



Perussuunnitteluaineiston kehittäminen Valmet DNA -sovellussuunnitteluun

Jani Kaura-aho

Opinnäytetyö, AMK

Joulukuu 2022

Tekniikan ala

Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

Kaura-aho, Jani

Perussuunnitteluaineiston kehittäminen Valmet DNA -sovellussuunnitteluun

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Joulukuu 2022**, 47 sivua.

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Automaation sovellussuunnittelijat hyödyntävät perussuunnitteluaineistoa toteuttaakseen automaatio-sovelluksen. Tärkeimmät aineistoon kuuluvat dokumentit ovat toimintakaaviot tai säätö- ja logiikkakaaviot. Kaavioiden avulla sovellussuunnittelija tietää minkälaisia toimintoja kullekin sovelluspiirille on määritelty. Joskus näitä kaavioita ei kuitenkaan ole projekteille laadittu ja tällöin kokeneet sovellussuunnittelijat työskentelevät hyödyntäen omaa kokemusta samantyyppisistä projekteista. Tämä kuitenkin tuo omia haasteita varsinkin kokemattomille suunnittelijoille.

Opinnäytetyössä oli tarkoitus kehittää perussuunnitteluaineisto Valmet DNA -sovellussuunnittelutyötä varten koskien pastakeittiö-, konekierrot- ja määränpään kemikaalijärjestelmät -projekteja. Kyseiset projektit ovat paperi- ja kartonkikoneisiin, sekä paperin- ja paperin päällysteaineiden valmistukseen liittyviä projekteja. Näille projekteille ei ollut olemassa perussuunnitteluaineistoa. Projekteista valittiin työkohteeksi tärkein keitto -prosessi, joka löytyy jokaisesta pastakeittiö-, konekierto- ja määränpään kemikaalijärjestelmät -projektista. Prosessista oli tarkoitus laatia toimintakaaviot ja sisällyttää niihin kaikki sovellussuunnittelijan tarvitsemat tiedot. Lisäksi kaavioista oli tarkoitus luoda mallipohjat, joihin voi tietokannasta generoida oikeat tiedot, kuten piirien positiotunnukset ja otsikkotaulutiedot.

Työkohteena olevasta tärkein keitto -prosessista oli valmiiksi olemassa toimivat sovelluspiirit, joista myös saatiin kaikki tarvittavat tiedot toimintakaavioihin. Generointia varten luotiin Microsoft Access -tietokanta. Mallipohjat saatiin ottamalla kopiot valmiista toimintakaavioista ja muokkaamalla niitä.

Tuloksena saatiin toimintakaaviot ja mallipohjat, sekä tietokanta tärkein keitto -prosessille. Generointi testattiin ja todettiin, että kaikki tiedot liittyivät kaavioihin oikein. Perussuunnitteluaineiston avulla myös uudet työntekijät voivat nyt tutustua kyseiseen prosessiin ja sen piirien toimintoihin. Tuloksena saadut mallipohjat nopeuttavat tietojen liittämistä kaavioihin ja näin ollen nopeuttavat perussuunnitteluvaihetta tulevaisuuden projekteissa. Toimintakaaviot on laadittu siltä näkökannalta, että kaavioiden avulla pitäisi pystyä toteuttamaan toimiva automaatio-sovellus tärkein keitto -prosessille, mutta tämä täytyy vielä varmistaa toimivaksi tulevaisuuden projekteissa.

Avainsanat (asiasanat)

Automaatiosuunnittelu, Automaatio perussuunnittelu, Valmet DNA, sovellussuunnittelu, Toimintakaavio, Säätö- ja logiikkakaavio

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Kaura-aho, Jani

Development of basic design material for Valmet DNA application design

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2022, 47 pages.

Degree Programme in Electrical- and automation Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Automation application designers use basic planning material to implement the automation application. The most important documents included in the material are function diagrams or control- and logic diagrams. With the help of diagrams, the application designer knows what kind of functions have been defined for each application loop. However, sometimes these diagrams have not been drawn up for projects, and in that case experienced application designers work using their own experience from similar projects. However, this brings its own challenges, especially for inexperienced designers.

The aim of the thesis was to develop basic design material for the Valmet DNA application design work regarding the coating kitchen-, machine cycles- and wet end chemical -projects. The projects in question are projects related to paper and cardboard machines, and the production of paper and paper coating materials. There was no basic planning material for these projects. Starch cooking -process, which can be found in every coating kitchen-, machine cycle- and wet end chemical -project, was chosen as the work subject. The plan was to draw up function diagrams of the process and include all the information needed by the application designer. In addition, the plan was to create templates from the diagrams, for which the correct data can be generated from the database, such as loops position IDs and title table data.

There were already working application loops for the starch cooking -process, which was the work subject, from which all the necessary information for the function diagrams could be obtained. A Microsoft Access database was created for the generation. Templates were obtained by taking copies of ready-made function diagrams and modifying them.

The results were function diagrams and templates, as well a database for the starch cooking -process. The generation was tested, and it was found that all the data was correctly attached to the diagrams. With the help of the basic planning material, even new employees can now familiarize themselves with the process in question and the functions of its loops. The resulting templates speed up the attaching of data to the diagrams and thus speed up the basic design phase in future projects. The function diagrams have been drawn up from the point of view that with the help of the diagrams it should be possible to implement a functional automation application for the starch cooking -process, but this must be verified as functional in future projects.

Keywords/tags (subjects)

Automation engineering, Automation function diagram, Valmet DNA, Control- and logic diagram, application design

Miscellaneous (Confidential information)

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Projektien taustatietoa	3
1.2	Työn lähtötiedot ja työmenetelmät.....	4
1.3	Työn tavoite ja tutkimusote	5
2	Laatu automaattiosuunnittelussa	5
3	Perussuunnittelu	7
3.1	Perussuunnittelun osatehtävät ja -eteneminen	10
3.1.1	Perussuunnittelun tulokset ja dokumentit.....	12
3.1.2	Asiakkaan ja toimittajan vastuunjako.....	13
3.1.3	Perussuunnittelun laadunvarmistus	14
4	Työn toteutus	15
4.1	Tiedonkeruu	17
5	Toimintakaaviot	17
5.1	Venttiilien toimintakaaviot	20
5.2	Mittauksien toimintakaaviot.....	21
5.3	Binääristen piirien toimintakaaviot.....	22
5.4	Pumppujen toimintakaaviot.....	24
5.5	Moottoripiirien toimintakaaviot	26
5.6	Säätöjen toimintakaaviot	27
5.7	Sekvenssien toimintakaaviot.....	29
6	Tietokanta	33
6.1	Tietokannan luonti	35
6.2	Mallipohjien luonti	39
6.3	Generoinnin testaus.....	42
7	Tulokset.....	43
8	Pohdinta.....	44
	Lähteet	45
	Liitteet	46
	Liite 1. Tärkin keiton PI-kaavio	46
	Liite 2. Legend-taulukko	47

Kuvat

Kuva 1. Automaatiojärjestelmän elinkaari esitutkimuksesta purkamiseen.	9
---	---

Kuva 2. Perussuunnitteluvaihe jaettuna osatehtäviksi.....	10
Kuva 3. Tärkin keitto PI-kaavio.....	16
Kuva 4. Venttiilin lukituspiiri.	18
Kuva 5. Venttiilin pääpiiri.	19
Kuva 6. Venttiilin HV-01 toimintakaavio.	20
Kuva 7. Painemittauksen PI-01 toimintakaavio.	21
Kuva 8. PI-01 sovelluspiiri.	22
Kuva 9. Ylärajakytkin LS-01.	23
Kuva 10. Hälytyksen kuittaus HS-01.....	24
Kuva 11. Pumpun P-01 toimintakaavio.....	25
Kuva 12. Taajuusmuuttajan SC-02 toimintakaavio.	26
Kuva 13. Moottorin M-03 toimintakaavio.	27
Kuva 14. Virtaussäätimen FIC-02 toimintakaavio.	28
Kuva 15. Sekvenssin KJ-03 lukituspiiri.....	30
Kuva 16. Sekvenssin KJ-03 askel 1.....	31
Kuva 17. Sekvenssin KJ-03 askel 11 (toimintakaavio).	32
Kuva 18. Sekvenssin KJ-03 askel 11 (sovelluspiiri).	32
Kuva 19. Tietokannan luettelot ja kyselyt.....	33
Kuva 20. Esimerkki tietokannan Basic -luettelosta.	34
Kuva 21. DNA: Cationic_Starch -kysely (Design view).	35
Kuva 22. Basic -taulukko mallipohjia varten.	36
Kuva 23. Cationic_Starch -taulukko.	37
Kuva 24. Cationic_Starch -taulukon piiripositioita.....	37
Kuva 25. Lopullinen lista.	38
Kuva 26. Lopullinen lista (design view).	38
Kuva 27. Listojen yhtäläisyys.....	39
Kuva 28. FIC-01 -mallipohja.	40
Kuva 29. HV-01 -mallipohja.....	41
Kuva 30. Samaa mallipohjaa käyttävät venttiilit.....	41
Kuva 31. DXF Convert -ohjelma.	42

1 Johdanto

Työn toimeksiantaja on Fimpec Engineering Oy. Työn tarkoituksena on kehittää perussuunnitteluaineisto Valmet DNA -sovellussuunnittelutyötä varten koskien pastakeittiö-, konekierrot- ja määränpään kemikaalijärjestelmät -projekteja. Kyseisille projekteille ei ole olemassa perussuunnitteluaineistoa, ja tämä on haastavaa etenkin uusille työntekijöille, mikäli he aloittavat työstämään näitä. Näitä projekteja tulee tehtäväksi muutamien vuosien välein, joten perussuunnitteluaineiston kehittäminen niitä varten on tarpeellista. Viimeisimmät projektit koskien pastakeittiö-, konekierrot- ja määränpään kemikaalijärjestelmiä olivat vuosina 2020 ja 2022.

Perussuunnitteluaineiston on tarkoitus tukea Valmet DNA sovellussuunnittelua. Valmet DNA on hajautettu automaatiojärjestelmä (Distributed Control System, DCS), jonka on kehittänyt Valmet Automation Oy. Valmet DNA:lla voi toteuttaa pienten osaprosessien tai kokonaisten tehtaiden automaation. Valmet DNA:ssa on yhdistettynä automaatiojärjestelmältä tarvittavat ominaisuudet mm. toimilaitteiden ohjaukset, järjestelmän valvonnan, datan käsittelyn ja -tallennuksen tietokantoihin. Valmet DNA tukee myös kaikkia yleisimpiä kenttäväyliä. (Automation solutions – Valmet DNA DCS 2022.)

Perussuunnitteluaineiston laadinta toteutetaan AutoCAD ohjelmalla, mikä on eri alojen käyttämä 2D- ja 3D-pohjainen suunnittelu- ja dokumentointiohjelmisto. AutoCADin on kehittänyt Autodesk Inc. -ohjelmistoyritys. AutoCADiä käytetään pääosin rakennusala ja teollisuudessa. AutoCADiin voi lisätä sovellusala kohtaisia laajennuksia, mikä on tehnyt siitä johtavan suunnittelu- ja dokumentointiohjelmiston asiantuntijoiden parissa. (Arkance Systems – AutoCAD n.d.)

1.1 Projektien taustatietoa

Pastakeittiö-, konekierto- ja määränpään kemikaalit -projektit ovat paperi- ja kartonkikoneisiin, sekä paperin- ja paperin päällysteaineiden valmistukseen liittyviä projekteja. Kyseiset projektit ovat omia osa-alueitaan, mutta niiden prosessit käsittelevät paljon samoja aineita ja kemikaaleja, joten niiden osaprosessit ovat pitkälti samanlailla toteutettuja. Työnkohteena oleva tärkein keitto -prosessi varsinkin on olennainen prosessi kaikissa kyseisissä projekteissa.

Päälylystämisen tarkoitus on parantaa painojälkeä. Päälylystyksen vaikutuksia on mm. paperin tai kartongin sileyden, kiillon ja vaaleuden paraneminen. (Joukio 1993, 2–3). Päälylystysprosessia varten tärkkelys on saatettava liukoiseksi. Konvertointi voidaan suorittaa tärkkelysvalmistajan toimesta esim. hapettamalla. Tällöin päälylystäjän ainoaksi toimenpiteeksi jää tärkkelyksen liuottaminen eli keittäminen. Keittäminen tapahtuu tärkkelysliuosta kuumentamalla vesihautteessa 80–90 asteen lämpötilassa tai vaihtoehtoisesti suoraan höyryllä, jolloin pyritään 110–130 asteeseen Celsiusista. (Toivonen 1991, 20–21).

1.2 Työn lähtötiedot ja työmenetelmät

Työn lähtötietoina käytetään vanhojen projektien aineistoa. Aineisto sisältää mm. PI-kaaviot, sovelluspiirit AutoCAD kuvina, toimintakuvaukset, prosessikuvaukset ja valvomonäytöt. Malliprojektiksi valitaan mahdollisimman uudenaikainen työ, jonka automaatiosovellus on testattu ja todettu toimivaksi.

Suunnittelua varten toimeksiantajalla on myös valmiiksi käytettävissä automaatio menu -kirjasto AutoCADille, josta löytyy suurin osa työssä tarvittavista piirrosmerkeistä ja muista työssä tarpeellisista materiaaleista kuten otsikkotauluista.

Toimintakaavioiden laatimisen avuksi otetaan mallia vanhasta projektista, jossa on käytetty työhön sopivaa tyyliä. Tarkoituksena on käydä läpi, miten tuossa projektissa kaaviot on laadittu ja tehdä perussuunnitteluaineisto samalla tyyllillä. Eli lyhykäisyydessään aineiston laatimisessa käytetään useampaa eri projektia apuna, tyylitavan mallin saa näistä valmiista lukitus- ja säätökaavioista, kun taas tiedot perussuunnitteluaineiston toteutukseen saa toisesta projektista. Näiden aineistojen pohjalta tehdään toimintakaaviot, joissa on esitetty kaikki oleelliset asiat koskien kutakin piiriä. Tavoite on tehdä aina yhdestä piiristä yksi kaavio, mutta joistakin piireistä täytyy tehdä useampi kaavio, mikäli niissä on paljon esitettävää tietoa.

Työkohde, jota varten perussuunnitteluaineisto laaditaan, valitaan valmiin projektin PI-kaavioista. PI-kaaviosta rajataan se osuus, mikä pysyy lähestulkoon samana jokaisessa pastakeittiö-, konekierrot- ja määränpään kemikaalijärjestelmät -projekteissa. Tuosta PI-kaavion- ja työkohteen rajauksesta tarkemmin kohdassa 4, Työn toteutus.

Toimintakaavioista on myös tarkoitus luoda mallipohjat, joihin pystyy generoimaan tietokannasta oikeat positiotunnukset ja muut tarpeelliset tiedot. Tämä edesauttaa tulevissa projekteissa oikeiden tietojen liittämistä kaavioihin ja nopeuttaa projektin kulkua. Tietokannan rakentamisessa käytetään apuna Microsoft Accessia, joka soveltuu pienten ja keskisuurten aineistojen käsittelyyn.

1.3 Työn tavoite ja tutkimusote

Työn tavoitteena on kehittää perussuunnitteluaineisto kyseisille projekteille, jota voi hyödyntää tulevaisuudessa vastaaviin projekteihin. Perussuunnitteluaineiston tarkoitus on olla tukena automaattisuunnittelijoille sovellussuunnittelu -vaiheessa. Tarkoituksena olisi, että aineiston avulla sovellussuunnittelija pystyisi toteuttamaan toimivan sovelluksen työkohteeksi valitulle prosessille. Hyödyt laadukkaasta yhteisestä perussuunnitteluaineistosta ovat virheiden ja/tai väärinymmärrysten minimoiminen ja työn tehokkuuden parantaminen. Aineisto on myös hyvä pohja uusille työntekijöille, jonka avulla he voivat tutustua projektiin ja sen prosesseihin. Tietokannan ja mallipohjien osalta tavoitteena on luoda tietokanta ja saada toimintakaaviot generoitumaan oikein.

Opinnäytetyö on kehittämistyö. Pääpaino työssä on perussuunnitteluaineiston kehittäminen ja näin ollen kirjallisuutta lähdetään tutkimaan perussuunnittelun näkökulmasta. Olennaisena osana myös on, että kehitetty aineisto tulee olemaan laadukas, sekä huolellisesti laadittu, ja sitä mukaan hyödyllinen sovellussuunnittelijoille. Työn päätavoitteiden määrittämisen jälkeen luotiin seuraavat kehittämiskysymykset:

Kuinka varmistaa, että perussuunnitteluaineisto on suunnittelijoiden ymmärrettävissä?

Mitä ominaisuuksia on laadukkaalla perussuunnitteluaineistolla?

2 Laatu automaattisuunnittelussa

Automaattisuunnittelussa hyvä laatu niin lähtötiedoissa, kuin perusdokumentaatiassa on ehdottoman tärkeitä. Ilman laadukasta pohjaa on erittäin haastavaa lähteä liikkeelle, puhumattakaan siitä, että ilman kattavaa suunnitelmaa tekemisestä, automaatioprojekti on alati altis muutoksille, jotka pitkittävät ja lisäävät työn määrää.

Jatkuva haaste automaatio suunnittelijoille on sovellusten laajeneminen ja tekniikan kehitys. Tämä vaatii suunnittelijalta korkean osaamisen lisäksi kykyä ja halukkuutta olla eri sidosryhmien edustajien kanssa yhteydessä ja toimimaan eri alojen yhdistäjänä. (Hukki, Juhani, Strömman & Tommila 2010, 4.) Sen lisäksi, että automaatio suunnittelijan on tunnettava ohjelmistojen toteutustekniikkaa, suunnittelumenetelmiä ja kuvaustapoja, pitää hänen myös käsittää asioita rajapinnoista prosessi-, putkisto- ja sähkösuunnittelussa, sekä tietää myös esim. johdon, tuotannonsuunnittelun, laadunvalvonnan, kunnossapidon ja tietohallinnon asioista. Jatkuva oppiminen onkin automaatioalalla välttämätöntä. (Ajo, Hakonen, Harju, Järvi, Kaskes, Lenardic, Niukkanen, Nurminen, Ritala, Tolppanen & Tommila 2012, 4.)

On vaikea tehtävä varmistaa ohjelmistojen luotettava toiminta, sillä sen suunnitteluun liittyy erilaisia työtapoja ja yleensä työ onkin ”tekijänsä” näköinen. Tästä syystä tähän tärkeään vaiheeseen liittyy paljon epävarmuuksia. Toisin kuin laitteet, ohjelmistot eivät vikaannu tai vanhene samalla tavalla, vaan lähes kaikissa tapauksissa ihmisen tekemä virhe esim. määrittelyn, ohjelmoinnin tai ylläpidon aikana, aiheuttaa vikaantumisen tai virhetilanteen. Ohjelmistot ovat alttiita pienillekin muutoksille syötteissä tai ohjelmakoodissa, mitkä voivat muuttaa ohjelman toimintaa merkittävästi. Hyvän laadun varmistamiseksi tässä työvaiheessa, on tärkeää, että on olemassa mm. systemaattisia menetelmiä, hallitut tuotantoprosessit ja osaavat suunnittelijat. Täytyy myös muistaa, että kaikkia virhetilanteita ei välttämättä pysty testaamaan läpikotaisin, jolloin yllä mainitut piirteet ovat entistä merkittävämmässä avainasemassa. (Ajo ym. 2012, 6–7.)

Projektinhallinta ja laadunhallinta ovat toimintaprosesseja, joiden hallitsemisen merkitys on kasvanut järjestelmien kehittyessä ja laajenemisessa. Automaatio suunnittelussa laatua valvotaan laadunvarmistuksella, johon kuuluu ohjeiden tuottaminen ja niiden noudattamisen valvominen. Laatua voidaan tuottaa hakemalla hyviä ratkaisuja ja arvioimalla niitä. Laadunvarmistukseen kuuluu myös dokumenttien tarkistus, sekä tarvittaessa niiden päivitys. Laadunvarmistus ei ole sidottu yksilöön tai organisaatioon, vaan olennaisesti tehtävään, joka pitää suorittaa. Yksinkertaisimmillaan laadunvarmistus on sitä, että suunnittelijat esim. tarkastavat toistensa dokumentteja, jolloin varmistetaan tiedon oikeellisuus ja laatu. (Ajo ym. 2012, 23.)

3 Perussuunnittelu

Perussuunnittelun lopputuloksen tarkoituksena on olla, sekä toimittajan, että asiakkaan välinen sopimus, joka tyydyttää heitä molempia. Perussuunnittelun lisäksi siihen kuuluu liitteeksi käyttäjävaatimukset, alustava kelpoistussuunnitelma, sekä toiminnallinen kuvaus, jota käytetään suunnittelun ja toteutuksen pohjana. Järjestelmän toiminnallisen kuvauksen laatimisessa on suuri työmäärä ja se vaatii prosessin syvempää tuntemusta. Tästä syystä sen laatiminen on kannattavaa antaa yhden toimittajan vastuulle. Toimittajalle perussuunnitteluvaihe on lähestulkoon myyntityötä. (Ajo ym. 2012, 40–41.)

