



Ultrasuodatuslaitteiston ohjausjärjestelmän modernisointi

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)
Kevät, 2025
Markus Tuominen

Koulutus Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)
Tekijä Markus Tuominen
Työn nimi Ultrasuodatuslaitteiston ohjausjärjestelmän modernisointi
Ohjaaja Jan-Peter Nowak, Kari Leppänen Valmet Technologies Oy

Vuosi 2025

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa tarvittava dokumentaatio ja sovellusohjelma Valmet Technologies Oy:n paperiteknologiakeskuksen ultrasuodatuslaitteiston ohjausjärjestelmän päivitystä varten. Työssä perehdyttiin laitteiston toimintaan sekä muutosten suunnitteluun. Kokonaisuutta tarkasteltiin myös mahdollisuutena lisätä uusia toiminnallisuuksia laitteistoon.

Laitteiston toimintaan perehdyttiin käytännön operoinnin, operointihenkilöstön haastattelujen sekä olemassa olevan dokumentaation avulla. Työn toteutus jakautui kahteen päävaiheeseen: piirikaavioiden suunnitteluun ja automaatio-sovelluksen ohjelmointiin. Lisäksi laitteiston turvallisuutta tarkasteltiin lyhyesti.

Piirikaavioiden suunnittelu alkoi ennakkotiedon keruulla laitteistosta, käyttäjiltä sekä erilaisista lähdemateriaaleista. Tietojen pohjalta valittiin vaihdettavat komponentit ja laadittiin tarvittava suunnitteludokumentaatio piirikaavioiden piirtämistä varten. Työssä esiteltiin myös käytetyt komponentit ja sovellusohjelmistot.

Sovellusohjelmointi toteutettiin sekvenssipohjaisena, ja sen suunnittelussa painotettiin käytettävyyttä ja mahdollisimman automaattista toimintaa. Koska laitteistolla suodatettavat kemikaalit vaihtelevat käytön aikana, tämä huomioitiin sovelluksen suunnittelussa.

Lopputuloksena syntyi toimiva kokonaisuus, joka tarjoaa kustannustehokkaan vaihtoehdon uuden suodatuslaitteiston hankinnalle. Suurin haaste työn aikana oli laitteiston kokonaisuuden hahmottaminen, sillä olemassa oleva dokumentaatio oli puutteellista ja käytössä olleesta sovelluksesta puuttuivat kommentit. Turvallisuuden tarkastelu jäi osittain odottamaan projektin seuraavaa vaihetta, eli riskienarviointia.

Avainsanat Piirikaaviot, ultrasuodatus, Valmet DNA.
Sivut 37 sivua ja liitteitä 1 sivu

DP	Electrical and Automation Engineering	
Author	Markus Tuominen	Year 2025
Subject	Control system modernization of an ultrafiltration system	
Supervisors	Jan-Peter Nowak, Kari Leppänen Valmet Technologies	

The aim of this thesis was to produce the necessary documentation and application software for updating the control system of an ultrafiltration unit at Valmet Technologies Oy's Paper Technology Center. The thesis involved examining the operation of the ultrafiltration system and planning the required modifications. The project was also viewed as an opportunity to add new functionalities to the system.

Understanding of the system was achieved through hands-on operation, discussions with operating personnel, and reviewing the available documentation. The implementation phase of the project was divided into two main parts: designing the electrical circuit diagrams and programming the automation application. Additionally, the safety aspects of the system were briefly reviewed.

The design process of the circuit diagrams began with gathering of preliminary information from the equipment, its operators, and various source materials. Based on this data, the components to be replaced were selected and the required design documentation was created to support the drafting of the diagrams. The thesis also presents the components and software tools used in the design.

The software programming was implemented using a sequence-based approach, with a focus on ease of use and automatic operation. As the chemicals filtered by the system vary during use, this was considered in the application's design.

The outcome was a functional system that offers a cost-effective alternative to purchasing a completely new filtration unit. The biggest challenge during the project was understanding the overall system, due to incomplete existing documentation and a lack of comments on the application software. The safety review remained partly pending and will continue in the next phase of the project, which is the risk assessment.

Keywords Circuit diagrams, ultrafiltration, Valmet DNA
Pages 37 pages and appendices 1 page

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ultrasuodatus paperiteollisuudessa	2
2.1	Ultrasuodatus prosessina paperin ja kartongin päällystyskoneilla	2
2.2	Paperiteknologiakeskuksen ultrasuodin	2
2.3	Paperiteknologiakeskuksen ultrasuodatusprosessi	3
3	Käytettävät Valmet DNA ohjelmistot	5
3.1	Valmet DNA yleisesti	5
3.2	DNA Explorer	5
3.3	Function Block CAD	7
3.4	Sequence CAD	8
3.5	Picture Designer	11
4	Siemens S5 ja Valmet ACN I/O laitteistot	12
4.1	Siemens S5 100U ja OP37 operointipaneeli	12
4.2	Valmet ACN IO	13
5	Sähkö- ja automaatio suunnittelu	16
5.1	Komponenttien valinnat	16
5.2	Piirikaavioiden päivitys	19
5.3	Sovellusohjelmointi	23
5.3.1	Sovellusohjelmoinnin toteutus ja valinnat	23
5.3.2	Suodatussekvenssi	28
5.3.3	Huuhtelusekvenssi	30
5.3.4	Pesusekvenssi	32
5.4	Laitteiden tilatiedot ja mittausdata keruuseen	33
6	Laitteiston turvallinen pysäyttäminen	34
6.1	Hätäpysäytys	34
6.2	Turvapiirin päivittäminen	35
7	Yhteenveto	36
	Lähteet	37

Kuvat

Kuva 1. Valmet Ultrafilter CR1000 suodatin. (Valmet Oy, sisäinen esitysmateriaali, 2022).	2
Kuva 2. Periaatekuva syöttösäiliön täytöstä.	4
Kuva 3. Ultrasuodatinlaitteiston operointinäyttö.....	4
Kuva 4. DNA Explorer lataaminen ja arvojen synkronointi.....	6
Kuva 5. Function Block CAD -moduuli. Permeaatin virtaus.	8
Kuva 6. Function Block CAD ja Sequence CAD valikot.	8
Kuva 7. Sequence CAD askeleiden ja siirrostimilohkojen valinnat.	9
Kuva 8. Sekvenssin käyntitieto osana toimilohkokaaviota.	10
Kuva 9. Hyppy sekvenssissä.....	10
Kuva 10. Picture Designer analogiasignaali ANAN esittäminen operointinäytöllä.....	11
Kuva 11. Siemens S5 ohjelmoitava logiikka. (Siemens AG, 1992).....	12
Kuva 12. Ultrasuodatusjärjestelmän Siemens OP37 operointipaneeli.	13
Kuva 13. Valmet ACN I/O -kehikko.	14
Kuva 14. ACN I/O -korttien konfigurointi. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2024)	15
Kuva 15. FCS-liitinyksikkö. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2024)	15
Kuva 16. Beckhoff CP2224-0020 operointipaneeli teollisuus PC:llä. (Beckhoff Automation, 2025)	17
Kuva 17. Uusi jännitteenjako.....	18
Kuva 18. Syöttösäiliön pystysekoittimen moottoripiirikaavion välilehti 1/2.	20
Kuva 19. Syöttösäiliön pystysekoittimen moottoripiirikaavio välilehti 2/2.	21
Kuva 20. Piirikaavio. Konsentraatin lämpötilan mittaus ja säätöventtiilin ohjaus.	22
Kuva 21. Tärysihdin pesuvesiventtiilin piirikaavio.	23
Kuva 22. L-moduulin lukitukset.	24
Kuva 23. Päämoduuli ja L-moduuli prosessialuejäsentelijän olioalueella.....	24
Kuva 24. Moduulien nimeäminen.	25
Kuva 25. Syöttösäiliön sekoittimen ohjaus.	26
Kuva 26. Jätepastasäiliön pinnanmittauksen raja-arvo ja alkuarvo.....	27
Kuva 27. Sekvenssien aloitusehdot.	27
Kuva 28. Valinnat ennen suodatussekvenssin käynnistämistä.	28
Kuva 29. Suodatussekvenssin suodatusaskeleet.....	29

Kuva 30. Suodatussekvenssin hypyt.....	30
Kuva 31. Huuhtelusekvenssin valinnat.....	31
Kuva 32. Huuhtelusekvenssin askeleet 9 ja 10.	31
Kuva 33. Huuhtelusekvenssin hypyt.....	32
Kuva 34. Valinnat ennen pesusekvenssin käynnistämistä.....	33
Kuva 35. Kytkeäpisteiden logiikkaa infopalvelimen kannalta.	34
Kuva 36. Valmet DNA Historian Tag Configurator.....	34
Kuva 37. Häätäpysäytyspiirin piirikaavio.	35

Liitteet

Liite 1. Function Block CAD -moduulin konfigurointi.

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö toteutetaan Valmet Technologies Oy:n Järvenpään paperiteknologiakeskuksen toimeksiannosta. Järvenpään paperiteknologiakeskus on paperin ja kartongin jälkikäsitelyyn keskittyvä yksikkö, jossa testataan ja kehitetään uusia ratkaisuja paperin ja kartongin pintaliimaukseen, päällystykseen ja kalanterointiin.

Valmet on yksi maailman johtavista prosessiteknologian, automaattoratkaisujen ja palvelujen toimittajista sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle. Näiden alojen lisäksi automaatio- ja virtauksensäättöratkaisuja toimitetaan muillekin teollisuuden aloille, kuten esimerkiksi kaivosteollisuuteen, vesivoimalaitoksille ja meriteollisuuteen. (Valmet Oy, 2025)

Päällystyskoneen eri päällystysasemilta ja pastakeittiön alueelta kerättävä pastapitoinen jätevesi on käsiteltävä asianmukaisesti. Jylhäraisio Oy on toimittanut tähän tarkoitukseen ultrasuodatusjärjestelmän 90-luvun lopulla ja järjestelmää ohjaava Siemens S5 ohjausjärjestelmä on elinkaarensa lopussa. Ultrasuodatusjärjestelmä on ainoa erillislogiikalla toimiva pastakeittiön prosessin osa.

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena on tehdä suunnitelmat ultrasuodatusjärjestelmän muuttamiseksi osaksi Valmet DNA järjestelmää. Tarkoitus on saada aikaan tarvittava dokumentaatio ja sovellusohjelma sekä tarkastella laitteistoa toiminnallisuuden ja turvallisuuden näkökulmasta ennen käyttöönottoa. Lisäksi ultrasuodatusjärjestelmän automaattilaitteiden tilatietojen ja mittausdatan lisääminen historiakeruuseen valmistellaan, jotta niitä voitaisiin tulevaisuudessa paremmin hyödyntää laitteen operoinnissa ja vikatilanteissa. Osana tätä opinnäytetyötä käsitellään myös Valmet DNA -automaatiojärjestelmän työkaluja, joita tämän työn ohjelmisto-osuuden tekemiseen tarvitaan.

Tästä opinnäytetyöstä rajattiin ulos projektin kokonaisuuteen liittyvät instrumentoinnin komponenttien uusiminen sekä laitteiston käyttöönotto. Nämä asiat tehdään omana toteutuksenaan sopivassa ajankohdassa tulevaisuudessa.

2 Ultrasuodatus paperiteollisuudessa

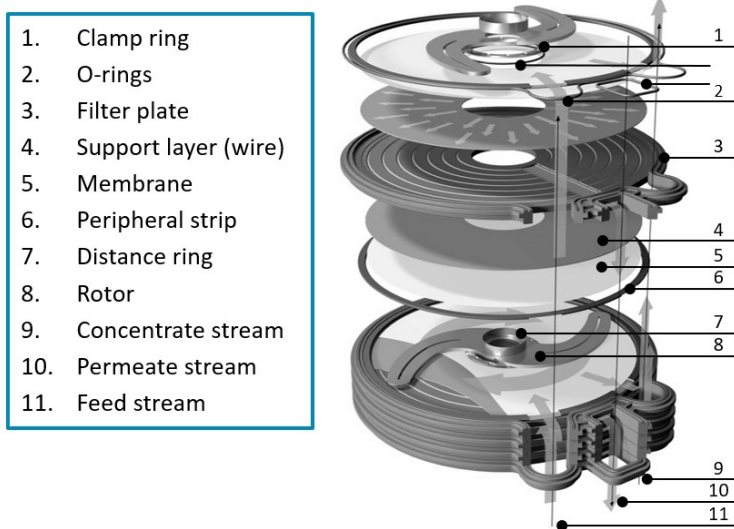
2.1 Ultrasuodatus prosessina paperin ja kartongin päällystyskoneilla

Paperin ja kartongin päällystysprosessissa syntyy suuria määriä jätevettä, joka sisältää kuituja, täyteaineita, kemikaaleja ja muita epäpuhtauksia. Jätevesi puhdistetaan ultrasuodattimella ilman erillisiä kemikaaleja. Prosessin tuloksena jätevedestä syntyy kaksi jaetta, konsentraatti ja permeaatti. Konsentraatti, joka sisältää alkuperäisen päällystysaineen kemikaalit, otetaan talteen ja toimitetaan jatkokäsittelyyn. Permeaatti, joka on puhdistettu kirkas suodos, voidaan käyttää väripastojen valmistuksessa uudestaan. (Valmet Oy, sisäinen esitysmateriaali, 2022)

2.2 Paperiteknologiakeskuksen ultrasuodin

Kuvassa 1 on esitetty leikkauskuva Valmet Ultrafilter CR1000 -mallin ultrasuotimen yhdestä suodatuselementistä. Valmet Järvenpään paperiteknologiakeskuksen ultrasuodin on mallia Valmet Optifilter CR 550/40 ja sen toimintaperiaate on samanlainen. Laite sisältää 40 suodatuselementtiä ja sen suunniteltu suodatuskapasiteetti on $0.5 \text{ dm}^3/\text{s}$ kuiva-ainepitoisuudella 1–3 %. Suodatuspinta-ala on yhteensä 15 m^2 . (Jylhäraisio Oy, sisäinen koulutusmateriaali, 1996)

Kuva 1. Valmet Ultrafilter CR1000 suodatin. (Valmet Oy, sisäinen esitysmateriaali, 2022).



