



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Aki Sivusalo

# Instrumentointi-insinöörin rooli ja tehtävät ABB:llä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

22.11.2019

Tekijä Otsikko	Aki Sivusalo Instrumentointi-insinöörin rooli ja tehtävät ABB:llä
Sivumäärä Aika	37 sivua 22.11.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Koneensuunnittelu
Ohjaajat	Suunnittelupäällikkö Paula Häkänen Yliopettaja Jyrki Kullaa
<p>Tämä insinööri työ on tehty Pitäjänmäen ABB:n induktionmoottoreiden tilaus-toimitusprosessiin. Aiheena oli perehtyä instrumentointiin ABB:llä ja selvittää sen tuomat haasteet eri tilaus-toimitusprosessin osastoilla. Tavoitteena oli laatia kuvaus instrumentointi-insinöörin roolista ja tehtävistä.</p> <p>Tieto eri osastoilla kerättiin opinnäytetyöhön kirjallisuuden lisäksi avoimilla haastatteluilla, joita suoritettiin myynnissä, suunnittelussa, projektinhoidossa sekä tuotannossa. Lisäksi tuotannosta tutkittiin poikkeamia, joita osastolle oli tehty. Haastatteluiden ja poikkeamien avulla pyrittiin löytämään osastojen haasteet ja ongelmakohdat.</p> <p>Haasteiden ja ongelmien selvittämisellä pyrittiin löytämään tietoa siitä, minkälaista instrumentoinnin tarvetta ABB:llä on. Tästä pyrittiin tulkitsemaan, mikä olisi instrumentointi-insinöörin rooli ja työnkuva ABB:llä.</p> <p>Insinööri työn lopputuloksena saatiin selville ongelmakohdat osastoittain ja luotiin instrumentointi-insinööreille tai osajille työnkuva ja roolit ABB:llä. Instrumentointi-osaajat sijoitettiin tilaus-toimitusprosessiin, tämä on esimerkki siitä, minkälainen työnkuva voisi olla. Työn tuloksia voidaan käyttää hyödyksi tehtäessä jatkosuunnitelmia instrumentoinnin osaamisen lisäämiseksi.</p>	
Avainsanat	Instrumentointi, instrumentti

Author Title	Aki Sivusalo The Role and Tasks of Instrumentation Engineer in ABB
Number of Pages Date	37 pages 22 November 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Professional Major	Design Engineering
Instructors	Paula Häkänen, Engineering Manager Jyrki Kullaa, Principal Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by the engineering department of ABB Oy. The aim of the thesis was to examine the instrumentation of ABB and find out the problems of different sections in the order to delivery process of the company.</p> <p>The data of thesis was collected by open interviews with employees from the sales, design, project management and production departments. In addition, workflow notifications were examined in production. The aim was to find out the challenges and problems of different sections in ABB using the data collected from the interviews and workflow notifications.</p> <p>The challenges and problems were studied to clarify reasons what kind of instrumentation was required by the company. The aim of this study was also to determine what duties the role and job description of an Instrumentation Engineer consists of.</p> <p>As a result of this Bachelor's thesis, problematic issues were discovered in departments and furthermore, job descriptions and roles were created for instrumentation engineers or experts. In future this thesis can be used when decisions are made of by the company regarding the training in instrumentation.</p>	
Keywords	Instrumentation, Instrument

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	ABB Oy	2
3	Instrumentti	4
3.1	Mittauslaitteen/ instrumentin elementit	4
3.2	Mittausmenetelmät	5
3.3	Instrumentointi	5
3.4	Oikosulkumoottoreiden instrumentit ABB:llä	6
4	Tilaus-toimitusprosessi ABB:llä	9
4.1	Tilaus-toimitusprosessi myynnistä ostoihin	9
4.2	Valmistus tilaus-toimitusprosessissa	13
4.3	Vaatimukset ja sertifikaatit	14
5	Tiedonkeruu	16
5.1	Tiedon puute ja ohjeistus	17
5.2	Instrumentointiosaaminen	18
5.3	Standardien sekavuus	21
5.4	Prosessiongelmät	22
5.5	Yhteenveto	24
6	Tulokset	25
7	Instrumentointi-insinöörin rooli ja työnkuva ABB:llä	31
8	Yhteenveto	34
	Lähteet	36

## Lyhenteet

ABB	<i>Asea Brown Boveri</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ATB	<i>Auxiliary terminal box, apukotelo</i>
ATEX	<i>Atmosphere Explosive</i>
CSA	<i>Canadian Standards Association</i>
EX	<i>Explosive</i>
FAT	<i>Factory acceptance test</i>
IC	<i>Integrated circuit</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
MoGe	<i>Motors &amp; Generators</i>
MTB	<i>Main terminal box, pääkotelo</i>
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association</i>
RTD	<i>Resistance temperature detectors</i>
SCC	<i>Standards Council of Canada</i>
TR CU	<i>Technical Regulation Custom Union</i>

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön aiheena oli perehtyä instrumentoinnin haasteisiin ja selvittää mahdollisen instrumentointi-insinöörin työnkuvaa ja roolia ABB:llä Moottorit & generaattorit yksikössä. Instrumentointi-insinööri pääasiallinen tehtävä olisi auttaa asiakkaita, suunnittelijoita, projektinhallintaa ja tuotantoa instrumentointiin liittyvissä asioissa ja toimia linkkinä eri sidosryhmien välillä.

Induktiokoneiden tilaus-toimitusprosessiin kuuluu myynti, projektinhallinta, suunnittelu sekä osto. Kaikki tehtaalla valmistetut oikosulkumoottorit valmistetaan tilauksesta. Projektinhallinta valmistele jokaisesta tilauksesta työmääräyksen, josta ilmenevät kaikki sähkömoottorin tiedot, varusteet/instrumentit, vaatimukset, moottorintiedot ynnä muut. Sähkö- ja mekaniikkasuunnittelijat hyödyntävät määräystä suunnitellessaan konetta. Ensimmäisenä projekti menee tilaussuunnittelussa sähkösuunnittelijalle, minkä jälkeen se siirtyy mekaniikkasuunnittelijalle. Mekaniikkasuunnittelijan työvaiheet on jaettu kahteen vaiheeseen, esisuunnitteluun ja rakennesuunnitteluun. Esisuunnittelussa tehdään aina projektiin liittyvät asiakaskuvat ja tilataan pitkäntoimitusajan komponentit. Pitkäntoimitusajan komponentit voivat sisältää myös instrumentteja, jolloin instrumentointia tarvitaan jo esisuunnitteluvaiheessa. Rakennesuunnittelussa suunnittelija valitsee kaikki loput moottorin komponentit/instrumentit ja suunnittelee mahdolliset uudet tai varioidut komponentit sekä piirtää niiden työkuvat.

Tällä hetkellä vastuu instrumentoinnista on suunnittelijoilla ja projektipäälliköillä, ja se vie haastavimmissa töissä paljon aikaa erilaisten vaatimuksien ja sertifikaattien takia. Työtaakkaa haluttaisiin helpottaa instrumentointi-insinöörillä. Instrumentointi-insinööri olisi perillä ABB:llä käytettävistä instrumenteista ja niiden vaatimuksista ja osaisi täten auttaa niiden valitsimisessa suunnittelijoita ja projektinhallintaa. Asiakas voisi varmistaa ABB:n instrumentointi-insinööriltä haluamiensa instrumenttien sopivuuden ABB:n sähkömoottoreissa, ja tuotantoa instrumentointi-insinööri osaisi ohjeistaa instrumenttien asennuksessa.

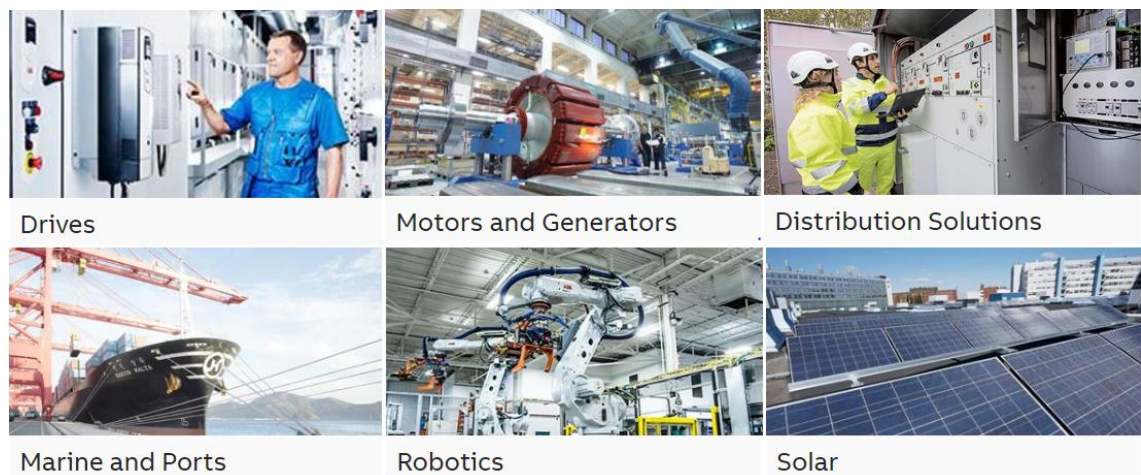
Työn tavoitteena on selvittää instrumentoinnin nykytilanne tilaussuunnittelussa, projektinhallinnassa ja tuotannossa. Erityisesti mielenkiinnon kohteena ovat eri tahojen

instrumentoinnissa kokemat ongelmat. Tavoitteena on myös laatia kuvaus instrumentointi-insinöörin roolista ja tehtävistä.

## 2 ABB Oy

Kuten aiemmin tuli ilmi tämä insinööryö tehtiin ABB Oy:lle Pitäjänmäen Moottorit & generaattorit-yksikön tilaus-toimitusprosessiin. ABB nykyisessä muodossaan syntyi vuonna 1988 ruotsalaisen Asea ja sveitsiläisen Brown Boverin sähköteknisten liiketoimintojen yhteen sulautuksessa. Nykypäivänä ABB:n valikoimiin kuuluvat sähköistystuotteet, robotit ja liikkeenohjauksen, teollisuusautomaation sekä sähköverkkoratkaisut (Historia). ABB koostuu neljästä globaalista liiketoiminnasta: Electrification, Industrial Automation, Motion ja Robotics & Discrete Automation (Liiketoiminta Suomessa).

Pitäjänmäellä toimivat Motors and Generators ja Drives-liiketoimintayksiköt (kuva 1). Motors and Generators -liiketoimintalinja valmistaa moottoreita ja generaattoreita kaikille teollisuudenaloille ja kaikkiin sovelluksiin maailmanlaajuisesti. Pitäjänmäellä kehitetään ja valmistetaan muun muassa korkeajännitemoottoreita, dieselgeneraattoreita ja kestopagneettimoottoreita (ABB Oy, Motors and Generators).



Kuva 1. ABB:n eri liiketoimintoja (Liiketoiminta Suomessa).

ABB: toimipaikkoja maailmalla on yli 100 maassa ja ABB työllistää noin 147 000 ihmistä. Suomessa ABB:llä työskentelee 5 400 ihmistä noin 20 paikkakunnalla (ABB:stä lyhyesti). Helsingin Pitäjänmäellä työskentelee 1 300 ihmistä (ABB Oy, Drives).

Tämä insinööri työ keskittyy ABB:llä Moottorit & generaattorit Pitäjänmäen yksikön tilaus suunnittelussa suunniteltaviin induktiokoneisiin. Tämän lisäksi MoGe-yksikössä suunnitellaan tahtimoottoreita, joten tätä samaa työtä voi soveltaa myös siihen.

Pitäjänmäen ABB:llä MoGe:n yksikössä tilaus suunnittelussa suunnitellaan ripajäähdytteisiä AXR/NXR/HXR-suurjännitemoottoreita, modulaarisia suurjänniteinduktiomottooreita (AMA, AMI) ja räjähdyspaineenkestäviä (AMD) suurjännitemoottoreita. Tilaussuunnittelussa suunnitellaan pääosin seitsemää eri konemallia. (kuva 2.)



Kuva 2. Tilaussuunnittelussa suunniteltavia moottoreita, vas. AXR, oik. AMI (Katalogi, korkeajännite induktiomoottorit).

ABB:n moottorit räätälöidään asiakkaan ja sovelluksen tarpeiden mukaan. Moottorit on suunniteltu luotettaviksi ja tehokkaiksi kaikissa prosessisovelluksissa. Moottoreita on saatavilla useilla erilaisilla varusteilla sekä jäähdytysjärjestelmillä ja ne täyttävät kaikki kansainväliset standardit. Moottoreita voidaan käyttää moniin eri sovelluksiin kuten pumppuihin, puhaltimiin, kompressoreihin, kuljettimiin, murskaimiin ja alusten ohjauspotkureihin (ABB Oy, AMI).