Prosessin ajotavat, automaation toiminnot ja toteutuksien tarkemmat kuvaukset kuuluvat perussuunnitteluvaiheeseen. Automaatiojärjestelmän toiminnallinen kuvaus sekä laatu- ja projektisuunnitelma sisältyvät tarjoukseen, jonka toimittaja tekee hyödyntäen mm. käyttäjävaatimuksia ja kelpoistussuunnitelmaa. Toiminnallinen kuvaus on pääosin toimittajan vastuulla ja se pitää sisällään kuvaukset yksittäisistä toiminnoista, laitteistojen ja ohjelmistojen rakenteista, sekä perustelut, miten asiakkaan vaatimukset on otettu huomioon. Perussuunnittelun keskeinen osa on yhteistyö toimittajan ja asiakkaan välillä, mikä vaatii neuvottelujen pitämistä, sekä dokumenttien päivittämistä tarpeen mukaan. (Ajo ym. 2012, 18.)

Perussuunnittelun voidaan laskea olevan ensimmäinen vaihe itse toteutussuunnittelua. Perussuunnittelulla tuotetaan automaation perusratkaisumallit ja lähtötiedot, joiden pohjalta aloitetaan asennus-, hankinta- ja järjestelmäsuunnittelu. Automaation perussuunnittelua lähdetään toteuttamaan dokumenttien avulla, jotka on saatu projektin lähtötietoina asiakkaalta, laitetoimittajalta ja omalta tiimiltä. Lähtötiedot saattavat sisältää kaikki tai osittain seuraavia dokumentteja:

- esisuunnitteluraportin tekninen osuus
- tehdasstandardit
- PI- kaaviot
- kytkentäpiirustukset
- layoutit (esim. itse tehtaan layout tai mekaanisten laitteiden sijoitus)
- alustavat instrumenttipiiriluettelot ja mm. instrumenttilaitteiden toiminta- ja mitoitusarvot
- alustavat moottoripiiriluettelot

- prosessin tiedot
 - ajotavat ja niiden kuvaus
 - prosessitekniset riippuvuudet (ohjaukset ja lukitukset ym.)
 - prosessilaitteiden toimintakuvaukset
- sähköistyksen ja automaation I/O-tiedot
- muut tekniset erittelyt esim. laitehankintoja varten. (Menettelyohje automaatio suunnittelu. 2012. 9–10.)

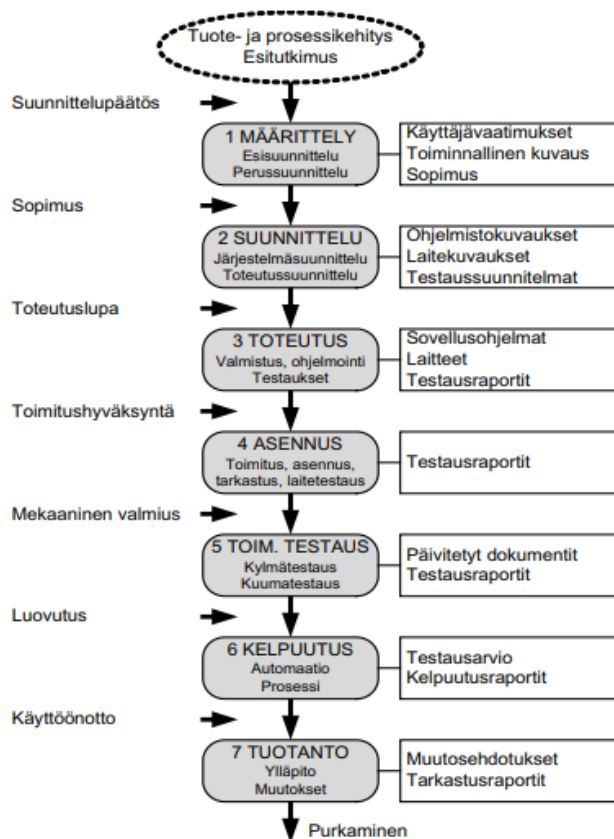
Kaikkia edellä mainittuja dokumentteja ei välttämättä tarvita, mutta ilman riittäviä lähtötietoja, perussuunnittelua ei voi aloittaa tai se ei ole ainakaan järkevää. Tärkeimpiä dokumentteja, jotka tarvitaan lähtökohtaisesti aina ovat PI-kaaviot, prosessin tiedot ja piiriluettelot.

Perussuunnittelussa on tarkoitus tuottaa sovellussuunnittelua varten tarvittavat dokumentit. Dokumentit eivät kuitenkaan välttämättä ole vielä perussuunnittelun jälkeen lopullisia, vaan niitä päivitetään projektin edetessä. Sovellussuunnittelun lähtötiedot sisältävät seuraavia dokumentteja:

- instrumenttipiiriluettelot
- moottoripiiriluettelot
- I/O-luettelo
- toimintakuvaukset
- toimintakaaviot
- lukituskaaviot
- sekvenssikaaviot
- ajokaaviot
- valvomonäyttöjen esitystapaspesifikaatiot
- PI-kaaviot. (Menettelyohje automaatio suunnittelu. 2012. 10–11.)

Sovellussuunnittelua varten tarvittavat dokumentit sisältävät osittain samoja dokumentteja, joita käytetään itse perussuunnitteluaineiston tuottamiseen. Olennaista kuitenkin on, että perussuunnittelun alussa olevat dokumentit saattavat olla päivittyneet.

Automaatiojärjestelmän elinkaari on havainnollistettu kuvassa 1. Automaatioprojekti lähtee liikkeelle siis automaation esitutkimuksesta ja -suunnittelusta. Työn kohteena oleva automaation perussuunnittelu on seuraava vaihe ja tämän dokumentaation pohjalta lähdetään viemään projektia eteenpäin.

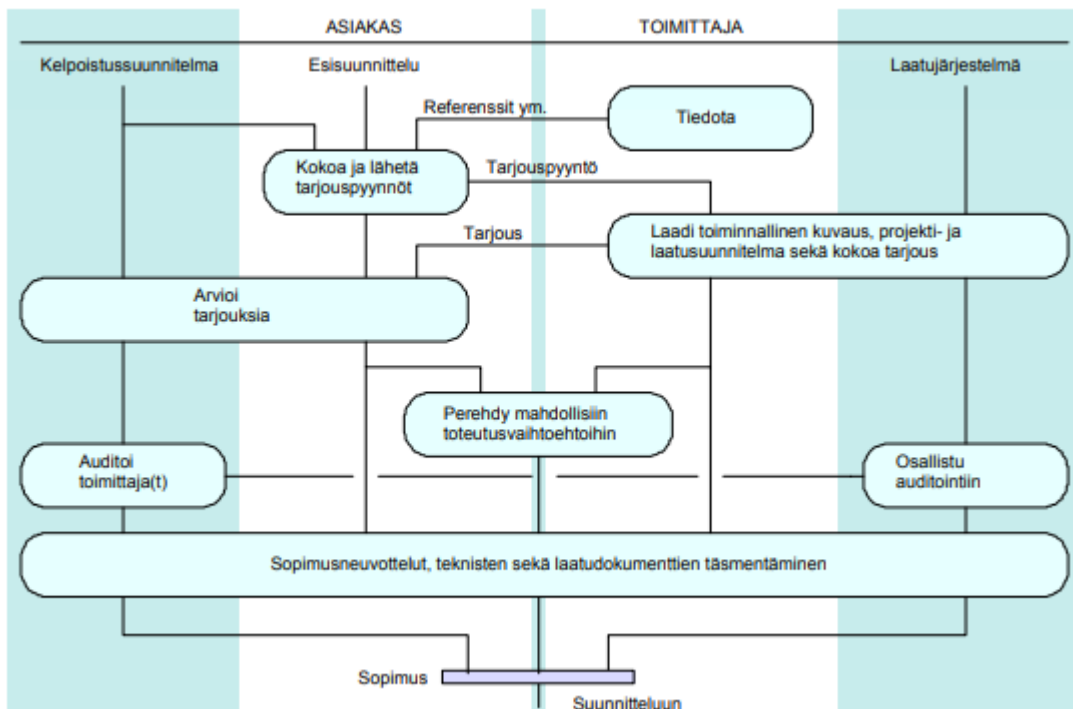


Kuva 1. Automaatiojärjestelmän elinkaari esitutkimuksesta purkamiseen (Hukki ym. 2010, 16).

Perussuunnittelun sisältö painottuu pääosin prosessilaitteisiin, jotka jaetaan pienehköihin osakonnaisuuksiin, sekä prosessin ajotapoihin, joissa käytetään hyväksi sanallisia kuvauksia prosessin vaiheista ja toiminnasta. Prosessilaitteita kuvataan yleensä virtaus- ja PI-kaavioiden avulla. Sekvenssikaavioissa käytetään yleensä vuo- tai toimintakaavioita, joissa kuvataan sekvenssien pääaskeleet. Toimilaitteiden suojauksissa ja lukituksissa käytetään mm. sanallista tekstiä, lukituskaaviota tai lukitusmatriisia kuvaamaan näiden toimintaa. Toteutuksen suunnittelu aloitetaan perussuunnittelu dokumentaation pohjalta, johon kuuluvat myös yllä mainitut automaatiojärjestelmän toiminnalliset kuvaukset. (Ajo ym. 2012, 44.)

3.1 Perussuunnittelun osatehtävät ja -eteneminen

Kuvassa 2 on käyty läpi perussuunnitteluvaiheen osatehtäviä sekä asiakkaan, että toimittajan puolelta. Perussuunnitteluvaiheen jälkeen alkaa automaation suunnittelu ja toteutusvaihe.



Kuva 2. Perussuunnitteluvaihe jaettuna osatehtäviksi (Ajo ym. 2012, 41).

Kun asiakas on päättänyt tehdä investointipäätöksen, ruvetaan laatimaan tarjouspyyntöjä toimittajaehdokkaille. Liitteinä ovat myös alustavat käyttäjävaatimukset ja kelpoistussuunnitelma, joiden avulla toimittaja tietää, minkälaisia vaatimuksia asiakkaan järjestelmään, suunnitteluun ja toteutukseen liittyy. Asiakkaan ja toimittajan on syytä käydä neuvotteluja jo ennen tarjouksen jättämistä, sillä tarjouspyynnön mukana tulleet liitteet ovat kuitenkin vain alustavia dokumentteja, eivätkä vielä lopullisia. Toimittaja päättää vastaako tarjouspyyntöön vai ei. Jos toimittaja päättää vastata tarjoukseen, toiminnallisen kuvauksen laatiminen alkaa. Tavallisesti perussuunnittelusta ei makseta toimittajalle, mutta perussuunnitteluvaiheessa voidaan kuitenkin sopia erillisistä korvauksista, mikäli kyseessä on järjestelmä, jossa toimittajan työmäärä nousee kohtuuttoman suureksi. (Ajo ym. 2012, 41–42.)

Molemmat osapuolet allekirjoittavat, itse sopimuksen allekirjoituksen yhteydessä, myös toiminnallisen kuvauksen sopimusdokumentin. Toiminnallisen kuvauksen dokumentti on pidettävä ajan tasalla, että se vastaa tekeillä olevaa järjestelmää. Muutoksista on kuitenkin sovittava yhdessä molempien osapuolten kesken. Tämä dokumentti auttaa toimittajaa pysymään kartalla projektin muutoksista, mitkä vaikuttavat työstä velotettavaan hintaan. Toimittajan vastuu on myös hoitaa tarjouksen yhteydessä ehdotus projekti- ja laatusuunnitelmasta. Asiakas tutustuu toimittajilta saatuu aineistoon ja vertailee niitä. Asiakas tarkastaa mm. dokumenttien laatua ja toimittajien taloudellista asemaa. Dokumenttien laatua saattaa arvioida asiakkaan omat ammattilaiset tai dokumentit saatetaan lähettää ulkopuolisen laadunvarmistajan arvioitavaksi. Toimittajaehdokkaista valitaan parhaat ja heidän kanssaan käydään tarkentavia neuvotteluja. Neuvotteluissa on tarkoituksena käydä läpi asiakkaan näkökulmasta sopivimpia ratkaisuja. Asiakas käyttää pohjana käyttäjävaatimusdokumentteja vertaillessaan toiminnallisia kuvauksia, sekä muuta sisältöä. Olennaisesti myös hinta vaikuttaa toimittajan valitsemiseen. (Ajo ym. 2012, 42.)

Perussuunnittelun lopulla asiakas valitsee ehdokkaan sopimusneuvotteluihin, joka auditoinnin, sekä edellä mainituin kriteerien perusteella, on sopiva vaihtoehto. Toimittajan kannalta on tärkeää, että häneltä löytyy laatujärjestelmä, suunnittelu- ja toteutusstandardit, myös laadunvalvonnan on oltava kunnossa. Mikäli jokin näistä puuttuu tai on puutteellinen, saatetaan hänen tilalleen vaihtaa toinen toimittaja. Joissain tapauksissa saatetaan työt päättää tehdä asiakkaan valvonnassa ja asiakkaan laatujärjestelmän mukaan, mutta tässä tapauksessa pitää myös ottaa huomioon tästä aiheutuvia haasteita, kuten menetelmien oppimiseen tarvittava aika. (Ajo ym. 2012, 42–43.)

Auditointi täytyy hoitaa jokaisen toimittajan kohdalla, jolloin varmistutaan siitä, että mm. toimittaja on kykenevä riittävän laadukkaaseen työnjälkeen. Asiakkaan kannalta auditointi helpottaa myös projektin eri elinkaaren vaiheissa, jolloin asiakas valmiiksi tietää minkälaista ammattitaitoa kyseinen toimittaja pystyy antamaan. Auditoinnissa täsmentyvät järjestelmän sisältö, hinta, maksuerät sekä sakkopykälät. Sopimusneuvottelun lopuksi alustavat dokumentit käydään läpi molempien osapuolten laadunvarmistuksella ja siirretään allekirjoitettavaksi. (Ajo ym. 2012, 43.)

Kun toimitussopimus on allekirjoitettu, molemmat osapuolet lähtevät laatimaan yhteistä projektisuunnitelmaa tehtävää projektia varten. Projektisuunnitelma aikatauluineen sisältää kaiken dokumentoinnin, kelpoistuksen sekä laatutehtävät (kelpoistussuunnitelman ja laatusuunnitelman).

Osapuolet sopivat yhdessä aikataulutuksesta ja tarpeen tullen käyvät neuvotteluissa läpi, mitä asioita jätetään projektista pois. Monessa tapauksessa projektin kestoa halutaan lyhentää taloudellista syistä, jolloin täytyy tehdä muutoksia projekti aikatauluun. Perussuunnitteluvaihe ja näin ollen määrittelyvaihe päättyy asiakkaan ja toimittajan sopimuksen allekirjoittamiseen. Myös laadittu projektisuunnitelma allekirjoitetaan. (Ajo ym. 2012, 43–44.)

3.1.1 Perussuunnittelun tulokset ja dokumentit

Perussuunnittelun tuloksen tavoitteena on alustavat suunnitelmat, joilla saavutetaan ja todetaan virheetön ja täsmällinen toiminnallinen kuvaus. Toiminnallinen kuvaus on toimittajan ratkaisuehdotus järjestelmän toteutukselle ja siinä käydään läpi järjestelmä, joka toteuttaa asiakkaan käyttäjävaatimuksissa esittämät vaatimukset. Toimittaja käyttää tätä dokumenttia apunaan, kun hän aikanaan testaa järjestelmän toiminnan. Toiminnallinen kuvaus tulisi olla laadittu täsmällisesti ja yksiselitteisesti niin, että molempien osapuolten suunnittelijat ymmärtävät ja osaavat lukea sitä oikein. Lisäksi toiminnallisessa kuvauksessa:

- Kuvaillaan, miten käyttäjävaatimukset voidaan toteuttaa
- Määritellään toiminnalliset kokonaisuudet ja kuvaillaan niiden toimintaperiaatteet
- Kuvaillaan rajoitukset, joita tarjotulla järjestelmällä on
- Mainitaan vaatimukset, joita järjestelmä ei toteuta
- Otetaan kantaa tietojen ja toimintojen kriittisyyteen
 - Toiminto, mikä on luokiteltu kriittiseksi vaatimuksissa, tulee sen ja ainakin yhden sen osatoiminnoista olla kriittinen myös toiminnallisessa kuvauksessa
 - Kriittisyyden luokitus tarkentuu suunnittelukuvauksissa ja se vaikuttaa toteutettavaan ohjelmistoon ja sen testaukseen. (Ajo ym. 2012, 44–45.)

Toiminnallisessa kuvauksessa käsiteltävät asiat voidaan jakaa pääaiheisiin. Pääaiheet ovat johdanto ja järjestelmän yleiskuvaus, toiminnot ja tiedot, liittymät sekä ei-toiminnalliset ominaisuudet. (Ajo ym. 2012, 45.)

Johdannossa ja järjestelmän yleiskuvauksessa käydään läpi dokumentin perustietoja. Johdannossa selviää dokumentin tekijä sekä tarkoitus, sopimussuhde ja dokumentit, joihin toiminnallinen ku-

vaus on liitteenä. Yleiskuvauksessa kuvaillaan päätoimintoja, liittymiä, alajärjestelmät tai toiminnot eriteltyinä sekä oletukset suunnittelun ja toteutuksen suhteen. Oletukset voivat olla mm. standardeihin tai käyttöjärjestelmään liittyvää. Toimintoihin kuuluu niin laajat kokonaisuudet, kuin yksittäiset automaatiotoiminnotkin. Yksittäinen automaatiotoiminto voi olla esim. säätö tai sekvenssiohjaus. Kuvauksia ei kannata kirjoittaa yksityiskohtaisesti, sillä se saattaa sitoa turhaan suunnittelua ja altistaa herkästi muutoksille. Kriittisiä toimintoja sen sijaan on kannattavaa kuvailla tarkemmin, käyttäen apuna tekstin lisäksi esim. kaavioita. Toimintojen lisäksi määritellään järjestelmän toimintaa koskevat tiedot, esim. tietorakenteet, tietovarastot ja niiden käsittely sekä tekniset ominaisuudet. (Ajo ym. 2012, 45.)

Liittymät osiossa kuvataan järjestelmän käyttöliittymät, liittymät muihin järjestelmiin, laiteliittymät sekä myös siirtojen ehdot, siirtyvä tieto ja siirtoajankohdat. Ei-toiminnalliset osiossa käydään läpi käyttäjävaatimuksissa määriteltyjen vaatimusten toteutuminen, esim. käytettävyys, ylläpidettävyys ja laajennettavuus. (Ajo ym. 2012, 45.)

Projektisuunnitelmassa on määritelty projektin vaiheet, aikataulu, vastuuhenkilöt, etapit sekä mahdollisesti myös kuvattuna laadunvarmistusta. Käyttäjävaatimuksissa ja kelpoistussuunnitelmassa on esitettyä laatuvaatimukset, jotka projektissa on otettava huomioon. Laatusuunnitelmaan kuuluu mm. projektin laatutoimet ja kuka niitä valvoo, kustannusten seuranta, muutosten seuranta, aikataulun valvonta ja myös yhteistyön sujuvuuden valvonta. Lisäksi, mikäli käyttäjävaatimuksissa ei ole kuvattuna projektin tavoitetta, organisaatiota tai määritettyä toimituksen osia ja välineitä, on ne lisättyä projektisuunnitelmadokumenttiin. (Ajo ym. 2012, 45–46.)

3.1.2 Asiakkaan ja toimittajan vastuunjako

Asiakkaalla on luonnollisesti päätettävissä, minkälainen kokonaisuus projektista muodostuu, mutta perussuunnittelun tehtävät jakaantuvat tasaisesti asiakkaalle ja toimittajalle. Asiakkaan vastuulla on toimittajaehdokkaiden valinta, sopimusneuvottelujen ja ohjauksen järjestäminen, käyttäjävaatimusten määrittely, kelpoistussuunnitelman ja tarjouspyynnön laadinta. Lisäksi asiakkaan pitää käydä läpi toimittajan tekemä toiminnallinen kuvaus ja vertailla sitä käyttäjävaatimuksiin. Toimittajan vastuulla on toiminnallinen kuvaus, projekti- ja laatusuunnitelma. Nämä dokumentit liitteenä, toimittaja kokoaa tarjouksen asiakkaalle. (Ajo ym. 2012, 46.)

Toimittaja ja asiakas käyvät yhdessä neuvotteluja, joissa he tarkentavat alustavien dokumenttien tietoja mm. projektikelpoistus- ja laatusuunnitelmia. Asiakkaan asettama kelpoistusprojektin vetäjän vastuulla on huolehtia kelpoistusprojektin miehityksestä ja kelpoistustehtävien laadukkaasta suorittamisesta. Hänen vastuullansa on myös kelpoistustehtävien hyväksyttäminen siihen määritetyillä henkilöillä. Asiakkaan laadunvarmistusorganisaation tehtävänä on toimittajaehdokkaiden auditointi. Myös toimittajalla on laadunvarmistusorganisaatio, jonka tehtävä puolestaan on tarkastaa tarjous ja itse sopimus liitteineen. (Ajo ym. 2012, 46.)