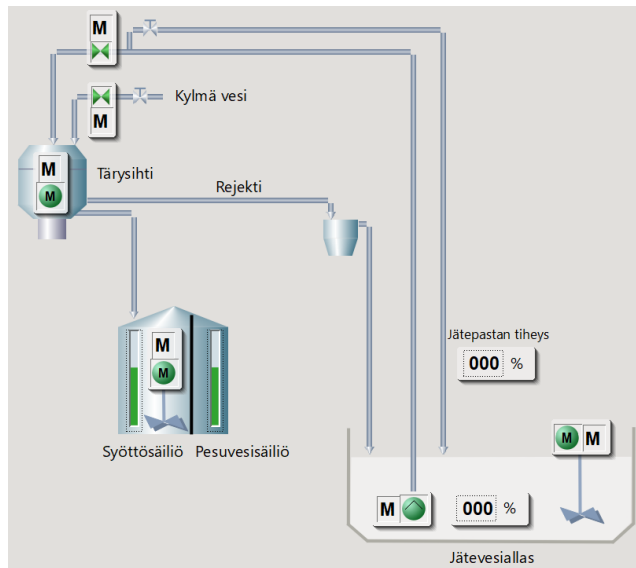
Jätevesi syötetään suodattimeen horisontaalisten suodatinkalvojen suuntaisesti sivusta. Suodattimessa on päällekkäin useita suodatinelementtejä, jotka puristetaan yhteen pohja- ja kansilevyjen väliin. Jokaisen suodatuselementin välissä on roottori, tukirengas, tiiviste ja suodatuskalvo. Roottorit pyörivät elementtipinon läpi kulkevan akselin mukana ja pitävät jäteveden liikkeessä. Jäteveden jatkuva liike estää partikkelien kasaantumista kalvojen pintaan ja pidentää kalvojen elinkaarta. Suodattimen ympärillä on laitteistokokonaisuus, jolla varsinaista suodatusprosessia ohjataan ja siihen kuuluvat kaikki oheislaitteet, joita järjestelmän toimintaan tarvitaan, kuten venttiilit, prosessimittaukset, pumput ja säiliöt. (Raisio Engineering Oy, sisäinen koulutusmateriaali, 1997)

2.3 Paperiteknologiakeskuksen ultrasuodatusprosessi

Pastakeittiöllä valmistetaan eri menetelmin paperin ja kartongin päällystykseen soveltuvia päällystysaineita. Pastapitoiset jätevedet, jotka kerätään paperiteknologiakeskuksen päällystyskoneen eri päällystysasemien paluukierrosta sekä pastakeittiöltä, johdetaan jätevesialtaaseen. Jätevesialtaan pystysekoitin ja keskipakopumppu ovat jatkuvasti käynnissä. Jatkuvalla käynnillä varmistetaan jätevesialtaassa olevan jäteveden sekoittuminen ja estetään kuivumista. Kun syöttölinjan venttiili ultrasuodattimelle on kiinni, kiertää jätevesi takaisin jätevesialtaaseen. (Jylhäraisio Oy, sisäinen koulutusmateriaali, 1997)

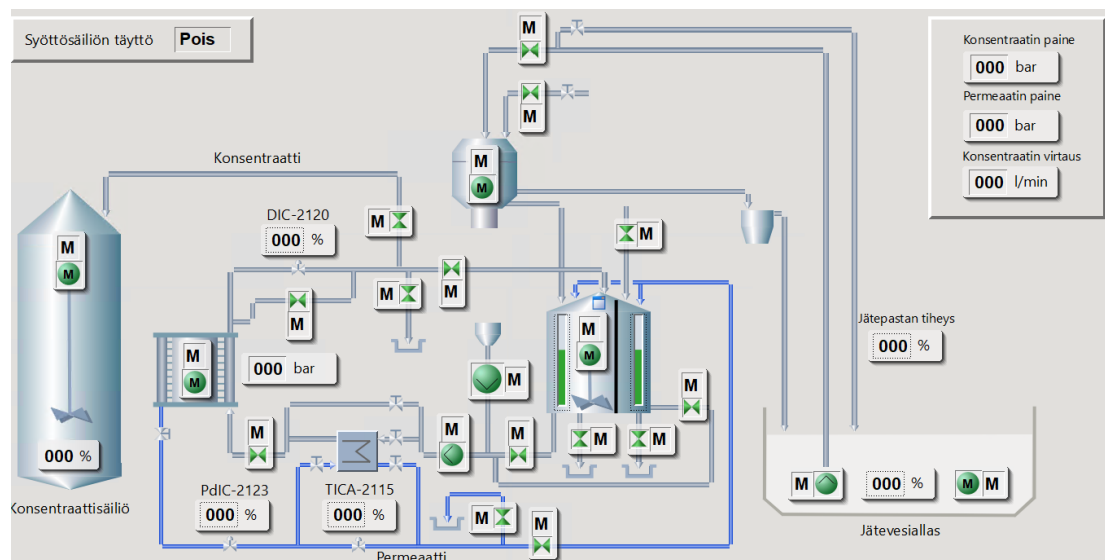
Ultrasuodatusprosessi käynnistyy jäteveden pumppaamisella jätevesialtaasta tärysihdin läpi ultrasuodattimen syöttösäiliöön. Tärysihdin tarkoituksena on poistaa syöttövedestä kaikki partikkelit, jotka voisivat olla haitaksi suodattimen toiminnalle. Tärysihdille kertyvä rejekti on suurimmaksi osaksi kuitua ja paperisilppua. Rejekti johdetaan omaan säiliönsä, josta vesi valuu ylijooksuna takaisin jätevesialtaaseen. Rejektisäiliö tyhjenetään tarvittaessa. Kuvassa 2 on esitetty periaate jäteveden siirtämisestä ultrasuodatusjärjestelmän syöttösäiliöön. (Jylhäraisio Oy, sisäinen koulutusmateriaali, 1997)

Kuva 2. Periaatekuva syöttösäiliön täytöstä.



Kuvassa 3 on esitetty yksi ultrasuodattimen operointinäytöistä, josta on poistettu osa toiminnallisuuksista. Operointinäyttö on tehty mahdollisimman lähelle vastaamaan prosessikaaviota, jotta prosessin kokonaisuus hahmottuu mahdollisimman hyvin.

Kuva 3. Ultrasuodatinlaitteiston operointinäyttö.



Käsiteltävä vesi pumpataan syöttösäiliöstä painesihdin ja lämmönvaihtimen kautta paineella ultrasuotimelle, jossa suodattimen suodinkalvot jakavat syötettävän nesteen permeaatiksi ja konsentraatiksi. Lämmönvaihtimella voidaan tarvittaessa käyttää hyödyksi permeaatin lämpöenergiaa ja siirtää sitä suodattimelle syötettävään veteen. Lämmönvaihdin

voidaan tarvittaessa myös ohittaa. Permeaatti johdetaan viemäriverkostoon ja konsentraatti johdetaan konsentraattisäiliöön, joka tyhjennetään tarvittaessa. Permeaatin ja konsentraatin paineen suhdetta säädetään ja mitataan. Paine-ero suodattimen yli on seurattava suure. Paineen avulla pystytään vaikuttamaan suodatukseen ja huomataan myös mahdollinen kalvojen tukkeutuminen, kun tiedetään puhtaan kalvon läpäisevyys. Suotimelta ulos tulevaa konsentraattia ohjataan tiheyden säätöpiirin avulla, jolloin se saadaan haluttuun kuiva-ainepitoisuuteen. Normaali tiheyden asetusarvo on noin 1200 kg/m³, joka vastaa noin 35 % kuiva-ainepitoisuutta. (Jylhäraisio Oy, sisäinen koulutusmateriaali, 1997)

3 Käytettävät Valmet DNA ohjelmistot

3.1 Valmet DNA yleisesti

Valmet DNA on erityisesti prosessiautomaation ohjaukseen kehitetty ohjelmistokokonaisuus. Järjestelmä on hajautettu ohjausjärjestelmä. Olennaista järjestelmässä on että, kaikkia prosessin osia voidaan hallita samalta alustalta. Järjestelmä jaetaan kolmeen eri toimintoon. Käyttötyökalut mahdollistavat paikallisen prosessioperoinnin ja mahdollisuuden seurata prosessia myös etänä. Ohjaimet, I/O ja liitännät kattavat kaikki ohjaukset, kenttäliitynnät ja väylät, sekä prosessin tiedonkeruun. Suunnittelu ja huolto sisältävät työkalut laitoksen suunnitteluun ja ylläpitoon. (Valmet Oy, 2025)

Järjestelmä koostuu valvomo- ja prosessiväylän lähiverkosta, jonka nopeus on 100 Mbit/s. Väylään on liitetty eri toimintoja suorittavia palvelimia. Palvelimet ovat aina varmennettuja kahdella eri prosessiväylällä, pää- ja varaväylällä. Jos pääväylä vikaantuu, varaväylä otetaan automaattisesti käyttöön. Valmet DNA verkko tulee erottaa tehtaan toimistoverkosta reitittimien avulla. Suora internetyhteys automaatioverkosta ei ole sallittua. (Valmet Oy, 2025)

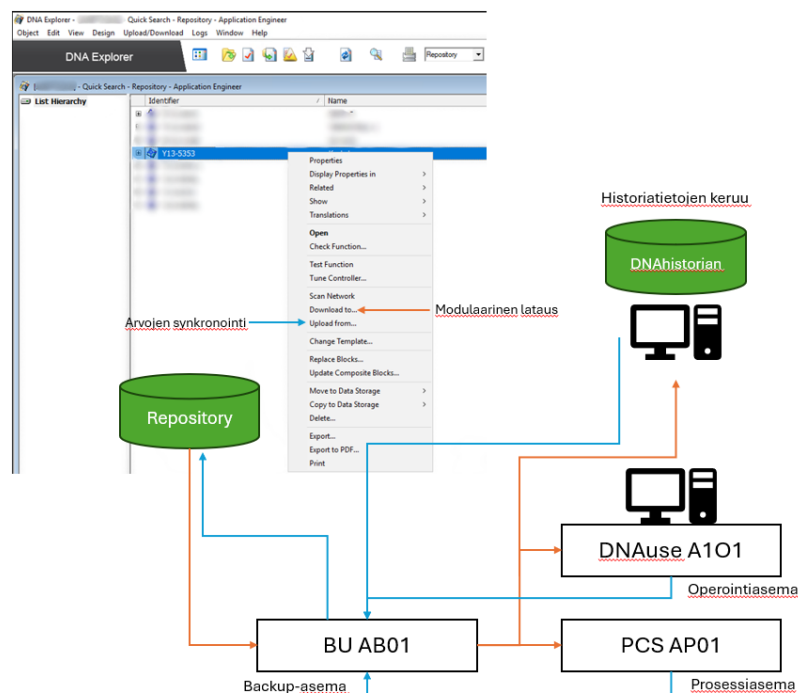
3.2 DNA Explorer

DNA Explorer on keskeinen työkalu ohjelmistokokonaisuuden hallintaan ja Valmet DNA järjestelmän ylläpitoon ja suunnitteluun. Lähes koko automaatiojärjestelmä konfiguroidaan tämän ohjelmistokokonaisuuden kautta. Sovellussuunnittelu perustuu käyttäjiliityntään

integroitujen suunnitteluohjelmistojen avaamiin erityyppisiin suunnittelutyökaluihin, joilla sovellussuunnittelija luo automaatio-sovelluksen, joka käännetään ja ladataan ajoympäristöön. Työpöytä voi sovellukseen luoda useita ja usein jokaisella suunnittelijalla on oma työpöytä sovellussuunnittelua varten. Repository eli makasiini on ainoa työpöytä, josta sovellus voidaan ladata ajoympäristöön. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2023)

Ladattaessa sovellus ajoympäristöön, ladataan se ensin varmennuspalvelimelle, josta edelleen muille asemille. Operaattorin muuttaessa prosessi-arvoja operointiasemalta, muuttuvat arvot ajoympäristössä, mutta ne eivät automaattisesti päivitä DNA Function Block CAD -moduuliin. Arvojen synkronointi hakee ja päivittää moduuliin suunnittelijan konfiguroimista prosessin kannalta tärkeistä prosessimuuttujista viimeisimmät arvot. Tämä on erittäin tärkeää moduulien uudelleenlataamisen yhteydessä, koska jos näin ei toimita, ladataan moduuliin muutosta edeltävät arvot ja tämä voi pahimmillaan aiheuttaa suuria ongelmia tuotantoprosessissa. Piirin latauksen ja arvojen synkronoinnin periaate esitetty kuvassa 4.

Kuva 4. DNA Explorer lataaminen ja arvojen synkronointi.



3.3 Function Block CAD

Function Block CAD ohjelmalla luodaan toimilohkokaavioita. Toimilohkokaavioihin määritellään prosessiasema, ohjelman suoritusjärjestys ja suoritusväli, kortti IO sekä varsinainen ohjelmakoodi, joka tehdään toimilohkokaaviomuodossa perustuen valmiisiin toimilohkoihin. Graafisista suunnitteluohjelmien tuottamista kuvista muodostetaan automaatiokielen ohjelma eli konfigurointimoduulit, jotka voidaan ladata sovelluspalvelimille. Graafisilla suunnittelutyökaluilla luotuja sovelluksia kutsutaan **automaatiomoduuleiksi**. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2023)

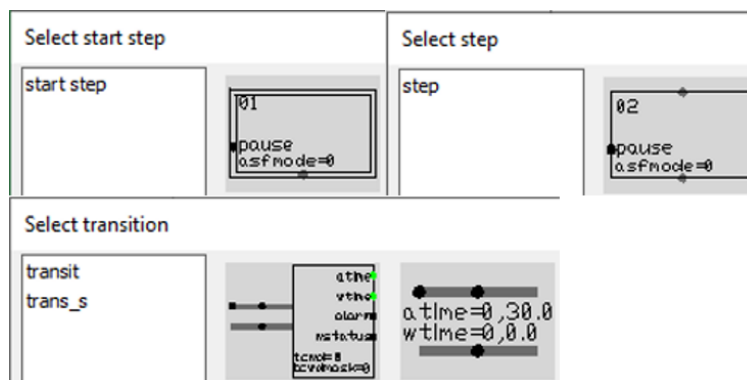
Liityntä eri moduulien välillä perustuu ulkoisiin tietopisteisiin ja portteihin. Tietopisteet voivat olla joko paikallisia, moduulin sisällä käytettäviä ja sen data-alueelle yksikäsitteisesti nimettyjä tietoaueita tai ulkoisia tietopisteitä, jotka sijaitsevat samalla data-alueella, mutta ulkoista tietopisteen porttia voidaan käyttää muissakin moduuleissa. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2021)

Function Block CAD -ohjelman työkaluvalikot sisältävät tarvittavat toimilohkot, portit ja graafiset työkalut moduulin sovelluksen tekemiseen. Kuvassa 5 on esitetty Function Block CAD -moduuli permeaatin virtauksen mittauksesta, johon vasemmalle, varsinaisen moduulin kytkentäalueen rajojen ulkopuolelle on sijoitettu I/O-kytkennän konfigurointi. I/O-kytkennän osoitetta luetaan vasemmalta oikealle, jolloin ensimmäinen numero tarkoittaa järjestelmäväylää, toinen numero tarkoittaa I/O väyläohjaimen numeroa, kolmas numero tarkoittaa korttipaikan numeroa ja neljäs numero tarkoittaa kanavan osoitetta. Kytkentäviivan vihreä väri viittaa ana-tyyppiseen signaaliin, joka on analogiasignaali tyyppiltään float. Vasemmalla alhaalla on jatkuvasti kirjoittava ulkoinen tietopiste. Tietopiste on luettu moduulin M-2511 portista :ins, joka on moottoritoimilohkon käyntitieto. Oikealla moduulin kytkentäalueen ulkorajalla on rajapintaportti. Rajapintaporttiin on tuotu referenssipisteellä av sama mittaustulos, joka kirjoitetaan suorasaantiportin pr:FI-2121 kytkentäpisteeseen av. Näin moduulin pr:FI-2121.F rajapintaporttia :ME voidaan lukea koko Valmet DNA järjestelmässä. Toisessa automaatiomoduulissa luetaan siis rajapintaporttia **pr:FI-2121.F:ME**. Liitteessä 1 on esitetty Function Block CAD-moduulin konfigurointia.

