

Kimmo Pykäs

VESILAITOKSEN AUTOMAATIOSANEERAUS

Järjestelmän päivitys

VESILAITOKSEN AUTOMAATIOSANEERAUS

Järjestelmän päivitys

Kimmo Pylkäs
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka, Automaatiotekniikka

Tekijä: Pylkäs Kimmo

Opinnäytetyön nimi: Vesilaitoksen automaatioasaneeraus

Työn ohjaajat: Satu Vähänikkilä, Markus Alardt

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 38

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Oulussa sijaitsevan Laanilan teollisuusalueen vesilaitoksen automaatiojärjestelmän päivitys. Vesilaitoksen prosessista osa on vaihdettu jo uudempaan eri toimittajan järjestelmään ja loput prosessista on tarkoitus yhdistää samaan järjestelmään.

Työ aloitettiin tutustumalla vanhan automaatiojärjestelmän sovellukseen ja toimintakuvauksien päivitykseen. Toimintakuvaukset kirjattiin kaikista automaatioon liittyvistä positioista, sovelluksen sekvensseistä ja TSP-prosessista. Instrumenttilaitteista suunniteltiin piirikaaviot ja johdotukset. Toimintakuvaukset optimoitiin paremmin toimiviksi ja suunnitelmat lähetettiin uuden järjestelmän toimittajalle, joka hoitaa sovelluksen suunnittelun uuteen järjestelmään.

Työ eteni suunnitelmien mukaan ja tulevassa huoltoseisokissa järjestelmän vaihto suoritetaan vaiheittain, jotta tuotannossa tapahtuva katkos olisi mahdollisimman lyhyt. Järjestelmän päivityksessä on noin 4 päivää aikaa tehdä johdotukset ja koestukset. Järjestelmän päivitystä ajankohtana ei pystytty dokumentoimaan, vaan opinnäytetyö toimii alustavana suunnitelmana tulevassa järjestelmän päivityksessä.

Asiasanat: automaatiojärjestelmä, piirikaavio, vesilaitos, tuotanto, elvytys

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Electric and Automation Engineering, Option of Automation

Author: Pylkäs Kimmo
Title of thesis: Automation System Update for Waterworks
Supervisors: Satu Vähänikkilä, Markus Alardt
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021
Number of pages: 38

The purpose of this thesis is to plan automation system update for waterworks at Laanila's factory area in city of Oulu. Part of the process of the waterworks has already updated to newer system from a different supplier. The rest of the process is planned to be changed to the same system.

This job was started by getting familiar with the application of the old system and the update of the functional descriptions. Functional descriptions were recorded from instrument positions, sequences and TSP-process. Circuit diagrams and their wiring were also planned. All functional description were optimised to better and all plans were sent to supplier of new automation system.

Work has proceeding as planned and the system update is carried out in stages during an upcoming maintenance stoppage to minimize the down time in production. In system update the time for all wiring and testing is about four days. The documentation about the system update is not included in this thesis. The thesis works as a preliminary plan for the upcoming system update.

Keywords: automation system, circuit diagram, waterworks, production, reflation

SISÄLLYS

SANASTO.....	6
1 JOHDANTO.....	7
2 VESILAITOS.....	8
2.1 TSP-prosessi.....	10
2.2 Tuotanto.....	11
2.3 Elvytys.....	12
3 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN OSAT	13
3.1 Ohjelmoitava logiikka	13
3.2 I/O-kortit.....	13
3.2.1 DI-kortti	14
3.2.2 DO-kortti.....	15
3.2.3 AI-kortti	17
3.2.4 AO-kortti.....	18
3.3 Sovellus.....	20
3.4 Sekvenssi.....	20
3.5 Omron	21
3.6 ABB	22
4 PROSESSIN OPTIMOINTI.....	25
4.1 Kemikaalisyöttö	25
4.2 Sarjan virtausmittaus.....	28
5 JÄRJESTELMÄN VAIHTO	29
5.1 Ohjelma.....	29
5.2 KytKentäkotelot.....	30
5.3 Työvaiheet.....	31
5.4 Koestus	33
5.4.1 Mittauksien koestus	33
5.4.2 Venttiilin koestus	34
6 POHDINTA.....	36
LÄHTEET.....	38

SANASTO

AI	Analog input - Analoginen tuleva signaali
ALMA	Tiedonhallintajärjestelmä
AO	Analog output - Analoginen lähtevä signaali
DI	Digital input - Binäärinen tuleva signaali
DO	Digital output - Binäärinen lähtevä signaali
I/O	Input/output - Teollisuudessa käytettävän viestintämuodon tulo ja lähtö
PLC	Programmable logic control - Ohjelmoitava logiikka, joka sisältää proses- siaseman ja I/O-kanavat
TSP	Täyssuolanpoisto on osa vedenpuhdistuksen prosessia vesilaitoksella

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä päivitetään Laanilan tehdasalueella sijaitsevan vesilaitoksen vanhentunut automaatiojärjestelmä uudempaan. Vesilaitos on jo osittain päivitetty uudempaan, toisen yrityksen toimittamaan järjestelmään, joten tällä päivityksellä saadaan koko vesilaitos yhtenäiseksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Vesilaitoksen valvonta ja operointi onnistuu jatkossa myös toisesta työpisteestä tehdasalueella.

