



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# PI-KAAVIoidEN PÄIVITYSPROJEKTI

Aku Manninen

Opinnäytetyö  
2018  
Biotuote- ja prosessiteknikka  
Prosessiteknikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Biotuote- ja prosessitekniikka  
Prosessitekniikka

MANNINEN, AKU:  
PI-kaavioiden päivitysprojekti

Opinnäytetyö 42 sivua, joista liitteitä 7 sivua  
Toukokuu 2018

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Solenis Finland Oy:n Kymene-prosessin päivitetty PI-kaavio (putki- ja instrumentointikaavio) ja Spectrum NT -prosessin kokonaan uusi PI-kaavio. Kaavioiden piirtämisen lisäksi työhön sisällytettiin edellä mainittujen prosessien putkistojen ja laitteiden merkitseminen tehtaalla. Yritys tuotti opinnäytetyön lähtökohtaisesti tehtaan kunnossapidon käyttötarkoituksiin.

PI-kaavioista laadittiin työn alkuvaiheessa paperiset versiot, joiden pohjalta piirrettiin lopulliset PI-kaaviot AutoCAD 2017 -ohjelmalla. Kaavioiden ulkoasu laadittiin vastaamaan yrityksessä käytössä olevaa mallia ja laitteiden positiotunnuksia luotaessa huomiointiin laitoskohtainen käytäntö. Yhteistyötä tehtiin prosessioperaattorien, kunnossapitotyöntekijöiden ja ulkopuolisten automaatioasiantuntijoiden kanssa. Kaaviot piirrettiin tehtaan tiloissa ja ne arkistoitiin sähköisinä ja paperisina dokumentteina.

Opinnäytetyön tekeminen painottui kaavioiden laatimiseen ja siihen liittyvään selvitystyöhön. Kirjallisuusosassa käsitellään työn suoritusta sekä standardien määrittelemiä PI-kaavioiden piirtämisen ohjeita, joita sovellettiin työn suorituksessa. Lisäksi käsitellään laitoskohtaisia piirtämisen käytänteitä ja laitteiden positiotunnusten luomista. Työssä laaditut PI-kaaviot ja laiteluettelot määriteltiin salassa pidettäviksi ja ne luovutettiin yrityksen käyttöön.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Bioproduct and Process Engineering  
Process Engineering

MANNINEN, AKU:  
Update Project of P&IDs

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 7 pages  
May 2018

---

The goal of this thesis was to create an updated P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) of the Kymene process and a new P&ID of the Spectrum NT process for Solenis Finland Ltd. The subject included marking the pipes and the equipment of the above mentioned processes at the plant. The thesis was mainly made for the needs of the plant maintenance.

The first versions of the P&IDs were drawn on paper and the final diagrams were created with AutoCAD 2017 software. The items of the equipment were located in the diagrams in the operating order and the identification codes for the equipment were created by following the common coding logic used at the plant. Parts of the work were conducted in cooperation with process operators, maintenance workers and automation experts. The diagrams were drawn at the plant and filed as paper and electronic documents.

The major part of the process was drawing the P&IDs and searching the information to be presented in the diagrams. The written part of the thesis deals with the execution of the work and the standards consisting of the rules of drawing which were followed when drawing the diagrams. In addition, some plant-specific habits of drawing P&IDs and naming the equipment with identification codes are presented. The P&IDs and the equipment lists created during the process are confidential and they were given to the company.

---

Key words: AutoCAD 2017, P&ID

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	SOLENIS FINLAND OY.....	7
3	PI-KAAVION LAATIMINEN .....	8
	3.1 Tietosisältö.....	8
	3.2 Ulkoasu.....	10
	3.2.1 Piirustuslomake .....	10
	3.2.2 Layout .....	11
	3.2.3 Piirrosmerkit .....	13
	3.2.4 Putkilinjatunnus .....	13
	3.3 Instrumentoinnin merkitseminen .....	15
4	PI-KAAVION PIIRTÄMINEN AUTOCAD-OHJELMALLA.....	18
	4.1 Viivat .....	18
	4.2 Teksti.....	19
	4.3 Tasot .....	20
	4.4 Attribuutit .....	22
5	TYÖN SUORITUS .....	24
	5.1 Työn aloitus .....	24
	5.2 Kymene-prosessin PI-kaavion päivitys .....	25
	5.3 Spectrum NT -prosessin PI-kaavion piirtäminen.....	26
6	POSITIOTUNNUKSET .....	28
	6.1 Käytäntö .....	28
	6.2 Spectrum NT positiotunnukset .....	30
7	POHDINTA .....	31
	LÄHTEET .....	33
	LIITTEET.....	35
	Liite 1. Kymene-reaktorin PI-kaavio 2105 .....	35
	Liite 2. Kymene-työsäiliön PI-kaavio 2106.....	36
	Liite 3. Kymene raaka-aine- ja tisesäiliön PI-kaavio 2104.....	37
	Liite 4. Spectrum NT -prosessin PI-kaavio 4002.....	38
	Liite 5. Kymene automaattiventtiililuettelo .....	39
	Liite 6. Kymene instrumenttiluettelo.....	40
	Liite 7. Spectrum NT automaattiventtiili- ja pumppuluettelo.....	41
	Liite 8. Spectrum NT instrumenttiluettelo .....	42

**LYHENTEET JA TERMIT**

AKD	alkyyliketeenidimeeri
CAD	computer-aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu
DIN	Deutsche Institut für Normung e.V., saksalainen standardisoi- misinstituutti
DN	Diamètre Nominal / Diameter Nominal, nimellinen putkikoko
PI-kaavio	putki- ja instrumentointikaavio, myös putkitus- ja instrumen- tointikaavio
HTP	high temperature process
ISO	International Organization for Standardization, kan- sainvälinen standardisoiomisjärjestö
KKS	Kraftwerk Kenzeichnung System, tunnusjärjestelmä
Layout	sijoitussuunnitelma
P&ID	pipng and instrumentation diagram
PSK	PSK Standardisointiyhdistys ry
PVC-U	pehmitetty polyvinyylidloridi
SFS	Suomen Standardisoiimisliitto SFS ry

## 1 JOHDANTO

Prosessiteollisuuden laitosten toiminnan kannalta on tärkeää luoda järjestelmälliset dokumentit jokaisesta prosessista ja järjestelmäkokonaisuudesta. Yhtenäinen ja yksityiskohtainen dokumentointi lisää työskentelyn tehokkuutta ja varmistaa tiedon siirtymisen organisaatiossa uusille työntekijöille. Työskentelyn tehokkuus ja tiedon siirtyminen ovat laitoksen tuottavuuden ja toimintavarmuuden kannalta kriittisiä tekijöitä.

Tämän opinnäytetyön aiheena oli laatia Solenis Finland Oy:n Tampereen tehtaan Spectrum NT -prosessin PI-kaavio ja päivittää Kymene-prosessin osalta jo aikaisemmin laadittu PI-kaavio. Lisäksi työn aiheeseen kuuluivat kyseisten prosessien osalta tehtaalla suoritettava nimeämättömien laitteiden positiotunnusten merkkäminen laadittujen PI-kaavioiden pohjalta sekä putkilinjojen yhtenäinen merkitseminen. Toimeksiantajan toiveesta uusi Spectrum NT -prosessin PI-kaavio ulkoasu laadittiin vastaamaan laitoksen muiden PI-kaavioiden muotoa. Työn tavoitteena oli laatia yhdenmukaiset ja päivitetty PI-kaaviot tehtaan kunnossapidon ja muiden työntekijöiden käyttöön. Kaavioiden laatimisen lisäksi prosessien uusien laitteiden tiedot lisättiin prosessikohtaisiin laiteluetteloihin.

Kirjallisuusosassa käsitellään PI-kaavioiden piirtämistä ohjeistavia standardeja ja niiden soveltamista työn suorituksessa. Suomalaisissa SFS- ja PSK-, sekä kansainvälisissä ISO-standardeissa käsitellään kaavioiden piirtämistä laaja-alaisesti, ja uusia ohjeistuksia päivitetään standardeihin jatkuvasti. Työssä käsiteltävät ohjeistukset ovat standardien mukaisia ja niitä käytettiin työn pohjatietoina. Piirtämisen menettelyt vaihtelevat laitospohjaisesti, mikä edellytti myös tämän työn suorituksessa standardien soveltamista niin, että lopputuloksena olisivat mahdollisimman tarkoituksenmukaiset PI-kaaviot.

Opinnäytetyön tekeminen oli mielenkiintoista, koska aiheessa yhdistyivät käytännölläinen putkistojen kartoittaminen ja kaavioiden piirtäminen sekä standardeihin ja muihin aineistoihin kootun kirjallisen tiedon etsiminen. Prosessien putkitusten ja laiteratkaisuiden ymmärtäminen sekä automaatiojärjestelmien kokonaisuuksien hahmottaminen kehittivät, mikä motivoi työn suorituksen haastavissa vaiheissa. Konkreettisiksi tavoitteiksi asetetut PI-kaaviot olivat työn ydin ja niiden etenemisen huomaaminen oli palkitsevaa.

