



# Mallipohjakirjasto instrumentointisuunnitteluun

Teemu Ahonen

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2019

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Automaatiotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Automaatiotekniikka

AHONEN, TEEMU:

Mallipohjakirjasto instrumentointisuunnitteluun

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 6 sivua  
Huhtikuu 2019

---

Tässä opinnäytetyössä luotiin dokumenttipohjakirjasto instrumentointisuunnittelun tueksi. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Sweco Industry Oy. Dokumenttipohjakirjaston tavoitteena on säästää yhtiön resursseja nopeuttamalla suunnittelijoiden työtä projekteissa. Suunnittelijoiden käytettävissä olevat dokumenttipohjat säästävät suunnittelijaa siltä, että projektia varten tulevaa dokumenttia luotaessa suunnittelijan tarvitsee joko etsiä ja räätälöidä aiemmassa projektissa luotuja dokumentteja, tai luoda alusta alkaen uusia.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin myös instrumentointisuunnittelua. Tarkastelussa käytiin läpi instrumentointisuunnitteluprojektin ja suunnitteluprosessin kulku. Tarkastelunäkökulma perustui jokseenkin yleisiin toimintamalleihin, mutta myöskin Swecon omiin toimialakohtaisiin suunnitteluohjeisiin.

Työn tuloksena syntyi esittely instrumentointisuunnittelusta automaatiosuunnittelun osana sekä instrumentointisuunnitteluun integroitu projekteja nopeuttava työkalu. Työkalun hakukone luotiin Excel-ohjelmalle, ja se sijoitettiin Swecon intraan, josta se on muidenkin Sweco Industryn suunnittelutiimien saatavilla. Swecon tietokantaan luotiin kansiorakenne, johon dokumentit sijoitettiin. Kirjastoon koottiin kattava määrä asiakasprojekteihin luotuja dokumentteja malleiksi, minkä lisäksi dokumentteja räätälöitiin myös toimimaan pohjina suunnittelun eri vaiheissa.

Mallipohjakirjaston todellinen hyöty nähdään ajan kuluessa, kun Swecolla aloitetaan uusia suunnitteluprojekteja. Mallipohjakirjasto saavuttaa täyden potentiaalinsa sen myötä, kun projekteja on tehty muutamia, sillä projekteissa saattaa ilmetä tarpeita tietynlaisille dokumenteille, jotka ovat enemmän projektikohtaisia. Tällaiset dokumentit joudutaan projektin tullen luomaan alusta alkaen, mutta niistä saadaan lisäys täydentämään kirjastoa. Mallipohjakirjaston dokumentit ovat myös ajan saatossa vanhenevia uusiutuvien standardien ja säädösten takia. Tästä syystä mallipohjakirjaston dokumenttien ajantasaisuuteen täytyy vuosien saatossa tehdä tarkastus- ja päivityskierros aika ajoin.

---

Asiasanat: instrumentointisuunnittelu, automaatiosuunnittelu, suunnitteluprojekti, mallipohjakirjasto

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering  
Automation Engineering

AHONEN, TEEMU:  
Template Library for Instrumentation Engineering

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 6 pages  
April 2019

---

The purpose of this thesis was to create a template library to support instrumentation design projects. This thesis was commissioned by Sweco Industry Oy and the goal for the template library was to conserve company resources by speeding up the design process in instrumentation projects. The document templates available to the designers save the designer from having to search for a document used in a previous project and from having to customize it to work for the new project, or from having to create the document from scratch. This thesis also includes an analysis of instrumentation design which covered an instrumentation design project and the design process itself. The viewpoint was based on somewhat general operating models, but also on Sweco's own industry-specific design guidelines.

In this study, two deliverables were created: an introduction to instrumentation design and a tool integrated in instrumentation design to help speed up the design process. The search engine for the library was created for Excel and placed in Sweco's Intranet, from where it is available to all Sweco Industry's design teams. A folder structure was created in Sweco's database in which the documents were placed. The library was compiled with a comprehensive set for documents created for previous customer projects, in addition to which some of the documents were tailored to serve as new templates.

The real benefits of the template library will be seen over time as Sweco starts new design projects. The template library will reach its fullest potential within a few customer projects as some projects may have needs for certain types of documents that are more project-specific. Such documents must be created from scratch, but once added to the library, they will be available in upcoming projects. The templates in the library will also become outdated over time due to changing standards and regulations. For this reason, the documents in the template library must be checked and updated from time to time.

---

Key words: instrumentation engineering, automation engineering, engineering project, template library

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Työn aihe ja tavoitteet .....	6
1.2	Sweco-konserni.....	7
2	INSTRUMENTOINTISUUNNITTELU .....	8
2.1	Yleistä instrumentointisuunnittelusta .....	8
2.1.1	Instrumentointisuunnittelun sidosryhmät .....	9
2.2	Suunnitteluprojekti.....	12
2.3	Suunnitteluprosessi.....	14
3	MALLIPOHJAKIRJASTO JA HAKUKONE .....	19
3.1	Mallipohjakirjasto.....	19
3.2	Hakukone.....	20
4	SUUNNITTELUN DOKUMENTIT.....	22
5	POHDINTA .....	29
	LÄHTEET .....	30
	LIITTEET .....	31
	Liite 1. Instrumentointisuunnittelun tiedonvaihto projektin elinkaarella (Sweco@Work).....	31
	Liite 2. Radioaktiivisen pintakytkimen asennustyyppiinustus (PSK 5203. 2003, 92).....	32
	Liite 3. Kaksitoimisen venttiilin hankintamäärittely .....	33
	Liite 4. Instrumenttipiirikaavio, kaksitoiminen venttiili .....	34
	Liite 5. Kaapeliluettelo.....	35
	Liite 6. Ristikytkentälista.....	36

**LYHENTEET JA TERMIT**

AB	Aktiebolag, osakeyhtiö
AFC	Approved for Construction Hyväksytty rakentamista varten
AFD	Approved for Design Hyväksytty suunnittelua varten
ATEX	Atmosphere Explosible -classification Räjähdyksvaarallisen tilan luokitus
Dokumentin generointi	Dokumentin tuottaminen automaattisesti
FC	For Comments, kyselyä varten
Formaatti	Tietokoneelle tallennettavan tiedoston muoto eli rakenne
I/O	Input/Output, Logiikan sisääntulo ja ulostulo
Indeksi	Instrumenttipiiriluettelo
Intranet	Tietyn ryhmän käyttöön eristetty lähi- verkko
IPECC -malli	Swecolla käytössä oleva suunnittelupro- jektin kulun malli
Lay-out	Kaavio määriteltyjen asioiden sijoittami- sesta kohteeseen
Oy	Osakeyhtiö
PI -kaavio	Putkitus- ja instrumentointikaavio
PLC	Programmable Logic Controller Ohjelmoitava logiikka
PR	Prosessisuunnittelu
PSK	Prosessiteollisuuden standardisoimis- keskus
Pullonkaula	Prosessissa tai toimenpiteessä kokonai- suutta hidastava tekijä
SFS	Suomen standardisoimislitto

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn aihe ja tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda Sweco Industry Oy:lle mallipohjakirjasto instrumentointisuunnitteluprojekteja varten. Työssä perehdytään myös kattavasti instrumentointisuunnitteluun ja suunnitteluprojektin eri vaiheisiin.

Instrumentointisuunnittelulla tarkoitetaan teknisen ympäristön laiteläheistä suunnittelutyötä ja instrumenteilla tarkoitetaan esim. mittalaitteita, toimilaitteita ja venttiilejä, joiden tarkoitus on mahdollistaa prosessin tai toiminnon automaattinen operointi tai suoritus. Näiden suunnittelutyössä tuotetaan erilaisia dokumentteja ja kuvia projektista riippuen jopa suuria määriä.

Aiemmin suunnittelijan on täytynyt luoda dokumentit ja kuvat joko alusta alkaen itse, tai vaihtoehtoisesti etsiä, kopioida ja räätälöidä aiemmissa projekteissa käytössä olleita uutta projektia varten. Tämä vaatii suunnittelijalta huomattavan määrän työtä, sillä ei edes ole aina varmaa, löytyykö tuotettavasta dokumentista aiemmassa projektissa luotua versiota, ja mikäli löytyy, siitä turhien elementtien poistaminen ja sen läpikäyminen ajantasaisuuden varmistamiseksi vie aikaa.

Suunnittelussa käyttöön tulevat mallipohjat selkeyttävät ja nopeuttavat suunnitteluprosessia, ja täten säästävät yhtiön resursseja. Suunnittelijalla on käytössä kaikissa projektin vaiheissa kirjasto, joka sisältää selkeät, ajantasaisilla vaatimustenmukaisuusmaininnoilla ja standardeilla varustetut dokumentit.

Mallipohjakirjaston helppokäyttöisyyden takaamiseksi kirjastolle luodaan Excel-pohjainen hakukone, johon otsikoidaan eri suunnitteluvaiheiden alla tuotettavat dokumentit. Kirjastoon tehdään jokaisen dokumentin ohelle linkki, joka avaa kyseisen dokumentin sisältävän kansion Swecon tietokannasta. Hakukone sijoitetaan Swecon Intranetistä löytyvän linkin taakse, josta se on kaikkien Swecon suunnittelijoiden käytettävissä. Hakukoneeseen on tarkoitus saada tulevaisuudessa lisäys muilta suunnittelutiimeiltä, jotta mallipohjakirjasto kattaa muitakin, kuin vain instrumentointisuunnittelun dokumenttipohjat.

## 1.2 Sweco-konserni

Sweco AB on vuonna 1997 perustettu johtava suunnittelualan asiantuntijayritys Pohjoismaissa, joka työllistää noin 15 000 henkilöä 15 eri maassa. Koko konsernin liikevaihto on 1,8 miljardia euroa. Konsernin toiminta jaottuu seitsemään alueelliseen organisaatioon, joita ovat Sweco Sweden, Sweco Norway, Sweco Finland (and Estonia), Sweco Netherlands, Sweco Denmark, Sweco Western Europe ja Sweco Central Europe. (Sweco n.d.)