Päivitettävä kohde on osa veden puhdistuksen prosessia, joka on täyssuolanpoisto. Täyssuolanpoisto on viimeinen osa veden puhdistuksen prosessista, jonka jälkeen vesi ohjataan varastosäiliöön ja loppukäyttäjille. Vanhat kentällä olevat kenttäväylään kytketyt I/O-kortit siirtyvät sähkötilaan, eivätkä ole riskialttiissa ympäristössä alttiina veden roiskeille, kemikaaleille tai kemikaalien höyryille.

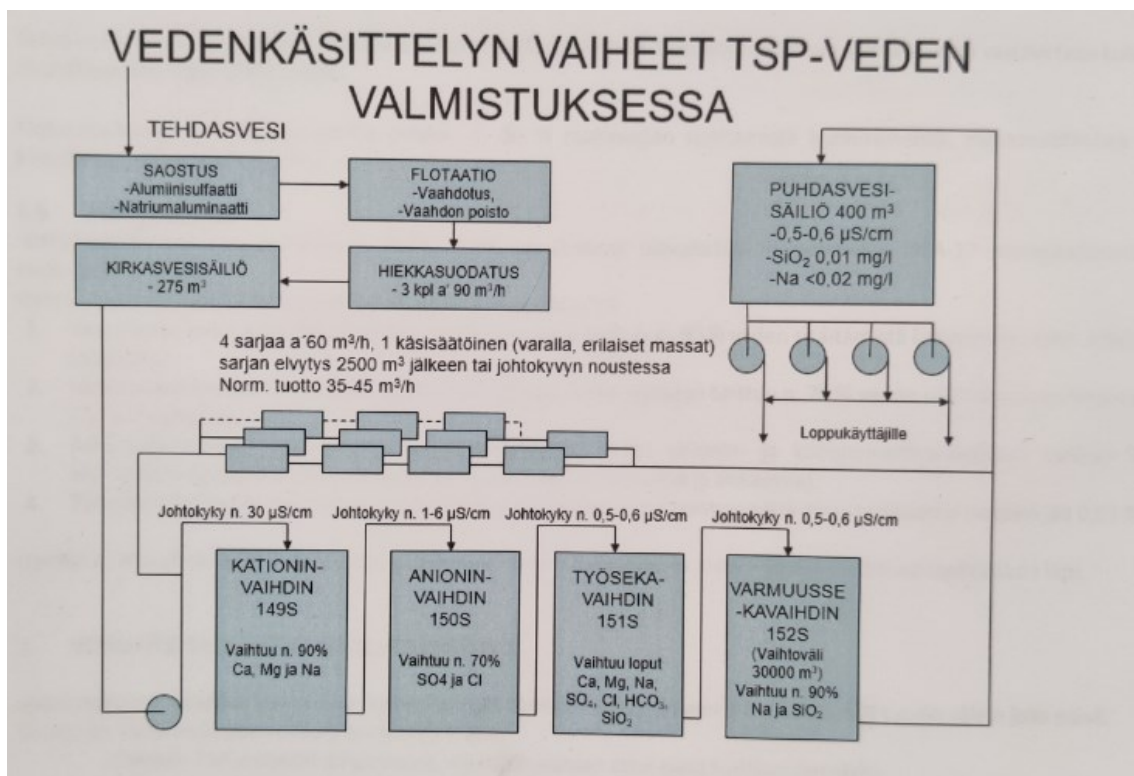
Sovelluksen tulkinta vanhasta järjestelmästä kirjattiin ylös ja toimitettiin uuden järjestelmän toimittajalle. Johdotuksien suunnittelu kuului työhön kuten piirikaavioiden päivitys ja toimintakuvauksien kirjaaminen. I/O-kanavien suunnittelu on osa piirikaavioihin liittyvää työtä. Suunnittelussa hyödynnettiin tiedonhallintajärjestelmää nimeltään Alma, joka on suunnitteluun ja tietojen dokumentointiin tarkoitettu ohjelma.

Vesilaitoksen päivityksen aikana päivitetään myös muita tehdasalueella olevia uuden toimittajan tuotteita. Päivityksen aikana tehdasalueella on huoltoseisokki, jolloin tuotanto pysähtyy useamassa laitoksessa. Täyssuolapuhdistetun veden tarve on jatkuvaa tehdasalueella, joten päivityksessä vanha järjestelmä on osittain käytössä. TSP-prosessi on rinnastettu kolmeen osaan, jolloin tämä mahdollistaa päivityksen aloittamisen osassa prosessia muun osan ollessa tuotannolla.

2 VESILAITOS

Laanilan tehdasalue tarvitsee puhdistettua vettä prosesseihin ja jäähdytykseen. Vesilaitos saa veden Oulujoesta rantapumppaamon avulla. Joesta pumpattava vesi on puhdistettava, jotta sitä voidaan käyttää tehtaalla olevissa prosesseissa. Rantapumppaamossa on kaksi karkeavälppää ja kaksi sihtiketjusuodinta, joiden läpi vesi kulkeutuu pumpuille. Vesi pumpataan tehdasalueelle 2,5–3,0 baarin paineella. (Eastman 2020.)