## 2 SOLENIS FINLAND OY

Solenis Finland Oy kuuluu amerikkalaiseen Solenis-konserniin, joka tuottaa kemikaaleja useille eri teollisuudenaloille. Asiakkaita ovat mm. paperi- ja sellu-, öljy- ja kaas-, kemikaali-, kaivos-, biojalostus- ja energiateollisuus. Tuotteisiin lukeutuvat prosessi-, vedenkäsittely ja funktionaaliset kemikaalit sekä seuranta- ja ohjaujärjestelmät. Solenis-konsernilla on 3700 työntekijää 118:sta maassa. Strategisesti asiakkaiden lähelle sijoitetut 37 tuotantolaitosta toimivat viidellä eri maanosalla ympäri maailmaa. (Solenis 2018.)

Tampereella toimiva Solenis Finland Oy valmistaa liimoja ja prosessikemikaaleja pape-riteollisuudelle. Tehtaalla valmistetaan tuotteita neljällä varsinaisella tuotantolinjalla, joita ovat Kymene-, HTP-, AKD- ja prosessikemikaaliprosessit. Prosesseista jatkuvatoimisia ovat HTP ja AKD ja panostoisia prosessikemikaalit ja Kymene. Lisäksi tehtaalla on lastausyksikkö, jossa tuotteita lastataan säiliöautoihin tai pakataan nestepakkauksiin, jotka kuljetetaan asiakkaille. (Heikkilä A. 2015, 8 [Olkinuora 2015].)

Solenis Finland Oy:n liikevaihto oli vuonna 2016 37,745 miljoonaa euroa ja liiketoiminnan tulos 1,106 miljoonaa. Yhtiön omavaraisuus oli vuonna 2016 46 % ja se työllisti 55 henkilöä. (Suomen Asiakastieto Oy 2018.)

### 3 PI-KAAVION LAATIMINEN

PI-kaavio eli putkisto- ja instrumenttikaavio on kaaviomuotoinen dokumentti, joka sisältää yksityiskohtaista tietoa siinä kuvatussa kokonaisuudesta. Kuvattuja kokonaisuuksia ovat yleisesti yksittäiset prosessit ja käyttöhyödykejärjestelmät, joiden PI-kaavioissa esitettävien tietojen vähimmäisvaatimukset on esitetty suomalaisessa PSK 3602 -standardissa. PI-kaavio laaditaan tukemaan prosessin suunnittelua, käyttöä, kunnossapitoa ja jatkokkehitystä sekä helpottamaan valvontaviranomaisten työtä. (PSK 3603 2012.)

PI-kaavioiden laatimisen yleiset ohjeet on määritelty eurooppalaisessa standardissa EN ISO 10628-1, joka on vahvistettu suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi SFS-EN ISO 10628-1. Prosessikaavioiden piirtämistä ohjeistava standardi käsittelee PI-kaavioiden piirtämistä vain yleisellä tasolla, ja yksityiskohtaisempia ohjeita antavat suomalaiset PSK- ja SFS-standardit. Kattavia suomalaisia standardikokonaisuuksia päivitetään ja niissä annetaan joitakin vapauksia sopia piirtämisen käytänteistä tapauskohtaisesti, minkä vuoksi eri suunnittelutoimistojen piirtämät ja eri tuotantolaitoksista piirretyt PI-kaaviot voivat poiketa toisistaan. Erityisesti moniosastoisissa tuotantolaitoksissa, joissa toimii useita urakoitsijoita, on tärkeää noudattaa yhtenäisiä tehdaskohtaisia menettelyjä PI-kaavioiden laatimisessa.

#### 3.1 Tietosisältö

Prosessin esisuunnitteluvaiheen PI-kaavioiden tietosisältöihin ei oteta kantaa PSK-standardeissa. Suunnittelun edetessä siirrytään perussuunnitteluvaiheeseen, jossa prosessista luodaan alustava PI-kaavio. Alustavassa PI-kaaviossa vaadittava tietosisältö määritellään standardeissa PSK 3602 ja PSK 3603. Perussuunnitteluvaiheessa laadittavassa PI-kaaviossa esitetään putkisto, instrumentointi ja standardissa PSK 3605 ryhmitellyt laitteet, jotka on koottu taulukkoon 1. PSK 3605 -standardi perustuu SFS-EN ISO 10628-2 -standardiin ja siihen on tehty lisäyksiä, jotka koskevat mm. mittaus- ohjaus ja säätötoimintojen merkitsemistä. (PSK 3602 2008.)



TAULUKKO 1. PI-kaavioissa esitettävät laitteet (PSK 3605 2016, 2-3)

Tunnus	Aiheryhmä	Tunnus	Aiheryhmä
01	Säiliöt	18	Nostimet, kuljettimet, kuljetuslaitteet
02	Kolonnit sisäosineen	19	Annostelijat, syöttimet, jakelulaitteet
03	Lämmönsiirtimet	20	Moottorit
04	Höyrykattilat, uunit, jälkijäähdyttimet	21	Venttiilit
05	Jäähdytystorni	22	Takaiskuventtiilit
06	Suodattimet	23	Varoventtiilit ja turvavarusteet
07	Seulat, sihdit, lajittimet	24	Putkivarusteet
08	Erottimet	25	Putkistosymbolit
09	Lingot	26	Säiliövarusteet
10	Kuivaimet	27	Sisäosat
11	Murskaimet / Jauhimet	28	Sekoittimet
12	Sekoitinlaitteet	29	Symbolien rakenneosia
13	Materiaalinmuokkaimet, pystysuuntainen	50	Mittaus-, ohjaus ja säätötoiminnot
14	Materiaalinmuokkaimet, vaakasuuntainen	51	Toimilaitteet
15	Pumput	52	Mittauslaitteet
16	Kompressorit, tyhjöpumput	60	Vaa'at
17	Puhaltimet	90	Muut

Suunnittelun yksityiskohtaisessa vaiheessa laaditaan lopullinen PI-kaavio, jonka grafiikassa esitetään laitetunnuksen lisäksi useimpien laitteiden nimet. Sähköiseen PI-kaavioon liitetään myös piilotettuja attribuuttitietoja, jotka tarkentavat laitetietoja. Kaikille PSK 3605:ssä esitetyille ryhmille on määritelty standardissa PSK 3602 tarkentavat ryhmäkohtaiset attribuuttitiedot, jotka saadaan tarkasteltaviksi AutoCAD 2017 -ohjelmalla tuplaklikkaamalla tarkasteltavan laitteen symbolia. Taulukkoon 2 on koottu pumpuille ja säiliöille lopullisiin PI-kaavioihin laadittavat attribuuttitiedot. Lihavoidut tiedot esitetään grafiikassa näkyvinä. (PSK 3602 2008.)

TAULUKKO 2. Pumppuihin ja säiliöihin liitettävät attribuuttitiedot (PSK 3602 2008, muokattu)

Pumput (15)	Säiliöt (01)
<b>Tunnus</b>	<b>Tunnus</b>
Nimi	<b>Nimi</b>
Prosessiaine	Prosessiaine
Käyttölämpötila max	Suunnittelupaine max
Käyttölämpötila min	Suunnittelulämpötila max
<b>Tilavuusvirtaus</b>	Suunnittelulämpötila min
<b>Nostokorkeus</b>	Suurin sallittu alipaine
Suunnittelupaine max	Tilavuus
Suunnittelulämpötila max	Tyyppi
Suunnittelulämpötila min	Materiaali
Tyyppi (PSK 6151 Alaluokka)	Halkaisija
	Korkeus
	Pituus
	Erityistarve

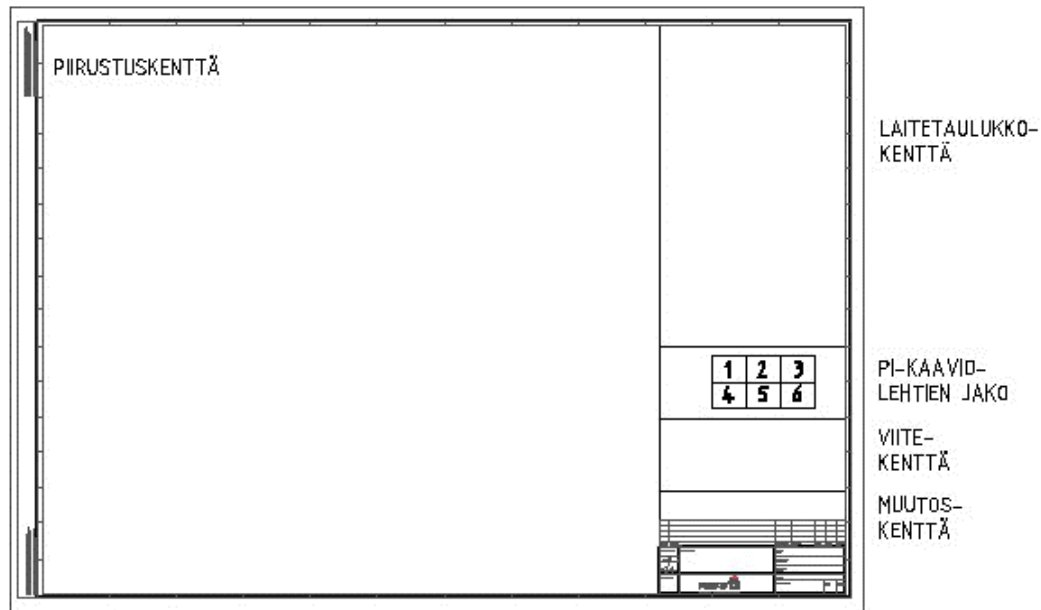
### 3.2 Ulkoasu

PI-kaavioiden ulkoasun laatimista ohjeistaa standardi PSK 3603, jossa määritellään laitteiden esitystapa ja ohjeistetaan niiden merkitsemistä. Standardissa esitetään tapa luoda laitteille positiotunnukset, jota suositellaan käytettäväksi tilanteissa, joissa laitoksella ei ole käytössä yhtenäistä laitteiden nimeämisjärjestelmää. Standardissa viitataan useisiin tarkentaviin PSK-standardeihin ja se pohjautuu SFS-EN ISO 10628 -standardiin. (PSK 3603 2012.)