Sekvenssien toteutus Sequence CAD ohjelmassa perustuu mukailien standardiehdotukseen IEC 65A 67-I DRAFT. Standardiehdotus vaatii, että jokaisen siirroksen valmiustila vaatii edeltävän askeleen aktiivisuuden. Siirroksessa tutkitaan ehto seuraavan askeleen suorittamiseksi. Kun ehdot toteutuvat, seuraava askel muuttuu aktiiviseksi ja edellinen siirros poistuu valmiustilasta. Aktiivisen askeleen jälkeinen siirros tulee samalla aktiiviseksi. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2024)

Ohjelman sekvenssityökalujen valikosta Fblocks1 on valittavissa aloitusaskel, normaali askel ja kaksi eri siirroslohkon vaihtoehtoa kuvan 7 mukaisesti.

Kuva 7. Sequence CAD askeleiden ja siirrostoilohkojen valinnat.

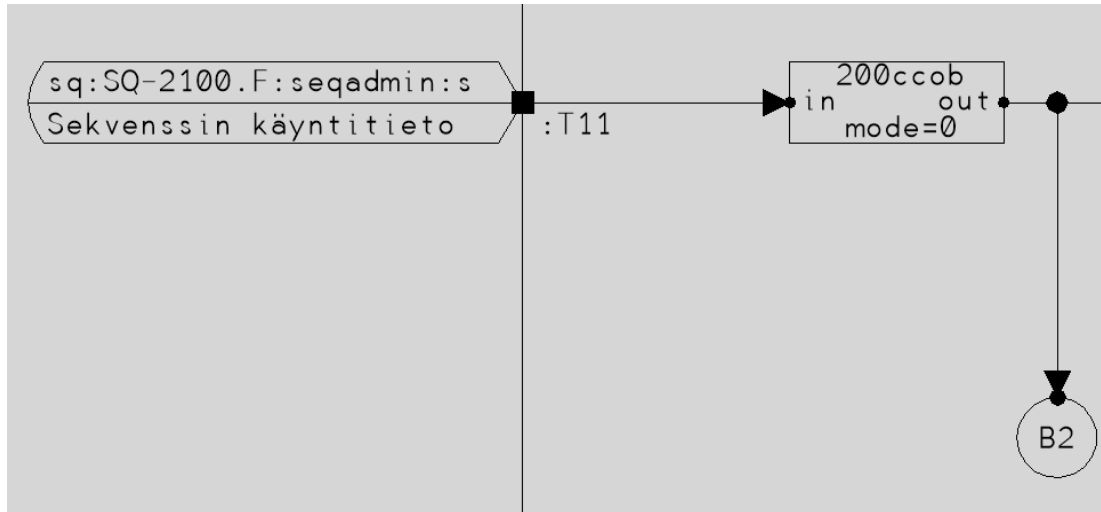


Siirrostoilohkoja transition on kuvassa kaksi ja erona on, että toisessa on kytkentäpisteet konfiguroitaville tuloille ja lähdöille. Tulot **atime** ja **wtime** ovat aika-arvoja sekunteina, joista **atime** on siirtoehdon valvonta-aika ja **wtime** on askeleen odotusaika. Sekvenssi valvoo askeleen ehtojen täyttymistä **atime** kytkentäpisteeseen asetellun ajan ja antaa sitten hälytyksen järjestelmään, mikäli askeleen ehdot eivät ole täyttyneet. Toinen aseteltava aika **wtime** tarkoittaa aikaa, joka askeleessa viivytään, vaikka kaikki ehdot toteutuisivat heti. Operaattorin on näin mahdollista nähdä sekvenssin operointi-ikkunasta askeleeseen kuuluvia ehtoja, jos se nähdään tarpeelliseksi. Lisäksi lohkoissa on näkyvissä Lähdöt, **alarm** ja **wstatus**, joista **alarm**-lähtöön aktivoituu binäärityyppinen hälytys, kun valvonta-aika on kulunut umpeen ja **wstatus** ilmoittaa binäärityyppisellä arvolla 0 tai 1, onko odotusaika meneillään. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2023)

Sekvenssin yhteistä hallintatietorakennetta, jolla hallitaan koko sekvenssiä koskevia tietoja, kutsutaan nimellä **seqmng**. Hallintatietorakenne määritellään sekvenssikaaviossa rajapintaporttina **seqadmin**. Rajapintaportilla on eri jäseniä, jotka ovat kytkettävissä sekvenssin ulkopuolelta. Seqadmin rajapintaportin s-jäsenestä voidaan binäärisignaalina

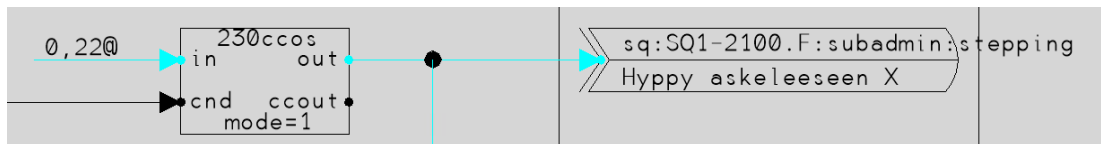
lukea sekvenssin tila. 0 tarkoittaa, että sekvenssi on seis ja 1 tarkoittaa, että sekvenssi on käynnissä. Kuvassa 8 on esitetty seqadmin rajapintaportin s-jäsen, joka on tuotu Function Block CAD-toimilohkokaavioon. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2024)

Kuva 8. Sekvenssin käyntitieto osana toimilohkokaaviota.



Lineaarisen osasekvenssin hallintatietorakenne Iseqmng tietorakenne määritellään sekvenssikaaviossa rajapintaporttina **subadmin**. Iseqmng hallintatietorakenteella hallitaan yksittäisen osasekvenssin tietoja rajapintaportin eri jäsenillä, jotka ovat kytkettävissä sekvenssin ulkopuolelta. Subadmin rajapintaportin stepping-jäsentä käytetään sekvenssimoduulissa sekvenssin hyppyihin. Tämän jäsenen avulla sekvenssissä voidaan toteuttaa hyppy haluttuun askeleeseen kuvan 9 esimerkin mukaisesti. 230ccos kopiointilohkon in kytkentäpisteen arvo 22 kopioidaan ehdolliseen ulkoiseen tietopisteeseen **sq:SQ1-2100.F:subadmin:stepping**. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2024)

Kuva 9. Hyppy sekvenssissä.

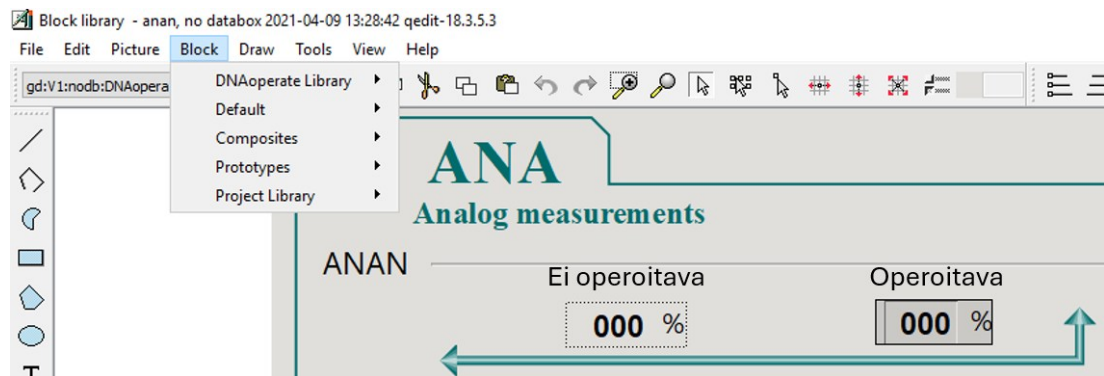


3.5 Picture Designer

Picture Designer on suunnittelutyökalu käyttöliittymän operointinäyttöjen suunnitteluun. Luodut kuvat tallennetaan makasiiniin, josta ne voidaan siirtää ajoympäristöön. Kuvat tallennetaan XML-muodossa. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2024)

Työkalurivin valikoista suunnittelija voi valita tarvittavat suunnitteluoliot ja muuttujien esityslohkot, jotka valitaan signaalityypin perusteella. Analogiasignaalin lohkot löytyvät valikkopulun Block -> DNAoperate -> Library -> Anan alta ja kuvassa numero 10 on esitetty analogiasignaalin esityslohkoja. Valittavissa ei operoitavia lohkoja, joihin operaattori ei voi muuttaa arvoja, tai operoitavia lohkoja, joissa arvot ovat muutettavissa. Lohkojen valintaikkunat aukeavat samaan tiedostoon eri välilehdille ja ne voidaan sieltä kopioida varsinaiseen muokattavaan kuvatiedostoon.

Kuva 10. Picture Designer analogiasignaali ANAN esittäminen operointinäytöllä.



Kuvaan konfiguroidaan polun Picture -> Properties kautta valvomotunnus, kuvan nimi hierarkiamoduulissa, sovelluspaketin nimi ja kuvan otsikkoteksti. Myös muita kuvan parametreja, kuten kuvan kokoa voidaan muuttaa Properties-valikon kautta. Kuvamoduulit ladataan makasiinista ajoympäristöön muiden moduulien tavoin. Jokaiselle kuvamoduulille on varattava osoite prosessialueen hierarkiamoduulista.

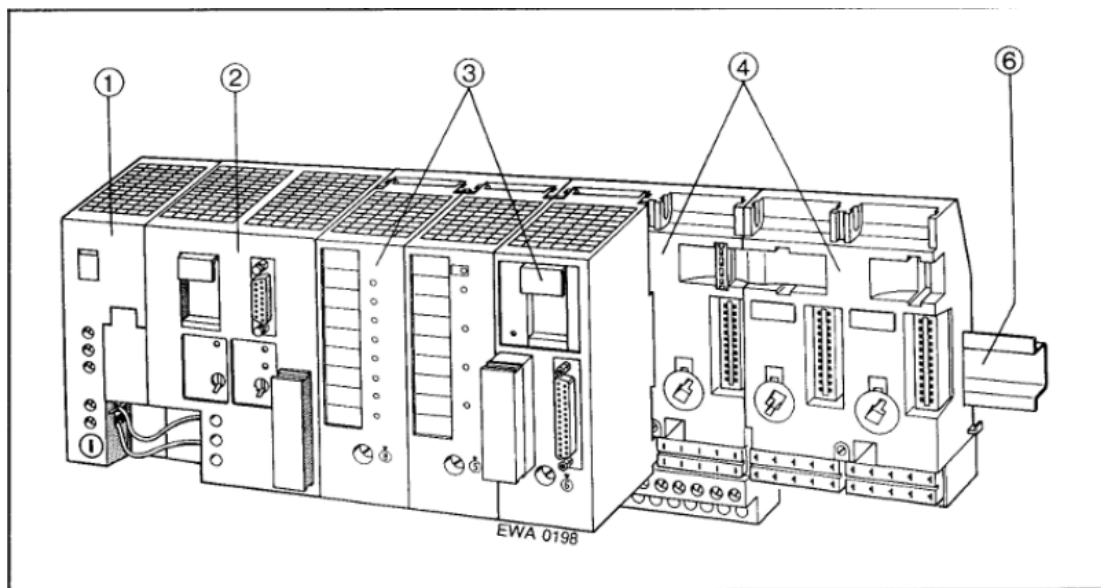
4 Siemens S5 ja Valmet ACN I/O laitteistot

4.1 Siemens S5 100U ja OP37 operointipaneeli

Ultrasuodatusjärjestelmää ohjaa Siemens S5 100U CPU 103 ohjelmoitava logiikka. Siemens toi S5 logiikkamallisarjan markkinoille vuonna 1979. Sen hyötyjä olivat aikanaan nopeammat kytkentäajat sekä helpompi ohjelmointi STEP 5 ohjelmiston avulla. (Siemens AG, n.d.)