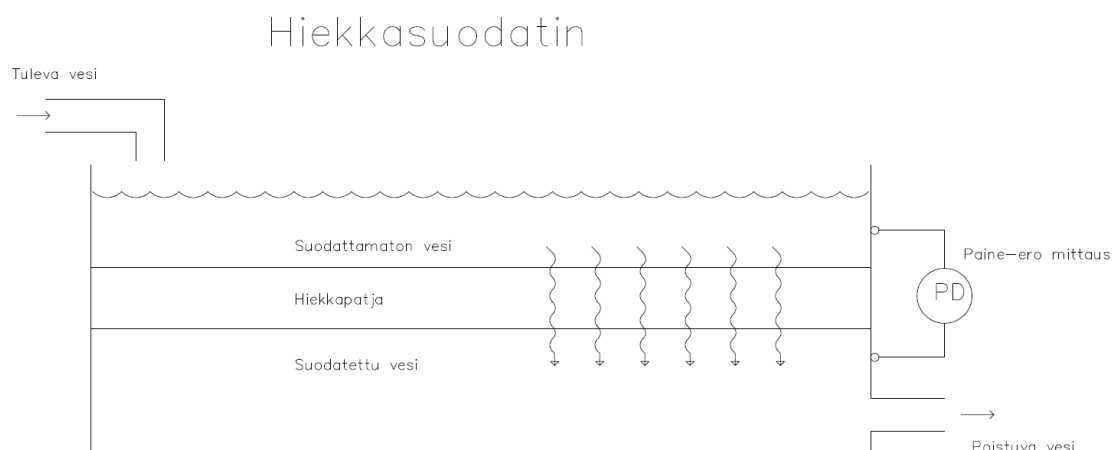
Vedenkäsittelylaitoksella vesi puhdistetaan saostuksen, flotaation, hiekkasuodatuksen ja täyssuolanpoiston avulla (kuva 1). Ennen veden puhdistusta vesi lämmitetään lämmönvaihtimilla, joissa lämpöenergiana käytetään ensin tehdasalueen kiertovettä ja tämän jälkeen vesi lämmitetään säätöpiiriin avulla noin 20 asteeseen. Lämmön lähde säätöpiirissä on höyry. Lämmityksellä on tarkoitus tehostaa saostusta pudistusprosessissa. (Eastman 2020.)



KUVA 1. Vesilaitoksen prosessikaavio

Veteen lisätään alumiinisulfaattia ja natriumaluminaattia saostusta varten ennen saostusallasta. Saostusallasta on kolme melasekoitinta, jotka auttavat kemikaalien sekoittumista veteen. Saostusallasta alkaa muodostua sakkahöytäileitä sakka-alkioista. Vesi on saostettava, koska Oulujoen vedessä on paljon humusta. Suurin osa humusaineista saostuu hydraattisakan kanssa. Saostunut vesi johdetaan flotaatioaltaaseen, johon johdetaan ilmastettua flotaatiovettä. Flotaatiovesi syntyy kyllästimessä, jossa veteen sekoitetaan paineilmaa noin kuuden baarin paineella. Paineilma sekoittuu veden kanssa hyvin pieniksi ilmakupliksi, jolloin kyllästimestä ulos tuleva vesi näyttää valkoiselta. Flotaatioaltaassa saostunut humus nousee pintaan flotaatioveden avulla, jolloin altaan pintaan muodostuu vaahtomainen kerros. Vaahto poistetaan veden pinnalta vaahtonpoistotelalla ja johdetaan viemäriin. Altaan pohjalla oleva humukseton vesi jatkaa hiekkasuodattimelle. (Eastman 2020.)

Hiekkasuodatin on allas, jossa vesi painuu metrin paksuisen hiekkapatjan läpi (kuva 2). Vedessä oleva loppusakka suodattuu pois ja jää hiekkapatjaan. Hiekkasuodattimella on kolme rinnan kytkettyä hiekka-allasta. Rinnankytkemisen ansiosta likaantunutta allasta voidaan huuhdella samalla, kun toiset altaat ovat käytössä. Hiekkapatjan pinta-ala on 26 m^2 ja veden suodatusnopeus hiekkapatjan läpi on $3,5 \text{ m}^3$ tunnissa. Hiekkasuodattimen tehokkuutta seurataan paine-eromittauksella. Paine-eron noustessa hiekkapatja ei enää suodata vettä tarpeeksi tehokkaasti ja suodatin alkaa tukkeutumaan. Hiekkasuodatin puhdistetaan huuhteluviesipumpun avulla, ajamalla vettä patjan läpi väärään suuntaan. Väärään suuntaan ajamalla hiekkapatjasta irtoaa lika. Huuhtelun aikana altaassa veden pinta nousee ja likaantunut vesi menee ylivuotona viemäriin. (Eastman 2020.)