#### 3.2.1 Piirustuslomake

PI-kaaviot suositellaan suunniteltaviksi A1-kokoon, jotta ne ovat tulostettavissa pienen standardiarkin kokoon A3. Pienelle standardiarkille sijoitetaan osaprosessin laitteet vaakalinjaan oikeassa järjestyksessä. Kaaviot voidaan piirtää myös suurelle standardiarkille, esim. kokoon A0 tai erikoispitkälle arkille. (PSK 3603 2012, 5.)

Tässä työssä piirretyt ja päivitettyt PI-kaaviot tehtiin A1 kokoiselle pohjalle, joka oli käytössä useimmissa yrityksen kaavioissa. Kokonaan uusi Spectrum NT -prosessin PI-kaavio piirrettiin kokonaisuudessaan yhdelle pienelle standardiarkille. PI-kaaviot tulostettiin kokoon A3, jotta ne olisivat selkeitä ja arkistoitavissa kaaviokansioon. Kuvassa 1 on esitetty piirustuslomakkeen yleinen kenttäjako.



KUVA 1. Piirustuslomakkeen jako kenttiin (PSK 3603 2012, 5)

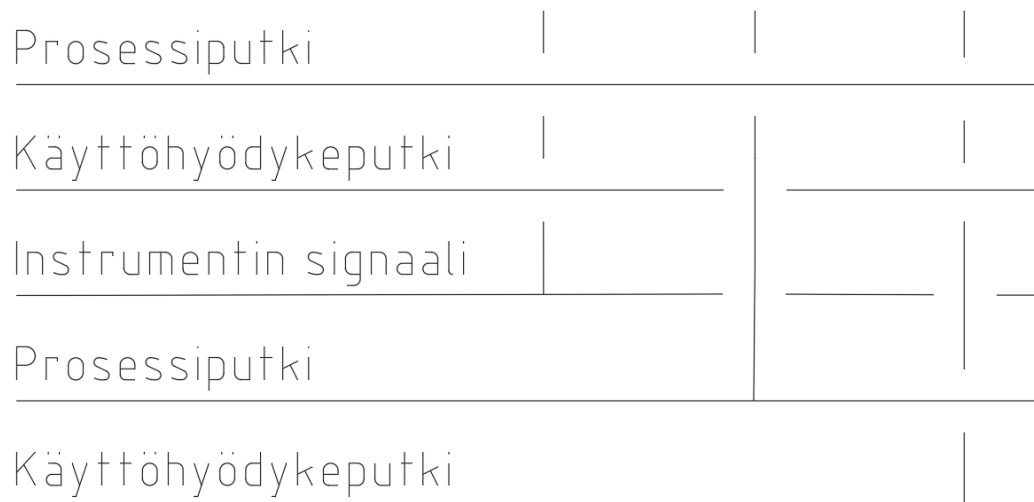
### 3.2.2 Layout

Lähtökohtaisesti kaikista prosessiin yhteydessä olevista käyttöhyödykejärjestelmistä piirretään prosessin operoitavuuden kannalta tärkeät osuudet prosessin PI-kaavioihin. Monimutkaisten prosessien PI-kaaviot piirretään usealle kaaviolehdelle ja niissä käyttöhyödykkeiden linjojen alku- ja päätepisteissä esitetään viittaukset niihin käyttöhyödykkeiden PI-kaaviolehtiin, joissa linjat jatkuvat. Yksikertaisten prosessien PI-kaaviot piirretään kokonaisuudessaan yhdelle kaaviolehdelle, jossa esitetään kaikki prosessiin yhteydessä prosessi- ja käyttöhyödykelinjat. (PSK 3603 2012, 7.)

Laitteet pyritään sijoittamaan PI-kaavioon laitesijoituspiirustusten mukaisessa järjestyksessä niin, että niiden järjestys vastaa suhteellisesti todellisuutta. Prosessin tulo- ja lähtö-

virtaukset sijoitetaan kaavioille niin, että vasemmalta puolelta prosessiin tulevat ja oikealle siitä lähtevät virtaukset. Mikäli kaavion luettavuus heikentyy, säännöstä voidaan poiketa. (PSK 3603 2012, 7.)

Putkilinjat piirretään mahdollisimman yksinkertaisiksi, välttämättä turhia mutkia ja risteyskohtia. Kaikki putkilinjojen haarat, laitteet ja instrumentit tulee piirtää todellisuutta vastaavassa järjestyksessä PI-kaavioon. PI-kaaviossa putkien risteyskohdat merkitään katkaisemalla toinen putkilinja ylityksen kohdalta. Risteyskohdissa yhtenäisillä viivoilla merkitään pääprosessiputket, pääkäyttöhyödykeputket ja vaakasuora viiva toisiaan vastaavien putkien risteyskohdassa. Instrumenttisignaali viivat katkaistaan niiden risteytyessä prosessi -tai käyttöhyödykeputken kanssa. Kuvassa 2 on esitetty tässä työssä käytetty risteyskohtien merkitsemistapa. (PSK 3603 2012, 7-8.)



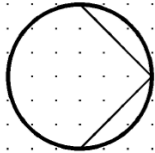
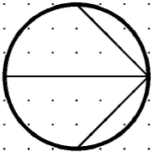
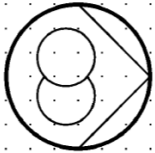

KUVA 2. Putki- ja signaaliviivojen risteyskohdat PI-kaaviossa

Virtaussuuntaa osoittava nuoli piirretään putkien liittymäkohtiin, laitteiden tuloihin ja yleensä putkien kulmiin välittömästi ennen suunnanmuutosta. Putkiin, joissa virtaus tapahtuu molempiin suuntiin, virtausnuolet piirretään 20mm päähän toisistaan osoittamaan päinvastaisiin suuntiin. (PSK 3603 2012, 8.)

### 3.2.3 Piirrosmerkit

PI-kaavioiden piirrosmerkit on määritelty standardissa SFS-EN ISO 10628-2, johon suomenkielinen PSK 3605 perustuu. Näitä standardeja suositellaan käytettäväksi yhdessä, koska PSK-standardi täydentää SFS-standardia. (PSK 3605 2016, 1.)

Käytettävät symbolit on piirretty moduuliruudukolle, jossa pisteiden etäisyys on 2,5 mm. Symbolit piirretään saman moduulin mukaan myös CAD-ohjelmilla, joiden perusyksikkö on millimetri. Symbolien ääri viivoille on käytetty viivaleveyttä 0,5mm ja sisäosille 0,25mm. Venttiilien ja instrumenttien symbolit on piirretty kokonaisuudessaan 0,25mm leveällä viivalla. Kuvassa 3 on esitetty erilaisten pumppujen piirrosmerkkejä. (PSK 3605 2016, 3.)

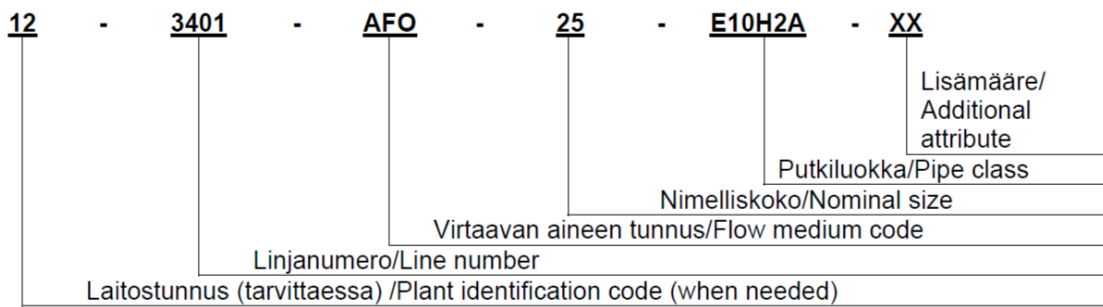
Aiheryhmä 15 Subject group 15	Pumput Liquid pumps		
 <p>A1501 Pumppu, (yleinen) Pump, liquid type (general)</p>	 <p>A1502 Keskivakopumppu Pump, centrifugal type</p>	 <p>A1503 Hammasratapumppu Pump, gear type</p>	 <p>A1504 Ruuvipumppu Pump, screw type</p>

KUVA 3. Pumppujen piirrosmerkkejä (PSK 3605 2016, 19, muokattu)

### 3.2.4 Putkilinjatunnus

Putkilinjalle on annettava oma putkilinjatunnus, jos putkilinja käsittää kahden laitenumeroitun laitteen, laitenumeroitun laitteen ja toisen putkilinjan tai kahden putkilinjan välisen osuuden. Yksilöllinen putkilinjatunnus annetaan lisäksi putkille, jotka päättyvät nesteeseen tai ilmaan. Putkilinjan numero säilyy samana linjan mennessä esim. venttiilien, pienten suodattimien, mittalaitteiden tai lahteenerottimien läpi. Omia putkilinjan numeroita ei anneta myöskään säätöventtiilien ohituksille tai muille vastaaville lyhyille putkille. (PSK 3603 2012, 12.)

