
VOIMALAITOKSEN VEDENKÄSITTELYN TÄYSSUOLANPOISTOPROSESSIN AUTOMATISOINTI



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Valkeakoski, 12.11.2011

Petri Niemelä



Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Valkeakoski

Työn nimi Voimalaitoksen vedenkäsittelyn täytsuolanpoistoprosessin automatisointi

Tekijä Petri Niemelä

Ohjaava opettaja Aimo Tikka

Hyväksytty _____ . _____ . 20 _____

Hyväksyjä

VALKEAKOSKI
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

| | | |
|------------------|---|-------------------|
| Tekijä | Petri Niemelä | Vuosi 2011 |
| Työn nimi | Voimalaitoksen vedenkäsittelyn täyssuolanpoistoprosessin automatisointi | |

TIIVISTELMÄ

Tehtävänä oli automatisoida M-real Takon voimalaitoksen täyssuolanpoistoprosessi metsoDNA -automaatiojärjestelmään. Prosessin tarkoituksena on valmistaa täysin suolatonta kattilalisävetä kahdella erillisellä viisivaiheisella ioninvaihtosarjalla. Ennen automatisointia prosessi oli täysin käsi-käyttöinen ja koostui vanhentuneesta tekniikasta.

Työn tavoitteena oli erittäin kustannustehokkaasti toteutettu automatisointiprojekti, käyttäen vapautunutta automaatiolaittekapasiteettia, sisäisiä resursseja ja -ammattitaitoa. Automatisoinnin tavoitteena oli toteuttaa nyky-aikainen, tuotantoa turvaava ja työturvallisuutta parantava prosessi.

Opinnäytetyö sisälsi automatisoinnin esisuunnittelun, toteutusvaiheen järjestelmä-, kenttäinstrumentti-, sähkö-, sovellussuunnittelun, toimintakuvaukset, raportoinnin ja käyttäjäkoulutuksen. Työhön sisältyi myös järjestelmäsennuksia, prosessiasennusten ohjeistuksia, laitekoestukset, prosessin käyttöönotto, -viritys ja -valvonta.

Suunnittelutyön tekijällä oli aikaisemmin hankittu pitkä työkokemus metsoDNA kenttäinstrumentti- ja sovellussuunnittelusta sekä automaatiojärjestelmään liittyvistä ylläpitotoiminnasta prosessiteollisuusympäristössä.

Suunnittelutyön toteutuksessa käytettiin nykyaikaisia tietokantapohjaisia suunnittelumenetelmiä. Suunnittelutyökalujen ja menetelmien tehokas käyttö nopeutti ja varmisti suunnittelutyön laadun. Työ suoritettiin järjestelmällisesti, vaiheittain tehtaan käynnin aikana.

Avainsanat Automaatiojärjestelmät, vesilaitokset, vedenpuhdistus, energiantuotantolaitokset.

Sivut 68 s, + liitteet 99 s.

Valkeakoski
Degree Programme in Automation Engineering

Author Petri Niemelä **Year** 2011

Subject of Bachelor's thesis Automatization of the water treatment demineralization process of a power plant

ABSTRACT

The project target was to automate the M-real Tako power plant demineralization process to metsoDNA automation system. This process is designed to produce salt-free boiler feed water using two separate five-phase ion exchange series. Before the automatization of the process the water treatment process was completely manual.

The objective was a very cost-effective automation project, using the capacity of discharged automation equipment. The objective of the automation project was to design a modern process that would ensure production and work safety.

The thesis included the automation of pre-engineering, system engineering, field instrument engineering, electrical engineering, application engineering, function descriptions, reporting and user training.

The author of the thesis has previously acquired a long experience in the metsoDNA field instrument and software engineering and also automation system maintenance activities in the process industry-conducted.

The project design was carried out using modern database-driven design methods. Efficient use of the design tools and methods accelerated and ensured the quality of the design. The work was carried out systematically, step by step during factory production.

Keywords Automation system, water treatment plant, water purification, power plant.

Pages 68 p + appendices 99 p.

SISÄLLYS

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 1 |
| 2 | PROJEKTIN ESITTELY | 1 |
| 2.1 | Tehdas ja tuotanto | 1 |
| 2.2 | Voimalaitos | 1 |
| 2.3 | Automaatiojärjestelmä ja suunnitteluympäristö..... | 1 |
| 2.4 | Investointihankkeen perustelut..... | 3 |
| 2.4.1 | Tekniikka..... | 3 |
| 2.4.2 | Työturvallisuus | 3 |
| 2.4.3 | Tuotannon varmistus | 3 |
| 2.4.4 | Työvoimakustannukset ja resurssit..... | 3 |
| 3 | TÄYSSUOLANPOISTOPROSESSIN TOIMINTAPERIAATE | 4 |
| 3.1 | Käyttöjakso..... | 4 |
| 3.2 | Elvytysjakso | 5 |
| 3.3 | Ioninvaihtoreaktiot | 6 |
| 4 | ESISUUNNITTELU | 7 |
| 4.1 | Ohjaus- ja säätöperiaatteet | 7 |
| 4.1.1 | Ioninvaihtosarjojen ohjaus- ja säätö | 7 |
| 4.1.2 | Elvytyskemikaalien ja laimennusvesien ohjaus- ja säätö..... | 8 |
| 4.2 | Automatisoitavat laitteet | 10 |
| 4.2.1 | Lämpötilamittaukset | 10 |
| 4.2.2 | Virtausmittaukset..... | 10 |
| 4.2.3 | Painemittaukset..... | 10 |
| 4.2.4 | Pintamittaukset ja -kytkimet..... | 10 |
| 4.2.5 | Sulkuventtiilit | 10 |
| 4.2.6 | Säätöventtiilit..... | 11 |
| 4.2.7 | Pumput..... | 11 |
| 4.3 | Laiteluettelo ja liitynnät | 11 |
| 4.3.1 | Järjestelmäliitynnät..... | 12 |
| 4.3.2 | Kotelointi..... | 12 |
| 4.4 | Kustannusarvio..... | 12 |
| 5 | PERUSSUUNNITTELU | 14 |
| 5.1 | Automaatiomäärittely..... | 14 |
| 5.1.1 | Yksikkömäärittely | 14 |
| 5.1.2 | Positioiden nimeämiskäytäntö..... | 14 |
| 5.1.3 | Instrumenttipositiotunnukset | 16 |
| 5.1.4 | Sähköpositiotunnukset..... | 17 |
| 5.1.5 | Laitemäärittelykset | 18 |
| 5.1.6 | Liitännämäärittelykset | 18 |
| 5.1.7 | Kaapelimäärittelykset | 18 |
| 5.1.8 | Kilpimäärittely..... | 18 |
| 5.1.9 | Asennusmäärittely | 19 |
| 5.1.10 | Kenttäkoteloiden asennus..... | 19 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.1.11 | Kaapelihyllyjen asennus | 19 |
| 5.1.12 | Kaapeleiden asennus | 19 |
| 5.1.13 | Kenttälaitteiden asennus | 19 |
| 5.1.14 | Ristikytkenät | 19 |
| 5.1.15 | Virtaavien aineiden lyhentimet | 19 |
| 5.1.16 | Kaavionäyttöjen määrittely | 20 |
| 5.2 | Piiripositio- ja laitepositioluettelot | 23 |
| 5.3 | Prosessisuunnittelu ja putkisuunnittelu | 23 |
| 5.4 | Prosessikuvaus | 24 |
| 5.4.1 | Täyssuolanpoistolaitteisto | 24 |
| 5.4.2 | Sarjan käynnistys ja pysäytys | 25 |
| 5.4.3 | Suotimen elvytyksen käynnistys | 26 |
| 5.4.4 | Elvytyskemikaalit | 26 |
| 5.5 | Toimintakuvaukset | 28 |
| 6 | JÄRJESTELMÄSUUNNITTELU | 29 |
| 6.1 | Järjestelmäresurssit | 29 |
| 6.2 | I/O-laajennus | 29 |
| 6.3 | Järjestelmädokumentointi | 30 |
| 7 | KENTTÄ- JA SÄHKÖSUUNNITTELU | 31 |
| 7.1 | Kenttälaitteiden tarkennukset | 31 |
| 7.1.1 | Instrumenttipiirit | 31 |
| 7.1.2 | Sähköpiirit | 32 |
| 7.2 | Kytkentätilat | 32 |
| 7.2.1 | Kenttäkotelot | 32 |
| 7.2.2 | Kaapelointi | 33 |
| 7.2.3 | Maadoitukset | 33 |
| 7.3 | Kenttälaitteiden mitoitus | 34 |
| 7.3.1 | Sulkuventtiilit | 34 |
| 7.3.2 | Magneettiset virtausmittaukset | 34 |
| 7.3.3 | Pyörrevanavirtausmittaus | 35 |
| 7.3.4 | Säätöventtiilit | 36 |
| 7.4 | Piirikaaviosuunnittelu | 38 |
| 8 | SOVELLUSSUUNNITTELU | 39 |
| 8.1 | Prosessitapahtumien käsittely | 39 |
| 8.2 | Käyttöliittymä | 39 |
| 8.3 | Sovellusohjelman rakenne | 41 |
| 8.4 | Yksittäisohjauksien perustyytit | 41 |
| 8.5 | Piirikohtaiset sovellusratkaisut | 44 |
| 8.5.1 | Sarjan tulovirtaussäätöpiirin toiminta | 44 |
| 8.5.2 | Elvytyskemikaalien virtausmittaus- ja virtaussäätöpiirit | 47 |
| 8.5.3 | Elvytyskemikaalien ominaisarvolaskennat | 48 |
| 8.5.4 | Suolan liuotusautomaattikka | 49 |
| 8.6 | Sekvenssiohjelmien sovellusratkaisut | 51 |
| 8.6.1 | Elvytyssekvenssit | 51 |
| 8.6.2 | Käynnistysehdot ja asetukset | 52 |
| 8.6.3 | Häiriönkäsittely | 53 |
| 8.6.4 | Elvytystasolaskenta | 55 |

| | | |
|--------|---|----|
| 8.6.5 | Käyttäjäsolut ja elvytyshistoria | 56 |
| 8.6.6 | Käynnistys- ja pysäytyssekvenssit | 57 |
| 8.7 | Raportointi..... | 57 |
| 8.8 | Simulointi | 59 |
| 9 | DOKUMENTOINTI | 60 |
| 10 | KOESTUS JA KÄYTTÖÖNOTTO..... | 61 |
| 10.1 | Kylmäkoestus | 61 |
| 10.2 | Koestus | 62 |
| 10.3 | Käyttöönotto..... | 62 |
| 10.3.1 | Ioninvaihdon käyttöönotto..... | 63 |
| 10.3.2 | Elvytysvaiheen käyttöönotto | 64 |
| 10.4 | Loppukäyttäjien koulutus | 65 |
| 11 | YHTEENVETO | 66 |
| | LÄHTEET | 67 |

| | |
|----------|--|
| Liite 1 | Piiriluettelo |
| Liite 2 | Järjestelmäkaavio D-osajärjestelmä |
| Liite 3 | I/O-kaappi layout 1JK928 |
| Liite 4 | Instrumenttipiirikaavio 00-FFIC-91252 |
| Liite 5 | Instrumenttipiirikaavio 00-FIC-91257 |
| Liite 6 | Instrumenttipiirikaavio 00-LI-91260 |
| Liite 7 | Instrumenttipiirikaavio 00-FFIC-91277 |
| Liite 8 | Instrumenttipiirikaavio 00-LS-91360 |
| Liite 9 | Instrumenttipiirikaavio 00-PI-91361 |
| Liite 10 | Instrumenttipiirikaavio 00-HS-91365 |
| Liite 11 | Instrumenttipiirikaavio 00-HS-91367 |
| Liite 12 | Asennustyyppiirustus AV09N |
| Liite 13 | Kenttäkotelo layout OKK913 |
| Liite 14 | Venttiilimitoitus 00-TV-91256 |
| Liite 15 | Moottoripiirikaavio 00-P4.30 |
| Liite 16 | Toimilohkokaavio 00-FFIC-91252 |
| Liite 17 | Toimilohkokaavio 00-FIC-91257 |
| Liite 18 | Toimilohkokaavio 00-LI-91260 |
| Liite 19 | Toimilohkokaavio 00-HS-91261 |
| Liite 20 | Toimilohkokaavio 00-FI-91267 |
| Liite 21 | Toimilohkokaavio 00-FQ-91267 |
| Liite 22 | Toimilohkokaavio 00-QR-91269 |
| Liite 23 | Toimilohkokaavio 00-FFIC-91277 |
| Liite 24 | Toimilohkokaavio 00-LS-91360 |
| Liite 25 | Toimilohkokaavio 00-PI-91361 |
| Liite 26 | Toimilohkokaavio 00-HS-91367 |
| Liite 27 | Toimilohkokaavio 00-LIC-93056 |
| Liite 28 | Toimilohkokaavio 00-P4.30 |
| Liite 29 | Toimilohkokaavio 00-SP1K2 |
| Liite 30 | Toimilohkokaavio 00-SP1K2-A |
| Liite 31 | Toimilohkokaavio 00-SP1K2-L |
| Liite 32 | Toimilohkokaavio 00-SP1K2-P |
| Liite 33 | Toimilohkokaavio 00-SP1K2-Q |
| Liite 34 | Toimilohkokaavio 00-SP1K2-R |
| Liite 35 | Toimilohkokaavio 00-SP1K2-RT |
| Liite 36 | Toimilohkokaavio 00-SP1K2-T |
| Liite 37 | Sekvenssikaavio SQ:00-SP1K2 |
| Liite 38 | Kaavionäyttö 7.6 |
| Liite 39 | Kaavionäyttö 7.6.1 |
| Liite 40 | Kaavionäyttö 7.6.2 |
| Liite 41 | Kaavionäyttö 7.6.3 |
| Liite 42 | Kaavionäyttö 7.7 |
| Liite 43 | Monitori-ikkunat, esimerkkejä |
| Liite 44 | Toimintakuvaus 00-FFIC-91252 |
| Liite 45 | Toimintakuvaus 00-FIC-91257 |
| Liite 46 | Toimintakuvaus 00-FFIC-91277 |
| Liite 47 | Toimintakuvaus 00-PI-91361 |
| Liite 48 | Toimintakuvaus 00-HS-91365 |
| Liite 49 | Toimintakuvaus 00-SP1K2, esimerkkisivuja |
| Liite 50 | PI-kaavio |

1 JOHDANTO

M-real Takon tehtaassa täyssuolanpoistolaitteisto on valmistettu 60-luvulla. Kaikki venttiilit olivat käsikäyttöisiä ja suurelta osin huonokuntoisia. Mittausmenetelmät olivat vanhentunutta tekniikkaa ja näin ollen myös epätarkkoja. Käsiohjausten suuresta lukumäärästä johtuen, vesilaitoksen prosessinohitaja oli sidottu kokopäiväiseen täyssuolanpoistoprosessin valvontaan ja käyttötoimenpiteisiin. Kemikaalien käsittely vaati prosessinohitajan työskentelyä kemikaalien välittömässä läheisyydessä ja lisäsi riskialttiutta työtapaturmille.

Automatisoinnin tavoitteena oli nykyaikaistaa prosessi kustannustehokkaasti hyödyntämällä käytöstä poistuneita järjestelmä- ja kentälaitteita. Nykyaikaiset automatisoidut ohjaus- ja mittausmenetelmät lisäävät työturvallisuutta ja helpottavat laadunvalvontaa, varmistavat yksinkertaisella käytettävyydellä häiriöttömän tuotannon sekä vapauttavat työvoimaresursseja tuotannon varmistamiseen muilla osastoilla.

2 PROJEKTIN ESITTELY

2.1 Tehdas ja tuotanto

M-real Takon kartonkitehdas sijaitsee Tampereen keskustassa ja on perustettu 1865. Tehtaalla valmistetaan korkealuokkaista päällystettyä taivekartonkia kuluttajakäyttöön kahdella kartonkikoneella. Tuotantokapasiteetti on noin 200 000 tonnia vuodessa.

2.2 Voimalaitos

Tehtaan yhteyteen on sijoitettu oma voimalaitos. Voimalaitos sisältää kattilaitoksen, vesilaitoksen ja ulkopuolisen vesivoimalaitoksen.

Automatisoinnin kohteena oli vesilaitokselle sijoitettu täyssuolanpoistoprosessi. Vesilaitoksen tehtävänä on tuottaa kartonkitehtaan tarpeisiin kemiallisesti puhdistettu prosessivesi sekä voimalaitoksen omakäyttöön tarvittava lisävesi. Lisäveden valmistukseen käytetään ioninvaihtosarjoilla toimivaa täyssuolanpoistoprosessia.

2.3 Automaatiojärjestelmä ja suunnitteluympäristö

M-real Takon kartonkitehtaan prosessinohjaukset on toteutettu Metso Automationin metsoDNA automaatiojärjestelmällä. Automaatiojärjestelmä koostuu kuudesta toisiinsa liitetystä osastokohtaisesta osajärjestelmästä (taulukko 1). Järjestelmä sisältää myös vanhempia Damatic XD järjestelmälaitteita.

Voimalaitoksen vedenkäsittelyn täyssuolanpoistoprosessin automatisointi

Taulukko 1 Tehtaan metsoDNA osajärjestelmät.

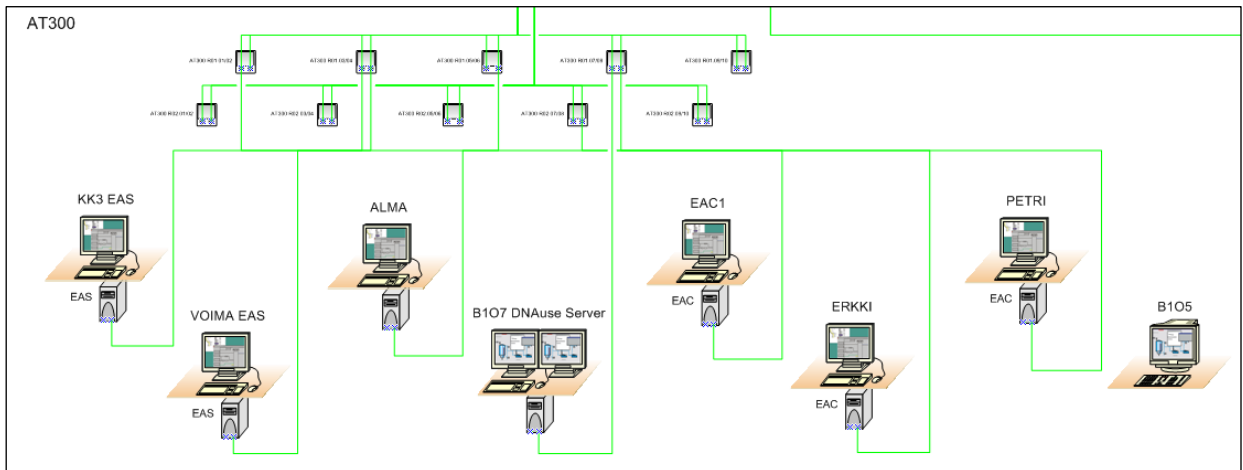
| Tunnus | Osasto |
|------------------|----------------|
| A-osajärjestelmä | ei käytössä |
| B-osajärjestelmä | Massaosasto |
| C-osajärjestelmä | Pastakeittiö |
| D-osajärjestelmä | Voimalaitos |
| E-osajärjestelmä | Kartonkikone 1 |
| F-osajärjestelmä | Kartonkikone 3 |

Voimalaitoksen prosessiohjaukset on liitetty D-osajärjestelmään, jonka järjestelmäkaavio on esitetty liitteessä 2. Vedenkäsittelyn prosessiohjatukset sijaitsevat prosessiasemalla DP03, jonne myös täyssuolanpoiston prosessiliitännät päätettiin sijoittaa.

Voimalaitoksen prosessiasemien sovellukset jakautuvat seuraavasti:

- DP01 sähkön-, höyrykehitys ja jakelu
- DP02 kattila 4, sähkön-, höyrykehitys ja jakelu
- DP03 vedenkäsittely
- DP04 kattila 3.

Automaatiojärjestelmän suunnitteluympäristö sijaitsee tehtaan automaatio-suunnittelutilassa AT300 (kuva 1). Suunnitteluympäristö koostuu kahdesta EAS -suunnittelupalvelimesta, kolmesta EAC -suunnittelutyöasemasta ja ALMA -tietokantapalvelimesta. Ympäristöön kuuluu myös DNAuse Server ja Damatic XDi XOPS operointipalvelimet. Laitteet on sijoitettu omaan DMZ verkkoalueeseen, joka kytkeytyy muihin osajärjestelmiin palomuurin välityksellä.



Kuva 1 Suunnitteluympäristö.

Tehtaan automaatio-sovellukset on jaettu osastoittain kahdelle eri EAS -suunnittelupalvelimelle (taulukko 2).

Taulukko 2 Suunnittelupalvelimet

| Nimi | Osastot |
|-----------|--|
| EAS-VOIMA | Voimalaitos, massaosasto ja pastakeittiö |
| EAS-KK3 | KK1 ja KK3 |

2.4 Investointihankkeen perustelut

2.4.1 Tekniikka

Täyssuolanpoistoprosessiin liittyvä laitteisto oli täysin käsikäyttöinen ja tekniikaltaan vanhentunutta. Käsien ohjattavia venttiileitä oli yli 100 kpl. Suurin osa venttiileistä oli vanhoja kalvoventtiileitä, joiden käyttö vaativat jatkuvaa tarkkaavaisuutta ja huoltoa. Mittausmenetelmät olivat osin huonokuntoisia ja epätarkkoja.

Automatisoinnin yhteydessä venttiilit vaihdettiin tiiveysluokaltaan selvästi kalvoventtiileitä parempiin haponkestäviin palloventtiileihin. Virtausmittaukset toteutettiin nykypäiväisillä magneettisilla ja pyörreanavirtausmittausmenetelmillä. Automaatiojärjestelmän avulla toteutetut ohjaukset mahdollistavat myös automaattisen raportoinnin tehdastietojärjestelmään.

2.4.2 Työturvallisuus

Käyttötoimenpiteet vaativat käyttöhenkilökunnan toistuvaa työskentelyä vaarallisten kemikaalien läheisyydessä. Kemikaalien säännöllinen käsittely käsiventtiiliohjauksilla syövyttävien aineiden välittömässä läheisyydessä, eivät vastaa nykypäiväisiä työturvallisuustavoitteita.

Automatisoitua prosessia voidaan ohjata suoraan valvomosta, eikä välitöntä läsnäoloa vaadita. Toiminnan seuranta ja häiriönkäsittely ovat myös erittäin pitkälle automatisoitu.

2.4.3 Tuotannon varmistus

Voimalaitoksen vedenkäsittelyllä on ankarat laatuvaatimukset. Kattilavedessä olevat epäpuhtaudet saostuvat ja synnyttävät vaikeasti puhdistettavia kerrostumia, heikentäen hyötysuhdetta ja aiheuttaen korroosiota.

Prosessin käyttötoimenpiteet olivat erittäin monivaiheisia, joka osaltaan kasvattivat riskiä inhimillisiin virheisiin. Ioninvaihtohartsit vaativat toimia-akseen säännöllistä huoltoa. Laiminlyönnit ja virheelliset käyttötoimenpiteet saattavat keskeyttää lisäveden valmistuksen ja aiheuttaa häiriöitä tehtaan tuotannossa. Automatisoinnin avulla lisäveden valmistus voidaan turvata ja näin ollen varmistaa tehtaan tuotanto.

2.4.4 Työvoimakustannukset ja resurssit

Käsien suoritettavat käyttö- ja huoltotoimenpiteet vaativat kokopäiväistä työskentelyä vesilaitoksella. Lisäveden laadunraportointi oli myös käsien ylläpidettävää. Automatisoinnin ansiosta, resursseja voidaan käyttää joustavasti myös tehtaan muissa tuotannollisissa tehtävissä.

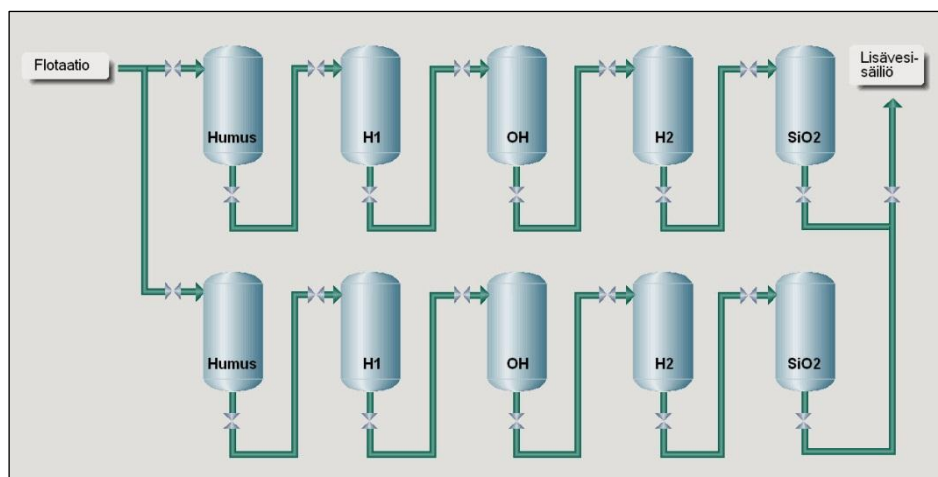
3 TÄYSSUOLANPOISTOPROSESSIN TOIMINTAPERIAATE

Lisävesi valmistetaan kahdella ioninvaihtosarjalla, joiden tarkoituksena on poistaa vedestä lähes kaikki ionit ja lopputuloksena syntyy suolatonta vettä.

Täyssuolanpoisto toteutetaan suotimissa käytettävillä ioninvaihtohartsilla. Vesi läpäisee suotimessa olevan hartsipatjan ja poistuu suotimen alaosassa olevien suodinpatruunoiden lävitse, estäen hartsin kulkeutumista ionivaihdetun veden mukana.

Takon voimalaitoksella ioninvaihtosarjat koostuvat kahdesta viisivaiheisesta rinnan kytketystä sarjasta (kuva 2). Yksi ioninvaihtosarja koostuu seuraavista suotimista:

- Humussuodin, vahva anioni
- H1-suodin, H⁺ vahva kationi
- OH -suodin, OH⁻ heikko anioni
- H2 -suodin, H⁺ vahva kationi
- SiO₂ -suodin, OH⁻ vahva anioni.



Kuva 2 Takon voimalaitoksen ioninvaihtosarjojen kytkentä

Ioninvaihdon toimintajaksot jakautuvat käyttöjaksoon ja regenerointijaksoon (elvytys). Käyttöjakson aikana vedessä olevat ionit ajetaan hartsipatjaan, joka vuorostaan luovuttaa veteen regenerointikemikaalin mukaisen ionin (Vuorinen 2008, 61.). Määrätyn vesimäärän läpäistyä hartsipatjan, ioninvaihdon toiminta ehtyy ja hartsin on elvytettävä.

3.1 Käyttöjakso

Käyttöjakson aikana vesi johdetaan suotimen yläosaan ja hartsipatjan läpäistyään vesi poistuu suotimen alaosasta seuraavan suotimen yläosaan (kuva 3).

Ioninvaihtosarjan ensimmäisessä humussuotimessa vedestä poistetaan orgaaniset epäpuhtaudet. Jälkimmäisissä suotimissa vedestä poistetaan vuoronperään metalli-ionit ja epämetalli-ionit. Kationihartsit (H1 ja H2 -

suotimet) vaihtavat vedestä metalli-ionit vetyioneihin H^+ ja anionihartsit (OH ja SiO_2 -suotimet) vaihtavat epämetalli-ionit hydroksyyli-ioneihin OH^- . Ioninvaihdon lopputuloksena H^+ ja OH^- -ioni yhtyvät ja syntyy puhdas vesimolekyyli H_2O (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 1997, 286.).

3.2 Elvytysjakso

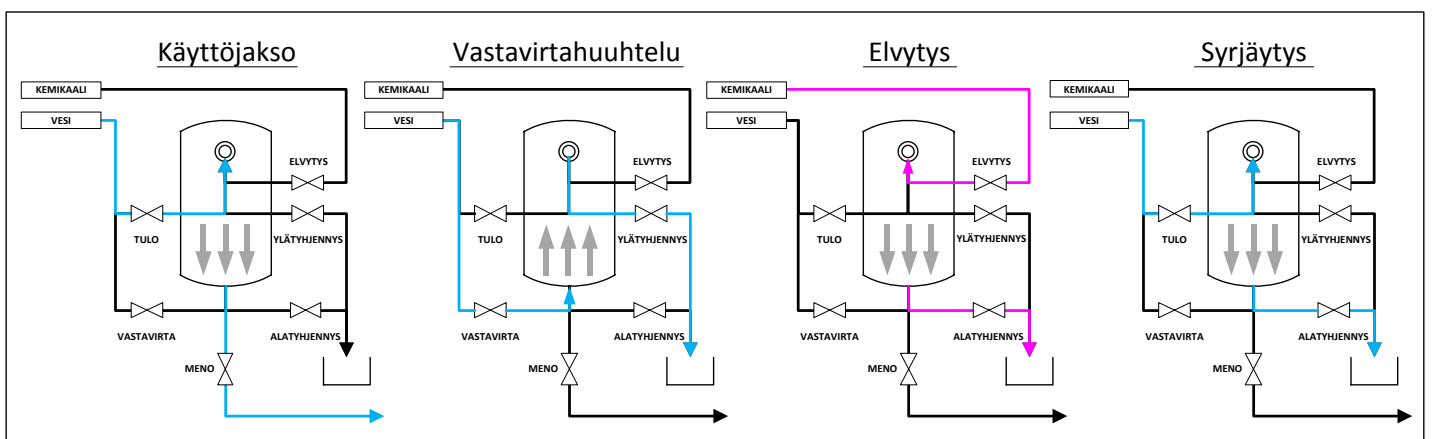
Elvytys tapahtuu hartsikohtaisilla elvytyskemikaaleilla, jonka ionit syrjäyttävät käyttöjaksen aikana hartsimassaan kiinnittyneet ionit.

Humussuotimella elvytyskemikaalina käytetään suolaliuosta ja lipeää. Suolanliuoksen tarkoituksena on tehostaa puhdistusta orgaanisista epäpuhtauksista. H1 ja H2 -suotimilla elvytyskemikaalina käytetään rikkihappoa. OH ja SiO_2 -suotimilla elvytyskemikaalina käytetään lipeää.

Käyttöjaksen ioninvaihtokapasiteetti sekä elvytysjaksojen toimintavaiheet, huuhtelumäärät, huuhteluiden virtausnopeudet, kemikaalit, kemikaalipitoisuudet määräytyvät käytettävän ioninvaihtohartsin ja veden laadun mukaan. (Vuorinen 2008, 61–62.)

Suotimen elvytyksen ensimmäisessä vaiheessa suodin huuhdellaan vastavirtaan kahteen kertaan. Huuhteluiden välissä suoritetaan ilmapuhallus, jonka tarkoituksena on irrottaa epäpuhtaudet hartsimassasta sekä kuohkeuttaa hartsipatjaa. Vastavirtahuuhtelun tarkoituksena on poistaa suotimesta epäpuhtaudet sekä rikkoutuneet hartsin osat. Huuhtelun jälkeen suotimeen annostellaan laimennettu suodinkohtainen elvytyskemikaali. Annostelun jälkeen suoritetaan jälleen ilmapuhallus ja lopuksi syrjäytysshuuttelu. (M-real Tako Board 2009.)