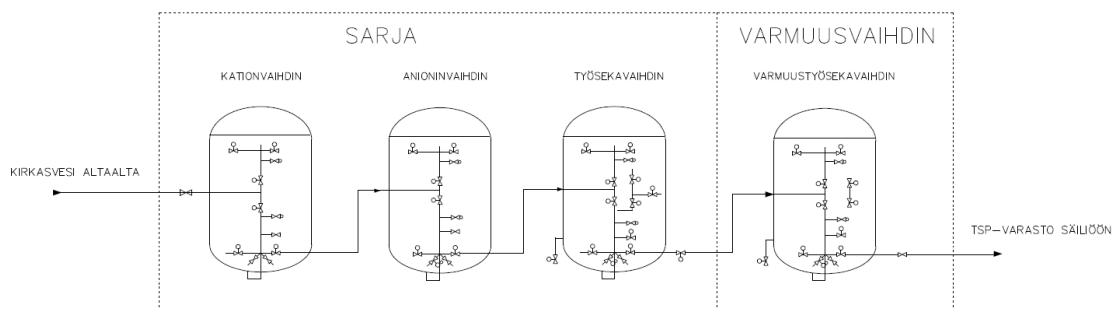
KUVA 2. Hiekkasuodatin ja paine-eromittaus

Hiekkasuodatuksesta vesi kulkeutuu kirkasvesisäiliöön. Flotaatioaltaan ja hiekkasuodattimen avulla raakavedessä olevasta humuksesta poistuu noin 80 %. Kirkasvesisäiliötä on myös mahdollista täyttää kaupungin verkosta saatavalla vesijohtovedellä. Tämä on tarpeen, jos veden puhdistuksen alkupäässä ilmenee ongelmia. Säiliön tilavuus on 275 m³. (Eastman 2020.)

Kirkasvesisäiliöstä vesi pumpataan ioninvaihtosarjoille paineensäätöventtiilin kautta. Ioninvaihtosarjoilla poistetaan vedestä suolat, kuten kationit ja anionit, jolloin vesi on käyttökelpoista tehdasalueella oleviin prosesseihin. (Eastman 2020.)

2.1 TSP-prosessi

Yksi osa veden puhdistuksessa on TSP eli täyssuolanpoisto. Valmistuskapasiteetti on 60–80 m³ tunnissa. Suolan poistaminen tapahtuu sarjaan kytketyillä ioninvaihtimilla. Ioninvaihdin on tankki, joka sisältää ioninvaihtohartsia. Ioninvaihtohartsi toimii suodattimena tankin sisässä. Prosessissa on suolanpoistoon neljä vaihdinta: kation-, anion-, työseka- ja varmuustyöseka vaihdin (kuva 3). Kolme ensimmäistä vaihdinta prosessissa kutsutaan sarjaksi. Neljäs vaihdin on nimeltään varmuustyöseka vaihdin. Automaatiojärjestelmässä sarja toimii omana kokonaisuutena ja varmuusvaihdin omanaan.



KUVA 3. Täyssuolanpoiston sarja ja varmuusvaihdin

Vesilaitoksella on kolmen vaihtimen sarjoja rinnan kytkettynä kolme kappaletta kuten myös varmuusvaihtimia eli vaihtimia on kaiken kaikkiaan 12 kappaletta. Laitoksessa on ollut sarjoja neljä kappaletta mutta viimeinen, neljäs sarja, on poistettu käytöstä. (Eastman 2020.)

2.2 Tuotanto

TSP-prosessin ollessa tuotannolla kirkasvesialtaasta tuleva vesi kulkeutuu TSP-varastosäiliöön sarjan ja varmuusvaihtimen kautta. Kirkasvesi pumpataan paineensäätimen kautta ensimmäiseen vaihtimeen, kationiin. Paineensäätimen avulla vedenpaine pidetään 3,8 baarissa. Liian korkea paine nostaa virtausnopeutta, jolloin vaihtimien sisässä oleva ioninvaihtomassa voi lähteä virtaavan veden mukana liikkeelle vaihtimista. Ensimmäisessä vaihtimessa, kationissa, veden kationeista 90 prosenttia suodattuu pois. Vesi kulkeutuu seuraavaksi anion-vaihtimeen, jossa vedestä irtoaa noin 70 prosenttia anioneista. Työsekevaihtimessa on samat ominaisuudet kuin kation- ja anionvaihtimessa. Työsekevaihdin suodattaa vedestä loput epäpuhtaudet. Varmuustyösekevaihdin toimii TSP-prosessissa varmuussuotimena. Se on ominaisuuksiltaan samanlainen kuin työsekavaihdin. (Eastman 2020.)

Yleisesti vesilaitoksella on yksi sarja kerrallaan tuotannolla. Tuotannolle voidaan ottaa toinenkin sarja rinnalle, jos puhtaan veden tarvetta ilmenee. On myös mahdollisuus ottaa käyttöön kaikki sarjat ja varmuusvaihtimet yhtä aikaa, mutta kirkasvesialtaan kapasiteetti ei riitä pitkäksi aikaa (Kallio 2020). Yhden sarjan tuotantokapasiteetti on noin 60 m³ tunnissa. Normaalissa ajossa sarjan tuotto on 35–45 m³. Varmuustyösekevaihtimella kapasiteetti on 80 m³ tunnissa. Sarja pystyy tuottamaan puhdasta vettä noin 2200–2500 m³, jonka jälkeen sarjan poistuvan veden johtokyky alkaa kohoamaan (Kallio 2020). Korkea johtokyky viittaa siihen, että vedessä on suolaa ja vaihtimien suodattimet ovat likaantuneet, jolloin ne eivät puhdistava tavalla. (Eastman 2020.)

