johon syötetään tarvittavat vaatimukset instrumenttitoimittajalta pyydettävää tarjouspyyntöä varten. Tärkeitä tietoja ovat esimerkiksi mitta-alueet, paineluokat ja mahdolliset muut hankintaan vaikuttavat tekijät. Laitetoimittajan toimittama täydennetty lista on ajettavissa takaisin laskentaan, jolloin laskenta hakee automaattisesti toimittajan antamat hintatiedot kustannuslaskentaan. Tarjouslaskentavaiheessa on huomioitava, että tarjoukseen liittyvästä laitteistosta ei välttämättä ole saatavissa kovin yksityiskohtaista tietoa.

Instrumentointiin liittyvässä tarjouslaskennassa on huomioitava myös muut instrumentointiin liittyvät laitteet, kuten vahvistimet ja kenttäkotelot. Koska mittalaitteet ja lähettimet sekä kotelot tulevat yleensä eri toimittajilta, jaettiin laitteiden hankinnat laskentaan omille välilehdilleen. Tällöin listat ovat helposti

toimitettavissa laitetoimittajille ja täydennettävissä eri laitetoimittajilta saatujen tietojen perusteella.

8.3.3 Sähkölaitteiden hankinnat

Projektitoimitus voi sisältää esimerkiksi keskuksia, taajuusmuuttajia, katkaisijoita, kaapelointia sekä valaistus- ja kytkentätarvikkeita. Tarjouslaskentaa varten laitteistot jaettiin omille välilehdilleen tai muulla tavoin omiksi osuuksiksi. Esimerkiksi rikosilmoitinjärjestelmä voi tulla valmiina kokonaisuutena yhdeltä järjestelmätoimittajalta, voi siihen liittyvät laitteet olla hyvä kerätä yhteen.

Mitä useampaan osaan laitteistot jaetaan, sen raskaammaksi tarjouslaskenta muuttuu. Tästä syystä laskentaan jätettiin valmiita tyhjiä laskentaosioita varalle. Näihin varaosuuksiin on mahdollista syöttää toimitukseen liittyvät normaalista poikkeavat sisällöt ilman, että on tarve muokata laskennan rakennetta enempää.

8.3.4 Ostopalvelut

Joissakin tapauksissa projektiin voidaan tarvita ulkopuolista osaamista, jolloin kustannuksien määrittäminen perustuu alihankkijalta saatavaan tarjoukseen. Tällöin tarvitaan sitovaa tietoa alihankkijoiden hinnoittelusta ja resurssien saatavuudesta.

Taulukossa 7 on esimerkki palveluista muodostuvien kustannuksien huomioimisesta tarjouslaskennassa. Myös ostopalveluille voidaan määrittää katetavoite.

TAULUKKO 3. Myyntihinnan määrittäminen perustuen tarjoukseen

	Nimitys	Määrä	Yks. osto hinta	yks. osto yht.	kate % laiteostot	kate €	Myynti €
Asennus	Asennustarjous XXX Rev X	1	2 000,00 €	2 000,00 €	5 %	105 €	2 105 €

8.4 Tuntiarvioon perustuvat kustannukset

Suunnitteluliiketoiminnassa henkilökustannuksien määrittämiseksi on muodostettava aika-arvio suunnitteluun kuluvasta ajasta. Tuntiarvioon perustuvalla laskentamallilla määritetään sellaiset henkilökustannukset, joille voidaan antaa selkeä tuntiarvio projektin laajuuden perusteella. Tuntiarvioon perustuvia kustannuksia ovat esimerkiksi ennalta sovitut palaverit, kuten aloituspalaverit ja mahdolliset loppukäyttäjälle pidettävät käyttökoulutukset ja koulutusmateriaalien laadinta. Myös tarjouksen laadintaan käytetty aika tulee huomioida tarjouslaskennassa.

Henkilön osaamistaso eli SKOL-luokka vaikuttaa suoraan henkilön palkkakustannuksien suuruuteen. Tästä syystä tuntiarvioihin perustuvien tuntien osalta on tiedettävä minkä pätevyystason henkilö työn suorittaa. Tarjouslaskijan tulee valita alaspäin- ja ylöspäin- valikosta työn suorittavan henkilön SKOL-luokka, jonka mukaan laskenta käyttää oikeaa omakustannehintaa. Taulukossa 8 esitetään tuntiarvioon perustuvien kustannuksien laskenta.

TAULUKKO 8. Tuntiarvioon perustuvat kustannukset

	Nimitys	kpl	h/kpl	SKOL	Tuntikustannus (oma)	h yht	yks. osto yht.	kate%	kate €	Myynti €
Yleinen		2				210	8 600,00 €		2 150,00 €	10 750,00 €
	Tarjouksen laadinta	1	10,0	SKOL3	42,00 €	10	420,00 €	20,0 %	105,00 €	525,00 €
	Projektin hoito	1	200,0	SKOL2	43,00 €	200	8 600,00 €	20,0 %	2 150,00 €	10 750,00 €
				SKOL4	41,00 €					
				SKOL1	44,00 €					
				SKOL4	41,00 €					

8.5 Piirimääriin perustuva kustannusarvio

Taulukossa 9 on yksinkertaistettu esimerkki piirimääräpohjaisesta omakustannehinnan määrittämisestä. Laskenta voidaan jakaa useampaan osa-alueeseen, esimerkiksi sähkö, instrumentointi ja automaatio ja jopa vielä tarkemmin suunnitteluvaiheisiin, kuten esimerkiksi perussuunnittelu, toteutussuunnittelu ja testaus. Tarkempi jaottelu eri suunnitteluvaiheisiin helpottaa resursointia. Raportissa ei monimutkaisuuden ja salassapidon takia voi esittää todellista laskentaa, joten raportissa esitetään yksinkertaistettu versio, josta periaate käy ilmi.

Taulukossa on esitetty lista kuvitteellisen projektin erilaisista piirityypeistä, niille asetetuista aika-arvioista ja omakustannehinnasta. Taulukossa käytetyt arvot

ovat keksittyjä ja niitä käytetään esimerkinomaisesti. Todellisessa kustannusarviossa käytetään kokemusperäiseen tietoon perustuvia arvoja.

TAULUKKO 9. Piiriperusteinen omakustannehinnan määrittäminen

Piirityyppi	Piirimäärä yhteensä (kpl)	Aika-arvio (h)	Omakustannehinta (€/h)	Omakustannehinta yht. (€)
Yksisuuntainen moottori	10	3	40 €	1200 €
Mittauspiiri	30	1	40 €	1200 €
Binääritulo	20	1	40 €	800 €
Säätöpiiri	10	2	40 €	800 €
Säätöventtiili	10	2	40 €	800 €
Yhteensä				4800 €

Toimitussisällön vaihdellessa projekteittain tulee eri työvaiheiden olla helposti eroteltavissa pois laskennasta. Tarjouslaskentatyökalussa erottelu tehtiin rakentamalla sivulle valinta-tila, jolla eri työvaiheet voidaan poistaa laskennasta ilman, että on tarve puuttua aika-arvioihin. Tämä mahdollistaa sen, että työvaiheen kustannukset saadaan helposti laskettua esimerkiksi optiota varten, mutta se saadaan myös luotettavasti poistettua kustannusarviosta.