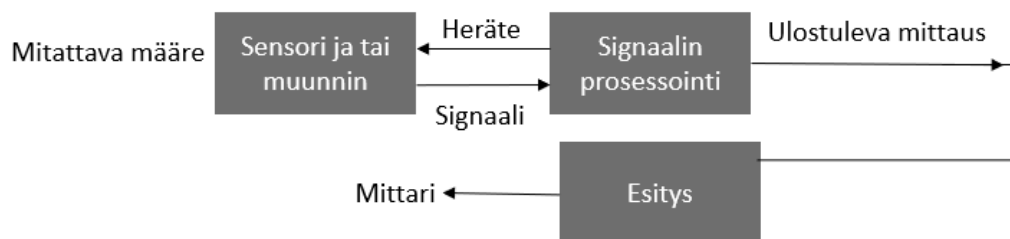
### 3 Instrumentti

Instrumentit ovat mittauslaitteita, jotka kertovat suureen/määreen. Ne kuvaavat parametrejä ja fysikaalisia suureita. Instrumentit voivat olla analogisia, digitaalisia tai hybridejä (Morris & Langari 2016). Modernissa tieteessä ja tekniikassa käytetään tarkkoja mittauslaitteita (instrumentteja) mittaamiseen ja analysoimiseen.

#### 3.1 Mittauslaitteen/ instrumentin elementit

Yksinkertaisissa tapauksissa mittauslaite voi koostua vain yhdestä yksiköstä, joka antaa signaalin mukaisen suuruuden mitattavasta suureesta. Monimutkaisimmissa tapauksissa mittauslaite koostuu useista erillisistä elementeistä. Nämä elementit voivat sisältyä yhteen tai useampaan osaan ja nämä osat voivat pitää yksilölliset mittauselementit lähellä toisiaan tai fyysisesti erotettuna (Morris & Langari 2016).

Instrumentin toiminta voidaan pilkkoa pienempiin osiin (kuva 3). Tavallisesti instrumentilla on sensori tai muuntovaihe, signaalinvahvistajavaihe ja ulostulo tai tulos. Kaikilla instrumenteilla on kuitenkin jokin tai kaikki näistä vaiheista (Eren 2014).



Kuva 3. Konstruktio tyypillisestä instrumentista.

Sensoreita ja muuntimia on saatavilla lukuisia erilaisia riippuen siitä, mitä fysikaalista suuretta mitataan. Sensoreita voidaan kategorisoida monella eri tavalla riippuen siitä mitä siltä halutaan.

Viime vuosien mikrosirujen (IC) nopea kasvu ja kustannustehokkaiden prosessoreiden saatavuus on johtanut hyvään kehitykseen instrumentoinnissa ja mittaamisessa kaikilla osa-alueilla (Eren 2014).

### 3.2 Mittausmenetelmät

Nykypäivän mittauslaitteet eli mittausinstrumentit voidaan jakaa kolmeen kategoriaan menetelmän perusteella. Ensimmäinen kategoria eli soveltavat instrumentit ovat instrumentteja, jotka mittaavat fysikaalisia arvoja kuten pituus, tilavuus ja massa standardi yksiköillä. (Morris & Langari 2016.)

Toiseen kategoriaan kuuluvat instrumentit, joilla seurataan prosessia. Nämä instrumentit antavat ihmisille tietoa, jota voidaan käyttää ennakointiin ja päätöksenteon tukena toiminnan suunnittelussa. Esimerkiksi puutarhuri käyttää lämpömittaria päättääkseen, milloin pitää laittaa lämmöt päälle kasvihuoneessa tai milloin aukaista ikkunaa, jos on liian kuumaa. Kemikaalien reaktion kehityksessä taas instrumentti näyttää mittauslämpötilan sekä paineen eri tilanteissa, ja mittaus auttaa operoijaa tekemään oikean päätöksen lämmittimien käytöstä, jäähdytysveden virtauksista ynnä muusta. (Morris & Langari 2016).

Kolmanteen kategoriaan kuuluvat instrumentit, jotka hyödyntävät automaattista takaisin-kytkentäjärjestelmää. Otetaan esimerkiksi lämpötilan säätelyjärjestelmä, jonka tarkoituksena on pitää huoneen lämpötila annetussa viitearvossa. Lämpötilan muuttuvaa arvoa mittaava laite vertailee lämpötilaa viitearvolämpötilaan, ja ero näiden välillä antaa virhesignaalin lämmittimelle, joka alkaa lämmittää tai sammuu, kunnes lämpötila on viitearvossa. (Morris & Langari 2016.)

### 3.3 Instrumentointi

Teollisuudessa instrumentti on nimitys laitteesta, jolla mitataan teollisuudessa prosessin tila, tiedon muokkaamiseen, välittämiseen sekä prosessin ohjaamiseen. Tehtaan tai tehtaanosan automatisointiin käytetään instrumentointijärjestelmää, joka muodostuu yksittäisistä instrumenteista. (Sivonen 2000).

Kaikesta mistä löytyy prosesseja, löytyy myös instrumentteja ja instrumentointijärjestelmiä, jotka huolehtivat tuotannon optimaalisesta toiminnasta. Tämän lisäksi instrumentteja voi löytää laboratorioista, sairaaloista ja niin edelleen. Instrumentointiin kuuluu instrumenttien ja instrumentointijärjestelmien suunnittelu, valmistaminen, hankkiminen,

asentaminen ja käyttöönotto sekä niihin liittyvä suunnittelu ja dokumentointi. (Sivonen 2000)

Instrumentointiprosesseja voi löytää prosessiteollisuuden tehtaissa, kuten puunjalostuksessa, kemianteollisuudessa, metalliteollisuudessa ja niin edelleen. Myös voimalaitoksista ja vesienkäsittelylaitoksilta löytyy saman kaltaisia järjestelmiä. (Sivonen 2000)

Vaikka instrumentointijärjestelmät ovat hyvin samankaltaisia eri teollisuuden aloilla, niin eroavaisuuksia löytyy laitteiden rakenteen suhteen; esimerkiksi toiminnan varmistamiseen käytetään erilaisia ratkaisuja turvallisuusriski tasojen mukaan. (Sivonen 2000)

Instrumentointisuunnittelijan täytyy tuntea tarkkaan suunniteltava kohde ja prosessi, jotta löydetään onnistuneet ratkaisut. Usein paras lopputulos saadaan eri suunnittelijaryhmien yhteistyöllä. (Sivonen 2000.)

ABB:llä instrumentointi ei ole niinkään instrumentoinnin suunnittelua suoraan tiettyyn prosessiin, vaan moottori menee usein asiakkaan tietyn prosessivaiheen kohtaan ja ABB:n moottoreissa käytetään instrumentteja, jotka asiakas kytkee omaan prosessiinsa. Tällöin ABB:llä täytyy osata valita asiakkaalle sopivat instrumentit moottoriin.

### 3.4 Oikosulkumoottoreiden instrumentit ABB:llä

Tässä on lueteltu ABB:n oikosulkumoottoreissa pääosin käytettäviä instrumentteja, joita asiakkaalle voidaan tarjota. Tämän lisäksi voidaan tarjota myös muita instrumentteja, mutta tästä saa hyvän yleiskuvan, minkälaisia instrumentteja koneissa käytetään. Nämä on kerätty ABB:n EX-komponenttelistasta. EX-komponenttista ei ole varsinainen instrumenttista, vaan sinne on koostettu lista EX-sertifikaateista eri instrumenteille.

**Bearings Automatic Lubricators**, öljymäärän valvonta monitori itsevoidelluille liukulaakereille.

**Bearing & Stator RTDs PT-100**, laakereiden ja staattorin lämpötilan nousun seuraukseksi ja ylikuumentumisen estämiseksi.

**Current Transformer (CT)**, virtamuunnin.

**Leakage Detectors/vuotovahdit**, käytetään vesipattereille, sensori tai magneettinen kelluvakytkin, tason mittaaja.

**MTB/SPTB** pää- ja/tai tähtipistekotelot, ei itsessään instrumentti mutta kotelon sisälle voidaan laittaa instrumentteja. MTB/SPTB-kotelot ovat monesti valmiiksi kalustettu instrumentteineen, joilla on esim. ATEX-hyväksyntä.

**Measuring Transducer**, mittausanturi.

**Oil Sump Heater**, öljyn lämmitin liukulaakereille.

**Partial Discharge Measurement/Iris Power EMC**, suunniteltu tunnistamaan moottoreiden, generaattoreiden, kytkinlaitteiden ja eristettyjen vaiheväylien osittaisen purkautumisen niin, ettei se vaikuta koneen toimintaan.

**Pressure Transmitter**, paineanturia käytetään paineen tason ja virtauksen mittaukseen.

**Pulse Encoder**, pulssianturi, jolla pysytään mittaamaan akselin nopeutta.

**Purge system (EXPO)**, puhdistus- ja paineen tasausjärjestelmän avulla moottori & generaattori voidaan asentaa kaasua- ja pölyvaarallisille alueille.

**RTD's Surge Arrester**, ylijännitesuoja. Suojaa RTD-anturia ylijännitteeltä, ettei se vaurioidu.

**RTD's Transmitter**, lämpötilan lähetin, jolla voidaan mitata staattorin lämpötiloja.

**Space heaters**, tilan lämmitin, jota käytetään yleensä moottorin rungon sisällä mutta välillä myös pääkotelossa.

**Speed switch**, nopeuskytkin, johon voidaan asettaa useita nopeuden hälytyspisteitä, kun tietty akselinkierrosluku saavutetaan.

**Surge Arrester (in MTB)**, ylijännitesuoja pääkoteloihin.

**Surge Capacitor (in MTB)**, ylijännitekondensaattori, joka on suunniteltu absorboimaan ylijännitteet ja säilyttämään ne, niin että se voi palauttaa ne myöhemmin piiriin. (General Information, Surge Capacitor Information)

**Switch**, erilaiset paine- ja lämpökytkimet.

**Thermocouple**, termoelementti/lämpöanturi liukulaakereille ja jäähdytys ilmalle.

**Thermometer**, lämpötilan ilmaisim, johon voidaan asettaa ylä- ja alarajat.

**Vibration Monitoring** (Bentley & Nevada), värinäanturi liukulaakereille, kiihtyvyy- tai nopeudenanturi värinän valvontaan.

**Water Flow Meter**, virtausmittari esim. vesipattereille.

(EX-varustelista, ABB.)

Kaiken kaikkiaan ABB:n oikosulkumoottoreille löytyy varsin kattavasti erilaisia, mutta hyvin perinteisiä instrumentteja, muun muassa valvonta-, lämpö-, paine-, nopeus- sekä värinäantureita ja lisäksi virtausmittareita, ylijännitesuojia sekä puhdistus- ja paineentausjärjestelmiä.

Instrumentin valinta

Lähtökohta sopivien instrumenttien valintaan ovat instrumenttien vaadittavat ominaisuudet, kuten haluttu mittaustarkkuus, herkkyys ja dynaaminen suorituskyky. On myös tärkeää tietää ympäristön olosuhteet, joihin instrumentti joutuu, koska jotkut olosuhteet heikentävät instrumenttia niin, ettei sitä voida käyttää tai sen suojaaminen sopivaksi on kallista. On myös otettava huomioon, että jossain tapauksissa suojaus heikentää instrumentin ominaisuuksia (Morris & Langari 2016).

Myös ABB:llä instrumentointi määräytyy sen mukaan, millaisiin olosuhteisiin ja millaiseen käyttöön moottori on menossa. Instrumentointiin vaikuttavat lisäksi moottorin maantieteellinen sijainti sekä asiakkaan vaatimukset.