Sarjan kahdessa viimeisessä vaihtimessa on kummassakin omat mittaukset johtokyvyn pitoisuudelle. Mittauksella on tarkoitus valvoa vaihtimesta poistuvan veden johtokykyä. Johtokyvyn nousussa liian korkeaksi estetään likaisen veden eteneminen prosessissa. Sarjan sekatyövaihtimessa on sulkuventtiili estämässä veden etenemistä varmuustyösekevaihtimelle, jos veden johtokyky nousee. (Eastman 2020.)

Sarjan käyttöönotossa huuhdellaan vettä kaikkien vaihtimien läpi. Työvaihtimesta vesi johdetaan poistovesiin ja mitataan veden johtokykyä. Huuhdellun veden johtokyvyn ollessa nollassa voidaan sarja ottaa prosessissa tuotannolle ja sen puhdistama vesi ohjataan varmuustyösekevaihtimelle. (Eastman 2020.)

Varmuustyösekkavaihtimen ottaminen tuotannolle tapahtuu samalla tavalla kuin sarjojen. Vaihtimen läpi huuhdellaan vettä poistovesiin ja mitataan johtokykyä huuhteluviedestä. Kun johtokyky on nollassa, voidaan vaihdin ottaa tuotannolle ja puhdistettu vesi ohjataan TSP-varastosäiliöön. (Eastman 2020.)

2.3 Elvytys

Sarjan tai varmuustyösekkavaihtimen likaantuessa johtokyky nousee, jolloin vaihtimissa oleva ioninvaihtohartsin suolanpoisto ei ole enää tehokasta. Sarjalle tai varmuustyösekkavaihtimelle tehtävällä elvytyksellä tarkoitetaan pesua. Elvytys pystytään tekemään vain yhdelle sarjalle tai varmuustyösekkavaihtimelle kerrallaan johtuen kemikaalin syötöstä. Sarjalle elvytys tehdään, kun suodattun veden määrä on 2200–2500 m³ tai johtokyky on noussut yli sallitun rajan. Elvytyksen aikana vaihtimiin syötetään kemikaaleja pesuaineena, jolla likaantunut ioninvaihtohartsi saadaan puhdistettua. Varmuustyösekkavaihtimella pystytään tuottamaan puhdasta vettä noin 30000 m³, jonka jälkeen tehdään elvytys. (Eastman 2020.)

Elvytyksessä käytettäviä kemikaaleja ovat rikkihappo ja lipeä, jotka säilytetään omilla varastosäiliöissä. Rikkihapon pitoisuus on 75 prosenttia ja lipeän 50 prosenttia. Kumpikin kemikaali laimennetaan 10-prosenttiseksi veden avulla. Rikkihapolla elvytetään sarjassa olevia kation- ja työsekkavaihtimia. Lipeällä elvytetään sarjassa olevia anion- ja työsekkavaihtimia. Varmuustyösekkavaihtimissa käytetään molempia kemikaaleja. (Eastman 2020.)

Sarjan elvytyksen aikana varmuustyösekkavaihtimen toiminnassa ei tapahdu mitään muutoksia. Vedensyöttö varmuustyösekkavaihtimeen tapahtuu toisella, tuotannolla olevalla sarjalla. Ensimmäisen vaihtimen, kationin, pesussa laimennettu kemikaali syötetään vaihtimeen ja annetaan liuottaa ioninvaihtohartsia tunnin ajan. Muissa vaihtimissa laimennettu kemikaali juoksetetaan ioninvaihtohartsin läpi. (Eastman 2020.)

Kemikaalipesujen jälkeen vaihtimet huuhdellaan, jottei niihin jää kemikaaleja. Huuhtelussa käytetään apuna johtokyvyn mittausta. Huuhtelussa sarjan läpi virtaavaa vettä ei johdeta varmuustyösekkavaihtimelle, vaan se johdetaan viemäriin työsekkavaihtimessa olevan venttiilin kautta. Johtokyvyn ollessa sallitussa tasossa tarvittavan ajan on elvytys onnistunut. Elvytyksen jälkeen sarja tai varmuusvaihdin voidaan ottaa tuotannolle tai jättää odottamaan käyttöönottoa. (Eastman 2020.)

3 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN OSAT

Vesilaitoksen automaatiojärjestelmä muodostuu useista yksiköistä, joilla saadaan veden puhdistuksen prosessia ohjattua halutulla tavalla ja automaattisesti. Ohjelmoitava logiikka on järjestelmässä tietokone ja tähän liittyvät tulo- ja lähtökortit auttavat prosessin ohjauksessa ja tulkinassa. Järjestelmään liittyvä olennainen osa on operointipaneeli tai valvomopääte, jolla operaattori voi seurata ja ohjata prosessia tarpeen mukaan. TSP-prosessia ohjaava Omronin järjestelmä ja sen osat ovat vesilaitoksella hajautettuna kentälle kytkentäkaappeihin. Omronin korvaavat ABB:n järjestelmän laitteet sijoitetaan sähkötilaan.