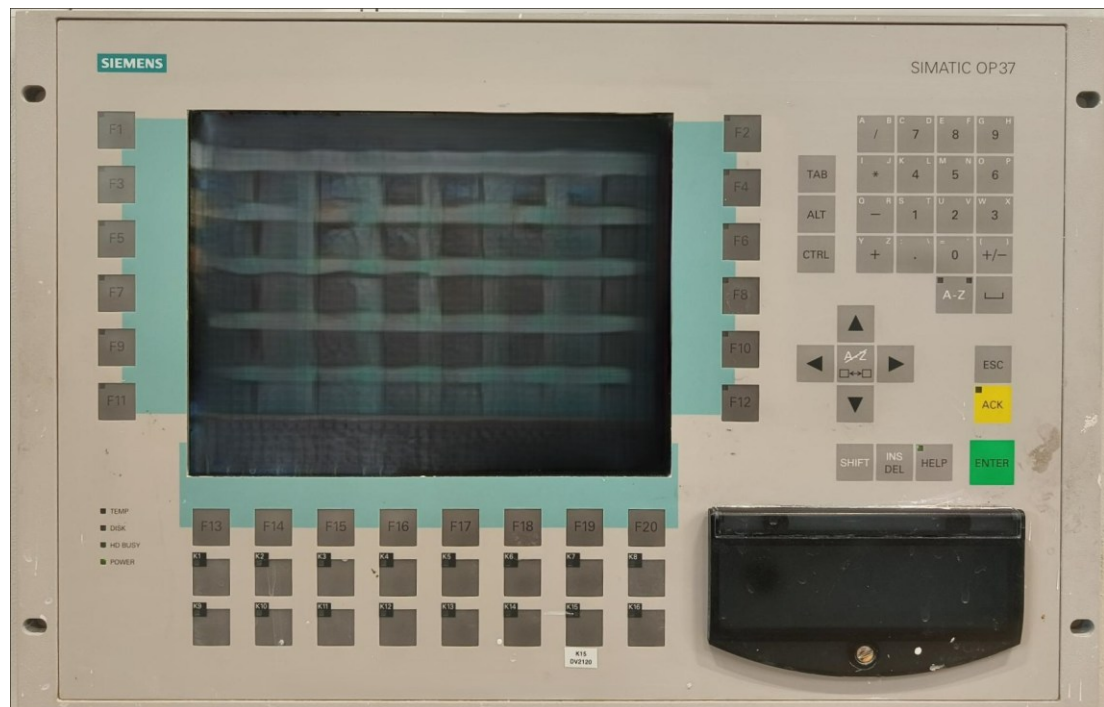
Kuvassa numero 11 on esitetty Siemens S5 logiikkakokonaisuus. Esitetyssä kuvassa numero 1 on virtalähde, numero 2 CPU, joka tulee englannin kielen sanoista Central Processing Unit, numero 3 kuvaa IO-korttien sijoittelua, numero 4 korttipohjia ja numero 6 on kiinnityskisko. (Siemens AG, 1992)

Kuva 11. Siemens S5 ohjelmoitava logiikka. (Siemens AG, 1992)



Siemens OP37 on ProTool ohjelmistolla ohjelmoitava operointipaneeli, jonka operointi tapahtuu erillisillä painonapeilla. Kuvassa 12 on esitetty ultrasuodatuslaitteiston ohjauspaneeli. Operointipaneelin käytettävyys ei ole tämän päivän tasolla, ja laitteen varaosasaatavuus on nykypäivänä jo varsin huono. Operointipaneelin valmistus loppui vuonna 2003 (Siemens AG, 2003).

Kuva 12. Ultrasuodatusjärjestelmän Siemens OP37 operointipaneeli.



Siemens S5-mallisarjan ohjelmoitavia logiikoita on käytössä teollisuudessa vielä jonkin verran, mutta niiden varaosien saatavuus heikkenee jatkuvasti. Step5 sovellusohjelman osaaajia on koko ajan vähemmän ja laitteiston liittäminen nykyaikaisiin järjestelmiin on haastavaa.

4.2 Valmet ACN IO

Valmet ACN IO revisio 2 kehikko koostuu tehonsyöttöyksikön asennusalustasta, tehonsyöttöyksiköstä, I/O-väyläohjaimen asennusalustasta, I/O-väyläohjaimesta, I/O-korttien asennusalustasta, liitinyksiköistä sekä valituista IO-korteista kuvan 13 mukaisesti. Jokaisella kortin kanavalla on kaksi kytkentäpistettä ja korteille ei tarvitse tuoda erillistä jännitesyöttöä ja miinuspotentiaalia, vaan ne jaetaan koko kehikolle yhteisesti.

Kuva 13. Valmet ACN I/O -kehikko.



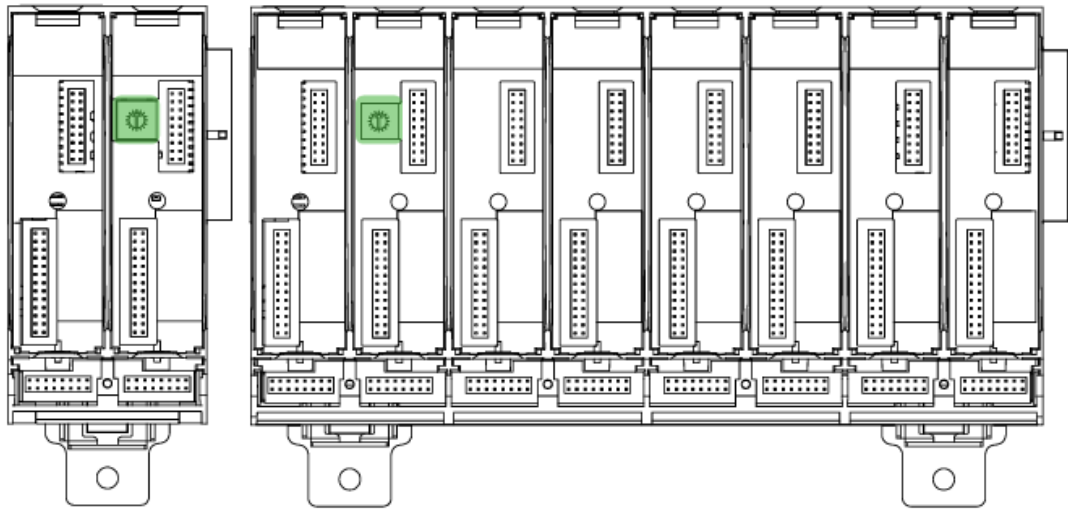
IPSN tehonlähdeyksikköä käytetään DC-tehönlähdeyksikkönä ACN I/O-tuotteissa.

Tehonlähdeyksikkö asennetaan MBPN-asennusalustalle ja se tuottaa väyläohjaimen, ja I/O-yksiköiden tarvitseman +5VDC:n käyttöjännitteen. Tulojännitealue on 23,5–25 VDC. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2023)

IBCN väyläohjain asennetaan MBCN-asennusalustalle. IBCN yhdistää prosessinohjauspalvelimeen Ethernet-liitynnän kautta ja I/O-yksiköihin asynkronisten sarjaväylien kautta. Väyläohjain voi ohjata enintään 16 I/O-yksikköä. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2024)

Kuvassa 14 on esitetty I/O-yksiköiden asennusalustat ja kiertokytkimet. I/O-kortit asennetaan MB2N-asennusalustalle, johon mahtuu kaksi I/O-korttia, tai MB8N-asennusalustalle, johon mahtuu kahdeksan I/O-korttia. Asennusalustan pohjassa olevalla S1-kiertokytkimellä valitaan I/O-yksiköiden korttipaikkojen osoitteet. Vasemmalla puolella lähimpänä väyläyksikköä olevan asennusalustan kiertokytkin valitaan osoitteeseen kaksi ja muiden korttipaikkojen osoite kasvaa oikealle siirryttäessä aina yhdellä edellisestä paikasta. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2024)

Kuva 14. ACN I/O -korttien konfigurointi. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2024)



Kuvassa 15 on esitetty liittinyksikkö kiinnitettynä I/O-yksikön asennusalustaan.

Liittinyksiköitä on kahta mallia. FCR-yksikköön johtimet kiinnitetään ruuviliitoksella ja FCS-yksikössä on jousipuristusliitos johtimelle. Yhdessä liittinyksikössä on kahden kortin liitännät eli kahta korttia varten asennetaan yksi liittinyksikkö. Ensimmäinen I/O-kanava kytketään liittinyksikön numeroihin 1 ja 2, toinen I/O-kanava kytketään numeroihin 3 ja 4 jne. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2024)

Kuva 15. FCS-liittinyksikkö. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2024)



I/O-korteista on tämän opinnäytetyön osalta käytössä mallit DI8P, DO8P, AI8C ja AO8C. Kortit kiinnitetään pikakiinnityksellä asennusalustaan.

DI8P on kahdeksankanavainen digitaalituloyksikkö, jota käytetään kosketintietojen, kaksijohdinkytkentäisten lähestymiskytkinten tai PNP-tyyppisten kytkinten lukemiseen. Yksikkö sisältää kanavakohtaisen virtarajoitetun 40 milliampeerin jännitesyötön. Syöttö voi olla väliltä 18–32 VDC. (Valmet Oyj, sisäinen tekninen ohje, n.d.)

DO8P on kahdeksankanavainen digitaalilähtöyksikkö, joka sisältää kanavakohtaisen virtarajoitetun jännitesyötön. Yksikön jokaisella kanavalla on mekaanisella releellä toteutettu normaalisti auki oleva kytkin. Lähdöllä voidaan ohjata merkkilamppuja, magneettiventtileitä tai välireleiden kautta useita teollisuuden laitteita. (Valmet Oyj, sisäinen tekninen ohje, n.d.)

AI8C on kahdeksankanavainen analogiatuloyksikkö, jota käytetään analogisten virtaviestien mittaamiseen. Yksikössä on käytettävissä skaala 0–20 mA. Yksiköissä on valvonta kenttäpiirin oikosululle sekä mittausalueen ylitykselle ja alitukselle. Mittausalue valitaan ja normalisoidaan ohjelmallisesti. Korttimallin neljä ensimmäistä kanavaa ovat aina jännitteen kenttälaitteelle syöttäviä aktiivisia kanavia ja neljä viimeistä kanavaa voidaan konfiguroida kortin takaosasta, joko kentälle syöttäväksi aktiiviseksi tai ulkoisesti muualta jännitesyötön ottavaksi passiiviseksi kanavaksi. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2023)

AO8C on kahdeksankanavainen analogialähtöyksikkö, joka antaa virtaviestejä eri toimilaitteille väliltä 0–20 mA. Yksikkö valvoo kenttäpiirin katkosta ja oikosulkua. AO8C voidaan konfiguroida toimimaan nelikanavaisena AO4C korttimallina, joka on vielä yleisesti käytössä teollisuudessa. Konfigurointi tehdään kortin pohjassa olevalla SW1 vaihtokytkimellä. AO8C-korttia voidaan näin käyttää varaosana myös laitteistoissa, joissa on käytössä AO4C kortti. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2024)

5 Sähkö- ja automaatio suunnittelu

5.1 Komponenttien valinnat

Ensimmäisessä vaiheessa käytiin läpi tiedossa jo olleet tarvittavat muutokset ja lisäykset sekä kerättiin lähtötiedot, jotta tarvittavat komponentit voitaisiin valita. Operoinnin kannalta huonossa paikassa olevat syöttö- ja pesuvesisäiliön tyhjennysventtiilit vaihdetaan

järjestelmästä ohjattaviksi venttiileiksi. Tämän lisäksi konsentraattisäiliön pinnanmittaus lisätään järjestelmään, jotta sitä voidaan käyttää pysäytys- ja lukitusehtona suodatussekvenssissä. Myös suunnitteluun tarvittava dokumentaatio tehtiin tässä vaiheessa. Tarvittavat tiedot listattiin Excel-tiedostoon. Ensisijaisesti tarvittavia tietoja ovat Valmet DNA prosessiasema, I/O-listaus, toimintakuvaus, sekvenssikaavio ja laitetiedot.

Seuraavassa vaiheessa valittiin tarvittavat komponentit. Vanhalle Siemens OP37 operointipaneelille valikoitui sopivaksi vaihtoehdoksi kuvan 16 Beckhoff CP2224-0020 operointipaneeli, joka on 24 tuuman kosketusnäyttö sisältäen teollisuus pc:n. (Beckhoff Automation, 2025)

Pastakeittiön toinen operointiasema on toteutettu vastaavalla tavalla, joten yhdenmukaisuus oli merkitsevin asia operointiaseman toteutuksen valinnassa. Yhdenmukaisuus on etu myös varaosien kannalta ajateltuna. Ultrasuodatusjärjestelmää voidaan tarvittaessa operoida molemmilta pastakeittiön operointiasemilta. Operointipaneeli konfiguroidaan Valmet DNA operointiasemaksi.

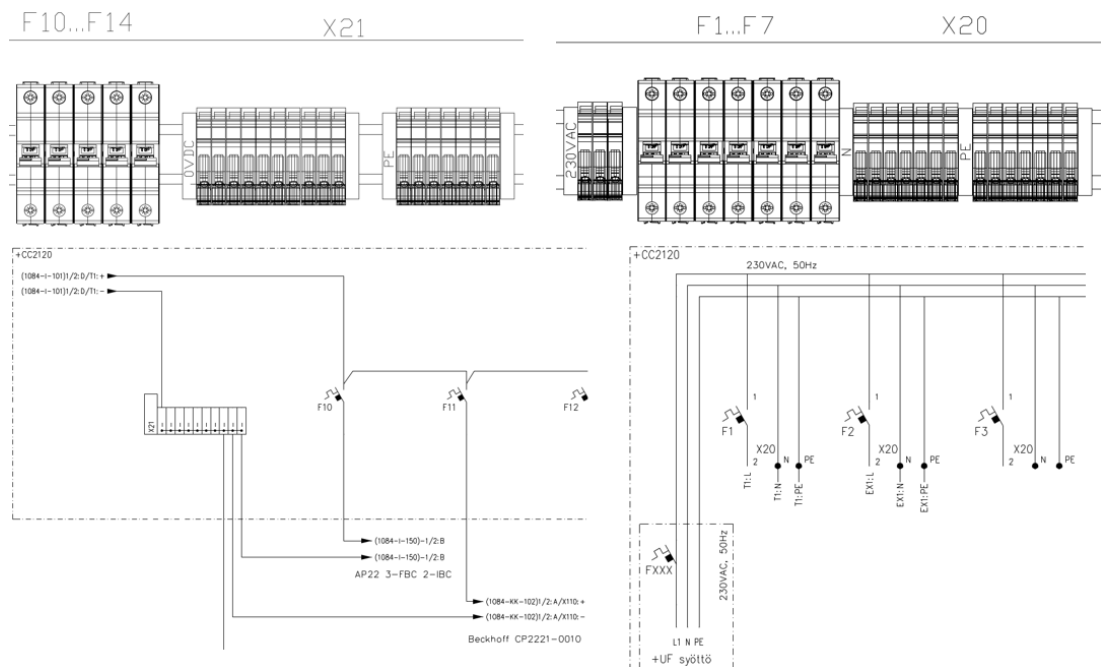
Kuva 16. Beckhoff CP2224-0020 operointipaneeli teollisuus PC:llä. (Beckhoff Automation, 2025)



Ultrasuodatusjärjestelmän ohjauskeskuksen uusittavien komponenttien suunnittelussa ajatuksena oli säilyttää alkuperäinen komponenttien sijoittelu. Kenttälaitteiden riviliittimiä ei ole tarve päivittää, vaikka kytkennät uusitaankin. Jännitteiden jako on alun perin toteutettu vanhalla riviliitinmallilla, jossa lasiputkisulake on asetettu riviliittimen sisään. Nämä riviliittimet korvataan sekä tasajännitteen 24VDC, että vaihtojännitteen 230VAC osalta johdonsuojakatkaisijoilla ja erillisellä riviliitinryhmällä miinuspotentialille, nolalle ja

maadoitukselle. Kuvassa 17 on esitetty ylempänä leikkaukset laitteiston kytkentäkotelon laitesijoittelukaaviosta riviliitinten osalta sekä alempana osat vastaavista jännitteenjako piirikaavioista.

Kuva 17. Uusi jännitteenjako.