Sweco Finland -yhtiössä työskentelee noin 2000 henkilöä. Yhtiön palvelut kattavat koko rakennusprosessin hankkeen esiselvityksistä aina kohteen valmistumisen jälkeisiin ylläpito- ja laadunvarmistuspalveluihin asti. Sweco Finland -yhtiötä edustavat:

- Sweco Architects Oy
- Sweco Asiantuntijapalvelut Oy
- Sweco Industry Oy
- Sweco International Oy
- Sweco PM Oy
- Sweco Rakennetekniikka Oy
- Sweco Talotekniikka Oy
- Sweco Ympäristö Oy (Sweco n.d.)

Sweco Industryn pääliiketoiminta-aloja ovat energiantuotanto, massa- ja paperiteollisuus, kemianteollisuus, petrokemianteollisuus, kaivosteollisuus sekä meriteollisuuden offshore-suunnittelu. Myös elintarviketeollisuus, valmistava teollisuus ja lääketeollisuus kuuluvat Industryn markkinaosa-alueisiin. Yritys tarjoaa konsultointi-, suunnittelu- ja projektinjohtopalveluja, joihin kuuluu prosessisuunnittelu, laitossuunnittelu sekä sähkö- ja automaatio-suunnittelu. (Sweco n.d.)

Sweco Industry Oy työllistää noin 500 henkilöä ja sen liikevaihto on noin 50 miljoonaa euroa (Kauppalehti. n.d.). Yrityksellä on toimipaikat Kajaanissa, Porissa, Kuopiossa, Pietarsaaressa, Oulussa, Lappeenrannassa, Varkaudessa, Helsingissä ja Tampereella. Tampereen toimipisteessä Sweco Industry Oy työllistää kokonaisuudessaan 95 henkilöä, joista 10 kuuluu instrumentointisuunnittelun tiimiin. (Sweco n.d.)

## 2 INSTRUMENTOINTISUUNNITTELU

### 2.1 Yleistä instrumentointisuunnittelusta

Instrumentointi on automaation osa-alue ja instrumentointisuunnittelulla tarkoitetaan tehtaan, laitoksen tai muun teknisen kohteen laiteläheistä suunnittelutyötä. Instrumentoinnissa keskeisimpänä osana ovat mittausanturit, toimilaitteet ja venttiilit, signaalin muodostus ja siirto, voimanlähteet, paikallisohjauslaitteet, kaapelit, putkitukset sekä asennustarvikkeet (PSK 4603 1996, 2). Hyvä instrumentointi tehtaissa ja laitoksissa on automaatiojärjestelmän yksi tärkeimmistä osista ja sen tehtävänä on mahdollistaa koko laitoksen automaattinen operointi.

Erilaisia laitteita löytyy lukuisia määriä hyvin monelta eri valmistajalta, sillä laitteita tarvitaan useissa teknisissä ratkaisuissa aina sairaaloista ja laivoista tuotantolaitoksiin asti. Instrumentoituja prosesseja löytyy varsinaisen prosessiteollisuuden alle kuuluvista laitoksista, kuten puunjalostusteollisuudesta, kemianteollisuudesta, metalliteollisuudesta ja elintarviketeollisuudesta. Saman kaltaisia mittalaitteistoja vaativia automaatioprosesseja löytyy myös voimalaitoksista, vedenkäsittelylaitoksista, kappaletavaratuotannosta sekä rakennusten lämmityksestä ja ilmanvaihdosta. (Teollisuuden instrumentointi 1995, 9)

Instrumentointi on pohjimmiltaan hyvin samanlaista eri teollisuuden aloilla. Tavoitteena on saada mitattua prosessissa tai ympäristössä vallitsevat oleelliset fyysiset suureet. Mitattujen suureiden perusteella automaatiojärjestelmään ohjelmoitujen sääntöjen mukaisesti toimilaitteita ohjaamalla saadaan prosessin tai sen osan lopputulosta säädettyä, oli se sitten huoneen lämpötila, säiliössä vallitseva kahden aineen suhde tai voimalaitoksen sähköntuotto. (edgefx 2014)

Valittavissa mittalaitteistoissa keskenään voi kuitenkin olla hyvinkin suuria eroja. Laitteistot ja niiden materiaalit valitaan muun muassa sen perusteella, meneekö laite sisä- vai ulkokäyttöön, kosteaan tilaan, ATEX-luokiteltuun tilaan vai esimerkiksi tilaan, jossa laitteeseen kohdistuu suuri mekaaninen rasitus. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat mittaus- ja säätötekniset vaatimukset, kohteen käyttö- ja huolto-toiminnot, ympäristössä vallitseva lämpötila ja paine, prosessissa oleva aine ja

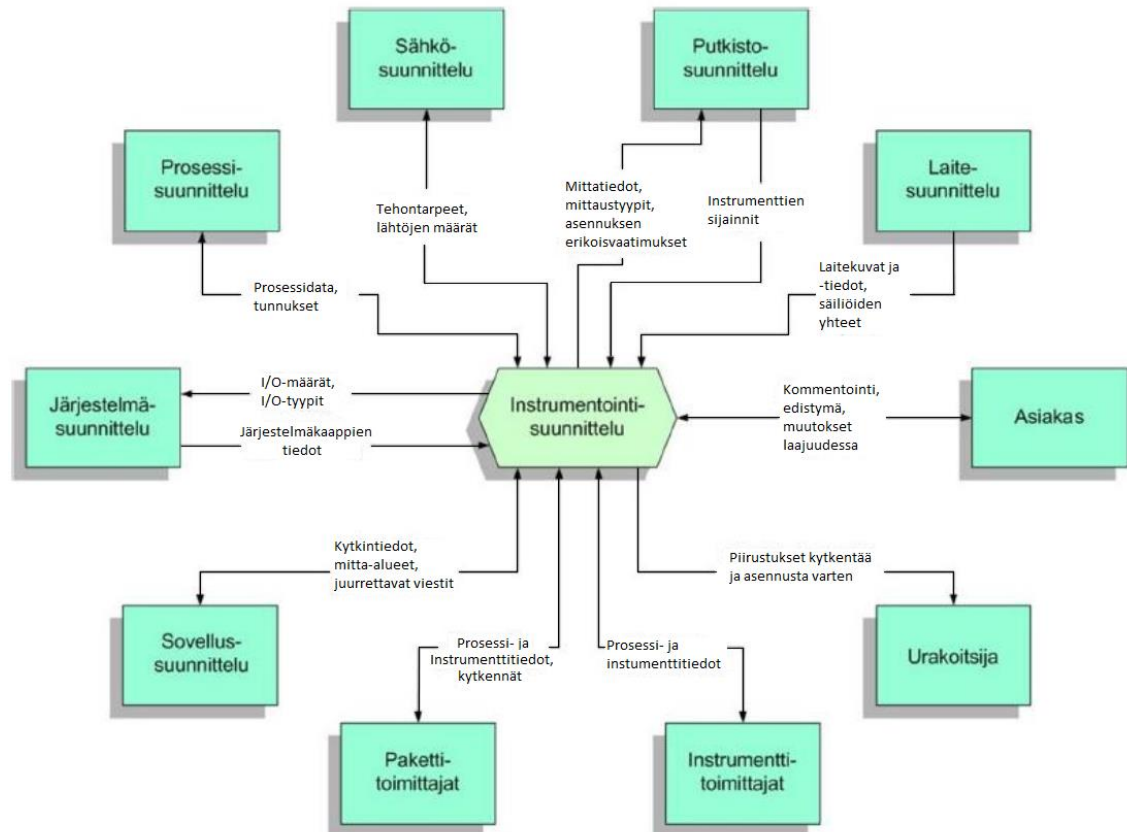


sen ominaisuudet, kuten lämpötila, paine, viskositeetti ja virtausnopeus (SFS 5059 2008, 3).

Laitteistoja suunniteltaessa suunnittelijat tarvitsevat tarkat tiedot siitä, millaiseen ympäristöön laite sijoitetaan. Suunnittelijan on osattava ottaa kaikki prosessin tekijät huomioon, jotta kokonaisuudesta saadaan turvallinen, pitkäikäinen ja prosessin kannalta tehokas. Parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi suunnittelutyö onkin tehtävä yhteistyöllä eri suunnittelijaryhmien kanssa. (Teollisuuden instrumentointi 1995, 9)

### **2.1.1 Instrumentointisuunnittelun sidosryhmät**

Teollisuuden näkökulmasta yleisesti instrumentoinnin ympärillä toimivina suunnittelijaryhminä ovat sovellus-, järjestelmä-, prosessi-, sähkö-, putkisto- sekä laitesuunnittelutiimit. Suunnittelijaryhmien lisäksi tiedonvaihdon kriittisessä piirissä on erinäiset toimittajat, urakoitsijat ja itse asiakas. Tiedonvaihto suunnittelijaryhmien välillä on erittäin tärkeä osa mitä tahansa suunnitteluprojektia. Mitä suurempi projekti on, sitä enemmän eri sidosryhmiä osapuolilla useasti on, ja sitä enemmän tiedonvaihto esiintyy pullonkaulana projekteissa. Kuvassa 1 on esitetty hahmotelma Instrumentointisuunnittelun tiedonvaihdon piiristä. Kuvassa näkyy myös mitä tietoja instrumentointisuunnittelu vaihtaa muiden osapuolten kanssa.



KUVA 1. Instrumentointisuunnittelun tiedonvaihdon piiri (Karvonen, H. 2014)

## Sovellussuunnittelu

Sovellussuunnittelijoiden tehtävä on suunnitella automaatiojärjestelmän sovellukset. Sovelluksilla tarkoitetaan automaatiojärjestelmän loogisten toimenpiteiden sääntökantaa, joka määrittää, miten toimilaitteita ohjataan instrumenttien avulla saatavien mittaustietojen perusteella. Sovellussuunnittelijoiden ja instrumentointisuunnittelijoiden on välitettävä toisilleen tietoa mittalaitteistoista, niiden malleista sekä määristä.