3.1.3 Perussuunnittelun laadunvarmistus

Toimittaja suorittaa määräajoin laadunvarmistukseen liittyviä tarkastuksia, ja ne ovat tarpeen jokaisessa projektissa. Tarkoitus on seurata yrityksen oman toiminnan laatua, joka korostuu varsinkin perussuunnitteluvaiheen alussa. Perussuunnittelun tärkein laadunvarmistustehtävä on toiminnallisen kuvauksen tarkistaminen. Sen täytyy vastata asiakkaan käyttäjävaatimuksia ja olla laatu järjestelmän mukainen. (Ajo ym. 2012, 47.) Automaation laadunvarmistuksessa on varmistuttava siitä, että tarkastajilla on riittävä pätevyys sen suorittamiseen. Projektin laajuus on olennaisesti yksi isoimmista vaativuuden määrittäjistä, jonka perusteella tarkastajat tulee valita. Tilaajan aikaisempi tuntemus on myös hyödyksi. Oman toiminnan laaduntarkastamisen lisäksi tarkastajien on varmistuttava, että työ sujuu aikataulussa, ja tarvittavat lähtötiedot on saatu laitetoimittajilta. (Menettelyohje automaatiosuunnittelu. 2012. 12–13.)

Asiakkaan ensimmäisiä laadunvarmistukseen liittyviä tehtäviä on käydä läpi laaditut käyttäjävaatimukset. Käyttäjävaatimusten katselmukseen osallistuvat käyttäjien ja mahdollisesti myös laadunvarmistuksen edustajat. Kelpoistusprojektin päällikkö vastaa katselmussuunnitelman tekemisestä ja näin ollen myös toimeenpanee kyseisen katselmuksen. Kelpoistuspäällikkö raportoi katselmuksessa käydyt asiat mm. käyttäjävaatimusten sisällön, tason ja muodon oikeellisuuden. Laadunvarmistuksen asiantuntija käy raportin läpi ja vastaa sen hyväksymisestä. (Ajo ym. 2012, 47.)

Toimittajalta saadun toiminnallisen kuvauksen ja asiakkaan käyttäjävaatimusten vertailu täytyy myös hoitaa samanlaisessa katselmuksessa. Kelpoistuspäällikkö on vastuussa myös tämän katselmussuunnitelman suunnittelussa ja toimeenpanossa. Katselmuksessa on tarkoitus varmistaa, että toiminnallinen kuvaus täyttää asiakkaan vaatimukset. Toiminnallisen kuvauksen ja käyttäjävaati-

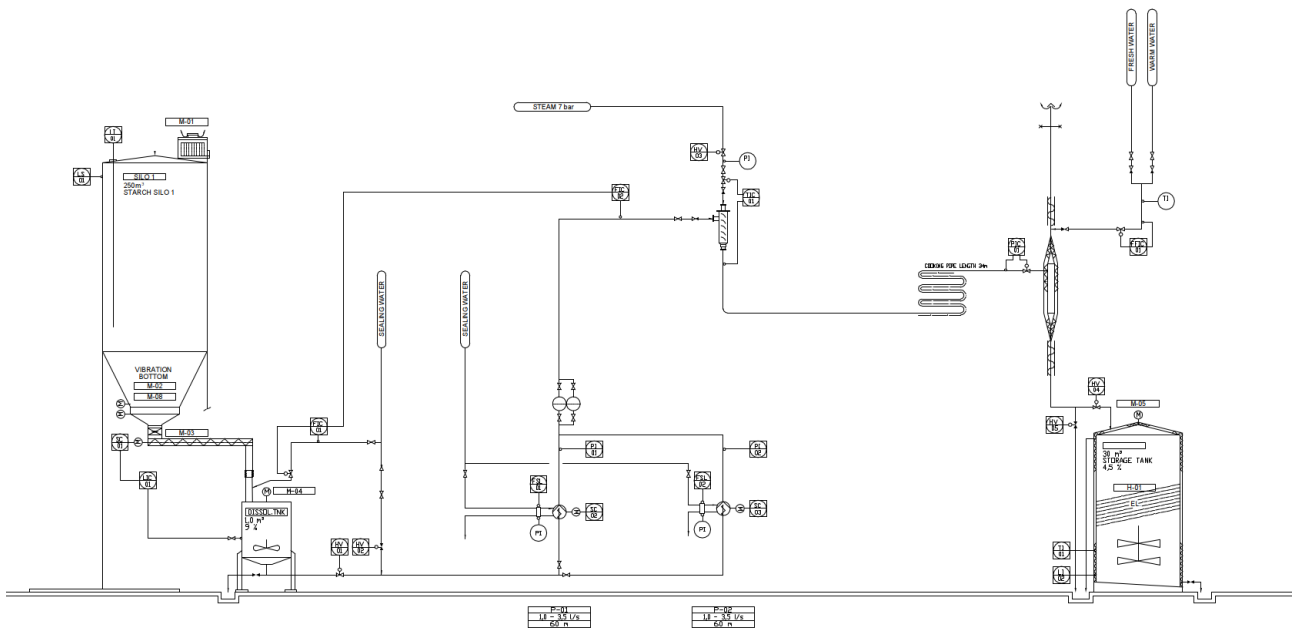
musten täytyy vastata toisiaan, mikäli löytyy ristiriitoja tai puutteita, ne korjautetaan. Katselmuksesta tehdään raportti, joka toimitetaan laadunvarmistuksen edustajalle. Laadunvarmistuksen edustaja tarkastaa, että raportista löytyy oleelliset asiat ja hyväksyy katselmuksen, mikäli se on oikein suoritettu. (Ajo ym. 2012, 47.)

Toimittajan auditointi kuuluu myös asiakkaan laadunvarmistustehtäviin, jossa perehdytään mm. toimittajan laatujärjestelmään (Ajo ym. 2012, 47). Auditoinneilla varmistetaan, että toimittaja täyttää laatuvaatimukset ja omaa riittävän osaamisen. Auditointi ohjaa toimittajaa hyvän laadun suuntaan ja se myös antaa mahdollisuuden suhteiden rakentamiseen sekä riskien ja väärinkäsitysten tunnistamiseen. (Mts. 165.)

4 Työn toteutus

Työn tarkoituksena on kehittää perussuunnitteluaineisto Valmet DNA -sovellussuunnitteluun. Perussuunnittelu kattaa laajan määrän eri dokumentteja, joten työ rajattiin sisältämään ainoastaan toimintakaaviot, joissa on esitettyä toimilaitteiden kaikki toiminnallisuudet. Toimintakaavioissa on tarkoitus esittää mm. lukitukset, ohjaukset, säädöt ja muihin kaavioihin liittyvät riippuvuudet, esim. venttiilien auki/kiinni rajojen lukemiset. Mikäli rajoja luetaan toisessa toimintakaaviossa, merkataan tieto molempiin toimintakaavioihin lähtevänä/tulevana tietona. Toimintakaavioiden tarkoituksena on kattaa kaikki tarvittavat tiedot, mitä sovellussuunnittelija tarvitsee toteuttaakseen kyseiset piirit.

Työn kohteeksi valittiin vuonna 2020 tehty määränpään kemikaalit -projekti. Projektin PI-kaavioista valittiin tärkein keitto -prosessi. PI-kaavio on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Tärkin keitto PI-kaavio.

Alkuperäinen PI-kaavio sisälsi vielä kuvan 3 lisäksi tärkkelysjauheen autopurun siiloon ja oikealla näkyvän säiliön jälkeisen annostelu systeemin. Kyseiset osiot päätettiin jättää pois, sillä niiden toteutukset vaihtelevat eri prosesseissa/projekteissa, jolloin niitä varten tehdyllä perussuunnitteluaineistolla ei olisi ollut paljon hyötyä tulevien projektien kannalta. Kuvassa 3 näkyvä prosessi sisältää auki/kiinni venttiileitä, moottoreita, lämpötila-, pinta- ja paineantureita, kytkimiä, pumppuja ja taajuusmuuttajia. Kuvassa ei myöskään ole esitettyä kaikkea tarvittavaa tietoa, kuten jauheen autopurun paikallishjauspainikkeita. Toimilaitteiden toimintakaavioiden lisäksi, kaaviot tehdään myös prosessiin kuuluvista automaatio-ohjelman sisäisistä piireistä, kuten sekvenssiohjauksista ja niiden apupiireistä.

Toimintakaaviot tulevat Valmet DNA sovellussuunnittelua varten, mutta kaaviot halutaan kuitenkin laadittavaksi niin, että kaaviot ovat yleisesti esityskelpoisia, jolloin Valmet DNA:n omat piiritoinnot jätetään esittämättä. Toimintakaavioiden kuuluukin olla aina suunniteltuna niin, etteivät ne ole järjestelmäriippuvaisia. Kaavioiden laadinnassa hyödynnetään toimeksiantajan automaatio-suunnittelussa työskentelevien ohjeita ja näkemyksiä, jotta kaavioista saadaan tehtyä suunnitteloita mahdollisimman hyvin palveleva kokonaisuus.

PI-kaaviosta toimilaitteiden positiotunnukset ja projektinumero ovat poistettu/muutettu, sillä asiakastiedot ovat salassa pidettäviä tietoja. Toimintakaavioista on tarkoitus tehdä myös mallipohjat, jolloin laite-, piiri- ja otsikkotaulutiedot voidaan generoida tietokannasta toimintakaavioihin. Piirit/toimilaitteet ovat numeroitu juoksevalla numerolla, joka edesauttaa mallipohjien luomista.

4.1 Tiedonkeruu

Toimeksiantajalla löytyi märänpään kemikaalit -projektin sovelluspiirit AutoCAD -kuvina, toimintakuvaukset, prosessikuvaukset ja valvomonäytöt. Toimintakaavioiden toteutukseen etsittiin mallia vanhoista projekteista. Toimeksiantajalla löytyi kansio, joka sisälsi kaikki vuosien saatossa tehdyt projektit, ja tarkoitus oli etsiä noista projekteista sopivat mallit kaavioiden laatimiseen.

Projekteista ei kuitenkaan löytynyt sopivia malleja, joten toimeksiantajan kanssa sovittiin, että kaavioiden tekemisessä voi käyttää AutoCADin kirjastosta valmiiksi löytyviä piirrosmerkkejä. Puuttavat piirrosmerkit voi tehdä itse, kuitenkin käyttäen kansainvälisesti käytettyjä malleja. Piirrosmerkeistä laaditaan ”Legend” -taulukko (kts. liite 2), jossa esitetään kaikki kaavioissa käytetyt piirrosmerkit ja niiden selitteet.

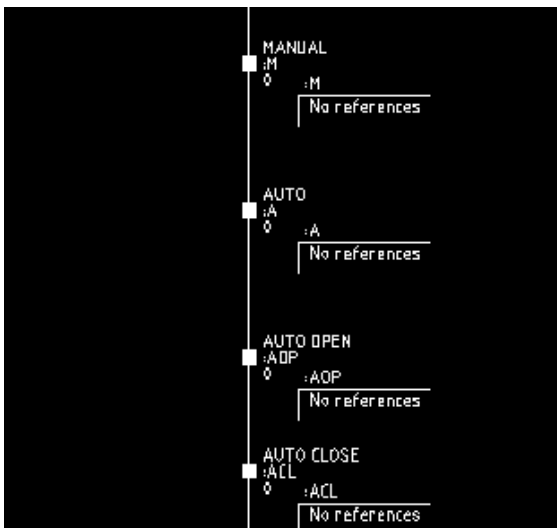
5 Toimintakaaviot

Toimintakaavioita varten etsittiin työn alla oleva projektin kansio ja sieltä otettiin kopiot piireistä, jotka olivat tehty kuvassa 3 olevalle prosessille. Piirit olivat AutoCAD -kuvina ja ne sisälsivät kaiken tarvittavan tiedon perussuunnitteluaineiston laatimiseksi. Yhdelle toimilaitteelle oli tavallisesti tehty kaksi piiriä. Piirit ovat jaettu pääpiiriin ja lukituspiiriin, pois lukien sellaiset piirit, joille ei tavallisestikaan tule lukituksia, kuten mittauspiirit. Esim. mittauspiireillä saattaa kuitenkin olla tehtynä lisäpiiri, mikäli mittauksella toteutetaan useita laskutoimituksia, jolloin niiden esittäminen on parempi esittää erillisessä piirissä.

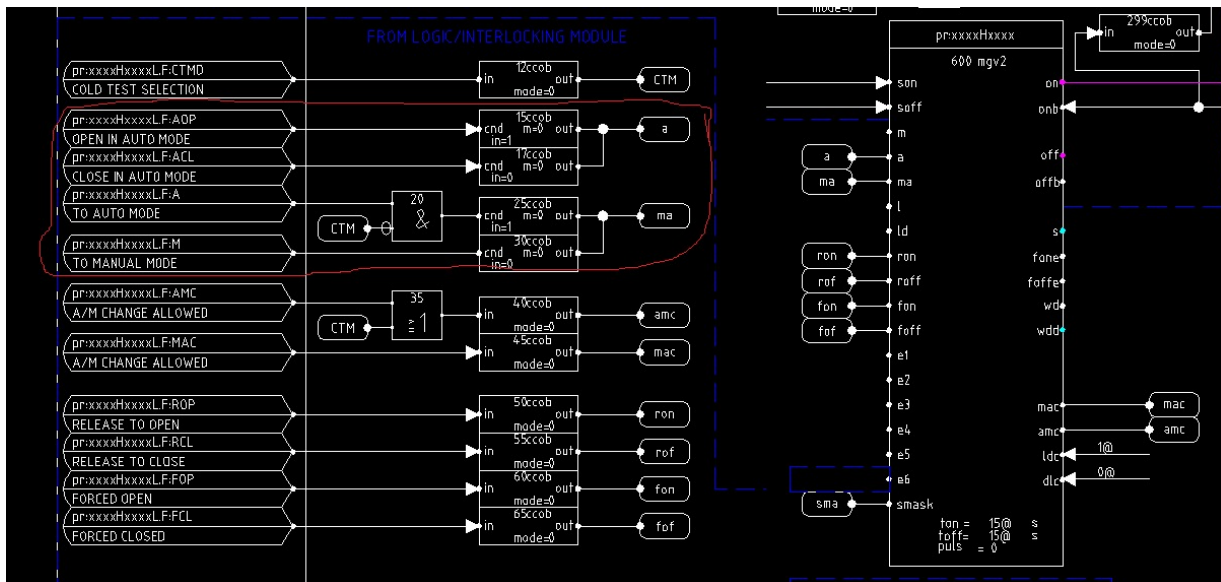
Toimeksiantajalla on käytettävissä template -pohjia, joilla lähes kaikki piirit ovat toteutettu. Template -pohjia käytetään työn tehokkuuden parantamiseksi. Jokaisella piirillä luodaan pääpiiri ja lukituspiiri, mikäli semmoinen on tarpeen. Ideana on olla tekemättä mitään muutoksia pääpiiriin ja sen sijaan lisätä kaikki tarvittavat toiminnot lukituspiiriin. Pääpiireihin lisätään/muutetaan lähes

ainoastaan hälytysrajoja. Pää- ja lukituspiirin idea on pitää toiminnot ja lukitukset erillään I/O:t sisältävästä pääpiiristä. Tällainen työtapo mahdollistaa toimintojen muutosten päivitykset laitoksen ollessa käynnissä. Jos kaikki (sekä toiminnot, lukitukset ja I/O:t) olisivat samassa ohjelmamoduulissa, niin päivityksen yhteydessä esim. käynnissä oleva moottori pysähtyisi.

Pääpiirissä voidaan lukea kaikki tarpeellinen tieto lukituspiiristä. Esim. tapauksessa, jossa halutaan pumpun käynnistyttyä ohjata venttiili automaatile ja auki -asentoon, lisätään siinä tapauksessa pumpun käyntitieto venttiilin lukituspiiriin ja yhdistetään luettava tieto lukituspiirin A- (automaatile) ja AOP (auki automaattilla) -portteihin. Nuo tiedot luetaan pääpiirissä ja ne ovat templatessa valmiiksi yhdistettynä myös venttiililohkon portteihin. Havainnollistavat kuvat näkyvät alla, kuvassa neljä on venttiilin lukituspiiristä kuva ja kuvassa viisi on venttiilin pääpiiristä (myös piirien positiotunnukset ja projektinumero on muutettu asiakastietojen salassapidon vuoksi).



Kuva 4. Venttiilin lukituspiiri.



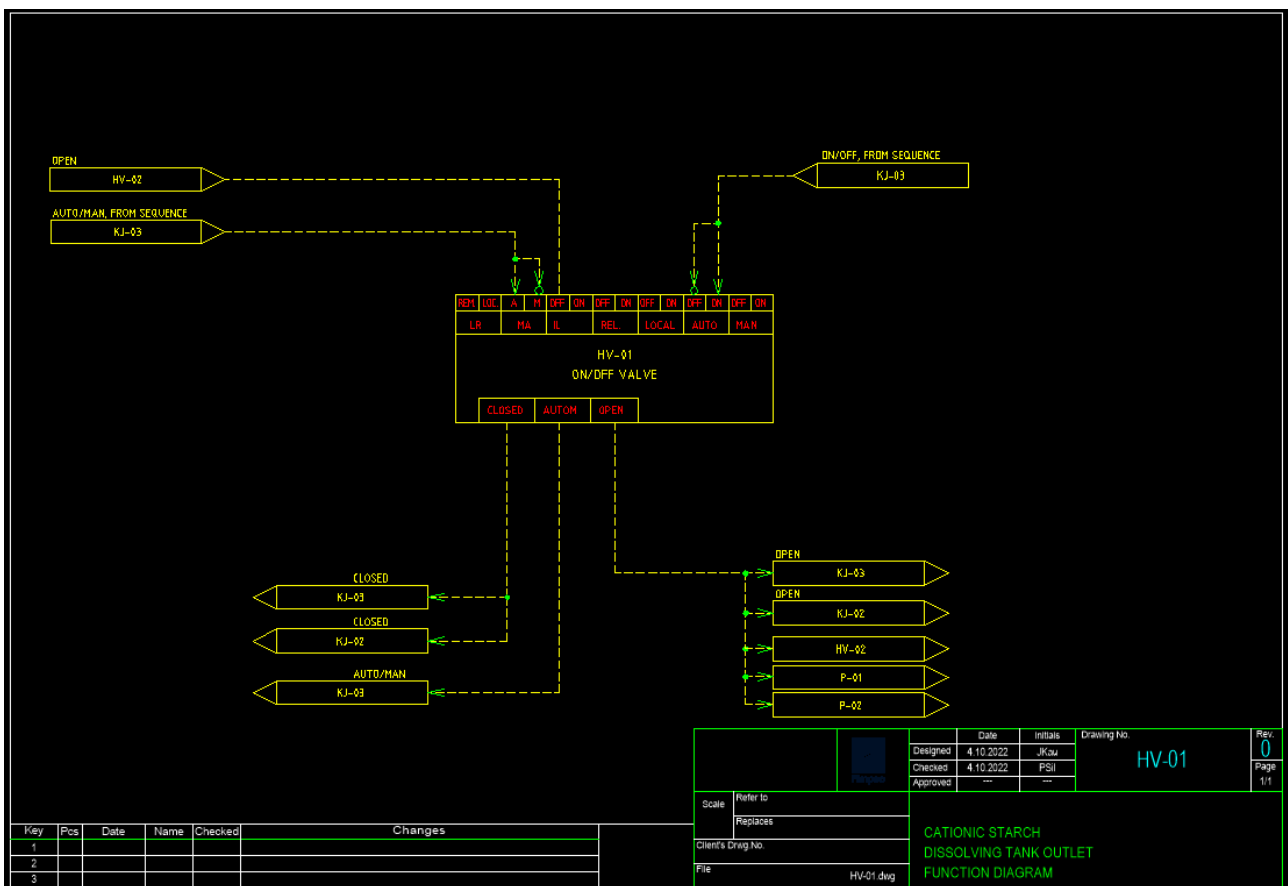
Kuva 5. Venttiilin pääpiiri.

Mainituissa tilanteissa luettaisiin siis pumpun käyntitietoa. Kun pumppu käy, muuttuu pumpun binaaritieto ykköseksi. Tuo käyntitieto liitetään A ja AOP portteihin. Pääpiirissä luetaan noita portteja (kts. Kuva 5) ja niiden tilatiedot ovat yhdistettyinä a- ja ma-referensseihin. Referenssit taas on yhdistetty venttiili lohkon, jolloin haluttu toiminto saadaan aikaiseksi (venttiili automaatile ja auki -ohjaus). Vaihtoehtoisesti on mahdollista ohjata suoraan toimilohkon porttitietoja, jolloin ”näkyvää” liitäntää ei esitetä. Mm. sekvenssiohjaukset tapahtuvat lähes poikkeuksetta suoraan toimilohkon portteja ohjaamalla, eikä näin ollen niitä esitetä erikseen ohjattavassa piirissä.