Valmet DNA:n laitteiston osalta käyttöön valikoitui ACN IO revisio 2 kehikko, jossa korttipaikat ja kortit ovat samat kuin edellisessä revisio 1:ssä, mutta väyläohjain ja tehonlähdeyksikkö ovat uusinta mallia. Otsikon 4.2 Valmet ACN IO alla olevassa kuvassa numero xxx on esitelty kuva aikaisemmin toteutetusta vastaavasta kokonaisuudesta.

Tietyille analogiasignaaleille, kuten moottorien taajuusmuuttajan 4–20 mA nopeusohjeen virtaviesteille ja virtauksien ja tiheyksien 4–20 mA virtaviesteille lisätään omavoimainen erotin mallia PE Electronics 3185A1, joissa jokaisessa on yksi kanava. Erotin ottaa energiansa tulovirtapiiristä ja erottaa virtaviestin galvaanisesti. (PR electronics, 2025).

Turvareleeksi valikoitui malli Phoenix Contact PSR-SDC4. Turvareleestä ja laitteiston turvallistamisen tarkastelusta lisää luvussa 6.2 Turvapiirin päivittäminen.

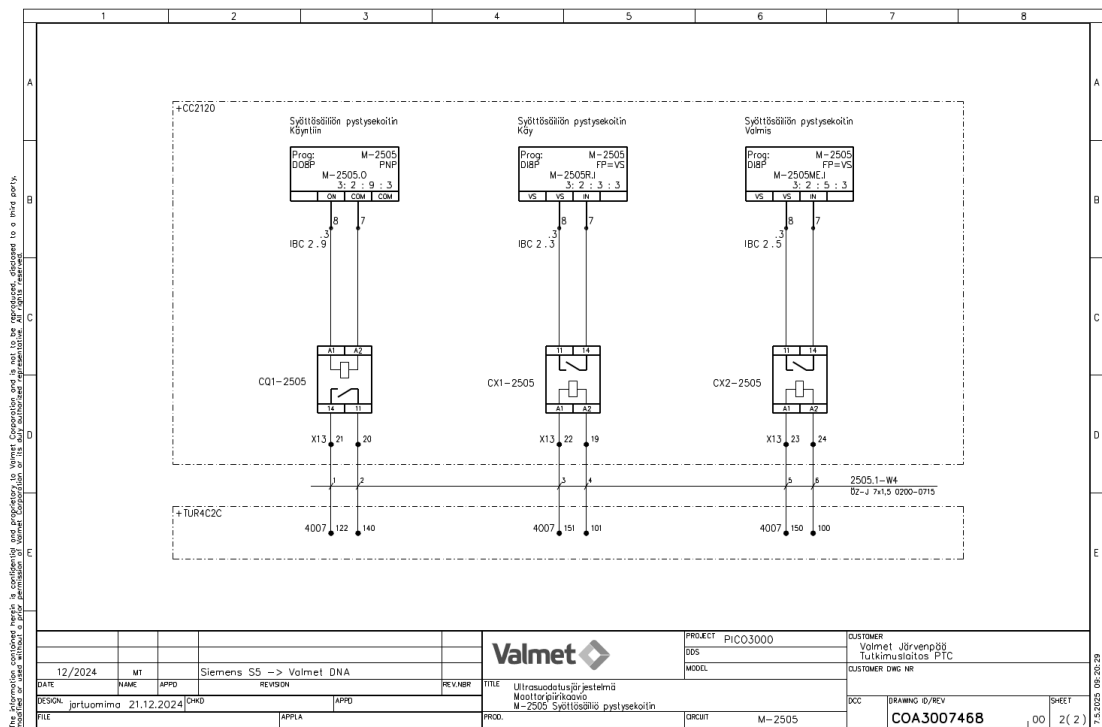
5.2 Piirikaavioiden päivitys

Valmet Technologies käyttää sähkösuunnittelussa Cadmatic Electrical ohjelmistoa. Ultrasuodatusjärjestelmän piirikaavioiden lähtötilanteessa järjestelmän ohjauslaitteiden ja mittausten piirikaaviot on luotu omana projektinaan ja moottoripiirikaaviot omana projektinaan. Käytännössä olemassa on siis vähintään kahden eri suunnittelijan tekemiä piirikaavioita. Moottoripiirikaavioiden osalta on haastavaa, että niitä ei ole olemassa sähköisessä muodossa, koska piirikaaviot on suunniteltu aikana ennen Cadmatic-ohjelmaan siirtymistä ja niitä ei ole edellisistä suunnitteluohjelmistoista siirretty tietokantaan.

Selvitysten jälkeen vanhojen piirikaavioiden löytäminen ja siirtäminen todettiin liian työlääksi verrattuna niiden kokonaan uusiksi piirtämiseen. Näistä syistä kaikki muutettavat ja päivitettävät piirikaaviot suunniteltiin uusiksi niin, että kuviin merkittiin vanhat projektit, mutta ne yhdistetään tulevaisuudessa tietokantaan saman kansion alle. Näin alkuperäiset kuvanumerot säilyvät, mutta kaikki ultrasuodatusjärjestelmään liittyvät piirit löytyvät helpommin. Varsinainen kuvien siirtäminen tietokantaan tehdään vasta laitteiston käyttöönoton jälkeen.

Piirikaavioita suunniteltiin uusiksi yhteensä 45 kappaletta. Moottoripiirien olemassa olevia ohjausreleitä käytetään hyödyksi suunnittelemalla piirit releiden ohjauksien osalta uusiksi. Kuvassa 18 on esitetty syöttösäiliön pystysekoittajan moottoripiirikaavion välilehti 1.

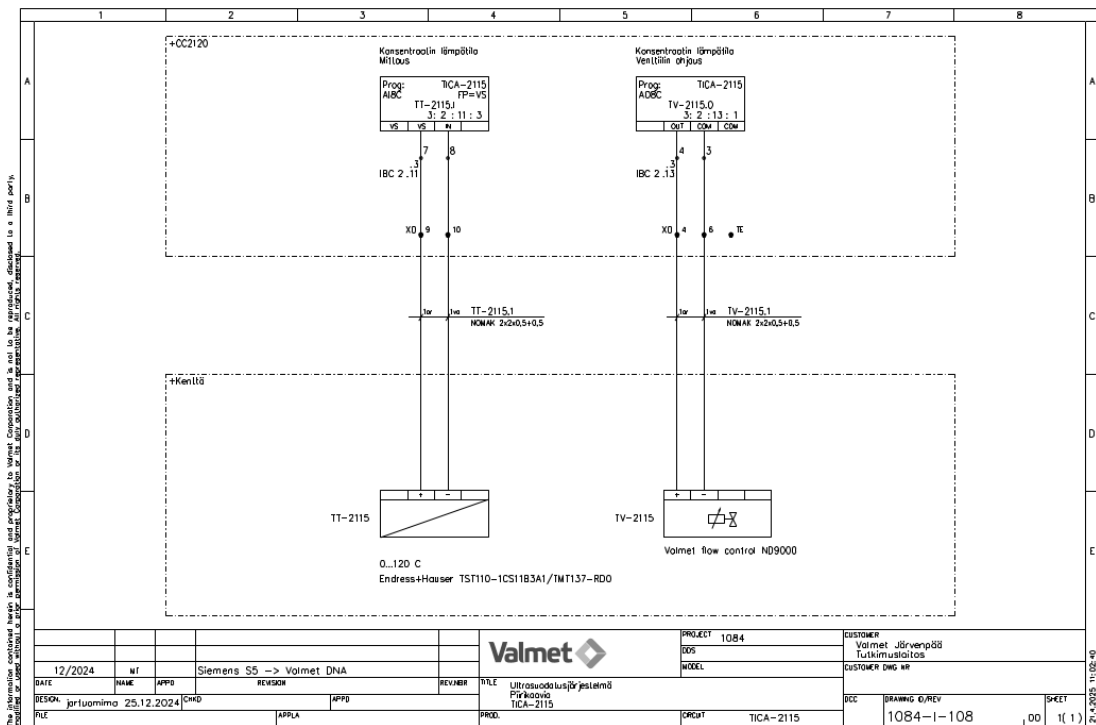
Kuva 19. Syöttösäiliön pystysekoittimen moottoripiirikaavio välilehti 2/2.



Laitteiston kahden pumpun ohjaus on toteutettu taajuusmuuttajaohjauksella, sekä ultrasuodattimen moottori pehmokäynnistimellä. Taajuusmuuttajaohjatuissa moottoreissa turvakytkimen asentotieto sekä taajuusmuuttajan häiriö- ja käyntitieto tuodaan erillisenä tietona automaatiojärjestelmään. Näistä turvakytkimen asentotieto lisätään automaatiojärjestelmään tämän opinnäytetyön yhteydessä. Moottoripiirien riviliittimet jaetaan jännitetasojen mukaan omiin riviliitinryhmiinsä. Moottori- ja piirikaavioiden osalta suunnittelu oli varsin monipuolista johtuen lisäyksistä ja puutteellisista alkuperäisistä piirikaavioista. Kytkenneiden selvittäminen oli aikaa vievää, koska kaikki edellä mainituista systeimeistä jokaisen piirin kytkennät oli varmistettava piirin jokaisen johtimen osalta.

Ultrasuodatusjärjestelmän kentälaitteiden, kuten prosessimittausten ja ohjattavien laitteiden, kuten venttiilien piirikaavioissa säilytettiin alkuperäinen suunnittelutyylit ja piirikaavioihin merkittiin myös kentälaitteiden laitemallit. Lähes kaikki kentälaitteet ovat vanhoja, mutta hyvin toimivia. Niille selvitettiin korvaavat laitetypit valmiiksi tulevaisuutta varten, mutta varsinaisen laitteiden päivittäminen jää pois tämän opinnäytetyön sisällöstä. Kuvassa 20 on esitelty konsentraatin lämpötilan mittauksen ja säätöventtiilin ohjauksen piirikaavio.

Kuva 20. Piirikaavio. Konsentraatin lämpötilan mittaus ja säätöventtiin ohjaus.

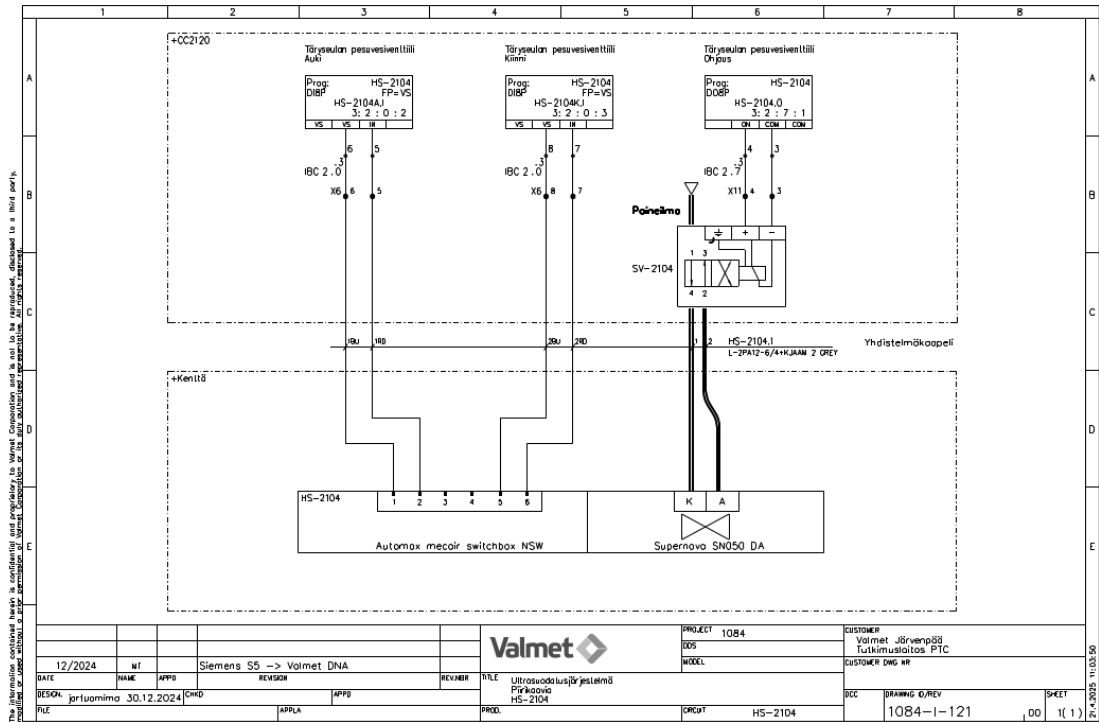


Kentälaitteiden eri jännitetasoille varattiin ultrasuodattimen keskukselta omat riviliitinryhmät. Suunnittelun pohjana käytettiin riviliitintaulukkoa, johon merkattiin ultrasuodatusjärjestelmän kenttäkeskuksen sisäinen kytkentä ja keskukselta käyttökohteeseen lähtevä kytkentä. Siemens S5 ohjelmoitavan logiikan tulokorteille tulee digitaalisignaalin osalta vain kentälaitteen koskettimilta tuleva signaali, eli riviliitinryhmille on tuotu erillinen tasajännite 24VCD, joka jaetaan monelle eri laitteelle. Tasajännite syötetään laitteille, joiden koskettimet vaihtavat tilaa tietyillä ehdoilla ja ohjaavat tasajännitteen logiikan tulokortille. Jokaiselle tulokortille on tuotu myös oma miinuspotentiaali. Riviliittimiä on siis käytetty 24VDC tasajännitteen syöttöön. Valmet DNA ACN I/O-kehikon I/O-korteilla on tästä poiketen kaksijohdinkytkentä, jossa jokaisella kortin lähdöllä on myös oma miinuspotentiaali, joka viedään kentälaitteelle asti. Tämän vuoksi ylimääräiseksi jääneet riviliitinryhmien jännitteenjakoon liittyvät kytkennät voitiin poistaa ja riviliitinryhmistä vapautui näin tilaa uusille kytkennöille.

Laitteiston venttiiliohjausten kaapelit vaihdetaan yhdistelmäkaapeliin malliltaan L-2PA12-6/4+KJAAM 2 GREY, jossa samassa kaapelissa on yhdistettynä 6 mm paineilmaputket venttiilien liikkeenohjauksiin sekä johtimet venttiilien tilatietojen johdotuksiin I/O-korteille. Tämä vähentää laitteistossa kulkevien erillisten kaapelien määrää. Kuvassa 21 on esitetty

tärysihdin pesuvesiventtiilin valmis piirikaavio. On/off-venttiilien piirikaaviot ovat kaikki hyvin samanlaisia

Kuva 21. Tärysihdin pesuvesiventtiilin piirikaavio.