## Järjestelmäsuunnittelu

Järjestelmäsuunnittelulla tarkoitetaan kohteen automaatiojärjestelmän kokonaisvaltaista suunnittelua, joka kattaa automaatiojärjestelmään sijoitettavat laitteistot, käytettävät väylätekniikat sekä suunnitelman laitteistojen sijoittamisesta laitokseen. Laitteistolla tarkoitetaan automaatioon liittyviä laitteita, kuten prosessi- ja

operointiasemia, palvelimia, valvomolaitteistoja, PLC:itä, moottorinohjaimia jne. Järjestelmäsuunnittelijat tuottavat kohteen automaatiojärjestelmästä järjestelmäkaavion, josta on nähtävissä toteutus kokonaisuudessaan. Järjestelmäsuunnittelijat suunnittelevat myös järjestelmäkaapit, joihin laitteistot sijoitetaan.

Instrumentointisuunnittelijan on järjestelmään kytkettävien instrumenttien perusteella välitettävä järjestelmäsuunnittelijalle tieto tarvittavista I/O:ista, jotta järjestelmäsuunnittelija pystyy valitsemaan ohjelmoitavalle logiikalle oikean määrän oikean tyyppisiä I/O -kortteja. Järjestelmäsuunnittelijan on sen sijaan annettava instrumentointisuunnittelijalle tiedot järjestelmäkaapeista, jotta instrumentointisuunnittelija osaa määrittellä esimerkiksi kaapeloinnin instrumentilta järjestelmän.

### **Prosessisuunnittelu**

Prosessisuunnittelun tehtävä on tuottaa yksikäsitteinen kuvaus tuotantoprosessista kaavioiden, luetteloiden ja selostusten avulla (PSK 7503 2013, 3). Dokumentteja, joita prosessisuunnittelijat tuottavat, ovat mm. PI -kaavio ja prosessiselostus. PI-kaaviossa on esitetty laitoksen laitteet, kuten venttiilit, moottorit, pumput, instrumentit ja säiliöt. Kaaviossa on esitetty myös laitteiden positiot, niiden väliset putkitukset sekä säätökaaviot. Prosessiselostuksessa taas kerrotaan prosessin toiminta kokonaisuudessaan. Selostuksessa esitetään prosessiin liittyviä tietoja, kuten prosessiyksiköt, laitteet, laitteiden mitoittukset, laitteiden toimintatavat sekä ohjaus- ja säätöperiaatteet.

Instrumentointisuunnittelija tarvitsee prosessisuunnittelijalta tietoja prosessista, jotta instrumentointisuunnittelija osaa tehdä oikeat mittaustapavalinnat ja mittalaitteen materiaalivalinnat. Tarvittavia tietoja ovat mm. prosessiarvot, kuten virtausnopeudet, lämpötilat, paineet sekä mikä prosessiaine prosessissa on.

## Putkistosuunnittelu

Putkistosuunnittelijoiden tehtävä on suunnitella laitoksen putkistojärjestelmä, jonka avulla mahdollistetaan prosessissa tarvittavien aineiden kuljettaminen kohteiden, kuten säiliöiden ja laitteiden välillä. Putkistosuunnittelu saa lähtötietonsa prosessisuunnittelusta. Putkistosuunnittelun tärkeimmät lähtötiedot toteuttamista varten ovat PI -kaavio ja virtauskaavio. Putkistosuunnittelun tehtävänä on määrittellä putkistojen reitit, putkisto- ja laitetilavaraukset, putkistoluokat, paineluokat, lujoustarkastelut, putkien materiaalit sekä mahdolliset painekokeet. (Teollisuusputkistot 1992, 18 - 22)

Instrumentointisuunnittelijoiden on koordinoitava putkistosuunnittelijoiden kanssa instrumenttien sijoittaminen putkistoon. Putkistoon on tarve sijoittaa instrumentteja, kun halutaan mitata putkessa virtaavaan aineeseen liittyviä suureita, kuten virtausnopeutta, aineen tiheyttä tai aineen lämpötilaa. Tekijöitä, joita sijoittamisessa on otettava huomioon, ovat putkistojen koot, putkistojen materiaalit, instrumenttien asennustavat putkistoon, asennusten muut erikoisvaatimukset sekä etäisyydet putkiston mutkiin.

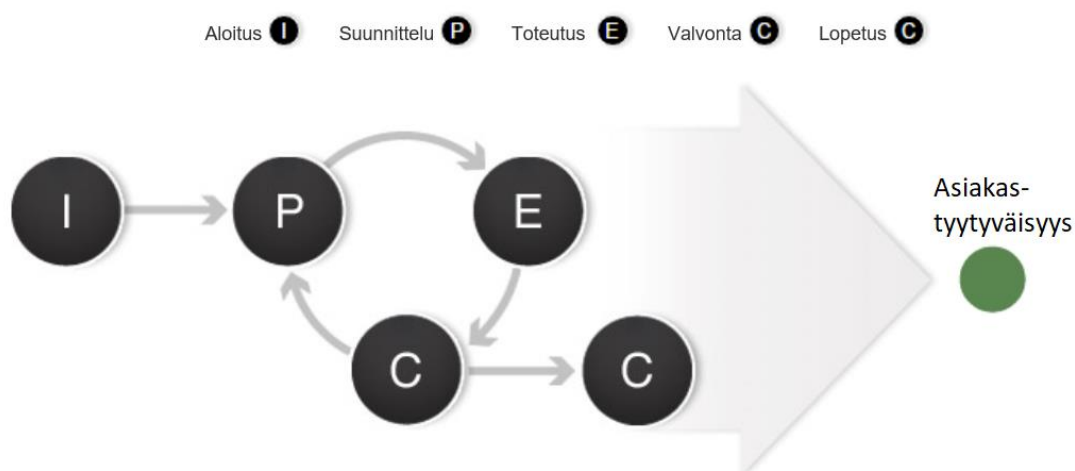
### 2.2 Suunnitteluprojekti

Suunnitteluprojektilla tarkoitetaan väliaikaista ja kertaluontoista hanketta, jonka tavoitteena on saavuttaa tietty tilaajan määrittämä lopputulos. Projekti koostuu joukosta tehtäviä, joille on määritelty selkeät tavoitteet ja aikataulu. Projektilla on myös tarkkaan määritetty alku ja loppu. Hankkeessa on mukana useita sidosryhmiä, joista primäärisiin kuuluu asiakas ja projektiorganisaatio. Asiakas toimii projektissa lähtötietojen määrittäjänä ja voi projektista riippuen olla myös sen rahoittaja. Projektiorganisaatiolla tarkoitetaan kaikkia projektissa mukana olevia suunnittelutahoja, joilta tilaaja ostaa suunnittelutyön. (Silfverberg, P. 2009)

Vaikka suunnitteluprojektit ovat keskenään ainutlaatuisia, voidaan projekteissa tunnistaa tietyt toistuvat päävaiheet. Pääsääntöisesti projekti lähtee käyntiin aloi-

tuksesta, jatkuu suunnittelulla, jota seuraa toteutus, jonka jälkeen tapahtuu projektin lopetus. Suunnitteluvaihe ja toteutusvaihe voidaan jakaa yksityiskohtaisempiin vaiheisiin projektista riippuen. (Projekti-instituutti. 2012)

Swecolla suunnitteluprojekteissa käytetään niin sanottua IPECC -mallia. Kirjaimet tulevat sanoista Initiation, Planning, Execution, Control ja Close. Nämä tarkoittavat suomeksi aloitusta, suunnittelua, toteutusta, valvontaa ja lopetusta. Malli on esitetty kuvassa 2. (Sweco@Work)



KUVA 2. Swecon projektitoiminnan IPECC-malli. (Sweco@Work)

Aloitusvaiheessa pyritään tunnistamaan ja arvioimaan myyntikohteen riskit, joiden perusteella saadaan kuva projektin kannattavuudesta. Tämän jälkeen tehdään tarjouslaskelmat ja laaditaan tarjous. Tässä vaiheessa tehdään myös esisopimukset kumppaneiden ja alikonsulttien kanssa. Seuraavaksi tehdään tilausvahvistukset ja sopimukset asiakkaan ja kumppaneiden kanssa ja näiden alekirjoituksen jälkeen tapahtuu projektin aloitus, jossa projekti luodaan ja lähtötiedot siirretään projektipäälliköille. (Sweco@Work)

Suunnitteluvaiheessa projektiin liittyvät asiat tulee määritellä tarkasti. Tehtävää koskevat keskeiset lait, normit, määräykset ja asiakkaan asettamat ehdot tulee määritellä. Myös suunnitteluprojektin laajuus täytyy määritellä tarkasti. Selkeä ja kattava laajuuden määrittely luo vahvan perustan onnistuneelle projektin toteutukselle. Laajuus mainitaan jo sopimuksessa, mutta se täytyy esittää myös suunnitteluvaiheessa.

nittelun projektiorganisaatiolle. Projektille laaditaan aikataulu, jossa mainitaan kokousajankohdat, välivaiheiden valmistumisajankohdat sekä lopullinen projektin valmistumisajankohta. Projektipäällikkö luo projektille taloussuunnitelmat ja informaation hallinnan menetelmät. (Sweco@Work)

Toteutusvaiheessa asiakkaalta saatu tehtävä, eli suunnitteluprojekti läpiviedään sopimuksen ja suunnitteluvaiheessa tehdyn projektisuunnitelman mukaisesti. (Sweco@Work)