Kuvassa 3 on esitetty suotimen käyttöjaksen ja elvytysjakson toimintavaiheiden virtaussuunnat.

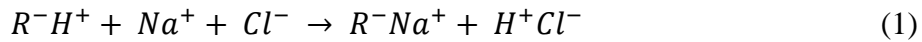


Kuva 3 Suotimen eri toimintavaiheiden virtaussuunnat.

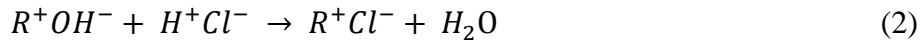
3.3 Ioninvaihtoreaktiot

Käyttöjakson aikana hartsimassassa tapahtuu seuraavat reaktiot:

Vahva kationinvaihtohartsi R^- , jossa natrium-ioni Na^+ jää hartsiin (yhtälö 1).

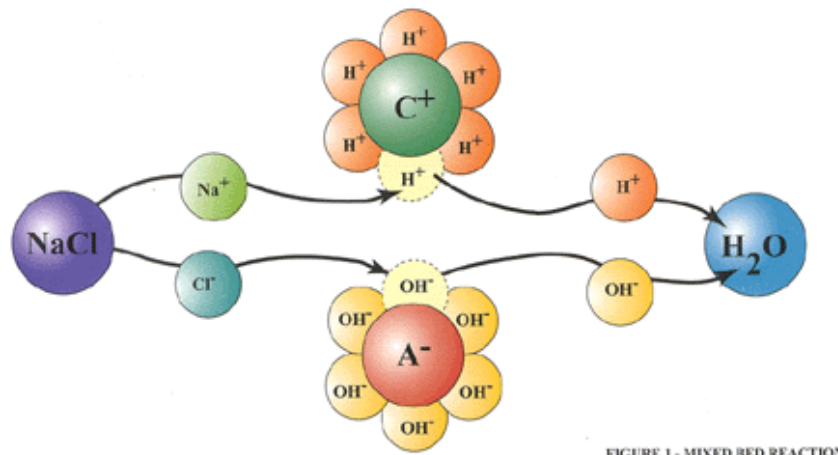


Vahva anioninvaihtohartsi R^+ , jossa kloridi-ioni Cl^- jää hartsiin (yhtälö 2).



(Vuorinen 2008, 61.)

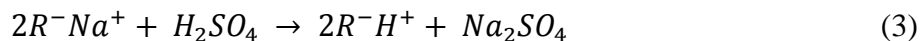
Kuvassa 4 on esitetty ioninvaihtoreaktion periaate, jossa yhtälöiden mukaisesti metalli- ja epämetalli ionit vaihtuvat vety- ja hydroksyyli-ionien kanssa, jolloin lopputuloksena syntyy vesimolekyyli.



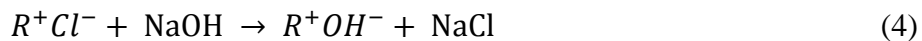
Kuva 4 Ioninvaihtoreaktion periaate (Common Ultrapure Water Terminology n.d.)

Elvytysjakson aikana ioninvaihtohartsilla tapahtuu päinvastaiset ioninvaihtoreaktiot:

Vahva kationinvaihtohartsi R^- , jossa rikkihapon vety-ioni H^+ syrjäyttää natrium-ionin Na^+ , jonka yhdiste Na_2SO_4 ajetaan elvytyskaivoon (yhtälö 3).



Vahva anioninvaihtohartsi R^+ , jossa lipeän hydroksyyli-ioni OH^- syrjäyttää kloridi-ionin Cl^- , jonka yhdiste $NaCl$ ajetaan elvytyskaivoon (yhtälö 4).



(Korroosio vesi-höyryjärjestelmässä n.d., 6.)

4 ESISUUNNITTELU

Esisuunnitteluvaiheessa määritellään tavoiteltava automaatioaste, valvonta-, ohjaus- ja säätöperiaatteet sekä laitteiden laatuvaatimukset. Näiden perusteella laaditaan projektin aikataulu ja kustannusarvio. (Sivonen 2000, 230.)

Automatisoinnin lähtökohtana oli kustannustehokkuus, ajomallin uudistaminen ja yksinkertaistaminen. Lähtömateriaalina oli elvytyksiin liittyvä käyttöohje, sekä alkuperäisen kytkennän mukainen PI-kaavio.

Suomen KL-lämpö Oy toimi erikoisasiantuntijana ioninvaihtoprosessin uusia automatisoituja ajotapoja määriteltäessä.

Automatisointiaste päätettiin nostaa mahdollisimman korkealle ja automatisoida kaikki täyssuolanpoistoon liittyvät laitteet, lukuun ottamatta suolan liotussäiliön ja rikkihappokontin täyttöä.

Tehtaan tuotanto on ympärivuotista ja mahdolliset tehdasseisokit ovat harvoin. Automatisointi päätettiin toteuttaa käynnin aikana vaiheittain. Tämä oli mahdollista toteuttaa ajamalla lisävettä ja lauhdevettä riittävästi varastoon sekä vähentämällä lisäveden omakäyttöä.

Ensimmäisenä automatisoinnin kohteena olivat humussuotimet ja siihen liittyvät elvytyskemikaalit. Vaiheittaisen ratkaisun etuna olivat myös säätöratkaisujen sisäänajo sekä huomioida mahdolliset muutokset muiden suotimien automatisoinnissa. Vaiheittaisessa automatisoinnissa oli huomiioon otettava myös jäljellä olevien käsikäyttöisten suotimien ajettavuus ja elvytykset.

4.1 Ohjaus- ja säätöperiaatteet

Täyssuolanpoiston prosessilaitteet voidaan jakaa kahteen osaan:

- Ioninvaihtosarjat
- Elvytyskemikaalien varastointi ja laimennus.

4.1.1 Ioninvaihtosarjojen ohjaus- ja säätö

Alkuperäiseltä kytkennältään ioninvaihtosarjan jokaisen suotimen lähtölinja oli rinnan kytketty toisen sarjan suotimen kanssa. Suotimien ioninvaihtokapasiteetit olivat erisuuruisia. Tämän vuoksi rinnankytkennän tarkoituksena oli ajaa suotimien ioninvaihtokapasiteetti kerralla loppuun, tekemällä sarjan suotimien ristikkäisiä vaihtoja.

Käytössä olevan sarjan virtausta säädettiin viimeisen suotimen lähtöventtiilillä, joten edellä olevien suotimien paine oli suoraan syöttävän linjan tulopaineen suuruinen 4 bar.

Esisuunnitteluvaiheessa ilmeni, että rinnankytkettyjen suotimien automatisointi olisi vaatinut jokaiselle suotimelle oman virtaussäätöventtiilin sekä

useampia virtausmittauksia, riippuen ratkaisutavasta. Tämä olisi nostanut merkittävästi investointikustannuksia, joten vaihtoehto hylättiin.

Uudessa ratkaisussa suotimet päätettiin muuttaa sarjakytkentäiseksi. Rin-nankytkentälinjoihin päätettiin asentaa käsikäyttöiset erotusventtiilit. Täl-löin vakavissa häiriö- tai vikatilanteissa suotimia olisi mahdollista edelleen ajaa käsikäyttöisesti ristiin.

Sarjakytkennässä kummallekin sarjalle riittää yksi linjakohtainen virtaus-säätöventtiili ja virtausmittaus. Käyttöjaksojen ajomalli ja elvytysvaihei-den huuhtelutoiminnot olivat tällöin myös suunniteltava uudelleen.

Suotimien ioninvaihtokapasiteettien ollessa erisuuruisia, koko ioninvaihto-sarja on vaihdettava yhdenkin suotimen toiminnan ehtyessä. Ehtynyt suo-din elvytetään ja loput suotimista jätetään odottamaan seuraavaa sarjan-vaihtoa. Suotimen hartsipatjan kapasiteetti ehtyy kerroksittain, joten odo-tustilaan jäävien suotimien hartsipatja on säilytettävä koskemattomana.

Huuhtelutoiminnoissa elvytettävän suotimen huuhteluvesi on johdettava edellä olevien suotimien kautta, säätämällä virtausta linjasäätöventtiilillä.

Automatisoidussa versiossa sarjanvaihdot ovat yksinkertaisia ja useammin suoritettavien sarjanvaihtojen ei katsottu aiheuttavan merkittävää haittaa. Myöhemmin hartsimassoja uusittaessa, ioninvaihtokapasiteetti on mahdol-lista mitoittaa uudelleen. Tämä on yleisin tapa käyttää ioninvaihtosarjoja. (Rantamäki, haastattelu 20.1.2011)

Linjakohtaiset virtaussäätöventtiilit päätettiin sijoittaa sarjojen ensimmäi-sen suotimen tuloventtiilin eteen. Näillä venttiileillä pystytään säätämään ajonaikaista virtausta, sekä elvytyksessä suoritettavia viiden eri suotimen vastavirta- ja syrjäytyshuuhteluvirtausta.

Virtaussäätöperiaatteen muutos vaikuttaa myös vastapaineeseen alkuperäi-seen kytkentään verrattaessa. Ioninvaihtohartsit ei sinällään vaadi vasta-painetta toimiakseen. Vastapaine on kuitenkin tarpeellinen muiden suoti-mien elvytykskemikaalien laimennusvesivirtauksien säätöön sekä lisäveden hyödyke- ja laboratoriokäyttöön nostokorkeuden aikaansaamiseksi. Sarjan virtaussäätöalue on hyvin laaja (3–12 m³/h), joten painesäädön avulla pys-tytään myös hallitsemaan virtaussäätöventtiilin toimintapiste oikealle alu-eelle. Paineen mittausta ja säätöventtiili päätettiin sijoittaa sarjojen lähtölin-jojen yhdyskohdan jälkeiseen osaan.

4.1.2 Elvytykskemikaalien ja laimennusvesien ohjaus- ja säätö

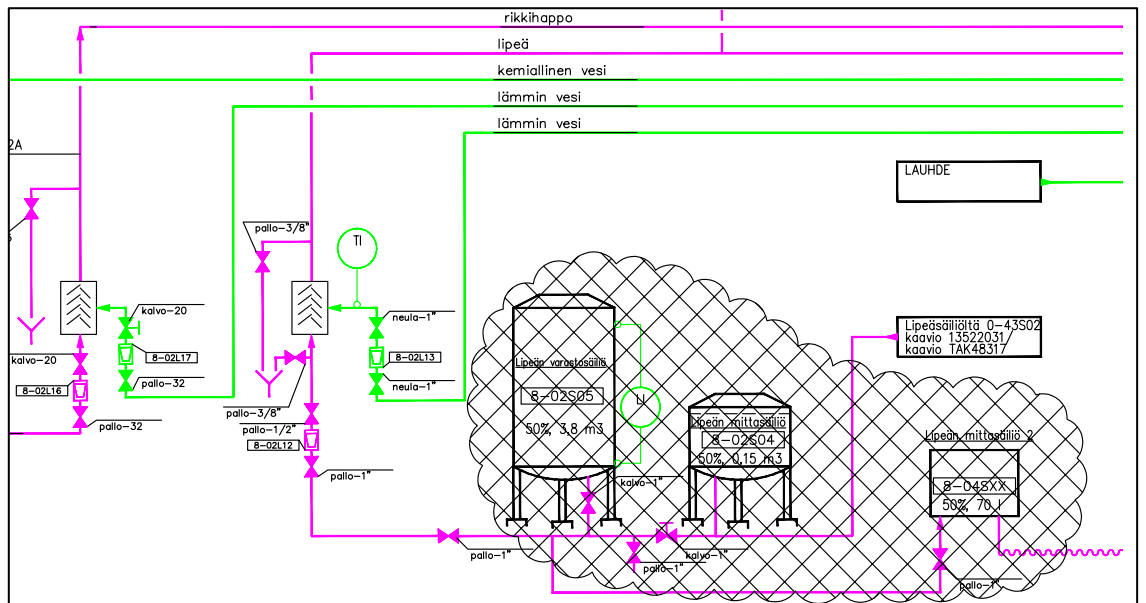
Laimennuksiin tarvittava vesi otetaan sarjojen lähtölinjojen yhdyskohdas-ta, ennen paineensäätöventtiiliä. Suotimien elvytys suoritetaan uudessa ajomallissa yksi kerrallaan, joten myös mittausmenetelmien määrä mitoi-tettiin valinnan mukaiseksi. Elvytykskemikaaleille käytettävän laimennus-veden virtausmittaus on yhteinen kaikille suotimille.

Humus, OH ja SiO₂ -suotimille elvytyskemikaalien laimennusvesi lämmitetään lämmönvaihtimen avulla. Laimennusveden lämpötilaa säädetään ohjaamalla matalapainehöyryn virtausta lämmönvaihtimen ensiöpiiriin. Lämmönvaihdin oli jo aikaisemmin käytössä, joten säätöventtiilin ja lämpötilamittauksen uusiminen jäi automatisoitavaksi. H1 ja H2 -suotimilla käytettävä laimennusvesi on oltava kylmää, jolloin höyryventtiili on pidettävä suljettuna.

Humussuotimille käytettävien suolan ja lipeän annostelu päätettiin suorittaa olemassa olevalla ejektorilla. Laimennusvesi toimii ejektorin päävirtauksena, joka synnyttää alipaineen suolan tai lipeän annostelulinjaan. Aikaisemmin käytetty mittasäiliö päätettiin poistaa käytöstä (kuva 5). Humussuotimien kemikaalien annosteluun valittiin yhteinen virtausmittaus suolalle ja lipeälle, jonka perusteella määräännostelu päätettiin toteuttaa. Kemikaaleille ja ejektorin huuhteluvedelle päätettiin asentaa omat sulkuventtiilit.

H1 ja H2 -suotimille rikkihapon annostelumäärä päätettiin toteuttaa virtausmittauksen perusteella. Virtausta säädetään suhdessäätönä aikaisemmin olemassa olevalla taajuusmuuttajakäyttöisellä annostelupumpulla, jonka ohjaukset päätettiin liittää automaatiojärjestelmään. Rikkihapon annostelulinjaan valittiin oma sulkuventtiili. Rikkihapon annostelukonttiin päätettiin lisätä pintamittaus ja valuma-altaan pintavahti.

OH ja SiO₂ -suotimilla elvytyskemikaalina toimivan lipeän paineistettava mittasäiliö ja lipeän varastosäiliö päätettiin myös poistaa käytöstä (kuva 5). Uudessa ratkaisussa lipeä suunniteltiin otettavaksi suoraan tehtaan runkolinjasta, jonka paine oli riittävä. Annostelumäärä päätettiin toteuttaa omalla virtausmittauksella, jonka virtausta säädetään suhdessäätönä säätöventtiilin avulla.



Kuva 5 Käytöstä poistetut lipeäsäiliöt.

4.2 Automatisoitavat laitteet

Ohjauksien ja säätöperiaatteiden pohjalta, automatisoitavien laitteiden lukumäärät on esitetty taulukossa 3. Suotimien johtokyky mittaukset olivat jo valmiiksi liitetty automaatiojärjestelmään.

Taulukko 3 Automatisoitavien laitteiden lukumäärät.

| Laitelaji | Lukumäärä, kpl |
|---------------------|----------------|
| Lämpötilamittaukset | 2 |
| Virtausmittaukset | 6 |
| Painemittaukset | 12 |
| Pintakytkimet | 11 |
| Pintamittaukset | 3 |
| Sulkuventtiilit | 99 |
| Säätöventtiilit | 6 |
| Yhteensä | 139 |

4.2.1 Lämpötilamittaukset

Paikalliset lämpötilamittarit päätettiin korvata Pt-100 tyyppisillä antureilla ja anturikoppaan asennettavilla lähettimillä.

4.2.2 Virtausmittaukset

Paikalliset rotametrit päätettiin korvata magneettisilla sekä pyörreanavirtausmittareilla.

4.2.3 Painemittaukset

Paikalliset painemittarit päätettiin korvata kalvotoimisilla painelähettimillä. Ilmapuhalluslinjaan päätettiin lisätä myös painelähetin.

4.2.4 Pintamittaukset ja -kytkimet

Kemikaaliosuudessa alkupäiset mekaaniset pinnanosoitusmittarit päätettiin korvata kalvotoimisella painelähettimellä, ultraääni ja kapasitiivisella pintalähettimellä. Suotimien pinnan ylärajakytkimeksi valittiin värähtelytaajuuden muutoksiin perustuva haarukka-anturi.

4.2.5 Sulkuventtiilit

Kemikaalilinjojen ja laimennusvesiin liittyvät käsiventtiilit päätettiin korvata vastaavan kokoisilla haponkestävillä palloventtiileillä. Venttiilien varustukseksi valittiin pneumaattiset toimilaitteet kiinnirajalla.

Ioninvaihtosarjojen kaikki venttiilit olivat kalvoventtiileitä, jotka päätettiin korvata myös palloventtiileillä, vastaavin varustuksin.

4.2.6 Säätöventtiilit

Säätöventtiileiksi valittiin segmenttiventtiilit kaksitoimisilla toimilaitteilla. Lämmönvaihtimen höyryventtiilin toimilaitteeksi valittiin yksitoiminen toimilaitte, jossa jousivoima sulkee venttiilin ohjausenergian hävitessä.

4.2.7 Pumput

Elvytyskemikaalina rikkihapon annosteluun oli olemassa oleva pumppu, jonka taajuusmuuttajaohjaukset olivat paikallisia. Tehtäväksi jäi järjestelmäliityntöjen suunnittelu.

4.3 Laiteluettelo ja liitynnät

Laittevalintojen perusteella laadittiin esisuunnitteluvaiheen mittapiste- ja laiteluettelo (kuva 6). Tarkoituksena oli määrittää lähtötiedot kustannusarvion laskemiseen laitemäärien ja liityntöjen osalta. Taulukossa 4 on esitetty laiteluettelon mukaiset I/O-liityntöjen ja -korttien kokonaismäärät.

| m-real | | Projektin Täyssuolanpoisto | | Rev. 3.7 | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------|--------------------------|---|------------------------------------|----------|----|----|----|--------------|----|----|----|--|--|--|--|
| Tako | | Esisuunnittelu | | Pm. 26.1.2011 | | | | | | | | | | | | | | |
| Voimalaitos | | Automaatio | | Suunnittelija | | | | | | | | | | | | | | |
| Vedenkäsittely | | Mittapiste- ja laiteluettelo | | Petri Niemelä | | | | | | | | | | | | | | |
| Nimi | Koko | Alue | Laitelaji | Tyyppi | Huom | Uusi/Vanha | Moottori | | | | Instrumentti | | | | | | | |
| | | | | | | | BO | BI | AI | AO | BO | BI | AI | AO | | | | |
| Kemiallinen vesi ioninvaihtoon | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Yhteiset | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TULO-1 | Tulolämpötilamittaus | | 0-50 C | Lämpötila-anturi+lähetin | VB-1xPT100-WM/60F-A-3-BUZH-160-AISI316 + PR5331A3B1 | Välivarasto | | | | | | | | | | | | |
| TULO-2 | Tulovirtaus sarjalle pohjoinen | DN40 | 0-20 m3/h | Magn.putki+lähetin | ALTOFLUX IFS 4000 DN40/PN40 + IFC 110 F/D HART | Välivarasto | | | | | | | | | | | | |
| TULO-3 | Tulovirtaus sarjalle etelä | DN40 | 0-20 m3/h | Magn.putki+lähetin | ALTOFLUX IFS 4000 DN40/PN40 + IFC 110 F/D HART | Välivarasto | | | | | | | | | | | | |
| TULO-4 | Tuloventtiili sarja pohjoinen | DN40 | | Säätöventtiili | R1LA040AJK-BC6-NE724D | Välivarasto | | | | | | | | | | | | |
| TULO-5 | Tuloventtiili sarja etelä | DN40 | | Säätöventtiili | | | | | | | | | | | | | | |
| Humussuotimet | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Yhteiset | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 00-QI1-93531 | Johtokykymittaus | | | Johtokykylähetin | On jo DCS piiri | | | | | | | | | | | | | |
| Pohjoinen | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P-HUMUS-1 | Alatyhjennysventtiili | DN40 | | Sulkuventtiili | | Max kuristus: Avautumisaika 11 sek | | | | | | | | | | | | |
| P-HUMUS-2 | Ylätyhjennys | DN50 | | Sulkuventtiili | | HPH50 | | | | | | | | | | | | |
| P-HUMUS-3 | Myötävirtaventtiili | DN50 | | Sulkuventtiili | | HPH50 | | | | | | | | | | | | |
| P-HUMUS-4 | Vastavirtaventtiili | DN50 | | Sulkuventtiili | | | | | | | | | | | | | | |
| P-HUMUS-5 | Menoventtiili | DN50 | | Sulkuventtiili | | | | | | | | | | | | | | |
| P-HUMUS-6 | Elvytysventtiili (suolaliuos/lipeä) | DN25 | | Sulkuventtiili | HPH25-RC210DA-E4LQ2-ISS026 | Välivarasto | | | | | | | | | | | | |
| P-HUMUS-7 | Paineilmaventtiili | DN20 | | Sulkuventtiili | | Kuristus | | | | | | | | | | | | |
| P-HUMUS-8 | Ilmausventtiili | DN20 | | Sulkuventtiili | | | | | | | | | | | | | | |
| P-HUMUS-9 | Johtokyky näytteenottoventtiili | DN15 | | Sulkuventtiili | | | | | | | | | | | | | | |
| P-HUMUS-10 | Painemittaus | | | Painelähetin | | | | | | | | | | | | | | |
| P-HUMUS-11 | Pintamittaus | | | Pintakytkin | | | | | | | | | | | | | | |

Kuva 6 Näyte esisuunnitteluvaiheen mittapiste- ja laiteluettelosta.

Taulukko 4 I/O-liityntöjen ja -korttien lukumäärät.

| Signaalityyppi | Signaalit, kpl | Korttityyppi | Kortit, kpl |
|-----------------|----------------|-----------------|-------------|
| Binääritulot | 103 | BIU8-4 | 17 |
| Binäärilähdöt | 103 | BOU8 | 15 |
| Analogiatulot | 24 | AIU8LC | 5 |
| Analogialähdöt | 7 | AOU4LC | 3 |
| Yhteensä | 237 | Yhteensä | 40 |

4.3.1 Järjestelmäliitynnät

Laaditun laiteluettelon perusteella järjestelmäliityntöjen lukumäärä oli yli 200 kpl. Vapaa käytettävissä oleva I/O-kapasiteetti ei riittänyt, joten vaihtoehtoksi jäi I/O-kapasiteetin laajennus. Esisuunnitteluvaiheessa todettiin A-osajärjestelmästä löytyvän purettavissa oleva I/O-kaappi AXJ-liityntälevyillä sekä riittävä määrä I/O-kortteja, joiden siirto voimalaitokselle katsottiin olevan mahdollista.

Vedenkäsittelylaitoksen lähettyvillä on vuonna 2007 uusittu voimalaitoksen sähköautomaatiotila (ST105) metsoDNA laitteiden keskittämiseen. Tämä oli luonnollisin sijainti uudelle I/O-laitekaapille.

4.3.2 Kotelointi

Esisuunnitteluvaiheessa tehtaalta todettiin löytyvän kolme käytöstä poistunutta kenttäkoteloa, joita päätettiin hyödyntää projektissa. Kaksi näistä koteloista oli tehtaan standardikalustettuja ja kolmas mitoiltaan harvinaisempi, joka oli kalustettava uudelleen.

Sulkuventtiilien perinteinen toteutus on sijoittaa tätä ohjaava 5/2-tie magneettiventtiili kenttäkotelon magneettiventtiilitukkiin. Kenttäkoteloiden kapasiteetti ei kuitenkaan ollut riittävä kaikille 5/2-venttiileille. Täyssuolanpoistoprosessin ympäristöolosuhteet olivat suotuisat, joten ratkaisuksi valittiin osalle venttiileistä, toimilaitteeseen asennettavia Namur standardin mukaisilla liitännöillä varustettuja 5/2-venttiileitä. Tällä ratkaisulla kolme kenttäkoteloa oli riittävä määrä. Uudelleen kalustettavaan kenttäkoteloon päätettiin toteuttaa suurin osa Namur tyyppisistä venttiilikytkenöistä.

4.4 Kustannusarvio

Automatisoinnin kustannusarvio laadittiin esisuunnitteluvaiheen laiteerittelyn perusteella. Arvio sisältää automatisointiin liittyvät kenttä- ja järjestelmälaitteet, koteloinnin sekä runko- ja kenttäkaapeloinnit (taulukko 5).

Kustannusarvio sisältää myös käytettyjen järjestelmä- ja kenttälaitteiden vaikutuksen kustannuksiin. Erillisiä tarvikkeita ei ole luetteloitu, vaan ne on sisällytetty laitekohtaiseen kustannuserään. Automaatiosuunnittelu kuului opinnäytetyön tekijälle, joten siitä ei syntynyt ulkoisia kustannuksia. Automaatioasennuksiin suunniteltiin käytettävän myös suurelta osin sisäisiä resursseja, joten näitä ei arvioon sisällytetty.

Arvioon on sisällytetty Botnia Mill Servicen laatima putkistoihin liittyvä kustannusarviointi. Näiden yhteenvedona laskettiin koko projektin kustannusarvio, jonka perusteella laadittiin investointihakemus.

Voimalaitoksen vedenkäsittelyn täyssuolanpoistoprosessin automatisointi

Taulukko 5 Kustannusarvio.

| Laitteet | Koko | Lukumäärät, kpl | | | Kustannukset, € | |
|---------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|--------------|---------------------|------------------|
| | | Yhteensä | Käytettyjä | Uusia | Yksikköhinta | Yhteensä |
| Lämpötilamittaus | | 2 | 2 | 0 | - | 0 |
| Virtausmittaus, magn. | DN40 | 2 | 2 | 0 | - | 0 |
| Virtausmittaus, vortex | DN15 | 1 | 0 | 1 | 1300 | 1300 |
| Virtausmittaus, magn. | DN10 | 1 | 1 | 0 | - | 0 |
| Virtausmittaus, magn. | DN6 | 1 | 1 | 0 | - | 0 |
| Virtausmittaus, magn. | DN4 | 1 | 1 | 0 | - | 0 |
| Painemittaus | | 12 | 9 | 3 | 415 | 1245 |
| Pintakytkin, värähtely | | 11 | 0 | 11 | 270 | 2970 |
| Pintamittaus, ultraääni | | 2 | 1 | 1 | 1000 | 1000 |
| Pintamittaus, paineläh. | | 1 | 1 | 0 | - | 0 |
| Sulkuventtiili, pallo | DN20 | 20 | 2 | 18 | 345 | 6210 |
| Sulkuventtiili, pallo | DN15 | 10 | 4 | 6 | 335 | 2010 |
| Sulkuventtiili, pallo | DN50 | 40 | 0 | 40 | 450 | 18000 |
| Sulkuventtiili, pallo | DN40 | 10 | 7 | 3 | 450 | 1350 |
| Sulkuventtiili, pallo | DN25 | 19 | 9 | 10 | 450 | 4500 |
| Säätöventtiili, segmentti | DN40 | 2 | 2 | 0 | - | 0 |
| Säätöventtiili, segmentti | DN25 | 3 | 3 | 0 | - | 0 |
| 5/2-venttiilit, rivi | | 69 | 32 | 37 | 50 | 1850 |
| 5/2-venttiilit, namur | | 30 | 0 | 30 | 110 | 3300 |
| Yhteensä | | | | | | 43 735 € |
| Liitännät ja kaapelointi | | | | | | |
| | | Yhteensä | Käytettyjä | Uusia | Yksikköhinta | Yhteensä |
| I/O-kaappi | | 1 | 1 | 0 | - | 0 |
| BOU8 | | 11 | 11 | 0 | - | 0 |
| BIU8-4 | | 9 | 9 | 0 | - | 0 |
| AIU8LC | | 3 | 3 | 0 | - | 0 |
| AOU4LC | | 6 | 6 | 0 | - | 0 |
| Kenttäkotelot | | 3 | 3 | 0 | - | 0 |
| Kaapelointi | Pituus | | | | | |
| Kenttäkaapelit | 10 m | 140 | | | 2 €/m | 2800 |
| Runkokaapelit | 50 m | 10 | | | 10 €/m | 5000 |
| Yhteensä | | | | | | 7800 € |
| Automaatiosuunnittelu | | | | | | |
| Esisuunnittelu | | | | | | 0 |
| Kenttäsuunnittelu | | | | | | 0 |
| Sähkösuunnittelu | | | | | | 0 |
| Sovellussuunnittelu | | | | | | 0 |
| Koestus & käyttöönotto | | | | | | 0 |
| Asennukset (ulkoistetut) | | | | | | 5 000 € |
| Automaatio yhteensä | | | | | | ~56 000 € |
| Prosessi & putkistot | | | | | | |
| Asennukset | | | | | | 15000 |
| Materiaalit | | | | | | 4000 |
| Prosessisuunnittelu | | | | | | 1000 |
| Putkistosuunnittelu | | | | | | 2000 |
| Riskinarviointi | | | | | | 2000 |
| Putkistot yhteensä | | | | | | ~24 000 € |
| Kuluvaraus | | | | | | 10 000 € |
| KUSTANNUSARVIO | | | | | | ~90 000 € |

5 PERUSSUUNNITTELU

5.1 Automaatiomäärittely

Automaatiomäärittelyn tarkoituksena on ohjeistaa suunnittelu ja tehtävät asennukset. Määrittely nopeuttaa projektin etenemistä ja poissulkevat mahdolliset ristiriidat.

5.1.1 Yksikkömäärittely

Voimalaitoksen vedenkäsittelyn prosessialueella on taulukon 6 mukainen yksikkömäärittely. Samoja yksikkömäärittelyitä päätettiin käyttää myös täyssuolanpoistoprosessin suunnittelussa.

Taulukko 6 Vedenkäsittelyn yksikkömäärittelyt.

| Suure | Yksikkö |
|--------------------------|-------------------|
| Kemiallinen vesi virtaus | m ³ /h |
| Laimennusvesi virtaus | l/h |
| Kemikaalivirtaus | l/h |
| Lämpötila | °C |
| Paine | bar |
| Pinnankorkeus | % |

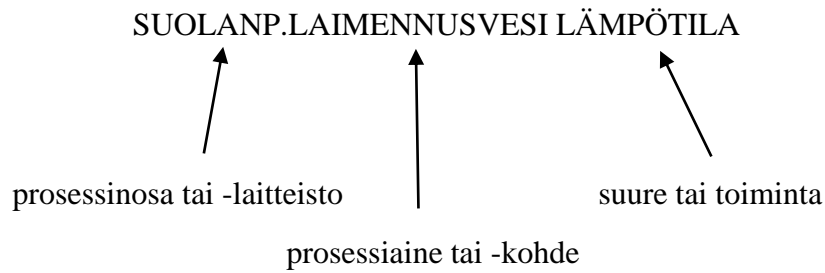
5.1.2 Positioiden nimeämiskäytäntö

Piiriposition nimen on ilmaistava yksiselitteisesti:

- prosessinosa tai -laitteisto
- prosessiaine tai -kohde
- suure tai toiminta.