Toimintakaavioiden laadinnassa tutkitaan aina kyseisen piirin pää- ja lukituspiiriä. Piireistä otetaan tarvittavat tiedot, kuten hälytysrajat, ohjaukset, lukitustiedot ja kaikki, mitä sovellussuunnittelija tarvitsee perussuunnitteluaineistossa esitettävän. Tavoitteena on, että sovellussuunnittelija pystyy tuon aineiston avulla toteuttamaan toimivan sovelluksen kyseiselle prosessille. Tiedot kerätään yhteen toimintakaavioon ja lisäksi luodaan se esitettäväksi niin, että sen voisi toteuttaa myös muulla automaatio-ohjelmalla, kuin pelkästään Valmet DNA:lla.

5.1 Venttiilien toimintakaaviot

Venttiilien toimintakaavioissa on yleensä suhteellisen vähän esitettävää tietoa. Osasta venttiilien piireissä ei ollut lainkaan ohjauksia, lukituksia tai muuta toiminnallisuutta. Kaikkia venttiilejä kuitenkin ohjattiin/luettiin sekvensseissä, ja kuten aikaisemmin todettiin, näitä ei esitetä itse venttiilien piireissä, vaan pitää tutkia sekvenssien piirejä. Toimintakaavioissa kuitenkin esitetään myös ohjaukset sekvensseistä ja tiedot, joita luetaan sekvenssissä. Kaikissa työssä esitetyissä toimintakaavioissa on vaihdettu oikeiden positiotunnusten tilalle PI-kaaviossa esitetyt positiot salassapidon vuoksi.



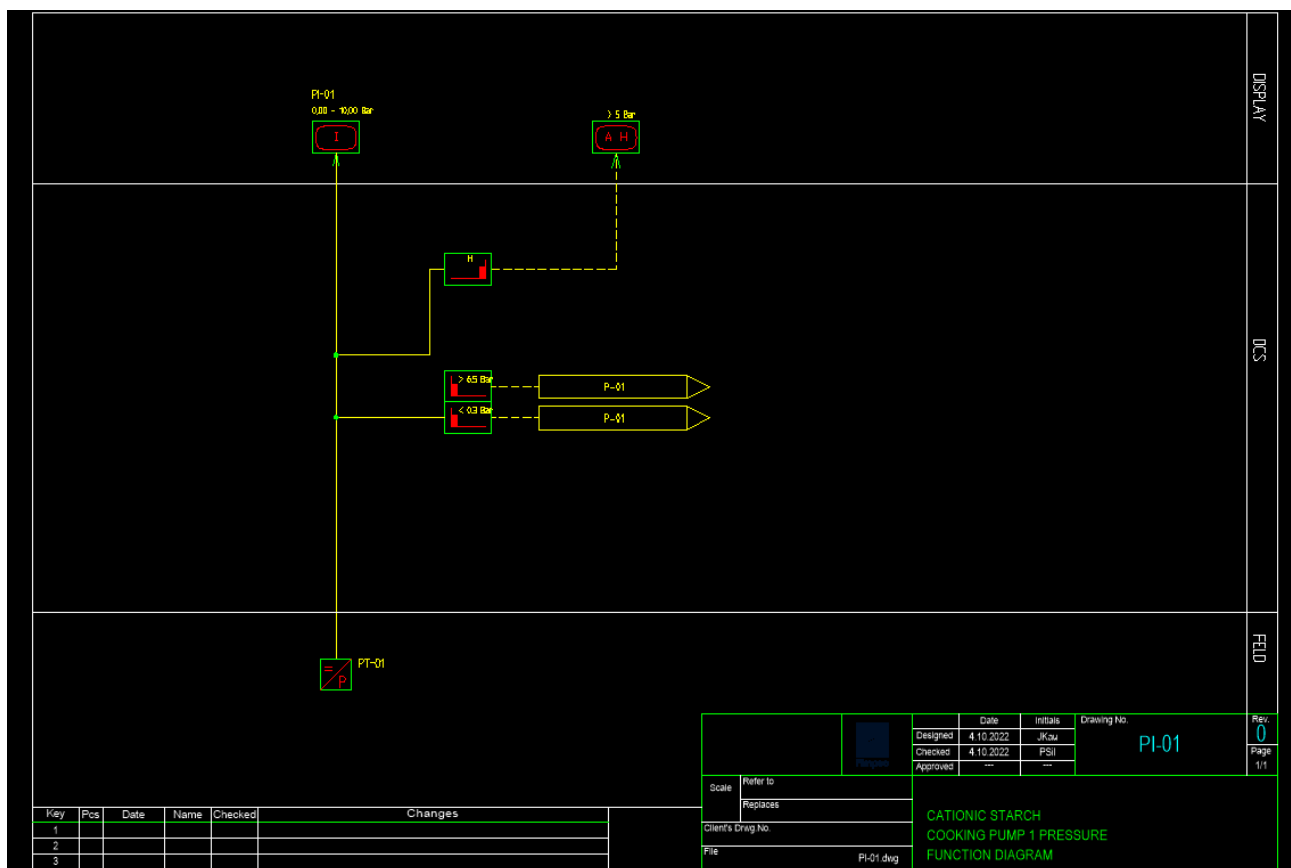
Kuva 6. Venttiilin HV-01 toimintakaavio.

Kuvassa 6 oleva venttiili on HV-01, eli liuotussäiliön jälkeinen venttiili (kts. Kuva 3). Kaaviossa luetaan toisen venttiilin auki -raja tietoa, ja ohjauksia tulee sekvenssistä KJ-03. Lisäksi venttiilin HV-01 auki/kiinni rajoja sekä automaatti/manuaali -tilaa luetaan muissa piireissä. Nuoli osoittaa tiedon

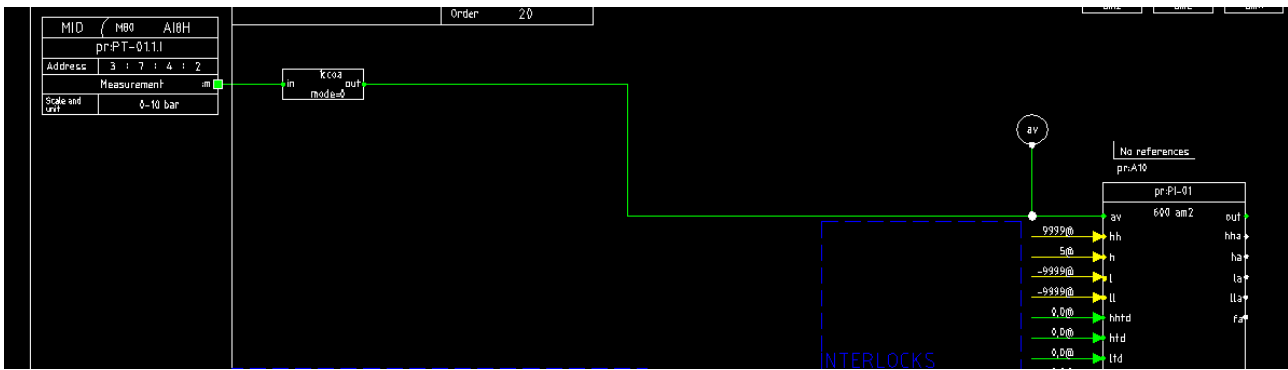
kulkusuunnan. Legend -taulukossa esitetään kaikki toimintakaavioissa käytettyjen piirrosmerkkien toiminnot. Myös kuvassa näkyvän lohkon ja sen liitinporttien tarkoitukset ovat selostettuna.

5.2 Mittauksien toimintakaaviot

Mm. mittauksien toimintakaaviot eroavat hieman venttiilien kaavioista. Mittauksien-, säätöjen-, ja binääristen signaalien toimintakaavioissa esitetään viivoilla rajoja. Rajat jakavat toimintakaavion sisällön kolmeen alueeseen. Alueet ovat Display (näyttö), DCS (sovellus) ja Field (kenttä). Kaavion rajaaminen näille alueille selkeyttää piirin toimintaa sovelluksen tekijälle ja se onkin kansainvälisesti usein käytetty toimintatapa. Kuvassa 7 on esimerkki painemittaus -toimintakaaviosta.



Kuva 7. Painemittauksen PI-01 toimintakaavio.

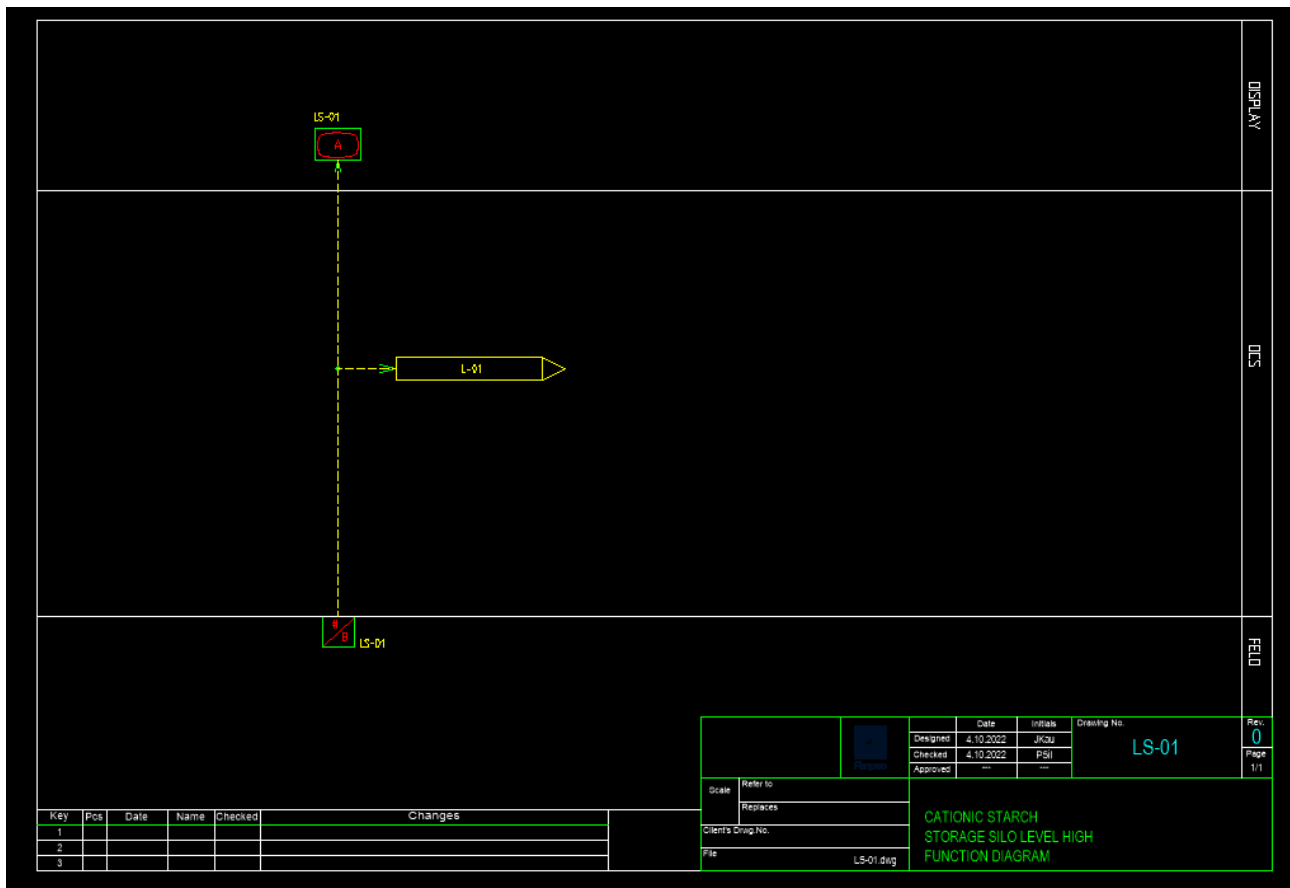


Kuva 8. PI-01 sovelluspiiri.

Kaaviossa on esitetty kentälle asennettu painelähetin. Lähettimissä on myös aina mittauselementti (anturi), mutta sitä ei esitetä erikseen kaavioissa tai sovelluspiireissä. Lähetin lähettää painearvon sovelluspiirissä olevaan toimilohkoon (kts. Kuva 8), joka on myös tarkoitus esittää operaattorin näytöllä. Toimintakaaviossa esitetään kahdentyyppisiä rajoja: H-raja, sekä rajat numeroarvoilla. Tämä erottaa toimilohkon omat hälytysrajat sovelluspiiriin tehdyistä rajoista, eli kuvassa 8 näkyy h-rajalle esitetty arvo 5 baaria. Muut rajat ovat toteutettu vertailulohkoilla paineenmittaus -piirissä ja tämä on yhdistettynä porttiin, jonka tilaa voidaan lukea muissa piireissä. Tämänkin toteutustavan tarkoitus on tukea sovellussuunnittelijan työtä ja selkeyttää piirin toimintaa.

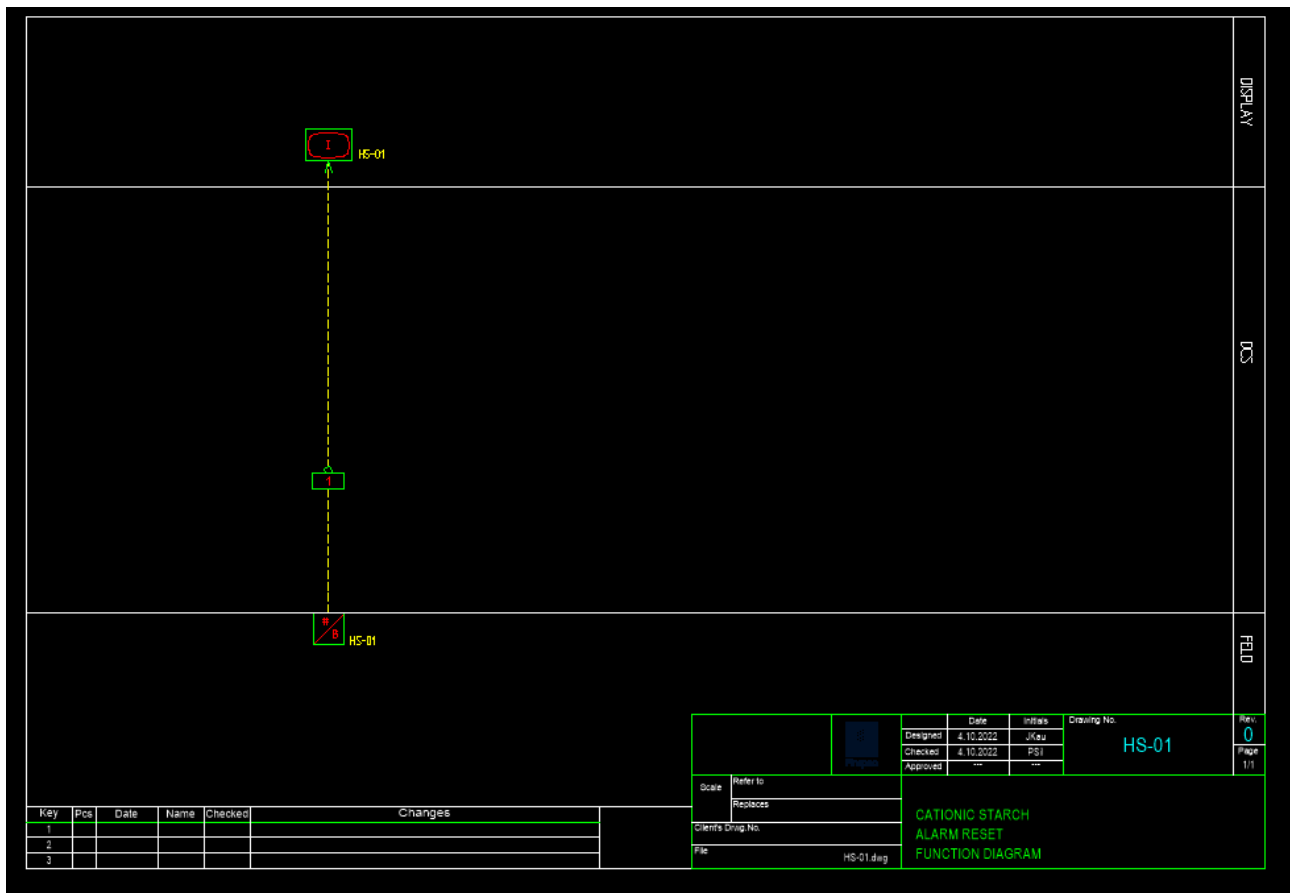
5.3 Binääristen piirien toimintakaaviot

Binääriset piirit ovat yleensä kytkimiä tai painonappeja. Binäärisissä piireissä ei mittauksien tapaan yleensä ole paljon esitettävää tietoa. Kuvassa 9 on esitetty säiliön ylärajakytkin. Säiliön täytyessä kytkimeen asti, kytkin sulkeutuu ja binäärinen tieto muuttuu ykköseksi antaen operointinäytölle hälytyksen. Monessa tapauksessa signaalia luetaan myös muissa piireissä ja se aiheuttaa lukituksia tai pakko-ohjauksia.



Kuva 9. Ylärajakytkin LS-01.

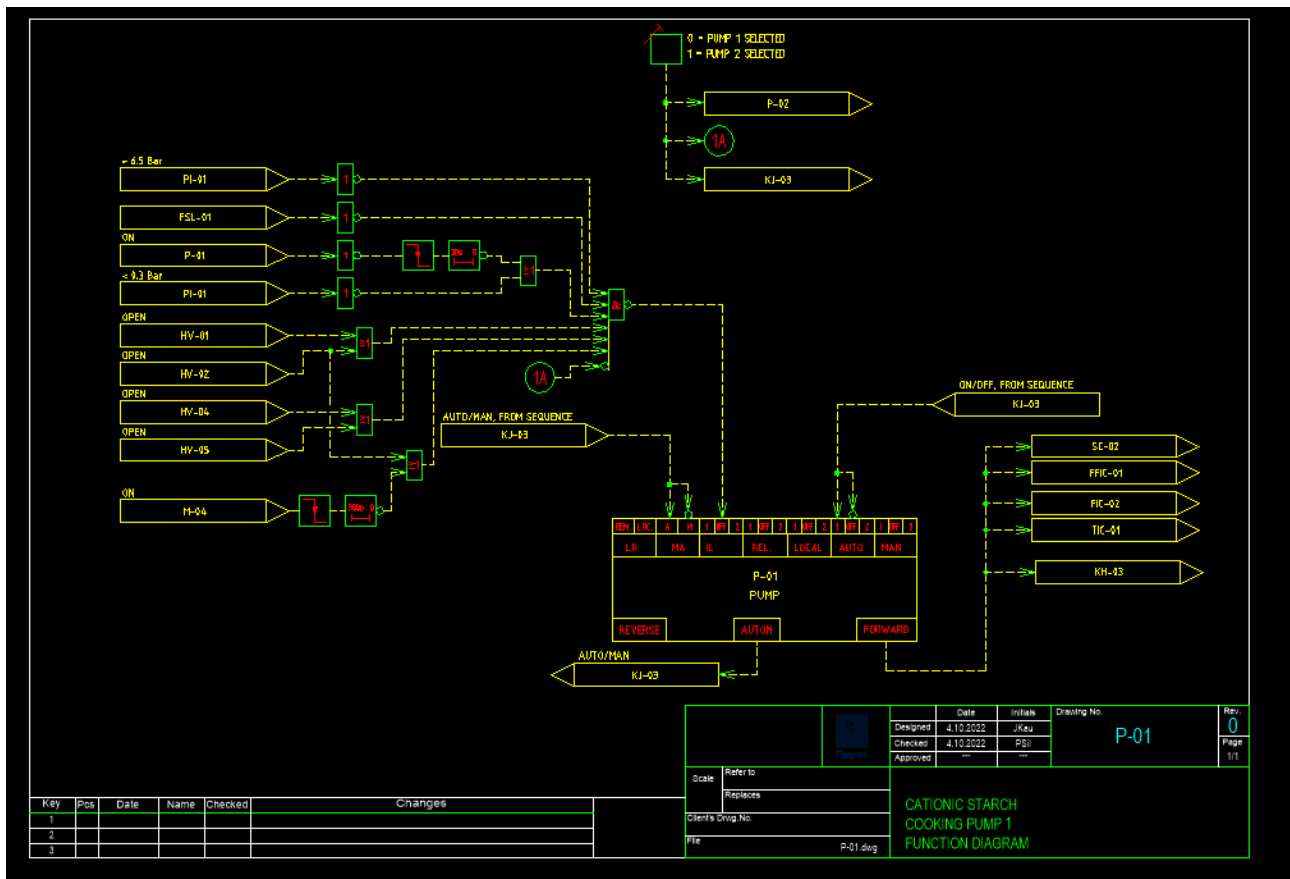
Kuvassa 10 taas on esimerkki binäärisestä piiristä, jossa fyysisestä painonapista kuitataan hälytys. Painonappeja voi olla myös sovelluksen sisäisiä, jolloin hälytyksen voisi kuitata valvomosta. Tässä tapauksessa sovellussuunnittelija tietää, että painonappi on fyysinen, sillä se on toimintakaaviossa esitettyinä field -alueella.