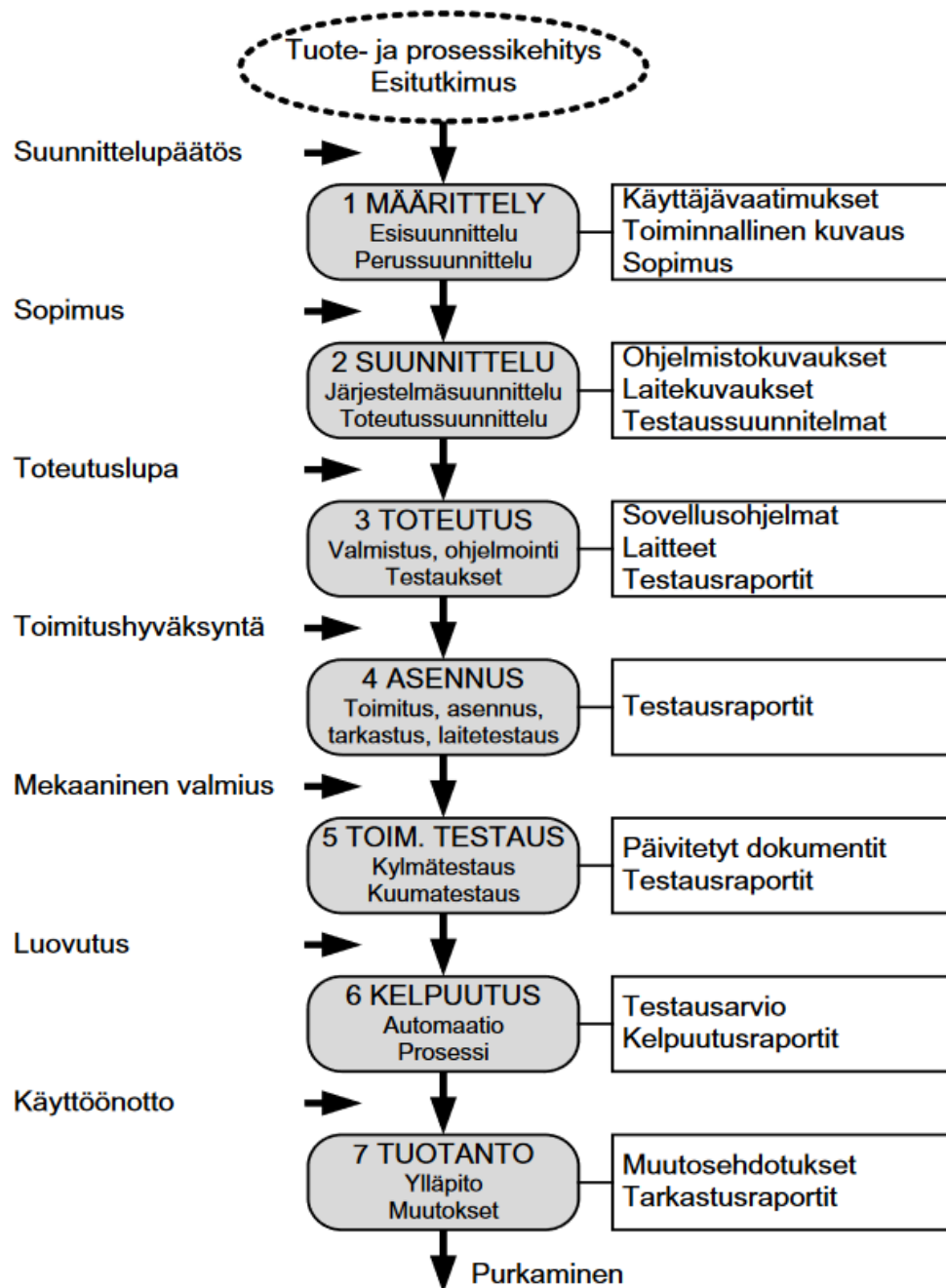
Valvontavaiheen tarkoitus on analysoida työn tulosta ja varmistaa, että projekti on saatu onnistuneesti toteutettua. Mikäli lopputuloksessa on vielä puutteita, palataan suorittamaan suunnittelu ja toteutusvaihe näiden osalta uudestaan. Kun lopputulokseen ollaan valvontavaiheessa tyytyväisiä, on jäljellä projektin lopetus. (Sweco@Work)

### **2.3 Suunnitteluprosessi**

Suunnittelulla tarkoitetaan yleisesti suunnittelun kohteen kuvaamista tavalla, jolla sen toteuttaminen, käyttö ja ylläpitäminen tehdään mahdolliseksi. Suunnittelun tuloksena syntyy järjestelmän malli, joka on perinteisesti joukko dokumentteja. (automaatioseura 2007, 13)

Tämä pätee instrumentointisuunnitteluun täysin. Suunnittelutyö kohdistuu esimerkiksi teollisuuslaitoksen automaatiojärjestelmän elinkaaren alkupäähän, jossa aluksi suoritetaan esisuunnittelua laitoksen laajuuden ja kustannusten arvioimiseksi. Asennustyö ja itse laitoksen pystytys alkaa vasta, kun suunnittelutyö on jotakuinkin valmis.

Tuotantolaitosympäristössä automaatiojärjestelmä pystytään mallintamaan sen elinkaarella. Elinkaari alkaa määrittelyvaiheesta, jossa tarkoituksena on määrittellä itse automaatiojärjestelmän toiminnot ja vaatimukset. Elinkaari päättyy tuotannon jälkeiseen vaiheeseen, eli laitoksen purkuun. Kuvassa 3 on Suomen automaatioseuran luoma kuvaus automaatiojärjestelmän elinkaaresta.



KUVA 3. Automaatiojärjestelmän elinkaari (Automaatioseura 2007, 16)

Elinkaarimallin osioista kaksi ensimmäistä ovat instrumentointisuunnittelun kannalta oleelliset. Määrittelyvaiheessa tapahtuu instrumentointisuunnittelun esi- ja perussuunnittelua, kun taas suunnitteluvaiheessa tapahtuu toteutussuunnittelu. Itse instrumentointisuunnittelu keskittyy näille osuuksille. Automaatiojärjestelmä lähtee vasta suunnittelun jälkeen toteutukseen ja asennukseen.

Instrumentointisuunnittelun prosessi on suurin piirtein sama riippumatta siitä, onko kyseessä uusi kohde, olemassa olevaan laitokseen lisäyksen teko tai vanhan laitoksen uudistustyöt. Instrumentointisuunnittelussa on pääsääntöisesti kolme vaihetta: hanke- ja esisuunnittelu, perussuunnittelu sekä toteutussuunnittelu.

Instrumentointisuunnitteluprosessin kulku on esitetty kattavasti liitteessä 1, "Instrumentointisuunnittelun tiedonvaihto projektin elinkaarella". Kuvaajassa näkyy keskellä vaakatasossa suunnittelun kulku. Suunnittelun kulun yläpuolella on esitetty lähtötiedot suunnittelun etenemisen mukaisesti. Lähtötiedoissa mainitaan myöskin, mistä lähtötieto saadaan. Kuvaajasta käy ilmi, miten paljon prosessi-puolen (PR) kanssa on oltava yhteyksissä, jotta instrumentoinnissa päästään onnistuneeseen ratkaisuun.

Suunnittelun kulun alapuolella taas näkyy, mitä dokumentaatiota missäkin vaiheessa tuotetaan. Dokumentin perässä on merkintä siitä, missä vaiheessa dokumentin missäkin vaiheessa täytyisi olla. Esimerkiksi perussuunnitteluvaiheessa näkyvät "FC"-merkinnät dokumenteissa tarkoittavat "For Comment", joka kääntyy suomeksi "kommentointia varten". Tämä merkintä tulee käyttöön esimerkiksi siinä vaiheessa, kun toimitaan alisuunnittelijana suunnitteluprojektissa. Tässä vaiheessa dokumentti lähetetään siis kommentoitavaksi pääsuunnittelijalle, joka antaa arvionsa siitä, kattaako dokumentti tarvittavat tiedot, ja onko ne esitetty oikein. Tämän jälkeen dokumentista luodaan "AFD"-versio, joka tarkoittaa "Approved For Design", joka kääntyy suomeksi "hyväksytty suunnittelua varten". Tämä tarkoittaa sitä, että perussuunnitteluvaiheen "AFD"-merkittyä dokumenttia voidaan käyttää toteutussuunnitteluvaiheessa lähtömateriaalina.

Toteutussuunnitteluvaiheessa dokumenteissa näkyvät "AFC" -merkinnät tarkoittavat "Approved For Construction", joka kääntyy suomeksi "hyväksytty rakentamista varten". Tämä tarkoittaa siis sitä, että dokumentti on valmis ja rakennustyöt voidaan toteuttaa sen pohjalta.

Tuotettavat dokumentit on esitetty pääpiirteittäin hyvin liitteessä 1, mutta dokumenttien tuotto voi kuitenkin erota kuvaajassa esitetyistä dokumenteista projekti-



kohtaisesti. Projekteissa ei välttämättä aina tuoteta kaikkia, mitä kuvassa on esitetty, ja saatetaan joskus tuottaa myös sellaisia, mitä kuvassa ei ole näkyvillä. Suunnitteluprosessin vaiheille on esitetty sanalliset selitykset alla ja samalla on mainittu, mitkä ovat yleisimpiä dokumentteja, joita tuotetaan kyseisessä vaiheessa.

### **Hanke ja esisuunnittelu**

Hanke- ja esisuunnittelussa tarkoituksena on laskea tarjoushinta tarjolla olevalle projektille. Tässä vaiheessa laaditaan materiaalit, joiden perusteella saadaan hahmoteltua arvio suunnitteluprojektin kustannuksista asiakkaasta riippuen noin  $\pm 20\%$  tarkkuudella. Laadittaviin dokumentteihin kuuluu alustava instrumentoinnin kuvaus, alustava instrumentoinnin toimitusraja- ja aikataulu sekä piirustusluettelo. Mikäli asiakas hyväksyy tarjouksen, siirtyy projekti perussuunnitteluvaiheeseen.