Taulukon 10 esimerkissä automaatio suunnittelun toteutussuunnitteluosuus on poistettu laskennasta vaihtamalla valintataulukosta arvo 1 arvoon 0. Tällöin toteutussuunnittelun tuntiarvio muuttuu arvoon 0, eikä sitä huomioida enää laskennassa. Vaihtamalla valinta-tilan arvo takaisin arvoon 1, saadaan palautettua arvot takaisin mukaan laskentaan.

TAULUKKO 10. Yksinkertaistettu esimerkki piirimäärään perustuvasta laskennasta

Piirityyppi	Piirimäärä yhteensä (kpl)	Automaatiosuunnittelu			
		Aika-arvio (h/piiri)		Tuntiarvio yhteensä (h)	
		Perussuunnittelu	Toteutus-suunnittelu	Perussuunnittelu	Toteutus-suunnittelu
Yksisuuntainen moottori	10	3	3	30	0
Mittauspiiri	30	1	1	30	0
Binääritulo	20	1	1	20	0
Säätöpiiri	10	3	3	30	0
Säätöventtiili	10	2	2	20	0
Yhteensä				130	0
Laskennan valintataulukko	0/1				
Automaatio, perussuunnittelu	1				
Automaatio, toteutussuunnittelu	0				
Kustannus- ja tarjouslaskenta	Tuntiarvio	Omakustanne hinta (€/h)	Omakustanne hinta yht. (€)	Kate % oma suunnittelu	
Automaatio, perussuunnittelu	130	48 €	6 240 €	6 %	
Automaatio, toteutussuunnittelu	0	0 €	0 €	0 %	
Yhteensä	130		6 240 €		

Tuntiarvio riippuu useista tekijöistä, kuten dokumentaation laajuudesta ja käytettävästä suunnittelujärjestelmästä. Koska tietäntyyppisissä projekteissa toistuivat vastaavansuuruiset tuntiarviot, lisättiin tarjouslaskentatyökaluun valintapainike, jolla pystyy valitsemaan projektitoimituksen tyyppi. Tehdyn valinnan perusteella laskentaan valikoitui automaattisesti sopiva piirikohtainen suunnittelu-aika-arvio. Opinnäytetyöhön sisällytettiin neljä erilaista projektityyppiä, joista tarjouslaskennan tekijä voi valita.

8.6 Matkustamiseen liittyvät kustannukset

Projekteihin voi liittyä matkustamista, ja myös matkoihin liittyvät kulut tulee sisällyttää projektin kustannuksien arviointiin. Matkustamiseen liittyvät kustannukset muodostuvat palkkakustannuksista sekä kulukorvauksista. Myös majoitukseen liittyvät kustannukset tulee huomioida.

Taulukossa 11 on esimerkki matkustuskustannuksien huomioimisesta tarjouslaskennassa. Taulukossa käytetyt arvot ovat esimerkkejä.

TAULUKKO 11. Matkakustannuksien määrittäminen

	Nimitys	kpl	Kustannus (oma)	Kustannus yhteensä (oma)	kate%	kate €	Myynti €
Matkat							
	Henkilön SKOL	SKOL4	41,00 €	0,00 €		0,00 €	0,00 €
	Matkatunnit						
	Matkatunnit, kohteeseen	0	41,00 €	0,00 €	20,0 %	- €	0,00 €
	Matkatunnit, hotelli-työmaa-hotelli	0	41,00 €	0,00 €	20,0 %	- €	0,00 €
	Kulukorvaukset						
	Päivärahat	0	45,00 €	0,00 €	10,0 %	- €	0,00 €
	km-korvaukset	0	0,46 €	0,00 €	10,0 %	- €	0,00 €
	km-korvaukset (paikallisajo)	0	0,46 €	0,00 €	10,0 %	- €	0,00 €
	Puhelin- ja datakulut	0	5,00 €	0,00 €	10,0 %	- €	0,00 €
	Majoitus						
	Majoitus	0	100,00 €	0,00 €	10,0 %	- €	0,00 €
	Parkki	0	10,00 €	0,00 €	10,0 %	- €	0,00 €
	Muut kulut	0	10,00 €	0,00 €	10,0 %	- €	0,00 €

8.7 Käyttöönnoton kustannukset

Käyttöönnoton kustannukset muodostuvat henkilön työtunneista, matkustamisesta ja erilaisista kulukorvauksista (taulukko 12). Päivärahojen suuruus riippuu kohdemaasta, joten laskentaan haluttiin suora linkki Verohallinnon verkkosivuille, josta löytyvät vuoden 2022 ulkomaanpäivärahojen suuruudet.

Käyttöönnotossa työpäivän pituus poikkeaa usein normaalista työajasta, joten ylimääräiset korvaukset huomioidaan jo kustannuslaskennassa. Laskentaan syötetään viikkotunnit ja tarjoukseen sisällytettävä viikkomäärä, joiden perusteella lasketaan työtunneista muodostuva kustannus ja myyntihinta.

TAULUKKO 12. Käyttöönnoton kustannuksien määrittäminen

VIKKOTUNNIT	60	h/vko
VIKKOMÄÄRÄ	4	vkko

Nimitys	kpl	Omakustanne-hinta	yks. osto yht.	kate% oma suunnittelu	kate €	Myynti €	h yht
Henkilö 1			14 922,00 €		3 652,72 €	18 574,72 €	264
Henkilön SKOL	SKOL2	43,00 €					
Työtunnit							
Työtunnit	37,5	43,00 €	6 450,00 €	20,0 %	1 612,50 €	8 062,50 €	150,0
Työtunnit, 50 %	10	64,50 €	2 580,00 €	20,0 %	645,00 €	3 225,00 €	40,0
Työtunnit, 100%	13	86,00 €	4 300,00 €	20,0 %	1 075,00 €	5 375,00 €	50,0
Matkatunnit							
Matkatunnit, kohde	5	43,00 €	860,00 €	20,0 %	215,00 €	1 075,00 €	20,0
Matkatunnit, hotelli-työmaa-hotelli	1	43,00 €	172,00 €	20,0 %	43,00 €	215,00 €	4,0
Kulukorvaukset							
Päivärahat	7	45,00 €	- €	10,0 %	- €	- €	
km-korvaukset	480	0,46 €	- €	10,0 %	- €	- €	
km-korvaukset (paikallisajo)	10	0,46 €	- €	10,0 %	- €	- €	
Puhelin- ja datakulut	0	5,00 €	- €	10,0 %	- €	- €	
Majoitus							
Majoitus	5	100,00 €	500,00 €	10,0 %	55,56 €	555,56 €	
Parkki	5	10,00 €	50,00 €	10,0 %	5,56 €	55,56 €	
Muut kulut	1	10,00 €	10,00 €	10,0 %	1,11 €	11,11 €	