Kuva 10. Hälytyksen kuittaus HS-01.

5.4 Pumppujen toimintakaaviot

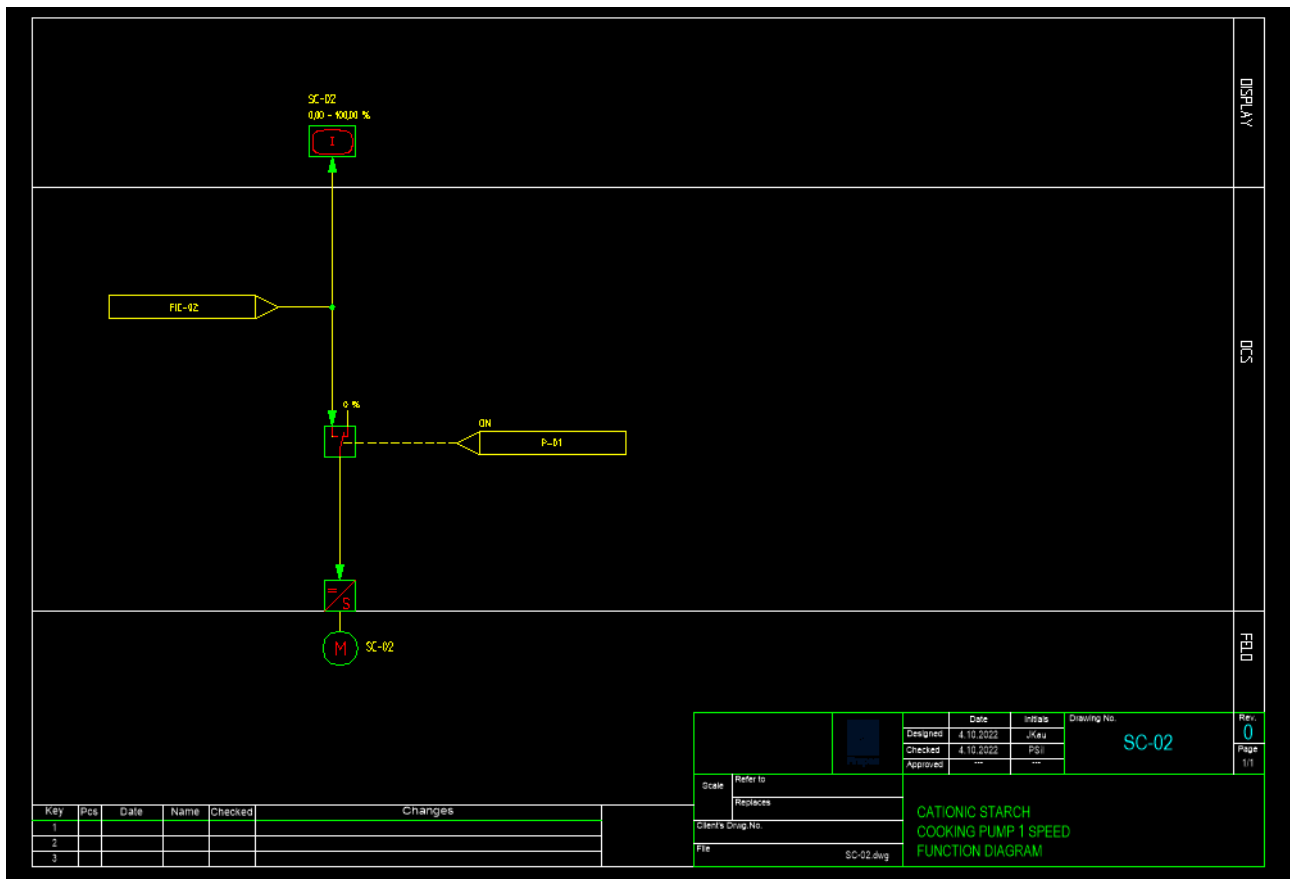
Pumppujen toimintakaaviot sisältävät muutaman eron alkuperäisiin sovelluspiireihin. Prosessissa käytetyt pumpput olivat taajuusmuuttaja ohjattuja. Pumppujen ja moottorien templatet sisältävät mahdollisuuden lisätä taajuusmuuttajalle nopeusohjauksen sekä myös I/O tiedot. Tässä tapauksessa itse taajuusmuuttaja sovelluspiiriä ei tarvitse tehdä ja niitä ei ollutkaan olemassa lähtötiedoissa. Toimeksiantajan näkemys kuitenkin oli, että myös niistä kannattaa tehdä erilliset toimintakaaviot.



Kuva 11. Pumpun P-01 toimintakaavio.

Kuvassa 11 on pumpun toimintakaavio. Toinen ero sovelluspiireihin oli pumpun valinta käyttöön, joka näkyy kuvan 11 ylätasolla esitettynä binäärisellä kytkimellä. Sovelluspiireissä tälle pumpun valinnalle oli tehtynä oma sovelluspiiri, mutta tässä tapauksessa se on yhdistettynä ensimmäisen pumpun toimintakaavioon. Pumpun valinta tehdään valvomosta, ja mikäli pumppu ei ole käytössä, on pumppu lukituksessa.

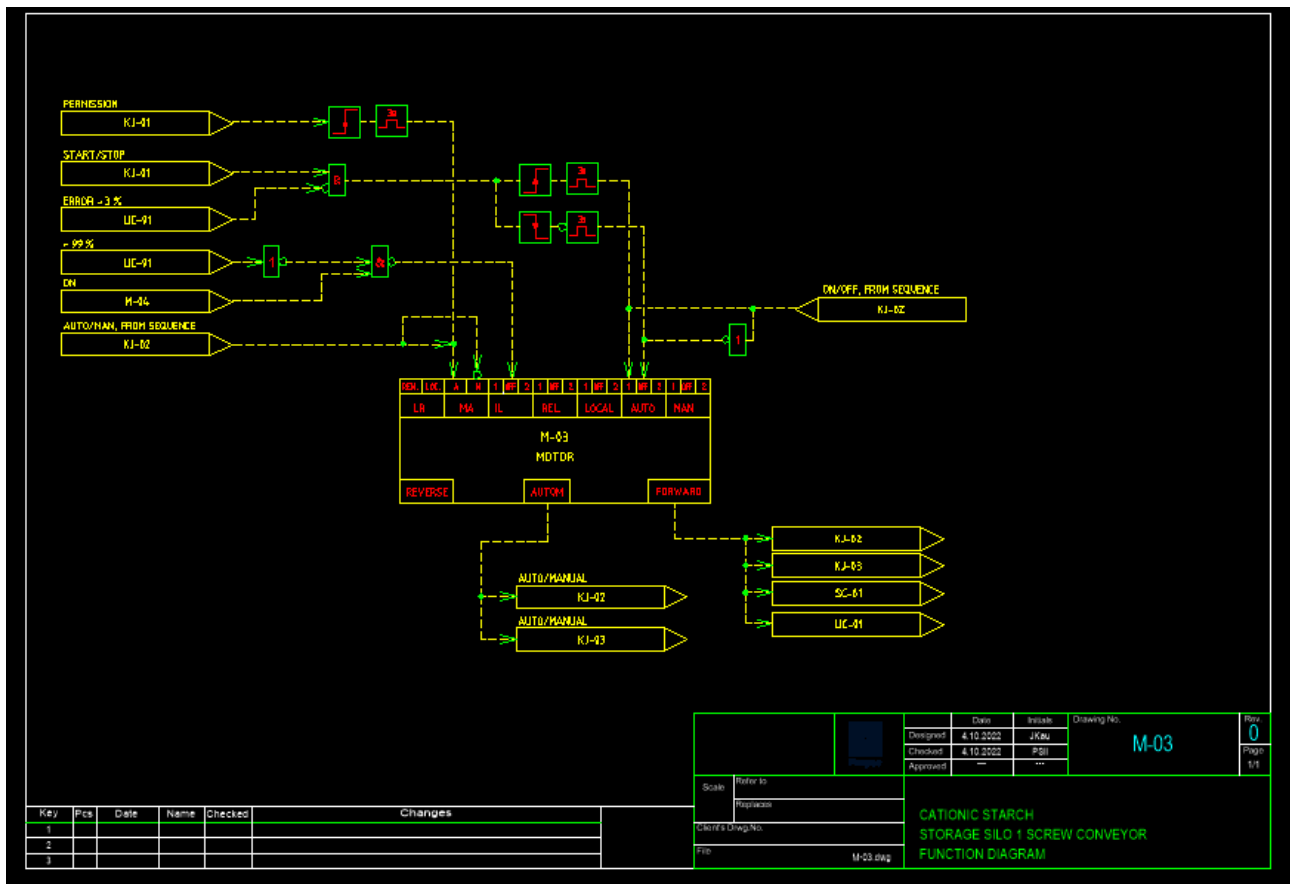
Taajuusmuuttajan toimintakaavio on kuvassa 12. Pumpun käyntitieto ohjaa kytkimen tilaa, jolloin taajuusmuuttajan ohjaus saadaan FIC-02 säädöltä. Vaikka taajuusmuuttajan ohjaus, ja näin ollen myös pumpun ohjaus, on 0 %, pumpun käyntitieto voi silti olla ykkönen ja muuttaa kytkimen tilaa.



Kuva 12. Taajuusmuuttajan SC-02 toimintakaavio.

5.5 Moottoripiirien toimintakaaviot

Moottorien toimintakaaviot eivät eroa juuri ollenkaan pumppujen kaavioista. Kuvassa 13 on esitettyä moottorin toimintakaavio.



Kuva 13. Moottorin M-03 toimintakaavio.

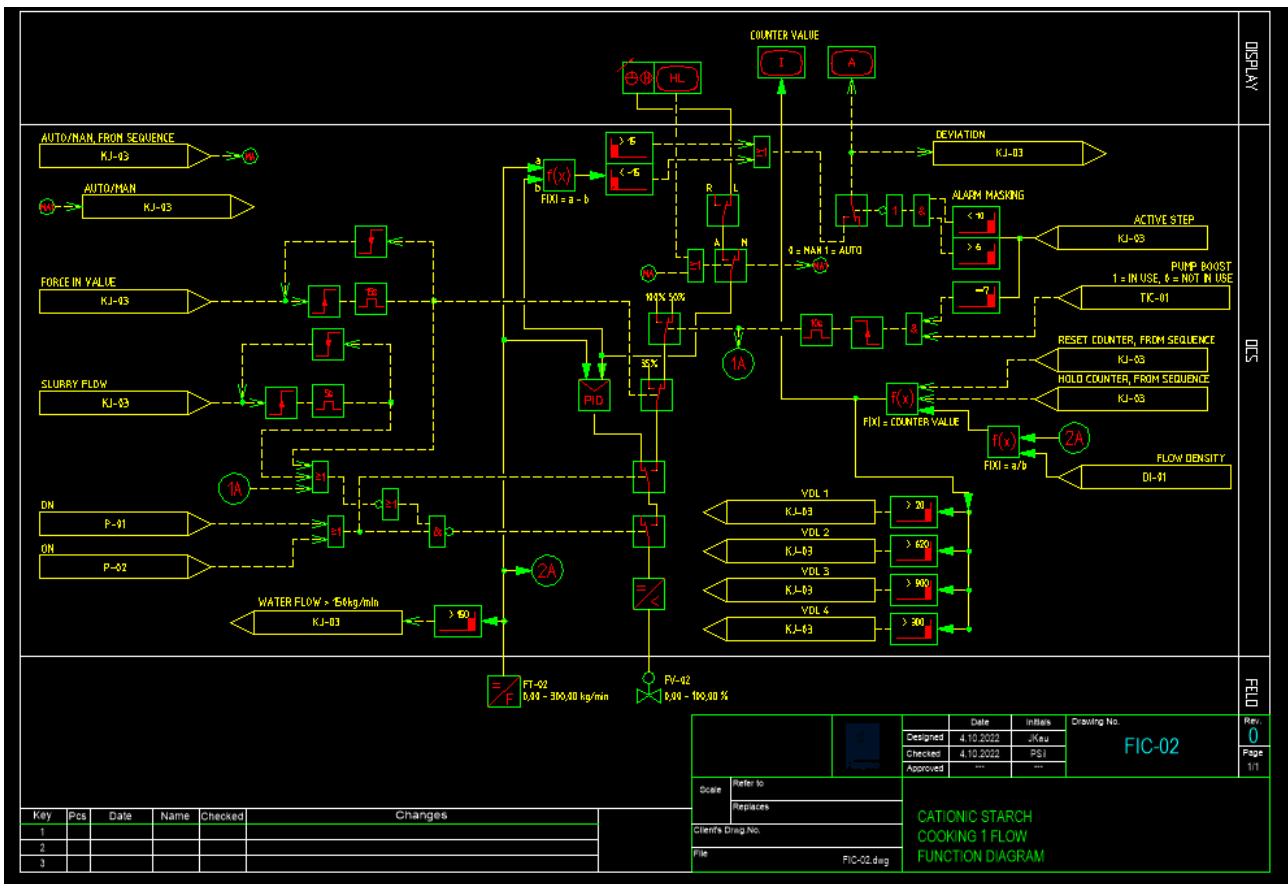
Pumput ovat lähes aina taajuusmuuttaja ohjattuja, mutta moottoriipiireissä se on harvinaisempaa. Prosessissa oli 8 moottoriipiiriä ja M-03 piiri oli ainoa, johon tuli taajuusmuuttaja ohjaus.

5.6 Säättöjen toimintakaaviot

Säättöpiirien toimintakaavioissa oli eniten työtä, sillä ne sisälsivät paljon esitettävää tietoa ja toiminnallisuutta. Säättöpiireissä tavallisesti on lähetin (sekä anturi) ja ohjattava säätöventtiili. Säätöventtiiliä ohjataan PID-lohkolla, johon on kytkettynä mitattu suure sekä ohjausarvo. PID-säädin pyrkii venttiiliä ohjaamalla pääsemään asetettuun tavoitearvoon.

Kuvassa 14 on esitetty virtaussäätö FIC-02. Tämän prosessin virtaussäädin oli toteutettu hieman normaalista poikkeavalla tavalla ja lisäksi toimintakaavio on toteutettu sovelluspiirien toteutuksesta hieman poiketen. Valmet DNA:ssa kokonaismäärän laskemiselle on oma toimintalohkonsa ja

tämä oli esitettyä erillisessä sovelluspiirissä. Kuvassa 14 on virratun aineen kokonaismäärän laske-
miseksi lisättyä tavallinen function -lohko ja sovellussuunnittelijalle toiminnan havainnollista-
miseksi on lisättyä tekstinä "counter value". Kokonaismäärä esitetään valvomonäytöllä ja muu-
tama raja-arvo luetaan sekvenssi KJ-03 piirissä. Function -lohkon toimintaa selitetään tarkemmin
Legend -taulukossa (kts. liite 2).



Kuva 14. Virtaussäätimen FIC-02 toimintakaavio.

Tavallisesti säätöpiireissä ohjaukset tapahtuvat PID-lohkon avulla, joko asettamalla sille asetusarvo tai ohjaamalla suoraan PID-lohkon lähtöä. Tässä säätöpiirissä ohjaukset tapahtuvat pakko-ohjauksen avulla. Toimintakaaviossa viimeinen vaihtokytkin vaihtaa ohjaukseen pakko-ohjaus arvon. Sovelluspiirissä PID-lohkon lähtöä, sekä myös kaaviossa esitettyjä kiinteitä prosenttiarvoja käytettiin pakko-ohjausarvon muuttamiseen. Normaalisti pakko-ohjauksia käytetään vikatilanteessa tai suo-
jatoimenpiteenä esim. tilanteessa, jossa halutaan estää laitteen käynnistys ennen kuin tarvittavat toimenpiteet on tehty. Tässä säätöpiirissä pakko-ohjausta käytetään sen sijaan prosessin norma-

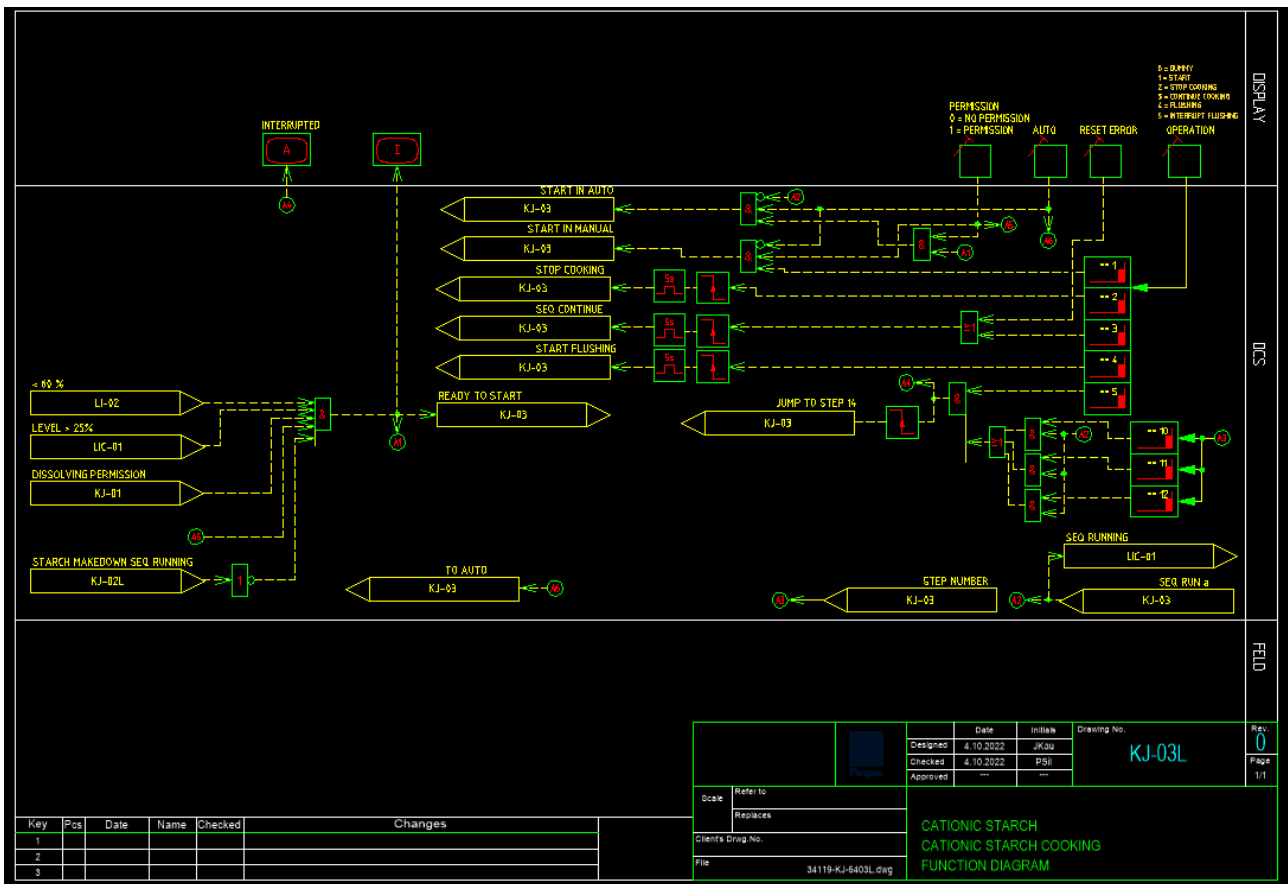
lin toiminnan osana. Tämän voisi myös toteuttaa ohjaamalla PID-lohkon lähtöä ja kytkeä lähtö toiseen vaihtokytkimen nastaan, mutta pakko-ohjauksella on pieniä eroja kuitenkin tähän esim. pakko-ohjaus on nopeampi toimenpide, jossa ohjattava venttiili napsahtaa lähes saman tien haluttuun arvoon. Tällä toimintatavalla myös saadaan sovelluspiiristä yksinkertaisesti toteutettava tai ainakin nimenomaan Valmet DNA:lla toteutettuna.

Säädöissä oli myös mukana käytössä hälytysten maskeeraus. Maskeerausta käytetään mm. silloin, kun ei haluta tiettyjen asioiden hälyttävän tietyissä vaiheissa. Maskeeraus tarkoittaakin sitä, että hälytysten seuranta voidaan kytkeä pois/päälle tietyillä hetkillä. FIC-02 säätöpiirissä käytettiin maskeerausta mittauksen ja asetusarvon erotuksen seurannassa. Tuota erotusta seurattiin ainoastaan, kun sekvenssi KJ-03 ei ollut askeleiden 6 ja 11 välissä. Hälytyksen seuranta kytkeytyy pois, kun vaihtokytkimen tila on nollassa. Jos sekvenssi ei ole askeleiden 6 ja 11 välissä, sekä mittauksessa ja asetusarvossa on heittoa yli 15 yksikköä, tapahtuu hälytys valvomossa.