5.3 Sovellusohjelmointi

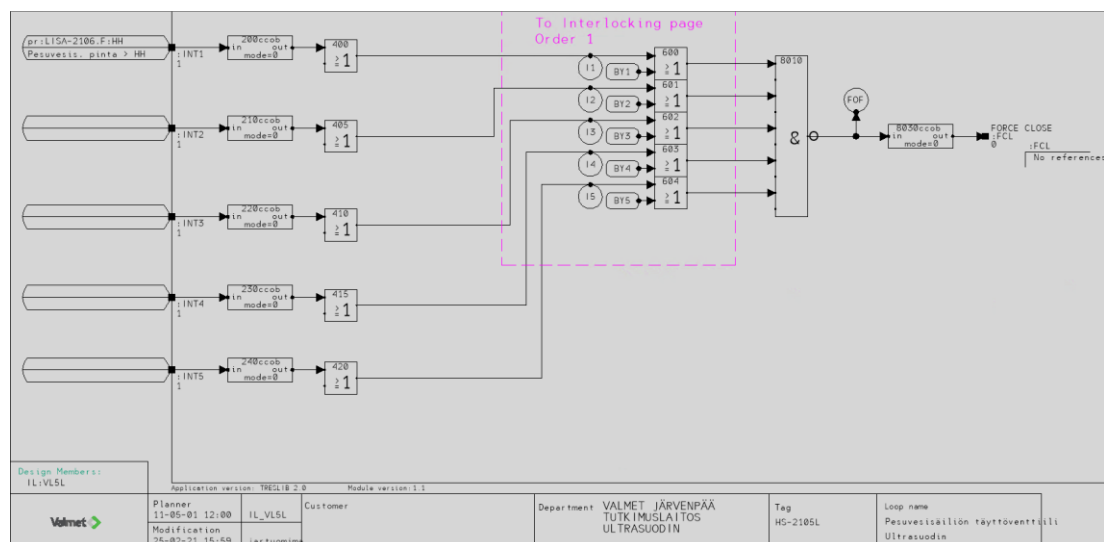
5.3.1 Sovellusohjelmoinnin toteutus ja valinnat

Sovellusohjelmointi aloitettiin tekemällä ensimmäisenä operointinäytöt, jotta kokonaisuutta on helpompi ymmärtää. Sovellusohjelmoinnin apuna käytettiin I/O listausta, lukituskaaviota, laitteiston sijoittelukuvia ja työn ohessa operaattorien kanssa käytyjä keskusteluja. Varsinaisia operointinäyttöjä on kaksi kappaletta, joista ensimmäisessä on näkyvissä koko prosessi ja toisessa on kuvattu tarkemmin ainoastaan ultrasuodatin ja sen toimintaan liittyvät laitteet.

Varsinaisen ohjelmakoodin osalta tutkittiin yksinkertaisinta tapaa tehdä sovellus. Nopeasti yksinkertaisimmaksi toimivaksi kokonaisuudeksi valikoitui sekvenssimuotoinen toteutustapa. Jokaiselle laitteelle on kuitenkin luotava Function Block CAD -moduuli, koska niihin konfiguroidaan laitteen sisäiset toiminnallisuudet.

Jokaiselle laitteelle ja toiminnolle luotiin oma Function Block CAD -päämoduuli ja tämän lisäksi tietyissä sovelluksissa mallipohjien yhteydessä, kuten venttiiliohjauksissa tarvittavat lapsimoduulit eli L-moduulit. Moduulien nimet tulevat englannin kielen sanoista parent ja child. Valmet DNA -järjestelmässä on mahdollista käyttää eri sovellustyypeille suunniteltuja valmiita mallipohjia, englanniksi template. Mallipohjiin konfiguroidaan tarvittavat perustiedot, kuten sovellustagit, I/O-osoitteet, korttityypit, säätimien arvot sekä operointi- ja hälytysasema. Mallipohjan kytkentäalueella on valmiina peruskytkennät, joita voi tarvittaessa muuttaa. Laitteiden L-moduuleihin konfiguroitiin jokaisen laitteen lukitukset lukituslistan mukaisesti. Kuvassa 22 on esitetty pesuvesisäiliön täyttöventtiilin HS-2105 L-moduulista lukituslogiikka ja rajapintaportti :FCL, jota luetaan päämoduulissa. Pesuvesisäiliön pinnankorkeuden ylempi yläraja HH pakko-ohjaa syöttöventtiiliin kiinni. Lukitus poistuu, jos pinnankorkeus laskee rajan alapuolelle.

Kuva 22. L-moduulin lukitukset.



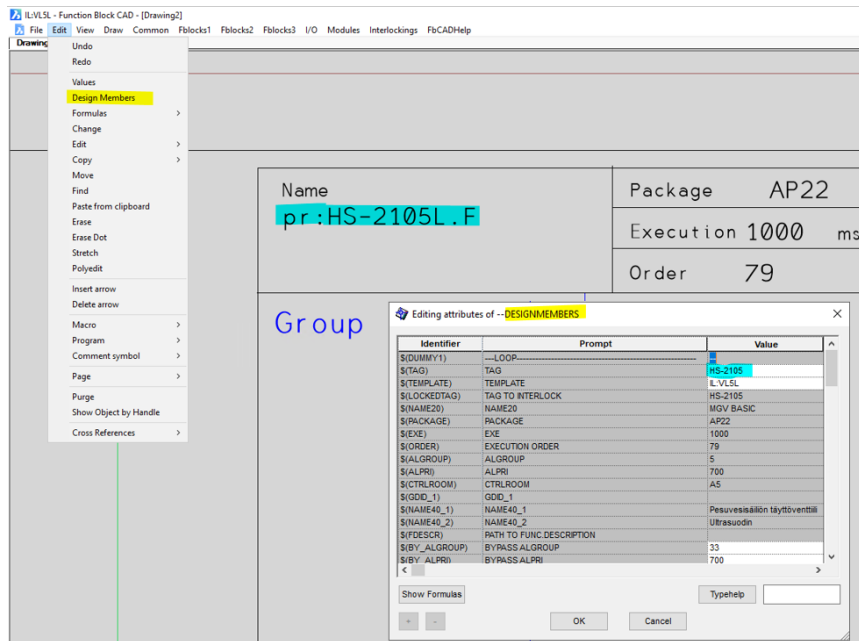
Kuvassa 23 on esitetty ylempänä kiinni/auki-venttiilin ohjauksen mallipohjat ja alempana valmiit pesuvesisäiliön täyttöventtiilin suunnitteluoliot DNA Explorerin prosessialuejäsentelijän olioalueella. Vihreät pienet nuolet kuvaavat pää- ja L-moduulin yhteyttä. L-moduulin mallipohja on kuvassa IL: etuliitteellä.

Kuva 23. Päämoduuli ja L-moduuli prosessialuejäsentelijän olioalueella.

V22	MGV VALVE	Function Block Diagram	1 OR 2 OUTPUTS, 0 TO 2 INPUTS
IL_VLSL	MGV child IL loop	Function Block Diagram	
HS-2105	Pesuvesisäiliön täyttöventtiili	Function Block Diagram	Ultrasuodin
HS-2105L	Pesuvesisäiliön täyttöventtiili	Function Block Diagram	Ultrasuodin

Konfiguroitaessa L-moduulia Function Block Cad ohjelmassa, sille annetaan kuvan 24 mukaisesti sama moduulin nimi kuin päämoduulille, jolloin ohjelma automaattisesti lisää moduulin nimen perään L-kirjaimen ja tunnistaa moduulin osaksi päämoduulia, jolloin myös prosessiasema, moduulin suoritusjärjestys, operointiasema sekä nimet päivittyvät automaattisesti. L-moduulin konfigurointi, kuten myös päämoduulin konfigurointi tapahtuu Function Block CAD-ohjelmassa Edit-valikon kautta löytyvästä Design Members valikosta.

Kuva 24. Moduulien nimeäminen.

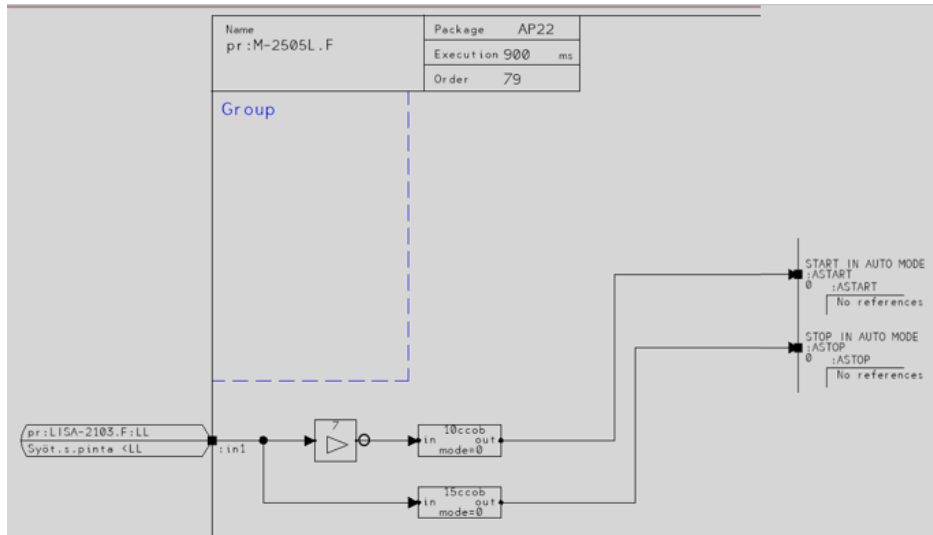


Syöttösäiliön täyttö on ainoa sovelluksen osa, jota ei tehty sekvenssillä. Se perustuu eri laitteiden L-piireihin tehtyihin toimilohkokaavioihin ja lukituksiin. Täyttö perustuu operointinäytöltä valittavaan täyttölupaun, syöttösäiliön pinnanmittauksen rajoihin, jäteveden tiheyden rajoihin, jätevesialtaan pumpun käyntitietoon, syöttösäiliön, pohjaventtiilin kiinnitietoon sekä laitteiden automaattiohjaukseen.

Ohjelmat rakennettiin syöttösäiliön täyttöön liittyvien laitteiden L-moduuleihin niin, että mikäli lukitusehdot ovat kunnossa ja syöttösäiliön täyttö on valittuna, ohjataan tärysihdille jäteveden ohjaava venttiili auki, jolloin jätevesialtaan vesi pumpataan syöttösäiliöön. Samalla syöttösäiliön venttiilin auki-ajan signaali ohjaa tärysihdin moottorin päälle. Tärysihdin L-moduuliin tehtiin 30 sekunnin viive pysäytykselle siitä hetkestä, kun syöttöventtiilin kiinnirajatieto siirtyi järjestelmään. Tärysihti ehtii näin tyhjentyä ennen pysähtymistään.

Syöttösäiliön pinnan noustessa raja-arvonsa yli, käynnistyy syöttösäiliön sekoitin. Kuvassa 25 on esitetty syöttösäiliön sekoittimen L-moduuliin tehty toimilohkokaavio, joka ohjaa syöttösäiliön sekoitinta käyntiin ja pysähdyksiin.

Kuva 25. Syöttösäiliön sekoittimen ohjaus.



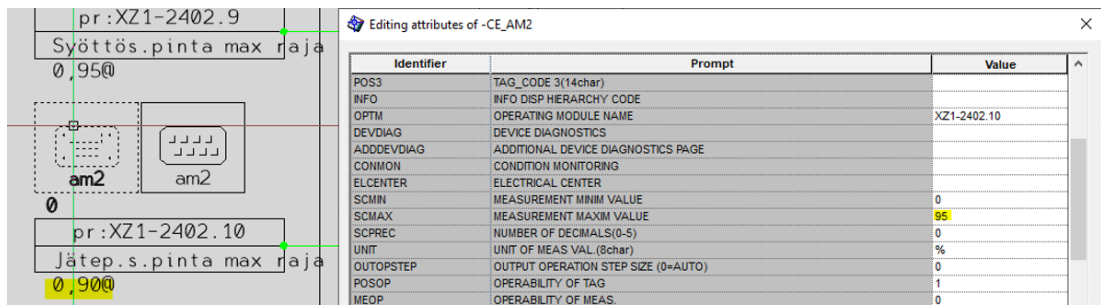
Sekvenssien osalta päädyttiin valitsemaan kolmen eri sekvenssin toteutus.

Suodatussekvenssi, huuhtelusekvenssi ja pesusekvenssi. Sekvenssien ohjelmoinnin perustana käytettiin toimintakuvausta sekä sekvenssikaaviota. Laitteistosta oli olemassa kolme eri toimintakuvausta ja kaksi eri sekvenssikaaviota, jotka poikkesivat toisistaan ja joista mikään ei ollut muokkaamatta käyttöön soveltuva, vaan oli tehtävä uudet versiot näistä.

Jokaiselle sekvenssille tehtiin oma valintanäyttö, joista voidaan valita ennen sekvenssien käynnistämistä alkuarvot ja rajat. Vaikka osa rajoista on muutettavissa operointinäyttöiltä, niille on asetettu minimi- ja maksimiraja, joita ei voi muuttaa. Esimerkiksi jätepastasäiliön pinnan suodatussekvenssin pysäyttävää raja-arvoa voi nostaa enintään arvoon 95 %, jotta säiliötä ei koskaan ajeta täysin täyteen.

Valintanäyttöjen aseteltaville parametreille tehtiin oma erillinen Function Block CAD - moduuli, johon kerättiin kaikki ne muuttujat, joita käytetään valintanäyttöillä. Kuvassa 26 on esitetty jätepastasäiliön ylin aseteltava raja 95 % ja alkuarvo 90 %. Alkuarvo otetaan käyttöön esimerkiksi ladattaessa moduuli ajoympäristöön tai prosessiaseman käynnistyessä uudestaan. Oikeat alkuarvot varmistetaan käyttöönoton yhteydessä.

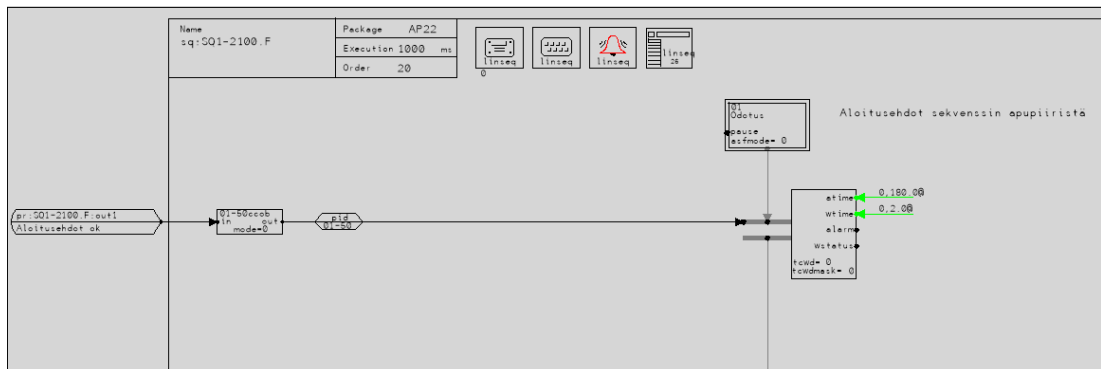
Kuva 26. Jätepastasäiliön pinnanmittauksen raja-arvo ja alkuarvo.