### **Perussuunnittelu**

Perussuunnitteluvaiheessa hankitaan tarkemmat tiedot hanke- ja esisuunnitteluvaiheessa laadittuihin materiaaleihin. Tarkoituksena on määrittää laitteisto-tasolla kohteeseen tarvittavat laitemäärät sekä massat. Perussuunnitteluvaiheessa laaditaan mm. karkea instrumenttipiiriluettelo, asennustyyppi- ja piirustukset, alustavat hankintamäärittelyt, instrumenttien yhdepiirustukset jne. Perussuunnitteluvaiheessa projektin kustannusarviosta saadaan arvo, jonka tarkkuus on luokkaa  $\pm 10\%$ .

### **Toteutussuunnittelu**

Toteutusvaiheessa perussuunnitteluvaiheessa laadittuihin materiaaleihin kerätään tarkat ja kattavat tiedot. Esimerkiksi instrumenttipiiriluettelo ja hankintamäärittelyt laajenevat ja tarkentuvat. Uusina dokumentteina tässä vaiheessa luodaan muun muassa kaapeliluettelot, kojeluettelot, instrumenttipiirikaaviot sekä asen-

nustyömäärittelyt. Toteutussuunnitteluvaihe kattaa siis kaikki projektissa tarvittavat aineistot, joilla projektin instrumentointi saadaan saatettua kokonaisuudessaan loppuun asti. Tuotettu materiaali jää loppuasiakkaalle laitoksen kunnossapitoyksikön käyttöön.

### 3 MALLIPOHJAKIRJASTO JA HAKUKONE

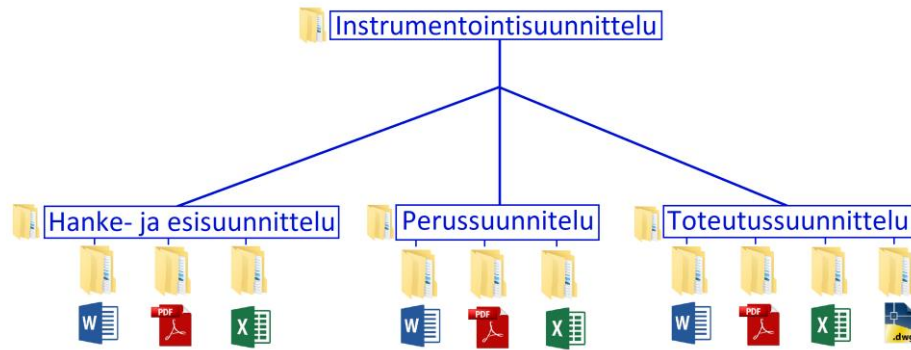
Mallipohjakirjaston luomisen ensimmäinen askel oli suunnitella ja luoda perusrakenne mallipohjakirjaston dokumenttien ympärille. Perusrakenteeseen kuuluu kansiohierarkia, johon dokumentit sijoitetaan sekä Excel-pohjainen hakukone, joka toimii oikotienä kansiohierarkian kohteisiin. Rakenteiden on oltava yksinkertaisia ja helposti ymmärrettäviä, jotta suunnittelijat pääsevät dokumentteihin vaivattomasti käsiksi.

Kansiorakenteesta ja sen sijoittamisesta Swecon tietokantaan, sekä hakukoneesta ja sen sijoittamisesta Swecon Intraan sovittiin palaverissa Swecon intranetistä vastaavan, sekä mallipohjakirjastojen hankkeessa jo aiemmin mukana olleiden henkilöiden kanssa.

#### 3.1 Mallipohjakirjasto

Mallipohjakirjaston suunnittelu aloitettiin kansiohierarkian mallintamisesta. Kansiohierarkian muodoksi luotiin yksiselitteinen pyramidirakenne, joka alkaa instrumentointisuunnittelusta ja päättyy kansioihin, jotka sisältävät suunnitteludokumentteja.

Kansiohierarkian päällimmäiseksi kansioksi luotiin ”Instrumentointisuunnittelu” -niminen kansio osaston nimen mukaan. Instrumentointisuunnittelu -kansion alle luotiin toiseksi tasoksi kolme alakansiota; ”Hanke- ja esisuunnittelu”, ”Perusuunnittelu” ja kolmanneksi ”Toteutussuunnittelu” suunnitteluprojektin eri etenemisvaiheiden mukaan. Toisen tason kansioiden sisään luotiin jokaiselle dokumentille aina oma kansio, joka nimettiin dokumentin mukaan. Dokumenteille tehtiin vielä jako kahteen alakansioon. Toinen alakansioista nimettiin dokumentin kielen mukaan, ja toiselle kansioista annettiin nimeksi ”Asiakasmallit” indikoimaan, että kyseinen kansio sisältää asiakkaille aiemmin tehtyjä versioita dokumentista. Alakansion nimeäminen kielen mukaan mahdollistaa vielä jatkossa muiden kielisten dokumenttien lisäämisen kirjastoon ja sen, että ne on myös helppo löytää. Kansiohierarkia on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Kansiohierarkian malli

Kansiorakenteen luominen mahdollisimman yksiselitteiseksi helpottaa kirjaston käyttöä ja ylläpitoa. Kun kirjasto on selkeä, on suunnittelijoiden helppo tehdä sinne myös lisäyksiä ja päivityksiä. Kansiorakenne sijoitettiin Swecon tietokantaan niin, että se on kaikkien Swecon suunnittelijoiden saatavilla.

### 3.2 Hakukone

Hakukonetta lähdettiin suunnittelemaan suunnittelijan tarvitsemien tietojen näkökulmasta. Hakukoneessa esitetään täten vain kaikista oleelliset tiedot, joita dokumenttia etsivä suunnittelija tarvitsee päästäkseen mahdollisimman nopeasti haluamansa dokumentin luokse. Esitettävistä tiedoista tärkeimmät ovat itse dokumentin nimi ja dokumentin sisältävän kansion avaava linkki. Näiden lisäksi hakukoneeseen lisättiin myös suunnitteluosa-alueen lyhenne, eli instrumentoinnille ”Ins”, jotta kirjastossa voidaan ”suodattaa” dokumentit näkyviin suunnittelualuekohtaisesti.

Dokumenteista käytiin palaveri instrumentointisuunnittelutiimin tiimipäällikön kanssa. Palaverissa kaavailtiin, mitkä dokumentit on hyvä sijoittaa kirjastoon, jotta kirjaston sisältö kattaisi kaikista yleisimmät projekteissa tarvittavat dokumentit. Dokumentteja löytyy lukuisia, joita voisi lisätä jokaiseen projektin vaiheeseen, mutta opinnäytetyö rajattiin vain kaikista yleisimpiin dokumentteihin.

Kirjaston Hanke- ja esisuunnitteluvaiheeseen valittiin piirustusluettelo. Perussuunnitteluvaiheeseen valittiin asennustyyppiin piirustukset, hankintamäärittely,

häiriösuojamaadoituksen periaatekaavio ja instrumenttipiiriluettelo. Toteutus- suunnitteluvaiheeseen asennustyömäärittely, instrumenttipiirikaaviot, kaapeliluettelot, kenttäkoteloiden kytkentäpiirustukset, kenttäkoteloiden lay-out -piirustukset, kilpiluettelot, materiaaliluettelo sekä ristikytkeälistat. Hakukoneen Excel-näkymä on esitetty kuvassa 5.

	Dokumentti	Malli / pohja		
1				
2	Ins <b>Instrumentointisuunnittelu</b>			
3	Ins <b>Hanke- ja esisuunnittelu</b>			
4	Piirustusluettelo	<a href="#">Kansio</a>		
5	Ins <b>Perussuunnittelu</b>			
6	Ins Asennustyyppi- ja piirustukset	<a href="#">Kansio</a>		
7	Ins	<a href="#">Verkkosivu</a>		
8	Ins Hankintamäärittelyt	<a href="#">Kansio</a>		
9	Ins Häiriösuojamaadoituksen periaatekaavio	<a href="#">Kansio</a>		
10	Instrumenttipiiriluettelo	<a href="#">Kansio</a>		
11	Ins <b>Toteutussuunnittelu</b>			
12	Ins Asennustyömäärittely	<a href="#">Kansio</a>		
13	Ins Instrumenttipiirikaaviot	<a href="#">Kansio</a>		
14	Ins Kaapeliluettelot	<a href="#">Kansio</a>		
15	Ins Kenttäkoteloiden kytkentäpiirustukset	<a href="#">Kansio</a>		
16	Ins Kenttäkoteloiden lay-out piirustukset	<a href="#">Kansio</a>		
17	Ins Kilpiluettelot	<a href="#">Kansio</a>		
18	Ins Materiaaliluettelo	<a href="#">Kansio</a>		
19	Ins Ristikytkeälistat	<a href="#">Kansio</a>		
20				

KUVA 5. Excel-hakukoneen näkymä

Dokumentit jaoteltiin hakukoneeseen suunnitteluvaiheiden mukaisesti. Tällöin suunnittelijalle ilmenee selkeimmin, mistä osiosta haussa oleva dokumentti löytyy. Dokumentti esitetään hakukoneessa aina kuitenkin vain sen suunnitteluvaiheen alla, jossa sitä ensimmäisen kerran tarvitaan. Esimerkiksi, mikäli toteutusvaiheessa ilmenee tarve uudelle hankintamäärittelylle, täytyy se poimia perussuunnittelun alta.

Hakukoneeseen asetettiin asennustyyppi- ja piirustuksille kaksi linkkiä. Toinen linkeistä vie kansioon, joka sisältää asiakasprojektissa käytössä olleita standardeja asennustyyppi- ja piirustuksille, ja toinen linkeistä verkkosivulle, josta löytyy PSK-standardin mukaiset asennustyyppi- ja piirustukset. Sweco on PSK-standardisointijärjestön jäsen, joten kaikilla Sweco Industryn työntekijöillä on pääsy standardeihin.

## 4 SUUNNITTELUN DOKUMENTIT

Mallipohjakirjaston ympärille luodun perusrakenteen jälkeen suoritettiin dokumenttien etsintä ja räätälöinti. Dokumenttien hakemisessa haastateltiin muita Swecon instrumentointisuunnittelijoita, jotka ovat olleet osallisena lukuisissa projekteissa vuosien varrella. Heidän avulla saatiin kerättyä suuri määrä asiakasprojekteissa tuotettuja dokumentteja.