ULKOMAAN PÄIVÄRAHAT 2022

9 TUTKIMUKSEN YHTEENVETO

Konstruktiiivisen tutkimuksen tavoitteena on ratkaista olemassa oleva ongelma tuottaen yksi pätevä ratkaisu. Tutkimusotteelle on ominaista, että onnistunut konstruktio on yleistettävissä ja siirrettävissä myös muihin yrityksiin. Konstruktiiivisen tutkimuksen raportoinnin painopiste on kehitetyn ratkaisun esittelyssä, ratkaisun teoriakytkentöjen näyttämisessä, uutuusarvon esittelyssä ja yleistettävyyden toteamisessa. Konstruktiiivisen tutkimuksen haittapuolena on, että verrattuna teoreettiseen tutkimukseen, konstruktiiivisen tutkimuksen tulokset voivat olla liian arkaluontoisia julkaistaviksi. Tämä tuli ilmi työtä raportoidessa, sillä kokonaisuutta oli hankala raportoida huomioiden salassapitoon liittyvät vaatimukset.

9.1 Tutkimusongelma

Konstruktiiivisen tutkimuksen kuusi vaihetta esitettiin opinnäytetyön luvussa 2. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa etsitään ongelma, joka halutaan ratkaista. Opinnäytetyössä ongelma oli yhtenäisen tarjouslaskentamallin puuttuminen, sillä SIA-kokonaistoimituksia varten oli olemassa erilaisia laskentapohjia riippuen kokonaisuudesta ja tarjouksen laskijasta. Kehittämistehtävän tavoitteena oli laatia yksi yhteinen tarjouslaskentamalli, joka kattaa kokonaistoimitukset sekä tarvittaessa myös pienemmät osatoimitukset. Samalla varmistettiin olemassa olevien laskentojen perusteena olevat olettamukset. Työn tavoitteena on laatia tarjouslaskentatyökalu, jolla pystytään laatimaan SIA-kokonaistoimituksen kustannusarvio ja tarjoushinta.

Ongelma muutettiin tutkimuskysymyksiksi, joiden avulla voitiin lähteä hakemaan vastauksia. Opinnäytetyön tutkimuskysymykset olivat:

- Mistä SIA-kokonaistoimituksen kustannukset muodostuvat?
- Mitkä ovat SIA-suunnittelun suunnitteluvaiheet?
- Mistä projektien kustannukset muodostuvat?
- Mitä toimitusprojektin tarjouslaskennassa tulee huomioida?

9.2 Teoreettisen tiedon hankinta

Konstruktiiivisen tutkimuksen toinen vaihe on teoreettisen tiedon hankinta. Sen tavoitteena on hankkia ymmärrys tutkimuskohteesta teoreettisen tiedon avulla. Tutkimuskysymyksien avulla valikoitui teoreettiseksi viitekehikseksi sähkö-, automaatio- ja instrumentointisuunnittelun prosesseihin tutustuminen sekä kustannusperusteisen tarjouslaskennan perusteisiin tutustuminen. Teoriaosuudella pyrittiin määrittämään tarjouslaskentamallin tarvittava sisältö. Kirjallisuudessa esitetyillä tietoperustoilla ja näkökulmilla haettiin yhteyksiä tarjouslaskentamalliin sekä mallin kehittämiskohteisiin. Kirjallisuusaineisto toimi perusteena opinnäytetyössä rakennetulle tarjouslaskennalle, sillä kerätyn kirjallisuusaineiston perusteella pystyttiin määrittämään tarvittava sisältö tarjouslaskentamalliin.

Kustannusperusteinen menetelmä valikoitui olemassa olevien tarjouslaskentamallien perusteella. Tiedonhankintavaiheessa vahvistui, että kyseinen menetelmä on toimiva myös jatkossa, sillä siinä tuotteen myyntihinta koostuu toimittajan omista kustannuksista ja tuottotavoitteesta. Kyseinen menetelmä on ollut käytössä myös aiemmin käytetyissä tarjouslaskentamalleissa.

9.3 Ratkaisujen laatiminen

Tutkimuksen kolmannessa vaiheessa ratkaisu konstruioitiin eli luotiin uusi tarjouslaskentamalli. Laskentamallin laatiminen aloitettiin rakentamalla karkea sisältö, jota tarjouslaskennan tulee kattaa. Karkea sisältö rakennettiin kerätyn teoria-aineiston perusteella sekä hyödyntäen olemassa olevia tarjouslaskentamalleja eri prosessien osalta. Laskenta pyrittiin jakamaan vaiheittain omille välilehdilleen projektitoimituksen ja suunnitteluvaiheiden mukaisesti. Jokaisen vaiheen kohdalla pohdittiin asioita, joista kustannuksia voi muodostua. Karkea sisältö koostui seuraavista vaiheista:

- yhteenveto
- projektin hallinta
- suunnittelu
 - o sähkö, yleissuunnittelu

- sähkö, toteutussuunnittelu
 - instrumentointi, toteutussuunnittelu
 - instrumentointi, asennussuunnittelu
 - automaatio, perussuunnittelu,
 - automaatio, toteutussuunnittelu
- hankinnat
 - käyttöönotto
 - optiot.

Jokaiseen vaiheeseen liittyvät kustannuslaskennat rakennettiin taulukkolaskentaohjelmaan. Kun karkea malli laskennasta oli valmis, haastateltiin kokonaistoitumusten tarjouslaskennasta vastaavaa tuoteryhmän vetäjää. Haastattelun tavoitteena oli tarkastaa laskennan sisällön oikeellisuus ja riittävä tarkkuus. Haastattelu toteutettiin tunnin mittaisena teemahaastatteluna. Haastattelun teemoja olivat:

- kustannuslaskennan sisältö
- laskennan rakenne
- riskivarausten huomiointi.