Putkilinjatunnus koostuu putkilinjan yksilöllisestä numerosta, virtaavan aineen tunnuksesta, putken nimelliskoosta ja putkiluokasta. Putkilinjatunnuksen muodostaminen on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Putkilinjatunnus (PSK 3603 2012, 17)

Putkissa virtaavien aineiden nimeäminen on määritelty standardissa PSK 0901. Virtaavan aineen tunnus on standardin mukaan kolmekirjaiminen ja sen ensimmäinen kirjain määrittää aineen ryhmän. Ryhmät on muodostettu aineiden kemiallisten ominaisuuksien perusteella ja niiden kirjaintunnuksia on koottu taulukkoon 3. (PSK 0901 2001, 13.)

TAULUKKO 3. Virtaavien aineiden ryhmätunnukset (PSK 0901 2001, 2, muokattu)

Tunnus	A	E	G	K	P	R	V
Ryhmä	Hapot	Emäkset	Palavat kaasut	Palamattomat kaasut	Palavat nesteet	Muut nesteet	Vedet, lauhteet

Tunnuksen kaksi viimeistä kirjainta muodostavat aineen nimen lyhenteen. Kuvassa 4 oleva virtaavan aineen tunnus AFO tarkoittaa fosforihappoa, joka kuuluu happojen ryhmään A. Standardissa annetaan virtaaville aineille tunnuksien englanniksi ja suomeksi, mutta erikielisiä virtaavien aineiden tunnuksia ei tule käyttää yhdessä, koska osalla eri aineista on sama tunnus. Putkiluokkien tunnuksien määrittely on putken materiaalin mukaan standardissa PSK 4201. (PSK 0901 2001, 13.)

Putken nimelliskoolla (DN) tarkoitetaan putkistojen ja niiden osien keskinäistä suuruutta, jolla helpotetaan toisiinsa sopivien putkiston osien valintaa. Standardoidut nimelliskokojen arvot ovat luonnollisia kokonaislukuja, eikä niitä saa käyttää mittoina mitoituslaskeissa. Nimelliskoon lukuarvon merkitys vaihtelee käytetyn materiaalin mukaan, teräsputkille se tarkoittaa likimaista sisähalkaisijaa millimetreissä ja PVC-putkille putken ulkohalkaisijaa millimetreissä. (Kesti 1992, 27.)

Spectrum NT -prosessissa käytetyt PVC-U -putket kuuluvat putkiluokkaan 6L4A ja niiden ulkohalkaisijat on määritelty standardissa DIN 8062. Taulukossa 4 on esitetty standardin mukainen lipeän putkilinjan nimeäminen. (PSK 4201 2017, 6.)

TAULUKKO 4. Putkilinjatunnuksen muodostaminen

Linjanumero	Virtaavan aineen tunnus	Nimelliskoko	Putkiluokka
112	ENA	63	6L4A

Työn toimeksiantajan toivomuksesta käytettiin suomenkielisiä virtaavien aineiden tunnuksia, koska ne olivat lähtökohtaisesti käytössä laitoksen muissa PI-kaavioissa.

### 3.3 Instrumentoinnin merkitseminen

Instrumentti on yleisnimitys laitteelle, jota käytetään teollisuudessa prosessin tilan mittaamiseen, tiedon välittämiseen, muokkaamiseen tai prosessin ohjaamiseen. Instrumentointijärjestelmällä tarkoitetaan yksittäisten instrumenttien ja niihin liittyvien asennusmateriaalien luomaa kokonaisuutta, jolla tehdas tai sen osa automatisoidaan. (Sivonen 1995, 9.)

Instrumenttien piirit voidaan merkitä PI-kaavioihin eri tavoin, riippuen PI-kaavion käyttötarkoituksesta. Piiri voidaan merkitä yksityiskohtaisesti laitteen ja toiminnon tarkkuudella, tai yksinkertaisemmin kirjoittamalla ympyrän sisään koko piirin toiminta kirjaintunnuksin. Usein instrumentin piiri merkitään yksinkertaisemmalla tavalla, jotta PI-kaavion luettavuus säilyy. (Sivonen 1995, 157.)

Tunnuskirjaimilla kuvataan instrumenttien toimintaa ja mitattavia suureita. Kirjaimet merkitään instrumenttien piirrosmerkkien sisään taulukon 5 mukaan, johon on koottu kirjaintunnuksen merkityksiä. Kirjaimet tulevat osittain englanninkielisten sanojen alkukirjaimista ja pohjautuvat SFS-ISO 14617-6 -standardiin. Instrumenteille annetaan lisäksi yksilölliset numerotunnukset, joiden käyttö määräytyy laitoskohtaisesti. Looginen, osasto-kohtainen numerointi nopeuttaa laitetietojen löytämistä sähköisistä asiakirjoista ja helpottaa laitteiden löytämistä tuotantotilassa.

TAULUKKO 5. Formaalisen tiedon käsittelyn toimintojen kirjaintunnukset (SFS-ISO 14617-6, 24-26, muokattu)

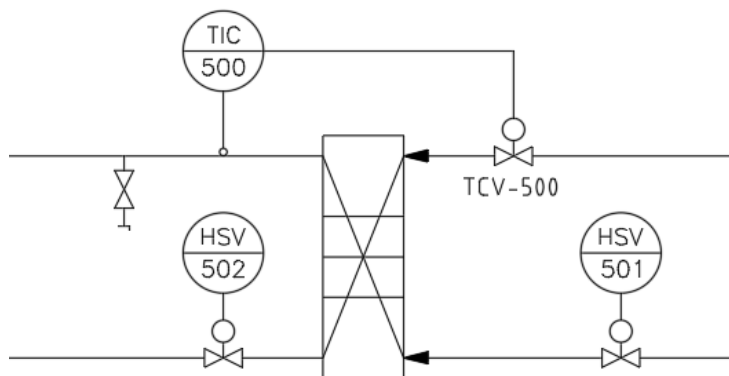
Kirjaintunnus	Mittasuure tai sen alkuperä	Lisämäärite	Toiminta
A			Hälytys
C			Ohjaus
D	Tiheys	Ero	
E	Sähkösuureet		Anturitoiminta
F	Virtaama	Suhde, murtoluku	
G	Suhde, asento pituus		Tarkastelu
H	Käsiohjaus		
I			Osoitus
J	Voima	Pyyhkäisy, jaksottainen toiminta	
K	Aika	Muutosnopeus	
L	Pinnan korkeus		
M	Kosteus	Hetkellisesti	
P	Paine, alipaine		Testauskohdan yhteys
Q	Laatu	Yhtenäinen, kokonainen	Yhdistäminen, summaaminen
R	Säteily		Rekisteröinti, tallennus
S	Nopeus, taajuus		Kytkentä
T	Lämpötila		Lähtettäminen
U	Monimuuttuja		Monitoiminta
V	Käyttäjän valittavissa		Vaikuttaminen prosessiin venttiilillä, pumpulla, jne.
W	Paino, voima	Kertominen	
Y	Käyttäjän valittavissa		Muuntaminen, laskenta
Z	Tapahtumien lukumäärä, määrä		Hätä- tai turvatoiminta

Tässä opinnäytetyössä laadittujen PI-kaavioiden instrumentit merkittiin ilmoittamalla koko instrumentin piirin toiminta instrumentin symbolissa, kuten muiden yrityksen PI-kaavioiden piirtämisessä oli menetelty. Toimintaa kuvaavan kirjainyhdistelmän lisäksi instrumenttien mittauskohdat ja kytkenät piirrettiin kaavioihin. Instrumenttien piirien



kytkennät selvitetiin lukemalla niiden logiikkaa ja seuraamalla prosessin ohjausta valvomolaitteilla. Mitta-antureille ja lähettimille ei piirretty erikseen omia instrumenttisympoleja PI-kaavioihin, jotta kaavioiden luettavuus säilyisi. Anturia ja sen paikkaa kuvattiin mittauskohdan pienellä ympyrä-symbolilla, johon liitettiin attribuuttitietoina anturin tiedot. Tuotantotilassa instrumentit merkittiin PI-kaavioihin laadittujen positiotunnusten mukaan.

Mittaus- ja ohjaus- ja säätötoimintojen piirrosmerkit on määritelty standardeissa PSK 3605 ja SFS-ISO 14617-6, joiden pohjalta instrumentin piiri voidaan piirtää yksityiskohteisesti. Tässä opinnäytetyössä laadituissa PI-kaavioissa instrumenttien piirit merkittiin kuvan 5 tavan mukaan. Kuvassa on esitetty kuvitteellinen esimerkki lämmönvaihtimeen liittyvän instrumentoinnin merkitsemisestä.