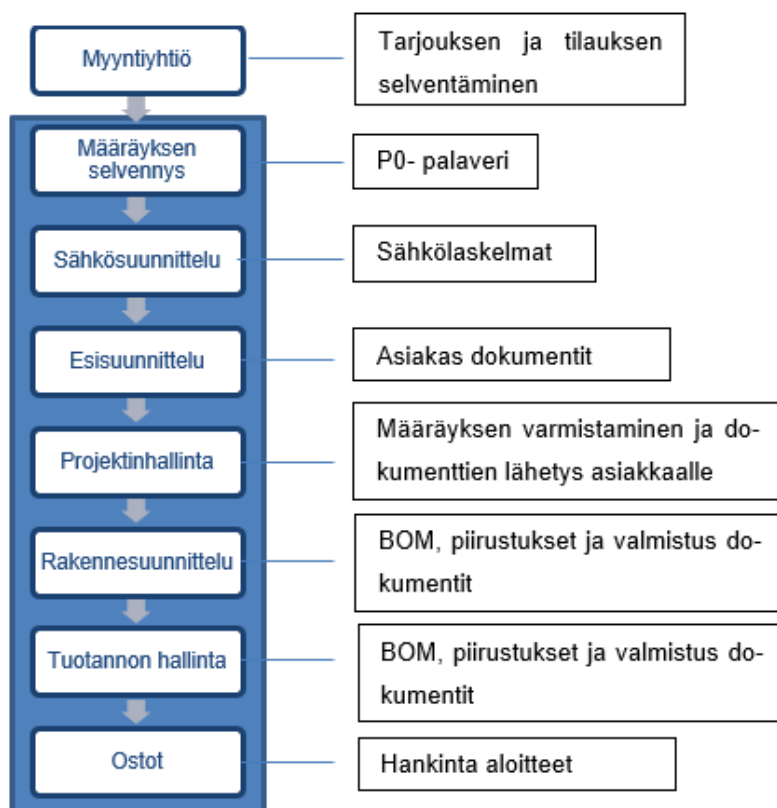
Olosuhteet ja käyttötarkoitus määrittelevät muun muassa IP-luokan. Yleisimmät IP-luokat induktiomooottoreissa ja niiden varusteissa/instrumenteissa ovat IP55, IP56 ja IP66. IP-luokat kertovat sähkölaitteiden pöly- ja kosteustiiveysluokasta, ensimmäinen numero kertoo pölyn tiiveysluokan ja toinen kosteuden tiiveysluokan (IP-luokitus). Moottorin sijoituspaikka pitää ottaa huomioon erityisesti, kun kone on menossa räjähdysherkkään tilaan, jolloin tarvitaan ATEX-hyväksyntä.

Moottoreiden ja varusteiden/instrumenttien täytyy läpäistä erinäiset sertifikaatit ja standardit riippuen siitä, mihin maahan kyseinen kone on menossa. Erilaisia maakohtaisia ja alueellisia sertifikaatteja sekä standardeja ovat muun muassa ATEX, CSA, EAC, FM, IECEx ja UL.

## 4 Tilaus-toimitusprosessi ABB:llä

### 4.1 Tilaus-toimitusprosessi myynnistä ostoihin

Tilaus-toimitusprosessi on jaettu seitsemään eri vaiheeseen osastoittain ja vastuualueittain (ABB 2013: 1). Prosessikaavio tilaus-toimitusprosessista näkyy kuvassa 4. Kaaviossa näkyvät kaikkien osastojen tehtävät tilaus-toimitusprosessissa.



Kuva 4. Tilaus-toimitusprosessi ABB:llä. (ABB 2013: 1)

## Myynti

Kuten kuvasta näkee, tilaus-toimitusprosessi alkaa markkinointi- ja myyntiorganisaatiosta, joka on tuoteryhmän globaali organisaatio, joka ei kuulu ABB:n tuotantoyksikköön (ABB 2015a: 1–3.). Tätä kutsutaan ABB:n myyntiyhtiöksi. Tilaus-toimitusprosessi myyntiorganisaatiossa sisältää tarjouksen ja tilauksen selventämisen. Tarjouksen selventämisen vaiheessa markkinointi ja myynti käsittelee asiakkaan tarjouspyynnöt ja tekee tarjouksen asiakkaan määrittelyn ja vaatimusten mukaisesti. Tarjouksen moottoreista luo myyntivastaava myyntiyhtiöstä asiakkaan vaatimuksien ja standardien mukaisesti. Tilauksen selventämisen vaiheessa myyntiyksikkö on jo saanut ostotilauksen asiakkaalta, ja laajuus sekä tilausvaatimukset käydään läpi yksityiskohtaisemmin. Tarjouksen ja tilauksen aikana selkeytysvaiheessa myyntiorganisaatio voi ottaa yhteyttä tekniseen myynnintukeen valmistavuuden, kannattavuuden tai erityisvaatimusten toteutettavuuteen. Myynnintuki pystyy myös tarkistamaan, onko tuotteelle saatavana halvempaa tai tehokkaampaa tuotetta nykyisistä sovelluksista. (Kaminen 2017.)

## Määräyksen selventäminen

Kun asiakas on tehnyt tilauksen ja vaatimukset on selkeytetty myyntiorganisaatiossa, myyntivastaava lähettää uuden tilauksen tuotantoyksikön tilauksen selvitysohjelmaan ja järjestää tuotantoyksikön kanssa tilauksen luovutuskokouksen, joka tunnetaan myöskin nimellä P0-tapaaminen. Tilauksen luovutuskokouksen tarkoituksena on varmistaa, että tuotantoyksikkö pystyy valmistamaan tilatun tuotteen annetuilla vaatimuksilla ja että tilaus täyttää kaikki asiakkaan vaatimukset ja vaaditun toimitusaikataulun. Voi olla myös erityisiä vaatimuksia, jotka ovat ristiriitaisia perustandardien ja asiakasmäärittelyjen kanssa. Tällaiset konfliktit on selvitettävä ennen tilauksen kirjaamista tuotannonvarausjärjestelmään. (Kaminen 2017.)

Tilauksen P0-tapaamisessa edustavat myynti, projektihallinta, sähkösuunnittelija, mekaniikkasuunnittelija, tuotannon suunnittelija ja ostaja. Tilauksen suunnittelun tarkistavat yleensä seniorisähkö- ja seniorimekaniikkasuunnittelijat. Valmistus- ja ostoajat taulu vahvistetaan tuotannon suunnittelijalta ja ostajalta. Projektipäällikön vastuulla on varmistaa, että tilaus on valmistuskelpoinen asiakkaan toimittamien tietojen mukaisesti ja projektimäärittelyt sisältyvät myynnin antamaan tarjoukseen ennen tilauksen varaamista tehtaan tuotannonvarausjärjestelmään. Kun projektipäällikkö on hyväksynyt uuden

tilauksen, projektikoordinaattori varaa paikan tilaukselle tuotannonvarausjärjestelmään. (Kaminen 2017.)

### Sähkösuunnittelu

Sähkösuunnittelu tehdään pian tehdyn tilauksen jälkeen. Tässä vaiheessa sähkösuunnittelu vahvistetaan ja tarkistetaan, että se täyttää asiakkaan suoritusarvo vaatimukset ja että moottori pystyy toimimaan määritellyissä ympäristön olosuhteissa, kuten tietyssä lämpötilassa ja korkeudessa.

Lisäksi moottorin aktiiviosat hyväksytään ostamista varten. Lopuksi koneen suorituskykyä koskeva datalehti luodaan ja ladataan asiakirjahallintaportaaliin. (ABB 2011a.)

### Esisuunnittelu

Kun sähkösuunnittelija on vahvistanut sähkösuunnittelun, mekaniikkainsinööri suorittaa projektin esisuunnittelun. Siihen sisältyy yksityiskohtaisempi valmistettavuuden tarkastus ennen kuin suunnittelija hyväksyy projektin pitkien toimitusaikojen komponenttien ostoa varten ja tuottaa asiakkaalle tekniset dokumentit, kuten moottorin päämittakuvan ja kytkentäkaavion. Tekniset dokumentit ladataan dokumenttien hallintaportaaliin nimeltä DocStage. (ABB 2011b.)

Kuten johdannossa ilmeni, kaikki ABB:n valmistamat moottorit menevät ulkoisille asiakkaille ja jokaisesta projektista tehdään määräys. Mekaniikka- ja sähkösuunnittelijat valitsevat varusteet/instrumentit määräyksessä olevien tietojen perusteella.

Määräyksestä mekaniikkasuunnittelija löytää kaikki varusteet/instrumentit, jotka moottoriin halutaan. Määräykseltä löytyvät myös moottori- ja varustekohtaiset vaatimukset. Näillä tiedoilla suunnittelija valitsee instrumentin, joka täyttää tarvittavat sertifikaatit ja standardit. Suunnittelijan apuna on esimerkiksi EX-varustelista, josta löytyvät yleisempien koneissa käytettävien instrumenttien eri sertifikaatit. Tärkeää instrumentoinnissa on myös tehdä instrumenttien kytkennät niin, että ne täyttävät kaikki vaatimukset.



## Projektinhallinta

Kun esisuunnittelu on luonut ensimmäiset asiakasdokumentaatiot, projektipäällikkö varmistaa, että dokumentaatio ja moottorin suunnittelu ovat asiakkaan vaatimusten ja tilauksen mukaiset. Vahvistetut asiakirjat ja tilauksen kuittaus julkaistaan asiakkaalle asiakirjahallintaportaalin kautta. Järjestyksen kuittaus sisältää tärkeitä tietoja, kuten toimituksen kokonaishinnan, sopimusehdot, ”freezing pointit” ja toimituspäivämäärän. (Kaminen 2017.)

Tässä vaiheessa asiakasta pyydetään tarkistamaan ja kommentoimaan dokumentaatiota ja vastamaan tuotantoyksikölle varmistaakseen, että dokumentaatio on tilauksen mukainen. Lyhyen läpimenoajan tilauksissa prosessissa ei kuitenkaan ole ylimääräistä aikaa, joten asiakkaalla on suhteellisen lyhyt aika dokumentaatioiden tarkistamiseen. Ihannetapauksessa asiakkaan on hyväksyttävä tai kommentoitava dokumentaatio ennen ensimmäisestä ”freezing pointia”, joka ilmoitetaan tilauksen kuittauksessa. ”Freezing pointin” jälkeen asiakkaan muutoksia harkitaan vain tapauskohtaisesti. (Kaminen 2017.)

## Rakennesuunnittelu

Dokumentaation ja rakenteen tarkistuksen lisäksi rakennesuunnitteluvaihe sisältää asiakkaiden muutokset, erikoiskomponenttien lisäämisen, erikoistarkistamisen tai testejä ja katsauksen vaadituista materiaalisertifikaateista. Mekaniikkasuunnittelija päivittää nimikkeiden dokumentit (BOM) ja lisää kaikki erityisvaatimukset, kuten tuotteen sertifikaatit tai EX-sertifikaatit, BOMiin. (ABB 2011c.)

## Tuotannon suunnittelu

Tuotannon suunnittelun tehtävät alkavat esisuunnitelmalla tilauksen selvitys- ja suunnitteluvaiheen aikana. Esisuunnitelmassa otetaan huomioon moottorin monimutkaisuus ja tehtaan kapasiteetti toimitusvarmuuden varmistamiseksi. Suunnittelun ja tilauksen hyväksymisen jälkeen, tuotannon suunnittelu suorittaa lopullisen suunnitelman tarjoamalla tuotantoaikataulut ja reitityksen jokaisen moottorin valmistamiselle. Reititys valitaan moottorin läpimenoajan ja monimutkaisuusasteen mukaan. Reititys tehdään manuaalisesti jokaiselle tilauksen toimitusprosessin vaiheelle tuntien tarkkuudella. (Kaminen 2017.)

## Ostot

Ostaminen alkaa esisuunnittelun jälkeen suorittamalla ostohankinnat pitkän toimitusaikojenkomponenteista. Kun rakennesuunnittelu ja tilaus on hyväksytty, ostaminen suorittaa lopulliset ostopyynnöt. Jos erityistä materiaalia tai EX-varmenteita vaaditaan, se on merkittävä ostohankintaan.

Ostossa käytetään useita toimittajia, jotka on valittu erillisen hankintatiimin toimesta. Osto noudattaa toimittajan tilausvahvistuksia sen vahvistamiseksi, että toimitettujen tavaroiden toimitusajat ovat vaadittujen toimituspäivien mukaisia. Lopuksi toimitetut tuotteet ja komponentit vastaanotetaan ja tarkastetaan tuotantoyksiköissä tehtaalla tai varastolla. (Kaminen 2017.)

### 4.2 Valmistus tilaus-toimitusprosessissa

Kun toimistoprosessi on valmis, tilaus-toimitusprosessi jatkuu valmistusprosessilla. Tässä alueessa käydään läpi instrumentointiin liittyvät tuotantoprosessien vaiheet kuten loppukokoonpano ja moottorin testaaminen testikentällä. Tämän lisäksi tuotantoprosessiin kuuluvat sähkölevyjien valmistaminen, roottorin- ja staattorinvalmistaminen, loppukokoonpano, moottorintestaus, maalaus, loppuvarustelu, pakkaus ja lähetys. (Kaminen 2017.)