Haastattelun tuloksena tunnistettiin tarve huomioida optiot laskennassa siten, että niille on määriteltävissä selkeästi oma katetavoite ja omakustannehinta optioiden vaihdellessa todella laajasti eri toimitusten välillä. Lisäksi haastattelussa paljastui, että tarjouslaskentamallista uupuivat koulutuksen kustannukset kokonaan. Projektitoimitukset voivat sisältää käyttökoulutuksia loppuasiakkaalle ja niihin liittyvät kustannukset muodostuvat matka- ja henkilökustannuksista. Henkilökustannukset muodostuvat koulutuksen pitämisestä ja materiaalin laatimisesta. Haastattelussa keskusteltiin myös riskivarausten sisällyttämisestä laskentaan. Teoriaosuudessa tunnistettiin tarve riskivarausten määrittämiselle sekä tapoja toteuttaa riskivarausten arviointi. Haastattelun perusteella löydettiin selkeä ja yhdenmukainen tapa toteuttaa riskivarausten määrittäminen projektille. Tätä tapaa ei avata julkisessa raportissa.

Karkeassa laskentamallissa laskettiin projektiin kuluva aika, mutta tarkempaa resursointilaskentaa ei ollut toteutettu. Haastattelussa tunnistettiin tarve lisätä resursointilaskenta tuntien perusteella henkilötyökuukausiksi, jolloin resurssien

mitoittaminen projektin toteuttamista varten olisi yksinkertaisempaa. Lisäksi haastattelussa käytiin läpi suunnitteluun liittyvän ajan määrittäminen. Karkeassa mallissa suunnittelu oli eroteltu useammalle välilehdessä erottaen sähkö-, automaatio, ja instrumentointisuunnittelun omiksi kokonaisuuksikseen. Tämä todettiin hankalakäyttöiseksi, sillä suunnittelualojen välillä on vahva yhteys toisiinsa, jolloin jaottelu omiksi kokonaisuuksikseen koettiin työllistäväksi ja sekavaksi. Haastattelun perusteella yhtenäistettiin suunnitteluun liittyvä laskenta siten, että ne ovat edelleen toisistaan riittävän erilliset, mutta selkeästi yhdellä sivulla katseltavissa.

Haastattelussa todettiin, että tarjouslaskennan kannalta FAT ja SAT eli tehdas-testaus ja hyväksymistestaukset olisi tarpeen erottaa omiksi laskennoikseen, sillä ne voidaan sisällyttää tarjoukseen eri tavoin. Joissain tapauksissa testaukset voidaan tarjota myös erillisinä optioina, joten niiden kustannukset on ostava selkeästi erotettavissa tarjousta varten.

Haastattelussa nähtiin tarpeelliseksi rakentaa laskentaan instrumenttiluettelo, joka on toimitettavissa laitetoimittajille sellaisenaan täydennettäväksi laitteen tyyppi- ja hintatietojen osalta ja joka on helppo syöttää takaisin laskentaan. Rakentamalla laitetoimittajalle toimitettava luettelo valmiiksi tarjouslaskentatyökaluun varmistuttiin siitä, että jokainen laite, joka sisältyy tarjoukseen, saa myös hintatiedon, joka tulee huomioitua tarjouksessa. Mikäli laiteluettelo olisi omana tiedostonaan, olisi riski hävittää osa laitteista tietojensiirron yhteydessä taulukoista toiseen. Haastattelussa tunnistettiin myös tarve jakaa muitakin hankintoja omille sivuilleen. Esimerkiksi kotelot ja automaatiojärjestelmät tulevat eri toimittajilta, joten niiden jako omiksi kokonaisuuksikseen on perusteltua.

Haastattelun perusteella laskentaa pystyttiin päivittämään käyttökelpoisemmaksi ja selkeämmäksi ja toimituksen kannalta kattavammaksi.

9.4 Ratkaisun toimivuuden testaus

Tarjouslaskentamallin päivitys oli iteratiivinen prosessi, jossa päivityksiä tehtiin avoimien haastattelujen avulla. Haastattelut jaettiin kahteen ryhmään

haastateltavien henkilöiden työnkuvan mukaan. Ensimmäisessä noin tunnin mittaisessa haastattelussa olivat osallisina tarjouslaskentaa tekevät yksikköpäälliköt, toisessa projektipäälliköt. Haastattelut hoidettiin ryhmähaastatteluina, jotta tehokkuuden lisäksi pystyttiin varmistumaan siitä, että uudet ajatukset voidaan toteuttaa ilman, että ne hankaloittavat muiden suunnittelualojen tarjouslaskentaa. Tällöin myös eri aloilla työskentelevät henkilöt pystyivät kertomaan oman alansa huomioista ja tavoista, joista voi olla apua myös toisen alan tarjouslaskennassa.

Kanasen (2010, 53) mukaan ryhmähaastattelutilanteessa on tärkeää hoitaa haastattelu niin, että kaikkien mielipiteet ja ajatukset tulevat tasapuolisesti huomioitua. Tästä syystä haastattelut jaettiin kahteen osaan, jotta esimies-alaisuhde ei vaikuta haastateltavien mielipiteisiin.

Haastateltavat valittiin siten, että ensimmäisessä ryhmässä olivat tarjouslaskentaa tekevät yksikköpäälliköt. Yksikköpäälliköitä oli mukana jokaiselta tarjouslaskennan sisältämältä suunnittelualalta eli yhteensä kolme (sähkö, automaatio, ja instrumentointi), jotta haastattelu kattaisi kaikki osa-alueet. Toisella haastattelukierroksessa mukana oli kaksi projektipäällikköä.

Haastattelu toteutettiin siten, että haastattelu johdettiin ennalta määritettyjen teemojen perusteella. Ensimmäisen ryhmähaastattelun teemoja olivat:

- tarjouslaskennan helppokäyttöisyys
- tarjouslaskentatyökalun selkeys
- suunnittelukustannuksien määrittäminen.

Haastattelun tuloksena tuli ilmi tarve tarkentaa laskennoissa käytettävää omakustannustuntihintaa siten, että tuntihinta on valittavissa pätevyys- eli SKOL-luokan perusteella jokaiselle kohdalle erikseen. Lisäksi haluttiin lisätä värikorostuksia katteen suuruuteen liittyviin laskentoihin siten, että niistä näkee helposti, onko ne halutulla tasolla. Haastattelussa ilmeni myös tarve lisätä piirimääriin perustuville suunnittelukustannuksille korjauskerroin, jolla pystytään tarvittaessa helposti korjaamaan kustannusarviota tilanteessa, jossa suora piiriperusteinen laskenta ei toimi. Edellä mainittujen lisäksi haluttiin luoda toinen rinnakkainen tapa tehdä kustannusarvio, jolloin kahta eri tyylillä tehtyä laskentaa voidaan verrata toisiinsa ja havaita mahdolliset virheet laskennassa. Rinnakkainen laskentamalli on

yksinkertaisempi ja kokemusperäiseen tietoon perustuva malli, jossa arvio perustuu piirimääräperusteiden laskennan sijaan dokumentaation laajuuteen ja niihin perustuviin aika-arvioihin. Lisäksi laskentaa selkeytettiin korostamalla täydennettävät ja laskentaa sisältävät solut omilla väreillään.