5.7 Sekvenssien toimintakaaviot

Sekvensseille tehdään yksi sovelluspiiri ja tämän lisäksi lukituspiiri tai ”apupiiri”. Joissakin tapauksissa sekvensseillä saattaa olla myös resepti piiri erikseen, jossa tehdään laskutoimituksia ja niitä sitten luetaan sekvenssissä. Lukituspiiriin on tarkoituksena listata mm. sekvenssin käyntiehdot ja yleensä myös sitä kautta käynnistetään/pysäytetään sekvenssi. Kuvassa 15 on sekvenssin KJ-03 lukituspiiri, josta nähdään, että sekvenssin operointi tapahtuu valvomosta. Sekvenssin voi käynnistää joko manuaalilla tai automaattilla tiettyjen ehtojen täytyessä.

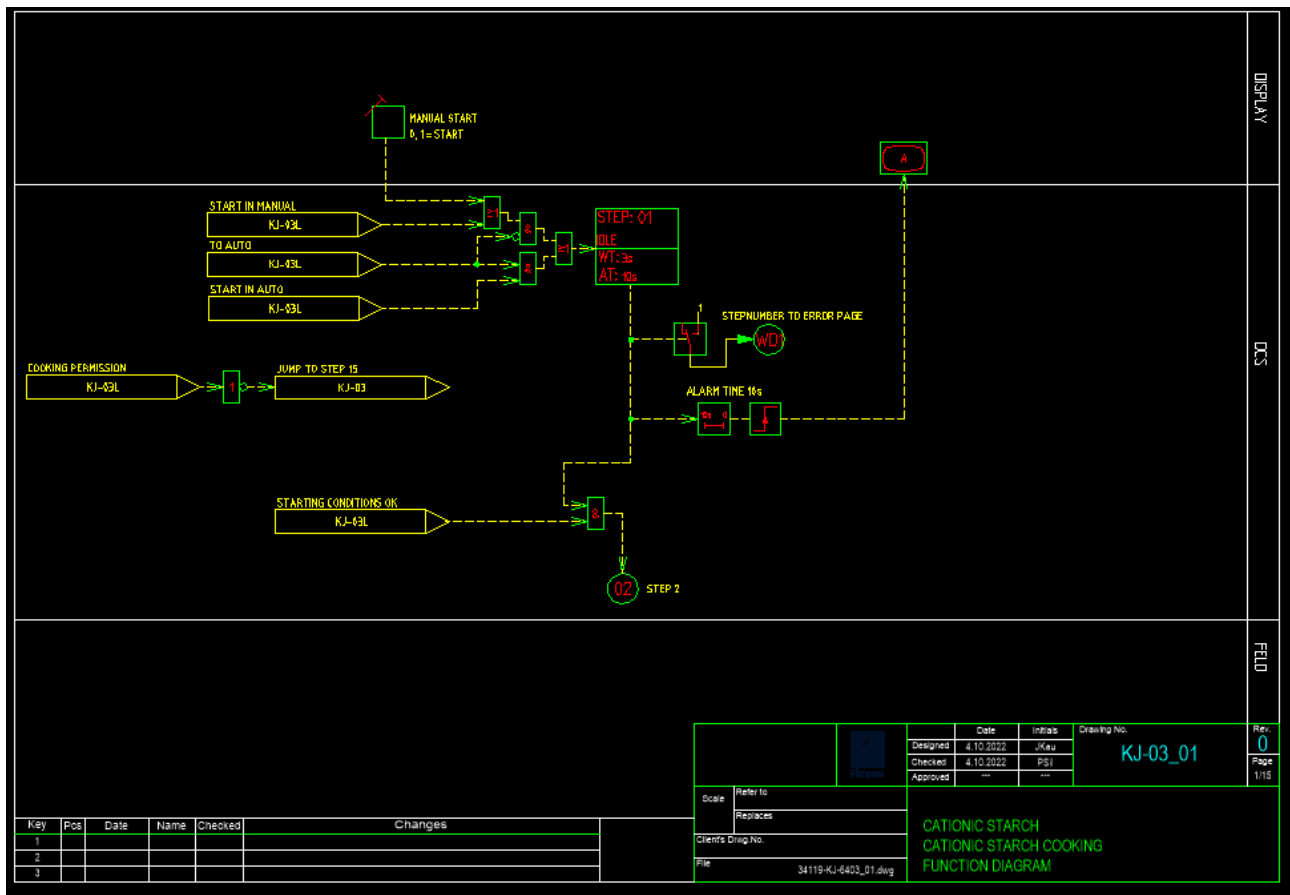
Sekvenssiin KJ-03 on rakennettu myös eri moodeja kuten keittäminen ja huuhtelu. Operointi tapahtuu valvomosta ja nämä pystytään myös tarvittaessa pysäyttämään, sekä pysäytyksen jälkeen jatkamaan ohjelmaa.



Kuva 15. Sekvenssin KJ-03 lukituspiiri.

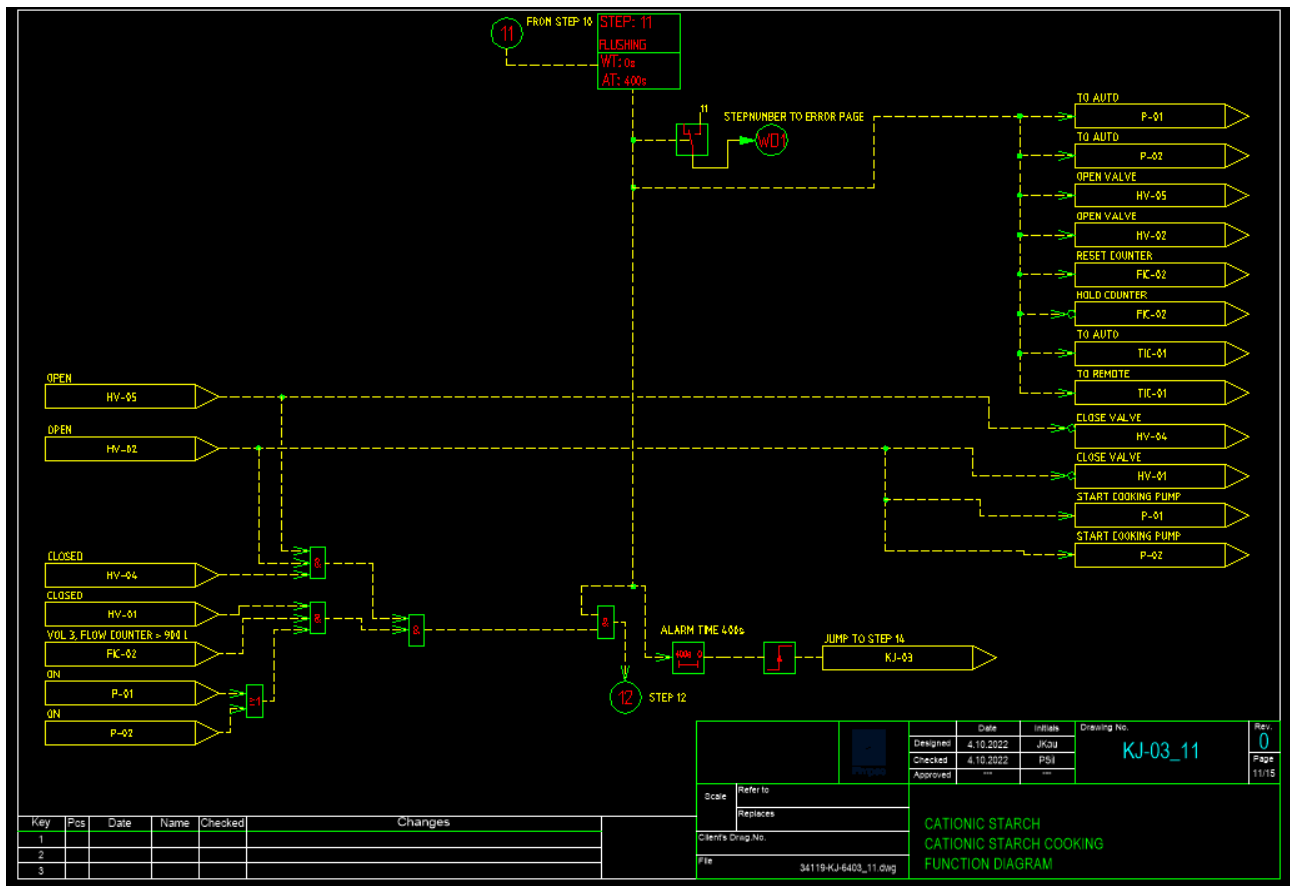
Kuvassa 16 on itse sekvenssin ensimmäinen askel. Sekvenssin sovelluspiiriin kaikki askeleet on tehty yhteen piiriin, mutta toimintakaaviot päätettiin toteuttaa niin, että yksi askel aina yhteen kaavioon. Näin ollen 15 askeleen sekvenssipiiristä valmistui 15 kaaviota.

Sekvenssin ensimmäiseen askeleeseen lisättiin raja-alueet, kuten mm. mittauspiireissä, selkeyden vuoksi. Ensimmäiselle sivulle on lisätty mm. käyntiehdot, sekä siirtoehdot seuraavaan askeleeseen. Sekvenssin käynnistys tapahtuu, joko lukituspiirin kautta manuaalilla/automaatilla, tai valvomosta automaattilla. Valvomoon tulee hälytys, mikäli käynnistyksen jälkeen ollaan hälytysajan (askel 1, 10 s) siirtymättä seuraavaan askeleeseen.

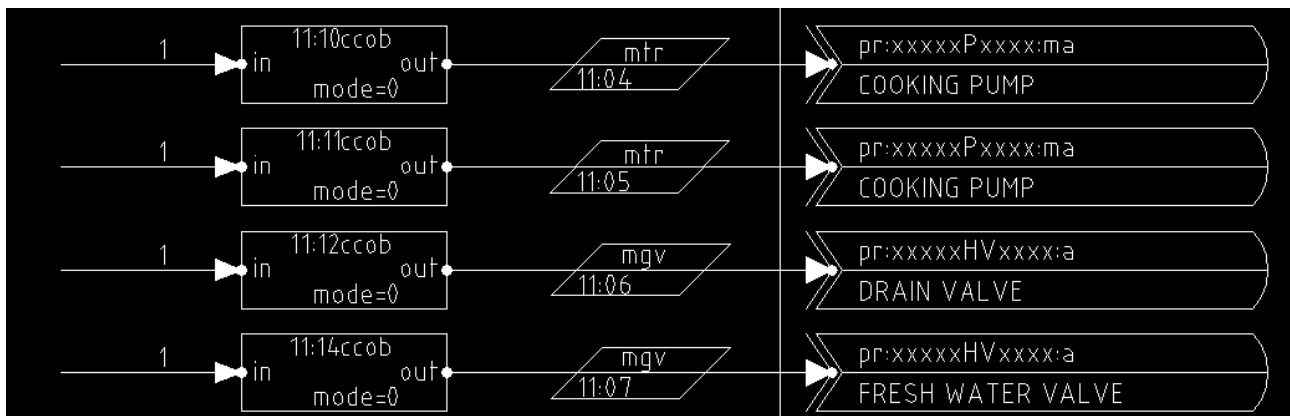


Kuva 16. Sekvenssin KJ-03 askel 1.

Kuvassa 17 on esimerkki sekvenssin askeleessa tapahtuvasta toiminnasta. Toimilaitteita ja piirejä ajetaan manuaalille/automaatille ja tehdään erilaisia ohjauksia, kuten käynnistystä, pysäytyksiä, avauksia ja sulkemisia. Askeleeseen tultaessa lähtee askel -laatikosta kulkemaan binäärinen tieto (1) eteenpäin. Tämä kuitenkin poikkeaa huomattavasti itse Valmet DNA:n sekvenssipiirien toteutuksesta. Valmet DNA:ssa ei tarvitse tehdä kytkentää askel -laatikosta muihin toimilaitteisiin/piireihin, vaan ohjauksissa käytetään askellohkoa. Esim. binäärinen tai analoginen tieto ohjataan askel-lohkoon ja lohkon lähdöstä suoraan toimilaitteen porttitietoihin. Havainnollistus kuvassa 18. Tällöinen toteutustapa on kuitenkin yksilöllinen vain Valmet DNA:ssa, eikä kansainvälisesti esituskelpoinen, kuten toimintakaavioiden halutaan olevan.



Kuva 17. Sekvenssin KJ-03 askel 11 (toimintakaavio).



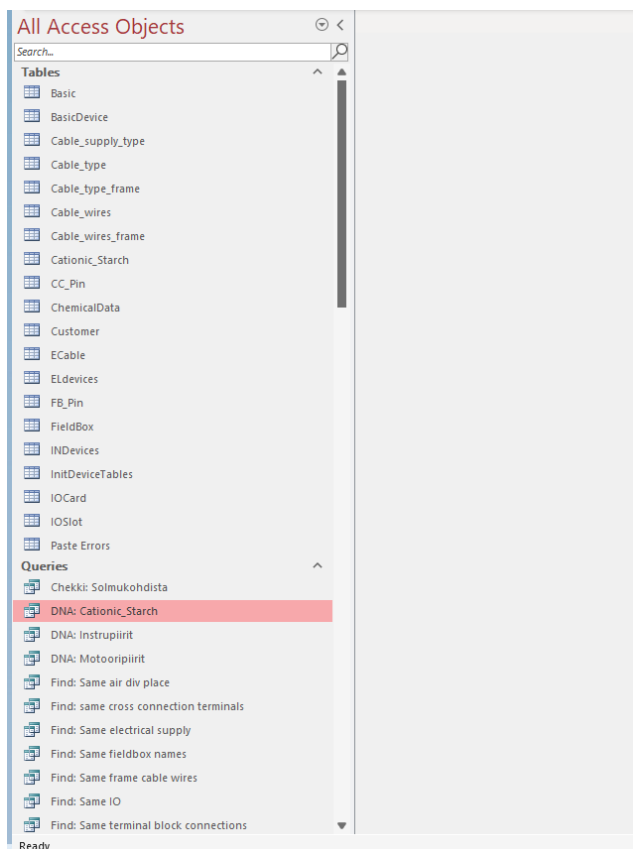
Kuva 18. Sekvenssin KJ-03 askel 11 (sovelluspiiri).

6 Tietokanta

Työn toimintakaavioista oli myös tarkoitus tehdä mallipohjat, joihin voi Microsoft Accessin tietokannasta liittää tarpeelliset tiedot, kuten otsikkotaulutiedot ja piirien positiotunnukset. Mallipohjien tarkoituksena on nopeuttaa vastaavanlaisten projektien kulkua. Tietokannan ja mallipohjien ansiosta voidaan toimintakaavioiden luonnista tehdä systemaattinen työmenetelmä, jolloin ei ole vaaraa siitä, että kaavioiden luonnissa tapahtuisi mm. huolimattomuusvirheitä.

Työnkohteena oleva tärkein keitto prosessi on varsin yleinen prosessi konekierto-, määränpään kemikaalit- ja pastakeittiö projekteissa. Yhdessä projektissa saattaa olla tärkein keitto tai samanlainen prosessi moneen kertaan, jolloin tarvitsee vain lisätä kyseisten prosessien positiotunnukset tietokantaan ja generoida mallipohjista toimintakaaviot.

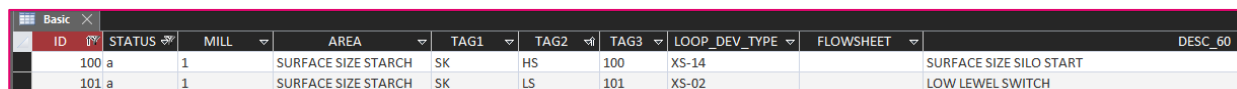
Ohjelman vasemmassa reunassa näkyy kaikki luettelot ja kyselyt. Luettelot löytyvät Tables -otsikon alta ja kyselyt löytyvät Queries -otsikon alta.



Kuva 19. Tietokannan luettelot ja kyselyt.

Tables -luettelot sisältävät kaikki tiedot, joita käytetään kuvien ja luetteloiden tekoon. Esimerkiksi "Cationic_Starch" -luettelosta löytyy positiotiedot, joita kaaviot sisältävät ja "Basic" -luettelosta kaavion perustiedot, kuten itse toimintakaavion positiotunnus. Tarvittaessa näitä luetteloita pystytään täydentämään. Toimintakaavioiden generoimiseen tarvittavia luetteloita ovat näistä pelkästään Basic, Customer ja Cationic_Starch. Näitä luetteloita käydään tarkemmin läpi kohdassa 6.1 Tietokannan luonti. Queries -otsikon alta löytyvät kyselyt sisältävät dokumentteihin lisättävät tiedot. Esimerkiksi "DNA: Cationic_Starch" -kyselyn avulla tehtiin toimintakaaviot. Kyselyt hakevat tarvittavat tiedot Tables -otsikon alta löytyvistä luetteloista.

Tietokannan täyttö alkaa yleensä "Basic" -luettelon täyttämällä. Jos Basic -luettelossa ei ole lisätty kyseistä riviä, ei tiedot pääse siirtymään kyselyihin.



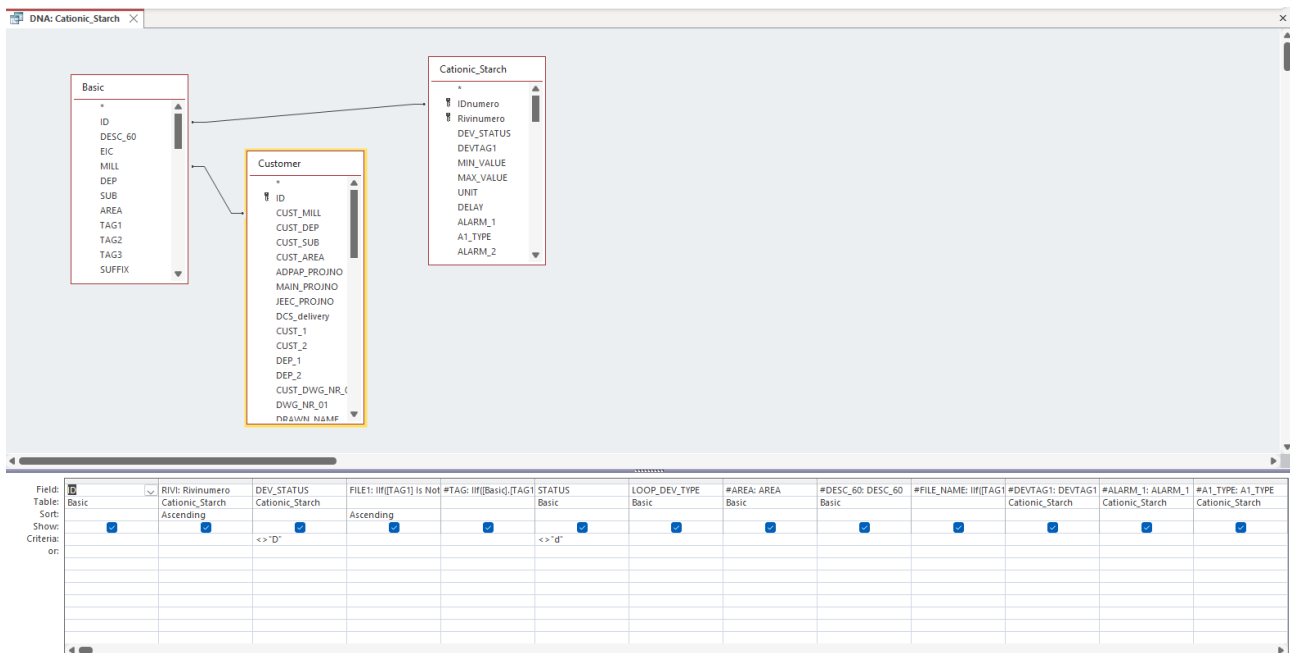
ID	STATUS	MILL	AREA	TAG1	TAG2	TAG3	LOOP_DEV_TYPE	FLWSHEET	DESC_60
100 a	1		SURFACE SIZE STARCH	SK	HS	100	XS-14		SURFACE SIZE SILO START
101 a	1		SURFACE SIZE STARCH	SK	LS	101	XS-02		LOW LEVEL SWITCH

Kuva 20. Esimerkki tietokannan Basic -luettelosta.

- ID = on tietokannassa käytettävä tunnus kyseiselle riville. ID numeroksi yleensä valitaan sama kuin laitteen position numero-osa. ID numero samalle laitteelle/riville pitää olla sama myös muilla välilehdillä.
- STATUS = Tällä voidaan valita, onko kyseinen rivi käytössä vai ei.
 - a = Rivi on käytössä ja tulostuu lopullisiin dokumentteihin
 - D = Rivi ei ole käytössä, eikä tulostu lopullisiin dokumentteihin
- MILL = Jos projektilla on useampi osa-alue, voidaan tällä määrittää millä alueella kyseinen piiri on. Eri osa-alueet voidaan määrittää "Customer" -taulukossa.
- AREA = Alueen tai prosessin nimi, millä laite sijaitsee.
- TAG1 = Laitteen position ensimmäinen osa. Esim. SK tai LS
- TAG2 = Laitteen position toinen osa. Esim. LS tai 101
- TAG3 = Laitteen position kolmas osa. Esim. 101
 - Laitteen positio muodostuu kolmesta osasta. Positio muodostuu kuviin TAG1 + TAG2 + TAG3. Kuvassa näkyvässä tilanteessa muodostuisi teksti SK-LS-101.
- LOOP_DEV_TYPE = Tähän valitaan mitä mallipohjaa kyseinen piiri käyttää.