Piiriposition nimi on lyhennettävä suunnittelujärjestelmän nimikenttien pituusmäärittysten mukaisesti. Nimet kirjoitetaan perusmuodossa, jolloin lyhennyksien määrä vähenee. Nimien lyhennys poikkeaa kieliopillisista säännöistä. Kuvassa 7 on esitetty esimerkki otsikkotauluun käytettävästä piiriposition nimestä.

Periaatteena on, että position nimen alkuosa lajittelee positiot prosessin osan ja -laitteiston mukaan. Nimeämisen tärkein käyttökohde on hälytystekstien muodostus. Tällä menetelmällä hälytysteksteissä ei synny päällekkäisyyksiä muiden piiriposiitioiden kanssa. Sovellusohjelmointiin liittyvissä nimissä, joista ei generoidu hälytyksiä ja joita esitetään vain prosessin osan omilla kaavionäytöillä, voidaan käyttää nimitekstejä ilman prosessin osaa.



Kuva 7 Piiriposition nimeämiskäytäntö.

Automaatiojärjestelmän nimikenttien pituus rajoittaa havainnollisuutta ja tämän vuoksi nimeämiskäytäntöä on sovellettava ja käytettävä lyhennyksiä. MetsoDNA automaatiojärjestelmässä käytettävät nimikenttien pituudet ovat taulukon 7 mukaiset. Järjestelmässä on mahdollista käyttää myös pidennettyjä nimiä. Takon tehtaalla on kuitenkin käytössä myös vanhempien järjestelmäversioita, joten nimikenttien pituutena käytetään vanhemman version määrittelyä. Taulukossa 8 on esitelty määrittelyn mukaisia piiripositioita.

Taulukko 7 metsoDNA automaatiojärjestelmän nimien pituudet.

| Käyttökohde | Nimen pituus |
|-----------------------------------|---------------|
| Otsikkotaulut | 20+20 merkkiä |
| Piiri-ikkunat ja hälytystekstit | 20 merkkiä |
| Operointiseuranta ja trendinäytöt | 14 merkkiä |

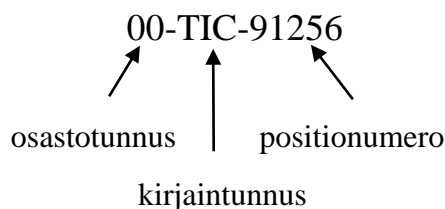
Taulukko 8 Esimerkkejä piiripositioista.

| Positiotunnus | Nimi, 40 merkkiä |
|---------------|--|
| 00-TIC-91256 | SUOLANP.LAIMENNUSVESI LÄMPÖTILA |
| 00-FFIC-91253 | SUOLANPOISTO ETELÄ SARJA TULOVIRTAUS |
| 00-PI-91301 | SUOLANP.HUMUS POHJ. SUODIN PAINE |
| 00-HS-91304 | SUOLANP.HUMUS POHJ. YLÄTYHJENNYS SULKU |

5.1.3 Instrumenttipositiotunnukset

Tehtaan instrumenttipositiot noudattavat standardin mukaisia kirjaintunnumäärityksiä (SFS-ISO 14617-6:2004, 24–27.).

Instrumenttipositiot kuvassa 8 muodostuvat kaksinumeroisesta osastotunnuksesta (taulukko 10), kirjaintunuksesta ja viisinumeroisesta positionumerosta (taulukko 11). Positionumero on laajennettu nelinumeroisesta viisinumeroiseksi 2000-luvun vaihteessa.



Kuva 8 Instrumenttiposition muodostus.

Instrumenttilaitepositioiden tunnukset noudattavat piiripositioden määrittämissä. Laitepositioiden lukumäärä yhtä piiripositioita kohti on pidettävä sopivana. Sopiva laitepositiomäärä on normaalisti yhdestä kuuteen.

Täyssuolanpoistoprojektin instrumenttilaitepositiotunnuksilla käytetään taulukon 9 mukaisia lisämääreitä.

Taulukko 9 Instrumenttilaitepositioiden lisämääreet.

| Laitelaji | Signaalityyppi | Laitepositio |
|----------------|----------------|--------------|
| Sulkuventtiili | Kiinniraja | 00-HV-91301K |
| Sulkuventtiili | Aukiraja | 00-HV-91301A |

Taulukko 10 Tehtaan osastotunnusmäärittely.

| Osasto | Osastotunnus |
|--------------------|--------------|
| Voimalaitos | 00 |
| Jätevedenkäsittely | 10 |
| Massaosasto | 20, 30 |
| Tehdasysteemit | 40 |
| Kartonkikone 1 | 50 |
| Kartonkikone 3 | 70 |
| Viimeistely | 80 |
| Pastakeittiö | 90 |

Voimalaitoksen positionumerot alkavat sarjasta 9000 ja laajennetusta sarjasta 90000. Positiosarja on jaettu taulukon 11 mukaisesti prosessialuekohdaksi osiin.

Taulukko 11 Voimalaitoksen positiosarjat.

| Prosessialue | Positiosarja |
|-----------------------------|--------------|
| Vanha syöttövesijärjestelmä | 9000 |
| Vedenkäsittely | 91000 |
| Ei käytössä | 9200 |
| Kattila 3 | 93000 |
| Kattila 4 | 94000 |
| Sähkönkehitys, höyry | 9500 |
| Sähkönkehitys, alakoski | 9600 |
| Voimalaitos, yhteiset | 9700 |
| Sähkönjakelu | 9800, 9900 |

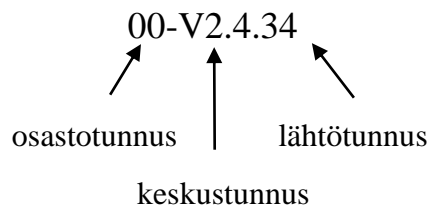
Täyssuolanpoisto sijoittuu vedenkäsittelyn prosessialueelle, jonka laajennettu positiosarja alkaa 91000. Positiosarjasta varattiin alue 91250–91400 täyssuolanpoiston positioille. Täyssuolanpoistoon liittyvien positioiden jakoperiaate on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12 Täyssuolanpoiston positiosarjat.

| Aliprosessi | Positiosarja |
|------------------------------------|--------------|
| Kemikaalit ja suolanpoistoyhteiset | 91250–91299 |
| Ioninvaihtosarja, pohjoinen | 91300–91399 |
| Ioninvaihtosarja, etelä | 91400–91499 |

5.1.4 Sähköpositiotunnukset

Tehtaan sähköpositiot muodostuvat kaksinumeroisesta osastotunnuksesta, syöttävän keskuksen tunnuksesta ja sähkölähdön tunnuksesta (kuva 9). Sähköpositio on hierarkkinen ja voi sisältää alakeskuksia.



Kuva 9 Sähköposition muodostus.

Sähkölaitepositioiden tunnuksat noudattavat piiripositioiden määrittäjä, lisättyä loppuosan lisämääreellä. Täyssuolanpoistoprojektin laitepositio-tunnuksilla käytetään taulukon 13 mukaisia lisämääreitä.

Taulukko 13 Sähkösuunnittelun laitepositioiden lisämääreet.

| Laitelaji | Signaalityyppi | Laitepositio |
|---------------|-----------------|--------------|
| Moottorihjaus | Käyntitieto | 00-P4.30K |
| Moottorihjaus | Sähkökeskusvika | 00-P4.30SK |
| Moottorihjaus | Turvakytkin | 00-P4.30TK |
| Moottorihjaus | Nopeusohje | 00-P4.30NO |
| Moottorihjaus | Virtamittaus | 00-P4.30A |

5.1.5 Laitemääritykset

Laitevalinnoissa on tavoitteena käyttää varastonimekkeellisiä tuotteita. Vedenkäsittelyn prosessialueella ei ole räjähdyshaaralliseksi luokiteltuja tiloja (ATEX).

5.1.6 Liitäntämääritykset

Yleisesti kaikissa kytkennöissä on pyrittävä moduulimaiseen rakenteeseen, jolloin yhden piirin kytkennöissä esiintyvät viat eivät saa aiheuttaa häiriöitä muille piireille.

Laitekytkennöissä pyritään käyttämään kaksijohdinkytkentöjä. Laitteiden analogisissa I/O-liitäntämissä on varmistettava galvaanisesta erotuksesta. Sulkuventtiileillä tulisi olla vähintään yksi rajakytkintieto.

Järjestelmäliityntöjä suunniteltaessa binääriset lähdöt toteutetaan NPN kytkennällä ja binääriset tulot PNP kytkennällä. Analogisissa järjestelmäliityntämissä sekä aktiivi- sekä passiivikytkennät ovat sallittuja.

5.1.7 Kaapelimääritykset

Instrumenttipiireillä laitekaapeleina käytetään kaapeli- ja parisuojattuja instrumentointikaapeleita. Moottoripiireillä järjestelmäliityntäkaapeleina voidaan käyttää kaapelisuojattuja kaapeleita.

5.1.8 Kilpimääritys

Automaatiosuunnittelun kilpimääritykset noudattavat tehdasstandardia. Taulukossa 14 on esitetty instrumentoinnin ja taulukossa 15 sähkösuunnittelun kilpimääritykset. Kilpityypit on määritelty Alma -tietokannassa ja kilpien tyyppiirustuksissa.

Taulukko 14 Instrumentoinnin kilpimääritykset.

| Kuvaus | Tyyppi | Kiinnitys | Koko | Materiaali | Kaiverrus | Teksti | Tausta |
|--------------|--------|------------|-------|-----------------|-----------|--------|-----------|
| Kotelokilpi | FB01 | teippaus | 80x30 | muovilaminaatti | takaa | musta | valkoinen |
| Laitekilpi 1 | FD01 | lanka | 70x20 | muovilaminaatti | takaa | musta | valkoinen |
| Laitekilpi 2 | FD02 | lanka | 40x10 | muovilaminaatti | takaa | musta | valkoinen |
| Kaapelikilpi | CA01 | johdinside | 70x20 | muovilaminaatti | takaa | musta | valkoinen |

Taulukko 15 Sähkösuunnittelun kilpimääritykset.

| Kuvaus | Tyyppi | Kiinnitys | Koko | Materiaali | Kaiverrus | Teksti | Tausta |
|-------------------|--------|------------|-------|-----------------|-----------|--------|-----------|
| Keskuskilpi | EC1 | teippaus | 80x30 | muovilaminaatti | takaa | musta | valkoinen |
| Lähtökilpi | EC2 | teippaus | 70x20 | muovilaminaatti | takaa | musta | valkoinen |
| Kaapelikilpi | EC3 | johdinside | 70x20 | muovilaminaatti | takaa | musta | valkoinen |
| Turvakytkin-kilpi | EC4 | teippaus | 70x20 | muovilaminaatti | takaa | musta | valkoinen |

5.1.9 Asennusmäärittely

5.1.10 Kenttäkoteloiden asennus

Kenttäkotelot sijoitetaan mahdollisimman lähelle kenttälaitteita suojaamaan paikkaan huomioiden ovien aukeaminen ja niin, että niistä ei aiheudu huomattavaa häiriötä. Kenttäkoteloiden asennuksessa käytetään alumiinisia seinäkiinnikkeitä. Paineilmasyöttöön asennetaan kaksiosainen suodinyksikkö vaihtoventtiilillä. Kenttäkoteloihin asennetaan kilpimäärityksien mukaiset kotelokilvet.

5.1.11 Kaapelihyllyjen asennus

Instrumentointikaapeleille rakennetaan niille varatut ja huomiomerkillä merkätyt hyllyreitit. Kaapelihyllyjen mutkakohdissa on huomioitava asennettävien kaapeleiden taivutussäteet.

5.1.12 Kaapeleiden asennus

Instrumentikaapelit asennetaan niille varatuille kaapelihyllyille. Kaapelit kiinnitetään kaarikiinnikkeillä ja johdinsiteillä. Laitteelle kaapeloinneissa ja läpivienneissä käytetään suojaputkituksia. Häiriömaadoitukset kytketään asianmukaisesti kenttäkoteloissa sekä ristikytkentäkaapissa apuna käyttäen eristemateriaaleja. Ruuviliitoksissa johtimen päässä, käytetään pääteholkkia. Kaapeleiden alku- ja loppupäähän asennetaan kilpimäärityksien mukaiset kaapelikilvet.

5.1.13 Kenttälaitteiden asennus

Kenttälaitteiden asennukset noudattavat asennustyyppiirustuksia. Laitteiden sijoitus putkistoihin toteutetaan putkisuunnitelman mukaisesti. Asennuksissa käytetään tukevia asennustelineitä tai kiinnikkeitä. Erilliset lähettimet asennetaan suojaisiin paikkoihin ja tarvittaessa suojataan, niin että niistä ei aiheudu huomattavaa häiriötä. Asennuksissa on huomioitava tilanvaraus laitteen huoltotoimenpiteille. Kenttälaitteisiin asennetaan kilpimäärityksien mukaiset laitekilvet.

5.1.14 Ristikytkennät

Ristikytkentä suoritetaan kiertoliitostekniikalla. Kierreliitoslangat soviteetaan järjestelmällisesti kouruihin, huomioiden koko kaapin kytkentäkapaositeetti. I/O-kaapin kehikoille asennetaan I/O-liuskat.

5.1.15 Virtaavien aineiden lyhenteet

Suunnittelussa käytetään standardin mukaisia virtaavien aineiden nimiä ja lyhenteitä (PSK 0901:2001, 1–14). Täyssuolanpoistoon liittyvät virtaava aineet on esitelty taulukossa 16.

Taulukko 16 Virtaavien aineiden lyhenteet (PSK 0901:2001, 1–14).

| Virtausaine | Lyhenne |
|--------------------------------|---------|
| Kemiallisesti puhdistettu vesi | VKE |
| Ionivaihdedettu vesi | VIV |
| Paineilma | IPA |
| Natriumkloridi | RNA |
| Natriumhydroksidi | ENA |
| Rikkihappo | ARI |
| Matalapainehöyry | HMP |

5.1.16 Kaavionäyttöjen määrittely

Kaavionäyttöjen suunnittelussa tavoitteena on esittää prosessin esittäminen johdonmukaisesti vasemmalta oikealle. Näytön koko tila pyritään käyttämään hyväksi ja laitteet sijoitetaan niin, että asettelu on tasapainossa. Yhteen näyttöön ei tulisi sijoittaa liikaa informaatiota. Suunnittelussa käytetään DNAuseEditorin DNAuse kirjastosymboleita, jolloin myös vältytään liian ahtaalta esitystavalta.

Värimäärittelykset

Kaavionäyttöjen suunnittelussa käytetään metsoDNA paperitehtaan värimäärittelyksiä (kuva 10) ja taulukon 16 mukaisia virtaavien aineiden lyhenneitä. Vedenkäsittelyn prosessialueella 3D-laiteväreinä käytetään värikoo-
deja 199/194.

| Paperitehtaan värimäärittely | | | | | |
|------------------------------|------------------------|-----|--------------------------------|-----|-------------------|
| 232 | Massa, hake, puru | 10 | Lisäaine | 237 | Neutralointiaine |
| 2 | Hylky, rejekti | 248 | Adhesive starch, binder starch | 250 | Pigmentti |
| 236 | VP höyry | 237 | AKD | 142 | Optinen kirkaste |
| 234 | KP höyry | 239 | Aluna | 239 | Hapete |
| 235 | MP höyry | 239 | Aluminaatti | 232 | Pasta |
| 7 | Lauhde | 241 | Vaahdonestoaine | 230 | Pihkatalkki |
| 246 | Jätevesi | 239 | Bentoniitti | 229 | Kipsi |
| 8 | Jäähdytysvesi | 241 | Biosiidi | 249 | Kiillotuskaoliini |
| 7 | Kiertovesi | 238 | Mustalipeä | 239 | Polymeeri |
| 7 | 0-vesi | 10 | Kalsiumstearaatti | 237 | Polyvinyyli |
| 7 | Puhdasvesi, tehdasvesi | 13 | Kalsiumkarbonaatti | 237 | Esipasta |
| 243 | Lämminvesi | 248 | Katoninen tärkkelys | 248 | Pulp size |
| 246 | Pesuvesi | 238 | Kaustinen sooda, NaOH | 237 | Hartsiliima |
| 223 | Raakavesi | 240 | CMC | 239 | Retentioaine |
| 223 | Tuorevesi, kem.puhd. | 11 | Päällistysväri | 241 | Ohenne |
| 246 | Tiivistevesi | 250 | Päällistyspigmentti | 228 | Hapate |
| 7 | Puhdassuodos | 11 | Värit | 250 | Erikoispigmentti |
| 222 | Samea suodos | 10 | Dispergointiaine | 227 | Rikkihappo |
| 241 | Ilma | 237 | Emulgointiaine | 237 | Pintaliima |
| 142 | Korvausilma | 237 | Kiinnitysaine | 230 | Talkkiliete |
| 241 | Tyhjä | 13 | Täyteainekarbonaatti | 10 | Sakeutusaine |
| 11 | Kaasu | 250 | Täyteainepigmentti | 237 | Märkälujaliima |
| 231 | Öljyt | 10 | Kovete | | |
| | | 229 | Vety sulfiitti | | |
| | | 10 | Liuotusaine | | |
| | | 249 | Mattakaoliini | | |
| | | 240 | Lateksi | | |
| | | 238 | Lipeä | | |
| | | 230 | Mikrotalkki | | |
| | | 238 | Natriumkarbonaatti | | |

Kuva 10 Metso DNAuse kaavionäyttöjen värimäärittelykset.

Prosessilinjat

Prosessilinjat piirretään värimäärityksien mukaisesti käyttäen taulukon 17 määrityksiä. Linjojen ylityksissä katkaistaan pystysuuntaan kulkeva linja ja vaakalinjat säilytetään ehyenä.

Taulukko 17 Linjavahvuudet.

| Linja | Viivan vahvuus | Viivatyppi |
|-----------|----------------|------------|
| Päälinjat | 200 | Dark pipe |
| Apulinjat | 100 | Dark pipe |

Kirjasinmääritykset

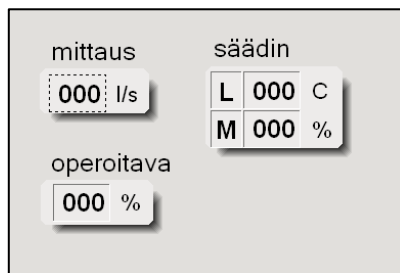
Käytettävät kirjasinlajit ja -koot on esitelty taulukossa 18. Erikoistapauksissa tekstin kokomäärityksestä voidaan poiketa, jos tämä parantaa näytön luettavuutta. Tekstit alkavat isolla alkukirjaimella. Suuraakkosin kirjoitettuja tekstejä ei käytetä.

Taulukko 18 Kirjasinmääritykset.

| Käyttökohde | Kirjasinlaji | Koko |
|---------------------------------|--------------|---------------------|
| Numeeriset arvot | Arial Bold | Medium (100 %) |
| Yksiköt | Sans Serif | Small-Medium (88 %) |
| Dynaamiset tekstit | Arial Bold | Medium (100 %) |
| Staattiset tekstit kehyksissä | Sans Serif | Small-Medium (88 %) |
| Staattiset tekstit pohjakuvassa | Arial bold | Medium (100 %) |
| Taulukon otsikkotekstit | Arial bold | Small-Medium (88 %) |
| Taulukon rivitekstit | Sans Serif | Small-Medium (88 %) |

Mittaukset ja säätimet

Numeeriset arvot esitetään tavallisesti kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella. Säätimen ohjaustahoa kuvaava symboli sijoitetaan liittyvän mittauksuureen viereen. Asetusarvon tai operoitavan parametrin ympärillä olevan alueen (value area) tyyppinä käytetään upotettua kehystä (panel in) (kuva 11).



Kuva 11 Mittaukset ja säätimet.

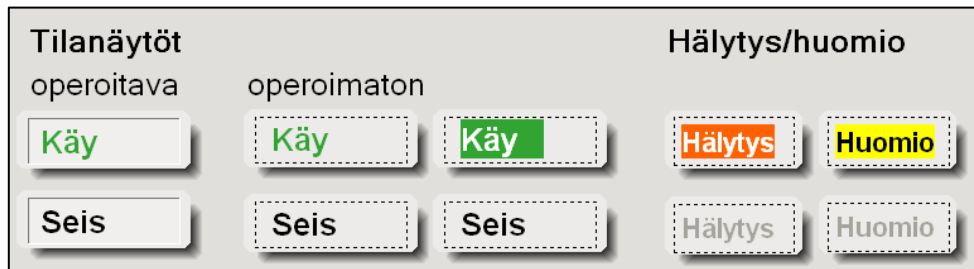
Binääriset tilat

Binääristen tilojen värikoodeina käytetään taulukon 19 määrityksiä. Hälytysvärejä käytetään vain hälytystarkoituksiin. Tavanomaista poikkeavissa tiloissa käytetään keltaista huomioväriä. Operoitavissa kohteissa käytetään

upotetulla kehyksellä (panel in) olevaa symbolia. Kuvassa 12 on esitetty esimerkkejä binääristen symbolien käytöstä.

Taulukko 19 Binääristen painikkeiden ja tilanäyttöjen värimääriykset.

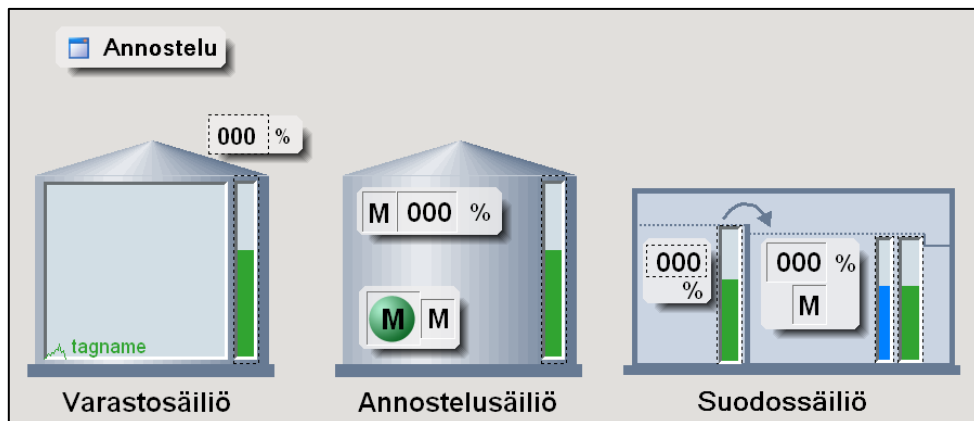
| Kuvaus | Edusta | Tausta |
|-------------------------------|-----------------|-------------------|
| Tila, aktiivinen | 7 (Light green) | 252 (Light shade) |
| Tila, aktiivinen (korostettu) | 104 (White) | 7 (Light green) |
| Tila, passiivinen | 55 (Black) | 252 (Light shade) |
| Hälytys, aktiivinen | 104 (White) | 6 (Alarm orange) |
| Huomio, aktiivinen | 55 (Black) | 286 (Yellow) |
| Hälytys/huomio, passiivinen | 176 (Gray) | 16 (Transparent) |



Kuva 12 Binääriset painikkeet sekä tilanäytöt aktiivisessa ja passiivisessa tilassa.

Säiliöt

Säiliöiden patsaat esitetään mittausta kuvaavalla vihreällä patsaalla (väri 7) leveydellä 400 px. Asetusarvoa voidaan kuvata kapeammalla sinisellä (väri 241) patsaalla. Säiliön sisään voidaan sijoittaa historiatrendi, yleensä 2 tunnin historiapuskurilla. Säiliöstä voidaan esittää myös poikkileikkaus havainnollistamaan prosessin kulkua (kuva 13).



Kuva 13 Säiliöiden esitystavat.

5.2 Piiripositio- ja laitepositioluettelot

Piiri- ja laitepositioluettelon laatimisessa, lähtötietojen keräämiseen käytettiin Excel -pohjaista automaatio suunnitelmaa (kuva 14). Piireille määriteltiin positiotunnukset ja nimittekstet määrittelyaineiston mukaisesti.

Automaatio suunnitelma sisältää kaikki kenttä- ja sovellussuunnittelussa tarvittavat tiedot, joita täydennetään projektin eri vaiheissa. Taulukko sisältää yhteensä 40 saraketta, jotka on ryhmitelty näytettäväksi projektin eri vaiheissa. Lähtötietojen valmistuttua, täytetyt tiedot importoitii Alma - tietokantaan. Automaatio suunnitelman viimeinen käyttötarkoitus on koe-ustuspöytäkirjan ylläpito.

| Revisio/ Toiminto | | Työselostus | Positio | Nimi 1 | Nimi 2 | Laitepositio | SAP nimeke | Tyyppi | Mitta-alue | DCS alue MIN | DCS alue MAX | DCS Yksikkö | FBC | Kortti | Osoite | I/O-kaappi | Liityntä-levytyyppi | Liityntä-Nro. | RK-kaappi | |
|-------------------|--|-------------|---------------|----------------------|-------------------|--------------|------------|--|-------------|--------------|--------------|-------------|-----|--------|--------|------------|---------------------|---------------|-----------|--------|
| A1 | | | 00-TI-91251 | SUOLANPOISTO VKE | TULOLÄMPÖTILA | 00-TE-91251 | | VB-1xPT100-WM/60F-A-3-BUZH-160-AISI316 | | | | | | | | | | | | |
| A1 | | | | | | 00-TT-91251 | | PRS331A3B1 | 0-50 C | 0 | 50 | C | 2 | AIU8LC | 8.5.0 | 1JK928 | AXJ | 1 | 1RK928 | |
| A1 | | | 00-FFIC-91252 | SUOLANPOISTO POHJ. | SARJA TULOVIRTAUS | 00-FE-91252 | | ALTOFLUX IFS 4000 DN40/PN40 | | | | | | | | | | | | |
| A1 | | | | | | 00-FT-91252 | | IFC 110 F/D HART | 0-20 m3/h | 0 | 20 | m3/h | 2 | AIU8LC | 8.8.0 | 1JK928 | AXJ | 1 | 1RK928 | |
| A1 | | | | | | 00-FV-91252 | | R1LA040AJJK-BC6-NE724D | | 0 | 100 | % | 2 | AOU4LC | 8.9.0 | 1JK928 | AXJ | 1 | 1RK928 | |
| A1 | | | 00-FFIC-91253 | SUOLANPOISTO ETELÄ | SARJA TULOVIRTAUS | 00-FE-91253 | | ALTOFLUX IFS 4000 DN40/PN40 | | | | | | | | | | | | |
| A1 | | | | | | 00-FT-91253 | | IFC 110 F/D HART | 0-20 m3/h | 0 | 20 | m3/h | 2 | AIU8LC | 8.8.1 | 1JK928 | AXJ | 1 | 1RK928 | |
| A1 | | | | | | 00-FV-91253 | | R1LA040AJJK-BC6-NE724D | | 0 | 100 | % | 2 | AOU4LC | 8.9.1 | 1JK928 | AXJ | 1 | 1RK928 | |
| A1 | | | 00-TIC-91256 | SUOLANP.LAIMENNUS- | VESI LÄMPÖTILA | 00-TE-91256 | | VB-1xPT100-WM/60F-A-3-BUZH-160-AISI316 | | | | | | | | | | | | |
| A1 | | | | | | 00-TT-91256 | | PRS331A3B1 | 0-100 C | 0 | 100 | C | 2 | AIU8LC | 8.8.2 | 1JK928 | AXJ | 1 | 1RK928 | |
| A1 | | | | | | 00-TV-91256 | | RAA025AS-EJ05H-ND9103HN | | 0 | 100 | % | 2 | AOU4LC | 8.9.2 | 1JK928 | AXJ | 1 | 1RK928 | |
| A1 | | | 00-FIC-91257 | SUOLANP.LAIMENNUS- | VESI VIRTAUS | 00-FE-91257 | | ALTOFLUX IFS 4000 DN 20 | | | | | | | | | | | | |
| A1 | | | | | | 00-FT-91257 | | KROHNE SC100AS | 0-3000 l/h | 0 | 3000 | l/h | 2 | AIU8LC | 8.8.3 | 1JK928 | AXJ | 1 | 1RK928 | |
| A1 | | | | | | 00-FV-91257 | | C05-R1LA025AJJK-B1CU6/15-NE724S | | 0 | 100 | % | 2 | AOU4LC | 8.9.3 | 1JK928 | AXJ | 1 | 1RK928 | |
| A1 | | | 00-LI-91260 | SUOLA LIUOTUSSÄILIÖ | PINTA | 00-LT-91260 | | HG4542SH Yhde G1 M546197 AISI316L | 0-1.7 mH2O | 0 | 100 | % | 2 | AIU8LC | 8.5.1 | 1JK928 | AXJ | 1 | 1RK928 | |
| A1 | | | 00-HS-91261 | SUOLA LIUOTUSSÄILIÖ | VESI SULKU | 00-HSV-91261 | | | | | | | | 2 | BOU8 | 9.5.0 | 1JK928 | AXJ | 3 | 1RK928 |
| A1 | | | | | | 00-HV-91261 | | HPH25+T632+RKI2 | | | | | | 2 | BIU8-4 | 9.6.0 | 1JK928 | AXJ | 3 | 1RK928 |
| A1 | | | | | | 00-HV-91261K | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 | | | 00-LI-91262 | SUOLA ANNOSTELUSÄIL. | PINTA | 00-LT-91262 | | Vega SON52K | 0.5-2.4 mH0 | | 100 | % | 2 | AIU8LC | 8.5.2 | 1JK928 | AXJ | 1 | 1RK928 | |
| A1 | | | 00-HS-91263 | SUOLA ANNOSTELULINJA | HUUHELTA SULKU | 00-HSV-91263 | | | | | | | | 2 | BOU8 | 9.5.1 | 1JK928 | AXJ | 3 | 1RK928 |
| A1 | | | | | | 00-HV-91263 | | HPH25+T632+RKI2 | | | | | | 2 | BIU8-4 | 9.6.1 | 1JK928 | AXJ | 3 | 1RK928 |
| A1 | | | | | | 00-HV-91263K | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 | | | 00-HS-91264 | SUOLA ANNOSTELUSÄIL. | TASAUS SULKU | 00-HSV-91264 | | | | | | | | 2 | BOU8 | 9.5.2 | 1JK928 | AXJ | 3 | 1RK928 |
| A1 | | | | | | 00-HV-91264 | | HPH20-RC210DA-E4LQ2-IS5026 | | | | | | 2 | BIU8-4 | 9.6.2 | 1JK928 | AXJ | 3 | 1RK928 |
| A1 | | | | | | 00-HV-91264K | | | | | | | | | | | | | | |

Kuva 14 Näyte automaatio suunnitelman lähtötiedoista.

5.3 Prosessisuunnittelu ja putkisuunnittelu

Täyssuolanpoiston alustava PI-kaavio täydennettiin esisuunnitelmien mukaisesti. Kaavioon täydennettiin piiri- ja laitepositioluettelon mukaiset tunnuksat. PI-kaavio noudattaa standardin mukaisia prosessiteollisuuden virtauskaavioiden piirrosmerkkejä (PSK 3601:2007, 1–39). Täyssuolanpoistoprosessin täydellinen PI-kaavio on esitetty liitteessä 50.

PI-kaavion pohjalta toteutettiin putkisuunnittelu ja liittyvät työpiirustukset. Putkisuunnittelun toteutuksesta vastasi Botnia Mill Service.