#### Loppukokoonpano

Pääkokoonpano alkaa staattorin asentamisesta runkoon. Runko on myös silmämääräisesti tarkistettu ja valmisteltu komponenttien asentamista varten. Pääkytkentäkaapelit asennetaan staattorin ja kytkentäkiskojen väliin. Tämän jälkeen pääkotelo on koottu. Myös instrumenttijohdot johdetaan liitântakoteloihin ja ne kiinnitetään rungon sisäseinämään. Seuraava vaihe pääkokoonpanossa on asentaa roottori, laakerit ja päätyjen kilvet. Roottori nostetaan staattoriin ja laakerit sekä päätykilvet on esiasennettu ilmaraon tarkistamiseksi. Kun ilmaraako on mitattu ja sen todetaan olevan vaadittujen rajojen sisällä, kilvet kiristetään oikealla vääntömomentilla.

Kun laakerit on asennettu, kaikki instrumenttijohtot kytketään apukoteloiden riviliittimiin. Lopuksi lämmönvaihdin asennetaan moottorin ja valinnaiset laakeriöljyn syöttöputket asennetaan runkoon. (ABB 2015b: 14–16.)

#### Tehtaan hyväksyntätestaus (FAT)

Tehtaan hyväksyntätestaus tehdään loppukokoonpanon jälkeen. Kaikki testit tehdään standardien IEC 60034-1 tai NEMA MG-1 ja sovittujen asiakasvaatimuksien mukaisesti. Rutiinitestaus tehdään kaikille moottoreille, mutta asiakkaalle voi myös tilata tyyppitestin, joka tehdään yleensä yhdelle moottorille useamman moottorin tilauksella. Rutiinitestissä mitataan sähköiset perusarvot, kuten teho ja nimellisvirta. Tyyppitesti on pidempi ja tarkempi testi kuin rutiinitesti, ja se voi sisältää esimerkiksi lämpötilan nousujen testaamisen tai kuormituspisteiden mittaukset, joita tarvitaan moottorin hyötysuhteen laskemisessa. On myös useita erityisiä testejä, jotka voidaan tehdä, jos niitä vaaditaan. Tehtaan hyväksyntätesti tehdään tehtaalla ja testi-insinööri on vastuussa testaamisesta ja testiraportista, joka sisältää testin tulokset mittauksista ja laskelmista. (ABB 2015b: 17–18.)

#### 4.3 Vaatimukset ja sertifikaatit

Alla käydään läpi yleisempiä sertifikaatteja ja standardeja, jotka vaikuttavat instrumenttien valintaan ja löytyvät EX-komponenttilistasta. Sertifikaatit vaikuttavat silloin, kun moottori on menossa räjähdysvaaralliseen tilaan.

##### ATEX – Atmosphere Explosive

Tapauksissa, joissa moottori tai generaattori menee esimerkiksi räjähdys vaaralliseen tilaan, tarvitaan sertifikaatteja, jotka moottorin ja siinä olevien instrumenttien täytyy täyttää. Näiden avulla todistetaan ja varmistetaan, että sinne menevät laitteet ja varusteet ovat turvallisia. ATEX tuotteiden pitää toimia käyttötarkoituksessaan niin, että virhetilanteissakaan ne eivät sytytä räjähdysvalmista ilmaseosta (Räjähdys vaarallisten tilojen laitteet – ATEX.)

Räjähdyksvaarallisessa tilassa voi esiintyä ilmaseoksia, jotka ovat räjähdysvaarallisia. Esimerkiksi pöly, palava kaasu, höyry tai sumu voivat yhdessä aiheuttaa ilman kanssa räjähdysvaarallisen ilmaseoksen (Räjähdyks vaarallisten tilojen laitteet – ATEX.)

ABB:n oikosulkumoottoreissa käytetään ATEX Direktiivi 2014/34/EU:ta, joka koskee räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviksi tarkoitettuja laitteita ja suojajärjestelmiä koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamista (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/34/EU).

## IECEX

IECEX-järjestelmän tavoitteena on helpottaa räjähdysvaarallisissa olosuhteissa käytettävien laitteiden ja palvelujen kansainvälistä kauppaa säilyttäen vaadittu turvallisuustaso. IECEX on kansainvälinen sertifiointijärjestelmä, jossa vaaditaan täydellistä IEC-kansainvälisten standardien noudattamista. Tämä erottaa sen muun muassa ATEXista, koska se koskee euroopan alueella ja IECEX koskettaa koko maailmaa.

IECEX-järjestelmässä on neljä erillistä järjestelmää (joista yksi liittyy EX-laitteisiin), jotka on kehitetty tyydyttämään EX-teollisuuden kehoituksia sekä tunnustamaan ja koordinoimaan eri sertifiointijärjestelmien ja testauslaboratorioiden tuloksia erilaisilla käytännöillä. IECEX-sertifikaatit ovat julkisesti saatavilla kokonaan katseltavaksi IECEX-verkkosivustolla. (About the IECEX.)

## CSA

CSA-ryhmä on globaali organisaatio, joka toimii standardien kehittämisessä sekä testauksessa, tarkastuksissa ja sertifiointissa ympäri maailmaa, mukaan lukien Kanada, Yhdysvallat, Eurooppa ja Aasia. CSA-merkki myönnetään ja hyväksytään sääntelyviranomaisilla ja toimivaltaisilla viranomaisilla. CSA-group on valtuutettu ja tunnustettu lukuisissa organisaatioissa ympäri maailmaa eri aloilla, mukaan lukien SCC Kanadassa ja OSHA ja ANSI Yhdysvalloissa. (About Us.)

## 5 Tiedonkeruu

Suurin osa käytännön tiedon keräämisestä tehtiin avoimilla haastatteluilla. Avoin haastattelu on strukturoimaton haastattelu eli haastattelussa ei ole mitään kiinteää runkoa. Haastattelija selvittää haastateltavan ajatuksia, mielipiteitä ja käsityksiä keskustelun aikana. Avoin haastattelu muistuttaa eniten eri haastattelumuodoista keskustelua. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2010: 209.)

Myöskään tämän opinnäytetyön haastatteluissa ei ollut selkeää runkoa, mutta tietyt reunukset haastatteluilla oli riippuen haastattelijan roolista ABB:llä. Reunukset haastatteluille olivat instrumentointi ABB:llä/osastoilla, instrumentoinnin haasteet ABB:llä/osastoilla. Tavallaan oli siis teemoja, mutta haastattelut pyrittiin pitämään enemmän keskustelutyyllisenä kuin niin, että olisi tarkkoja teemoja tai kysymyksiä. Haastattelut toteutettiin yksilö- pari- ja ryhmähaastatteluina. Ryhmähaastattelu on todettu tehokkaaksi tiedonkeräämiseen, koska samassa haastattelussa saadaan tietoa useamalta henkilöltä (Hirsjärvi, ym. 2010: 209). Tässä työssä suunnittelun ja projektinhallinnan haastatteluissa käytettiin pari- ja ryhmähaastattelua, jotta sieltä saataisiin mahdollisimman paljon tietoa, koska arveltiin ongelmien olevan enimmäkseen näillä osastoilla.

Haastatteluiden tarkoituksena oli kartoittaa, millaisia instrumentointiin liittyviä ongelmia ABB:n eri osastoilla on. Ongelmien kartoittamisen taustalla oli tarve selvittää, mitä ABB:n instrumentointi-insinöörin työnkuvaan tulisi kuulua. Haastattelut nauhoitettiin ja litteroitiin jälkikäteen. Haastattelut käytiin läpi ja esiin nousseet ongelmat jaettiin neljään kategoriaan.

Haastatteluiden lukumäärä ei ole avainasemassa laadullisen tutkimuksen tiedonkeräämisessä. Tärkeintä on valita tutkitun ilmiön oikeat sidosryhmät (Hirsjärvi, ym. 2010: 164, 181, 182). Myös tässä opinnäytetyössä haastateltavat valittiin aiheeseen sopivista sidosryhmistä ABB:n organisaation sisältä. Kaikki haastateltavat olivat kokeneita ammattilaisia omalla osastollaan. Haastateltavat ja haastattelujen päivämäärät olivat:

Haastattelu 1: Seniorisuunnittelija 1, 27.9.2019

Haastattelu 2: Tuotannonkehitysinsinööri/suunnittelija, 8.10.2019

Haastattelu 3: Seniorisuunnittelija 2, 10.10.2019

Haastattelu 4: Myyntipäällikkö, 9.10.2019

Haastattelu 5: Kolme projektipäällikköä, 8.10.2019

Haastattelu 6: After sales tuki, 20.8.2019

Haastattelu 7: Työnjohtaja 1, 25.10.2019

Haastattelu 8: Työnjohtaja 2, 28.10.2019

Haastattelu 9: Työnjohtaja 3, 28.10.2019

Haastattelu 10: Testikenttä 7.11.2019

## 5.1 Tiedon puute ja ohjeistus

Tässä osiossa tuodaan esille sitä, kuinka paljon osastot käyttävät aikaa selvitystyöhön, jota on pakko tehdä, mutta joka ei välttämättä kuuluisi osastoille. Lisäksi tähän osioon on kerätty instrumentointiin liittyvä ohjeistaminen.

### Liika selvitystyö

Tällä hetkellä projektinhallinta etsii ja kaivaa tiedon asiakkaalle esimerkiksi datalehdistä tapauksissa, joissa asiakkaalta tulee erikoisvaatimus instrumenteista, joka ei ole vakio. Tämä tieto pitää välittää myös suunnittelijalle. Tieto etsitään soittelemalla toimittajille ja internetin hakukoneista etsimällä, jotta se pystytään kirjaamaan määräykselle. Suurin osa koneista menee kuitenkin ABB:n vakio instrumentaatiolla. (Haastattelu 5.)

Tulevaisuudessa voisi olla sellainen malli, jossa projektinmanageri pystyisi tekemään ti- ketin, jossa hän pystyisi kertomaan, mitä asiakas on pyytänyt esimerkiksi tietyllä spek- sillä, ja siihen pitäisi löytää ratkaisu. Projektinhallinta pystyisi keskittymään asiakaskom- munikaatioon ja selvitystyöhön. Lisäksi projektinhallinta pystyisi ratkaisun saatuaan an- tamaan selkeän muutostyön toimeksiannon suunnittelijalle. (Haastattelu 5.)

### Määräyksiä puutteellisuus

Moottorin instrumentointi ja instrumenttien vaaditut ominaisuudet pitäisi saada selvitettyä nykyistä pidemmälle myynti-projektinhallintavaiheessa, ennen kuin se päättyy suunnitte- luun. Tällä hetkellä tämä näkyy vahvasti puutteellisina määräystietoina suunnittelussa. (Haastattelu 1.)

Suunnitteluun tulee paljon kyselyitä ostolta, projektinhallinnalta ja muilta suunnittelijoilta EX-asioihin liittyen, mikä vie todella paljon aikaa varsinaiselta työltä. Jos määräykset eivät olisi puutteellisia, selvitystyö jäisi vähemmälle ja kyselyt todennäköisesti vähenisivät. (Haastattelu 3.)

#### Instrumenttien asennus ja ohjeistus

Välillä koneeseen voi olla asennettuna oheislaitteena instrumentti, jonka käytöstä ja signaaleista ei ole valmiina tarkempaa tietoa tai ohjetta. Koestuksessa on aina tavoite testata myös instrumentit ja muut varusteet, mutta aikataulu on usein tiukka ja välillä ei ole aikaa tutustua siihen, miten instrumentti testataan. Esimerkiksi tähän instrumentti-insinööri olisi hyvä apu jo suunnitteluvaiheessa. (Haastattelu 10.)

Erityiskomponenteissa on ongelmia, koska ei ole tietoa, miten ne asennetaan, jos BOM:lla ei ole mitään siihen liittyviä mainintoja (Haastattelu 9). Ongelmat kokoonpanossa liittyvät usein kaapelointeihin ja siihen, miten ne pitää asentaa eri moottoreissa. Esimerkiksi koneissa, joissa on todella monta lämmitintä ja niiden kaapeloinnin sijoittaminen ja asentaminen on haastavaa (Haastattelu 8). Kun moottori tulee loppukokoonpanoon, täytyy sen olla siinä kunnossa, että asentaja voi vain keskittyä asentamaan vaadittavat komponentit. Kokoonpanossa ei ole enää aikaa jäädä miettimään sen enempää instrumentointia (Haastattelu 7). Tällä hetkellä instrumentointiin liittyvien ongelmien ilmestyessä, tehdassuunnittelija voi yrittää löytää nopean ratkaisun, ja jos sitä ei löydy, tehdään yleensä poikkeama koneen suunnittelijalle, joka ratkaisee ongelman. (Haastattelu 9.)