3.1 Ohjelmoitava logiikka

PLC on yksikkö, joka toimii automaatiojärjestelmässä keskustietokoneena. Lyhenne PLC tulee sanoista programmable logic controller. Pienemmissä kompaktin kokoisissa logiikoissa on I/O-kanavat samassa paketissa, kun taas isommissa automaatiojärjestelmissä I/O-kanavat on sijoitettu erillisiin kortteihin. Prosessia ajavat, automaatiojärjestelmässä käytettävät, sovellukset ja koodit ohjelmoidaan logiikkaan. Logiikassa tietokone tulkitsee tulokanavien viestitiedot, laskee tarvittavat sovelluksen yhtälöt ja ohjaa tarvittavia lähtöjä.

3.2 I/O-kortit

Vesilaitoksella käytettävät I/O-kortit ovat tyypiltään yleisimpiä automaatioissa käytettäviä kortteja, joita on neljä kappaletta. Näillä erilaisilla korteilla pystytään ohjaamaan prosessia binäärisesti tai analogisesti. Vastaavasti prosessia voidaan lukea binäärisesti tai analogisesti. Kaksi korttia on binäärisiä lähtö- ja tulokortteja ja toiset kaksi korttia analogisia lähtö- ja tulokortteja. Korteissa käytöjännitteenä käytetään teollisuudessa yleistä 24 voltin tasajännitettä.

Monissa automaatiojärjestelmissä I/O-kortit ovat sijoitettuna kehikkoihin, joissa ne ovat vierekkäin kiinnitettynä kytkentäalustaan (kuva 4). Kortit ovat liitettyinä kehikon kenttäväylän kautta prosessi- asemaan tai prosessiasema on kiinni samassa kehikossa.

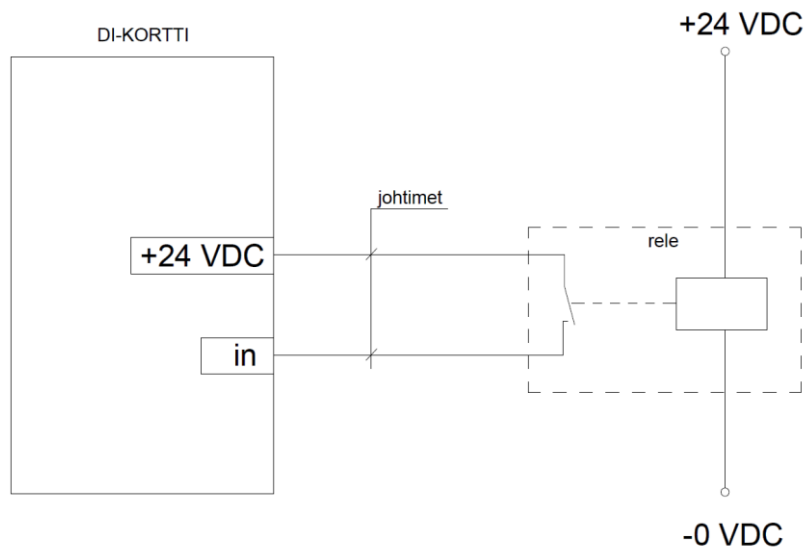


KUVA 4. I/O-kortit sijoitettuna kehikkoon

3.2.1 DI-kortti

Tulokortissa lyhenne DI tulee englannin kielen sanoista Digital Input. Binäärinen tulo, jossa signaalin ilmaisun muotona on tosi tai epätosi. Sovelluksesta luettaessa tulo on 1 tai 0, kentältä mitattuna se on 24 tai 0 voltia. Tulokortin tarkoituksena on lukea prosessissa tapahtuvia muutoksia, kuten esimerkiksi venttiilin toimilaitteen asentotietoa, pintakytkimien tilatietoja tai moottorin käyntitietoa. Korteissa on valmistajasta riippuen 8–32 kanavaa. Projektissa olevassa poistuvassa Omronin DRT1-ID16-1 DI-kortissa kanavia on 16 kappaletta, kuten myös tulevassa ABB:n DI810 kortissa.

Kortin kanavaan syötetään jännitettä, jolloin kanava aktivoituu. Syötettävä 24 voltin tasajännite saadaan kortista itsestään tai logiikan omasta virtalähteestä. Jännite kiertää ulkoisen koskettimen kautta kortin kanavaan. Ulkopuolisesta virtalähteestä saatu jännite ei käy, koska eri sähkölähteiden piireissä on potentiaalieroja. Ulkopuolisen jännitteen tuomista kortin kanavaan ei suositella, vaan kytketään piirin rele erottamaan laitteet toisistaan. Ulkopuolinen jännite ohjaa relettä ja releen koskettimen puolelle kytketyn kortin jännite ohjautuu kortin tulokanavaan (kuva 5).