Toisella haastattelukierroksella haastateltiin projektipäälliköitä ja siinä teemat olivat piirimääräpohjaisen laskennan käytettävyys ja laskentaperusteet. Haastattelussa tuli ilmi, että muun muassa dokumentaation laajuudessa on eri toimituksien välillä merkittäviä eroja, jotka vaikuttavat suoraan siihen, kuinka paljon aikaa yhden piirin suunnitteluun kuluu. Ilmiö oli tunnistettu jo aiemmin, ja se oli merkittävä syy useiden tarjouslaskentapohjien muodostumiselle. Toimituskohtaisiin eroihin tunnistettiin ratkaisumahdollisuus valintapainikkeesta, jolla pystyttiin valitsemaan erityyppinen projektitoimitus. Tehdyn valinnan perusteella laskentaan valikoitui automaattisesti sopiva piirikohtainen suunnittelu-aika-arvio. Opinnäytetyöhön sisällytettiin neljä erilaista projektityyppiä, joista tarjouslaskennan tekijä voi valita oikean.

Lopuksi haastattelujen perusteella päivitetylle tarjouslaskentatyökalulle tehtiin käyttöttestaus aiemmin saadun tarjouspyynnön perusteella. Testauksen perusteella varmistettiin tarjouslaskentamallin soveltuvuus kokonaistoimituksen kustannuksien arviointiin ja tarjoushinnan laskentaan. Tarjouslaskentatyökalu todettiin käyttökelpoiseksi ja se voidaan ottaa käyttöön uusien projektien tarjouksien laskennoissa.

9.5 Teoriakytkentöjen näyttäminen ja arvon osoittaminen

Konstruktioin käytännön testi eli markkinatesti on yksi konstruktioivisen tutkimuksen tärkeimmistä vaiheista. (Lukka 2001.) Tämän vaiheen toteutus jäi opinnäytetyön aikana osin kesken, sillä vaihe sisältää myös uuden innovaation ”myynnin” organisaatiolle. Opinnäytetyön aikana laskentatyökalu ei päässyt laajempaan käyttöön organisaatiossa, vaan kehitystyötä jatketaan edelleen opinnäytetyön päätyttyä kehitysehdotuksien läpikäynnillä ja mahdollisesti niiden sisällyttämisellä malliin.

Tutkimuksen sopivuutta voidaan tästä huolimatta arvioida kysymällä ovatko tulokset syntyneet empiiriseen tietoon nojaten. Sopivuus on pyritty varmistamaan jatkuvalla dialogilla tarjouslaskentaa tekevien henkilöiden kanssa. Dialogin tavoitteena on muodostaa käsitys siitä, millainen on toimiva laskentamalli. Tutkimuksen tieteellinen arvo edellyttää, että se auttaa tieteellisen tiedon maailmankuvan kehittämisessä. Tällöin tutkimuksessa laadittu konstruktio on sidottava viitekehysteensä.

9.6 Soveltuvuuden tarkastelu

Lukan (2001) mukaan soveltamisalan tarkastelussa tärkeintä on prosessin tulosten ja sen ennakkoehtojen analysoiminen. Tarkastelussa huomioidaan kuinka laajasti ja millä tapauskohtaisilla muutoksilla konstruktio voisi olla siirrettävissä toisiin organisaatioihin. (Lukka 2001.)

Opinnäytetyössä laadittu konstruktio oli yleisluontoinen, joten sen hyödyntäminen muissa vastaavissa organisaatioissa olisi mahdollista muokkaamalla sisältöä toimitusta vastaavaksi. Koska laskentatyökalu on rakennettu SIA-toimitusprojektin ympärille, toimisi se myös toisessa organisaatioissa vastaavan toimituksen tarjouslaskennassa sellaisenaan. Mallin hyödyntäminen muiden alojen kustannuksien arviointiin vaatisi työkalun laajentamista tai päivitystä vastaamaan toimitussisältöä. Koska laskenta on jaettu usealle välilehdelle kokonaisuuksittain, on sen muokkaaminen vastaamaan erilaisia toimitussisältöjä mahdollista ja helppoa.

10 POHDINTA

Kehittämistyö toteutettiin tutkimuksellisena kehittämistehtävänä, koska työn tavoitteena oli toiminnan kehittäminen uuden ratkaisumallin avulla, ei niinkään uuden teorian luominen. Kehittämistyön tutkimusmetodiksi valittiin konstruktiiivinen tutkimus, koska tavoitteena oli ratkaista olemassa oleva ongelma. Konstruktiiivinen tutkimus perustuu teoriaan ja aikaisempiin tutkimuksiin, jonka perusteella uusi konstruktio rakennettiin. Valittu menetelmä soveltui hyvin tehtävään. Ratkaisu testattiin tarkastamalla se yhteistyössä tarjouslaskentaa tekevien henkilöiden kanssa.

Työssä tutustuttiin sähkö-, instrumentointi- ja automaatio suunnittelun vaiheisiin sekä projektitoimituksiin. Teoriaosuudella pyrittiin määrittämään tarjouslaskentamallin tarvittava sisältö. Kirjallisuudessa esitetyillä tietoperustoilla ja näkökulmilla haettiin yhteyksiä tarjouslaskentamalliin sekä mallin kehittämiskohteisiin. Samalla tarkastettiin aiempien laskentojen perusteena olleet oletukset niiltä osin, kuin ne toistuivat päivitettyssä tarjouslaskentamallissa. Kirjallisuusaineisto tuki opinnäytetyön päätavoitteena ollutta tarjouslaskentatyökalun kehitystehtävää. Kerätyn kirjallisuusaineiston perusteella pystyttiin määrittämään karkea sisältö tarjouslaskentamalliin.

10.1 Opinnäytetyön tulokset

Opinnäytetyön päätavoitteena oli laatia tarjouslaskentatyökalu vastaamaan toimiesiantajan nykyisiä tarpeita, sillä toimiva tarjouslaskenta mahdollistaa yrityksen pärjäämisen kilpailluilla markkinoilla. Tarjouslaskentatyökalusta toivottiin helppokäyttöistä ja selkeää, jonka avulla pystytään laatimaan erisisältöisien tarjouspyyntöjen perusteella oikeasisältöinen tarjous luotettavasti siten, että kustannukset tulee huomioitua perustellulla tarkkuudella. Opinnäytetyössä laadittu tarjouslaskentatyökalu tulee helpottamaan ja tarjouslaskentaa ja lisäämään tarjouksien yhteneväisyyttä yrityksen sisällä. Tarjouslaskentatyökalun päivitys toteutui suunnitellusti ja se mahdollistaa tarkemman ja tarkemmin jaotellun kustannuslaskennan jatkossa. Laskentatyökalua voidaan hyödyntää jatkossa myös

sellaisissa projekteissa, jotka sisältävät vain osan laskennan kattavista toimitus-sisällöistä, sillä tarjouksien ulkopuolisien kokonaisuuksien sulkeminen ulos on tehty työkalussa helpoksi.