KUVA 5. Instrumentoinnin pelkistetty merkitsemistapa

PI-kaavioihin merkitään positiotunnuksin instrumenttipiirit sekä lukitus- ja hälytystarpeet. Hälytystarvetta ilmaistaan yhdellä kirjaimella instrumentin symbolin yläindeksissä ja lukitustarvetta kahdella kirjaimella. H- kirjaimella ilmaistaan ylärajaksi ja L-kirjaimella alarajaksi annettua hälytyksen tai lukituksen rajamääritystä. Yläindeksin asetusarvoa merkitsevilla kirjaimilla on erityistä merkitystä turvallisuuden kannalta. (Kippo, Tikka 2008, 93-94.)

## 4 PI-KAAVION PIIRTÄMINEN AUTOCAD-OHJELMALLA

PSK 5821 -standardi ohjeistaa kaksiulotteisten PI-kaavioiden laatimista CAD-ohjelmilla. Sen tarkoituksena on yhtenäistää esitystapaa ja helpottaa asiakirjojen siirtämistä eri ohjelmien välillä niin, että PI-kaavion tunnistettavuus, avautuminen, tulostettavuus ja ylläpitämisen edellytykset säilyvät. Yhtenäinen esitystapa mahdollistaa asiakirjojen avaamisen ja muokkaamisen vastaanottavalla järjestelmällä. (PSK 5821 1999, 1-2.)

### 4.1 Viivat

Kaaviossa käytettävien viivatyyppien tulee olla standardin ISO 128-20 mukaiset, jossa määritellyt viivatyytit on esitetty kuvassa 6. Tässä työssä käytettiin lähtökohtaisesti yhtenäistä viivaa, katkoviivaa ja käsivaraviivaa. Katkoviivalla piirrettiin muun muassa reaktorien jäähdytyskierukat ja käsivaraviivalla osa letkuista. Pääsääntöisesti kaavioiden piirtämisessä käytettiin yhtenäistä viivaa.

01 Yhtenäinen viiva/Continuous line



02 Katkoviiva/Dashed line



10 Pistekatkoviiva/Dashed dot line



12 Kaksoispistekatkoviiva/Dashed double-dotted line



03 Pitkä katkoviiva/ Dashed space line



04 Pitkä pistekatkoviiva/Long dashed dotted line



05 Pitkä kaksoispistekatkoviiva/  
Long dashed double-dotted line



Käsivaraisviiva/Freehand line



KUVA 6. Viivatyytit (PSK 5821 1999, 9)

PI-kaavioissa voidaan käyttää kolmea eri viivaleveyttä, joilla kuvataan eri kategorioiden asioita taulukon 6 mukaan.

TAULUKKO 6. Kaaviopiirustusten viivaleydet (PSK 5841, 13)

<b>Viivaleveys Line width [mm]</b>	<b>Kuvattava asia (ISO 10628 mukaisesti) Object to be described (in accordance with ISO 10628)</b>
1,0	Päävirtaukset Main flows
0,5	Symboliset laitteet paitsi venttiilit, kartiot ja varusteet Symbolic equipment, except valves, cones and fittings Muut virtaukset ja putkilinjat Other flows and pipelines Prosessilaitteet Process equipment Yksikköprosesseja kuvaavat suorakaiteet Rectangles describing process units Energian saantia ja järjestelmiä kuvaavat viivat Lines describing energy supply and systems
0,25	Venttiilit, kartiot ja varusteet Valves, cones and fittings Instrumentointilaitteet ja -viivat Instrumentation equipment and lines Viiteviivat Reference lines Apuviivat Auxiliary lines

Jokaiselle käytetylle viivatyyppille käytetään vain yhtä viivaleveyttä. Käytettäviä viivoja ovat kapea viiva, leveä viiva ja erikoisleveä viiva, joiden suhde on 4:2:1. (PSK 5821 1999, 10.)

## 4.2 Teksti

Tekstien ulkoasuna käytetään standardin SFS-ISO 3098/1 mukaista pysty-tekstityyppiä. Standardissa määritellään tekstien korkeudet, joiden suhde viivaleveyteen tulee valita niin, että tekstin luettavuus säilyy tulostettaessa kaavioita pienempään kokoon. Tekstityyppitiedostojen siirtyvyys vastaanottajalle piirustustiedostojen yhteydessä tulee varmistaa. Käytettävän tekstin ulkoasu on esitetty kuvassa 7. (PSK 5821 1999, 8.)

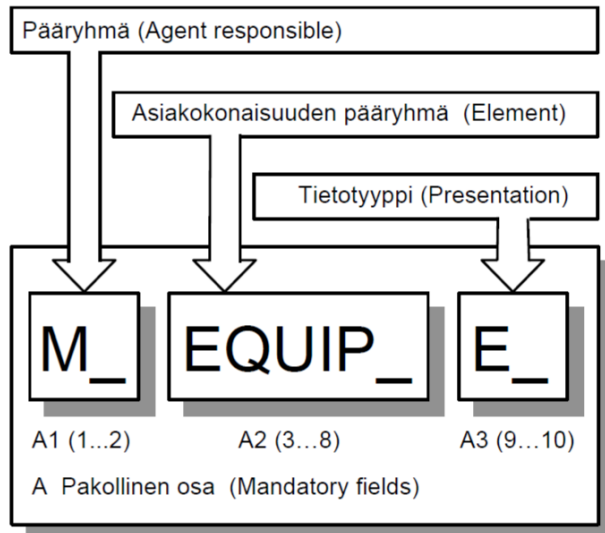
ASCII Arvo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3				!	"	#	\$	%	&	'
4	(	)	*	+	,	-	.	/	:	;
5	[	]	{	}	~	^	_	`	~	~
6	<	=	>	?	@	A	B	C	D	E
7	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
8	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
9	Z	[	\	]	^	_	`	~	~	~
10	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
11	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
12	x	y	z	{	}	~	~	~	~	~
13	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
14	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
15	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
16	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
17	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
18	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
19	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
20	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
21	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
22	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
23	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
24	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
25	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

KUVA 7. Tekstin ulkoasu (PSK 5821 1999, 23)

### 4.3 Tasot

Tasolla tarkoitetaan CAD-ohjelmalla piirretyn kaavion sisäistä ryhmää. Ryhmä sisältää grafiikkaelementtejä tai niistä muodostettuja kokonaisuuksia, joille on annettu tasoa vastaava tunnus. (PSK 5920 1991, 2.)

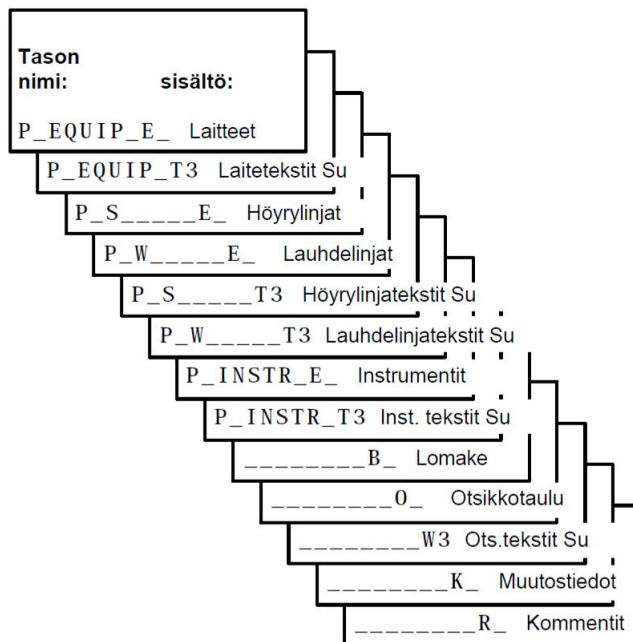
PI-kaavion asiakokonaisuudet jaetaan omille tasoilleen, jotta niitä voidaan käsitellä yksittäisinä ryhminä. Samaan tasoon kuuluvia grafiikkaelementtejä voidaan yhdistää, muokata, erotella tai piilottaa yhtenäisesti, mikä nopeuttaa tiedoston käsittelyä. Sähköisiin PI-kaavioihin piirretään kaikki asiakokonaisuudet, esim. putkistot ja instrumentit, omille tasoilleen, joiden nimeäminen on esitetty kuvassa 8. (PSK 5821 1999, 6.)



KUVA 8. Tasojen nimeäminen (PSK 5821 1999, 6)

PI-kaavioissa käytettävien tasojen pääryhmäksi merkitään P\_, jota asiakokonaisuuden pääryhmä A2 ja tietotyyppi A3 täydentävät. Kuvassa 9 on esitetty virtaus- ja PI-kaavioissa käytettävien tasojen nimeämisen esimerkkejä.

#### Virtaus- ja PI-kaavio



KUVA 9. Virtaus- ja PI-kaavioiden tasojen nimeäminen (PSK 5821 1999, 19)

#### 4.4 Attribuutit

Attribuutilla tarkoitetaan grafiikkaelementtiin kiinteästi liitettyä aakkosnumeerista tietoa. CAD-ohjelmissa ne voivat olla elementtien esittämien asioiden ominaisuuksien arvoja, sovelluksia ohjaavia parametrejä, tietokantaviittauksia tai tietokantaoperandeja. (PSK 5920 1991, 8.)