KUVA 5. Ulkoisen jännitteen käyttö DI-kortilla

Vesilaitoksen prosessissa venttiilien auki- tai kiinni -rajan ilmaiseminen järjestelmään tapahtuu DI-kortin avulla. Venttiilin toimilaitteeseen kytketty anturi aktivoituu ja johdattaa jännitteen kortin kanavaan, kun venttiilin asento vaihtuu auki- tai kiinni -asentoon. Kun prosessiasema havaitsee signaalin muuttuneen kanavassa, se ymmärtää venttiilin asennon muuttuneen. Venttiilin tilatieto voidaan tuoda käyttöliittymään ilmaisemaan venttiilin asennon. Näytöllä olevan venttiilin asento voidaan ilmaista operaattorille esimerkiksi värillä. Venttiilin ollessa kiinni väri on harmaa ja kun se on auki, väri on vihreä.

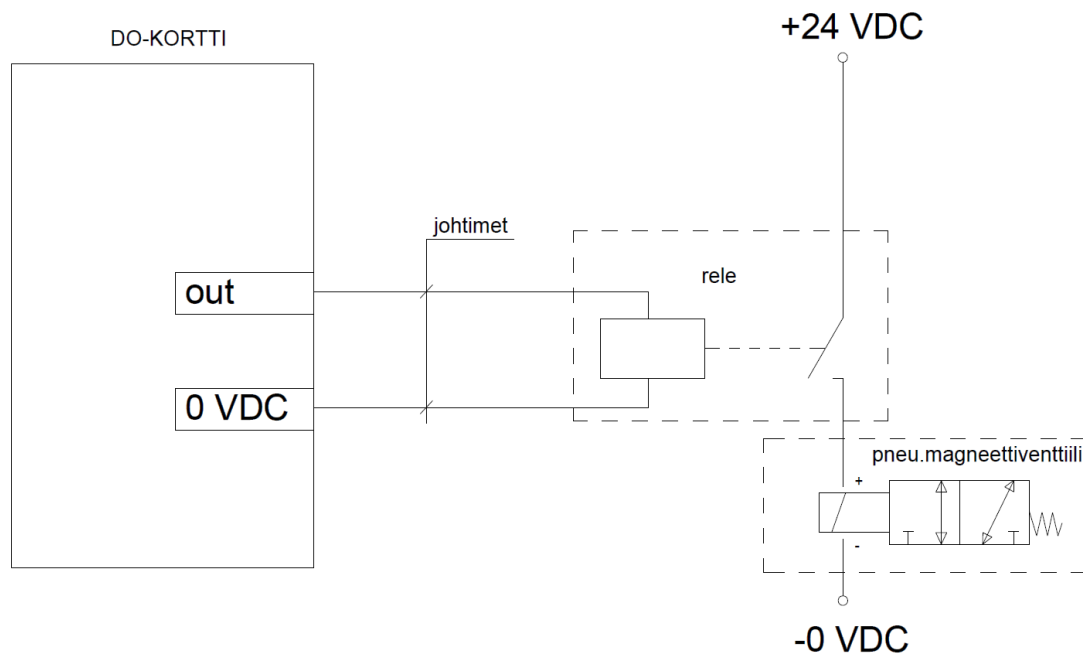
3.2.2 DO-kortti

Lähtökortin lyhenne on DO, joka tulee englannin kielestä, Digital Output. Kuten tulokortissa, on lähtökortissakin signaali muotoa tosi tai epätosi. Lähtökortissa olevilla kanavilla on tarkoitus ohjata prosessia, kuten venttiilejä ja releitä, sekä käynnistää moottoreita tai yksinkertaisesti vain syyttää merkkilamppu. Kanavien määrä tulevassa ABB:n DO810 kortissa on 16 kappaletta, kuten myös poistuvassa Omronin DRT1-OD16-1 kortissa.

Kortin kanavassa oleva jännite on 24 voltia. Teollisuudessa useimmat instrumentit toimivat juuri tällä samalla jännitteellä. Ohjattavassa laitteessa voi olla merkintä 18–30 VDC, jolloin pieni jännitteen putoaminen ei haittaa, jos kortin tai kanavan kuorma on liian suuri. ABB:n DO810 kortissa

kanavan virran kuormitukseksi on merkitty 0,5 ampeeria (ABB 2013). Tämä on otettava huomioon sähköpiirejä suunniteltaessa.

Vesilaitoksen tapauksessa Omronin DRT1-OD16-1 kortissa ei kanavissa riitä virta ohjaamaan pneumaattisia magneettiventtiilejä (Alardt 2020). Kun virta ei riitä, tarvitaan ulkopuolinen virtalähde ohjaamaan instrumenttia. Ongelma on ratkaistu siten, että kortti ohjaa relettä, jossa kelan virran kulutus ei ole kovin suuri. Rele ohjaa virran ulkopuolisesta lähteestä magneettiventtiilille (kuva 6).



KUVA 6. DO-kortti ohjaa pneumaattista magneettiventtiiliä releen avulla

Tämä ratkaisu on myös erottimena suojelemassa korttia ulkopuolisilta vikatilanteen aiheuttamilta virtapiikeiltä. Esimerkiksi lähtökortilla voidaan ohjata sähkömoottorin kontaktoria. Kortin kanavalla ohjataan kela, joka taas ohjaa 3-vaiheisen jännitteen sähkömoottorille. Kytkevävirheestä tai toimintahäiriöstä johtuen moottoriin tarkoitettu jännite voi kulkeutua kortin kanavaan ja aiheuttaa vahinkoa kortissa.