5.4 Prosessikuvaus

Täyssuolanpoisto, PI-kaavio 8-02 (liite 50)

Kattilalisävedellä korvataan lauhde- ja ulospuhallushäviöiden aiheuttama vaje lauhdevesijärjestelmässä. Lisäveden valmistuksessa täyssuolanpoistoprosessin tarkoituksena on poistaa kemiallisesti puhdistetusta vedestä kaikki ionit, jolloin syntyy suolatonta kattilalisävetettä.

Kemiallisesti puhdistettu vesi pumpataan UV-puhdistimen (8-02L11) kautta ioninvaihtosarjoille flotaatiolta 1 (8-01L01) kemiallisen veden pumpulla (8-01P06 tai 8-01P07). UV-puhdistimen tehtävä on hajottaa veden mikro-organismit ennen suolanpoistoa.

Ioninvaihtosarjan toiminta-alue on 3-12 m³/h. Sarjan jälkeen vesi johdetaan lisävesisäiliöön (8-02S09), jonka tilavuus on 40 m³.

Sarjan tulovirtausta säädetään sarjakohtaisella humussuotimen tulovirtaus-säätöventtiilillä (00-FV-91252 tai 00-FV-91253). Sarjan vastapainetta säädetään viimeisen suotimien jälkeisellä yhteisellä säätöventtiilillä (00-PV-91286). Sarjojen käyttöjaksoon liittyvät säätöpiirit on esitetty taulukossa 20.

Taulukko 20 Sarjojen tulovirtaus- ja painesäätöpiirit.

| Positio | Nimi |
|---------------|--------------------------------------|
| 00-FFIC-91252 | Suolanpoistosarja pohjoinen, virtaus |
| 00-FFIC-91253 | Suolanpoistosarja etelä, virtaus |
| 00-PIC-91286 | Suolanpoistosarjat, vastapaine |

5.4.1 Täyssuolanpoistolaitteisto

Täyssuolanpoistolaitteisto koostuu kahdesta erillisestä suolanpoistosarjasta.

- suolanpoistosarja pohjoinen
- suolanpoistosarja etelä.

Sarja koostuu viidestä peräkkäisestä suotimesta. Suotimien tilavuudet ja ionivaihdettavan veden kapasiteetti on esitetty taulukossa 21. Humussuotimen kapasiteetti vaihtelee veden laadun mukaan, vuodenaikasta riippuen. Suotimilla on käytössä taulukon 22 mukaiset ioninvaihtomassat.

Taulukko 21 Suotimien kapasiteettiarvot.

| | Humus | H1 Kationi- vaihdin | OH Anioni- vaihdin | H2 Kationi- vaihdin | SiO ₂ Anioni- vaihdin |
|---|---------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| Suotimen tilavuus, l | 1700 | 2500 | 2500 | 1700 | 1700 |
| Hartsimassan määrä, l | 1000 | 900 | 1000 | 700 | 800 |
| Ioninvaihtokapasiteetti, m ³ | 500–550 | 750 | 750 | 2250 | 2250 |

Taulukko 22 Ioninvaihtomassat (tilanne 30.9.2011).

| | Humus | H1 | OH | H2 | SiO ₂ |
|-------------------|----------------------|---------------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| Valmistaja | Rohm and Haas | Rohm and Haas | Purolite | Rohm and Haas | Rohm and Haas |
| Tuotenimi | Amberlite IRA 900 Cl | Amberlite IR 120 NA | Pyrofine PFA100 | Amberlite IR 120 NA | Amberlite IRA 402 CG |
| Tyyppi | vahva anioni | vahva kationi | heikko anioni | vahva kationi | vahva anioni |

Ionivaihdetun lisäveden johtokykyarvot mitataan suodinparikohtaisilla johtokykymittauksilla. Johtokykyarvot on täytettävä taulukossa 23 esitetyt vaatimukset.

Taulukko 23 Johtokykyvaatimukset täyssuolanpoistossa.

| | Humus | H1 | OH | H2 | SiO ₂ |
|---|--------|---------|-------|-----|------------------|
| Johtokyky, $\mu\text{S/cm}$ | 70–100 | 200–300 | 0,3-3 | < 5 | 0,15–0,5 |

Käyttöjakson aikana ionivaihdetun veden määrää seurataan suodinkohtaisilla virtauslaskureilla. Virtauslaskurin lähestyessä suotimen ioninvaihtokapasiteettia, generoidaan ennakoiva hälytys suotimen ehtymisestä. Virtauslaskurin saavuttaessa määrätyn ioninvaihtokapasiteetin, on suoritettava sarjan vaihto. Sarjan vaihdon jälkeen suoritetaan ehtyneiden suotimen elvytys. Suotimilla joilla jää käyttämätöntä ioninvaihtokapasiteettia, jäävät odottamaan seuraavaa sarjanvaihtoa varten.

5.4.2 Sarjan käynnistys ja pysäytys

Lisäveden valmistuksen käyntiä ohjataan sarjakohtaisilla käynnistys- ja pysäytyssekvensseillä (taulukko 24). Valmistus aloitetaan käynnistämällä sarjan käynnistyssekvenssi. Mikäli rinnakkainen sarja on käynnissä, pysähtyy se automaattisesti pysäytyssekvenssin ohjaamana.

Taulukko 24 Sarjojen käynnistys- ja pysäytyssekvenssit.

| Positio | Nimi |
|-----------|---|
| 00-SP1KAY | Suolanpoistosarja pohjoinen, käynnistys |
| 00-SP1PYS | Suolanpoistosarja pohjoinen, pysäytys |
| 00-SP2KAY | Suolanpoistosarja etelä, käynnistys |
| 00-SP2PYS | Suolanpoistosarja etelä, pysäytys |

Käynnistysvaiheessa sarjan jokainen suodin käyttöhuuhdellaan sekvenssin käynnistysasetuksien mukaisesti. Vaadittavat johtokykyarvot on esitetty taulukossa 25.

Taulukko 25 Sarjan käyttöönotossa vaadittavat johtokykyarvot.

| | Humus | H1 | OH | H2 | SiO ₂ |
|--|-------|-------|------|------|------------------|
| Johtokyky $\mu\text{S/cm}$ | < 120 | < 800 | < 30 | < 80 | < 5 |

Humussuodin huuhdellaan erillisenä huuhteluna suoraan elvytysjätevesikaivoon. Loput suotimet huuhdellaan sarjana, jossa viimeisen suotimen SiO₂ vesi ohjataan elvytysjätevesikaivoon. Elvytysjätevesikaivosta jätevesi pumpataan kaupungin vedenpuhdistamolle.

5.4.3 Suotimen elvytyksen käynnistys

Pysäytetyn sarjan suodin elvytetään käynnistämällä suotimen elvytyssekvenssi (taulukko 26). Jos sarjassa on useampi ehtynyt suodin, elvytetään ne yksi kerrallaan. Ennen elvytyksen käynnistämistä on tarkistettava suodinkohtaiset elvytysasetukset. Sekvenssi suorittaa vaiheittain suodinkoh-taisen elvytysohjelman.

Elvytyssekvenssin päävaiheet ovat:

- vastavirtahuuhtelu 1
- ilmapuhallus
- vastavirtahuuhtelu 2
- suotimen lämmitys (vain OH ja SiO₂)
- elvytyskemikaalien annostelu
- ilmapuhallus
- syrjäytyshuuhtelu, lämmin vesi (vain OH ja SiO₂)
- syrjäytyshuuhtelu, kylmä vesi
- näytteenotto.

Taulukko 26 Sarjojen elvytyssekvenssit.

| Positio | Nimi |
|----------|---|
| 00-SP1SC | Humussuodin pohjoinen, elvytys |
| 00-SP1K1 | H1 -suodin pohjoinen, elvytys |
| 00-SP1A1 | OH -suodin pohjoinen, elvytys |
| 00-SP1K2 | H2 -suodin pohjoinen, elvytys |
| 00-SP1A2 | SiO ₂ -suodin pohjoinen, elvytys |
| 00-SP2SC | Humussuodin etelä, elvytys |
| 00-SP2K1 | H1 -suodin etelä, elvytys |
| 00-SP2A1 | OH -suodin etelä, elvytys |
| 00-SP2K2 | H2 -suodin etelä, elvytys |
| 00-SP2A2 | SiO ₂ -suodin etelä, elvytys |

5.4.4 Elvytyskemikaalit

Suolaliuos

Kylläistä suolaliuosta käytetään lämpimällä vedellä laimennettuna humus-suotimien elvytykseen. Suolaliuos valmistetaan suolan liuotussäiliössä (8-02S06). Kiinteä suola täytetään liuotussäiliöön, kun säiliön liukeamaton suola alkaa olla lopussa. Suolan liuotusaika on noin 24 tuntia, jonka jäl-keen liuos on riittävän lähellä kylläistä liuosta (n.31 m-%). Kylläinen liuos johdetaan liuotussäiliön pohjalla olevan hiekkapedin lävitse annostelusäi-liöön (8-02S07).

Natriumhydroksidi, lipeä

Lipeää käytetään lämpimällä vedellä laimennettuna humus, OH ja SiO₂ suotimien elvytyksiin. Lipeä annostellaan suoraan tehtaan runkolinjan kautta, pastakeittiön lipeän varastosäiliöstä (43S02).

Rikkihappo

Rikkihappoa käytetään laimennettuna H1 ja H2 -suotimien elvytyksiin. Rikkihappo täytetään annostelukonttiin (8-02S03), josta se pumpataan suotimelle taajuusmuuttajakäyttöisellä annostelupumpulla (8-02P04).

Taulukossa 27 on esitetty elvytyskemikaalien kauppatavaratiedot.

Taulukko 27 Kemikaalien kauppatavaratiedot.

| | Tiheys, kg/l | Pitoisuus, m-% | CAS-numero |
|--------------------------------|--------------|----------------|------------|
| NaCl (kiinteä) | 2,16 | 100 | 7647-14-5 |
| NaOH | 1,51 | 48 | 7664-93-9 |
| H ₂ SO ₄ | 1,7 | 93 | 7664-93-9 |

Suodinkohtaiset elvytyskemikaalit laimennetaan ja annostellaan taulukon 28 mukaisiin arvoihin. Humus, OH ja SiO₂ -suotimille laimennusvesi lämmitetään lämmönvaihtimen (8-02L14) avulla käyttäen matalapainehöyryä.

Humussuotimilla suolaliuos annostellaan kahdessa vaiheessa, joiden välissä suoritetaan lipeän annostelu.

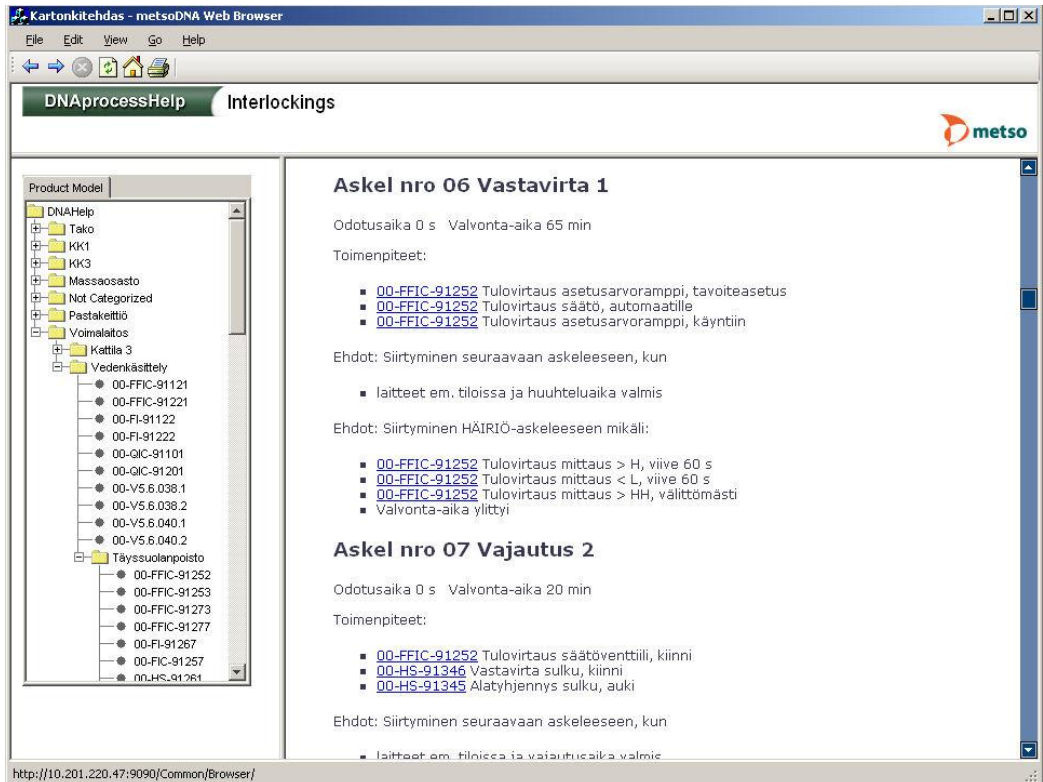
H1 ja H2 -suotimilla elvytyskemikaali annostellaan kahdessa vaiheessa, käyttäen eri pitoisuuksia.

Taulukko 28 Suodinkohtaiset kemikaalien elvytysarvot.

| | Laimennusvesi | | Kemikaali | Pitoisuudet, m-% | Määrät, l | Kontaktiajat, min |
|------------------|---------------|--------------|--------------------------------|------------------|-----------|-------------------|
| | Virtaus, l/h | Lämmitys, °C | | | | |
| Humus | ~1000 | 40 | NaCl | 12 | 250+250 | 30+30 |
| | ~1000 | 40 | NaOH | 13 | 40 | 10 |
| H1 | 2000 | - | H ₂ SO ₄ | 5 ja 10 | 70+70 | 60+30 |
| OH | 1700 | 40 | NaOH | 4 | 300 | 180 |
| H2 | 2000 | - | H ₂ SO ₄ | 5 ja 9 | 35+35 | 30+17 |
| SiO ₂ | 1700 | 40 | NaOH | 4 | 150 | 90 |

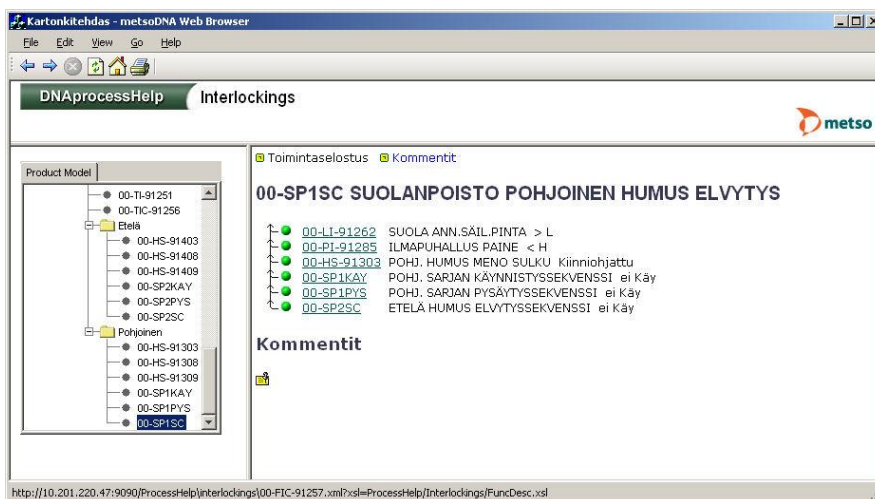
5.5 Toimintakuvaukset

Piirikohtaiset toimintakuvaukset laadittiin automaatiojärjestelmän DNAProcessHelp -portaaliin. DNAProcessHelp on integroitu DNAuse -käyttöliittymään, jonka kautta koko tehtaan toimintakuvaukset ovat luettavissa (kuva 15).



Kuva 15 DNAProcessHelp -portaali.

Piirikohtaiset toimintakuvaukset ovat vakiorakenteisia, joka helpottaa luettavuutta. Sekvenssien toimintakuvauksissa on lisäksi esitetty askelkohtaiset ehdot ja toimenpiteet. Lukitusikkunat ovat dynaamisia, joista voidaan tulkita lukitusehtojen tilat sekä lukituskaapparin ilmoittama ensimmäinen lukituksen syy (kuva 16).



Kuva 16 Lukitusikkuna.

Piirikohtainen toimintakuvaus sisältää otsikot:

- toiminta ja tarkoitus
- toiminta ylös- ja alasajossa
- tiedot muihin piireihin
- piirin hälytykset
- ohjauspaikka
- muutoshistoria.

Liitteissä 44–49 on esitetty esimerkkejä projektin toimintakuvauksista.

6 JÄRJESTELMÄSUUNNITTELU

6.1 Järjestelmäresurssit

Esisuunnitteluaineiston perusteella kartoitettiin D-osajärjestelmän käytettävissä oleva I/O-kapasiteetti. Vedenkäsittelyn olemassa olevat liitännät sijaitsevat VME-tyyppisellä prosessiasemalla DP03. Täyssuolanpoiston automatisointi päätettiin myös liittää samalle prosessiasemalle. Prosessiaseman vapaa käytettävissä oleva I/O-määrä oli kuitenkin riittämätön, joten I/O-kapasiteettia oli lisättävä.

Taulukossa 29 on esitetty prosessiaseman resurssit lisättävää I/O-laajennusta varten. Prosessiaseman CPU kuorma, 13 % (hälytysraja 60 %) oli alhainen. Kenttäväyläohjaimen FBC prosessorikuorma, 26 % (hälytysraja 60 %) oli alhainen, mutta vapaa muisti 69 kB (hälytysraja 60 kB) oli melko vähissä. Kenttäväyläohjaimen muistin vähäisyyden vuoksi se päätettiin vaihtaa seuraavassa tehdasseisokissa FBC2 8M ohjaimen (Metso Automation 2006b.).

Taulukko 29 DP03 Prosessiaseman resurssit ennen laajennusta.

| Yksikkö | Kuorma | Vapaa muisti | Tyyppi |
|-------------------|--------|--------------|------------|
| Suoritusyksikkö | 13 % | 24,5 MB | CPU60e 32M |
| Kenttäväyläohjain | 26 % | 69 kB | FBC2 2M |

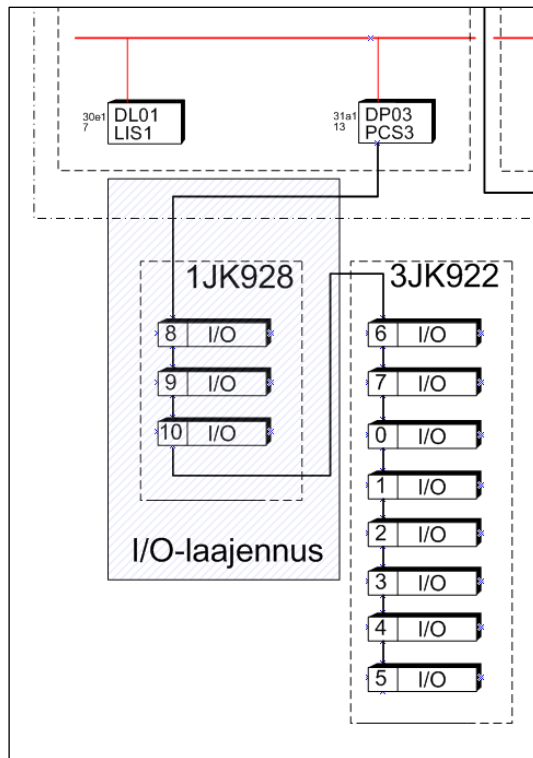
6.2 I/O-laajennus

Prosessiaseman DP03 I/O-laajennukset toteutettiin käyttämällä käytöstä poistunutta A-osajärjestelmän järjestelmäkapasiteettia. A-osajärjestelmästä päätettiin vapauttaa yksi I/O-kaappi voimalaitoksen D-osajärjestelmän käyttöön. Siirrettävässä I/O-kaapissa oli muutamia tehtaan yhteiskäytössä olevia liityntöjä, jotka oli siirrettävä toiseen I/O-kaappiin.

Siirretylle I/O-kaapille annettiin uusi tunnus 1JK928 ja se asennettiin voimalaitoksen sähköautomaatiotilaan ST105. I/O-kaappiin määritettiin kytkentäpaloilla kolme uutta I/O-kehikkoa PIC8, 9 ja 10 prosessiaseman DP03 käyttöön.

Kaapille kytkettiin 3 x 400 VAC 16 A sähkönsyöttö samassa sähkötilassa olevalta sähkönsyöttökaapilta V1.17.4 syöttöryhmästä 32.

Kenttäväylä vedettiin samassa sähkötilassa olevalle prosessiasemalle, jossa se liitettiin olemassa olevan kenttäväylän kanssa sarjaan (kuva 17). Kytkenämuutokset tehtiin kartonkikone 1 seisokissa. Tällöin voimalaitoksen vedenkäsittely oli kuitenkin käynnissä. Kenttäväylän kytkentämuutokseen on 10 sekuntia aikaa, ennen kuin väylän järjestelmädiagnostiikka reagoi. Kytkenämuutos onnistui ilman ylimääräisiä häiriöitä ja tuotanto jatkui normaalisti.



Kuva 17 Prosessiaseman I/O-laajennus.

6.3 Järjestelmädokumentointi

Osajärjestelmän DNAnetworkDesigner järjestelmäkaavio (liite 2) ja sähkötilan layout piirustus päivitettiin muutoksia vastaavaan tilanteeseen. Myös I/O-kaapista luotiin uusi DNAnetworkDesigner layout kaavio (liite 3). I/O-kaapin layout kaavion perusteella laadittiin kenttäsuunnitteluvaiheen valmistuttua myös I/O-liuskat (7.4).

7 KENTTÄ- JA SÄHKÖSUUNNITTELU

7.1 Kenttälaitteiden tarkennukset

Esisuunnitteluvaiheessa automatisoitavaksi valituiden laitteiden kytkentätilat, laitetypit, -materiaalit ja -asennukset oli tarkennettava lopulliseen versioon.

7.1.1 Instrumenttipiirit

Sulkuventtiileiksi valittiin haponkestävät AISI 316L palloventtiilit PTFE -tiivisteillä. Osa venttiileistä oli käytöstä poistuneita Jouka täysiaukkoisia palloventtiileitä Pneuto toimilaitteella ja rajakytkinpaketilla. Käytettyjä venttiileitä asennettiin vähemmän kriittisiin käyttökohteisiin. Uudet sulkuventtiilit olivat Maper täysiaukkoisia palloventtiileitä Remote Control toimilaitteella ja rajakytkinpaketilla varustettuna.

Säätöventtiileiksi valittiin käytöstä poistuneet hyväkuntoiset Neles R1 -sarjan ja RA -sarjan segmenttiventtiilit. Segmenttiventtiilien ominaiskäyrät ovat tasaprosenttisia, jolla saavutetaan hyvät virtaussäätöominaisuudet.

Suotimien pinnankorkeuden valvontaan valittiin Endress+Hauser FLT50 -sarjan pintakytkimet, jonka toiminta perustuu haarukka-anturissa tapahtuvan värähtelytaajuuden muutoksiin. Suotimien täytyy olla normaalisti täynnä vettä, joka estää hartsimassojen kuivumisen. Suotimet ovat sisäpuolelta kumipinnoitettuja, jonka vuoksi säiliöön tehtävien ylimääräisten mittaussyhteiden hitsaamiselta haluttiin välttyä. Ongelma ratkaistiin suunnittelemalla pintakytkimille erilliset mitta-astiat olemassa olevaan ilmauslinjaan (kuva 18). Suotimen täyttö suoritetaan ilmauslinjan sulkuventtiilin ollessa avoinna. Suotimen täytyessä vedellä, täyttyy myös ilmauslinjassa oleva mitta-astia ja vastaavasti tyhjenee alakautta suotimen vajautuessa. Tällä ratkaisulla muutostyö todettiin mahdolliseksi myös hartsimassoja suotimesta poistamatta, joka osaltaan nopeutti tehtävää muutostyötä.



Kuva 18 Suotimen pinnankorkeuden ylärajakytkimen mitta-astia.

Suotimien painemittauksille valittiin suurimmaksi osaksi käytöstä poistuneita Wika 891.13 -sarjan painelähtimiä. Loput painelähtimet olivat uusia Wika S-11 -sarjan lähtimiä. Ilmapuhalluslinjan painemittaukselle valittiin käytöstä poistunut tarkempi Rosemount 2088 -sarjan painelähtin. Kaikkien käytettyjen lähtimien toiminta testattiin kalibraattorilla.

Suolan liuotussäiliön pinnankorkeuden mittaukseen valittiin käytöstä poistunut Satron HG4 -sarjan lähtin. Suolan annostelusäiliöön valittiin käytöstä poistunut Vega SON52K ultraäänilähtin.

Rikkihapposäiliön pintamittaukselle valittiin uusi Endress+Hauser Liquicap M FMI51 -sarjan kapasitiivinen pintalähtin. Säiliön valuma-altaan pintavahdiksi valittiin kunnoltaan uutta vastaava Endress+Hauser FTM50 -sarjan haarukka-anturin värähtelyyn perustuva pintakytkin.

Virtausmittauksiin valittiin Krohne magneettiset käytetyt virtausmäärämittarit. Lähtimet olivat sarjaa IFC 110 ja SC100AS. Anturit olivat tyypiltään ALTOFLUX IFS 4000 ja ALTOFLUX IFS 5000. Laimennusveden virtausmittaukseksi valittiin Foxboro 84W -sarjan pyörreanamittari.

Lämpötilamittauksille valittiin käytöstä poistuneet Autrol VB -sarjan Pt-100 elementillä varustetut lämpötila-anturit ja anturikoppaan asennettavat PR electronicsin PRtop 5300 -sarjan ohjelmoitavat lämpötilalähtimet.

7.1.2 Sähköpiirit

Rikkihapon pumppaukseen oli jo käytössä oleva Liquiflo 35R hammaspyöräpumppu, varustettuna 0.55 kW 500 V 50 Hz ABB M2AA oikosulkumoottorilla. Moottorille valittiin uusi 500 V sähkölähtö, jossa oli käytöstä vapautunut Vacon 0.75CXL5 taajuusmuuttaja ja moottorikaapelointi sekä olemassa olevat järjestelmäliitynnät. Olemassa olevia moottorikaapeleita oli myös mahdollista hyödyntää ja kääntää ne uuteen käyttökohteeseen.

7.2 Kytkenätilat

7.2.1 Kenttäkotelot

Kenttäkoteloita tarvittiin kolme kappaletta. Kotelot sijoitettiin mahdollisimman lähelle käyttökohdetta ja parhaaseen mahdolliseen sijaintiin runkokaapelointia ajatellen. Koska sulkuventtiilien lukumäärä oli erittäin suuri, tavanomainen tehtaalla käytetty kenttäkoteloratkaaisu oli riittämätön. Tästä syystä kenttäkoteloista kaksi oli kalustukseltaan perinteisiä ja kolmas erikoismalli, joka oli tarkoitettu pääasiassa sulkuventtiilikytkennöille.

Kenttäkoteloille määriteltiin 230 VAC 16 A sähkönsyötöt sähkötilan ST105 sähkönsyöttökaapista V1.17.4. Syötöt lisättiin sähkönsyöttökaapin pääkaavioon ja kenttäkoteloista suunniteltiin FdCAD layout piirustukset (esim. liite 13).

7.2.2 Kaapelointi

Runko- ja laitekaapeleiden kaapelihyllynä käytettiin Hyxal kaapelihyllyjärjestelmän tuotteita. Runkokaapelihyllyt olivat osaksi olemassa, mutta laitekaapelihyllyt oli rakennettava. Projektissa käytetyt kevyet kaapelihyllytyypit on esitetty taulukossa 30.

Taulukko 30 Kaapelihyllyt.

| Kaapelointi | Hyllytyypit | Sisämitat |
|------------------|-------------|-------------|
| Runkokaapelointi | KA 50 | 500 x 39 mm |
| Laitekaapelointi | KA 12 | 120 x 38 mm |
| Laitekaapelointi | KA 20 | 200 x 38 mm |

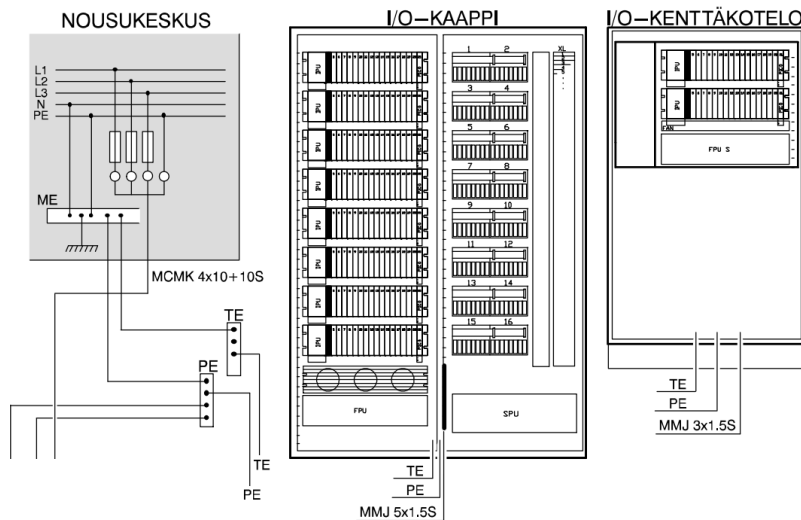
Runkokaapeleiden vetoreitin pituudeksi varmistui esisuunnitelman mukainen 50 metriä. Kaapeleiksi valittiin laitetypin mukaan taulukon 31 mukaiset perustyyppit, laitteen tarvitsemasta tarkasta johdinlukumäärästä huolimatta. Lisäksi virtausantureilla käytettiin laitevalmistajan määrittelemiä erikoiskaapeleita.

Taulukko 31 Kaapeleiden tyyppimerkinnot.

| Kaapelilaji | Kaapelityyppi |
|----------------------|------------------------------|
| Runkokaapelit | JAMAK 24x(2+1)x0,5 |
| Laitekaapelit | JAMAK 2x(2+1)x0,5 |
| Yhdistelmäkaapelit | 2x6/4 PE + JAMAK 2x(2+1)x0.5 |
| Sähkönsyöttökaapelit | MMJ 3x1.5S |

7.2.3 Maadoitukset

Suoja- ja häiriömaadoitukset toteutettiin MetsoDNA AC-sähkönjakoperiaatteen mukaisesti (kuva 19). Häiriösuojatut kenttäkaapelit kytkettiin kenttäkoteloiden TE -kiskoihin, josta häiriönsuojauksen kytkentä jatkuu runkokaapelia pitkin uudelle I/O-kaapin TE -kiskoon ja tästä edelleen sähkökeskuksen TE -kiskoon. Myös I/O-kaapin runko suojamaadoitettiin kytkemällä se sähkökeskuksen PE -kiskoon.



Kuva 19 MetsoDNA AC-sähkönjakoperiaate (Metso Automation 2006c).