PI-kaavion symboleille on määritelty attribuuttitietojen vähimmäisvaatimukset standardissa PSK 3602. Vähimmäisvaatimukset koskevat symbolien esittämien laitteiden ominaisuuksien arvoja, jotka tulee liittää grafiikkaan piilotettuina tai näkyvinä. Tässä työssä käytetyllä AutoCAD 2017-ohjelmalla luotiin PI-kaavion symboleista ”blokkeja” (eng. block), joihin liitettiin vaadittavat attribuuttitiedot. Blokilli tarkoitetaan tässä AutoCAD-ohjelmalla piirrettyä ja tallennettua symbolia, joka voidaan lisätä kaavioon yhtenä kokonaisuutena ilman, että sitä pitää piirtää aina uudestaan. Blokkien käyttö nopeuttaa PI-kaavioiden piirtämistä, koska monia laitesymboleita käytetään useaan kertaan. Kun blokki lisätään PI-kaavioon, AutoCAD 2017 avaa Edit Attributes -ikkunan, johon merkataan kyseisen blokin edustaman laitteen ominaisuuksien arvot. Kuva 10 on esimerkki säiliön blokin lisäyksen yhteydessä avautuvasta ikkunasta, johon lisätään säiliön yksilöllisten tietojen arvot.

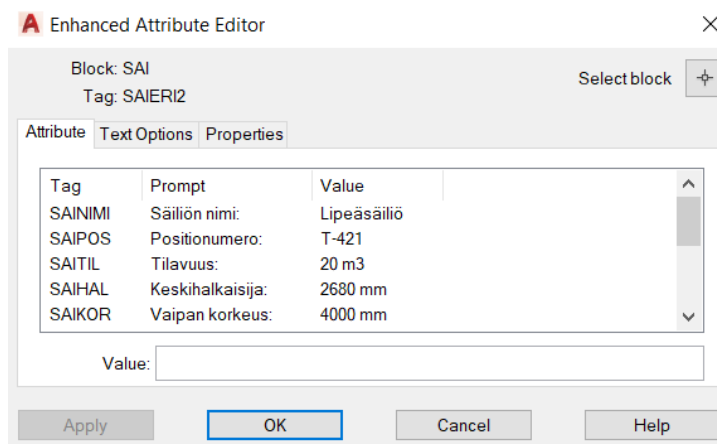
The image shows a screenshot of the 'Edit Attributes' dialog box in AutoCAD 2017. The dialog box is titled 'Edit Attributes' and has a close button (X) in the top right corner. The block name is 'SÄILIÖ'. The dialog box contains a list of attributes with corresponding input fields:

- Block name: SÄILIÖ
- Säiliön tunnus: [input field]
- Säiliön nimi: [input field]
- Prosessiaine: [input field]
- Suunnittelupaine max: [input field]
- Suunnittelämpötila max: [input field]
- Suunnittelulämpötila min: [input field]
- Suurin sallittu alipaine: [input field]
- Säiliön tilavuus: [input field]
- Säiliön tyyppi: [input field]
- Säiliön materiaali: [input field]
- Säiliön halkaisija: [input field]
- Säiliön korkeus: [input field]
- Säiliön pituus: [input field]
- Erityistarve: [input field]

At the bottom of the dialog box, there are five buttons: OK, Cancel, Previous, Next, and Help.

KUVA 10. Attribuuttitietojen lisääminen (kuvakaappaus AutoCAD-2017 -ohjelmasta)

Attribuuttitietoja voidaan tarkastella tuplaklikkaamalla PI-kaaviosta blokin symbolia, jolloin avautuu Enhanced Attribute Editor -ikkuna. Ikkunan Tag-sarakkeessa näkyvät blokkille määritellyt attribuutit tunnuksineen. Attribuutin tunnusta täydentää Prompt-sarakkeen selitystieto, joka määrittää attribuutin edustaman tiedon. Attribuuttien tietojen arvot näkyvät Value-sarakkeessa, jonka arvoja on mahdollista muokata. Kuvassa 11 on säiliön symbolista avautuva attribuuttitietojen ikkuna, jossa näkyvät kaikki säiliöön liitetyt tiedot.



KUVA 11. Attribuuttitiedot (kuvakaappaus AutoCAD-2017 -ohjelmasta)

## 5 TYÖN SUORITUS

Toimeksiantajan kanssa käydyssä opinnäytetyön aloituspalaverissa määriteltiin työn aikana tuotettavat dokumentit ja suorituksen yksityiskohdat. Työn aiheeseen sisällytettiin Kymene- ja Spectrum NT -prosessien PI-kaavioiden lisäksi putkimerkinnät Kymene-prosessiin, sekä R-201:n PI-kaavion liittäminen yrityksessä käytössä olleeseen PI-kaavio-pohjaan. Lisäksi kaavioihin piirretyt instrumentit ja laitteet tulisi nimetä yhdessä sovittua logiikkaa käyttäen ja merkitä laitekilvin tehtaalla.

Työssä tuotettavat PI-kaaviot luokiteltiin toimeksiantajan toiveesta salassa pidettäviksi, koska niihin sisältyisi tuotteiden valmistamiseen ja prosesseihin liittyviä yksityiskohtaisia tietoja. Opinnäytetyön ohjaajan ja toimeksiantajan kanssa sovittiin, että julkisessa kirjallisuusosassa käsitellään standardien mukaisia PI-kaavioiden merkitsemisohjeita ja tietosisältöä, sekä AutoCAD 2017 -ohjelman käyttöä PI-kaavioiden piirtotyökaluna. Lisäksi työn suoritusosaa käsiteltäisiin vaiheittain kirjallisesti. Työn suorituksen toteuttamiseen annettiin lähtökohtaisesti ”vapaat kädet” ja varsinainen toteutus aloitettiin itsenäisesti suunnittelemalla työn aikataulus ja perehtymällä työn eri osa-alueiden laajuuksiin.

### 5.1 Työn aloitus

Työ aloitettiin kartoittamalla ja merkitsemällä Kymene-prosessin putkilinjat. Putkilinjoihin oli tehty aikaisemmin merkintöjä tarroilla, joissa ilmoitettiin putkessa virtaava aine, virtaussuunta ja usein lisätietona putken alku- tai loppukohta. Suurin osa putkilinjoista oli merkitty mustavalkoisin tarroin, jotka korvattiin standardissa PSK 0902 määritellyn putkimerkintämallin mukaisiksi. Uudet putkimerkintätarrat tehtiin standardin SFS 3701 mukaisilla väreillä, jotka luokittelevat virtaavaan aineen sen kriittisen ominaisuuden perusteella. Standardin mukaiset värit on esitetty taulukossa 7.



TAULUKKO 7. Perusväri standardin SFS 3701 mukaan (PSK 0902 2007, liite 4)

<b>Virtaavat aineet</b>	<b>Tunnusväri</b>	<b>Tekstin ja nuolen väri</b>
Vesihöyry	Hopeanharmaa	Musta
Ilma	Vaaleansininen	Musta
Kaasut, lukuunottamatta lääkinällisiä kaasuja	Ruskeankeltainen	Musta
Vesi	Vihreä	Valkoinen
Palavat nesteet, öljyt	Ruskea	Valkoinen
Hapot, emäkset	Violetti	Valkoinen
Muut virtaavat aineet	Musta	Valkoinen

Kuvassa 12 on esitetty standardin mukainen jäähdytysveden lämmönvaihtimelle vievän putkilinjan merkitseminen.



KUVA 12. Putkimerkintätarra

Putkiston merkitsemisen yhteydessä käytiin läpi Kymene-prosessin putkistoa käyttäen apuna vanhaa päivittämätöntä PI-kaaviota. Putkimerkintöjen tekeminen työn alussa helpotti huomattavasti vieraan prosessin hahmottamista. Putkistomerkinnot tehtiin Kymene-prosessiin heti työn alkuvaiheessa myös siksi, että ne helpottaisivat putkiston hahmottamista ja kulun seuraamista PI-kaavion päivitysvaiheessa.

## 5.2 Kymene-prosessin PI-kaavion päivitys

Kymene-prosessin PI-kaavio oli piirretty usealle kaaviopohjalle, esittämällä samaan tilaan sijoitetut prosessin osat omilla pohjillaan. Päivitys aloitettiin reaktorin PI-kaavioista (liite 1), koska siihen liittyi eniten päivitettävää. Siihen ensisijaisesti päivitettävät kokonaisuudet laitteineen olivat kuljetin, tislauskolonni ja prosessin uudet putkilinjat. Päivitys aloitettiin piirtämällä kuljettimesta ja tislauskolonnista PI-kaaviot käsin paperille, jotka lisättiin sähköiseen kaavioon piirustusten pohjalta. Lisäksi kaikki prosessin putkilinjat, instrumentit ja taulukon 1 laitteet käytiin läpi tuotantotilassa ja niitä verrattiin päivittä-

mättömään reaktorin PI-kaavioon. Kaikki uudet yksittäiset laitteet ja putkiyhteet piirrettiin ensin käsin vanhaan PI-kaavioon, jonka jälkeen ne päivitettiin sähköiseen PI-kaavioon kentällä laaditun kaavion mukaan. Käytöstä poistetut yksittäiset putkilinjat ja laitteet poistettiin sähköisestä PI-kaaviosta samalla periaatteella. Kymene-prosessin PI-kaaviolehdistä päivitettiin lisäksi työsäiliön (liite 2) ja raaka-ainesäiliöiden (liite 3) PI-kaaviot, joihin lisättiin muun muassa uusia automaattiventtiilejä ja lämmönvaihdin.