Tarjouslaskentatyökalun testausvaiheessa tehdyissä haastatteluissa tuli ilmi, että projektien dokumentaation laajuudessa on eri toimituksien välillä merkittäviä eroja, jotka vaikuttavat suoraan siihen, kuinka paljon aikaa yhden piirin suunnitteluun kuluu. Ilmiö oli tunnistettu jo aiemmin, ja se oli merkittävä syy useiden tarjouslaskentamallien muodostumiselle. Opinnäytetyössä tämä ratkaistiin luomalla tarjouslaskentaan projekti tyyppi -valinta, jonka perusteella valikoituu sopiva piirikohtainen suunnittelu-aika-arvio. Tällöin tarjouslaskijan ei ole tarve tallentaa uutta versiota poikkeavilla arvioilla, vaan riittää että valitsee projektityypin.

10.2 Luotettavuus

Tieteellisessä tutkimuksessa tutkimuksen luotettavuutta tulee arvioida. Luotettavuustarkastelussa käsitellään tutkimuksessa käytetyt menetelmät, analyysit ja tulokset. Kehittämistutkimuksen luotettavuutta arvioidaan tutkimuksessa käytettyjen menetelmien avulla. Laadullisen tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida käyttäen seuraavia kriteereitä (Kananen 2015, 111-113; Kananen 2010, 128):

- vahvistettavuus
- arvioitavuus
- tulkinnan ristiriidattomuus
- luotettavuus
- saturaatio eli kylläntyminen.

Laadullisessa tutkimuksessa aineistoa tarvitaan juuri sen verran, kun aiheen ja asetetun tutkimustehtävän kannalta on välttämätöntä. Yksi tapa tunnistaa aineiston riittävyys on sen kylläntyminen eli saturaatio. Tällöin uudet lähteet eivät tuo enää tutkimusongelman kannalta uutta tietoa, vaan aineisto alkaa toistamaan itseään. Kylläntyminen vaatii, että tiedetään mitä aineistosta etsitään. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Kanasen (2012) mukaan kehittämistutkimuksen tulosten arviointi perustuu hyvään dokumentaatioon, jossa on kuvattu kehittämissprosessin vaiheet, lähtökohdat, lopputulema sekä menetelmä. Tulosten ja johtopäätösten aukoton todistusketju on luotettavuusarvioinnin edellytys. (Kananen 2012, 165) Kehittämistehtävän toteutus on salassapidon takia jouduttu esittämään suppeammin, mikä vaikeuttaa tutkimuksen luotettavuuden todentamista. Toteutus on kuitenkin esitetty riittävän selkeästi, että luotettavuus on kohtuudella mahdollista arvioida.

Opinnäytetyössä on kirjallisuuskatsauksen osalta käytetty laaja-alaisesti eri tieteidenalojen kirjallisuutta aihetta koskien. Tiedonhaussa on käytetty mahdollisuuksien mukaan alkuperäisiä lähteitä ja lähteiden sisällölle on pyritty hakemaan vahvistusta toisesta, kyseisestä lähteestä riippumattomasta lähteestä. Opinnäytetyössä käytetty aineisto on pääosin vahvistettua. Opinnäytetyön luotettavuuteen voi vaikuttaa se, että siinä on käytetty pääosin suomenkielistä materiaalia. Kansainvälisiä lähteitä käyttämällä olisi voitu tunnistaa enemmän erityisesti toimituksen suunnitteludokumentaation laajuuteen liittyvää tietoa. Toisaalta tavoitteena oli luoda geneerinen laskentatyökalu, joten liian laaja teoreettinen tieto olisi saattanut vaikuttaa työkalun käytettävyyteen heikentävästi.

Karkean tarjouslaskentamallin päivitys toteutettiin haastatteleamalla useita tarjouslaskentaa tekeviä henkilöitä. Haastatteluiden tavoitteena oli tarkastaa laskennan sisällön oikeellisuus, helppokäyttöisyys ja riittävä tarkkuus. Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluna osin yksilö- ja osin ryhmähaastatteluna. Haastattelujen toteutus ei-strukturoituna teemahaastatteluna toimi hyvin, sillä liian yksityiskohtainen kysymysrakenne olisi voinut ohjata keskustelua liiaksi sen sijaan, että haastateltavien vastaukset kuljettivat haastattelua. Haastatteluiden ja haastateltavien henkilöiden määrän rajaaminen oli haastavaa, sillä kehitettävä tarjouslaskentamalli kattoi useita prosesseja, jolloin siihen myös liittyi useita henkilöitä. Kokonaisuudessaan otanta oli kohtuullisen kattava huomioiden tarjouslaskentaa tekevän henkilöstön määrän yrityksessä. Haastattelujen luotettavuutta heikentää se, ettei haastatteluja nauhoitettu, vaan haastattelija teki muihinpanoja haastattelun perusteella. Keskustelut nauhoittamalla ja litteroimalla olisi pystynyt mahdollisesti tarkempaan tuloksien analysointiin.

10.3 Haasteet

Opinnäytetyön haasteena oli työn toimeksiantajaa edustavan ohjaajan vaihtuminen useaan kertaan projektin aikana organisaatiomuutosten vuoksi. Muutosten seurauksena myös opinnäytetyön tavoite muuttui samalla jokaisella ohjaajalla ollen erilainen näkemys päivityksen tarpeesta. Tämän seurauksena työn tavoite ja laajuus muuttuivat työn aikana. Joiltakin osin tältä olisi voitu välttyä pitämällä säännöllisemmin edistymäpalavereja, joissa olisi ollut mukana ohjaajan lisäksi myös muita henkilöitä, jotka tarjouslaskentatyökalua tulevat käyttämään. Silloin kaikille osapuolille olisi ollut selvää mihin suuntaan työtä edistetään myös tilanteessa, jossa ohjaaja vaihtuu. Myös tarkempi dokumentointi työn sisällöstä ja sen hyväksyttäminen laajemmin tarjouslaskentaa käyttävien henkilöiden kesken heti projektin alussa olisi voinut selkeyttää työn toteutusta.

Opinnäytetyössä haastavaa oli myös julkinen raportointi siten, ettei paljasta samalla salassa pidettävää tietoa. Työssä käytetään paljon olemassa olevaan tarjouslaskentaan ja toimintamalliin perustuvaa tietoa, jota ei saa julkisesti esittää. Salassapitoon liittyvien vaateiden varmistaminen vaatii dialogia toimeksiantajan kanssa hidastaen raportoinnin etenemistä loppuvaiheessa.