#### 5.2 Instrumentointiosaaminen

Instrumentointiosaamisen kohdassa on käyty läpi osaamisen puutteita organisaatiossa. Osaan seuraavista löytyy varmasti yksittäistä osaamista mutta ei keskitettyä osaamista, jolloin siitä olisi huomattavasti isompi hyöty.

## Instrumentoinnin haastavuus myyntivaiheessa

Myynnin haastattelussa tuli ilmi, että instrumentoinnin haastavuus alkaa jo myyntivaiheessa myyntiyhtiöllä. Asiakas pyytää tarjousta moottoreista, ja asiakkaalla on tietyt vaatimukset sekä standardit. Lisäksi asiakkaalla voi olla vielä oma asiakas, jonka projektissa ABB:n moottorit ovat vain pieni osa. Tarjousvaiheessa ei ole järkevää käyttää loputtomasti aikaa asiakkaan kaikkien vaatimusten selvittämiseen ainakaan perinpohjaisesti. Lisäksi myyntiyhtiön myyjä on myyntiohjelman (Cuusamon) varassa, jolloin hänellä on rajalliset mahdollisuudet esimerkiksi instrumentoida. Cuusamo on myynnin työkalu, jonne pystytään syöttämään kaikki moottorin teho vaatimukset ja valitsemaa sitä kautta moottorille sopivat varusteet asiakkaan tarpeisiin. (Haastattelu 4.)

## Kaapelointi/kytkentä osaamisen puute

Instrumentointia sen varsinaisessa merkityksessä on tilaussuunnittelussa vain vähän. Käytettävät instrumentit ovat pitkälti vakioidut ja monen perusinstrumentin saa valittua suunnitteluohjelmasta (oikusta), jolloin mekaniikkasuunnittelijan ei tarvitse sitä sen enempää etsiä. Haastetta instrumentin valintoihin tuo erikoiskomponentit, joita ei löydy oikusta, mutta tällöinkin instrumentin valintaa helpottaa ABB:n standardit ja P-ohjeet. Lisäksi mekaniikkasuunnittelijan apuna on paljon muita hakutyökaluja, joista voidaan etsiä edellisiä töitä, missä instrumentteja on aiemmin käytetty. Enimmäkseen kun valikoidaan instrumentteja, löytyy malleja ja aiempia työnumeroita, missä instrumenttia on käytetty, näin löydetään helpommin tarvittavat tiedot.

Suurimpia haasteita on silloin, jos instrumenttia ei ole käytetty aiemmin, jolloin ei ole referenssiä ja joudutaan selvittämään itse instrumentin standardit esimerkiksi EX-sertifiikaatit ja kytkennät. Toinen ongelma voi olla myös se, että samaa instrumenttia on käytetty eri tarkoitukseen ja se ei toimi samalla tavalla uudessa työnumerossa. Ongelma on myös silloin, jos instrumentin käyttötarkoitusta ei tiedetä eikä referenssejä löydy. Tällöin instrumentin kytkennät voivat olla vaikea mekaniikkasuunnittelijan piirtää kytkentäkaavioon. (Haastattelu 2.)

Isoimpia ongelmia instrumentoinnissa ovat instrumenttien kytkennät, tätä instrumentoinnin kytkentäosaamista ei ole paljon suunnittelussa tai ylipäätään organisaatiossa, ainakaan keskitetysti. Vakioinstrumenttien kytkennät järjestelmä osaa tuottaa varsin pitkälle,



mutta jos moottoriin halutaan erikoisinstrumentti, tulee suunnittelijan itse selvittää instrumentin kytkennät. (Haastattelu 2.)

Kaiken kaikkiaan tapaukset ovat kuitenkin kohtuullisen harvinaisia ja pelkästään tilaus-suunnittelussa instrumentointiasiat eivät työllistäisi yhtä ihmistä. Haastateltava kertoi, että puolen vuoden aikana tapauksia on ollut ehkä noin viisi kappaletta. (Haastattelu 2.)

Instrumenttikirjasto (instrumentoinnin ajantasaisuus/ylläpito)

Haastateltavan projektipäällikön mukaan instrumentti-insinöörin rooliin kuuluisi instrumentti kirjastonluominen ja sen ylläpitäminen. ABB:llä pitäisi olla sellainen kirjasto mistä näkee kaikki mahdolliset instrumentit, joita voidaan käyttää. Sieltä pitäisi nähdä instrumenttien kaikki hyväksynät, datalehdet ja sertifikaatit. Tällainen lista pitäisi kokoamisen jälkeen pystyä ylläpitämään, sillä vanhoja vuosien takaisia listoja on, mutta ne ovat vanhentuneita. Aina kun sertifikaatit ja datalehdet päivittyvät, pitäisi myös kirjastoa päivittää.

ABB:llä on olemassa tällä hetkellä EX-komponenttilista, mutta tämä on tehty vain EX-sertifikaatteja varten, josta löytyy EX-sertifikaatit suurimmalle osalle instrumentteja, mutta ei esimerkiksi datalehtiä.

Kokonaisuus on vaikeasti hallittavissa, koska lista on todella pitkä ja saman sertifikaatin alla voi olla vaikka viisi saman merkin anturia. Näille kaikille pitäisi olla oma datalehti. EX-komponenttilista on vain puolet siitä, mitä instrumenttikirjaston pitäisi sisältää.

Instrumenttilistassa voisi olla kategorisesti esim. pyörimisen-, värinän-, lämpötilanvalvontaan jne. liittyvät anturit sekä harvinaisemmat moduulit. Kirjastossa olisi niistä tarvittavat tiedot ja ohjeet. Tällainen kirjasto olisi valtava helpotus projektinhallinnalle.

Osassa projekteissa tehdään ylisuunnittelua, koska ei ole tarkkoja tietoja instrumenteista, jos nämä tiedot olisivat esimerkiksi siellä kirjastossa, säästettäisiin siinä paljon aikaa. (Haastattelu 5.)

Instrumentoimisen osaamisen puute/mitä asiakas hakee instrumentilta

Välillä huomaa, ettei asiakas välttämättä tiedä tarkalleen millaisia instrumentteja tarvitsee, silloin usein turvaututaan vain standardin mukaisiin ratkaisuihin, vaikka se ei välttämättä aina olisi se paras ratkaisu. (Haastattelu 1.)

Tällä hetkellä liian usein projekteja on se tilanne, jossa ei ymmärretä, mitä asiakas haluaa saavuttaa silloin kun asiakas tiedustelee instrumenttien sopivuutta koneeseen. Monesti ABB:ltä voisi löytyä asiakkaan pyyntöön ratkaisu ABB:n vakiomalleista/instrumenteista. Tällä hetkellä ABB:llä ei ole kootusti tällaista osaamista, joka osaisi tällaisiin vastata. Tällä hetkellä jokainen projektinhallinnan regioona selvittää näitä omin avuin. (Haastattelu 5.)

### 5.3 Standardien sekavuus

Tekniikan ala on standardien luvattu maa ja niitä löytyy moneen tarkoitukseen, monesti ne ovat myös erittäin raskaita tulkita ja niistä on vaikea löytää olennainen, lisäksi standardien päällekkäisyys tuo sekavuutta esimerkiksi projekteihin.

Standardien päällekkäisyys ja standardien raskas lukeminen

Myynnissä asiakas toimittaa dokumentit, joissa on moottoreiden vaatimukset, projektien standardit yms. Isoissa projekteissa tilanne voi olla esimerkiksi niin, että toimittaja haluaa ABB:ltä sähkömoottorit ja tämä toimittaja toimii välikätenä heidän omalle asiakkaalleen, jolloin ABB ei toimi suoraan loppuasiakkaan kanssa. Tällaisessa tapauksessa haastavuudeksi tulee usein se, että toimittajalla on jokin tietty oma pohjastandardi siitä, millaisia moottoreita niille menee, sitten voi olla oma projektikohtainen standardi sekä vielä loppuasiakkaan oma standardi. Tällaisissa tapauksissa, joissa on useampi standardi, tulee standardien välillä usein ristiriitaisuuksia, joita myyntipäälliköt sitten selvittävät ja tarjoavat asiakkaalle ABB:n mahdolliset ratkaisut. (Haastattelu 4.)

Isoimmat haastavuudet tulevat koneissa, missä on useampi standardi päällekkäin. Esimerkiksi isoilla asiakkailla voi olla tehty ABB:n kanssa oma yleisstandardi, jossa on määritelty mm. miten moottori pitää suunnitella, tiettyjä erikoiskomponentteja,

maalausvaatimuksia jne. Tämän lisäksi projektilla voi olla loppuasiakkaan oma standardi, mikä moottorin pitäisi täyttää. Tällöin tulee haastavuus siinä, mitä standardia pitää lopulta noudattaa missäkin vaiheessa. Joissakin tapauksissa ei ole loogista yhtä linjaa siitä, mitä standardia noudatetaan. Standardien päällekkäisyys tuo haastavuutta suunnittelijalle, jos esim. määräyksellä viitataan johonkin ison asiakkaan standardiin ja se pitää erikseen käydä tarkistamassa sieltä standardista. Kaikkien asioiden ja vaatimusten koneelle pitäisi lähtökohtaisesti löytyä määräykseltä. (Haastattelu 3.)

Ei täytä tilaajan/loppuasiakkaan vaatimuksia

Isojen asiakkaiden standardit ovat myös usein todella laajoja, ja standardissa on spesioitu suunnittelun lisäksi muita asioita, jolloin suunnittelijan on vaikea löytää olennainen osa suunnittelun kannalta. Riskinä näissä tapauksissa, joissa on useita standardeja päällekkäin, on se, että huomataan projektin loppuvaiheessa moottorin epäsopivuus loppuasiakkaan vaatimuksiin. (Haastattelu 3.)

#### 5.4 Prosessiongelmät

Prosessiingelmakohtiin on kerätty instrumentointiin liittyviä ongelmia, jotka johtuvat pitkälti siitä, että ABB:n prosessista puuttuvat tämän kaltaiset toiminnot. Ne on tiedostettu ongelmiksi tai vähintäänkin haasteiksi, mutta tähän mennessä niille ei ole tehty tarvittavia linjauksia.

Jäljitettävyys

Yhtenä ongelmana on instrumentoinnin jäljitettävyys. Haastatteluissa tuli ilmi, että moottoreiden instrumenteilla jäljitettävyys on vajavaista. Tuotannossa tehtävät merkinnät ovat välillä puutteellisia, jolloin niitä on vaikea tulkita. Tämä teettää työtä projektinhallinnalla instrumenttien identifioimisessa oikeisiin datalehtiin. Tämä on pakollista, sillä asiakkaat odottavat tarkkoja tietoja instrumenteista, joita moottori sisältää. Tilaussuunnittelun prosessia pitäisi tutkia ja sitä pystyisikö suunnittelija jo suunnitteluvaiheessa tarkemmin määrittelemään koneeseen tulevat instrumentit. Ongelmana tässä on se, että tuotenimikkeellä on useampi valmistaja ja valmistaja voi vaihtua tapauksesta riippuen.

Projektinhoidon mielestä ollaan siinä pisteessä, että työn kannalta on välttämätöntä saada yksilöityä nimike yhdelle toimittajalle esim. yhdellä anturilla yksilöity nimike, jotta se voitaisiin identifioida. Jokaisesta instrumentista löytyy esimerkiksi sarjanumero identifioimiseen. Esimerkiksi projektissa, missä on useampi moottori ja kaikkiin on asennettu kalibroidut lämpöanturit, näille saadaan sarjanumerot ja kalibrointitodistukset kaikille mutta jälkikäteen on haastavaa pystyä identifioimaan tarkasti, mitkä sarjanumerot ja kalibrointitodistukset ovat kullekin moottorille. Tätä asiaa myös asiakkaat tiedustelevat usein. (Haastattelu 5.)