Kerätyt dokumentit käytiin läpi, ja niistä karsittiin vanhimmat sekä muut malleiksi sopimattomat pois. Loput sijoitettiin kirjastoon asiakasmallit -kansioihin. Näistä dokumenteista lähdettiin seuraavaksi katsomaan, mikä soveltuisi parhaiten mahdollisimman pienen räätälöinnin jälkeen mallipohjaksi, vai olisiko kannattavampaa luoda dokumentti alusta alkaen uudelleen.

Kirjastoon valituista dokumenteista kaikista asiakasmalleista löytyi niin hyvät mallit, että alusta alkaen ei dokumentteja tarvinnut lähteä luomaan yhtäkään. Räätälöintityötä tehtiin suurimman osan dokumenteista kohdalla, mutta osa dokumenteista ovat sellaisia, että Swecon käytössä olevilla suunnittelutyökaluilla on mahdollista generoida dokumentti. Tällaisia dokumentteja ovat ainakin kaapeliluettelot, kilpiluettelot sekä ristikytkentälistat. Näiden dokumenttien kohdalla asiakasmallit ovat kirjastossa siltä varalta, että dokumenttia halutaan lähteä syystä tai toisesta luomaan käsin. Asiakasmalleja on joka tapauksessa hyvä löytyä kirjastosta, sillä ne toimivat aina esimerkkeinä siitä, millaisia dokumentteja voidaan luoda. Kirjastoon valituista dokumenteista on luotu esittely alle.

### **Piirustusluettelo**

Piirustusluettelon tarkoituksena on toimia rajauksena instrumentointisuunnitteluprojektissa tuotettavien dokumenttien suhteen. Piirustusluettelo toimii myös seurantatyökaluna projektin etenemiselle.

Luetteloon on nimetty dokumentit, jotka tullaan projektissa tekemään. Dokumenttien vieressä on kenttä, johon merkataan puumerkki sen mukaan, tehdäänkö dokumentti suunnittelussa esi-, perus- vai toteutus suunnitteluvaiheessa. Dokumenttien vieressä on myös kentät tarkastajan ja hyväksyjän puumerkeille. Näiden lisäksi piirustusluetteloon merkattavia oleellisia tietoja ovat dokumentin valmistuspäivämäärä, dokumentin viimeisin revisio sekä sen formaatti. Luotu piirustusluettelo on esitetty kuvassa 6.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>SUUNNITTELUKOKUMENTIT</b>								
2	PROJEKTI		PROJEKTIPÄÄLLIKKÖ			PÄIVÄYS			
3									
4	TYÖNUMERO		TEKIJÄ						
5									
6									
7						Puum. = Puumerkki			
8						SV = Suunnitteluvastaava			
9						PP = Projektipäällikkö			
10									
11	<b>Dokumentti</b>		<b>Tehdään</b> (E, P tai T)	<b>Tarkastus</b> (Puum., SV, PP)	<b>Hyväksyntä</b> (Puum., SV, PP)	<b>valmistumis pvm</b>	<b>viimeisin revisio</b>	<b>formaatti</b>	
12	Ins	<b>Instrumentointisuunnittelu</b>							
13	Ins	Alustava instrumentoinnin kuvaus							
14	Ins	Alustava instrumentoinnin toimitusrajakaavio							
15	Ins	Asennustyö määrittely							
16	Ins	Erikois asennustyyppi piirustukset							
17	Ins	Hankintamäärityt							
18	Ins	Häiriösuojamaadoituksen periaatekaavio							
19	Ins	Instrumentti piiriluettelo							
20	Ins	Instrumenttien sijoituspiirustukset							
21	Ins	Instrumenttien yhdepiirustukset							
22	Ins	Instrumenttipiirikaaviot							
23	Ins	Instrumenttipiiriluettelo							
24	Ins	Kaapeliluettelot							
25	Ins	Kenttäteloiden kytkentäpiirustukset							
26	Ins	Kenttäteloiden lay-out piirustukset							
27	Ins	Kilpiluettelot							
28	Ins	Piirustusluettelo							
29	Ins	Ristikytkentälistat							
30	Ins	Kojeluettelo							
31	Ins	Kojekaapin kalustus- ja kytkentäkuvat							
32	Ins	Materiaaliluettelo							

KUVA 6. Piirustusluettelo

## Asennustyyppi piirustukset

Asennustyyppi piirustuksissa esitetään yleiset periaatteet instrumenttien asennuksesta. Asennustyyppi piirustukset on tarkoitettu ohjeeksi instrumentoinnin suunnittelua, tarjouspyyntöä, tarjouksen tekoa ja asennusta varten. Asennus-

tyyppiin piirustuksien joukosta löytyy ratkaisu aina instrumentointisuunnittelun yleisimpiin tapauksiin. Piirustuksiin on myös merkattu osien tyypit, ja ne on luetteloitu kuvan alaosaan.

Liitteessä 2 on esitetty kuva PSK 5203 -standardin mukaisesta radioaktiivisen pintakytkimen asennustyyppiin piirustuksesta. Asennustyyppiin piirustuksessa nähdään malli asennuksesta, jossa osat on numeroitu. Numerot viittaavat kuvassa olevaan osaluetteloon, jonka perusteella voidaan tehdä hankinnat ja asennustyöt. Osaluettelossa on myös merkinnät siitä, kuka tyyppillisesti hankkii ja asentaa kyseisen osan.

Samanlaiset kuvat löytyvät esimerkiksi tiheysmittaukselle, painemittaukselle, virtausmittaukselle ja On-off -venttiileille. Kaikille eri mittausmetodeille ja laitteille on lisäksi mallit usealle eri toteutustavalle. Esimerkkinä tiheysmittaukselle on mallit radioaktiiviselle mittaukselle ja punnitusmittaukselle. Pinnankorkeusmittaukselle on mallit pintakytkimen lisäksi kuplailuputkelle ja ultraäänimittaukselle. Paineen mittaukselle on mallit erilaisille painemittauksille, paine-eromittauksille ja painekytkimille. Mittaustapoja, joille löytyy mallit, on lukuisia, ja edellä on mainittu vain muutamia niistä.

### **Hankintamäärittelyt**

Hankintamäärittelyiden tarkoitus on tehdä määrittely hankittavasta laitteesta ja sen ominaisuuksista. Hankintamäärittely on dokumentti, jolla pyydetään laitetoimittajilta tarjoukset laitteista. Täten hankintamäärittelyyn on katettava kaikki tarvittavat tiedot, kuten mikä laite on kyseessä, sen positio, mitta-alue, ympäristöolosuhteet, prosessiin liittyvät, prosessiaine ja sen ominaisuudet, laitteen vaadittavat materiaalit jne. Liitteessä 3 on esitetty esimerkki on-off -venttiilin hankintamäärittelystä. Hankintamäärittely on tehty Excelillä ja siihen on taulukoitu kaikki tiedot, joita laitetoimittaja mahdollisesti tarvitsee valitakseen oikeanlaisen laitteen valikoimastaan tarjottavaksi.



## Häiriösuojamaadoituksen periaatekaavio

Häiriösuojamaadoituksen periaatekaaviossa esitetään kohteen suojamaadoitusratkaisusta periaatteellinen kuva. Periaatekaaviossa esitetään, miten koje-, ja järjestelmäkaapeissa, ristikytkenässä, kenttäkotelolla ja kenttälaitteella häiriösuojamaadoitus toteutetaan. Kuvasta näkee, missä kytkeydytään eri huoneiden maadoituskiskoihin, ja miten ne kytkeytyvät maadoituselektrodiin.

## Instrumenttipiiriluettelo

Instrumenttipiiriluettelo on dokumentti, johon kirjataan kaikki projektiin liittyvät laitepositiot. Laitteista merkitään projektin myötä kaikki tarvittavat tiedot käytössä olevan instrumenttipiiriluettelon laajuudesta ja tietojen tarpeesta riippuen. Instrumenttipiirikaaviota kutsutaan myös nimellä indeksi. Luetteloon merkitään piiristä tiedot, kuten piirin numero, tunnus ja nimi. Lisäksi luetteloon merkitään esimerkiksi I/O tiedot, laitteen valmistaja ja laitetyyppi, sen viritysalue, mille kenttäkotelolle se on kytketty, mistä PI-kaaviosta se löytyy ja mitä prosessidataa kyseiseen laitteeseen liittyy. Indeksiiin voidaan käytännössä kerätä kaikki data instrumenttiin liittyen, jolloin Excel-pohjainen dokumentti voi kasvaa suuruudeltaan moneen kymmeneen sarakkeeseen. Projektin laajuudesta riippuen rivejä saattaa kertyä myös useita satoja. Useasti kuitenkin ihan kaikkea ei ole tarpeen ilmoittaa indeksissä. Esimerkiksi instrumentin kytkentää kentältä järjestelmään ei välttämättä tarvitse esittää indeksissä, sillä se tieto nähdään instrumenttipiirikaavioissa.

## Asennustyömäärittely

Asennustyömäärittelyssä instrumentointisuunnittelija määrittelee instrumenttiurakoitsijalle, mitä kentällä täytyy asennustyönä tehdä. Asennustyömäärittelyssä mainitaan kaikki tarvittavat säädökset ja ehdot, minkä standardien mukaan tietyt asennustoimenpiteet suoritetaan, ja miten poikkeustilanteissa toimitaan. Dokumentissa mainitaan myös, mitä osia asennuksiin urakoitsijan on itse

hankittava, ja mitä työn tilaajayritys toimittaa urakoitsijalle asennettavaksi. Urakoitsijan itse hankittavia osia ovat yleensä pienemmät asennustarvikkeet, nimikilvet, kaapelit ja niiden suoja-putket. Asennustyömäärittelyyn laitetaan useasti liitteeksi esimerkiksi asennustyyppiinrustuksia, kytkentäluetteloita ja muita asennusohjeita ja materiaaliluetteloita lisätietoineen.