11 KEHITYSEHDOTUKSET

Tarjouslaskennan suunnittelukustannuksien arvioinnissa käytetään paljon tuntiarvioita, jotka perustuvat kokemusperäiseen tietoon. Tuntiarvioiden perusteella tehdään kustannusarvioita ja niiden perusteella tarjouksia, joten niiden olisi tärkeää olla totuudenmukaiset. Laskennassa käytettävät arviot olisi hyvä tarkastaa toteutuneiden projektien perusteella. Toteutuneista projekteista on saatavilla tiedot suunnittelun laajuudesta sekä suunnitteluun käytetyn ajan saa tarkastettua toiminnanohjausjärjestelmästä. Vaihtoehtoisesti tarjouslaskentatyökaluun voisi myös lisätä yhden välilehden projektin jälkilaskennalle, jossa lasketaan projektin toteutuneet kustannukset ja verrataan niitä tarjouslaskentavaiheessa tehtyihin kustannuslaskentoihin. Analysoimalla laskennallisten ja toteutuneiden kustannuksien mahdollisia eroavaisuuksia voidaan tehdä johtopäätöksiä missä asioissa on onnistuttu ja mihin asioihin tulisi keskittyä tulevissa projekteissa enemmän. Vertailun perusteella voidaan myös tarvittaessa tarkentaa ja päivittää tarjouslaskentaa seuraavia projekteja varten.

Suunnitteluun kuluva aika vaihtelee suuresti riippuen käytettävistä suunnittelutyökaluista, käytetystä järjestelmästä sekä dokumentaation laajuudesta. Tästä syystä tarjouslaskentatyökaluun rakennettiin valintapainike, jolla pystyttiin valitsemaan erityyppinen projektitoimitus, ja sen perusteella laskentaan valikoitui automaattisesti sopiva piirikohtainen suunnittelu-aika-arvio. Opinnäytetyöhön sisällytettiin neljä erilaista projektityyppiä, joista tarjouslaskennan tekijä voi valita oikean. Tulevaisuudessa näiden projektityyppien suunnittelu-aika-arviot tulee tarkastaa ja keskustella olisiko projektityyppejä tarpeen rakentaa useampia.

Yksi opinnäytetyön tärkeimmistä tavoitteista oli yhtenäistää tarjouslaskentatoimintaa siten, että kaikki käyttäisivät samaa tarjouslaskentatyökalua. Aiemmin haasteena oli, että tarjouslaskenta lähti muokkautumaan jokaisella käyttäjällä omanlaisekseen, jonka seurauksena yhtenäinen malli ei toiminut. Jatkossa on huolehdittava, että ongelma ei toistu, vaan käytettävä malli pysyy yhtenäisenä. Tähän sopivia tapoja voisi olla laskentatyökalun siirtäminen selaimella käytettäväksi ohjelmistoksi, jolloin mallia ei pysty muokkaamaan ja malli pysyy jatkossakin yhtenäisenä.

Päivitetty tarjouslaskentamalli perustuu kateprosenttilaskentaan, jossa kateprosentti pyritään tyypillisesti määrittämään niin korkeaksi, että sillä saadaan katettua epäsuorat kulut. Kateprosenttilaskenta on epätarkka, eikä se anna aina luotettavaa kuvaa projektin kannattavuudesta. Opinnäytetyössä tehtyä tarjouslaskentamallia voisi jatkokehittää siten, että projektien kannattavuutta arvioitaisiin jatkossa myös nettonykyarvolaskennalla (Net Present Value, NPV).

Nettonykyarvolaskenta perustuu kassavirtalaskentaan diskontattuna nykyarvoon korkoprosentilla. Kannattavuuden näkökulmasta silloin huomioidaan myös rahoituksen kulut. (Ruokolainen 2022) Verrattuna muihin menetelmiin nettonykyarvoa on pidetty teoreettisesti ylivertaisena investointilaskentatapana, sillä se huomioi myös rahanarvon muutoksen (Arya, Fellingham & Glover 1998, 499). Eri aikoina saatavat sijoitustuotot eivät ole keskenään vertailukelpoisia, sillä aikaisemmin saatavan tuoton pystyy uudelleensijoittamaan mahdollistaen suuremman kokonaistuoton. Myöskään kaksi sijoituskohdetta, joista saa yhtä suuret tuotot, eivät ole vertailukelpoisia, mikäli niissä on eri riski. Nettonykyarvolaskennassa huomioidaan molemmat tekijät tehden eriaikoina tapahtuvat rahavirrat vertailukelpoisiksi. (Projektit ja investoinnit 2020, 2)

Nettonykyarvo lasketaan kaavalla (8)

$$NPV = -I_0 + \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+k_n)^n}, \quad (8)$$

jossa NPV on nettonykyarvo, I_0 on alkuinvestointi, C_n on sijoituksen vuotuinen tuotto, k_n on painotettu keskimääräinen pääoman kustannus ja n on investoinnin pitoaika. Jos laskettu NPV on suurempi kuin nolla, investointi on kannattava ja vastaavasti sen ollessa pienempi kuin nolla, investointi ei ole kannattava. Kun NPV on nolla, saadaan tuotto-odotuksen verran rahaa takaisin. (Olafsson 2003, 171; Projektit ja investoinnit 2020, 2)

Nettonykyarvo toimii tapauksissa, joissa kassavirrat tunnetaan varmuudella. Vaikka kassavirta pyritään diskonttaamaan tiettyä laskentakorkoa käyttäen, investoinnissa esiintyvät epävarmuustekijät vaikeuttavat sen käyttöä. Se soveltuu parhaiten tilanteisiin, joissa investointipäätös tehdään ”nyt tai ei koskaan” -periaatteella eli investointimahdollisuus katoaa heti, jos investointiin ei ryhdytä. Kuitenkaan suurimmalla osalla investointimahdollisuuksista ei ole tiettyä

ajanjaksoa, jolloin investointi tulisi hyväksyä. Nettonykyarvolaskennassa käytetään odotettua kassavirtaa ja laskentakorkokantaa. Todellinen kassavirta ja korkokanta voivat vaihdella, jolloin epätarkkuus investoinnin kannattavuudessa kasvaa. Myös venymiset investointiprojektien aikatauluissa voivat vääristää laskennan antamaa tulosta. (Arya, Fellingham & Glover 1998, 499-500; Ross 1995, 97, 98, 99, 101)

LÄHTEET

Arya, A., Fellingham J. C. & Glover, J. C. 1998. Capital Budgeting: Some Exceptions to the Net Present Value Rule. Issues in Accounting Education. Vol. 13 (3), 499-508. Luettu 27.5.2022. https://www.researchgate.net/publication/309957678_Comparative_Analysis_of_the_Traditional_Models_for_Capital_Budgeting

Artto, K., Martinsuo, M. & Kujala, J. 2006. Projekttiliiketoiminta – projektinhallinnan oppikirja. WSOY:n verkkojulkaisu. Luettu 25.11.2021. <https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2020-08/Projekttiliiketoiminta.pdf>

Automaatiosuunnittelun prosessimalli – Yhteiset käsitteet verkottuneen suunnittelun perustana. 2007. Suomen Automaatioseura ry:n tekemä verkkojulkaisu. Luettu 21.5.2021. https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf

Electrical engineering and design. n.d. Sähkösuunnittelun toimitussisältöön liittyvä artikkeli Paktecpointin verkkosivuilla. Luettu 4.5.2022. <https://paktechpoint.com/electrical-engineering-and-design-electrical-scope/>

Eskelinen, H. & Karsikas, S. 2014. Tutkimusmetodiikan perusteet. 1. painos. Tampere: Tammertekniikka.