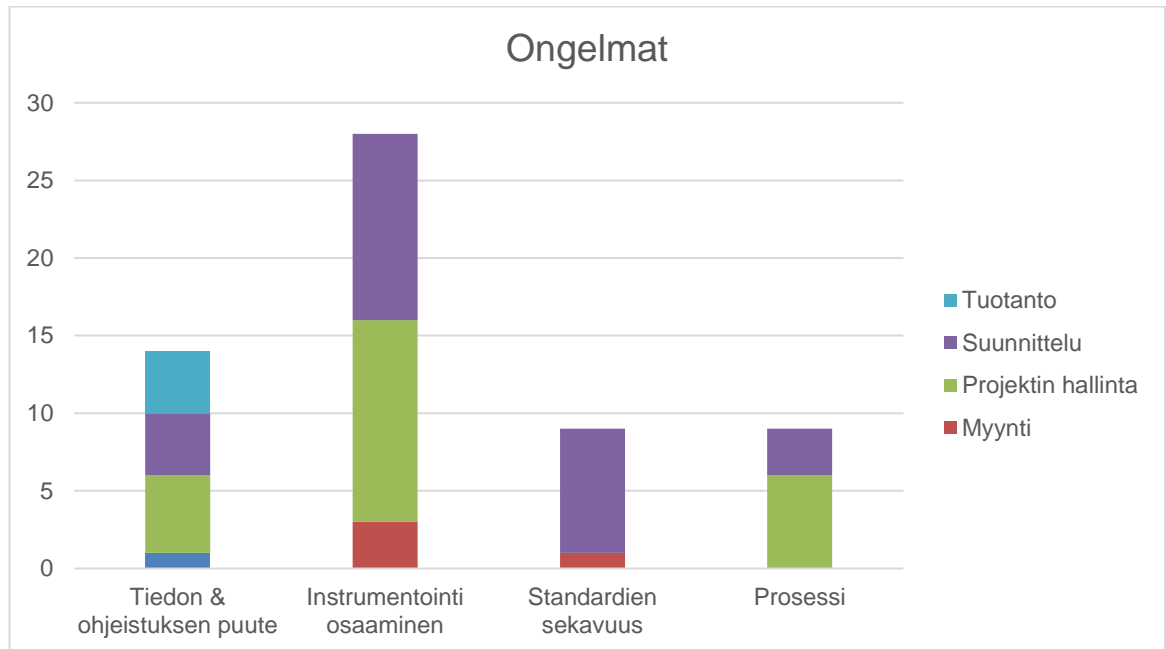
#### EX-vaatimukset ja sertifiointi

Sertifiointiin liittyviä ongelmia on ilmennyt ainakin Yhdysvaltojen markkinoilla. Esimerkiksi tapauksissa, joissa koneella on projektikohtainen sertifikaatti CSA-alueelle, käytetään EX-komponenttilistan instrumentteja. Ongelmia voi syntyä, kun koneeseen tulee erikoiskomponentteja, joilla on vain IECEx-hyväksyntä eikä Yhdysvalloissa käytettäviä hyväksyntöjä (UL, FM, CSA). Jotkut CSA:n tarkastaja ovat ilmoittaneet, etteivät lähtökohtaisesti aio hyväksyä IECEx-hyväksytyjä instrumentteja. Käytännössä Yhdysvaltoihin meneviin koneisiin ei siis haluttaisi helposti hyväksyä eurooppalaisiin standardeihin pohjautuvia sertifikaatteja.

Uusista sertifikaateista ei olla ajan tasalla ja ne niiden olemassaolo voi tulla yllätyksenä asiakkaiden niistä tiedustellessa. ABB:llä voisi olla henkilö, joka olisi perillä näistä tai ottaisi niistä selvää, nyt tämä vie aikaa projektinhallinnassa. (Haastattelu 5.)

## 5.5 Yhteenveto

Kuten kappaleen alussa mainittiin, kerättiin jokaisesta haastattelusta ongelmakohtat ylös. Näitä ongelmakohtia kertyi yhteensä 16 kpl ja nämä jaettiin kuvan 5. diagrammin mukaisesti 4 kategoriaan.



Kuva 5. Mainintojen määrä kategorioittain.

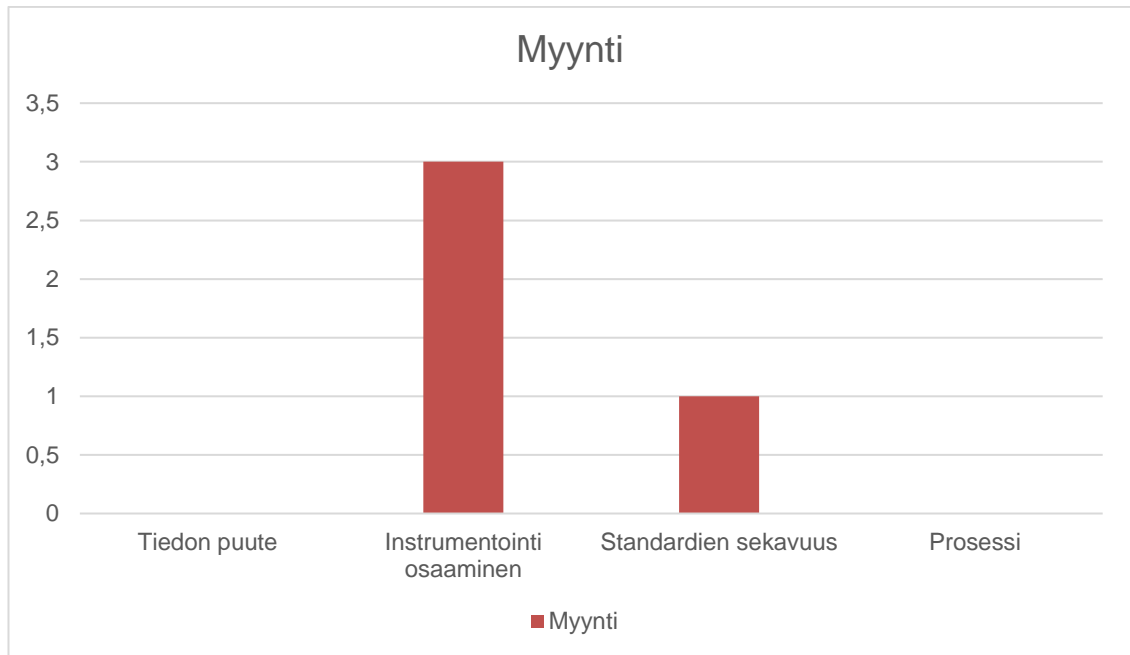
Instrumentointiosaaminen nousi selvästi isoimmaksi ongelmakokonaisuudeksi. Instrumentointiosaamisen ongelman alla on 5 siihen liittyvää ongelmaa ja yhteensä 10 haastattelussa instrumentointiosaamiseen liittyvä ongelma nousi näissä haastatteluissa esille 28 kertaa.

## 6 Tulokset

Seuraavissa pylväsdiagrammissa ongelmat on pilkottu osastoittain, jotta pystytään paremmin analysoimaan millaisia ongelmia milläkin osastolla on. Tässä tehdään myös loppuyhteenvedot osastoittain, käydään läpi osaston pääongelmat sekä pohdintaa, miten tai voiko mitenkään instrumentointi-insinööri tuoda siihen ratkaisua.

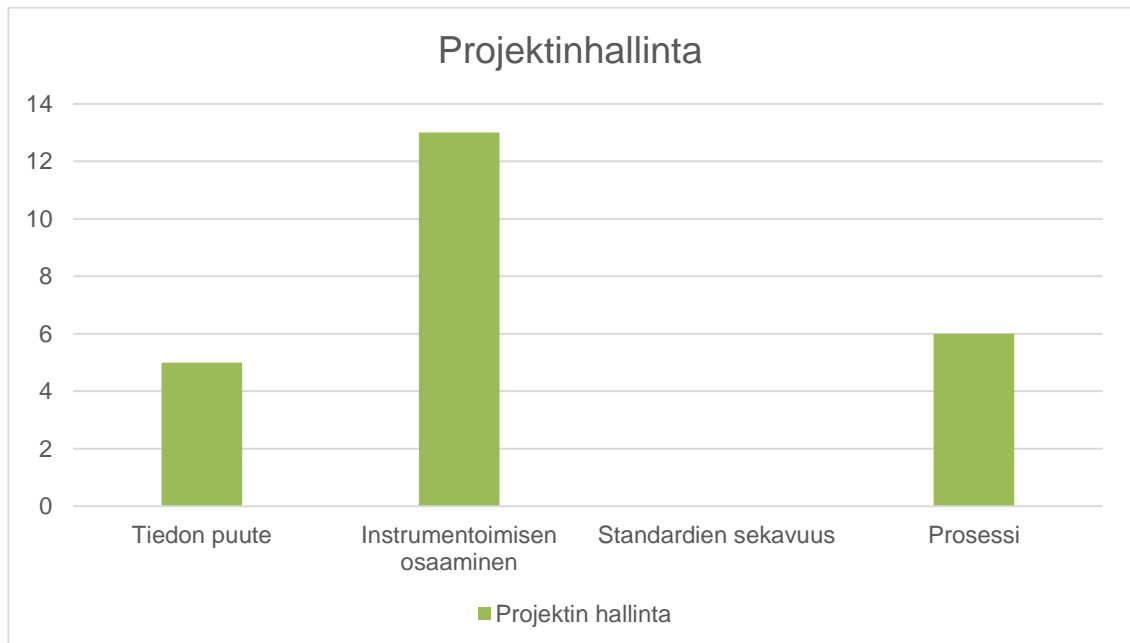
Teorian pohjalta selvisi, ettei kohdeyrityksessä Moottori & generaattorien tilaustoimitus yksikössä ollut perinteistä instrumentointia kuten esimerkiksi prosessiteollisuudessa. Tilausmoottoreissa kyllä käytetään instrumentteja, mutta se on enemmän instrumenttien valintaa asiakkaiden tarpeisiin ja vaatimuksiin kuin oikeaa instrumentointia. Lopputulokset on käyty osastoittain läpi; mitkä ovat ongelmat ja mitä instrumentointi-insinööri kullekin osastolle voisi tuoda.

Myynnin haasteet ja ongelmat ovat selkeästi instrumentointiosaamisessa ja standardien sekavuudessa. Tämä on aika luontaista, koska myynti työskentelee näiden asioiden parissa joka päivä työssään. Myynnissä haastattelun perusteella isoin ongelma instrumentoinnissa on standardien päällekkäisyydet ja siitä tulevat haasteet. Standardien seasta on vaikea nähdä tai ymmärtää, mitä asiakas tarvitsee oikeasti ja mikä asiakkaalle olisi se paras ratkaisu. Standardien sekavuuteen ja ristiriitaisuuksiin on varmasti vaikea, jopa mahdoton löytää ratkaisua, ja se tulee varmasti aina olemaan osa myyntivaihetta. Se mihin pystytään vaikuttamaan, on instrumentoinnin osaamisen lisääminen ABB:llä. Instrumentointiosaamisen lisääminen olisi loogisinta myynnintuessa myyntiyksikön kannalta, josta myynti muutenkin apua saa myyntiin. Kun keskitettyä instrumentointiosaamista olisi ABB:llä, myynti yksikkö pystyisi käyttämään sitä apuna selvittämään asiakkaalle parhaat ratkaisut. Instrumentointi-insinööri voisi olla mukana haastavissa myyntiorganisaation P0-palaverissa, missä juuri käydään muun muassa läpi asiakkaan ristiriitaisuudet standardeihin nähden. Tuossa vaiheessa olisi merkittävää hyötyä, jos paikalla olisi instrumentointiin perehtynyt henkilö. Tämä säästäisi aikaa, niin ABB:ltä kuin asiakkaalta, sekä päästäisiin parempaan lopputulokseen asiakkaan kannalta. (Kuva 6.)



Kuva 6. Ongelmien jakaantuminen myynnissä.

Projektinhallinnassa haasteita oli eniten, ja sieltä löytyi selkeitä osa-alueita, joissa instrumenttiosaaminen olisi hyödyllistä. Kuten kuvien 5 ja 7 diagrammeista näkee, että instrumentoimisenosaaminen on selkeä osa-alue, jossa on puutteita.



Kuva 7. Ongelmien jakaantuminen projektinhallinnassa.

Projektinhallinnasta asiaa instrumentointiin oli paljon ja haastattelukertoja olisi helposti voinut olla useampi. Projektinhallinnan mukaan instrumentointikirjaston luominen ja sen ylläpito olisi päätyö instrumentointi-insinöörille. Instrumentointikirjaston kerääminen on selkeä puute, joka olisi hyvä luoda tilaus-toimitusprosessiin, sitä voisi hyödyntää projektinhallinnan lisäksi, suunnittelu ja myynti. Instrumenttilistoissa ongelmana on niiden vanhentuminen, jotta listasta saisi täyden hyödyn, sitä pitäisi päivittää säännöllisesti.

Toinen asia, mikä tuli ilmi, oli instrumentoinnin jäljitettävyyks. Jäljitettävyyks on ilmeisen tärkeää varsinkin räjähdysvaarallisiin tiloihin mentäessä, jolloin koneessa on enemmän vaatimuksia verrattuna ns. "safe area"-koneisiin. Tämä on varmasti asia, mitä pitäisi tutkia tarkemmin, onko ABB:n prosessissa parannettavaa tähän liittyen. Projektinhallinta on suoraan tekemisissä asiakkaiden pyyntöjen ja vaatimusten kanssa. Näissä asiakkaan pyynnöissä pitää varmasti monesti miettiä ovatko ne järkeviä. Nämä olivat asioita, mitkä olivat hieman ristiriitaisia osastojen välillä. Joka tapauksessa tässäkin ongelmassa instrumentointiosaaja(t) pystyisi järkevästi miettimään, mitkä ovat tarpeellisia ja järkeviä pyyntöjä asiakkaan suunnalta.