7.3 Kenttälaitteiden mitoitus

7.3.1 Sulkuventtiilit

Ioninvaihtolinjojen sulkuventtiilit

Suotimien vanhojen Sisto-10 DN65 kalvoventtiileiden Kv -arvo oli 87 m³/h (Sisto-10 Flanged diaphragm valve, 3.). Korvaaviksi venttiileiksi valittiin haponkestävät DN50 palloventtiilit, jotka ovat erilaisen rakenteensa ansiosta kapasiteettikertoimeltaan suurempia. Alatyhjennysventtiilin koko mitoitettiin luokkaa pienemmäksi DN40, koska tämän avulla auki asentoa rajoittamalla, mitoitetaan sopiva suotimen vastapaine syrjäyshuuhteluissa, elvytyksissä ja pinnankorkeuden vajautuksissa.

Ilmaus- ja ilmapuhallusventtiileiksi valittiin DN20 sekä johtokykymittauksen näytteenottoventtiileiksi DN15. Näiden palloventtiilien paineilmaohjauksille valittiin toimilaitteen kylkeen asennettavat Namur standardin mukaiset 5/2-tie magneettiventtiilit. Tällä ratkaisulla kenttäkoteloihin sijoitettavien 5/2-venttiilien lukumäärää saatiin rajoitettua. Elvytysventtiileille DN25, toimilaitteen ohjaukseen valittiin perinteinen kenttäkoteloon sijoitettava 5/2-venttiili.

Laimennus- ja kemikaalilinjojen sulkuventtiilit

Laimennus- ja kemikaalilinjojen vanhat pallo- tai kalvoventtiilit mitoitettiin olemassa olevien putkilinjojen DN20-DN25 mukaisesti palloventtiileiksi.

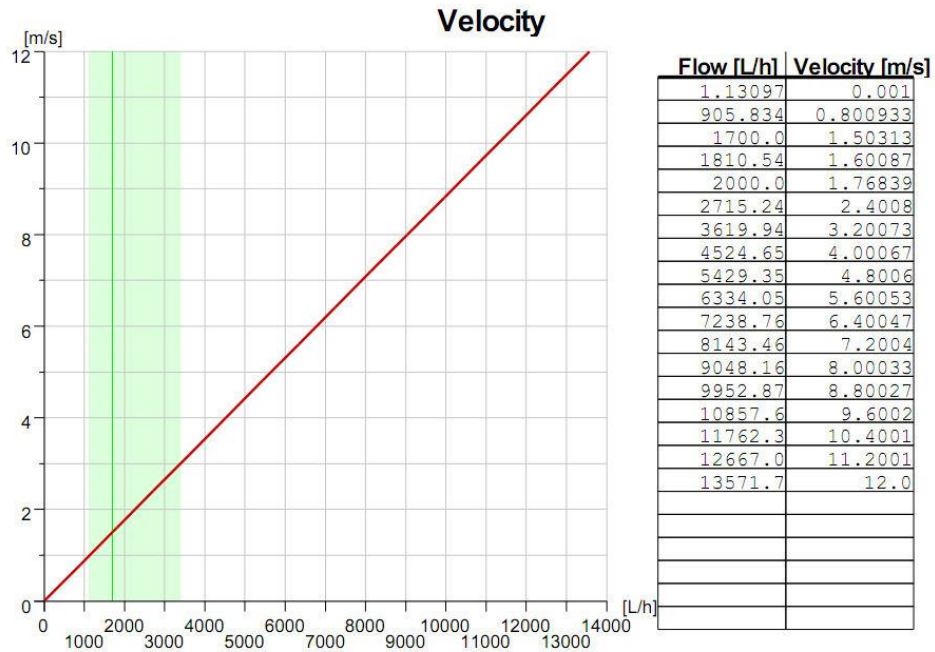
7.3.2 Magneettiset virtausmittaukset

Magneettivirtausantureiden putkikoot mitoitettiin alkuperäisen käyttöohjeen mukaisilla tilavuusvirtausmäärillä. Magneettisissa virtausmittauksissa käytettiin Krohnen käytettyjä virtauslähettämiä ja -antureita. Hyvä mittaus-tarkkuus saavutetaan, kun virtausnopeus on ≥ 1 m/s, mutta hieman pienemmilläkin virtauksilla ($\geq 0,5$ m/s) saavutetaan riittävä tarkkuus. Virtauslähettimellä IFC 110 F ja -anturilla ALTOFLUX 4000 F virtausnopeudella 1 m/s, laitevalmistaja lupaa virheen olevan korkeintaan 0,3 %:ia mittausarvosta (Krohne IFC 110 F V2.0, handbook. 2003, 90.).

Mitoituksen apuna käytettiin Krohnen uusimmille tuotteille tarkoitettua Krohne EMF Sizing -ohjelmistoa. Mitoitusohjelma laskee annettujen prosessiarvojen perusteella sopivan anturin putkikoon ja tämän virtausnopeuden, prosentuaalisen mittausvirheen, painehäviön ja Reynoldsin luvun.

Virtauksen käyttäytyminen on laminaarista, kun Reynoldsin luku on ≤ 2100 ja turbulentsista, kun luku on ≥ 3500 . Välille jäävää aluetta 2100–3500, kutsutaan siirtymäalueeksi. (Tikka, luento 23.4.2010)

Kuvassa 20 voidaan nähdä valitun anturikoon virtausnopeus tilavuusvirtauksen funktiona, jossa vihreällä alueella saavutetaan hyvä mittaustarkkuus.



Kuva 20 Magneettisen virtausmittauksen virtausnopeus tilavuusvirtauksen funktiona.

Magneettisten virtausantureiden lasketut virtausnopeudet ja antureiden kokomääritykset on esitetty taulukoissa 32.

Taulukko 32 Magneettisten virtausantureiden mitoitus.

| Laitepositio | Virtaava aine | Tilavuusvirtaus | Virtausnopeus | Anturin koko |
|--------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------|
| 00-FE-91252 | Vesi | 3 – 12 m ³ /h | 0,7 – 2,7 m/s | DN40 |
| 00-FE-91253 | Vesi | 3 – 12 m ³ /h | 0,7 – 2,7 m/s | DN40 |
| 00-FE-91267 | Suola/lipeä | 200 – 750 l/h | 0,7 – 2,7 m/s | DN10 |
| 00-FE-91273 | Lipeä | 100 l/h | 2,2 m/s | DN4 |
| 00-FE-91277 | Rikkihappo | 70 – 140 l/h | 1,5 – 3.1 m/s | DN4 |

7.3.3 Pyörreanavirtausmittaus

Elvytyskemikaalien laimennusveden linjan kytkentä siirrettiin viimeisen ioninvaihtosuotimen jälkeiseen yhdyslinjaan. Ionivaihdetun veden johtokyky (< 0,5 µS/cm) on kuitenkin liian alhainen magneettiselle virtausmittaukselle. Korvaavaksi virtausmittaukseksi valittiin Foxboro 84W sarjan DN15 Vortex pyörreanatekniikkaan perustuva mittausmenetelmä. Pyörreanamittauksen virtausnopeus ja kokomääritys on esitetty taulukossa 33.

Taulukko 33 Pyörreanavirtauslähettimen mitoitus

| Laitepositio | Virtaava aine | Tilavuusvirtaus | Virtausnopeus | Anturin koko |
|--------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|
| 00-FT-91257 | Vesi | 1500 – 2000 l/h | 2,4 – 3,1 m/s | DN15 |

7.3.4 Säätoventtiilit

Säätoventtiilien mitoituksessa käytettiin Neles Nelprof -mitoitushjelmaa. Kaikki valitut säätoventtiilit olivat Neles segmenttiventtiileitä, joten nämä myös löytyvät mitoitusohjelmiston laitekannasta. Mitoitusohjelma laskee annettujen prosessiarvojen perusteella suositeltavan venttiilityypin, koon ja toimilaitteen. Tarvittava venttiilikoko voidaan laskea, kun tunnetaan määrätyn aineen virtaus, tulopaine ja lähtöpaine. Venttiilin valintaan vaikuttaa myös prosessin putkisto- ja ympäristömuuttujat. Ohjelmalla voidaan myös testata venttiilin asentoja eri virtauksilla ja paineilla. Kuvassa 21 on esitetty esimerkki säätoventtiilin mitoitusilanteesta, kun virtaavana aineena on vesi.

The screenshot shows the Neles Nelprof software interface with the following data:

| Pipeline | Unit | Inlet dia | Outlet dia | Thickness | Schedule |
|----------|------|-----------|------------|-----------|----------|
| | mm | 65 | 68 | 1.5 | |

| Flow data | Unit | Case 1 | Case 2 | Case 3 | Case 4 |
|--------------|------|--------|--------|--------|--------|
| Liq flow | l/s | 0.4 | 1 | 5.6 | 1 |
| Inlet temp | degC | 18 | 18 | 18 | 18 |
| Inlet press | barG | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Press diff | bar | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Outlet press | barG | 3.7 | 3.7 | 3.7 | 3.7 |
| Vap press | barA | 0.027 | 0.027 | 0.027 | 0.027 |

| Valve... | Unit | Type | Press rating | Code | Size |
|----------|------|---------|--------------|------|------|
| | mm | SEGMENT | PN 40 | R | 40 |

| Results | Unit | Case 1 | Case 2 | Case 3 | Case 4 |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| Max capacity | FpCv | 72.24 | | | |
| Req capacity | FpCv | 3.04 | 7.6 | 42.56 | 7.6 |
| Travel | % | 18.8 | 32.6 | 80.5 | 32.6 |
| Opening | deg | 26.8 | 38.3 | 78.6 | 38.3 |
| Noise | dBA[VDMA] | <40 | <40 | 46 | <40 |
| Flow velocity | m/s | 0.32 | 0.8 | 4.46 | 0.8 |
| Terminal dp | bar | 4.32 | 4.12 | 2.6 | 4.12 |
| Fl coeff. | | 0.93 | 0.91 | | |

| Seat | Gland pack | Bearings | T-factor | Unit | DP-shutoff |
|-----------|------------|----------|----------|------|------------|
| std_Metal | PTFE/TFE | PTFE | 1 | bar | 4 |

| Actuator... | Code | Size | Unit | Supply press | Spring rate |
|-------------|------|-------|------|--------------|-------------|
| | B1C | AUTOM | barG | 5 | |

| Torques | | | | | |
|------------------|----|---|------------|----|---|
| To open | Nm | 6 | To close | Nm | 6 |
| Opening LF | % | 7 | Closing LF | % | 7 |
| Control open | Nm | 5 | | 5 | 5 |
| Ctrl open LF | % | 7 | | 6 | 7 |
| Control close | Nm | 5 | | 5 | 5 |
| Control close LF | % | 7 | | 6 | 7 |

Additional parameters shown in the interface:

- Crit press: barA, 221.2
- Dpm-factor: 0.3
- Design P: barG, 4
- DesignTmax: degC, 25
- DesignTmin: degC, 10
- Actuator sizing: (checked)
- Resistors: (unchecked)
- Result: R.40 B1C6

Kuva 21 Neles Nelprof -mitoitushjelma.

Laimennusveden lämpötilan säätoventtiilin mitoitus on edellisestä poikkeava, koska mitoitusohjelman lähtöarvot on ensin laskettava. Virtaavan laimennusveden (0,5 l/s) lämpötilaa säädetään putkilämmönvaihtimen avulla. Tyypiltään lämmönvaihdin on vastavirtalämmönvaihdin. Ensiopiirissä käytetään matalapainehöyryä, jonka paine on 2,8 bar ja lämpötila 180 °C.

Laimennusveden lämpötilan (10–20 °C) saavuttamiseksi halutulle 40 °C tasolle, lämmönvaihtimen antama teho on laskettava. Antotehon perusteella voidaan laskea ottoteho, kun tunnetaan lämmönvaihtimen arvioitu hyötysuhde. Edelleen ottotehon perusteella voidaan laskea tarvittava höyryn massavirtaus, kun tunnetaan lämmön siirrossa tapahtuva entalpiamuutos. Höyryn massavirtauksen mukaan säätoventtiili mitoitettiin käyttäen Neles Nelprof -mitoitushjelmaa.

Lämmönvaihtimen antoteho veden lämmittämiseksi tavoitelämpötilaan lasketaan yhtälöllä (5).

$$\begin{aligned}\Phi_1 &= q_V \rho c (t_2 - t_1) & (5) \\ &= 0,5 \text{ l/s} \cdot 9,98 \text{ kg/l} \cdot 4,19 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot (40 - 10)^\circ\text{C} \\ &= 63 \text{ kW}\end{aligned}$$

Φ_1 lämpöteho, anto [kW]
 q_V veden tilavuusvirtaus [l/s]
 ρ veden tiheys [kg/l]
 c veden ominaislämpökapasiteetti [kJ/kg°C]
 t_1 lähtölämpötila [°C]
 t_2 tavoitelämpötila [°C]

Lämmönvaihtimen ottoteho lasketaan hyötysuhteen perusteella yhtälön (6) mukaan.

$$\Phi_2 = \frac{\Phi_1}{\eta} = \frac{63 \text{ kW}}{0,8} = 80 \text{ kW} \quad (6)$$

Φ_2 lämpöteho, otto [kW]
 η lämmönvaihtimen hyötysuhde

Lämmönvaihtimen ottotehon perusteella voidaan laskea tarvittava höyryn massavirtaus yhtälön (7) mukaan. Matalapainehöyryn lauhtuessa lämmönvaihtimessa, tämän entalpiamuutos vastaa siirrettyä lämpömäärää (Pirilä 2003, 6.). Vesihöyryn entalpia-arvo h_1 määritetään Mollier-diagrammista (Mollier Diagram for Water-Steam n.d.). Lämmönvaihtimessa tapahtuvassa faasimuutoksessa vesihöyry tiivistyy lauhteeksi normaaliin ilmanpaineeseen. Tällöin lauhteen entalpia h_2 voidaan laskea riittävällä tarkkuudella nestefaasin lämpötila-alueella käyttäen veden ominaislämpökapasiteettia.

$$h_2 = c t_L = 4,19 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot 100^\circ\text{C} = 419 \text{ kJ/kg} \quad (7)$$

$$q_m = \frac{\Phi_2}{h_1 - h_2} = \frac{80 \text{ kW}}{2825 \text{ kJ/kg} - 419 \text{ kJ/kg}} = 0,03 \text{ kg/s} \quad (8)$$

q_m matalapainehöyryn massavirtaus [kg/s]
 h_1 matalapainehöyryn entalpia [kJ/kg]
 h_2 lauhteen entalpia [kJ/kg]
 t_L lauhteen lämpötila [°C]

Taulukossa 34 on esitetty prosessin tärkeimmät mitoitusarvot ja näiden perusteella lasketut venttiilin koot sekä kapasiteettikerroin (C_v). Liitteessä 14 on esitetty lämpötilan säätöventtiilin 00-TV-91256 Neles Nelprof -mitoitushjelman esimerkkilaskelma.

Taulukko 34 Säätoventtiileiden mitoitus.

| Laitepositio | Virtaava aine | Tilavuus/massa-virtaus | Tulopaine | Lähtöpaine | Venttiilikoko | C _v |
|--------------|---------------|--------------------------|-----------|------------|---------------|----------------|
| 00-FV-91252 | Vesi | 3 – 12 m ³ /h | 4 bar | 3 bar | DN40 | 110 |
| 00-FV-91253 | Vesi | 3 – 12 m ³ /h | 4 bar | 3 bar | DN40 | 110 |
| 00-PV-91286 | Vesi | 3 – 12 m ³ /h | 3 bar | 0,2 bar | DN25 | 45 |
| 00-FV-91257 | Vesi | 1500 – 1800 l/h | 3 bar | 0,7 bar | DN25 | 5 |
| 00-FV-91273 | Lipeä | 120 l/h | 1,9 bar | 0,7 bar | DN25 | 0,5 |
| 00-TV-91256 | Höyry | 0,03 kg/s | 2,8 bar | 0 bar | DN25 | 45 |

7.4 Piirikaaviosuunnittelu

Laadittujen tarkennuksien ja mitoituksien perusteella toteutettiin Alma-tietokantasuunnittelu. Tietokantaan oli jo perussuunnitteluvaiheessa (5.2) importoitu suurin osa piiripositio- ja laitepositiotason suunnitteluun vaadittavista tiedoista.

Suunnittelua jatkettiin luomalla tietokantaan uudet kytkentätilat ja näihin liittyvät riviliitin- ja syöttöryhmät sekä runkokaapelit. Runkokaapelit kytkettiin kenttäkoteloista automaatiojärjestelmän ristikytkentäkaappiin, jonne lisättiin myös XC-riviliitinryhmät ja ristikytkentäjohtimet. Järjestelmän I/O-kaappiin lisättiin prosessiaseman DP03 uudet I/O-kehikot.

Kytkentätilojen valmistuttua aloitettiin varsinainen tietokannan piiritason suunnittelu, jossa ensimmäisenä suoritettiin laitepositioiden tuotteistus. Tuotteistusvaiheessa laitepositioille määriteltiin tuoterekisteristä kenttälaitteiden tyyppitykset ja tarvittavat kaapelit. Tuoterekisterin laitekanta sisältää kaikki projektissa tarvittavat laitteet sekä käytettävissä olevat liittimet. Tuotteen liitintiedot määrittelevät signaalin kytkennän sekä mahdollisen ulkoisen jännite- tai ilmasyötön.

Tuotteistuksen jälkeen suoritettiin tietokannan kenttälaittekytkennät kenttälaitteelta kenttäkoteloon ja tästä edelleen ristikytkentäkaappiin sekä lopuksi suorittamalla I/O-varaus ja ristikytkentä. Lopputuloksena tietokannan kytkentäketju kulkee kentältä automaatiojärjestelmän I/O-kortille asti sisältäen yksityiskohtaisesti jokaisen laitteen kaapeli-, johdin- ja liitintiedot.

Kytkentöjen valmistuttua, tietokannasta generoitiin LcCAD -piirikaaviot. Rikkihappopumpulle otettiin käyttöön uusi sähköpositio, jonka tiedot ja MtrCAD -piirikaavio päivitettiin ajan tasalle. Piirikaavioiden valmistuttua tietokannasta tulostettiin vaadittavat raportit.

Uuden I/O-kaapin I/O-liuskat luotiin käyttäen hyödyksi suunnitteluohjelmistojen automatiikkaa. Laitepositioiden I/O-tiedot eksportoitiin Alma-tietokannasta tekstitiedostoon. Tekstitiedoston avulla luotiin DNAnetworkDesigner I/O-kaappi layout kaavion I/O-liuskat (6.3). Liuskat tulostettiin ja asennettiin kaapin kolmelle uudelle kehikolle.

Projektiin liittyvä dokumentaatio on esitetty kappaleessa 9.

8 SOVELLUSSUUNNITTELU

Sovellussuunnittelun toimilohkokaavioiden suunnittelussa hyödynnettiin Alma -suunnittelutietokannan kenttä- ja sähkösuunnittelussa (7.4) käytettyjä lähtötietoja. Tietokantaan oli tämän lisäksi importoitu jo perussuunnitteluvaiheen (5.2) mukaisia nimi ja sovelluskohtaisia määrittäksiä.

8.1 Prosessitapahtumien käsittely

Prosessitapahtumien tapahtumarajat, tavallisesti hälytysrajat konfiguroidaan positiokohtaisilla toimilohkoilla. Prosessitapahtuma ohjataan hälytyksen käsittelijälle (ALP). Hälytyksen käsittelijä järjestää tapahtumat ryhmittelyjen mukaisille tapahtumalistoille. Operointipalvelimelle konfiguroidut tapahtumanäytöt esittävät ryhmäkohtaiset tapahtumalistat käyttöliittymässä. (Metso Automation 2006f.)

Voimalaitoksen vedenkäsittelyn prosessien ohjaus on itsenäinen toiminnallinen osasto. Vedenkäsittelyn hälytyksille suunniteltiin automaatiojärjestelmään oma hälytysalue, hälytyslista sekä hälytysnäyttö (taulukko 35). Täyssuolanpoiston prosessihälytykset ohjattiin uudelle vedenkäsittelyn hälytysalueelle AREA7.

Taulukko 35 Tapahtumien käsittelyn konfigurointimoduulit.

| Kuvaus | Moduuli | Paketin kuvaus | Pakettitunnus |
|----------------|-------------------|---------------------|---------------|
| Tapahtuma-alue | sn:D1:AREA.F | Hälytysasema | D1A1 |
| Hälytyslista | sn:D1:ALMLIST7.F | Hälytysasema | D1A1 |
| Hälytysnäyttö | ad:D1:ALMDISPLAY7 | Operointipalvelimet | D1OS |

8.2 Käyttöliittymä

Automaatiojärjestelmän kaavionäytöt suunniteltiin DNAuseEditor -kuvasuunnittelutyökalulla. Suunnittelutyökalu on WYSIWYG -ohjelmisto, joka käyttää XML -tiedostoformaattia. (Metso Automation 2006a.)

Täyssuolanpoiston käyttöliittymä sijoittuu näyttöhierarkiassa voimalaitoksen vedenkäsittelyn prosessialueelle. Kaavionäyttöjä on yhteensä viisi kappaletta (taulukko 36) ja lisäksi vedenkäsittelyn oma hälytysnäyttö.

Taulukko 36 Näyttöhierarkiaan lisätyt kaavionäytöt.

| Näyttönro. | Nimi | Kuvaus |
|------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 7.6 | Täyssuolanpoisto | Sarjojen yleiskaavio |
| 7.6.1 | Pohjoinen sarja | Ajo- ja elvytyskaavio |
| 7.6.2 | Etelä sarja | Ajo- ja elvytyskaavio |
| 7.6.3 | Täyssuolanpoisto elvytysarvot | Suotimien toteutuneet elvytysarvot |
| 7.7 | Täyssuolanpoisto kemikaalit | Kemikaalien varastointi ja laimennus |
| 12.7 | Vedenkäsittely hälytykset | Hälytysnäyttö |

Sarjojen yleisnäytöllä 7.6 (liite 38) esitetään molempien sarjojen kokonaistilanne. Näytöllä on esitetty normaalia käyttöjaksoa varten tarvittavat tiedot:

- sarjojen tulovirtaussäädöt
- vastapainesäätö
- suotimien kapasiteetilaskurit
- suotimien johtokyky ja muutosnopeus
- lisävesisäiliön tilanne.

Yleisnäytön alemmassa hierarkiatasossa kaavionäytöt 7.6.1 (liite 39) ja 7.6.2 (liite 40) ovat elvytysjaksoja varten. Näytöissä on esitetty suotimien kaikki venttiilit ja mittaukset. Näytöllä 7.6.3 (liite 41) voidaan tarkastella kaikkien suotimien toteutuneita elvytysarvoja, joiden perusteella voidaan esimerkiksi optimoida ioninvaihtoa.

Kaavionäyttö 7.7 (liite 42) esittää elvytyskemikaalien kokonaistilannetta. Käyttötarkoituksena on hallita samalta näytöltä kemikaalien saatavuus ja hankintatarpeet.

Käyttöliittymä sisältää monitori-ikkunoita 24 kappaletta (esim. liite 43). Monitori-ikkunoiden tarkoitus on antaa operaattorille informaatiota vain erityisissä ohjaustilanteissa.

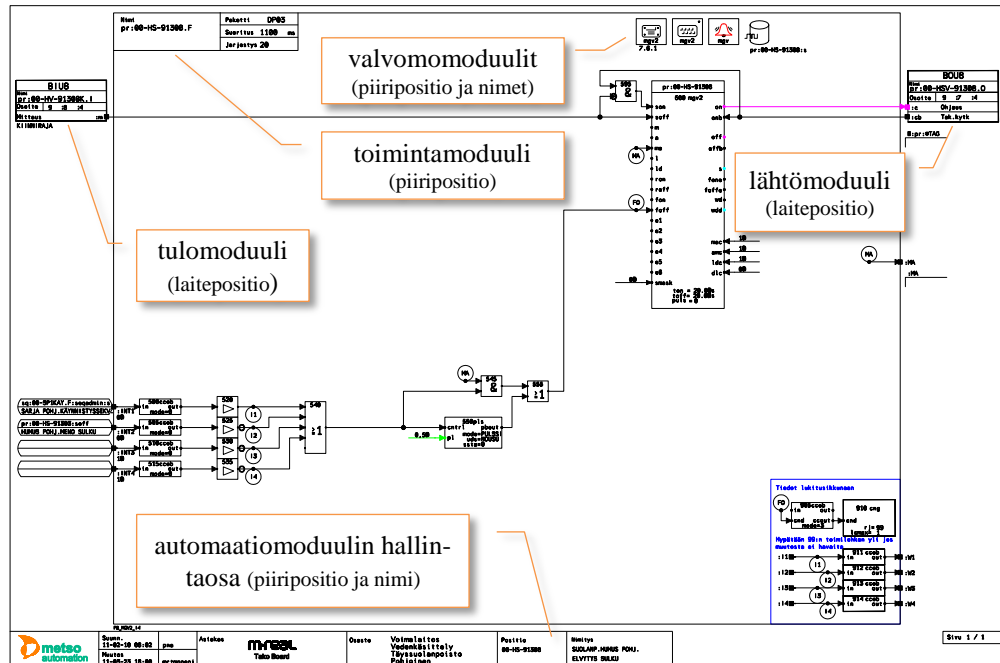
Täyssuolanpoiston monitori-ikkunat liittyvät pääasiassa elvytyssekvensseihin. Suodinkohtaista monitori-ikkunaa voidaan pitää avattuna vain suotimen elvytyksessä. Kuvassa 22 on esitetty anionivaihtimen elvytyssekvenssin asetukset ja häiriönkäsittely, josta nähdään myös elvytyssekvenssin edetessä toteutuneet prosessiarvot.

| | Tavoite | Toteutunut |
|---------------------------|-----------------|--|
| Vastavirtahuuhtelu | | |
| Vajautus 1 | 3 min | 3,0 min |
| Vastavirta 1 | 3,5 m3/h 30 min | 30,0 min |
| Vajautus 2 | 10 min | 10,0 min |
| Ilmapuhallus 1 | 5 min | 5,0 min |
| Vastavirta 2 | 2,5 m3/h 30 min | 30,0 min |
| Elvytyskemikaali | | |
| Tuplaelvytys | Pois | |
| Lämmitys | 40 C 60 min | 60,0 min |
| Laimennusvesi | 1700 l/h | |
| Lipeä syöttö | 150 l 4,0 m-% | 150 l 0,0 m-% |
| Linjan huuhtelu | 2 min | 2,0 min |
| Syrjäytysshuuhtelu | | |
| Vajautus 3 | 10 min | 10,0 min |
| Ilmapuhallus 2 | 10 min | 10,0 min |
| Lämmin laimen.vesi | 1500 l/h | |
| Suotimen täyttö | | 9,9 min |
| Syrjäytysshuuhtelu L | 3,5 m3/h 50 min | 50,0 min |
| Syrjäytysshuuhtelu K | 5,0 m3/h 60 min | 60,0 min |
| Häiriövalvonnat | | |
| Valvonta-aika | Häiriö | <input type="button" value="Keskeytys"/> |
| Tulovirtaus | Häiriö | <input type="button" value="Elvytys"/> |
| Laimennusvirtaus | Häiriö | <input type="button" value="Huuhtelu"/> |
| Lipeävirtaus | Häiriö | |
| Ilmapuhallus | Häiriö | |

Kuva 22 Elvytyssekvenssin asetukset.

8.3 Sovellusohjelman rakenne

MetsoDNA prosessinohjauksen sovellusohjelmat muodostuvat piiriposi-
tiokohtaisista automaatiomoduuleista (kuva 23). Automaatiomoduuli on
nimetty positiokohtaisella tunnuksella ja tätä kuvaavalla nimellä, joka si-
sältää positiolle määritetyt laitepositiot. Periaate on, että automaatiomo-
duuleiden tunnukset ja nimet noudattavat kenttäsuunniteltuja positiio- ja
laittepositiotunnuksia. Erikoistapauksissa piiripositiolla voi olla useampia
automaatiomoduuleita, kuten laskurit ja lukitukset. Tällä ratkaisulla sovel-
lusohjelmien lataaminen järjestelmään käynnin aikana vähentää häiriöris-
kiä.



Kuva 23 Automaatiomoduulin rakenne.

Automaatiomoduuleiden toimilohkokaaviot suunnitellaan FbCAD
-suunnittelutyökalulla, jotka ovat yleensä yksittäisohjauksia. Automaatiomoduuleiden sekvenssikaaviot suunnitellaan SeqCAD -suunnittelutyökalulla. (Metso Automationin 2006a.)

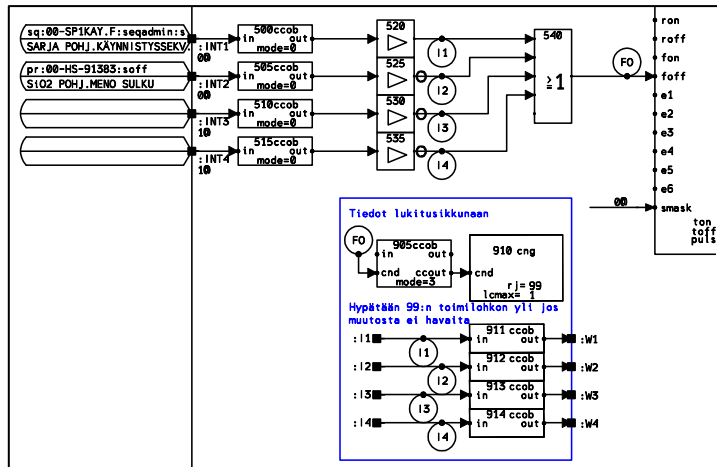
8.4 Yksittäisohjauksien perustyyppit

Alma -tietokannan avulla generoitiin valmiit perustyyppiä olevat toimilohkokaaviot. Tietokannan kenttäsuunnitteluvaiheessa importoituja tietoja hyödynnettiin näin myös sovellussuunnittelussa.

Yksittäisohjaukset sisältävät piiriposi-
tiokohtaiset perustoiminnot. Toiminnot vaihtelevat piirityypeittäin ja ovat mahdollisimman paljon vakiorakenteisia, eli peruspiirityyppejä. Useimmat piirityypit sisältävät ehdollisia tapahtumien estoja, joissa on käytössä poistumisviive. Tapahtumien estoilla vältetään turhilta hälytyksiltä prosessin käynnistysvaiheessa.

Piirityypit joissa on käytössä lukituslogiikka, on myös lukituskaappari. Lukituskaapparin avulla havaitaan ensimmäinen lukituksen muutoksen ai-

heuttanut syy. Kuvassa 24 on esimerkki lukituslogiikasta, jossa 905ccob kopiointitoimilohko seuraa esim. *mgv* -toimilohkon *foff* jäsenessä tapahtuvaa tilamuutosta. Mikäli muutos havaitaan, tallentaa lukituslogiikka tilanteen rajapintaportteihin *W1...W4*.

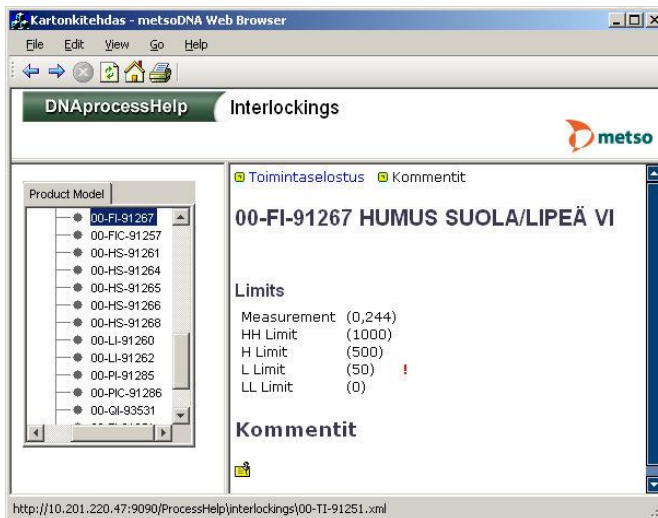


Kuva 24 Lukituskaappari.