- DESC_60 = Tähän kohtaan lisätään laitetta kuvaava teksti. Tämä teksti tulostuu piirikaavion otsikkotauluun.

Kuvassa 21 näkyy lopullisesta kyselyn rakenteesta kuva (Design view). Kyselyyn haetaan tietoja kolmesta luettelosta ja kyselyn tiedoista saadaan mallipohjiin vietävät tiedot.



Kuva 21. DNA: Cationic_Starch -kysely (Design view).

Tietokannan luonnista, sekä luetteloista luettavista tiedoista enemmän kohdassa 6.1. Tietokannan tietojen liittämisestä kuviin ja generoinnin toiminnasta enemmän kohdassa 6.3.

6.1 Tietokannan luonti

Ensin piti ruveta täyttämään Basic -taulukon tietoja tietokantaan. Sovelluspiireistä katsottiin positiotunnus, piirin kuvaus ja alue, mihin positio kuului. Kaikki piirit kuuluivat Cationic starch -alueeseen eli kyseessä oli tärkein keitto. Basic -taulukkoon piti myös lisätä käytettävän mallipohjan tiedoston nimi. Tarkoituksena on tehdä mallipohjia mahdollisimman vähän, eli jos useammassa piirissä on samanlaisia tietoja esitettävänä, voidaan näihin käyttää yhtä mallipohjaa. Kuvassa 22 on esitetty Basic -taulukon tietoja. Taulukosta on piilotettu TAG1 ja TAG3 -sarakkeet, sillä ne sisältävät asiakastietoja, kuten projektinumeron ja positiotunnuksen.

ID	STATUS	MILL	AREA	TAG2	LOOP_DEV_TYPE	FLWSHEET	DESC_60
100 a	1		CATIONIC STARCH	DI	DI-01		COOKING FLOW DENSITY
105 a	1		CATIONIC STARCH	FFIC	FFIC-01		POST-DILUTION WATER
110 a	1		CATIONIC STARCH	FIC	FIC-01		DISSOLVING TANK WATER
115 a	1		CATIONIC STARCH	FIC	FIC-02		COOKING 1 FLOW
120 a	1		CATIONIC STARCH	FSL	FSL-01		COOKING PUMP 1 SEAL WATER
125 a	1		CATIONIC STARCH	FSL	FSL-01		COOKING PUMP 2 SEAL WATER
130 a	1		CATIONIC STARCH	H	H-01		STORAGE TANK HEATING
135 a	1		CATIONIC STARCH	HS	HS-01		ALARM RESET
140 a	1		CATIONIC STARCH	HSI	HSI-01		UNLOADING START/STOP
145 a	1		CATIONIC STARCH	HSI	HS-01		UNLOADING START/STOP
150 a	1		CATIONIC STARCH	HSI	HSI-01		DUST FILTER START/STOP
155 a	1		CATIONIC STARCH	HSI	HSI-02		DUST FILTER START/STOP
160 a	1		CATIONIC STARCH	HV	HV-01		DISSOLVING TANK OUTLET
165 a	1		CATIONIC STARCH	HV	HV-01		COOKING LINE WATER
170 a	1		CATIONIC STARCH	HV	HV-02		COOKER 1 STEAM
175 a	1		CATIONIC STARCH	HV	HV-03		STORAGE TANK INLET
177 a	1		CATIONIC STARCH	HV	HV-03		COOKING DRAIN
180 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-01		STARCH DISSOLVING
185 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-01_R		STARCH DISSOLVING RECIPE
190 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-02_1		STARCH MAKEDOWN
195 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-02_2		STARCH MAKEDOWN
200 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-02_3		STARCH MAKEDOWN
205 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-02_4		STARCH MAKEDOWN
210 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-02_5		STARCH MAKEDOWN
215 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-02_6		STARCH MAKEDOWN
220 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-02_7		STARCH MAKEDOWN
225 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-02_8		STARCH MAKEDOWN
230 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-02_9		STARCH MAKEDOWN
235 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-02L		STARCH MAKEDOWN
240 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-03_1		CATIONIC STARCH COOKING
245 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-03_2		CATIONIC STARCH COOKING
250 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-03_3		CATIONIC STARCH COOKING
255 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-03_4		CATIONIC STARCH COOKING
260 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-03_5		CATIONIC STARCH COOKING
265 a	1		CATIONIC STARCH	KJ	KJ-03_6		CATIONIC STARCH COOKING

Kuva 22. Basic -taulukko mallipohjia varten.

Basic -taulukon jälkeen ruvettiin täyttämään Cationic_Starch -taulukon tietoja. Tähän taulukkoon oli tarkoitus lisätä toimintakaaviossa esitettäviä tietoja. Kuvassa 23 on Cationic_Starch -taulukosta kuva. Kuvassa olevassa DEVTAG1 -sarakeeseen lisätään piirin laitepositio(t). IDnumero kohdassa pitää olla sama tunnus, mitä on käytetty Basic -taulukossa kyseiselle piirille. Mikäli piirissä on useampia laitepositioita, kuten säätöpiireissä yleensä on lähetin ja venttiili, lisätään kyseiselle piirille 2 riviä ja numeroidaan ne juoksevalla numerolla "Rivinumero" -sarakeessa. Se mitä tietoja tuli kuhunkin kaavioon, riippui piiristä. Esimerkiksi FSL -binääripiirissä, mikä on pumpun virtauskytkin, sisälsi delay -lohkon eli viivelohkon ja tämän viiveen pituuden pystyi määrittämään tietokannassa.

Muita esitettäviä tietoja oli mm. minimi ja maksimiarvot laitepositioille, sekvenssien hälytys- ja odotusajat, peruspiirien hälytysrajoja ja lähettimien tunnuskirjain (esim. P = Pressure). Lisäksi tähän taulukkoon lisättiin kaikki piiripositiot, mitä aina kyseinen toimintakaavio sisälsi. Kuvassa 24 on esitettynä osa näistä sarakeista. Jokaisella piirille siis tehtiin oma sarake ja mikäli kaavio sisälsi kyseisen piirin, lisättiin sen positiotunnus tuon kyseisen piirin riville. Kuvan 24 yläreunassa sarakkeiden niminä käytetyt piiripositiot ovat siis samat, mitkä löytyvät tärkein keiton PI-kaaviosta.

koonti kaikista eri taulukoista. Kuvissa 25 ja 26 on lopullisesta listasta kuvat. Kuvassa 25 on varsinainen lista esitettynä ja kuva 26 on ”design view”, josta voi muokata listassa esitettäviä tietoja. Kuvissa on esitettyinä vain osa listasta.

ID	RIVI	DEV_STATU	FILE1	#TAG	STATUS	LOOP_DEV_TYPE	#AREA	#DESC_60
100	1 a		DI	-DI-	a	DI-01	CATIONIC STARCH	COOKING FLOW DENSITY
105	1 a		FFIC-	-FFIC-	a	FFIC-01	CATIONIC STARCH	POST-DILUTION WATER
105	2 a		FFIC-	-FFIC-	a	FFIC-01	CATIONIC STARCH	POST-DILUTION WATER
110	1 a		FIC-	-FIC-	a	FIC-01	CATIONIC STARCH	DISSOLVING TANK WATER
110	2 a		FIC-	-FIC-	a	FIC-01	CATIONIC STARCH	DISSOLVING TANK WATER
115	1 a		FIC-	-FIC-	a	FIC-02	CATIONIC STARCH	COOKING 1 FLOW
115	2 a		FIC-	-FIC-	a	FIC-02	CATIONIC STARCH	COOKING 1 FLOW
120	1 a		FSL-	-FSL-	a	FSL-01	CATIONIC STARCH	COOKING PUMP 1 SEAL WATER
125	1 a		FSL-	-FSL-	a	FSL-01	CATIONIC STARCH	COOKING PUMP 2 SEAL WATER
130	1 a		H-	-H-	a	H-01	CATIONIC STARCH	STORAGE TANK HEATING
135	1 a		HS-	-HS-	a	HS-01	CATIONIC STARCH	ALARM RESET
140	1 a		HSI- _1A	-HSI- _1A	a	HSI-01	CATIONIC STARCH	UNLOADING START/STOP
145	1 a		HSI- _1B	-HSI- _1B	a	HSI-01	CATIONIC STARCH	UNLOADING START/STOP
150	1 a		HSI- _2A	-HSI- _2A	a	HSI-01	CATIONIC STARCH	DUST FILTER START/STOP
155	1 a		HSI- _2B	-HSI- _2B	a	HSI-02	CATIONIC STARCH	DUST FILTER START/STOP
160	1 a		HV-	-HV-	a	HV-01	CATIONIC STARCH	DISSOLVING TANK OUTLET
165	1 a		HV-	-HV-	a	HV-01	CATIONIC STARCH	COOKING LINE WATER
170	1 a		HV-	-HV-	a	HV-02	CATIONIC STARCH	COOKER 1 STEAM
175	1 a		HV-	-HV-	a	HV-03	CATIONIC STARCH	STORAGE TANK INLET
177	1 a		HV-	-HV-	a	HV-03	CATIONIC STARCH	COOKING DRAIN
180	1 a		KJ-	-KJ-	a	KJ-01	CATIONIC STARCH	STARCH DISSOLVING
185	1 a		KJ- _R	-KJ- _R	a	KJ-01_R	CATIONIC STARCH	STARCH DISSOLVING RECIPE
190	1 a		KJ- _01	-KJ- _01	a	KJ-02_1	CATIONIC STARCH	STARCH MAKEDOWN
195	1 a		KJ- _02	-KJ- _02	a	KJ-02_2	CATIONIC STARCH	STARCH MAKEDOWN
200	1 a		KJ- _03	-KJ- _03	a	KJ-02_3	CATIONIC STARCH	STARCH MAKEDOWN
205	1 a		KJ- _04	-KJ- _04	a	KJ-02_4	CATIONIC STARCH	STARCH MAKEDOWN
210	1 a		KJ- _05	-KJ- _05	a	KJ-02_5	CATIONIC STARCH	STARCH MAKEDOWN
215	1 a		KJ- _06	-KJ- _06	a	KJ-02_6	CATIONIC STARCH	STARCH MAKEDOWN
220	1 a		KJ- _07	-KJ- _07	a	KJ-02_7	CATIONIC STARCH	STARCH MAKEDOWN
225	1 a		KJ- _08	-KJ- _08	a	KJ-02_8	CATIONIC STARCH	STARCH MAKEDOWN
230	1 a		KJ- _09	-KJ- _09	a	KJ-02_9	CATIONIC STARCH	STARCH MAKEDOWN
235	1 a		KJ- _L	-KJ- _L	a	KJ-02L	CATIONIC STARCH	STARCH MAKEDOWN
240	1 a		KJ- _01	-KJ- _01	a	KJ-03_1	CATIONIC STARCH	CATIONIC STARCH COOKING
245	1 a		KJ- _02	-KJ- _02	a	KJ-03_2	CATIONIC STARCH	CATIONIC STARCH COOKING
250	1 a		KJ- _03	-KJ- _03	a	KJ-03_3	CATIONIC STARCH	CATIONIC STARCH COOKING
255	1 a		KJ- _04	-KJ- _04	a	KJ-03_4	CATIONIC STARCH	CATIONIC STARCH COOKING

Kuva 25. Lopullinen lista.

DNA: Cationic_Starch							
Basic	Customer			Cationic_Starch			
ID	ID	IDNumero	Rivinumero	DEV_STATUS	DEVTAG1	MIN_VALUE	MAX_VALUE
DESC_60	CUST_MILL	UNIT	DELAY	ALARM_1	A1_TYPE	ALARM_2	
EIC	CUST_DEP						
MILL	CUST_SUB						
DEP	CUST_AREA						
SUB	ADPAP_PROJNO						
AREA	MAIN_PROJNO						
TAG1	JEEC_PROJNO						
TAG2	DCS_delivery						
TAG3	CUST_1						
SUFFIX	CUST_2						
	DEP_1						
	DEP_2						
	CUST DWG NR (
Field:	#SC-03: SC-03	#FSL-01: FSL-01	#FSL-02: FSL-02	#HV-01: HV-01	#HV-02: HV-02	#HV-03: HV-03	#HV-04: HV-04
Table:	Cationic_Starch	Cationic_Starch	Cationic_Starch	Cationic_Starch	Cationic_Starch	Cationic_Starch	Cationic_Starch
Sort:							
Show:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Criteria:							
or:							

Kuva 26. Lopullinen lista (design view).

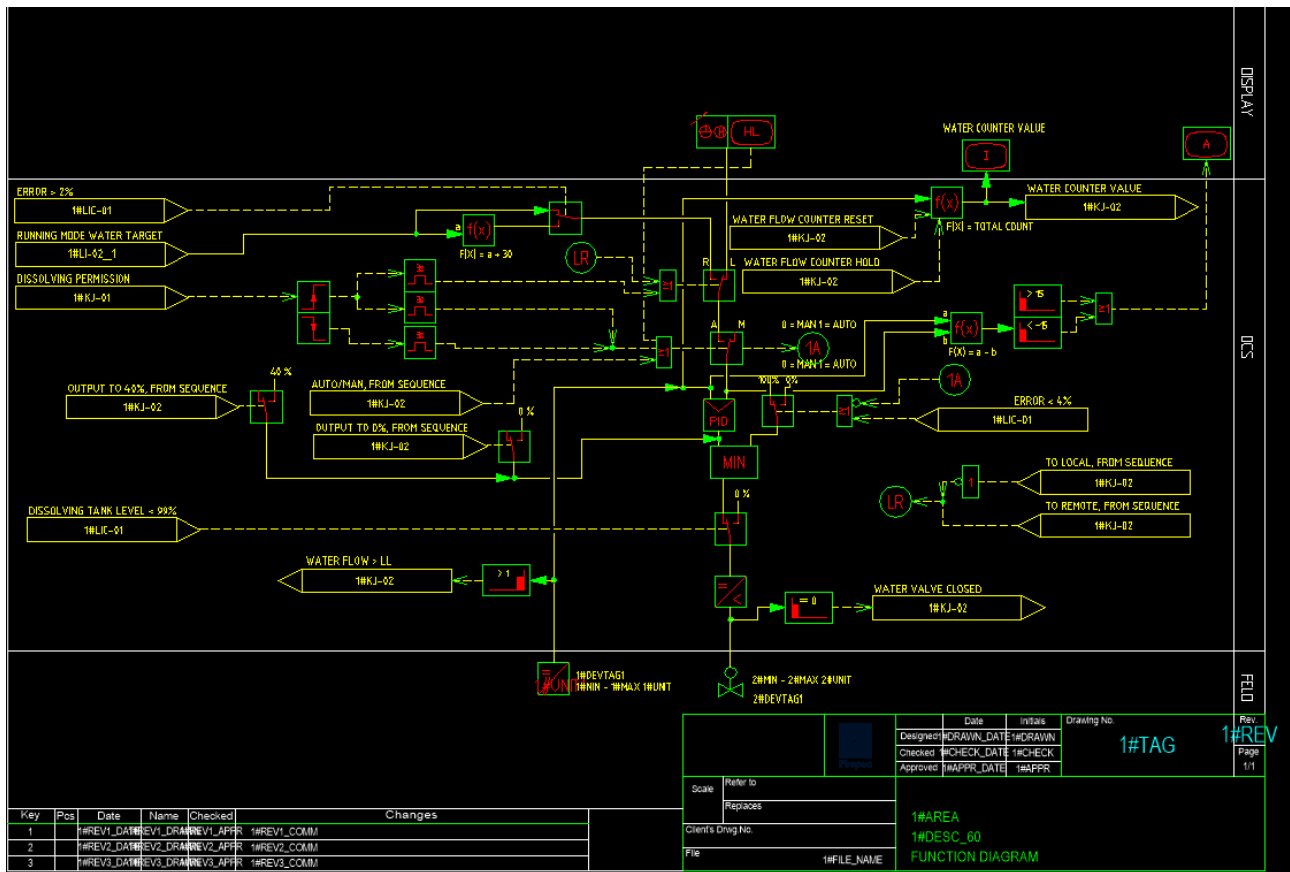
Kuvassa 26 on esitettyinä sarakkeita, joissa ennen piiriä on kirjattuna # -merkki. Tätä merkkiä käytetään mallipohjissa, kun halutaan liittää tietoa generoinnissa kaavioihin. Sarakkeissa myös määritellään, mitä tietoa taulukoista luetaan esim. #HV-01: HV-01 lukee Cationic_Starch -taulukosta tietoa HV-01. Mikäli piiri sisältää kyseisen laitteen ja se on lisättyä kuvassa 24 näkyvään taulukkoon, tulostaa tuo lopullinen lista kyseisen laiteposition tuohon sarakkeeseen. Kuvassa 27 on havainnollistettu, miten Customer -taulukosta on haettu tietoja ja kuinka ne on tulostuneet lopulliseen listaan. Molemmat näkymät ovat siis kuvia lopullisesta listasta.

[illegible]

Kuva 27. Listojen yhtäläisyys.

6.2 Mallipohjien luonti

Mallipohjia varten otettiin valmiista toimintakaavioista kopiot ja lähdettiin muokkaamaan niitä. Mallipohjissa piiripositioden tilalle laitettiin tietokannassa määritelty tunnus ja käytettiin # -merkkiä, jotta generointivaiheessa ohjelma tunnistaa korvattavan tekstin. Kuvassa 28 on esitettyä FIC-01 -mallipohja.

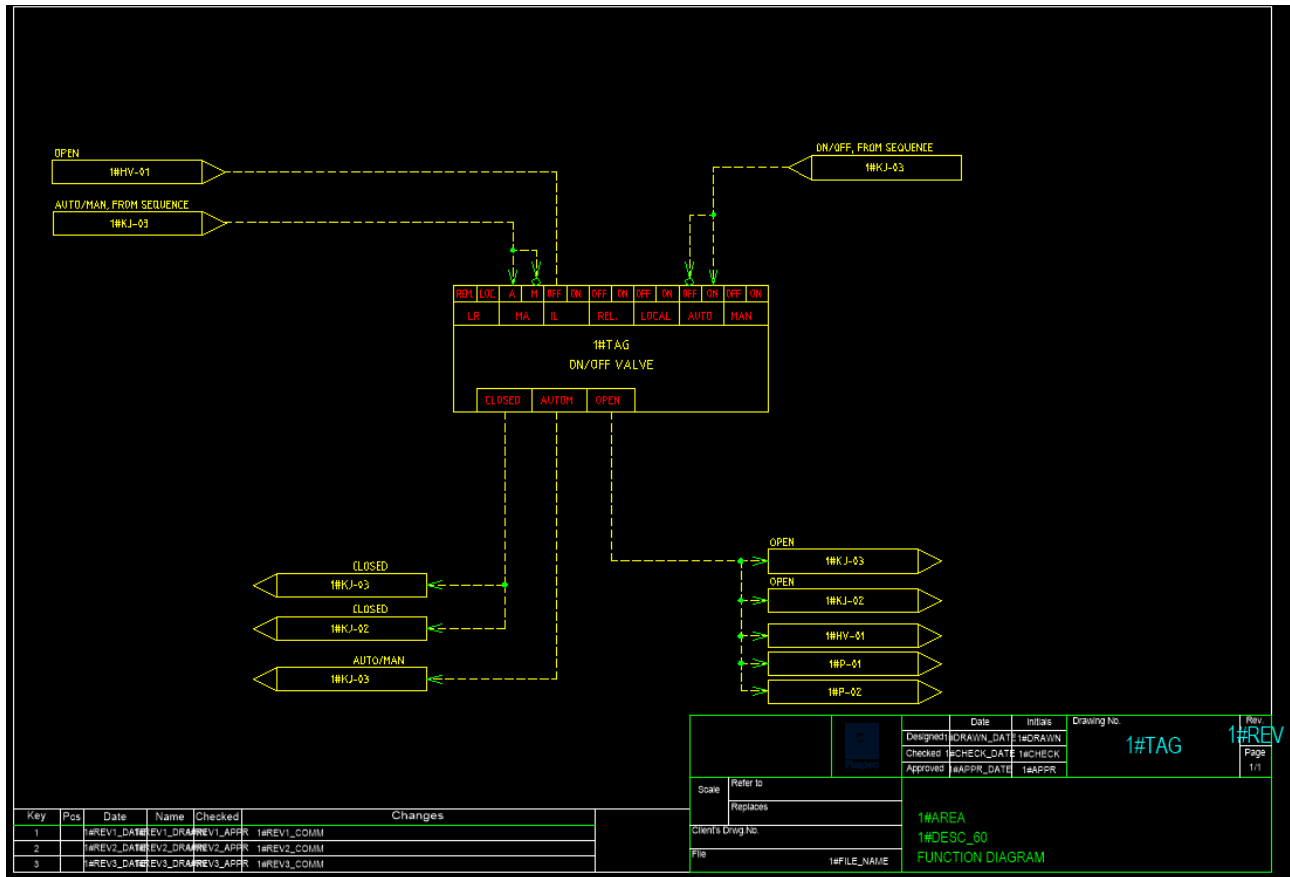


Kuva 28. FIC-01 -mallipohja.