Henkilöryhmittely. n.d. Teknologiateollisuuden henkilöryhmittelyohje. Luettu 2.5.2022. https://skol.teknologiateollisuus.fi/sites/skol/files/file_attachments/skol_henkiloryhmittely.pdf.

Instrumentation engineering and design. n.d. Instrumentoinnin toimitussisältöön liittyvä artikkeli Paktecpointin verkkosivuilla. Luettu 4.5.2022. <https://paktechpoint.com/instrumentation-engineering-and-design-scope-of-work/>

Jumppanen, E. 2001. Sähköpiirustuskirja. Espoo: Suomen Sähkö- ja teleura-koitsijaliitto.

Kananen, J. 2010. Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisu opinnäytetyön kirjoittajalle. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisu opinnäytetyön kirjoittajalle. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisu opinnäytetyön kirjoittajalle. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Karvonen, H. 2014. Instrumentointisuunnittelu osana tehdaslaajennusta. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kinni, R., Tauriainen, M. & Kiiskinen, M. 2004. Riskienhallintaopas. Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL Ry:n laatima opas. Luettu 23.1.2022. <https://skol.teknologiateollisuus.fi/sites/skol/files/riskienhallintaopas1s.pdf>

Konstruktiiivinen tutkimus. n.d. Artikkelit Oppariapu-verkkosivulla. Luettu 5.2.2022. <https://oppiapu.wordpress.com/konstruktiiivinen-tutkimus/>

Koskinen, K. 2018. Automaation historia, nykytila ja tulevaisuus. Automaatioväylä, Digitaalinen eripainos. Viitattu 8.9.2021. https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1380/automaatio_ennen_nyt_ja_tulevaisuudessa_av_artikkelisarja_2018.pdf

Laatu automaatiossa – Parhaat käytännöt. n.d. Suomen automaatioseura. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.11.2021. <https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/laatuautomaatiossa.pdf>

Lukka, K. 2001. Konstruktiiivinen tutkimusote. Menetelmäartikkeli. Luettu 25.3.2022. <https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktiiivinen-tutkimusote/>

Morton, M. 2017. 5 Project Management Steps: Process Group Project Management. Artikkelit Teamgantt-yrityksen verkkosivuilla. Luettu 4.5.2022. <https://www.teamgantt.com/blog/5-crucial-project-management-phases>

Olafsson, S. 2003. Making Decisions Under Uncertainty – Implications for High Technology Investments. BT Technology Journal. Vol. 21. (2). Luettu 27.5.2022. https://www.researchgate.net/publication/234016816_Making_Decisions_Under_Uncertainty_-_Implications_for_High_Technology_Investments

PSK 3603. PI-kaavioiden esitystapa ja merkitsemisohje. Luettu 27.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. www.psk-standardisointi.fi

PSK 4603. Automaation hankinta. Instrumentointi. Luettu 7.4.2022. Vaatii käyttöoikeuden. www.psk-standardisointi.fi

Projektit ja investoinnit. 2020. Aalto-yliopiston opetusmateriaali. Tuotantotalous. Luettu 27.5.2022. <https://mycourses.aalto.fi/course/view.php?id=26100§ion=3>

Purra, E. & Perkiö, T. 1996. Sähkötekniikan dokumentointi. Helsinki: Opetushallitus.

Ross, S. 1995. Uses, Abuses, and Alternatives to the Net-Present-Value Rule. Financial Management. Vol. 24 (3). Luettu 27.5.2022. <https://www.jstor.org/stable/3665561>

Ruokolainen, J. 2022. Project manager. Industrial engineering. Investointien kannattavuuslaskenta. Sähköpostiviesti. Luettu 27.5.2022.

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. Kylläntyminen. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Verkkojulkaisu. Luettu 17.4.2022. https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_2_2.html

Seppälä, M. 2016. Toimitusprojektin kustannusohjaus. Luettu 6.2.2022.
<https://docplayer.fi/5890883-Toimitusprojektin-kustannusohjaus.html>

Sivonen, M. 2001. Teollisuuden instrumentointi – rakenne ja suunnittelu. Helsinki: AEL palvelut Oy.

ST 13.28. 2020. Yleisohjeita sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien dokumentoinnista. Luettu 2.4.2022. Vaatii käyttöoikeuden. Espoo: Sähkötieto ry. <https://severi.sahkoinfo.fi/>

Teollisuusliitto. n.d. Työaika. Teollisuusliiton verkkosivujen artikkeli. Luettu 13.4.2022. <https://www.teollisuusliitto.fi/tyoelama/tyosuhteen-abc/tyosopimus/tyoaika/>

Tenhunen, M. 2013. Johdon laskentatoimen peruskäsitteet, menetelmät ja tekniikat – osa 2. Artikkelit yritystalouden ja laskennan ammattilehdessä Tilisanomissa. Luettu 13.4.2022. <https://tilisanomat.fi/koulut/johdon-laskentatoimen-koulu-koulut/johdon-laskentatoimen-peruskasitteet-menetelmat-ja-tekniikat>

Tomperi, S. 2014. Yrityksen taloushallinto 3 - Kannattavuus- ja kustannuslaskenta. Helsinki. Edita Prima Oy.

Työmatkakustannusten korvaukset verotuksessa. 2021. Verohallinnon ohje. Luettu 20.3.2022. <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/48013/ty%C3%B6matkakustannusten-korvaukset-verotuksessa3/>

Verohallinto. 2022. Kilometrikorvaus ja päiväraha. Luettu 13.4.2022. https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/auto/kilometrikorvaus_ja_paivaraha/

Virtanen, A. 2006. Konstruktiivinen tutkimusote. Ammattikasvatuksen aikakauskirja 8 (1). Luettu 7.4.2022. <https://journal.fi/akakk/article/view/114874>

Työsuhdeopas. 2019. Ylemmät toimihenkilöt YTN ry:n lakiryhmän laatima opas. Luettu 18.4.2022. https://ytn.fi/wp-content/uploads/2019/08/ytn_tyosuhdeopas_print-1.pdf