Analogisissa piirityypeissä on käytössä mittausuureen vertailulogiikka, jossa on neljä eri vertailutasoa. Vertailulogiikan kirjaintunnukset noudattavat standardin mukaisia kirjaintunnuksia (SFS-ISO 14617-6:2004, 26.).

- HH, yläyläraja
- H, yläraja
- L, alaraja
- LL, ala-alaraja.

Vertailutasoilla on raja-arvosta poistumishystereesi, jolloin vertailuehdon mukainen binäärinen rajapintaportti asettuu välittömästi raja-arvon ylittyessä, mutta nollautuu vasta hystereesin verran raja-arvolta poistuttaessa. Rajapintaportteja voidaan käyttää hyväksi liittyvien piirien lukituksissa ja automaattiohjauksissa. Rajapintaporttien arvot ja tilat ovat nähtävillä DNAProcessHelp -lukitusikkunoissa (kuva 25).



Kuva 25 Analogiapiirityyppien vertailuarvot ja niiden tilat.

Projektissa tarvittavia peruspiirityyppejä oli yhteensä viisi kappaletta, joista muutama muunneltu versio. Alla on luetteloituna, jokaisen piirityypin perusominaisuudet.

Binääritulo ja -ohjauspiirit:

- suorasaantiportti
- valvomoliitännät
- ehdollinen tapahtumien esto.

Magneettiventtiiliohjaukset:

- magneettiventtiilitoimilohko
- valvomoliitännät
- historiankeruuliitännät 1 kpl
- lukitustuloja 4 kpl
- lukituskaappari.

Moottoriohjaukset:

- moottoritoimilohko
- valvomoliitännät
- historiankeruuliitännät 1-2 kpl
- käynnistyksenestotuloja 2 kpl
- lukitustuloja 6 kpl
- lukituskaappari.

Analogiamittaukset:

- analogiamittaustoimilohko
- valvomoliitännät
- historiankeruuliitännät 1 kpl
- ehdollinen alarajahälytystapahtuman esto
- analogiavertailulogiikka hystereesillä.

Säätöpiirit:

- säädintoimilohko
- valvomoliitännät
- historiankeruuliitännät 3 kpl
- asetusarvojen rajoitustoiminto
- ehdollinen ylä- ja alarajahälytyksien tapahtumien esto
- lukitustuloja 4 kpl
- lukituskaappari
- lukituksen jälkeen säädin palautuu automaatile
- mittauksen vikabittien vaikutus pakko-ohjaa säätimen käsiajolle
- analogiavertailulogiikka hystereesillä.

8.5 Piirikohtaiset sovellusratkaisut

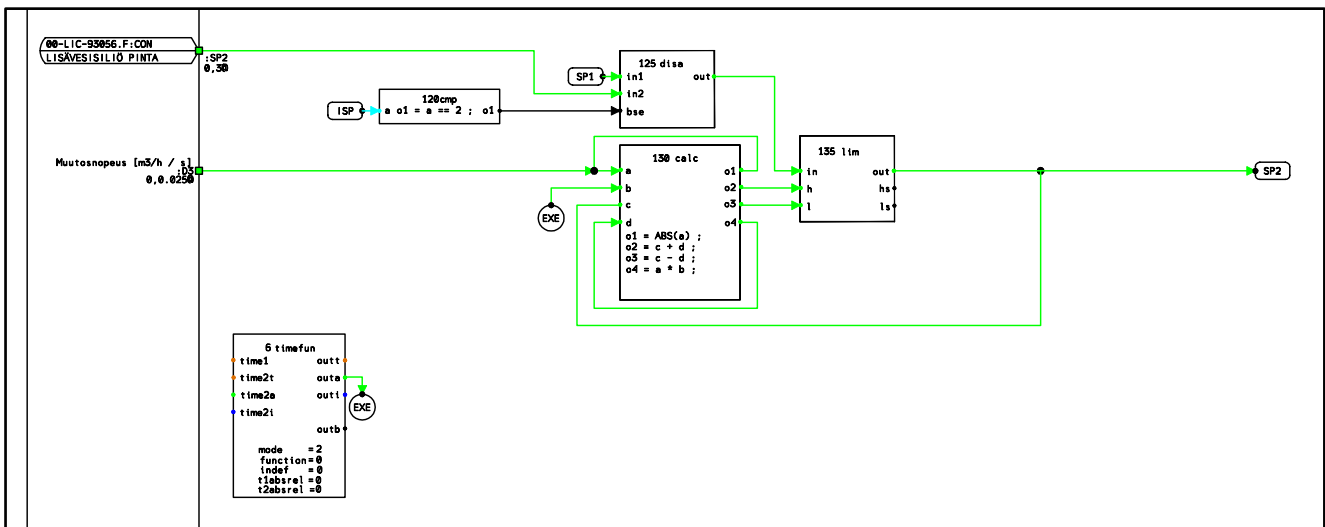
Sovellusratkaisujen tarkoituksena on selventää peruspiirityypeistä poikkeavat merkittävimmät toimintaratkaisut ja käyttötarkoitukset. Sovellussuunnittelu sisälsi näiden lisäksi myös monia muita perustyyppiin tehtyjä yksittäisiä muutoksia.

8.5.1 Sarjan tulovirtaussäätöpiirin toiminta

- 00-FFIC-91252 Pohjoinen tulovirtaus (liite 16)
- 00-FFIC-91253 Etelä tulovirtaus

Säätöpiirin perustyyppiin on tehty useita muutoksia ja laajennuksia. Analogialähtömoduulin 100 %:n muutosnopeus on rajoitettu kymmeneen sekuntiin (AOU4 ramp=7). Tällä menetelmällä rajoitetaan suuret virtausnopeusmuutokset, jotka saattavat aiheuttaa haitallisia paineiskuja. Analogialähtömoduuliin tehty rajoitus on ohittamaton, joten se suojelee myös käsiajolla tehtyjä ohjausmuutoksia. Muutosnopeuden rajoitus on otettava huomioon säätöpiiriä viritettäessä, erityisesti integrointiainaa muuttamalla.

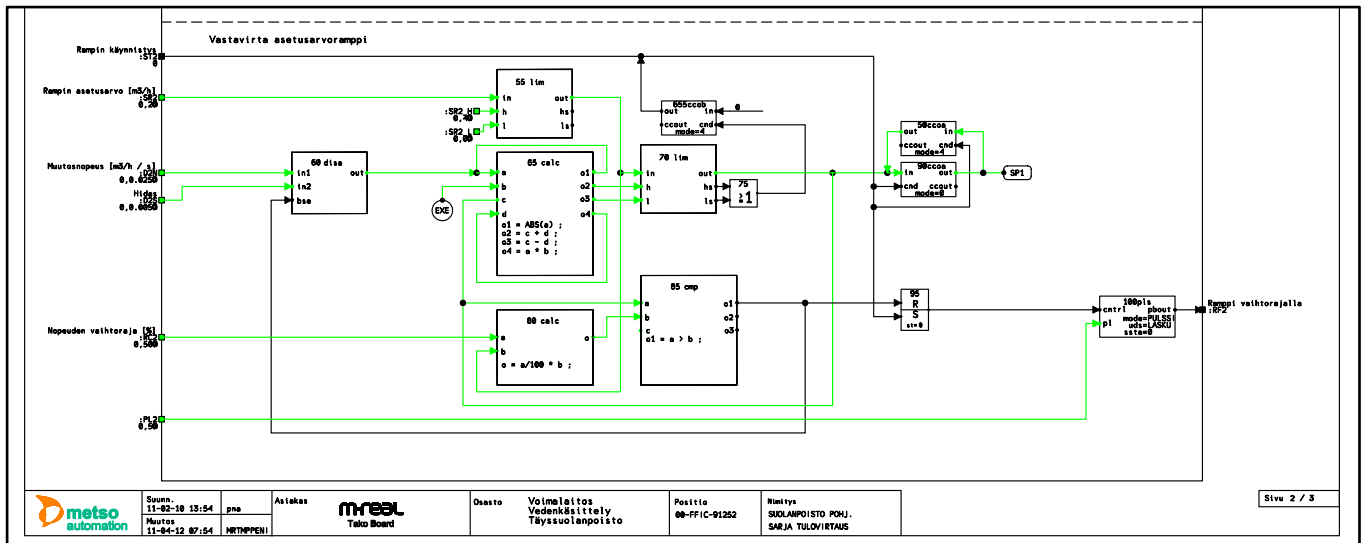
Säätöpiiri on kaskadikytkeinen. Säätimen paikallista asetusarvoa käytetään elvytyksissä ja tarvittaessa käyttöjakson aikana. Ulkoiseen asetusarvoon on kytketty lisävesisäiliön pinnansäätöpiirin ohjaussuure (m^3/h), jonka nopeat muutokset rajoitetaan rampilaskennan avulla (kuva 26).



Kuva 26 Ulkoisen asetusarvon muutosnopeuden rajoitus.

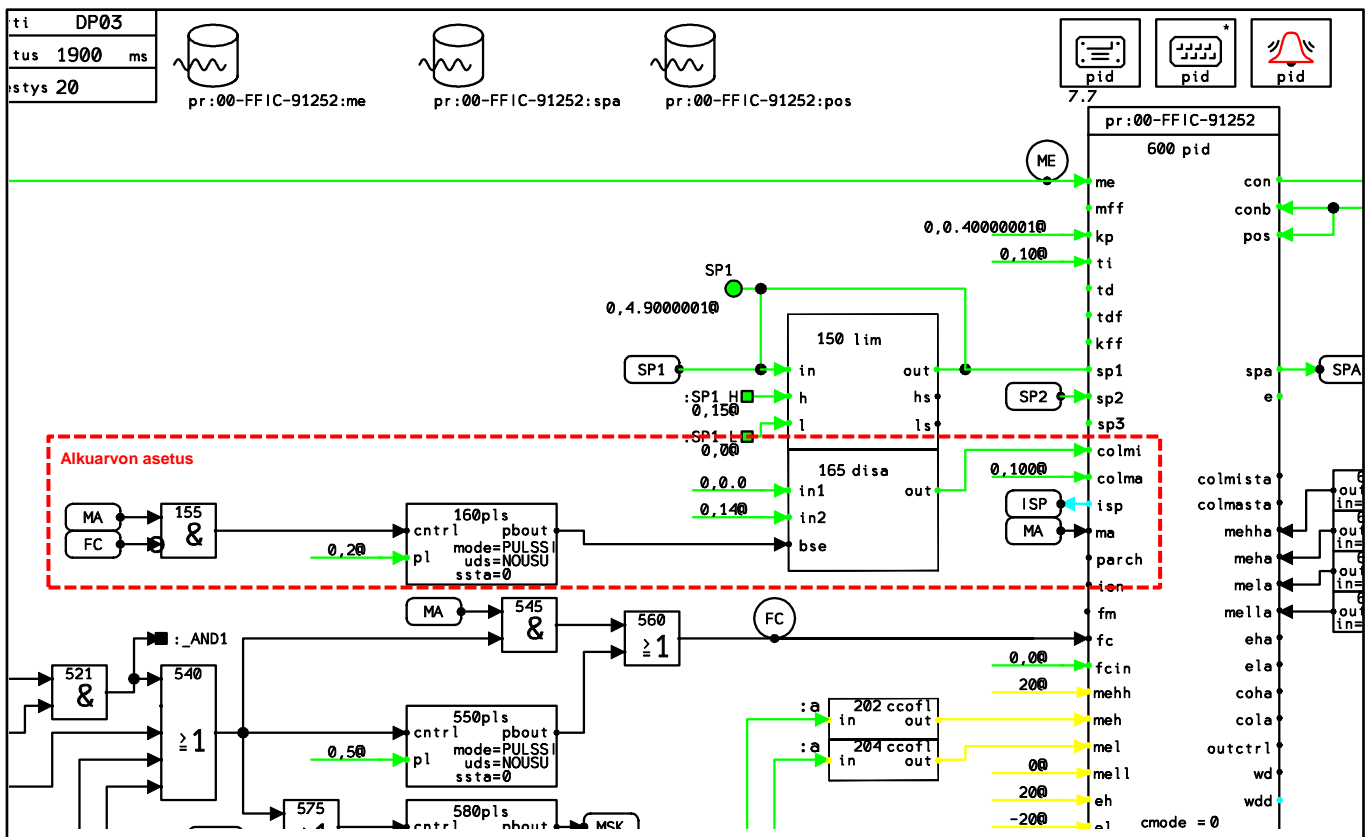
Säätimen paikalliseen asetusarvoon on kytketty kaksi asetusarvoramppia. Asetusarvorampit kirjoittavat *pid* -toimilohkon paikalliseen asetusarvotuloon *sp1* vain rampin ollessa aktiivisena. Ensimmäinen ramppi on käytössä käynnistys-, pysäytys- ja elvytyssekvenssien toiminnoissa. Toinen ramppi sisältää kaksi eri nousunopeutta, jota käytetään elvytyssekvenssien vastavirtahuuhteluvaiheissa. Vastavirtahuuhteluissa rampin nousunopeus vaihtuu hitaammaksi, sen saavuttaessa 50 %:ia asetusarvotavoitteesta (kuva 27). Tällä ratkaisulla huuhtelun virtausnopeuden nosto on hallittu ja estetään hartsimassan poistuminen suotimesta. Hallitulla vastavirtahuuhte-

lulla suotimesta saadaan poistettua epäpuhtaudet ja hartsimassan rikkoutu-
neet osat.



Kuva 27 Kaksivaiheinen asetusarvoramppi.

Säätimelle on toteutettu ohjauksen alkuarvon asetus. Alkuarvo toteutetaan antamalla *pid* -toimilohkon jäseneen *colmi* pulssiohjattu alkuarvo (kuva 28). Pulssin jälkeen säädin jatkaa ohjauksen kasvattamista tästä eteenpäin. Pulssi aktivoituu, kun säädin on automaattilla ja lukitus ei ole voimassa. Tarkoituksena on nopeuttaa virtaussäädön aloitusta poistamalla kuolleen alueen vaikutus.



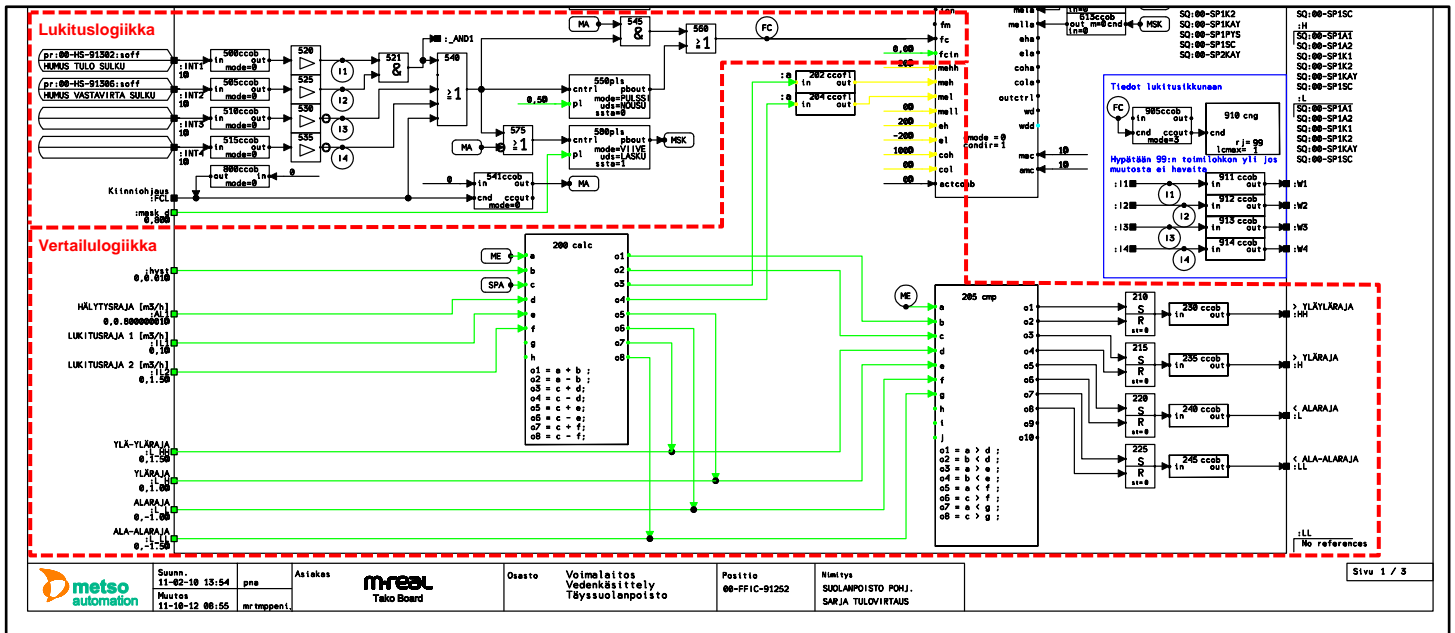
Kuva 28 Säätimen ohjauksen alkuarvon asetus.

Lukituslogiikkaan on lisätty loogisella AND -operaatiolla toteutettu vertailu ja liittymä DNAProcessHelp -lukitusikkunaan (kuva 29). Säädin on pakko-ohjattu *pid* -toimilohkon jäsenellä *fc*, kun tuloventtiili ja vastavirtaventtiili ovat kiinnirajalla. Säätimen ollessa automaattilla, on pakko-ohjaus jatkuva ja käsiajolla pulssiohjaus. Lukituslogiikkaan on myös kytketty sekvenssikäyttöön tarkoitettu pulssilukitustulo rajapintaporttiin *FCL*, jonka avulla venttiili suljetaan ja säädin siirretään käsiajolle.

Säätöpiirin vaihtelevien asetusrvojen (2,5–12 m³/h) vuoksi, hälytyksien ja lukituksen vertailulogiikan raja-arvot ovat laskennallisia. Kuvassa 29 hälytysraja-arvot on kytketty *pid* -toimilohkon jäseniin *mel* ja *meh*. Lukitusraja-arvot lasketaan *calc* -toimilohkolla rajapintaportteihin *L_LL*, *L_L*, *L_H* ja *L_HH*. Raja-arvo lasketaan lisäämällä tai vähentämällä aktiiviseen asetusrvoon liittyvä absoluuttinen laskentaparametri *AL1*, *IL1* tai *IL2*.

Raja-arvot ovat keskitetysti säätöpiirissä ja vertailulogiikan lähtöjä käytetään kaikissa suolanpoistosarjaan liittyvissä sekvensseissä. Ulkoisia lukitusrajapintaportteja *L*, *H* ja *HH* käytetään sekvensseissä valvomaan toteutunutta virtausta. Lukitusrajapintaportit *L* ja *H* sisältävät sekvenssissä toteutetun viiveen, rajapintaportti *HH* toteuttaa häiriönkäsittelyn viiveettä.

Tällä menetelmällä lukituksen hallinta on keskitettyä ja yksinkertaista. Laskennallinen vertailulogiikka on yhdistetty alkuperäiseen perustyyppiin siten, että muuttuvat raja-arvot ja lukitustilat ovat nähtävillä myös DNAProcessHelp -lukitusikkunoissa.



Kuva 29 Säätimen lukitukset ja vertailulogiikan raja-arvojen laskenta.

8.5.2 Elvytyskemikaalien virtausmittaus- ja virtaussäätöpiirit

- 00-FIC-91257 Laimennusvesi virtaus (liite 17)
- 00-FI-91267 Humus suola/lipeä virtaus (liite 20)
- 00-FFIC-91273 OH/SiO₂ lipeä virtaus
- 00-FFIC-91277 H1/H2 rikkihappo virtaus (liite 23)

Elvytyskemikaalien laimennus tapahtuu säätämällä kemikaalivirtausta suhteessa laimennusveden virtaukseen. Humussuotimille on muista poiketen vakiovirtaukset, jossa virtausmäärät sovitettu mitoittamalla linjojen kuristukset sopiviksi. Laimennuksen tavoitteena on toteuttaa haluttu pitoisuus, tarkemmin massaprocentti (m-%).

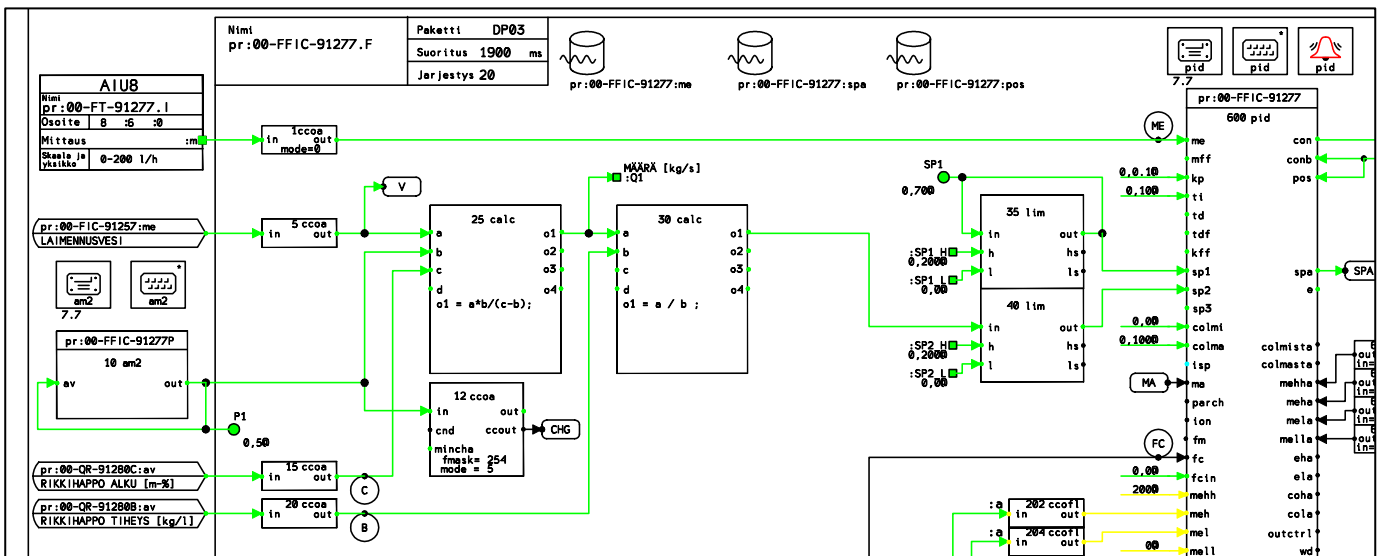
Laimennusveden virtaus asetellaan säätöpiirille paikallisella asetusarvolla. Laimennettavan kemikaalin virtaussäätöpiirin ulkoinen asetusarvo on vastaavasti laskennallinen. Laimennuslaskennoissa veden tiheyttä ei ole huomioitu, koska tämän vaikutuksella ei ole käytännön merkitystä.

Laimennettavan elvytyskemikaalin asetusarvo lasketaan yhtälöllä (9).

$$Q_{sp} = \frac{m\%_{tav} Q_v}{(m\%_k - m\%_{tav}) \rho_k} \quad (9)$$

- Q_{sp} asetusarvo kemikaalin tilavuusvirtaukselle [l/h]
- Q_v laimennusveden tilavuusvirtaus [l/h]
- $m\%_{tav}$ tavoiteltava pitoisuus [m-%]
- $m\%_k$ kemikaalin pitoisuus, kauppatavara [m-%]
- ρ_k kemikaalin tiheys, kauppatavara [kg/l]

Kuvassa 30 on esitetty esimerkki rikkihapon virtaussäätöpiiristä, jossa lasketaan säätimen ulkoinen asetusarvo, *pid* -toimilohkon jäsen *sp2*. Asetusarvon laskentatulosta on mahdollisuus rajoittaa *lim* -toimilohkon rajoja muuttamalla.



Kuva 30 Rikkihapon virtaussäätöpiirin ulkoisen asetusarvon laskenta.

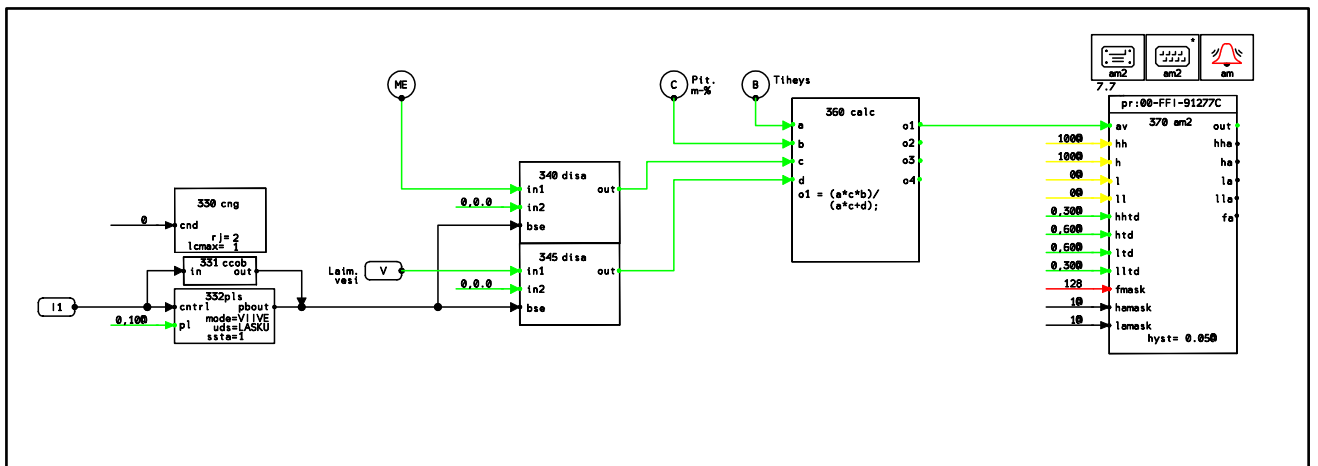
Piireillä on käytössä vastaavat vertailulogiikan laskennalliset raja-arvot kuten tulovirtaussäätöpiireillä (8.5.1). Ulkoisia lukituslähtöjä L ja H käytetään elvytyssekvensseissä toteutuneen virtauksen valvontaan.

Suhdesäädön toimintaa voidaan seurata toteutuneen pitoisuuden perusteella. Laimennetun elvytyskemikaalin toteutunut pitoisuus lasketaan yhtälöllä 10.

$$m\text{-}\%_{tot} = \frac{\rho_k Q_k m\text{-}\%_k}{\rho_k Q_k + Q_v} \quad (10)$$

$m\text{-}\%_{tot}$ toteutunut pitoisuus [m-%]
 Q_v laimennusveden tilavuusvirtaus [l/h]
 Q_k kemikaalin tilavuusvirtaus [l/h]
 $m\text{-}\%_k$ kemikaalin pitoisuus, kauppatavara [m-%]
 ρ_k kemikaalin tiheys, kauppatavara [kg/l]

Kuvassa 31 on näyte rikkihapon virtaussäätöpiiristä, jossa lasketaan toteutunut rikkihappopitoisuus.



Kuva 31 Rikkihapon virtaussäätöpiirin laimennuspitoisuuden toteutumalaskenta.

8.5.3 Elvytyskemikaalien ominaisarvolaskennat

- 00-QR-91269 Suolaliuos ominaisarvot (liite 22)
- 00-QR-91280 Rikkihappo ominaisarvot
- 90-PARA1_P Lipeä ominaisarvot

Elvytyskemikaalien kappatavaran ominaisarvot on jaettu kemikaalikohtaiseen piireihin, joihin kemikaalitoimittajan ilmoittamat tiheys- ja pitoisuusarvot syötetään.

Ominaisarvolaskennan arvoja käytetään elvytyskemikaalien laimennuksissa (8.5.2) ja elvytystasolaskennoissa (8.6.4). Tällä ratkaisulla ominaisarvojen hallinta on keskitettyä, jolloin ominaisarvoissa tapahtuvat muutokset vaikuttavat kaikkiin liittyviin piireihin.

Suola toimitetaan tehtaalte kiinteässä muodossa (100 m-%), joten elvytykseen käytettävän suolaliuoksen ominaisarvot on muista kemikaaleista poiketen laskettava. Elvytykseen käytettävästä suolaliuoksesta mitattiin tiheys ominaispainomittarilla. Liuoksen- ja kiinteän suolan tiheyden perustella lasketaan liuoksen pitoisuus yhtälöllä 11.

$$m\text{-}\%_L = \frac{\rho_{NaCl}(\rho_L - \rho_{H_2O})}{\rho_L(\rho_{NaCl} - \rho_{H_2O})} 100\% \quad (11)$$

| | |
|-----------------|---|
| $m\text{-}\%_L$ | suolaliuoksen pitoisuus [m-%] |
| ρ_L | suolaliuoksen tiheys [kg/l] |
| ρ_{NaCl} | kiinteän suolan tiheys, kauppatavara [kg/l] |
| ρ_{H_2O} | veden tiheys [kg/l] |

Rikkihapon ominaisarvoille luotiin uusi ominaisarvolaskentapiiri ja määriteltiin kauppatavaratiedot.

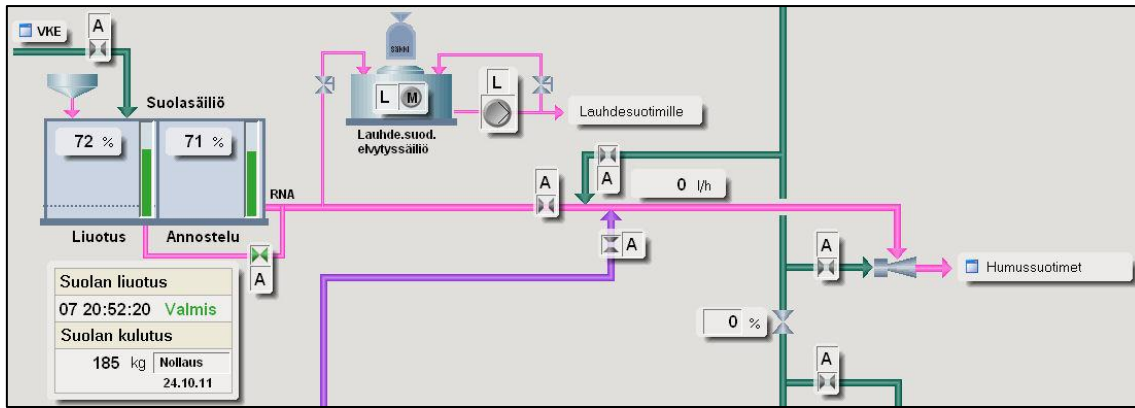
Lipeä otetaan tehtaan pastanvalmistusosastolta, jossa ominaisarvot olivat valmiiksi määriteltynä.

8.5.4 Suolan liuotusautomaatiikka

- 00-LI-91260 Suola liuotussäiliö pinta (liite 18)
- 00-HS-91261 Suola liuotusvesi sulku (liite 19)
- 00-LI-91262 Suola annostelusäiliö pinta
- 00-HS-91264 Suola säiliöiden tasaus sulku
- 00-HS-91265 Humussuotimet suola syöttö

Liuotusautomaatiikan automaattitilan ohjaukset on toteutettu piirikohtaisilla yksittäisohjauksilla, ilman sekvenssiä. Tällöin piirissä tapahtuva ohjausmuutos vaikuttaa liittyviin piireihin suunnitellulla tavalla.