Uusia ja käytöstä poistettuja laitteita ja putkilinjoja löytyi ennalta arvioitua enemmän ja niiden paikallistaminen oli alussa haastavaa. Työtä helpotti erityisesti työn alkuvaiheessa putkilinjojen järjestelmällinen läpikäyminen ja dokumentointi valokuvaamalla ja piirtämällä. Kaikki uudet laitteet ja putkilinjat, jotka olivat samassa tuotantotilassa, lisättiin samalle kaavion sivulle toimeksiantajan toiveesta. Ne sijoitettiin PI-kaavioihin niin, että niiden sijainti kaaviossa vastasi lähtökohtaisesti sijaintia tuotantotilassa. Reaktorin ja työsäiliön PI-kaaviot olivat jo ennestään suhteellisen täynnä, joten uusien laitteiden ja putkilinjojen lisäys vaati paljon kaavion muokkausta ja uudelleen järjestelyä. Kaavioihin uutta tilaa luodessa oli tärkeintä säilyttää putkilinjojen haarojen ja laitteiden oikea järjestys.

Viimeisessä vaiheessa PI-kaaviot tarkistettiin ja uusista laitteista tehtiin laiteluettelot. Uudet automaattiventtiilit lisättiin niiden laiteluetteloon (liite 5) ja instrumentit omaan luetteloonsa (liite 6). Laitteiden positiotunnusten yhtäläisyys PI-kaavioissa, vanhoissa laiteluetteloissa ja tuotantotilassa tarkastettiin ja joitakin päivityksiä tehtiin.

### **5.3 Spectrum NT -prosessin PI-kaavion piirtäminen**

Spectrum NT -prosessin putkistomerkinnot ovat standardin mukaiset ja kattavat, mikä nopeutti putkiston kartoitusta ja kaavion piirtämisen aloitusta. Prosessi oli sijoitettu yhteen tuotantotilaan ja sen koko huomioiden päätettiin PI-kaavio (liite 4) piirtää yhdelle kaaviopohjalle. Kaavion piirtäminen aloitettiin sijoittamalla reaktori, säiliöt ja keskeiset laitteet PI-kaavioon niin, että ne olisivat helposti tunnistettavissa kaaviosta myös tuotantotilassa. Prosessin kannalta keskeinen reaktori piirrettiin kaavion keskelle, jonka ympärille muut laitteet ja säiliöt sijoitettiin todellisuutta mukailevassa järjestyksessä.

Putkilinjojen piirtäminen aloitettiin luonnostelemalla prosessin putkiston yksittäiset kokonaisuudet paperille. Suurimmat kokonaisuudet olivat raaka-aine-, käyttöhyödyke-, lausaus- ja hönkälinjat, joista piirrettiin alustavat kaaviot laitteineen kentällä. Yksittäiset putkistokokonaisuudet lisättiin sähköiseen PI-kaavioon niin, että prosessiin tulevat linjat tulivat kaavion vasemmalta puolelta ja sieltä lähtevät päättyivät oikealle. Menettelystä poikettiin tilanteissa, joissa se heikensi kaavion luettavuutta. Putkilinjat pyrittiin piirtämään mahdollisimman erilleen toisistaan, jotta kaavioon jäisi tilaa instrumenttien symboleille ja tulevaisuudessa tehtäville lisäyksille.

Spectrum NT -prosessin PI-kaavio laadittiin tehtaalla käytössä olleeseen PI-kaavioiden pohjaan ja siinä käytettiin lähtökohtaisesti kaavioissa käytössä olleita symboleita. Tilanteissa, joissa laitetta vastaavaa symbolia ei oltu käytetty aikaisemmin, käytettiin standardissa PSK 3605 määriteltäviä piirrosmerkkejä. Toisissa PI-kaavioissa jatkuvien putkilinjojen päätepisteisiin liitettiin tietopalkki, jossa ilmoitettiin sen PI-kaavion tunnus, missä putkilinja jatkui. Jos putkilinjalla oli suora yhteys johonkin säiliöön, tietopalkkiin merkittiin lisäksi säiliön nimi.

## 6 POSITIOTUNNUKSET

Prosessin laitteet merkitään piirustuksissa ja tuotantotiloissa positiotunnuksin, jotka koostuvat kirjain- ja numero-osista. Jokaiselle laitteelle annetaan yksilöllinen positiotunnus, jolla sitä kuvataan piirustuksissa, laiteluetteloissa ja tehtaalla. Positiotunnusten muoto vaihtelee tuotantolaitoksien välillä ja joissakin, erityisesti voimalaitoksissa, käytetään saksalaista KKS-tunnusjärjestelmää (Kraftwerk Kenzeichnung System). (Sivonen 1995, 149.)

### 6.1 Käytäntö

Solenis Finland Oy:n tehtaalla käytettävät positiotunnukset muodostuvat kirjainosasta ja positioluvusta. Tunnuksen kirjainosalla kuvataan laiteryhmää ja positioluvulla laitteen yksilöllistä sijaintia. Laitteiden kirjaintunnukset ovat yksikirjaimisia ja ne on johdettu englanninkielisten sanojen alkukirjaimista. Instrumenttien positiotunnusten monikirjaimiset kirjainosat muodostuvat piirin toimintaa kuvaavista kirjaimista ja niiden merkitykset on esitetty taulukossa 5. Positiotunnuksien numero-osien logiikka vaihtelee hieman prosessien välillä, mutta perusperiaate on yhtenäinen.

Tehtaalla valmistetaan tuotteita neljällä erillisellä prosessikokonaisuudella, jotka on sijoitettu useaan eri tuotantotilaan. Jokaiselle prosessikokonaisuudelle on annettu yksinumeroinen osastotunnus, jota käytetään samaan kokonaisuuteen kuuluvien laitteiden, säiliöiden ja reaktorien positiolukujen ensimmäisenä numerona. Säiliöiden ja reaktorien positioluvut ovat kolmenumeroiset ja laitteiden neli- tai viisinumeroiset. Lisäksi useiden laitteiden positionumeroiden perässä on käytetty kirjainta viidentenä merkinä. Kirjainta on käytetty tilanteissa, joissa putkilinjassa on useita samanlaisia laitteita peräkkäin tai säiliöön on liitetty useita samaa suuretta mittaavia mittareita. Taulukossa 8 on esitetty käytössä olevat prosessikokonaisuuksien osastotunnukset.

TAULUKKO 8. Prosessien osastotunnukset

Kymene	AKD	Prosessikemikaalit	HTP
2	3	4	5

Prosessien keskeiset laitteet on piirretty PI-kaavioihin samalla tasolla (layer) ja niiden nimet sekä positionumerot esitetään kaavioissa näkyvinä. Keskeisiä laitteita kaavioissa ovat lämmönvaihtimet, lauhduttimet, välisäiliöt ja pesurit, sekä muut yksittäiset suuret laitteet. Tämän ryhmän laitteiden positioluvut ovat neljännumeroiset ja ne alkavat osastotunnuksella. Toiseksi luvuksi on valittu jokin yksilöivä luku, joka erottaa saman ryhmän keskeiset laitteet toisistaan. Keskeisten laitteiden numerotunnuksen viimeisiksi numeroiksi on usein valittu kaksi nollaa, jotta ne ja niihin yhteydessä olevat muut laitteet olisivat positionumeroiltaan yhtenäisiä. Tällä periaatteella luotu tunnus on informatiivinen, koska siinä ensimmäinen numero kuvaa osastoa, toinen keskeistä laitetta ja kaksi viimeistä laitteen sijaintia. Kaikkien keskeisten laitteiden nimeämisessä näin ei oltu menetelty, mikä hidasti PI-kaavioiden piirtämistä alkuvaiheessa. Taulukossa 9 on esitetty Kymene-prosessin lauhduttimen ohitusventtiilin nimeäminen.

TAULUKKO 9. Positiotunnuksen numero-osan muodostaminen

Prosessi	Kymene
Osastotunnus	2
Reaktori/säiliö	R-200
Keskeinen laite	Lauhdutin E-2300
Laite	Lauhduttimen ohitusventtiili HSV-2301
Positiotunnus	HSV-2301

Samaa positiolukua on käytetty tehtaalla tilanteissa, joissa laitteet ovat erotettavissa kirjainosan perusteella. Ensimmäiset samaan reaktoriin liitetyt laitteet on merkitty samoilla positionumeroilla, mikä kertoo niiden sijaitsevan reaktorin läheisyydessä. Esimerkiksi reaktorin R-200 pumpulle on annettu positiotunnus P-2200 ja reaktorin lämpömittarille TI-2200. Taulukon 9 lauhduttimesta E-2300 seuraava venttiiliini on nimetty HSV-2300:ksi, siitä seuraava venttiili HSV-2301:ksi jne. Kaikkia PI-kaavioihin nimettyjä keskeisiä laitteita ei oltu merkitty tehtaalla, minkä vuoksi niihin vaikuttavien automaattiventtiilien positiolukujen tulkinta oli välillä työlästä. Positiotunnuksilla nimeämättömiä keskeisiä laitteita ja automaattiventtiilejä pyrittiin nimeämään niin, että kokonaisuuksia muodostavien laitteiden tunnukset olisivat listattavissa järjestelmällisesti laiteluetteloihin ja toiminnanohjausjärjestelmään.