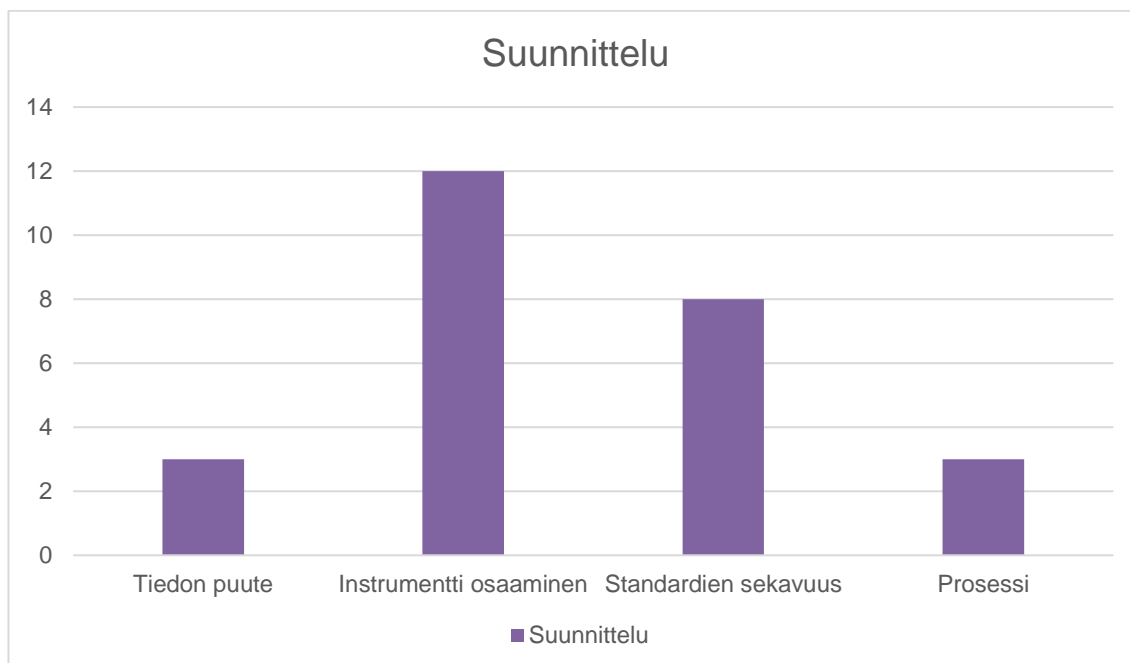
Projektinhoidossa tulee selkeästi ilmi, että apua tarvittaisiin selvästi instrumentointiin. Tällä hetkellä projektinhallinnassa ei ole keskitettyä osaamista, joka osaisi omalla ammattitaidollaan ratkaista haastavat instrumentointitapaukset tehokkaasti. Tämä näkyy niin, ettei aina välttämättä ymmärretä asiakkaan tarpeita oikein, jolloin voidaan selvittää asioita turhaan, kun ABB:ltä olisi voinut löytyä vakioratkaisukin.

Instrumentointiosaamisen lisääminen keventäisi projektinhallinnan taakkaa selvitystyössä ja lisäisi ammattimaisuutta asiakkaan suuntaan. Tällöin projektinhallinta pystyisi enemmän keskittymään olemaan välikätenä asiakkaan suuntaan ja ohjeistaa suunnittelijoita instrumentti-insinöörin avulla.

Suunnitteluosastolla pääongelmakohteet ovat instrumenttiosaaminen ja standardien sekavuus. Tulos kuulostaa loogiselta, jos miettii vielä tarkemmin mitä ongelmat niiden kahden pääongelma tason alla on. Suunnitteluosastolla ollaan tekemisissä instrumenttien kytkentöjen ja standardien kanssa. Instrumenttien kytkentöjen osaamisen puute on selkeä ongelma, suunnitteluosastolta ei löydy keskitettyä osaamista tähän. Suunnitteluosastolla ei ole kytkentään erikoistunutta insinööriä, joka osaisi auttaa tai ohjeistaa muita. Erikoisinstrumenttien kytkentään liittyvät ongelmatapaukset ovat kuitenkin kohtuullisen



vähäisiä. Kytkeentään liittyviin haasteissa voisi miettiä niihin liittyvää koulutusta. Instrumentointi-insinööri voisi järjestää kyseisiä koulutuksia. (Kuva 8.)



Kuva 8. Ongelmien jakaantuminen suunnittelussa.

Standardien sekavuus ja sen yhteydessä olevat ongelmat liittyvät vahvasti toisiinsa. Useamman standardin päällekkäisyys ja niiden raskas lukeminen tuottaa ongelmia, niin, että ei päästä haluttuun lopputulokseen, mistä seuraa usein projektille paljon muutoksia. Useat muutokset vievät koko organisaatiolta aikaa ja syövät projektien katetta tapauksissa, joissa ei ole pystytty vastaamaan asiakkaan vaatimuksiin. Haastatteluissa ilmeni myös se, ettei asiakas välttämättä tiedä, mitä haluaa instrumentilta, mutta se ilmenee vasta, kun kone on suunniteltu. Standardien sekavuudet ovat tyypillisiä haastavissa projekteissa, eivät niinkään arkipäivää helppoissa projekteissa.

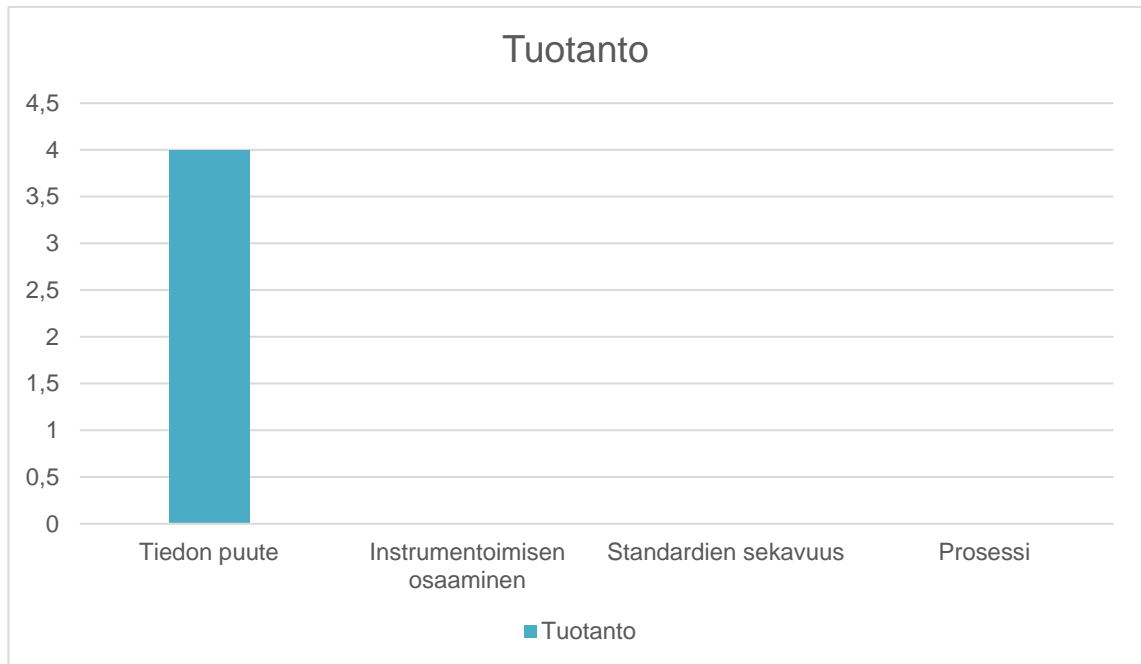
Tiedon puutteen kategoriasta on nostettava määräyksien puutteellisuus, joka on yksi osaston yleisimpiä ongelmien kohteita, tämä linkittyy ainakin osittain myös instrumentti-osaamiseen. Projektinhallinnassa oleva iso aukko instrumentointi-osaamisessa heijastelee puutteellisiin määräyksiin. Määräyksien puutteet eivät liity kokonaan instrumentointiin vaan myös muuhun varusteluun, esimerkiksi kaapelin läpivientitiedot puuttuvat. Määräystietojen puutteellisuus liittyy usein siihen, että tarvittavia tietoja ei ole saatu

asiakkaalta, minkä takia niitä ei voida laittaa myöskään määräykselle. Toinen syy on siinä, ettei asiakkaan erikoisvaatimukseen ole saatu kaivettua tarvittavia tietoja ennen kuin moottori menee rakennesuunnitteluun. Määräyksen puutteellisuus on laaja ongelma, muttei johdu suoranaisesti instrumentoinnista.

Haastavuudet yleensä ilmenevät suunnittelussa instrumentteihin vaikeissa koneissa, missä on vaikeita erikoiskomponentteja, ja jos projektissa on useampi speksi päällekkäin. Näissä tapauksissa määräykset ovat monesti hyvin puutteellisia ja mekaniikkasuunnittelijan on vaikea tietää, mitä speksiä noudatetaan. Tämä aiheuttaa sen, että moottoria muokataan monilla muutoksilla jopa vuosia vastaamaan asiakkaan vaatimuksia.

### Tuotanto

Tuotannosta haastatteluiden perusteella ongelmana on erikoisinstrumenttien asennusohjeistuksen puuttuminen. Suunnittelijan lisätessä rakenteelle erikoisinstrumenttia monesti suunnittelija ei välttämättä muista tai tiedosta, että ohjeistus tuotannolle olisi tarpeellinen. Lisäksi pitää ottaa huomioon, että loppuasiakas on myös mahdollisesti kiinnostunut moottorissa olevien instrumenttien ohjeista. Normaali vakio instrumenteissa ei ole ongelma yleensä asennuksissa, varmasti koska instrumentit ovat tuttuja asentajille. Lisäksi kokoonpanossa on vahva osaaminen pitkien työurien johdosta. Kävi myös ilmi, että ongelmia on välillä kaapeloinneissa ja kytkennöissä. Jos näihin liittyvää ongelmaa on, se annetaan tehdasinsinöörin hoidettavaksi ja siitä mahdollisesti suunnitteluosastolle eteenpäin. Osittain joissakin tapauksissa nämä ovat myös tuotekehitysosastolle kuuluvia asioita. (Kuva 9.)



Kuva 9. Ongelmien jakaantuminen tuotannossa.

Työssä tutkittiin myös poikkeamia pintapuolisesti tuotannon osalta, jotta saataisiin parempi kuva siitä, millaiset ongelmat ovat siellä tyypillisiä. Yleisesti ABB:llä käytetään poikkeamia yhtenä viestinnän välineenä, jolla voidaan indikoida virhettä. Esimerkiksi tuotannosta asentaja voi näin ilmoittaa virheellisestä tuotteesta. Poikkeamia on tutkittu laatuosaston tekemän Excelin kautta, jossa on listattu vuodenaikana tulleita poikkeamia. Yksi iso poikkeamien syy kokoonpanossa oli selvästi instrumenttien kytkentään liittyvät poikkeamat. Tästä ei voida isompia johtopäätöksiä tehdä, mutta se antaa aihetta tutkia tarkemmin, voisiko kytkentään liittyviä ongelmia poistaa tai parantaa esimerkiksi instrumenttien kytkentäohjeistuksilla ja koulutuksilla. Jos tälle koetaan tarvetta, esimerkiksi instrumentointi-insinööri voisi yhteistyössä laatuosaston kanssa järjestää tarpeellista ohjeistusta sekä koulutuksia. Instrumentointi-insinööri antaa teknisen tiedon ja laatuosasto auttaisi selvittämään tarkemmat ongelma-kohteet. Instrumentointi-insinööri voisi myös käydä tarkastelemassa tuotannossa koneita, joissa tiedetään jo etukäteen olevan paljon kytkentöjä tai erikoisinstrumentteja, joita on harvoin tai koskaan asennettu.

## 7 Instrumentointi-insinöörin rooli ja työnkuva ABB:llä

Instrumentointi-insinöörin tehtäviä listatessa huomasi, että tehtäviä on paljon, joten on vaikea kuvitella yhden henkilön hoitavan ja ottavan kaikkea vastuuta instrumentointiin liittyen. Uskon, että instrumentointi osaaminen koostuu useammasta eri osaajasta. Alla on käyty läpi osastoittain instrumentointi osaamisen roolit ja tehtävät.