Kuvassa 32 veden sulkuventtiili 00-HS-91261 avautuu, kun liuotussäiliön pinta 00-LI-91260 on hystereesin verran alle ylärajan H ja muut venttiilit kiinni. Pinnan täytyessä yli ylärajan H , venttiili sulkeutuu ja liuotusajan laskenta alkaa. Laskennan saavuttaessa 24 tuntia, näytöllä ilmoitetaan liuotuksen valmistumisesta, jolloin säiliöiden tasausventtiili 00-HS-91264 avautuu ja kylläinen liuos virtaa annostelusäiliöön. Tasausventtiili pysyy auki, kunnes suolan syöttöventtiili aukeaa elvytyssekvenssin ohjaamana. Humussuotimien elvytyssekvenssien käynnistysehtona on suolan annostelusäiliön pinnan 00-LI-91262 alaraja L . Suolan syöttöventtiilin 00-HS-91265 sulkeuduttua, puolen tunnin viiveen kuluttua liuotussäiliön täyttö vedellä alkaa uudelleen. Liuotusveden sulkuventtiilin ohjelmaan on lisätty aikavalvonta, joka varoittaa, mikäli säiliön täyttöaika ylittää kaksi tuntia.



Kuva 32 Suolan liuotus.

Suola täytetään käsin liuotussäiliöön, jonka riittävyyttä on aika ajoin seurattava. Seurannan helpottamiseksi laadittiin suolan massavirtauslaskenta ja määrälaskuri. Suolan kulutuslaskurista [kg] (kuva 32) voidaan seurata, kuinka paljon säiliöstä on poistunut kiinteää suolaa. Suolan massavirtaus lasketaan yhtälöllä 12.

$$q_m = \frac{q_V \rho_L m\text{-}\%_L}{3.6 \cdot 10^5} \quad (12)$$

| | |
|-----------------|---|
| q_m | suolan massavirtaus [kg/s] |
| q_V | suolanliuoksen tilavuusvirtaus [l/h] |
| ρ_L | suolaliuoksen tiheys, mitattu [kg/l] |
| $m\text{-}\%_L$ | suolaliuoksen pitoisuus, laskennallinen [m-%] |

Määrälaskuri aikajatkuvassa järjestelmässä noudattaa esim. massavirtauksen määrättyä integraalia (yhtälö 13).

$$m_{NaCl} = \int_0^{t_k} q_m(t) dt \quad (13)$$

| | |
|------------|-----------------------------------|
| m_{NaCl} | suolan massa [kg] |
| t_k | määrälaskentaan käytetty aika [s] |

Automaatiojärjestelmä on kuitenkin diskreetti järjestelmä, jolloin määrälaskenta toteutuu käytännössä yhtälön 14 mukaan. Näytteenottoväli vastaa ohjelmakierron suoritusväliä.

$$m_{NaCl} = \sum_{n=1}^k q_{m_n} t_s \quad (14)$$

| | |
|-------|----------------------|
| t_s | näytteenottoväli [s] |
|-------|----------------------|

Määrälaskureiden toteutuksissa käytettiin *qcnt* -toimilohkoa. Toimilohko integroi analogiatulosta *in* ja tallentaa tuloksen jäännösintegraaliin *rem.a*. Jäännösintegraalin saavuttaessa laskurin mittayksikön *qufa*, toimilohko askeltaa kokonaisluvulla lähtöä *count*. (Metso Automation 2006d.)

8.6 Sekvenssiohjelmien sovellusratkaisut

Sekvenssiohjauksien tarkoituksena on hallita kaikkien liittyvien yksittäispiirien jaksoittaista toimintaa. Ohjaukset toteutetaan aina automaattitilassa. Sekvenssi huolehtii yksittäispiirin automaatile siirtämisestä, ohjauskomennoista sekä niiden toteutumisen valvonnasta. Mikäli jokin ohjaus ei toteudu sekvenssin ohjaamalla tavalla, tapahtuu häiriö, jonka jälkeen sekvenssi suorittaa häiriötoimenpiteet.

Sekvenssiohjaus koostuu sekvenssikaaviosta ja yhdestä tai useammasta tapauskohtaisesta apumoduulista. Tarkoituksena on jakaa erityyppiset toiminnot modulaarisesti omiin kokonaisuuksiinsa. Tällä ratkaisulla kokonaisuuksien hallinta ja monistettavuus helpottuu.

Sekvenssien häiriönkäsittely toteutettiin tavanomaisesta poiketen apumoduulissa. Häiriönkäsittelyä on tällöin helppo laajentaa ja muokata muuttamatta itse sekvenssiä. Etuna on myös kompakti rakenne, joka sisältää toiminnot:

- häiriökohtaiset suorasaantiportit valvomoliitynnöillä
- häiriönkäsittelyn häiriökohtaiset viiveet
- käyttäjän valittavissa olevat tapauskohtaiset häiriönkuittaukset.

8.6.1 Elvytyssekvenssit

- SQ:00-SP1SC Pohjoinen humus elvytys
- SQ:00-SP1K1 Pohjoinen H1 -suodin elvytys
- SQ:00-SP1A1 Pohjoinen OH -suodin elvytys
- SQ:00-SP1K2 Pohjoinen H2 -suodin elvytys (liite 37)
- SQ:00-SP1A2 Pohjoinen SiO₂ -suodin elvytys
- SQ:00-SP2SC Etelä humus elvytys
- SQ:00-SP2K1 Etelä H1 -suodin elvytys
- SQ:00-SP2A1 Etelä OH -suodin elvytys
- SQ:00-SP2K2 Etelä H2 -suodin elvytys
- SQ:00-SP2A2 Etelä SiO₂ -suodin elvytys

Elvytyssekvenssien positiotunnukset nimettiin suolanpoisto (SP) sarjan ja tunnuksen loppuosa hartsityypin mukaan (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 1997, 285.).

- SC humussuodatin
- K1 ensimmäinen kationinvaihdin
- A1 ensimmäinen anioninvaihdin
- K2 toinen kationinvaihdin
- A2 toinen anioninvaihdin.

Suotimien nimimääritykset säilytettiin alkuperäisinä, jotka viittaavat regenerointikemikaalin vaihdettavaan ioniin tai silikaatin poistoon.

Elvytyssekvenssiin liittyy seitsemän erillistä moduulirakennetta. Kuvassa 33 on esitetty elvytyssekvenssiin liittyvien toimintojen jako moduuleittain.



Kuva 33 Elvytysohjelmiston rakenne

Sekvenssien apumoduulien positiotunnukset muodostuvat sekvenssiposition perusteella. Historiatietojen käsittely on jaettu kahteen automaatiomoduliin. Esimerkiksi pohjoisen H2 -suotimen elvytyssekvenssin apumoduulien tunnuksat muodostuvat seuraavasti:

- 00-SP1K2 Pohjoinen H2 elvytys, häiriönkäsittely (liite 29)
- 00-SP1K2-A Pohjoinen H2 elvytys, analysointi (liite 30)
- 00-SP1K2-L Pohjoinen H2 elvytys, käynnistysehdot (liite 31)
- 00-SP1K2-P Pohjoinen H2 elvytys, prosessiasetukset (liite 32)
- 00-SP1K2-Q Pohjoinen H2 elvytys, käyttäjälaskurit (liite 33)
- 00-SP1K2-R Pohjoinen H2 elvytys, historiatiedot (liite 34)
- 00-SP1K2-RT Pohjoinen H2 elvytys, historiataulukointi (liite 35)
- 00-SP1K2-T Pohjoinen H2 elvytys, aika-asetukset (liite 36)

8.6.2 Käynnistysehdot ja asetukset

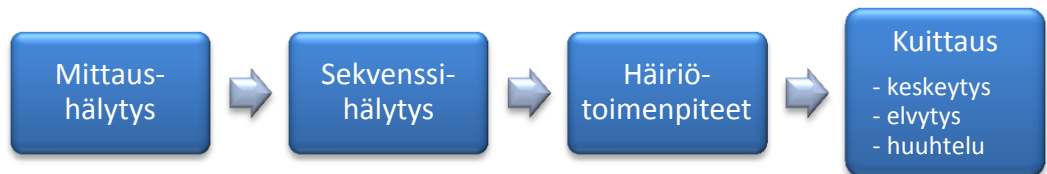
Käynnistysehdot moduulissa tarkistetaan kaikki prosessiarvot, jotka ovat välttämättömiä elvytyksen suorittamiseen. Tarkoituksena on myös estää mahdolliset vahinkokäynnistykset.

Prosessiasetukset moduuli sisältää varsinaiset prosessimuuttujien asetusarvot, kuten vastavirta-, syrjäytysshuhteluiden ja laimennusveden lämpötilan asetusarvot sekä kemikaalien annostelumäärät ja toteutumalaskennat.

Aika-asetukset moduuli sisältää elvytyksiin liittyvät odotusajat sekä näiden toteutumalaskennat.

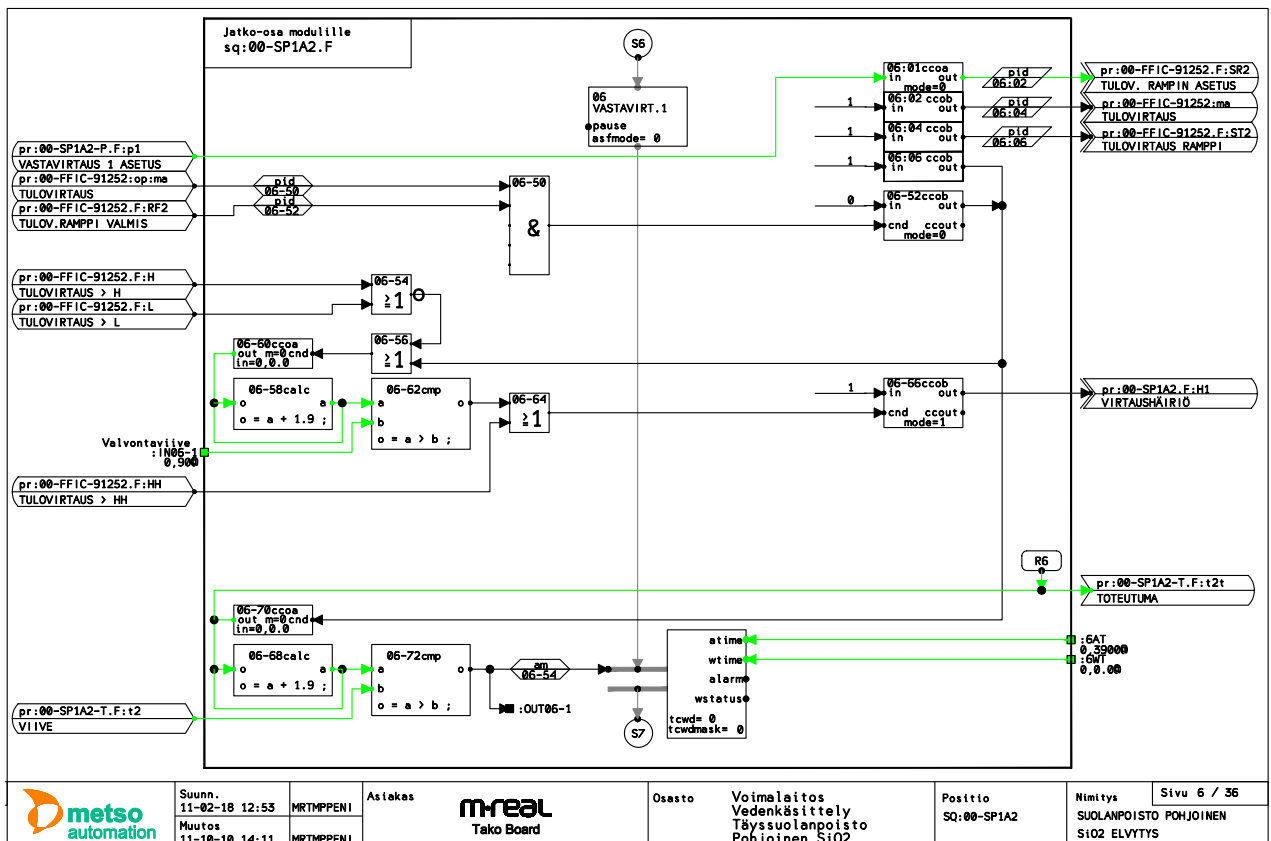
8.6.3 Häiriönkäsittely

Häiriönkäsittelymoduulissa valvotaan sekvenssin asettamia häiriösignaaleja, kuten suotimen huuhtelussa tai elvytyskemikaalin annostelussa virtauksen ylittyminen tai alittuminen sallitusta arvosta. Häiriötilanteessa moduuli hälyttää häiriön aiheuttajasta ja ohjaa sekvenssin häiriöaskeleeseen (esim. liite 29). Häiriöaskeleessa sekvenssi ohjaa liittyvät kenttälaitteet alkutiloihin. Moduulissa on myös häiriön jälkeinen kuittauspyyntö, jonka perusteella sekvenssin toimintaa jatketaan. Häiriötilanteessa tapahtumien kulku etenee kuvan 34 mukaisessa järjestyksessä.



Kuva 34 Häiriönkäsittelyn tapahtumat ja toimenpiteet.

Kuvassa 35 on esitetty esimerkki elvytyssekvenssissä toteutetusta vastavirtahuuhtelun virtausvalvonnasta. Virtauksen ylittäessä ylärajan H tai alarajan L , sekvenssi asettaa viiveen kuluttua häiriösignaalin. Mikäli virtaus ylittää ylä-ylärajan HH , häiriösignaali asetetaan ilman viivettä. Häiriösignaalin avulla häiriönkäsittelyn apumoduuli generoi hälytyksen ja viiveen kuluttua se ohjaa sekvenssin häiriöaskeleeseen. Vastavirtahuuhtelun askeleessa on toteutettu huuhteluajan toteutunut aikalaskenta, joka käynnistyy kun virtaussäätöpiirin asetusarvoramppi on valmis.

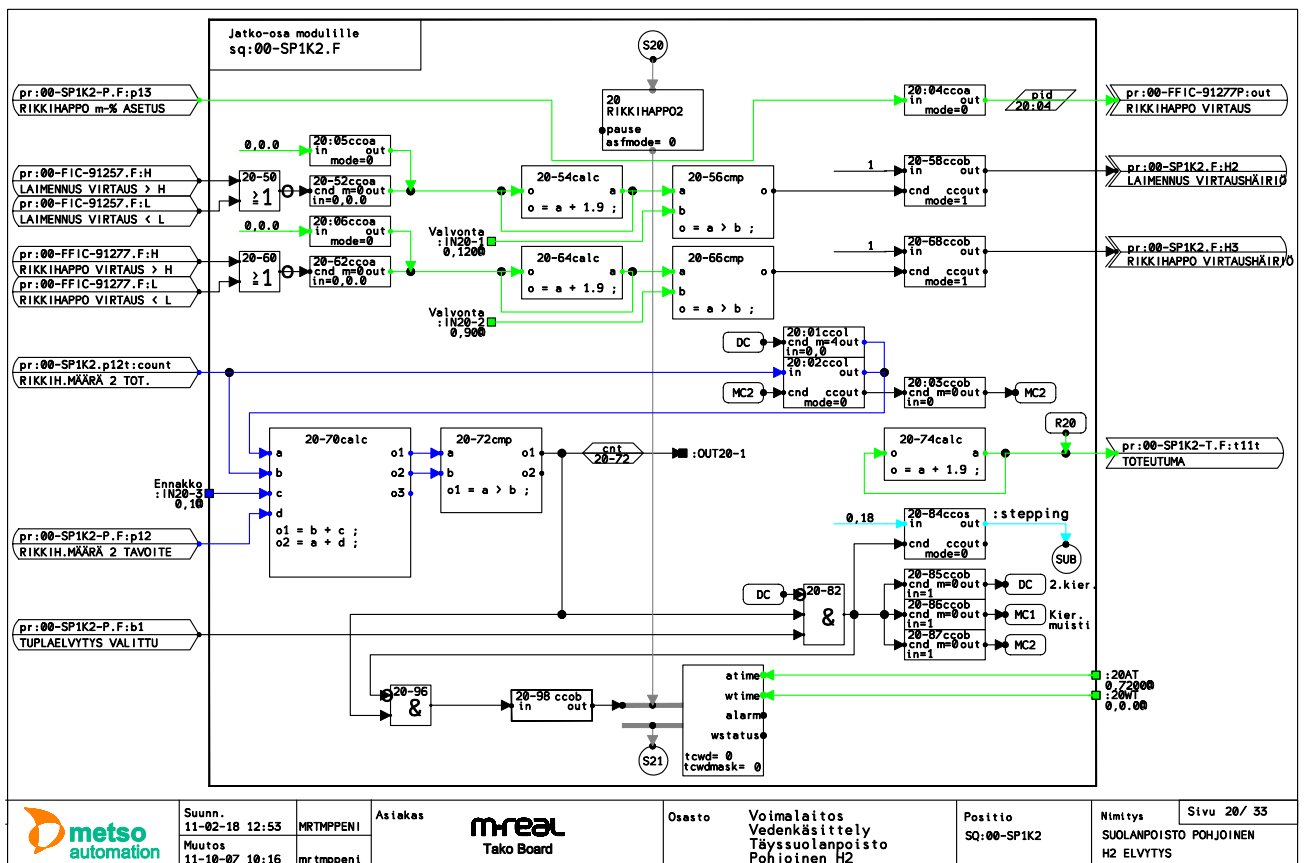


Kuva 35 SiO₂-suotimen elvytyssekvenssin vastavirtahuuhteluaskel.

Kuvassa 36 on esimerkki sekvenssin elvytyskemikaalin annostelusta. Askeleessa annostellaan elvytyskemikaalina laimennettua rikkihappoa. Annostelua valvotaan myös toteutuneiden virtauksien perusteella. Elvytyskemikaalin tai laimennusveden virtauksen poiketessa asetetuista rajoista, viiveen kuluttua sekvenssi asettaa tarkennetun häiriösignaalin, josta seuraa myös sekvenssin siirtyminen häiriöaskeleeseen. Tarkennetun häiriösignaalin avulla generoitu hälytys on yksiselitteinen, jonka perusteella voidaan paikantaa häiriön kohde. Kuvan askeleessa häiriön kohde on joko laimennusvesi- tai rikkihappovirtaus.

Elvytyskemikaalin annostelussa askeleen etenemisehtona on rikkihapon toteutunut kokonaismäärä, jonka toteutuessa jatketaan seuraavaan askeleeseen. Mikäli elvytysasetuksissa oli valittuna tuplaelvytys, sekvenssi siirtyä uudelleen annostelun alkuvaiheeseen (askel 18) ja annostelee elvytyskemikaalin toiseen kertaan. Askeleessa on myös huomioitu mahdolliset poikkeustilanteet, kuten häiriönkäsittelyn jälkeisen annostelun jatkaminen, kun valittuna oli tuplaelvytys.

Elvytyskemikaalin annostelussa on toteutettu myös annosteluun käytetyn ajan toteutumalaskenta.



| | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-------------|---------|----------------|--------|---|---------|-------------|---------------------------------------|-------------|
| | Suunn. 11-02-18 12:53 | MRTMPPENI | Asiakas | Tako Board | Osasto | Voimalaitos Vedenkäsittely Täyssuolanpoisto Pohjoinen H2 | Positio | SO:00-SP1K2 | Nimitys | Sivu 20/ 33 |
| | Muutos 11-10-07 10:16 | mr tmppe ni | | | | | | | SUOLANPOISTO POHJOINEN H2 ELVITYYS | |

Kuva 36 H2 -suotimen elvytyssekvenssin rikkihapon annosteluaskel.

8.6.4 Elvytystasolaskenta

Elvytysarvojen analysointimoduulissa seurataan elvytyksen aikana toteutuneita annoskohtaisia virtausmääriä. Näiden perusteella lasketaan hartsimassoille ominaiset elvytysarvot:

- kontaktaika [min]
- kemikaalien pitoisuudet [m-%]
- hartsimassojen elvytystasot [g/L].

Kontaktaika lasketaan elvytyskemikaalin annosteluun käytetyllä ajalla.

Kemikaalipitoisuus lasketaan toteutuneiden laimennusveden ja kemikaalien kokonaismäärien perusteella (yhtälö 15). Kokonaismäärät lasketaan *qcnt* -toimilohkolla, kuten suolan liuotusautomaatiikassa (8.5.4). Laskennassa käytetään kemikaalikohtaisia ominaisarvoja (8.5.3).

$$m\text{-}\%_{kok} = \frac{\rho_k Q_{kk} m\text{-}\%_k}{\rho_k Q_{kk} + Q_{kv}} \quad (15)$$

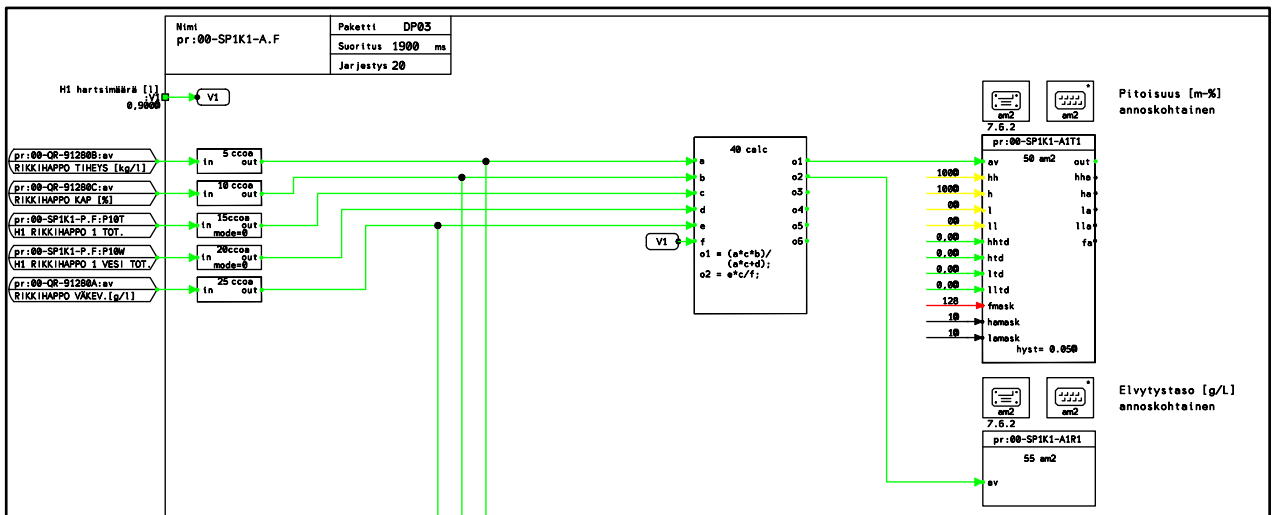
| | |
|---------------------|--|
| $m\text{-}\%_{kok}$ | toteutunut kokonaispitoisuus [m-%] |
| Q_{kv} | toteutunut laimennusvesimäärä [l] |
| Q_{kk} | toteutunut kemikaalimäärä [l] |
| $m\text{-}\%_k$ | kemikaalin pitoisuus, kauppatavara [m-%] |
| ρ_k | kemikaalin tiheys, kauppatavara [kg/l] |

Elvytystaso lasketaan elvytykseen käytetyn elvytyskemikaalin kokonaiskuiva-aineen [g] ja suotimessa olevan hartsimassan tilavuuden [l] suhteessa (C100 Engineering Bulletin Sulfuric Acid Regen 2010, 6.). Elvytystaso lasketaan yhtälöllä 16, joka on verrannollinen saavutettavaan ioninvaihtokapasiteettiin ts. ekvivalenttipitoisuuteen, eq/l (C100 Engineering Bulletin Sulfuric Acid Regen 2010, 18.).

$$b_0 = \frac{V_k c_k}{V_h} \quad (16)$$

| | |
|-------|------------------------------------|
| b_0 | elvytystaso [g/L] |
| V_k | annosteltu kemikaalin tilavuus [l] |
| c_k | kemikaalin väkevyys [g/l] |
| V_h | hartsimassan tilavuus [l] |

Kuvassa 37 on esimerkki H1 -suotimen elvytyksessä toteutuneen rikkihapon pitoisuus- ja elvytystasolaskennasta.



Kuva 37 Elvytyksessä toteutuneiden rikkihapon pitoisuuden ja elvytystason laskenta.

8.6.5 Käyttöjaksolaskurit ja elvytyshistoria

Käyttöjaksolaskurimoduulissa lasketaan suotimen läpäisemää vesimäärää. Moduuli sisältää jaksokohtaisen- sekä kokonaislaskurin. Jaksokohtaisesta laskurista on muodostettu ennakoiva hälytys, joka ilmoittaa ioninvaihtokapasiteetin ehtymisestä. Hälytys generoidaan, kun laskurin lukema ylittää operaattorin asetteleman käyttöjakson määrääsetuksen vähennettynä ennakkoarvolla (10 m³). Jaksokohtainen laskuri nollataan elvytyksen valmistuttua.

Elvytysjaksojen raportointimoduulissa elvytyksen tulokset taulukoidaan lineaarisiin taulukkotyyppeihin (*array*), jossa edellisten elvytyksien tuloksalkioita siirretään eteenpäin *ccot* taulukkotyyppin ehdollisella toimilohkolla. Historiatiedot sisältävät kahdeksan edellisen elvytyksen tulokset. Tuloksista voidaan arvioida elvytyksien systemaattista kehitystä. Elvytyshistorian käyttöliittymä on esitetty suodinkohtaisessa monitori-ikkunassa (esim. liite 43).

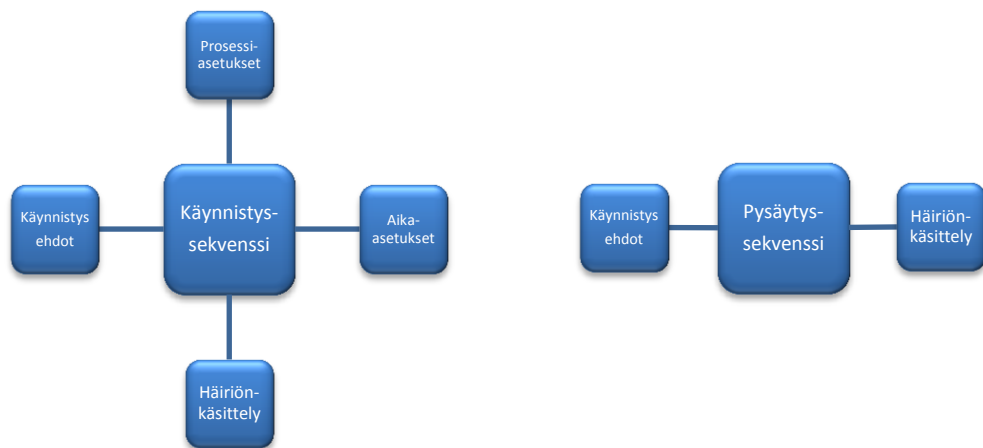
Elvytyshistoria sisältää tiedot:

- ionivaihdetun veden määrä ennen elvytystä
- elvytyksen valmistumisajankohta
- elvytyksen kesto
- syrjäytysshuhtelun virtausnopeus
- syrjäytysshuhtelun kesto
- johtokyky mittauksen näytteenotto syrjäytysshuhtelun valmistuttua.

8.6.6 Käynnistys- ja pysäytyssekvenssit

- SQ:00-SP1KAY Pohjoinen sarja, käynnistys
- SQ:00-SP1PYS Pohjoinen sarja, pysäytys
- SQ:00-SP2KAY Etelä sarja, käynnistys
- SQ:00-SP2PYS Etelä sarja, pysäytys

Sarjojen käynnistyssekvensseihin liittyy neljä ja pysäytyssekvensseihin kaksi erillistä apumoduulia (kuva 38). Liittyvät apumoduulit ovat vastavia, kuten elvytyssekvensseilläkin (8.6.1). Käynnistyssekvenssin tehtävä on yksittäispiirien ohjausten lisäksi, käynnistää loppuvaiheessa rinnakkaisen sarjan pysäytyssekvenssi, mikäli sarja on käytössä.



Kuva 38 Käynnistys ja pysäytyssekvenssin rakenne.

Käynnistys- ja pysäytyssekvenssien häiriönkäsittely on vakiotoimintainen. Häiriötilanteessa sekvenssi siirtyy viiveen kuluttua häiriöaskeleeseen ja suorittaa häiriötoimenpiteet, jonka jälkeen se siirtyy lopetusaskeleeseen. Häiriötoimenpiteissä kaikki liittyvät kenttälaitteet ohjataan alkutiloihin. Tällöin sekvenssin suoritus on aina käynnistettävä uudelleen.

8.7 Raportointi

Täyssuolanpoistoon liittyvien piirien tiedonkeruu liitettiin metsoDNA CR Info -järjestelmään. Voimalaitoksen DNAhistorian -tietokanta on sijoitettu DH01 ACN -palvelimelle (järjestelmäkaavio liite 2).

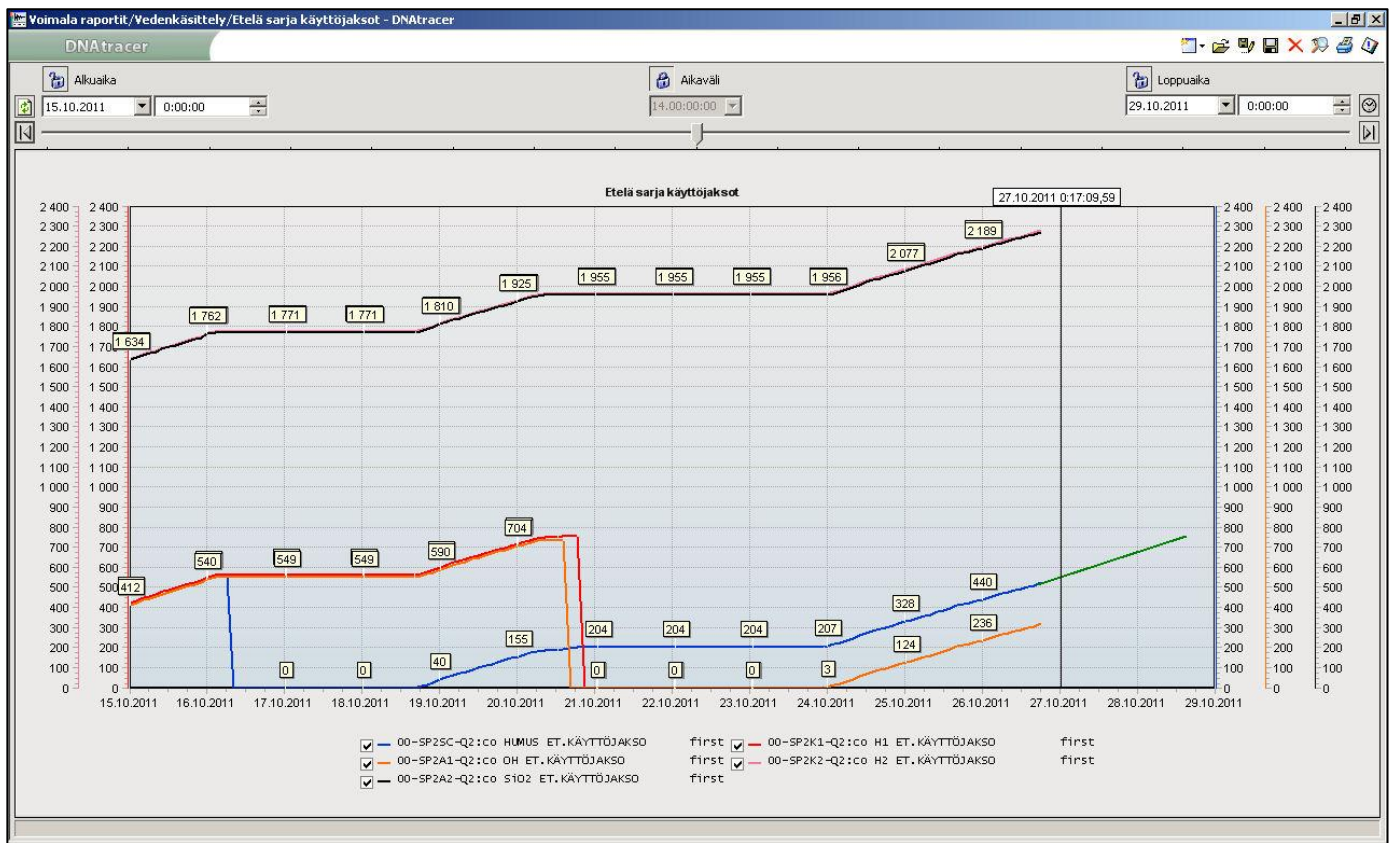
Jokaisen piirin tapauskohtaiset signaalit talletetaan DNAhistorian -tietokantaan kymmenen sekunnin näytteenottovälillä. Tietokannan historia- ja tapahtumatiedot ovat käytettävissä noin puolen vuoden ajalta. Tietoja voidaan analysoida DNAttracer -kuvaajista ja DNAreport -raporteista. Järjestelmä sisältää metsoDNA MyCommunity -portaalin, jonne on koostettuna myös lukuisia muita DNAhistorian -tietokantaan liittyviä työkaluja.