### **Instrumenttipiirikaaviot**

Instrumenttipiirikaaviolla tarkoitetaan instrumentin piirikaaviota, jossa esitetään kytkentä järjestelmästä laitteelle yksityiskohtaisesti. Piirikaaviossa esitetään instrumentin, mahdollisten kytkentäkoteloiden ja ristikytkentöjen liittimet, joiden kautta instrumentti kytketään järjestelmään. Kaaviossa näkyy myös järjestelmäpään, eli logiikan kortit ja kanavat, joihin johtimet liitetään. Piirikaaviosta nähdään myös kaikkien käytössä olevien kaapeleiden tyypit ja häiriösuojamaadoituksen periaatteellinen kytkentä.

Piirikaavion esitysmuoto voi vaihdella. Piirikaavio voi olla vasemmalta oikealle, järjestelmästä laitteelle, tai laitteelta järjestelmään päin. Piirikaavio voi olla muodostettu myös pystyasentoon. Instrumenttipiirikaavio voidaan useasti generoida eri suunnitteluohjelmilla. Piirikaaviossa esitetään joskus myös pneumaattisia laitteita, kuten venttiilejä ja paineilmaohjauksia. Piirikaavio on dokumentti, jonka perusteella asentajan on tarkoitus pystyä suorittamaan tarvittavat kytkentätyöt piirikaavion esittämään yksittäiseen laitteeseen liittyen. Suuremman laitoksen rakennustöissä kytkennät, joita on suuri määrä, suoritetaan useasti kuitenkin kaappikohtaisilla kytkentäluetteloilla. Tällaisissa tapauksissa kentällä sijaitsevat laitteet kytketään laitteen mukana tulevien manuaalien avulla. Instrumenttipiirikaaviot toimivat tämän jälkeen kytkentöjen testauksessa ja piirikaaviot jäävät laitoksen kunnossapitoyksikön käyttöön.

Liitteessä 4 on esitetty on-off -venttiilin instrumenttipiirikaavio. Instrumenttipiirikaavion yläosassa on I/O-kortit, keskellä ristikytkentä, kaapeli ja kenttäkotelo, ja kentällä itse on-off -venttiili. Piirikaaviosta huomataan, että paineilmatoimista on-off -venttiiliä ohjataan magneettiventtiilillä, joka kaavion mukaan on kenttäko-

telon sisällä. Magneettiventtiiliä ohjataan digitaalisella viestillä, jonka se saa kuvan mukaan logiikan kahdeksan kanavaiselta ulostulokortilta. On-off -venttiilin toiminta on kaksiasentoinen; venttiili on joko täysin auki, tai täysin kiinni. Venttiililtä tuodaan järjestelmään kahdeksan kanavaisille digitaalisille sisääntulokortteille tieto siitä, onko venttiili auki vai kiinni. Piirikaavion reunassa on myös laiteerittely -taulukko, jossa kerrotaan tarkempaa tietoa piirikaavion sisältämistä laitteista.

### **Kaapeliluettelot**

Kaapeliluettelon tarkoitus on toimia listana, jossa esitetään projektissa tarvittavat kaapelit. Kaapeleista kerrotaan listassa mm. kaapelitunnus, kaapelin ”mistä mihin” -tieto, kaapelin tyyppi sekä arvioitu ja mitattu pituus. Liitteessä 5 on esitetty kuva kaapeliluettelosta.

### **Kenttäkoteloiden kytkentäpiirustukset**

Kenttäkoteloiden kytkentäpiirustuksissa esitetään koteloiden sisäiset kytkennät. Kytkennöistä ilmenee, mikä kaapeli kaappiin tulee, mihin riviliittimille se menee, mikä kaapeli riviliittimiltä lähtee ja mihin se lähtee.

### **Kenttäkoteloiden lay-out -piirustukset**

Kenttäkoteloiden lay-out -piirustuksissa esitetään kenttäkoteloiden fyysiset mitat, muodot ja ominaisuudet. Piirustuksista nähdään esimerkiksi, miten koteloiden rei'itykset läpivientejä varten toteutetaan. Tämän lisäksi piirustuksista ilmenee kaappiin sijoitettavien komponenttien asettelu. Myös oveen kytkettävät mahdolliset kytkimet ja merkkilamput on esitetty kenttäkoteloiden lay-out -piirustuksissa. Kaappiin tulevista komponenteista esitetään piirustuksessa myös osaluettelo.

## **Kilpiluettelot**

Kilpiluetteloissa tarkoituksena on listata kaikki kohteeseen tulevat kilvet. Kilvillä tarkoitetaan esimerkiksi kaapeleiden ja laitteiden nimikilpiä, joilla esitetään kaapelin tai laitteen tunnus. Luettelossa esitetään kilven tyyppi, kilpeen tulevat tekstit ja samalla tekstillä ja tyyppillä tulevien kilpien määrä. Luetteloita voi olla erikseen kaapeleille ja laitteille.

## **Materiaaliluettelo**

Materiaaliluetteloihin listataan projektissa tarvittavat materiaalit, kuten kaapelihyllyt, niiden asennustarvikkeet, yleiset pienasennustarvikkeet, ristikytkentälangat, kaapelien suojaputket, erilaiset laipat, tiivisteet, metalliletkut jne. Materiaaliluetteloon luetellaan siis hyvin laajalti kaikki projektissa tarvittavat pienemmät tarvikkeet, joita ei hankita hankintamärittelyillä. Materiaaliluettelon pääsääntöinen tarkoitus on toimia urakoitsijan materiaaliluettelona ja auttaa kustannusarvion laskennassa.

## **Ristikytkentälistat**

Ristikytkentälistassa esitetään ristikytkentäkaapin sisäiset kytkennät ja kaappiin liittyvät asiat, kuten tulevat ja lähtevät kaapelit, listamuodossa. Listasta ilmenee, mikä runkokaapeli ristikytkentäkaappiin tulee, mille liitinrimalle ja mihin liittimiin se kytketään, miten ristikytkentä tehdään ja miltä liitinrimalta ristikytkennän jälkeen kaapeli lähtee kaapista. Ristikytkentälistassa voidaan esittää samalla myös I/O kaapista tiedot, mihin logiikan osoitteeseen kaapelit kytketään. Liitteessä 6 on esitetty Excel-muotoinen ristikytkentälista.

## 5 POHDINTA

Jotta dokumenttipohjakirjaston luomiseen saatiin tarpeeksi käytännönläheinen näkemys, oli opinnäytetyöprosessin aluksi tärkeää perehtyä kattavasti instrumentointisuunnitteluun ja siihen, miten sitä toteutetaan Swecolla. Kun itse instrumentointisuunnittelusta oli laajempi käsitys, voitiin mallipohjakirjastolle tehdä alkuselvittelyt haastattelemalla muita suunnittelijoita. Alkuseelvityksen perusteella kirjaston kokonaisuudesta ja tarpeista päästiin paremmin selville, ja tämän myötä opinnäytetyölle saatiin tehtyä rajausta.

Työn tuloksena syntyi tutkimus instrumentointisuunnittelusta ja siitä, miten suuri nykyaikainen organisaatio sitä toteuttaa. Työssä luotiin lisäksi mallidokumentteja ja dokumenttipohjia sisältävä kirjasto instrumentointisuunnittelijoiden työn tueksi. Kirjastolle luotiin kansiorakenne, johon dokumentit sijoitettiin, ja Excel-pohjainen hakukone, jolla dokumentteihin pääsee helposti käsiksi. Kansiorakenne sijoitettiin Swecon tietokantaan ja hakukone Swecon intraan. Kirjastoon koottiin kattava määrä asiakasmalleja, joista parhaimmista räätälöitiin myös mallipohjat. Kirjasto sai kannatusta muilta suunnittelijoilta, joita työn aikana haastateltiin. Lopputuloksena syntyi suunnittelijalta vaivaa ja aikaa säästävä kirjasto, joka voi toimia myös uudelle työntekijälle opiskelualustana. Kirjaston avulla uusi työntekijä voi perehtyä malliaineistoihin saadakseen käsityksen siitä, millaisia dokumentteja projektin myötä luodaan. Myöskin opinnäytetyön instrumentoinnin esittelyosuus voisi toimia lähtölaukaisuna uudelle instrumentointisuunnittelijalle.

Mallipohjakirjaston todellinen hyöty nähdään ajan kuluessa, kun Swecolla tehdään uusia projekteja. Mallipohjakirjasto saavuttaa täyden potentiaalinsa sen myötä, kun projekteja on tehty muutamia, sillä projekteissa saattaa ilmetä tarpeita tietynlaisille dokumenteille, jotka ovat enemmän projektikohtaisia. Tällaiset dokumentit joudutaan projektin tullen luomaan alusta alkaen, mutta niistä saadaan lisäys täydentämään kirjastoa. Mallipohjakirjaston dokumentit ovat myös ajan saatossa vanhenevia uusiutuvien standardien ja säädösten takia. Tästä syystä mallipohjakirjaston dokumenttien ajantasaisuuteen täytyy vuosien saatossa tehdä tarkastus- ja päivityskierros aika ajoin.

## LÄHTEET

Automaatioseura. 2007. Automaatiosuunnittelun prosessimalli. Luettu 9.3.2019. [https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/automaatiosuunnittelun\\_prosessimalli.pdf](https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf)

Edgefx. 2014. Understanding about Industrial Instrumentation in Real Time Applications. Luettu 8.4.2019. <https://www.edgefx.in/industrial-instrumentation-in-real-time-applications/>

Karvonen, H. 2014. Instrumentointisuunnittelu osana tehdaslaajennusta. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Metropolia ammattikorkeakoulu. Insinööriyö.