## 6.2 Spectrum NT positiotunnukset

Spectrum NT -prosessin laitteita ei oltu merkitty laitekilvillä, mutta niihin kytketyissä johdoissa oli positiotunnukset. Johdoissa ilmoitetut positiotunnukset ovat käytössä laitteiden piirikaavioissa, joten niitä päätettiin käyttää myös prosessin PI-kaaviossa, muokkaamalla ne vastaamaan tehtaalla käytössä ollutta mallia. Piirikaavioihin ja laitteiden johdoin merkityt positiotunnukset muodostuvat yhdestä laitetta kuvaavasta kirjaimesta ja kolminumeroisesta luvusta. Laitetta kuvaava kirjaintunnus vaihdettiin prosessikemikaalien osastotunnukseksi 4. Positiotunnukset saatiin näin muokattua tehtaan mallin mukaisiksi ja samalla säilytettiin niiden yhteys piirikaavioihin. Näin ollen esim. piirikaaviossa esitettävät virtausmittarit B312 ja B314 esitetään PI-kaavioissa ja tehtaalla instrumenttien piirien mukaan positiotunnuksilla FIQS-4312 ja FIQS-4314. Prosessissa käytettävät moottorit oli numeroitu piirikaavioihin ja esimerkiksi 11M1:ksi nimetyn ammoniakkipumpun moottorin mukaan ammoniakkipumpun positiotunnukseksi merkittiin P-4011. Piirikaavioiden pohjalta annetut positiotunnuksien luvut eivät ole prosessin laitejärjestyksen kannalta täysin järjestelmälliset, mutta tärkeämpänä koettiin säilyttää yhtenevät tunnukset PI-kaavioissa, piirikaavioissa, laiteluetteloissa ja laitteissa tuotantotilassa. Spectrum NT -prosessin laiteluetteloon (liite 7) listattiin automaattiventtiilit, instrumentit ja pumput positiotunnusten mukaan.

## 7 POHDINTA

Työn edistymisen kannalta tärkeintä oli pyrkiä tekemään yksi kokonaisuus kerrallaan valmiiksi. Useasta sisäisestä kokonaisuudesta koostuva kaaviolehti kannattaa laatia järjestelmällisesti valmiiksi, koska keskeneräisen PI-kaavion päivitykseen palaaminen vie turhaa aikaa. Työn kokonaisuuksista ensimmäiseksi päätettiin tehdä putkistomerkinnot, jonka jälkeen Kymene-prosessin PI-kaavioin päivitys. Spectrum NT -prosessin PI-kaavio piirrettäisiin kolmannessa vaiheessa ja viimeisenä viimeisteltäisiin työn kirjallisuusosa ja tehtäisiin lopputarkastus kaikille piirretyille PI-kaavioille. Ilman aiempaa kokemusta vastaavista töistä, oli kokonaisuusien suorittamiseen kuluva aika vaikea arvioida. Erityisesti työn alkuvaiheessa, missä työmäärä alettiin arvioimaan, kokonaisuusien laajuudet vaikuttivat suurilta. PI-kaavioiden piirtämiseen arvioitiin kuluvan eniten aikaa, koska prosessiputkisto näytti alussa monimutkaiselta. Kymene-reaktorin PI-kaavioin päivittämisessä uskottiin olevan suurin työ ja päivitystyö päätettiin aloittaa siitä. Prosessiputkiston hahmottaminen vanhan PI-kaavioin avulla kehittyi kuitenkin nopeasti, mitä kautta myös piirtäminen nopeutui. Ennalta arvioitua nopeammin päivitetyn reaktorin PI-kaavioin jälkeen päätettiin siirtyä piirtämään Spectrum NT -prosessin PI-kaaviota, koska siinä arvioitiin olevan seuraavaksi suurin työ. Ennen siirtymistä toiseen kokonaisuuteen olisi kannattanut päivittää kaikki kolme Kymenen PI-kaavioita alkuperäisen suunnitelman mukaisesti, jotta ajankäyttöä olisi ollut helpompi suunnitella työn edetessä. Lisäksi siirryttäessä jatkamaan Kymenen kahden viimeisen kaavioin päivitystä, jouduttiin joitakin putkilinjoja käymään uudestaan läpi, mikä hidasti työn suorittamista.

Työn haasteita olivat instrumenttien piirien selvitys ja merkitsemättömien putkilinjojen läpikäyminen. Kymene-prosessin uusia instrumentteja oli merkitty vaihtelevasti ja Spectrum NT -prosessissa kattavia positiomerkinnot ei oltu vielä tehty. Prosessien ohjelmoitavista logiikoista vastaavat ulkopuoliset toimijat, joilta hankittiin tietoja instrumenttien piireistä. Tässä vaiheessa osoittautui tärkeäksi, että instrumentit nimetään logiikkaan, PI-kaavioon ja tuotantotilaan samoilla positiotunnuksilla, jotta tietyn instrumentin toiminta voidaan selvittää nopeasti. Merkinnotien tärkeys korostui myös pitkissä putkilinjoissa, joissa oli paljon läpivientejä. Korkealle ja ahtaisiin paikkoihin kannakoitujen putkien kulua oli välillä vaikea seurata ja niiden kattava merkitseminen heti asennusvaiheessa nopeuttaisi linjojen päivitystä PI-kaavioihin.

Useiden eri urakoitsijoiden ja toimijoiden kanssa toteutettavissa prosessien kehitys- ja asennusprojekteissa on tärkeää noudattaa laitospohtaista positiotunnusmallia, jotta voidaan luoda järjestelmälliset dokumentit kaikista prosesseista. Järjestelmälliset laite- ja instrumenttiluettelot nopeuttavat huoltosuunnitelmien tekemistä ja tietojen siirtoa toiminnanohjausjärjestelmiin. Koko tehtaalla kattava yhtenäinen merkintä edesauttaa myös prosessien turvallista ja tehokasta käyttöä. Tärkeys korostuu kunnossapidon henkilöstön vaihtuessa, jolloin laadittujen dokumenttien tarve kasvaa. Huolellisesti laadittu PI-kaavio on hyödyllinen työkalu prosessikokonaisuuden hahmottamisessa, koska siinä yhdistyy tiedot prosessin virtauksista, putkistosta, laitteista ja instrumentoinnista. Kaavioilla on erityistä käyttöarvoa silloin, kun ne ovat selkeästi toteutetut ja päivitettyt. Päivitysten liian pitkät aikavälit kasvattavat kerralla tehtävän päivitystyön määrää erityisesti niiden prosessien osalta, joita kehitetään aktiivisesti. Ajallisesti tehokkainta on pyrkiä päivittämään PI-kaaviot silloin, kun uusia laitteita tai putkilinjoja asennetaan tai vanhoja poistetaan.



## LÄHTEET

Heikkilä A. 2015. Jätevesiselvitys. Opinnäytetyö. Luettu: 5.3. [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91220/Heikkila\\_Anne.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91220/Heikkila_Anne.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

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

Kippo, A., Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.

PSK 0902. 2007. Merkintä turvallisuuden, käytön ja kunnossapidon kannalta teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 0901. 2001. Virtaavien aineiden nimet, lyhenteet ja lyhenteiden muodostaminen. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 3602. 2008. PI-kaavion tietosisältö. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 3603. 2012. PI-kaavion esitystapa ja merkitsemisohje. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 5821. 1999. Tehdassuunnitteluasiakirjat. Prosessikaavioiden ja sijaintia kuvaavien piirustusten laadinta CAD-järjestelmillä. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 5841 MEN. Tehdassuunnitteluasiakirjat. Prosessikaavioiden ja sijaintia kuvaavien piirustusten laadinta AutoCAD-järjestelmällä sekä tiedonsiirto AutoCADin ja muiden järjestelmien välillä. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 4201. 2017. Putkiluokat. Määrittely. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 3605. 2016. Prosessiteollisuuden virtaus- ja PI-kaavioiden symbolit. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 5920. 1991. Elektronisen suunnitteluaineiston siirto. CAD-järjestelmien grafiikka-tiedostojen ja ominaisuuksien käyttö tiedonsiirrossa. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

SFS 3701. 1995. Putkistojen merkintä virtaavien aineiden tunnuksin. Tunnusvärit ja -kilvet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-ISO 14617-6. 2004. Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit. Osa 6: Mittaus- ja ohjaus-toiminnot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Sivonen, M. 1995. Teollisuuden instrumentointi. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Suomen Asiakastieto Oy. 2018. Luettu 5.3.2018. <http://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/solenis-finland-oy/01088630/taloustiedot>

**LIITTEET**

Liite 1. Kymene-reaktorin PI-kaavio 2105

## Liite 2. Kymene-työsäiliön PI-kaavio 2106

Liite 3. Kymene raaka-aine- ja tisesäiliön PI-kaavio 2104

Liite 4. Spectrum NT -prosessin PI-kaavio 4002

## Liite 5. Kymene automaattiventtiililuettelo

## Liite 6. Kymene instrumenttiluettelo



## Liite 7. Spectrum NT automaattiventtiili- ja pumppuluettelo

## Liite 8. Spectrum NT instrumentiluettelo