Identifier	Prompt	Value
PO33	TAG_CODE 3(14char)	
INFO	INFO DISP HIERARCHY CODE	
OPTM	OPERATING MODULE NAME	XZ1-2402.10
DEVDIAG	DEVICE DIAGNOSTICS	
ADDDEVDIAG	ADDITIONAL DEVICE DIAGNOSTICS PAGE	
COMMON	CONDITION MONITORING	
ELCENTER	ELECTRICAL CENTER	
SCMIN	MEASUREMENT MINIM VALUE	0
SCMAX	MEASUREMENT MAXIM VALUE	95
SCPREC	NUMBER OF DECIMALS(0-5)	0
UNIT	UNIT OF MEAS VAL.(8char)	%
OUTOPSTEP	OUTPUT OPERATION STEP SIZE (0=AUTO)	0
POSOP	OPERABILITY OF TAG	1
MEOP	OPERABILITY OF MEAS.	0

Perusrakenne kaikissa kolmessa sekvenssissä on sama. Pesuvesisäiliö täytetään vedellä ja järjestelmä ajetaan ylös vettä käyttäen. Sekvenssit käynnistetään operointinäytöltä ja ensimmäisessä vaiheessa tarkistetaan aloitusehdot ensimmäisen askeleen ehto-osassa kuvan 27 mukaisesti. Kaikille kolmelle sekvenssille tehtiin oma erillinen Function Block CAD -moduuli sekvenssin aputoimintoja varten. Apumoduuleihin tehtiin aloitusehdot ja hyyt sekvenssien sisällä, jotta varsinaiset sekvenssikaaviot pysyisivät mahdollisimman siisteinä.

Kuva 27. Sekvenssien aloitusehdot.



Jokaisen sekvenssin toisessa askeleessa sekvenssin toimintaan liittyvät laitteet asetetaan automaattitilaan, jotta niiden ohjaus automaattisesti sekvenssien kautta toimisi. Jokaisen sekvenssin kolmannessa askeleessa laitteet asetetaan aloitustilan vaatimiin asentoihin ja tiloihin. Seuraavassa kahdessa askeleessa pesuvesisäiliö täytetään vedellä ja linja pesuvesisäiliöstä syöttöpumpulle avataan jokaisessa sekvenssissä. Tämän jälkeen sekvensseissä on eroja ja niitä käsitellään seuraavissa kappaleissa.

5.3.2 Suodatussekvenssi

Suodatussekvenssi on sekvensseistä monimutkaisin. Kuvassa 28 on esitetty valinnat ennen suodatussekvenssin käynnistämistä. Osa valinnoista, kuten maksimi huuhtelu virtaus on tässä valintaikkunassa vain käyttöönottoa varten ja ne poistetaan käyttöönoton yhteydessä.

Kuva 28. Valinnat ennen suodatussekvenssin käynnistämistä.

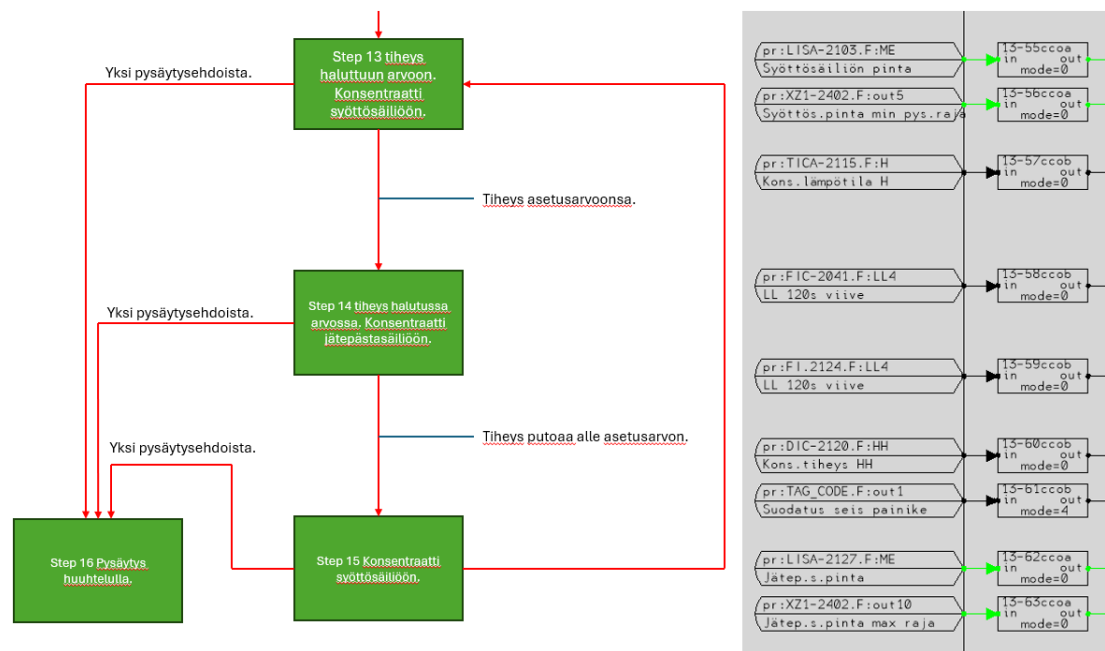
Valinnat ennen suodatuksen käynnistämistä	
Pesuvesisäiliö pinta aloitusraja	000 %
Syöttösäiliön pinta aloitusraja	000 %
Viiveaika suodattimen käynnistämisen jälkeen	000 s
Permeaatti	Kanaaliin
Konsentraatti	Syöttösäiliöön
Maksimi huuhtelu virtaus (tiheyssäädön ohitus)	Pois
Konsentraatin virtaus / tiheys valinta	Virtaus
Syöttöpumpun nopeus alkuarvo sekvenssille	000 %
Huuhtelu-aika suodatuksen jälkeen	000 min
Jätevesialtaan tiheys raja	000 %
Pysäytä suodatus kun syöttösäiliön pinta on alle	000 %
Pysäytä suodatus kun jätepastasäiliön (kössi) pinta on yli	000 %
Paine-ero suodattimen yli alkuarvo sekvenssille	000 bar
Konsentraatin tiheys	0000 kg/dm ³

Alkuaskelten jälkeen askeleessa 6 asetetaan syöttöpumpulle nopeus, avataan valitut linjat konsentraatille ja permeaatille sekä avataan syöttöpumpun ja ultrasuotimen tiivistevesilinjat. Seuraavaksi syöttöpumppu käynnistetään ja konsentraatin virtauksen säätöventtiili avataan asetetun alkuarvon mukaisesti 50 % auki. Tämä ei ole muutettavissa operointinäytöiltä. Paine-eron säätöventtiili asetetaan automaatille ja sen pid-säätimelle annetaan asetusarvo. Kun asetusarvo saavutetaan, käynnistetään ultrasuodin ja konsentraatin virtauksen säätöventtiili asetetaan automaatille sekä annetaan sille asetusarvo operointinäytön valintojen mukaisesti.

Seuraavassa vaiheessa suljetaan pesuvesisäiliön linja syöttöpumpulle ja avataan syöttösäiliön linja samalle pumpulle. Suodatettava jätevesi kiertää nyt syöttösäiliöstä suodattimen kautta syöttösäiliöön ja varsinainen suodatus alkaa.

Suodatus on rakennettu sekvenssiin niin, että ensin syöttösäiliöstä syöttösäiliöön kierto on päällä askeleessa 13, kunnes tiheys asettuu asetusarvoonsa. Sen jälkeen siirrytään askeleeseen 14, jossa jätevesi ohjataan konsentraattisäiliöön. Mikäli asetusarvo laskee kesken suodatuksen, siirrytään askeleeseen 15, jossa jätevesi ohjataan taas syöttösäiliöön ja hypätään askeleeseen 13 odottamaan tiheyden asettumista takaisin asetusarvoonsa. Koska permeaattia ohjataan jatkuvasti suodattimelta kanaaliin, nousee jäteveden tiheys laitteiston kierrossa hieman tässäkin tilanteessa. Kaikista varsinaiseen suodatuksen liittyvistä askeleista on tehty häiriötilanteen hyppyt kuvan 29 mukaisesti. Jos yksikin häiriöehdoista muuttuu aktiiviseksi, hypätään ohjelmassa askeleeseen 16, jossa suodatussekvenssi lopetetaan huuhteluun. Kuvassa on esitetty sekvenssikaavio näistä kolmesta askeleesta ja sekvenssin pysäyttämiseen johtavat häiriötilat.

Kuva 29. Suodatussekvenssin suodatusaskeleet.



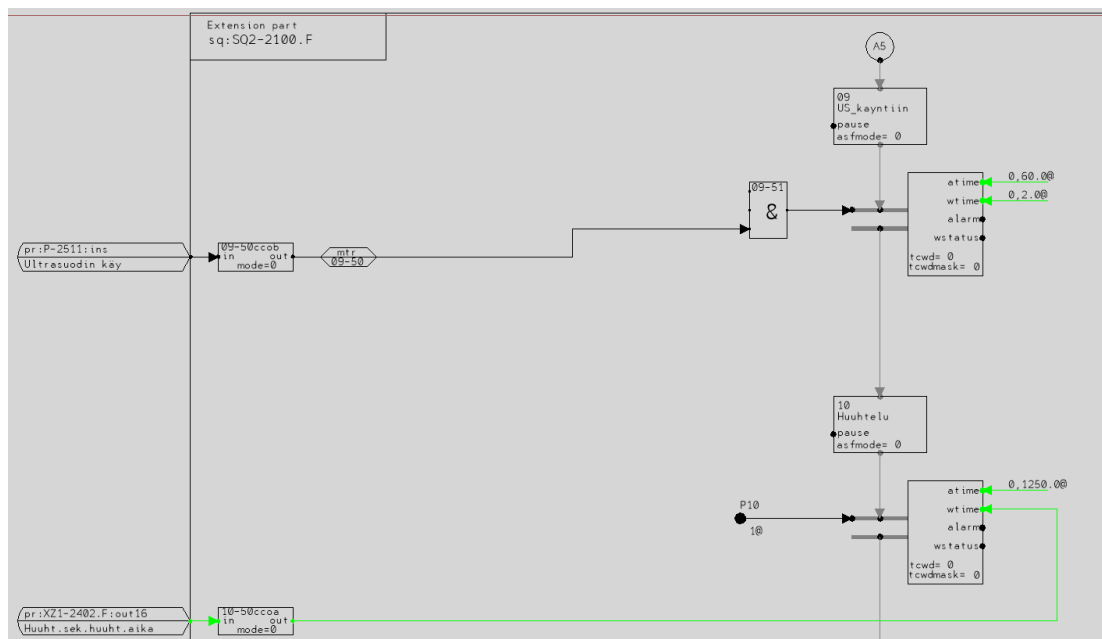
Suodatuksen pysähtyminen ohjataan suodatussekvenssin sisään tehdyllä huuhtelulla, joka on hyvin samankaltainen, kuin erillinen huuhtelusekvenssi. Kuvassa numero 30 on esitetty suodatussekvenssin aikavalvonnan ylityksistä sekvenssin askeleissa aiheutuvat hyppyt.

Kuva 31. Huuhtelusekvenssin valinnat.

Valinnat ennen huuhtelun käynnistämistä	
Permeaatti	Kanaalini
Konsentraatti	Syöttösäiliöön
Maksimi huuhtelu virtaus (tiheyssäädön ohitus)	Pois
Konsentraatin virtaus / tiheys valinta	Virtaus
Syöttöpumpun nopeus alkuarvo sekvenssille	000 %
Huuhtelu aika	000 sekuntia
Paine-ero suodattimen yli alkuarvo sekvenssille	000 bar

Kuvassa 32 on esitetty huuhtelusekvenssin kaksi askelta. Askeleessa 9 ohjataan ultrasuodin käyntiin ja huuhteluaikaa valvotaan askeleessa 10. Kuvassa on näkyvissä vain sekvenssin valvontaehtojen puoli. Asetetun huuhteluajan jälkeen ultrasuodin pysäytetään askeleessa numero 12 ja tämän jälkeen kaikki ohjatut laitteet ohjataan seis tai kiinni tiloihin ja jätetään automaattitilaan.

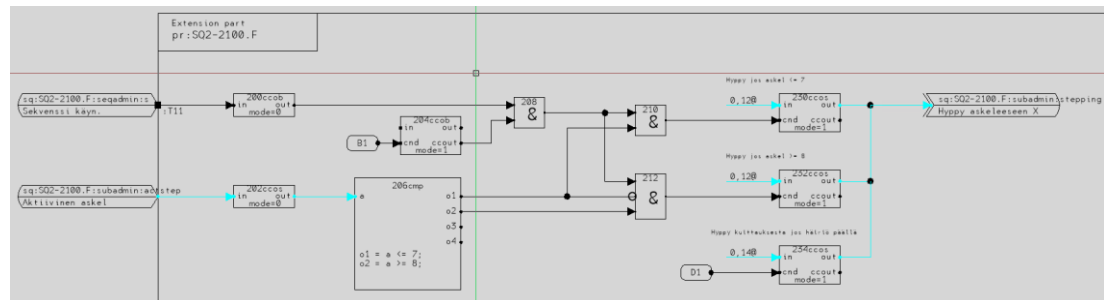
Kuva 32. Huuhtelusekvenssin askeleet 9 ja 10.



Huuhtelusekvenssin häiriötilanteessa tapahtuu hyppy askeleeseen numero 12, jossa laitteisto pysäytetään ja sekvenssi loppuu. Huuhtelu on tässä tapauksessa käynnistettävä uudestaan. Kuvassa 33 on esitetty sekvenssin apupiiriin pr:SQ2-2100.F tehty toimilohkokaavio sekvenssin hyppytoiminnolle. Seqadmin rajapintaportin :s luetaan, onko

sekvenssi käynnissä vai ei. Jos sekvenssi on käynnissä ja sekvenssissä tulee häiriötieto, eli sekvenssin aikavalvonta ylitetään, hypätään askeleeseen numero 12. Actstep kertoo sekvenssin aktiivisen askeleen ja se on kytketty kopiointilohkon 202ccos kautta vertailulohkolle 206cmp, jolla voidaan valita hyppy sekvenssin eri vaiheista eri kohtaan sekvenssissä. Huuhtelusekvenssissä tähän ei ole prosessin puolesta tarvetta, vaan hyppy on aina samaan askeleeseen, joka pysäyttää laitteiston sekä sekvenssin.