### Myynti:

Apu haastavissa projekteissa yhdessä myynnintuen kanssa. Esimerkiksi tilausvahvistuksen yksityiskohtaisemman läpikäymisvaiheessa.

Mukana P0-palaverissa; apu haastavissa projekteissa perustandardien ja asiakasvaatimusten ristiriitaisuuksien selvittämisessä.

### Projektinhallinta:

Tuen antaminen asiakkaan haastavissa muutospyynnöissä; selvitystyö, erikoisinstrumentit, vaihtoehtoiset ratkaisut, datalehdet, EX-sertifiointiasiat.

### Suunnittelu:

Tuen antaminen haastavissa instrumenteissa; kytkennät, datalehdet. Standardien selventäminen ja ohjeistukset asiakkaan vaatimuksille, EX-asiat. Suunnitteluosasto hyötyisi tästä paljon sitä kautta, kun instrumentointiosaaminen lisääntyy myyntiin ja projektinhallintaan. Tällöin määräykset ovat selvempiä ja pidemmälle vietyjä, jolloin suunnittelijan tiedon kaivaminen jää vähemmälle.

### Tuotanto:

Kokoonpanolle tuki haastavissa projekteissa. Esimerkiksi kun haastava moottori on tuotannossa, instrumentointi-insinööri voi ohjeistaa asentajia tarpeen vaatiessa. Tuen antaminen erikoisinstrumenttien asentamisessa; ohjeet, koulutukset ja konsultointi tapauskohtaisesti.

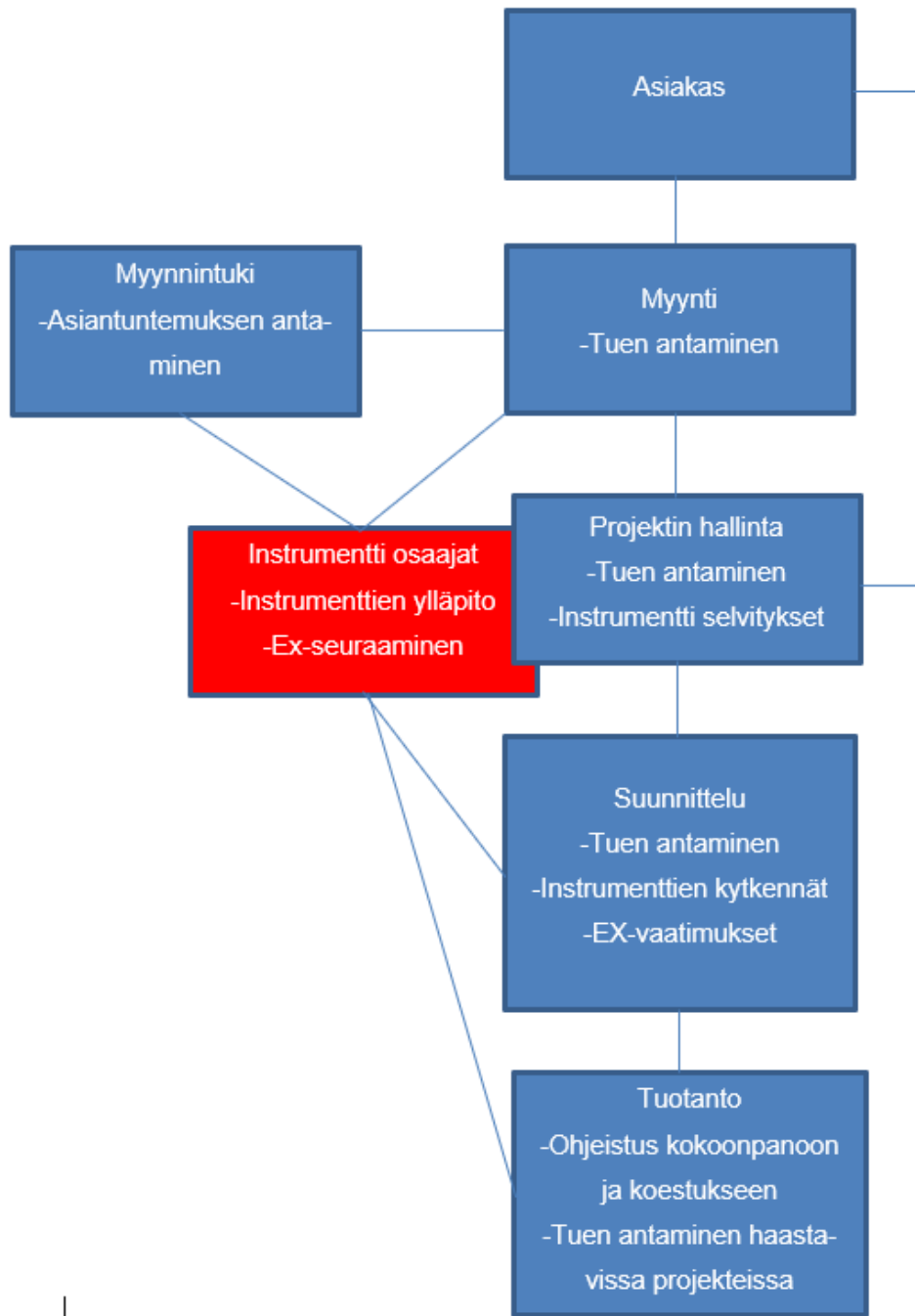
Testikentälle tuen antaminen erikoisinstrumenttien testaukseen; ohjeistukset, koulutukset ja konsultointi tapauskohtaisesti.

#### Ylläpito:

Instrumentointikirjaston luominen ja ylläpito, joka sisältää kaikki instrumentit kategorioittain ja tarvittavin tiedoin, kuten esimerkiksi data lehdet. Tästä olisi apua myynnille, projektinhallinnalle sekä suunnittelulle, kenties myös tuotannolle, jos esimerkiksi kirjastoon kerättäisiin instrumenttien käyttö- ja asennusohjeet.

Aktiivisesti hankkia tietoa uusista alaan liittyvistä sertifikaateista, standardeista ja EX-asioista. Kouluttaa ja ohjeistaa/tiedottaa muita osastoita tarpeen mukaan.

Kuvassa 10 on esitetty tiivistettynä instrumentointi-insinöörien tehtävät eri tilaus-toimitusprosessin vaiheissa. Kuten kuvasta näkee, tehtäviä on paljon ja erilaisia, joten tarvitaan enemmän tiimi kuin yksi instrumentti-insinööri. Instrumentointiosaaminen sijoittuu kuvassa tilaus-toimitusprosessin alkupäähän.



Kuva 10. Esimerkki tilaus-toimitusprosessista instrumenttiosaajien kanssa.

## 8 Yhteenveto

Insinöörityön ideana oli perehtyä instrumentointiin ABB:llä ja selvittää sen tuomat haasteet eri tilaus-toimitusprosessin osastoilla. Tavoitteena oli laatia kuvaus instrumentointi-insinöörin roolista ja tehtävistä. Instrumentointiin perehtyminen aloitettiin tutkimalla instrumentoinnin kirjallisuutta. Tämän lisäksi tutkittiin paljon erilaisia ABB:n dokumentteja, kuten asiakasstandardeja ja vanhoja työnumeroita. Myös useat kahvikeskustelut työkaavereiden kanssa auttoivat pääsemään sisään instrumentointi asioihin. Haasteita ja ongelmia lähdettiin selvittämään haastatteluiden avulla. Haastattelut nauhoitettiin ja kirjoitettiin auki. Haastatteluiden perusteella pystyttiin jakamaan ongelmat neljään kategoriaan.

Haastatteluiden tuloksena selvisi, että jokaisella osastolla oli instrumentointiin liittyviä haasteita ja tarpeita. Jokaisella osastolla oltiin sitä mieltä, että instrumentointiammattitaitoa tarvitaan. Insinöörityö ei ole valmis ratkaisu suoraan siihen, kuinka monta instrumentointi-insinööriä tarvitaan ja mihin kohtaa tilaus-toimitusprosessia he tulisi tarkalleen sijoittaa. Työn perusteella eniten haasteita on projektinhallinnassa. Projektinhallintaan tehty yksi haastattelu oli lyhyt aika selvittää kaikkia siellä olevia haasteita. Projektinhallinnassa olevat haasteet heijastuvat suunnitteluosastolle. Jos haasteita saataisiin vähennettyä projektinhallinnasta, niin ne todennäköisesti vähenisivät sen myötä myös suunnittelusta. Haastatteluista saamien tulosten avulla pystyttiin luomaan instrumentointi-insinöörin rooli ja tehtävät ABB:llä. Rooli ja tehtävät jaettiin osastoittain, tästä luotiin myös kaavio, josta pystyy näkemään instrumentointi-insinöörin sijainnin tilaus-toimitusprosessissa. Työtehtäviä ja osaamisen alueita oli paljon, josta tehtiin johtopäätös, että tarvitaan enemmän kuin pelkästään yksi instrumentointi-insinööri.

Lopputuloksena työn perusteella voi sanoa, että instrumentointiosaamista ja sen lisäämistä tarvitaan ABB:llä. Se olisi hyödyllisintä ja siitä saisi eniten irti, kun osaaminen olisi keskitettyä. Työn perusteella voi päätellä, että instrumenttiosaajat ovat vahvasti osa projektinhallintaa ja tekevät tiiviisti yhteistyötä tai ovat jopa osittain osa projektinhallintaosastoa.

Instrumentointi ja instrumentit ovat tärkeä osa prosessiteollisuutta ja alue kehitty entisestään muun tekniikan ohella. Esimerkiksi langattomat instrumentit ovat tulevaisuutta. Tästäkin syystä on hyvä saada lisää instrumentoinnin osaamista organisaatiossa, jotta

saadaan helpotettua sisäistä tilaus-toimitusprosessia sekä saadaan asiakkaalle parhaat mahdolliset ratkaisut.



## Lähteet

ABB Oy, Motors and Generators. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/motors-and-generators>>. Luettu 29.8.2019.

ABB:stä lyhyesti. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti>>. Luettu 29.8.2019.

ABB Oy, Drives. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/drives>>. Luettu 29.8.2019.

ABB Oy, AMI. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://new.abb.com/motors-generators/fi/keskij%C3%A4nnitemoottorit/AMI>>. Luettu 5.10.2019.

About the IECEx. IECEx. Verkkoaineisto. <<https://www.iecex.com/information/about-iecex/>>. Luettu 13.10.2019.

About the Standards Council of Canada. SCC. Verkkoaineisto. <<http://www.scc.ca/en/about-scc>>. Luettu 5.11.2019.

About Us. CSA group. Verkkoaineisto. <<https://www.csagroup.org/about-csa-group/>>. Luettu 5.11.2019.

Eren, Halit. 2014. Measurements, Instrumentation, and Sensors. Teoksessa Webster, John G. & Eren, Halit (toim.). Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook Spatial, Mechanical, Thermal, and Radiation Measurement. 2<sup>nd</sup> ed. E-kirja. CRC Press.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/34/EU, Verkkoaineisto. Luettu 5.10.2019.

General Information, Surge Capacitor Information. Verkkoaineisto. Delta. <<http://www.deltala.com/info-how-surge-capacitors-work.php>>. Luettu 13.10.2019.

Historia. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia>>. Luettu 27.8.2019.

IP-luokitus, Stek. Verkkoaineisto. Stek. <<https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/sahkojarjestelmat/ip-luokitus/>>. Luettu 5.10.2019.

Kaminen, Juha. 2017. Atex unit verification process development for ex motors. Diplomityö. Vaasan yliopisto, teknillinen tiedekunta

Katalogi, korkeajännite induktio moottorit, Verkkoaineisto. <<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK103508&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>>. Luettu 5.10.2019.

Konedirektiivin 2006/42/EY soveltamisopas 2010, Verkkoaineisto. Luettu 5.10.2019.

Liiketoiminta Suomessa. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat>>. Luettu 29.8.2019.

Morris, Alan S. & Langari, Reza. 2016. Elements of a Measurement System. Measurement and Instrumentation Theory and Application. 2<sup>nd</sup> ed. E-kirja. Academic Press.

Morris, Alan S. & Langari, Reza. 2016. Measurement System Applications. Measurement and Instrumentation Theory and Application. 2<sup>nd</sup> ed. E-kirja. Academic Press.

Räjähdyks vaarallisten tilojen laitteet – ATEX. Tukes. <<https://tukes.fi/teollisuus/rajahdysvaaralliset-tilat/rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet-atex>>. Luettu 13.10.2019.

Sivonen, Markku. 2000. Teollisuuden instrumentointi: rakenne ja suunnittelu. Kirja. AEL 2000.