Kauppalehti. n.d. Sweco Industry Oy. Luettu 25.1.2019. <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/sweco+industry+oy/03509419>

Kesti, M. 1992. Teollisuusputkistot. Helsinki: Valtion painatuskeskus

Projekti-instituutti. 2012. Projektijohtamisen sanasota. Luettu 9.3.2019. [https://www.projekti-instituutti.fi/materiaalit/projektijohtamisen\\_sanasto](https://www.projekti-instituutti.fi/materiaalit/projektijohtamisen_sanasto)

PSK 4603. 1996. Automaation hankinta ja instrumentointi. Luettu 18.2.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma46/PSK4603.pdf>

PSK 5203. 2003. Instrumenttiasennusten tyyppiirustukset ja hankintarajat. Luettu 5.4.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma52/KK2kokonaan.pdf>

PSK 7503 2013. Suunnittelun tunnusluvut. Luettu 7.4.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma75/PSK7503-2p.pdf>

SFS 5059. 2008. Instrumentointi, Instrumenttien sijoittaminen prosessiin. Luettu 8.3.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/SFS/ID2/5/41978.html.stx>

Silfverberg, P. 2009. Ideasta projektiksi: projektinvetäjän käsikirja. Helsinki: Edita

Sivonen, M. 1995. Teollisuuden instrumentointi. Helsinki: AEL.

Sweco. n.d.. Tietoa Swecosta. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu 25.1.2019. <https://www.sweco.fi/tietoa-swecosta/>

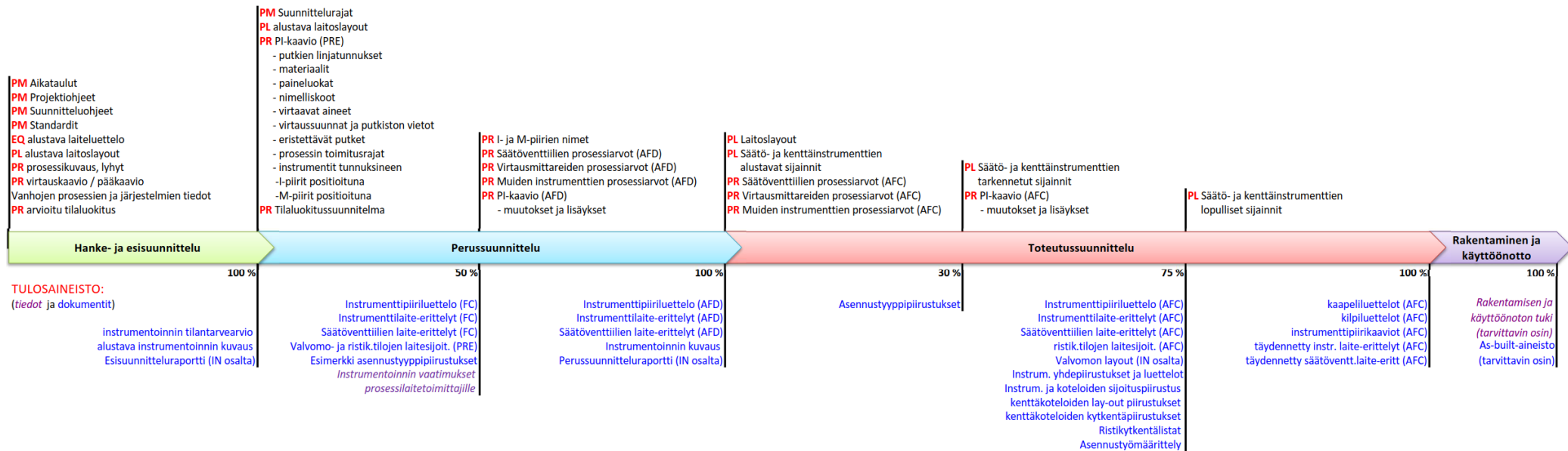
Sweco@Work. Swecon toiminnanohjausjärjestelmä. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu 9.3.2019. <http://intranet.fi/swecowork/>

Vuosikertomus 2018. Sweco AB Year End Report. Luettu 15.2.2019. <https://www.sweco.fi/globalassets/ir/2019/20190213-sweco-q4-2018-final.pdf>

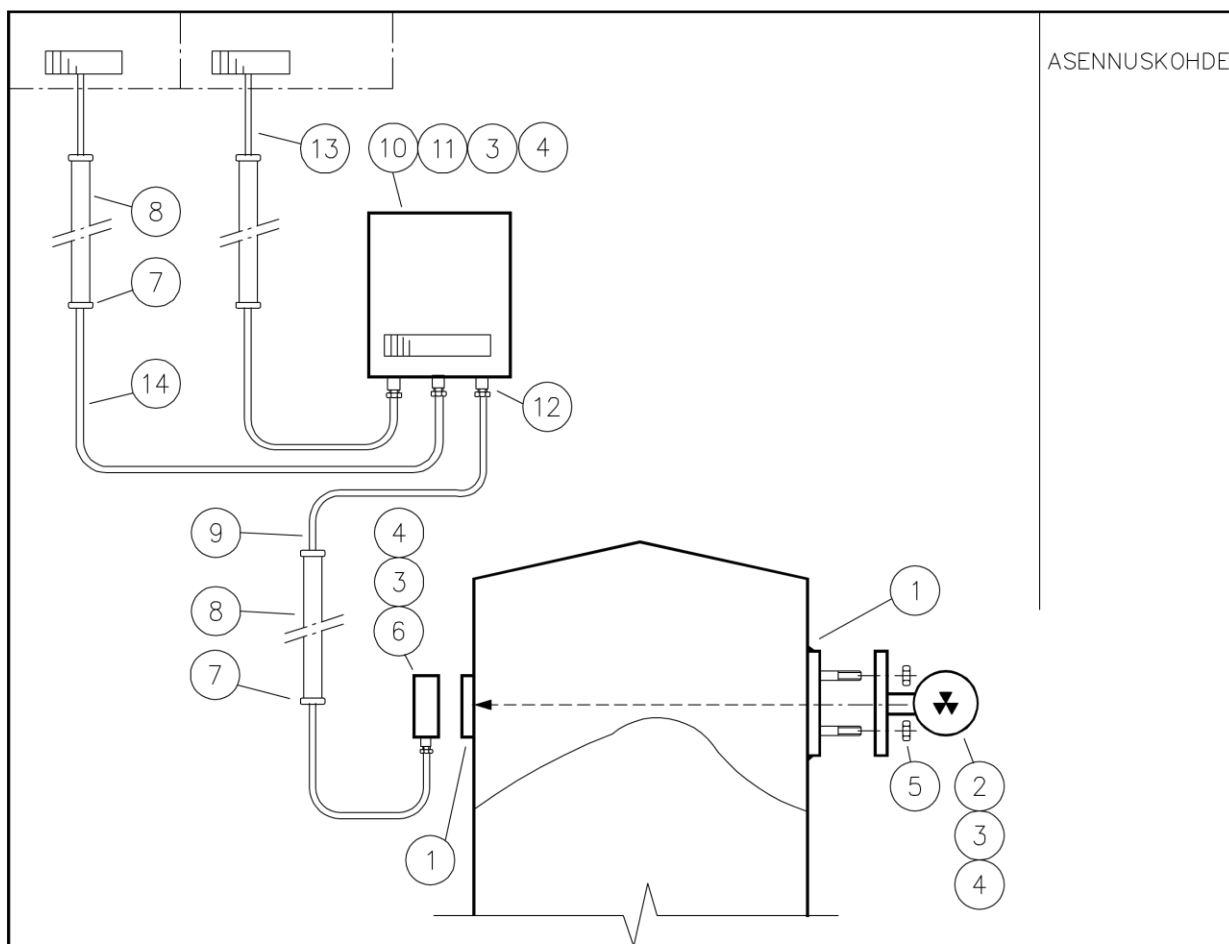
## LIITTEET

## Liite 1. Instrumentointisuunnittelun tiedonvaihto projektin elinkaarella (Sweco@Work)

## LÄHTÖTIEDOT



Liite 2. Radioaktiivisen pintakytkimen asennustyyppiin (PSK 5203. 2003, 92)



16	3 KPL	VAROITUSKILPI		P02	TI	IU	
15		KIINN.- JA MERKK.TARVIKK.		U71	IU	IU	
14	M	SYÖTTÖKAAPELI	CU	W11	IU	IU	
13	M	VIESTIKAAPELI	CU	W01	IU	IU	
12	4 KPL	LÄPIVIENTIHOLKKI TIIVISTEINEEN		X72	IT	IU	
11	1 KPL	ASENNUSTARVIKKEET		U02	IU	IU	
10	1 KPL	VAHVISTIN		T11	IT	IU	ERITTELYN MUKAAN
9	M	ERIKOISKAAPELI		W41	IT	IU	ERITTELYN MUKAAN
8	M	SUOJAPUTKI 19 x 1,5	AL	F01	IU	IU	
7	6 KPL	PUTKENPÄÄTE	MUOVI	F09	IU	IU	KÄYTETÄÄN TARVITTAESSA
6	1 KPL	ANTURI		B02	IT	IU	ERITTELYN MUKAAN
5	4 KPL	MUTTERI JA ALUSLEVY		U53	IU	IU	
4	3 KPL	NIMIKILPI		P01	IU	IU	
3	3 KPL	NIMIKILVEN KANNATIN		U11	IU	IU	
2	1 KPL	SÄTEILYLÄHDE		E01	IT	IU	ERITTELYN MUKAAN
1	2 KPL	ERIKOISYHDE		X93	PU	PU	
OSA	MÄÄRÄ	NIMITYS	AINE	KOODI	H	A	HUOMAUTUKSIA

A=ASENTAA, H=HANKKII, IT=INSTR.TOIMITT., IU=INSTR.URAK., TI=LAITTEEN TILAAJA, PU=PUTKIURAK., SU=SÄHKÖURAK.

PSK Standardisointi

INSTRUMENTOINTI ASENNUSTYYPPIPIIRUSTUS

PSK 5203

PINNANMITTAUS, RADIOAKTIIVINEN

PINTAKYTKIN

AL17

Pvm

Suun.

Tark.

Hyv.

Muutos  
94

Piir.no.