Piiripositioiden tilalle kirjattiin 1# ja lisättiin tämän perään tietokannassa piirille käytetty tunnus. Esimerkkinä pintasäädölle käytettiin 1#LIC-01, jossa 1# tarkoittaa ensimmäistä riviä kyseiseltä sarakkeelta. Aikaisemmin kävi ilmi, että jos piirillä on useampi laitepositio, lisätään sille 2 riviä tietokantaan. Tässä piirissä on venttiili, sekä lähetin. Lähettimelle on käytetty tuota samaa 1# -merkin-tää, mutta venttiilille on merkattu 2#. Tämän avulla generointi -ohjelma osaa etsiä oikean laiteposition tähän kaavioon (kts. Kuva 23). Lisäksi anturin, sekä venttiilin minimi ja maksimi arvot ovat haettavissa 1# ja 2# -merkinnöillä, eli esim. venttiilin maksimi arvo on merkittynä 2#MAX. Tuo 2#MAX tarkoittaa, että luetaan tämän tilalle "MAX" -sarakeesta toisen rivin arvo. Ohjelma etsii ensin kyseessä olevan IDnumeron, joka on jokaisella kaavioille yksilöllinen, sen jälkeen haetaan arvo tuosta MAX -sarakeen toiselta riviltä.

Muita tietoja, mitä luetaan kaavioihin, ovat otsikkotaulutiedot. Otsikkotauluihin luetaan mm. revisiomerkinnot, piirtäjän-, tarkistajan- ja hyväksyjän tiedot sekä päivämäärät. Lisäksi kaavion omia tietoja luetaan tietokannasta, kuten Basic -taulukossa oli listattuna.

Osalle piireistä pystyi käyttämään samaa mallipohjaa kuten HV-01 ja HV-02 venttiileille, sekä HV-03 ja HV-04 venttiileille. Tässä tapauksessa Basic -taulukkoon merkattiin käytettäväksi mallipohjaksi molempiin sama tiedosto (kts. Kuva 30). Generoinnissa molemmille piireille tehdään oma toimintakaavio.



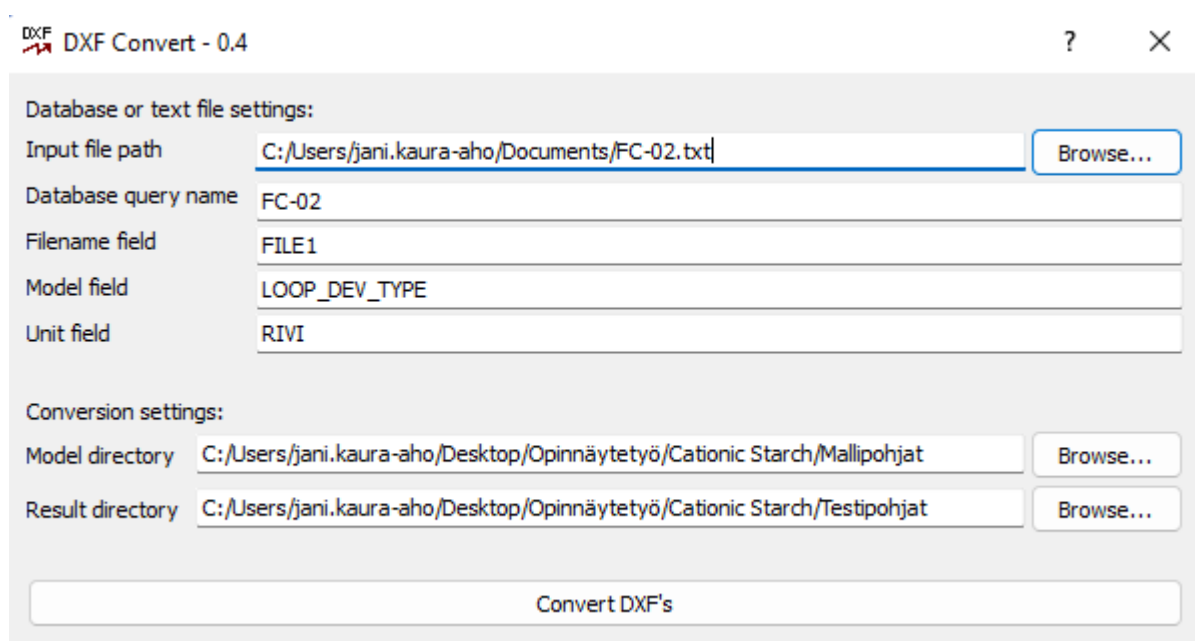
Kuva 29. HV-01 -mallipohja.

ID	+	STATUS	MILL	AREA	TAG2	+	LOOP_DEV_TYPE	FLWSHEET	DESC_60
100	a	1		CATIONIC STARCH	DI		DI-01		COOKING FLOW DENSITY
105	a	1		CATIONIC STARCH	FFIC		FFIC-01		POST-DILUTION WATER
110	a	1		CATIONIC STARCH	FIC		FIC-01		DISSOLVING TANK WATER
115	a	1		CATIONIC STARCH	FIC		FIC-02		COOKING 1 FLOW
120	a	1		CATIONIC STARCH	FSL		FSL-01		COOKING PUMP 1 SEAL WATER
125	a	1		CATIONIC STARCH	FSL		FSL-01		COOKING PUMP 2 SEAL WATER
130	a	1		CATIONIC STARCH	H		H-01		STORAGE TANK HEATING
135	a	1		CATIONIC STARCH	HS		HS-01		ALARM RESET
140	a	1		CATIONIC STARCH	HSI		HSI-01		UNLOADING START/STOP
145	a	1		CATIONIC STARCH	HSI		HS-01		UNLOADING START/STOP
150	a	1		CATIONIC STARCH	HSI		HSI-01		DUST FILTER START/STOP
155	a	1		CATIONIC STARCH	HSI		HSI-02		DUST FILTER START/STOP
160	a	1		CATIONIC STARCH	HV		HV-01		DISSOLVING TANK OUTLET
165	a	1		CATIONIC STARCH	HV		HV-01		COOKING LINE WATER
170	a	1		CATIONIC STARCH	HV		HV-02		COOKER 1 STEAM
175	a	1		CATIONIC STARCH	HV		HV-03		STORAGE TANK INLET
177	a	1		CATIONIC STARCH	HV		HV-03		COOKING DRAIN

Kuva 30. Samaa mallipohjaa käyttävät venttiilit.

6.3 Generoinnin testaus

Kun kaikki mallipohjat oli saatu muokatuksi oikein, alettiin testaamaan generointia. Generointi tapahtuu DXF Convert – 0.4 ohjelmalla. Lopullisesta listasta DNA: Cationic_Starch kopioidaan kaikki sarakkeet, sekä niiden tiedot, ja liitetään ne tekstitiedostoon esim. muistioon (notepad). Ohjelma osaa lukea tietoja tekstitiedostosta ja viedä ne kaavioihin. Kuvassa 31 on näkymä ohjelmasta, jolla pystytään generointi toteuttamaan.



Kuva 31. DXF Convert -ohjelma.

Ohjelmaan syötetään tarvittavat tiedot. Ensin tekstitiedoston sijainti, toiseksi tekstitiedoston nimi, FILE1 on tietokannan sarake, josta muodostuu tiedoston nimi, LOOP_DEV_TYPE on sarake mallipohjan nimelle ja RIVI -sarakeella ohjelma tietää, mikäli yhteen kaavioon tulee useampi laitepositio, eikä näin ollen tee kahta erillistä kaaviota. Lopuksi vielä lisätään mallipohjien sijainti, sekä generoiduille tiedostoille haluttu sijainti.

Generoinnin joutui toteuttamaan muutamia kertoja, sillä osa tiedoista oli ensin merkattuna väärin kohtiin tai mallipohjissa oli kirjoitusvirheitä. Kun generointi onnistui kaikkien toimintakaavioiden kohdalla oikein, tuli toteutusvaihe päätökseensä.

7 Tulokset

Työssä valmistui toimintakaaviot tärkein keitto -prosessille, toimintakaavioista otettiin kopiot ja muokattiin ne mallipohjiksi, generointia varten luotiin myös tietokanta Microsoft Accessillä. Generoinnin toimivuus testattiin täyttämällä tietokantaan kaikki tarvittavat tiedot, jonka jälkeen DXF Convert -ohjelman avulla ajettiin mallipohjiin tietokannasta kaavioiden tiedot. Generointi onnistui oikein kaikkien toimintakaavioiden kohdalla. Työn alussa kaikki määritellyt tavoitteet näin ollen voidaan todeta saavutetuiksi, pois lukien tavoite, jossa sovellussuunnittelijan tulisi pystyä toteuttamaan toimiva sovellus prosessille. Tätä tavoitetta ei voinut määritellä saavutetuksi, koska aineistoa ei ole vielä projekteissa käytetty.

Laadituissa kehittämiskysymyksissä pohdittiin *"Kuinka varmistaa, että perussuunnitteluaineisto on suunnittelijoiden ymmärrettävissä?"* ja *"Mitä ominaisuuksia on laadukkaalla perussuunnitteluaineistolla?"*. Työn aikana selkeytyi, että nämä kysymykset liittyvät vahvasti toisiinsa, ja molempiin voisi vastata samanlaisilla vastauksilla. Tärkeimpinä kohtina on, että aineistossa käytetään järjestelmästä riippumatonta tyyliä, monimutkaisissa toiminnoissa käytetty apuna tekstiä, sekä aineistossa ei saa olla eroavaisuuksia esittämistavoissa. Esittämistapojen eroavaisuuksilla tarkoitetaan, että tapauksessa, jossa voisi esittää asian kahdella eri tavalla, on tuon esittämiseen valittu niistä toinen ja käytetty tätä samaa tapaa myös muissa vastaavissa tilanteissa. Aineiston laadinnassa on hyödynnetty myös kokeneiden sovellussuunnittelijoiden tietämystä ja toimintakaavioita on heille esitetty useaan kertaan työn aikana. Välitarkastusten ja palautteiden avulla on kaavioista saatu tehtyä sovellussuunnittelijoiden avuksi laadukas aineisto.

Kehitys- ja jatkotoimenpiteinä työlle on tietokannan (kirjaston) laajentaminen ja sitä mukaan myös mallipohjien laatiminen muille prosesseille. Tietokanta on laadittu hieman amatöörimäisesti, joten ennen sen laajentamista, vaatisi se jonkin verran muokkaamista. Laajennuksessa on kuitenkin pidettävä mielessä, että parhaimman hyödyn generoinnin kaltaisesta massatyöstä saa prosesseissa, joiden toiminnallisuudet ovat lähestulkoon samanlaiset myös tulevilla projekteilla. Tästä seikasta johtuen on prosessit valittava tarkkaan, joita varten mallipohjia lähdetään toteuttamaan.

8 Pohdinta

Työn tavoitteisiin päästiin ja kehitettyä aineistoa voidaan pitää luotettavana, osaavien suunnittelijoiden tarkistusten ja palautteiden ansiosta. Tietokannan ja mallipohjien ansiosta voidaan tulevaisuudessa suorittaa tärkein keikko -prosessin tietojen lisäys kaavioihin systemaattisella toimintatavalla ja näin ollen pienentää työmäärää ja virheiden syntymistä.

Työssä pääsi paneutumaan Valmet DNA:n maailmaan sovelluspiirien osalta melko syvästi. Tietojen haku sovelluspiireistä ja niiden muokkaaminen yleisesti esitettävään muotoon toi paljon uutta tietoa niin perussuunnittelusta, kuin sovellussuunnittelustakin. Oma henkilökohtainen kiinnostus Valmet DNA:han oli isona motiivina työn loppuunsaattamiseksi ja koen myös osaamiseni kattuneen huomattavasti työn aikana. Sovellussuunnittelussa osaan nyt hyödyntää paremmin toimintakaavioiden tietoja, sekä tiedän paljon enemmän Valmet DNA:n omista toiminnallisuuksista.

Lähteet

Automation solutions – Valmet DNA DCS. 2022. Valmet DNA:n esittely Valmetin kotisivuilla. Viitattu 15.8.2022. <https://www.valmet.com/automation-solutions/valmet-dna-dcs/>

Arkance Systems – AutoCAD. N.d. AutoCADin esittely Arkancen sivuilla. Viitattu 16.8.2022. https://arkance-systems.fi/ohjelmistot/autodesk/autocad/?gclid=EAlaIQobChMI_YzC_oHL-QIVQSgYCh3IMw98EAAYAAEgIHxvD_BwE

Ajo, R. Hakonen, S. Harju, H. Järvi, J. Kaskes, K. Lenardic, E. Niukkanen, E. Nurminen, T. Ritala, P. Tolppanen, M. Tommila, T. 2012. Laatu automaatioissa - Parhaat käytännöt. Suomen Automaatioseura. Verkkojulkaisu Automaatioseuran verkkosivuilla. Viitattu 31.7.2022. [LaatuA-etukansi.p65 \(automaatioseura.fi\)](#)

Hukki, K. Juhani, H. Strömman, M. Tommila, T. 2010. Automaatiosuunnittelun prosessimalli –Yhteiset käsitteet verkottuneen suunnittelun perustana. Suomen Automaatioseura. Verkkojulkaisu Automaatioseuran verkkosivuilla. Viitattu 31.7.2022. [automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf \(automaatioseura.fi\)](#)

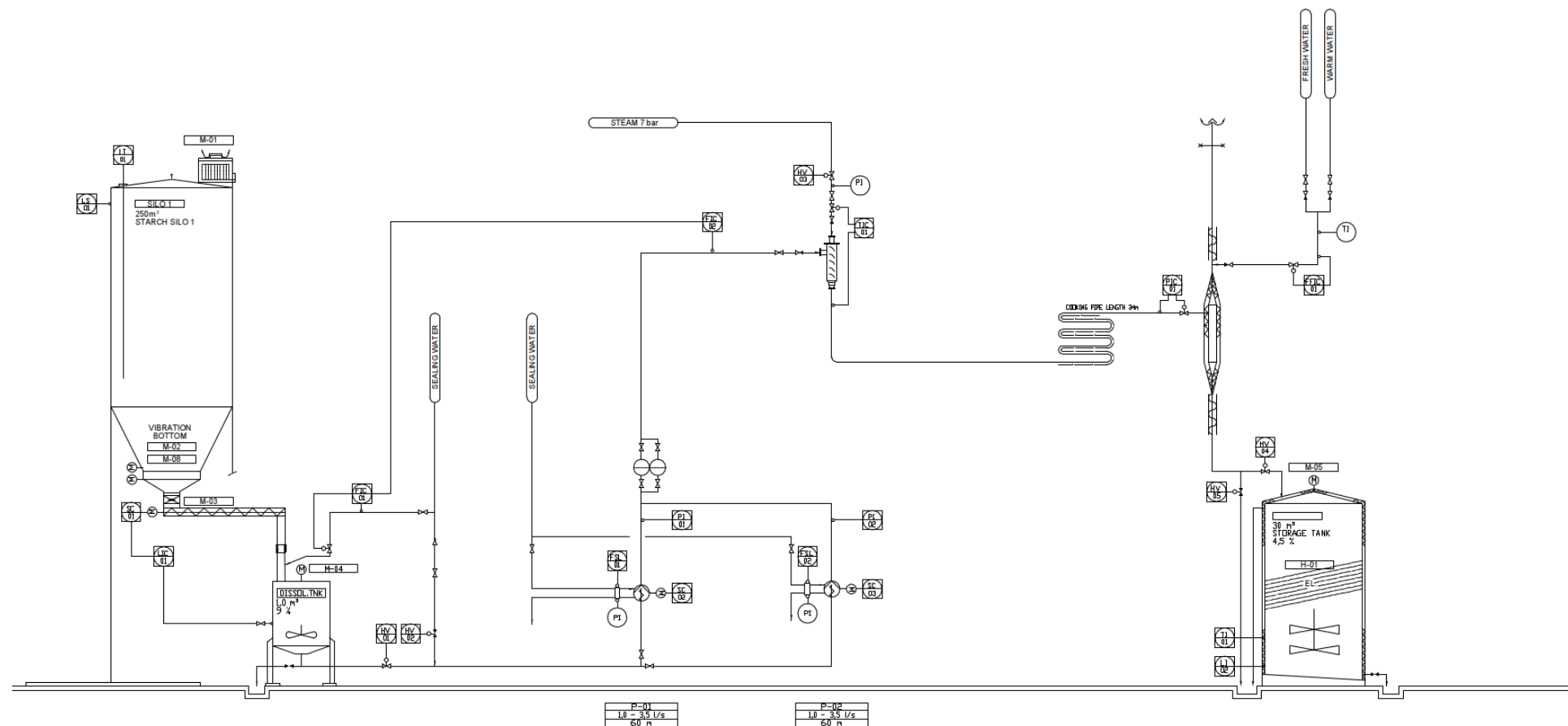
Menettelyohje automaatiosuunnittelu. 2012. Fimpec Engineering Oy:n automaatiosuunnittelun opas Fimpecin Intrassa.

Joukio, R. 1993. Päälystämisen tarkoitus. Koulutusmateriaali Fimpec Engineering Oy:n arkistossa.

Toivonen, O. 1991. Päälystepastat, niiden komponentit ja valmistus. Koulutusmateriaali Fimpec Engineering Oy:n arkistossa.

Liitteet

Liite 1. Tärkin keiton PI-kaavio



Liite 2. Legend-taulukko

	DISPLAY, GENERAL		CONTROL: ON ADJUSTMENT OF SETPOINT AND OUTPUT MANUAL/AUTO SWITCH		CONTROL: BINARY SWITCH
	DISPLAY		CONTROL: ON ADJUSTMENT OF SETPOINT AND OUTPUT MANUAL/AUTO SWITCH AUTO/REMOTE SWITCH		REFERENCE
	ALARM		PID-CONTROLLER		INVERTER
	HH = HIGHER HIGH LIMIT		VALVE, AUTOMATIC		AND/NAND
	H = HIGH LIMIT		MIN SELECTOR		OR/NOR
	L = LOW LIMIT		MAX SELECTOR		DIRECTION ARROW
	LL = LOWER LOW LIMIT		EDGE FUNCTION		SET/RESET
	SETPOINT		MOTOR BLOCK		OFF-DELAY
	LIMIT, GENERAL		SEQUENCE STEP BLOCK WT = WAIT TIME AT = ALARM TIME		ON-DELAY
	TRANSMITTER P = PRESSURE F = FLOW T = TEMPERATURE dP = DIFFERENTIAL PRESSURE W = WEIGHT L = LEVEL (GENERALLY) + = ANGLE OR POSITION S = SPEED (e.g. ROTATION) D = DENSITY (kg/l)		GENERAL FUNCTION BLOCK *RESET COUNTER 1 = RESETS COUNTER 0 = *HOLD COUNTER 1 = COUNTER HOLDS VALUE IN PLACE 0 = COUNTER ADDS TO THE TOTAL VALUE		PULSE
	SELECTOR SWITCH OR RELAY				
	SIGNAL I = CURRENT SIGNAL B = BINARY SIGNAL U = VOLTAGE SIGNAL R = RESISTOR SIGNAL F = FREQUENCY SIGNAL				

REM	LOC	A	M	1	OFF	2	1	OFF	2	1	OFF	2	1	OFF	2
LR	MA	IL	REL	LOCAL	AUTO	MAN									
-P- PUMP															
REVERSE				AUTOM				FORWARD							

REM	LOC	A	M	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
LR	MA	IL	REL	LOCAL	AUTO	MAN							
-HV- ON/OFF VALVE													
CLOSED				AUTOM				OPEN					

REM = REMOTE
LOC = LOCAL
A = AUTO
M = MANUAL
L = INTERLOCK
1, FORCE FORWARD
OFF, FORCE OFF
2, FORCE REVERSE
ON = FORCE OPEN
REL = RELEASE
1, RELEASE FORCED FORWARD
OFF, RELEASE FORCED OFF
2, RELEASE FORCED REVERSE
ON = RELEASE FORCED OPEN
LOCAL, AUTO, MAN
1, FORWARD
OFF, OFF
2, REVERSE
ON = OPEN
AUTOM = AUTO/MANUAL FEEDBACK
1 = DEVICE ON AUTO
0 = DEVICE ON MANUAL

Key	Pcs	Date	Name	Checked	Changes

Scale	Refer to	FUNCTION_BLOCKS
Replaces		
Client's Drwg No.		
File		

Date	Initials	Drawing No.	Rev.
16.9.2022	JKau		0
30.9.2022	PSil		Page
			1/1