Sovellussuunnittelun yhteydessä käytetyt DNAhistorian tietokantakohtaiset määrittelyt on esitetty taulukossa 37. Määrittelyihin kuuluu myös lukuisia muita tapauskohtaisia arvoja.

Taulukko 37 DNAhistorian tietokantamäärittelyt sovellussuunnittelussa.

| Tietokantamäärittely | Arvo |
|----------------------|---------------|
| Historiatietokanta | DH01historian |
| Tietokanta | IArepos_01 |
| Keruryhmä | VOIMA-10S-08 |

Täyssuolanpoiston kapasiteetilaskureita varten suunniteltiin erityinen DNAtracer -kuvaaja (kuva 39). Kuvaajasta voidaan nähdä suodinkohtainen ajettu virtausmäärä (m³) ja välissä olevan odotusjaksot kahden viikon ajalta. Kuvaajaan on myös integroitu piirtotyökalu (vihreällä), jolla voidaan arvioida suotimen ehtymisajankohta.



Kuva 39 Suolanpoistosarjan suodinkohtaiset ajomäärät (m³).

Täyssuolanpoiston olemassa oleville johtokykymittauksille suunniteltiin suodinkohtaiset aliohjelmat (etelä ja pohjoinen) sekä muutosnopeuden laskenta ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{h}$). Tiedot liitettiin myös DNAhistorian seurantaan.

Johtokykymittaustiedoista suunniteltiin DNAreportDesigner -suunnittelu-työkalulla sarjakohtaiset raportit (kuva 40). Raporteista voidaan analysoida mittauksen käyttäytyminen yhden tunnin välein vuorokauden ajalta. Mittauksen muutosnopeuden perusteella voidaan päätellä esimerkiksi mittauksen jähmettyminen vikatilanteissa tai mahdollinen ioninvaihdon ehtyminen.

| m-real Tako Board | | Pohjoinen sarja johtokyky | | | | | | metso | | |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------|------|-------------------------|--------|-------------------------|------------------|---------------------------|--------|
| Alku aika: 22.10.2011 21:00:00 | | avg mittauksen keskiarvo | | | | | | 26.10.2011 21:17 | | |
| Loppu aika: 23.10.2011 21:00:00 | | dQ/h mittauksen muutosnopeus | | | | | | | | |
| Aika | Humus Johtokyky [uS/cm] | | H1 Johtokyky [uS/cm] | | OH Johtokyky [uS/cm] | | H2 Johtokyky [uS/cm] | | SiO2 Johtokyky [uS/cm] | |
| | avg | dQ/h | avg | dQ/h | avg | dQ/h | avg | dQ/h | avg | dQ/h |
| 22.10 21:00 | 89,0 | 0,2 | 236,0 | 0,1 | 3,2 | 0,000 | 3,50 | 0,026 | 0,10 | 0,005 |
| 22.10 22:00 | 87,9 | -1,0 | 243,3 | 6,6 | 3,2 | 0,000 | 3,52 | 0,018 | 0,13 | 0,027 |
| 22.10 23:00 | 89,0 | 1,0 | 245,6 | 3,3 | 3,2 | 0,000 | 3,51 | -0,012 | 0,10 | -0,023 |
| 23.10 0:00 | 89,1 | 0,0 | 245,8 | 0,0 | 3,2 | 0,000 | 3,48 | -0,024 | 0,09 | -0,018 |
| 23.10 1:00 | 90,2 | 1,3 | 243,5 | -2,0 | 3,4 | 0,187 | 3,51 | 0,027 | 0,11 | 0,025 |
| 23.10 2:00 | 89,1 | -1,1 | 243,0 | -1,3 | 3,4 | 0,056 | 3,53 | 0,024 | 0,11 | -0,004 |
| 23.10 3:00 | 89,3 | 0,2 | 244,3 | 2,0 | 3,4 | -0,001 | 3,52 | -0,018 | 0,10 | -0,008 |
| 23.10 4:00 | 89,7 | 0,4 | 243,4 | -0,9 | 3,4 | 0,001 | 3,52 | -0,001 | 0,10 | -0,005 |
| 23.10 5:00 | 89,4 | -0,2 | 242,2 | -1,3 | 3,4 | 0,000 | 3,54 | 0,027 | 0,12 | 0,020 |
| 23.10 6:00 | 89,3 | -0,1 | 240,2 | -2,0 | 3,4 | 0,000 | 3,54 | 0,000 | 0,10 | -0,011 |
| 23.10 7:00 | 90,0 | 0,7 | 243,1 | 2,7 | 3,4 | 0,000 | 3,54 | 0,000 | 0,09 | -0,012 |
| 23.10 8:00 | 89,9 | -0,1 | 243,2 | 0,6 | 3,4 | 0,000 | 3,56 | 0,011 | 0,10 | 0,007 |
| 23.10 9:00 | 90,1 | 0,2 | 240,4 | -3,3 | 3,4 | 0,000 | 3,58 | 0,021 | 0,13 | 0,030 |
| 23.10 10:00 | 91,1 | 1,0 | 242,9 | 2,7 | 3,4 | 0,000 | 3,57 | -0,008 | 0,11 | -0,023 |
| 23.10 11:00 | 91,1 | 0,0 | 241,9 | -0,9 | 3,4 | 0,000 | 3,56 | -0,005 | 0,09 | -0,015 |
| 23.10 12:00 | 89,5 | -1,5 | 242,5 | 1,0 | 3,4 | 0,000 | 3,61 | 0,042 | 0,10 | 0,002 |
| 23.10 13:00 | 90,2 | 0,7 | 239,0 | -4,0 | 3,4 | 0,000 | 3,66 | 0,054 | 0,12 | 0,023 |
| 23.10 14:00 | 90,0 | -0,2 | 240,8 | 2,0 | 3,4 | 0,000 | 3,64 | -0,017 | 0,11 | -0,012 |
| 23.10 15:00 | 90,4 | 0,3 | 236,8 | -4,3 | 3,4 | 0,000 | 3,59 | -0,050 | 0,11 | 0,008 |
| 23.10 16:00 | 89,8 | -0,5 | 246,5 | 9,9 | 3,4 | 0,000 | 3,63 | 0,036 | 0,12 | 0,011 |
| 23.10 17:00 | 90,4 | 0,5 | 241,9 | -4,4 | 3,4 | 0,000 | 3,63 | 0,006 | 0,12 | -0,006 |
| 23.10 18:00 | 90,3 | -0,1 | 236,4 | -5,2 | 3,4 | 0,000 | 3,63 | -0,004 | 0,11 | -0,011 |
| 23.10 19:00 | 90,4 | 0,1 | 230,5 | -5,9 | 3,4 | 0,000 | 3,66 | 0,031 | 0,11 | 0,007 |
| 23.10 20:00 | 89,7 | -0,7 | 229,1 | -1,7 | 3,4 | 0,000 | 3,67 | 0,007 | 0,12 | 0,002 |

Kuva 40 DNAreport, pohjoisen sarjan johtokykymittaukset.

8.8 Simulointi

Sovellussuunnittelun ensimmäisistä sekvensseistä ja näihin liittyvistä yksittäispiireistä suunniteltiin simulointiversiot. Sääto- ja mittauspiireihin kytkettiin ohjelmalliset takaisinkytkennät siirtofunktioita käyttäen. Sulkuventtiilien takaisinkytkennät muodostettiin ohjaussignaaleista. Simulointi toteutettiin erillisellä testikäyttöön tarkoitettulla prosessiasemalla. Tarkoituksena oli testata ja kehittää koko ohjelmistokokonaisuutta, siten että sitä oli joustava käsitellä kaikilla suolanpoistoon liittyvillä suotimilla. Samalla varmistettiin ohjelmien virheettömyys ja kehittää esille tulleita lisätoimintoja alkuperäisiin toimintamalleihin verrattuna.

9 DOKUMENTOINTI

Täyssuolanpoiston automaatio suunnittelun projektidokumentaation kokonaissivumäärä oli yli 1000 sivua. Dokumentaatiosta sähköisen arkistoinnin lisäksi, paperiversiona arkistoitavia dokumentteja oli yhteensä yli 800 sivua. Paperiversiona arkistoitavista dokumentoinnista toimitettiin kaksi kansiosarjaa.

Taulukossa 38 on luetteloitu automatisoinnin koko projektidokumentaatio sekä näistä esimerkkiliitteinä esitetyt dokumentit.

Taulukko 38 Automatisoinnin projektidokumentaatio.

| | Määrä, kpl | Sivut yhteensä, kpl | Esimerkki liitteet |
|-------------------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Perussuunnittelu | | | |
| PI-kaavio | 1 | 1 (297x1400 mm) | Liite 50 |
| Prosessikuvaus | 1 | 6 | |
| Elvytystasolaskennat | 1 | 1 | |
| Koulutusmateriaali | 1 | 28 | |
| Järjestelmäsuunnittelu | | | |
| Järjestelmäkaavio | 1 | 1 | Liite 2 |
| I/O-kaappi layout | 1 | 1 | Liite 3 |
| I/O-liuskat | 1 | 1 | |
| Sähkötila layout | 1 | 1 | |
| Kenttäsuunnittelu | | | |
| Piiriluettelo | 1 | 2 | Liite 1 |
| Laite-erittely/laitekysely | 1 | - | |
| Kenttäkotelo layout | 3 | 3 | Liite 13 |
| Instrumenttipiirikaaviot | 134 | 134 | Liitteet 4-11 |
| KytKentäluettelot | 3 | 18 | |
| Kaapeliluettelot | 1 | 3 | |
| Kilpiluettelot | 1 | 8 | |
| Asennustyypipiirustukset | 1 | 1 | Liite 12 |
| Säätöventtiilit, mitoitus | 1 | 5 | Liite 14 |
| Virtausmittaukset, mitoitus | 1 | 9 | |
| Sähkösuunnittelu | | | |
| Lähtöluettelo | 1 | 1 | |
| Moottoripiirikaaviot | 1 | 1 | Liite 15 |
| Kaapeliluettelot | 1 | 1 | |
| Kilpiluettelot | 1 | 1 | |
| Sähkösyötöt, kytkentätilat | 1 | 1 | |
| Sovellussuunnittelu | | | |
| Yksittäisohjaukset | 145 | 151 | Liitteet 16–28 |
| Sekvenssi-ohjaukset | 14 | 348 | Liite 37 |
| Sekvenssien apumoduulit | 92 | 170 | Liitteet 29–36 |
| Käyttöliittymä | | | |
| Kaavionäytöt | 5 | 5 | Liitteet 38–42 |
| Monitori-ikkunat | 24 | - | Liite 43 |
| Toimintakuvaukset | 149 | 149 | Liitteet 44–49 |
| Lukitus-ikkunat | 68 | - | |
| Raportointi | | | |
| Raporttipohjat | 4 | - | |
| Yhteensä | 660 kpl | 1051 sivua | 99 sivua |

10 KOESTUS JA KÄYTTÖÖNOTTO

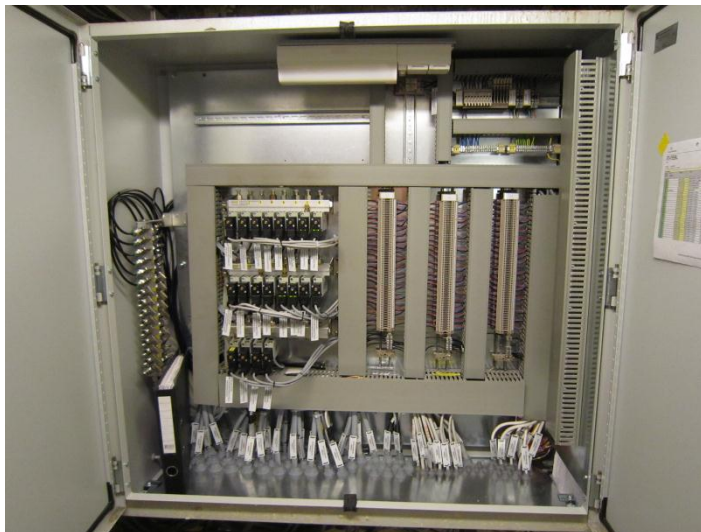
Kenttälaitteiden ja putkistojen asennukset tehtiin tehtaan käynnin aikana. Lisäveden valmistus oli mahdollista tilapäisesti keskeyttää putkistojen ja kenttälaitteiden asennuksien ajaksi. Keskeytykseen varauduttiin varastoi-
malla riittävä määrä vettä lisävesi-, lauhdevesi- ja lauhdeiden keräilyssäili-
öön sekä vähentämällä lisäveden omakäyttöä. Käytettävissä oleva aika
normaalissa ajotilanteessa oli noin 12 tuntia.

10.1 Kylmäkoestus

Kenttälaitteiden kaapeloinnit ja automaatiojärjestelmän ristikytkennät esi-
valmisteltiin ennen varsinaisia kenttälaitteenasennuksia. Kaikille piireille
suoritettiin ns. kylmäkoestus ilman varsinaisia kenttälaitteenasennuksia.

Sulkuventtiilipiireille suoritettiin kylmäkoestus tarkoitukseen rakennetulla
testiventtiilillä. Binääriset tulopiirit koestettiin johtimet yhteen kytkemällä.
Mittaus- ja ohjaustyypiset piirit koestettiin pääosin simulaattorin avulla.

Kylmäkoestuksella voitiin varmistaa ristikytkentöjen ja kenttäkotelokyt-
kentöjen sekä sovellusohjelmien virheettömyys ennen kenttälaitteiden
asennuksia. Ristikytkentöjen ja järjestelmälaitteiden vikojen selvittäminen
lisäveden valmistuksen ollessa keskeytettynä olisi vaarantanut tuotannon
koko tehtaalla. Esimerkiksi humussuotimien kylmäkoestuksessa ristikytk-
entäkaapista löytyi viallinen AXJ-liityntäalusta, joka jouduttiin vaihta-
maan ja tämän osalta kaikki kiertoliitokset tekemään uudelleen. Kuvassa
41 on esitetty koestetun kenttäkotelon kalustus ja kytkennät.



Kuva 41 Kenttäkotelo 0KK913.

10.2 Koestus

Kenttälaitteiden asennuksien jälkeen suoritettiin lopullinen laitekoestus. Koestuksessa varmistettiin laitteiden tarkkuudet, toimisuunnat ja liikenopeudet.

Sulkuventtiilien liikenopeudet säädettiin sopiviksi paineilmakuristimien avulla. Myös tulovirtaussäätöventtiilien ohjelmallinen liikenopeuden rajoitus varmistettiin.

Virtausmittauksien oikeellisuus tarkistettiin ottamalla ajastettu näyte mitta-astiaan. Pintamittauksien oikeellisuus tarkistettiin mittaamalla todellinen pinnankorkeus. Perusteellisilla mittauskokeellisilla koestuksilla varmistettiin käytettyjen laitteiden toimintakunto ja tarkkuus.

Rikkihappopumpun sähkölähtömuutoksessa suoritettiin normaali koestus testaamalla liittynät: sähkökeskusvika, turvakytin, käyntikäsky, käyntitieto, virtamittaus ja nopeusohjaus sekä pyörimissuunta.

10.3 Käyttöönotto

Käyttöönottovaiheen tarkoituksena on varmistaa prosessin puhtaus ja automatisoitu toiminnallisuus. Vaiheeseen kuuluu ajoparametrien asetukset, säätöpiirien viritys ja hälytysrajojen asetukset. Automatisoinnit suoritettiin vaiheittain suodinpari kerrallaan, joten käyttöönottovaiheiden kuvaukset kertovat yhden suotimen toimintavaiheista. Kaikki suolanpoistosarjan suotimet ovat käyttöönottoa ajatellen samankaltaisia.

Vaiheittaisen automatisoinnin vuoksi, huomioitavaa oli myös jäljellä olevien käsikäyttöisten suotimien käytettävyyden ja käyttöhenkilökunnan ohjeistaminen.

Kuvassa 42 on esitetty molemmat suolanpoistosarjat ja kuvassa 43 humus-suotimet automatisoituna ja käyttöönotettuna.



Kuva 42 Automatisoidut suolanpoistosarjat.



Kuva 43 Humussuotimet.

10.3.1 Ioninvaihdon käyttöönotto

Käyttöönoton ensimmäinen vaihe oli linjojen vaiheittainen huuhtelu, jonka tarkoituksena oli estää hitsaus- ja asennustöissä kertyneiden epäpuhtauksien joutuminen suotimeen ja tästä edelleen lisäveden mukana prosessiin. Huuhteluiden jälkeen suodin täytettiin vedellä ja testattiin venttiiliohjukset sekä pintakytkimen toiminta.

Tärkein vaihe käyttöönotossa, oli alatyhjennysventtiilin auki asennon rajoituksen säätäminen. Säättötoimenpide oli kertaluonteinen ja sen tarkoituksena on saavuttaa haluttu suotimen pinnankorkeus seuraavissa tilanteissa:

- suotimen vajautus
- elvytyskemikaalin annostelu
- syrjäytys- ja käyttöönottohuuhtelut.

Rajoitustoimenpide suoritettiin myötävirtaan huuhdeltaessa $5 \text{ m}^3/\text{h}$ virtauksella, jolloin suotimen vastapaineen on oltava kokemuseräisesti 0,8–1 bar. Venttiilin auki asentoa säädettiin toimilaitteen päissä olevilla rajoitusruuveilla, kunnes haluttu vastapaine saavutettiin. Säättötoimenpide on suoritettava uudelleen venttiiliä vaihdettaessa, joten toimilaitteeseen ja piirikaavioon tehtiin asianmukaiset huomiomerkinnot.

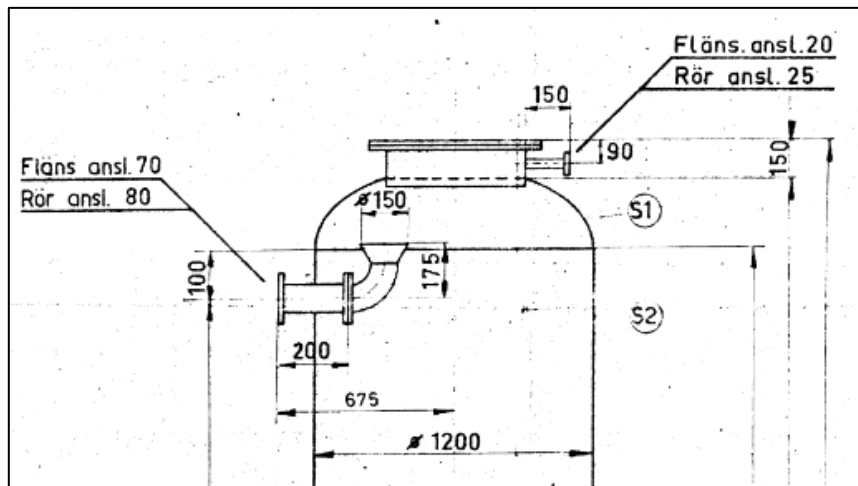
Lopuksi sarjalle suoritettiin normaali käyttöönottohuuhtelu ja lisäveden valmistus voitiin aloittaa.

10.3.2 Elvytysvaiheen käyttöönotto

Suotimen ioninvaihtokapasiteetin ehtyessä, käyttöönottovuorossa oli elvytyssekvenssi ja tähän liittyvät piirit.

Alkuvalmisteluina elvytyssekvenssin parametrit asetettiin halutuiksi. Tärkein määriteltävä parametri oli suotimen pinnan vajautusaika, joka määriteltiin ensimmäisen kerran suotimen ulosvirtaaman mittausnäytteen ja laskelmien perusteella. Elvytyssekvenssin apumoduulissa oli nähtävissä tulovirtauksen perusteella laskettu suotimen täyttötilavuus, jonka perusteella vajautusaikaa tarkennettiin seuraavaa elvytystä varten.

Suotimen pinnan vajauksen tärkein merkitys on hallittu hartsimassan käyttäytyminen ilmapuhalluksen aikana. Ilmapuhallus saa hartsipatjan liikkeelle, jolloin on varmistuttava siitä, ettei hartsimassaa joudu suotimen yläosassa olevaan tulolinjan kartioon ja tätä kautta ylätyhjennysputkeen (kuva 44).



Kuva 44 Suotimen poikkileikkaus ja tulolinjan kartio.

Ilmapuhallukseen käytettävän paineilman paine asetettiin halutulle tasolle paineen-alentimen avulla. Vastusventtiilin kuristusta säätämällä rajoitettiin ilmavirtaus sopivaksi suotimen pintaa tunnustelemalla.

Elvytyskemikaalin annostelun aikana, tavoitteena on säilyttää riittävä pinnankorkeus hartsipatjan yläpuolella. Tällöin elvytyskemikaali läpäisee suotimessa olevan hartsipatjan kauttaaltaan tasaisesti. Tilanne voitiin varmistaa elvytyskemikaalin annostelun jälkeisellä toisella vajautuksella, jolloin sekvenssi ohjaa auki alatyhjennysventtiilin lisäksi myös ylätyhjennysventtiilin (esim. liite 37/25). Tällöin tarkkailtiin visuaalisesti elvytyskaivoon menevää virtausta. Vajautuksen aloituksessa virtaus oli voimakas ja muutamien sekuntien kuluttua vaimeni jyrkästi. Tästä voitiin päätellä virtauksen tulevan alussa ylätyhjennysventtiilin (DN50) kautta, eli elvytyskemikaalia annosteltaessa pinnankorkeus oli noussut tavoitteen mukaisesti suotimen tulolinjan yläpuolelle.

10.4 Loppukäyttäjien koulutus

Automatisoinnin eri vaiheissa ohjeistettiin käyttäjiä myös vaiheittain. Osan suotimista ollessa käsikäyttöisiä, elvytykset suoritettiin päivävuorossa projektiin osallistuneen vesilaitoksen prosessinhoitajan toimesta. Sarjanvaihdot suoritettiin myös muina ajankohtina voimalaitoskäyttäjien ohjaamina.

Kaikkien suotimien automatisoinnin valmistuttua, voimalaitoskäyttäjien koulutus järjestettiin vuorokohtaisesti koulutusmateriaalin pohjalta. Koulutuksien päätteeksi loppukäyttäjän ohjeet ja koulutusmateriaali luovutettiin valvomon käyttöön (kuva 45).



Kuva 45 Voimalaitoksen valvomo.

11 YHTEENVETO

Automaatiosuunnittelussa käytetyt ratkaisut, erityisesti sovellussuunnittelussa käytetyt modulaariset ratkaisut ja positiointimenetelmät nopeuttivat suunnittelun etenemistä ja varmistivat virheettömyyden.

Kenttäsuunnittelussa käytetyt kustannustehokkaat laiteratkaisut ja toimintamenetelmät osoittautuivat luotettaviksi. Voimalaitoksen tulevia automatisointeja ajatellen myös laajennusvara saatiin huomioitua.

Sovellussuunnittelussa kiinnitettiin erityistä huomiota toiminnan muokattavuuteen, valvontaan sekä laitehäiriöiden- ja tapahtumien käsittelyyn. Elvytystapahtumien seuranta ja analysointia kehitettiin lisäominaisuutena. Näiden avulla täyssuolanpoistoon liittyviä lisäveden valmistuksen käyttäjä elvytysjaksoja on mahdollista jatkossa myös optimoida, jotka voivat edelleen lisätä kustannussäästöjä sekä toimintavarmuutta.

Projekti oli koko laajuudessaan erittäin mielenkiintoinen ja haastava. Vaikka suunnittelutyön tekijällä oli pitkä kokemus kenttä- ja sovellussuunnittelusta, työn haastetta lisäsi mahdollisuus kehittää automaattioratkaisuja, toimintatapoja ja kustannussäästöjä investoinnin mahdollistamiseksi. Tämän vuoksi haasteellisuutta lisäsi projektin kokonaisvaltainen suunnitteluvastuu myös toteutustasolla käyttöönottoon saakka.

Toimintatapojen uudelleen suunnittelussa ja automatisoinnin käyttöönotovaiheissa voimalaitoksen henkilökunnan aktiivinen osallistuminen vaikutti merkittävästi tavoitteiden saavuttamiseen.

Projektin automaatio- ja sähköasennukset toteutettiin pääosin tehtaan omilla asentajilla, jotka osoittivat kiitettävää oma-aloitteellisuutta ja ammattitaitoa. Projektin palkitsevin osuus on aina onnistunut käyttöönotto järjestelmällisen suunnittelun, asennuksien ja koestuksien ansiosta.

Täyssuolanpoistoprosessin automatisoinnin viimeinen vaihe valmistui 3.10.2011. Prosessi on tästä lähtien ollut täydessä käytössä automaattiohjattuna.

Saatujen kokemusten ja palautteen perusteella automatisointi onnistui tavoitteen mukaisesti, jossa toimeksiantaja ja käyttäjät ovat olleet erittäin tyytyväisiä automatisoinnin toimintaan. Prosessin käytettävyys ja laitehäiriöiden hallinta parantavat vedenkäsittelyn kustannustehokkuutta, tuotantovarmuutta ja työturvallisuutta.

LÄHTEET

C100 Engineering Bulletin Sulfuric Acid Regen. 2010. Purolite. Sivut 6 ja 18. pdf-tiedosto. Viitattu 2.8.2011

<http://www.purolite.com/Customized/uploads/C100%20Eng%20Bulletin%20Sulfuric%20Acid%200910.pdf>

Common Ultrapure Water Terminology n.d. Mettler-Toledo Thornton. Viitattu 16.3.2011.

<http://my-mt.com/thornton/terminology.htm>

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 1997. Höyrykattilatekniikka. 2. tarkistettu p. Helsinki: Oy Edita Ab.

Krohne IFC 110 F V2.0, handbook. 2003. 10.2 Error limits. Sivu 90. pdf-tiedosto . Viitattu 7.8.2011.

http://www.krohne.com/html/dlc/HB_IFC110_e_72.pdf

Korroosio vesi-höyryjärjestelmässä n.d. Sivu 6. pdf-tiedosto. Viitattu 30.7.2011.

<http://ylivieska.cop.fi/karip/kemia/031S01Y/vesikemian%20perusteet.pdf>

M-real Tako Board 2009, Voimalaitoksen vedenkäsittely: Lisäveden valmistus. 2009. Tampere.

Metso Automation 2006a, metsoDNA Manuals Collection 2006 Fi V.7.1 build 1, 2006. Suunnittelutyökalut: LcCAD, MtrCAD, FbCAD, SeqCAD, FieldCAD, HwCAD, DNAuseEditor, DNAnetworkDesigner, HwTools, DNAreportDesigner. 2006.

Metso Automation 2006b, metsoDNA Manuals Collection 2006 Fi V.7.1 build 1, Laitteisto. 2006.

Metso Automation 2006c, metsoDNA Manuals Collection 2006 Fi V.7.1 build 1, Sähkömekaniikka. 2006.

Metso Automation 2006d, metsoDNA Manuals Collection 2006 Fi V.7.1 build 1, Prosessinohjauspalvelimen toimilohkot. 2006.

Metso Automation 2006e, metsoDNA Manuals Collection 2006 Fi V.7.1 build 1, Tyypikokoelmat. 2006

Metso Automation 2006f, metsoDNA Manuals Collection 2006 Fi V.7.1 build 1, Tapahtumien käsittely. 2006

Mollier Diagram for Water-Steam. Enthalpy-entropy diagram for water and steam. n.d.

Viitattu 2.8.2011

http://www.engineeringtoolbox.com/mollier-diagram-water-d_308.html

Pirilä, P. 2003. Yleinen energiatalous. Sivun 6., pdf-tiedosto.

Viitattu 3.8.2011

http://www.tkk.fi/Yksikot/Energiatalous/kurssit/Ene592101/YET_3.pdf

PSK 3601. 2007. Prosessiteollisuuden virtauskaavioiden piirrosmerkit. pdf-tiedosto. Viitattu 3.4.2011.

<http://www.psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma36/PSK3601,%202painos.pdf>

PSK 0901. 2001. Virtaavien aineiden nimet, lyhenteet ja lyhenteiden muodostaminen. pdf-tiedosto. Viitattu 19.3.2011.

<http://www.psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma09/PSK0901.PDF>

Rantamäki, T. 2011. Tekninen johtaja. Suomen KL-Lämpö Oy. Haastattelu 20.1.2011.

SFS-ISO 14617-6. 2004. Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit.

Osa 6: mittaus- ja ohjaustoiminnot. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. Viitattu 19.3.2011.

<http://sales.sfs.fi/servlets/ProductServlet?action=showproduct&productid=178901>

Sisto-10 Flanged diaphragm valve. Technical description. n.d. Sivun 3., pdf-tiedosto. Viitattu 26.4.2011

https://shop.ksb.com/ims_docs/6D/6D544F4CE8FF624AE1000000CEA40C8B.pdf

Sivonen, M. 2000. Teollisuuden instrumentointi. Helsinki: AEL Palvelut Oy.

Tikka, A. 2010. Prosessimittaukset, virtaus. Luentomateriaali. Sivun 6. Valkeakoski. 23.4.2010.

Vuorinen, J. 2008. Ioninvaihto täyssuolanpoistossa. Promaint. 2008(7), sivut 60-63, pdf-tiedosto. Viitattu 13.4.2011.

<http://www.promaint.net/downloader.asp?id=3095&type=1>