Kuva 33. Huuhtelusekvenssin hyppy.



5.3.4 Pesusekvenssi

Pesusekvenssi on huuhtelusekvenssin lähes kaltainen sekvenssi askeleeseen 10 asti. Erona on, että konsentraatti- ja permeaattilinjan ohjataan kanaaliin ilman valintoja. Askeleessa kymmenen pesuainepumppu käynnistetään ja askeleessa 11 suodattimeen annostellaan pesuaine. Annostelu perustuu valmiiksi sekoitettuun pesuaine-erään pienessä pesuainesäiliössä, josta se pumpataan suodattimelle ja ultrasuodatinlaitteiston linjoihin. Pesusekvenssin valinnat on esitetty kuvassa 34.

Kuva 34. Valinnat ennen pesusekvenssin käynnistämistä.

Valinnat ennen pesun käynnistämistä	
Tauko pesuaineen annostelun jälkeen	<input type="button" value="Ei käytössä"/>
Tauko aika pesuaineen annostelun jälkeen	<input type="text" value="000"/> min
Pesuaineen annostelu aika	<input type="text" value="000"/> min
Pesuainepumpun nopeus	<input type="text" value="000"/> %
Huuhtelu aika annostelutauon jälkeen	<input type="text" value="000"/> min
<hr/>	
Maksimi huuhtelu virtaus (tiheys säädön ohitus)	<input type="button" value="Pois"/>
Syöttöpumpun nopeus alkuarvo sekvenssille	<input type="text" value="000"/> %

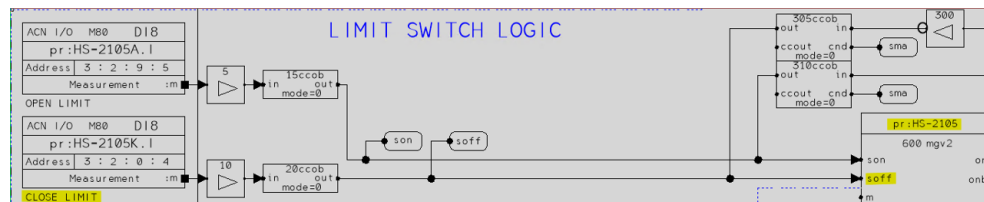
Jos tauko pesuaineen annostelun jälkeen on valittuna, pysäytetään ultrasuodin ja siirrytään askeleeseen 13, jossa muutkin laitteiston osat pysäytetään ja suljetaan. Pesuaineen annetaan vaikuttaa haluttu aika. Seuraavaksi laitteisto ajetaan taas ylös ja huuhdellaan laitteistoa huuhtelu aika annostelutauon jälkeen kohtaan asetetun ajan verran. Tämän jälkeen laitteisto pysäytetään ja sekvenssi päättyy.

Mikäli tauko aikaa pesuaineen annostelun jälkeen ei ole valittuna, hypätään sekvenssissä suoraan askeleesta 12 loppuhuuhteluun ja sen jälkeiseen laitteiston ja sekvenssin pysäytykseen.

5.4 Laitteiden tilatiedot ja mittausdata keruuseen

Laitteiden tilatiedot ja mittausdata valmisteltiin lisättäväksi DNA Historian tietokantaan, joka sijaitsee Valmet DNA infopalvelimella. Data kerätään erillisten muistimakasiinien tiedostojoukkoihin. Venttiilien tilat, pumppujen ja moottorien käyntitiedot sekä analogiamittausten arvot lisätään keruuseen. Kerättävät tietopisteet saadaan kuvan 35 mukaisesti suoraan jokaisen automaatiomodulin halutuista pisteistä, esimerkiksi venttiin **HS-2105** discrete eli digitaalitulo-tyyppinen kiinnirajan signaali saadaan toimintamoduulin **pr:HS-2105.F** sisältä suoraan venttiilitoimilohkon suorasaantiportista: **pr:HS-2105:soff**, johon on kytketty I/O-kortille venttiilitä tuleva kiinnirajatieto.

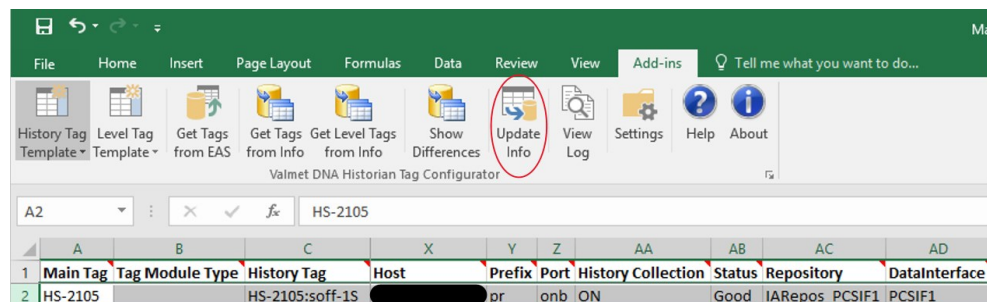
Kuva 35. Kytkeäpisteiden logiikkaa infopalvelimen kannalta.



Tietojen siirtäminen keruuseen tehdään laitteiston käyttöönoton viimeisenä vaiheena Info-palvelimen Excelliin lisättyllä Valmet DNA Historian Tag Configurator työkalulla, jolla pystytään hakemaan ja siirtämään automaatiomodulien sisältä haluttuja muuttujia muistimakasiinien tiedostojoukkoihin. (Valmet Oy, sisäinen tekninen ohje, 2023)

Kuvassa 36 on esitetty työkalun käyttöä. Kuvassa aktiivisena olevan rivin 2 tiedot siirtyvät Update Info kuvaketta painamalla riville konfiguroituun muistimakasiiniin IAREpos_PCSIF1, jossa muuttujien tietoja kerätään tuotantoprosessista yhden sekunnin välein.

Kuva 36. Valmet DNA Historian Tag Configurator.



6 Laitteiston turvallinen pysäyttäminen

6.1 Häätöäpysäytys

Standardi SFS-EN ISO määrittelee häätöäpysäytystoiminnon tarkoituksena torjua henkilöiden käyttäytymisestä tai odottamattomasta vaarallisesta tapahtumasta johtuvat häätöätilanteet. Häätöäpysäytystoiminto käynnistetään yhdellä ihmisen suorittamalla toimenpiteellä. (Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2015. -a)

Häätöäpysäytystoiminnon on oltava helposti käytettävissä ja sen on oltava jatkuvasti toimintakunnossa. Jos häätöäpysäytystoiminto käynnistetään, sen on pysyttävä päällä,

suunnitelma jää vielä auki. Suunnitelmaa jatketaan riskienarvioinnin kautta ja lopullinen suunnitelma tehdään loppuun sen jälkeen.

7 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä tarvittavat dokumentit ja ohjelmakoodi, ultrasuodatusjärjestelmän siirtämiseksi osaksi Valmet DNA automaatiojärjestelmää. Lähtötilanteessa järjestelmää ohjasi Siemens S5 ohjelmoitava logiikka, jonka elinkaari on lopussa ja liitettävyyys muihin järjestelmiin on huono. Tavoitteena oli myös tarkastella laitteiston toiminnallisuutta ja suunnitella haluttuja operointia helpottavia toimintoja. Lisäksi tavoitteena oli tarkastella laitteiston turvallisuutta.

Ultrasuodatuslaitteisto on yksittäinen osa päällystyskoneen jätevesien käsittelyssä ja sen lisääminen samaan järjestelmään pastakeittion muun laitteiston kanssa helpottaa varaosien hankkimista. Lisäksi uuden järjestelmän sovellusohjelmoinnin osajia on enemmän.

Piirikaavioiden osalta tarvittava materiaali saatiin valmiiksi. Haastavinta piirikaavioiden osalta olivat moottoripiirikaaviot, koska ne eivät olleet täysin ajan tasalla. Lähes kaikkien piirien osalta oli käytävä läpi jokaisen johtimen alkuperäinen kytkentä.

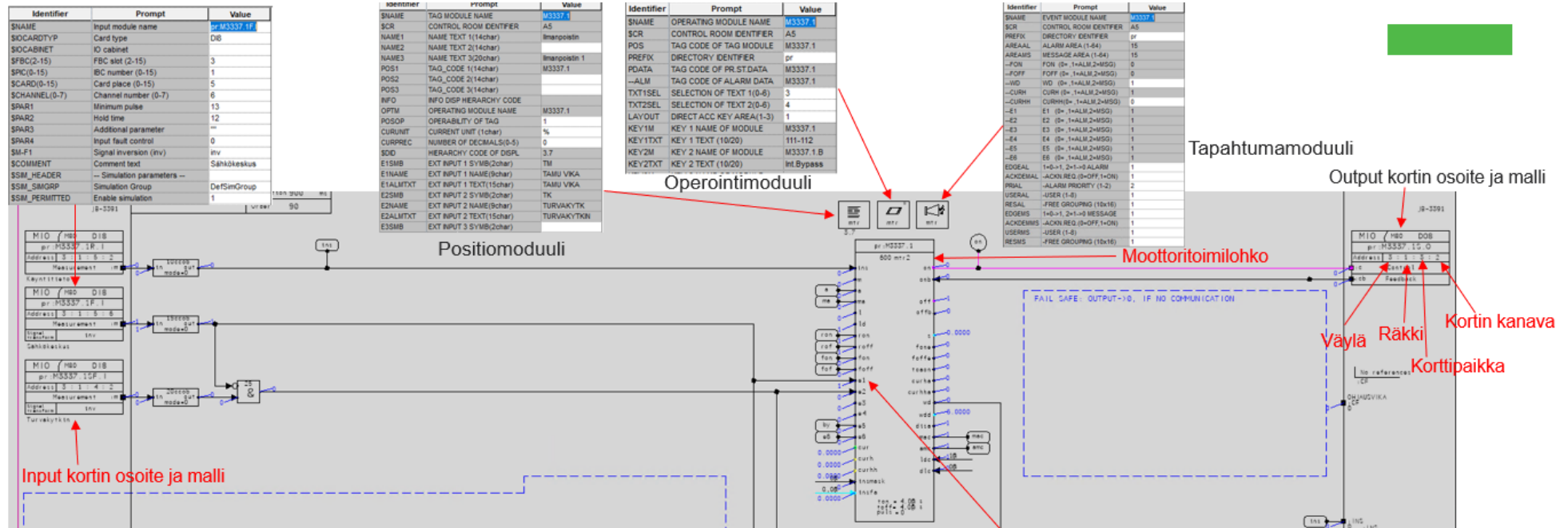
Laitteiston sovellusohjelma saatiin pääosin valmiiksi, mutta ennen käyttöönottoa on varmistettava vielä tiettyjen ultrasuodatusprosessiin liittyvien prosessimuuttujien alkuarvoja. Lisäksi ennen käyttöönottovaihetta on tehtävä vielä ohjelman toiminnallinen testaus, jonka jälkeen projektia on mahdollista jatkaa asennusvaiheen kautta käyttöönottovaiheeseen sekä koulutukseen.

Opinnäytetyöprosessin aikana järjestelmällinen työskentely laitteiston parissa oli tärkeässä roolissa. Oma ymmärrys ultrasuodatusprosessista ja sen tärkeydestä parani huomattavan paljon. Opinnäytetyön toteutusvaiheen ajankäytön hallinta oli selkeästi haastavin asia työn aikana.

Lähteet

- Beckhoff Automation. (2025). *CP22XX-0020 multi-touch built-in panel PC. Product information.*
<https://www.beckhoff.com/nn-no/products/ipc/panel-pcs/cp2xxx-cp3xxx-multi-touch-panel-pcs/cp22xx-0020.html>
- Beckhoff Automation. (2025). *CP22XX-0020 multi-touch built-in panel PC. Product information[kuva].*
<https://www.beckhoff.com/nn-no/products/ipc/panel-pcs/cp2xxx-cp3xxx-multi-touch-panel-pcs/cp22xx-0020.html>
- PR electronics. (2025). *Omavoimainen erotin 3185A1. Tekniset ominaisuudet.*
<https://www.prelectronics.com/fi/tuotteet/erotus/3100/loop-powered-isolator-3185/>
- Siemens AG. (1992). *S5-100U Programmable Controller System Manual CPU 100/102/103.*
https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/1091978/6ES5_998-0UB23.pdf
- Siemens AG. (1992). *S5-100U Programmable Controller System Manual CPU 100/102/103 [kuva].*
https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/1091978/6ES5_998-0UB23.pdf
- Siemens AG. (2003). *Discontinuation of Production: SIMATIC OP37.*
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/14909368/discontinuation-of-production-simatic-op37?dti=0&lc=en-YE>
- Siemens AG. (n.d.). *SIMATIC throughout history.*
<https://www.siemens.com/global/en/company/about/history/specials/60-years-of-simatic.html>
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. (2015. -a). SFS-EN ISO 13850. Koneturvallisuus. Hätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet. 4.1.1.1.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. (2015. -b). SFS-EN ISO 13850. Koneturvallisuus. Hätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet. 4.1.1.2.
- Valmet Oy. (2025). *System architecture.*
<https://www.valmet.com/automation/control-systems/dna/architecture/>
- Valmet Oy. (2025). *System architecture.*
<https://www.valmet.com/automation/control-systems/dna/architecture/>
- Valmet Oy. (2025). *Valmet yrityksenä.*
<https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/>

Liite 1. Function Block CAD- moduulin konfigurointi.



Input kortin osoite ja malli

Operointimoduuli

Positiomoduli

Tapahtumamoduuli

Output kortin osoite ja malli

Mootoritoimilohko

Väylä

Räkki

Kortin kanava

Korttipaikka

Aktiivitala **vihreä**.
 Poikkeustilat **punainen ja violetti**.
 Yleinen huomio **Keltainen taustaväri**.
 Lukitus **sininen**.
 Hälytys **oranssi**



Häiriövalvonta.
 Esim. käynnistystilanne

Hälytys päällä

Aseteltavat hälytysrajat

Operointi-ikkuna

Kytettävät ja parametroitavat häiriötilat

Järjestelmähälytykset

M3337.1 ilmanpoistin 1

Limit alarms	Other states
M higher high	e1 TAMU VIKA
M high	e2 TURVAKYTK
	e3
	e4
	e5 LUK.OHIT
	e6 TURVALUK.
	Running Status

Disturbances: Watchdog No

Faults: Current No, Status No

Lukitukset