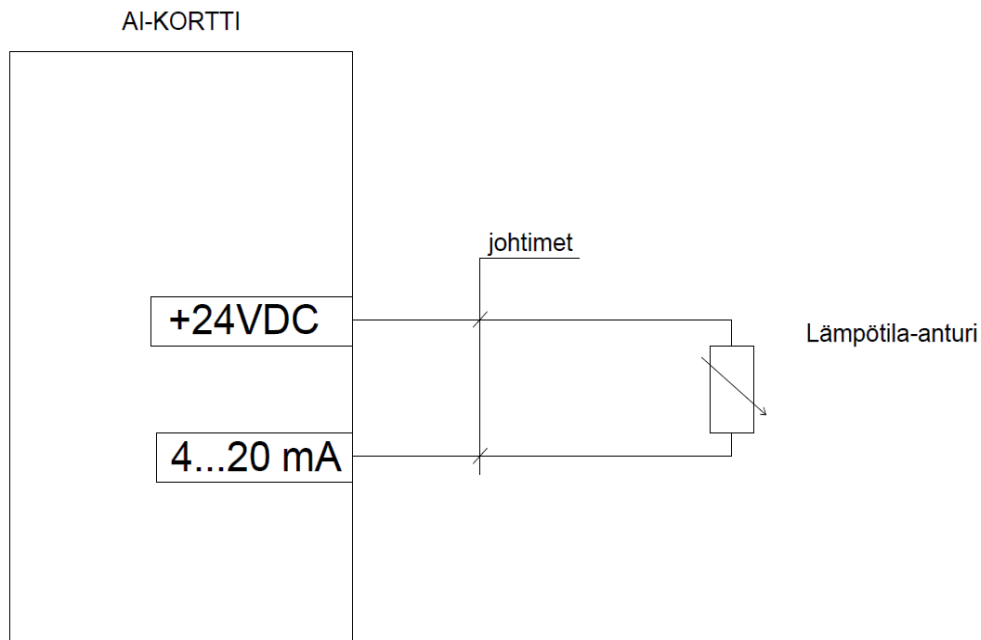
Vesilaitoksen tilanteessa ABB:n DO810 kortissa riittää virta ohjaamaan pneumaattisia magneettiventtiilejä. Tämä koestettiin käytännössä kytkemällä olemassa olevasta ABB:n kortin kanavasta magneettiventtiiliin. Kanavaa ohjattiin sovelluksen kautta ja magneettiventtiili toimi toivotulla tavalla.

3.2.3 AI-kortti

Analogisella tulokortilla (AI eli Analog Input) luetaan mittaustietoja, jotka voivat olla muuttuvia lukuja. Ne voivat vaihdella pienimmästä tiedosta suurimpaan, esimerkiksi pinnanmittaus voidaan ilmaista nollan ja sadan prosentin välillä. Vesilaitoksella analogista signaalia luetaan 4–20 milliampeeria, 4 milliampeeria on 0 prosenttia ja 20 milliampeeria on 100 prosenttia. Muita analogisen viestin mittausalueita ovat esimerkiksi 0–20 milliampeeria tai 0–10 voltia.

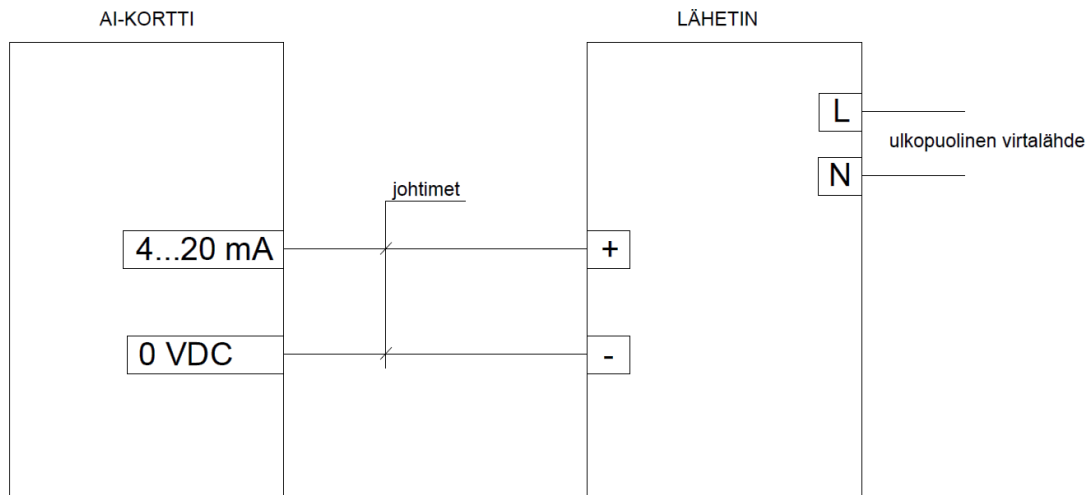
Toiminnaltaan AI-kortin mA-signaalissa kortti syöttää kahdella johtimella laitteelle käyttöjännitteen 24 voltia. Toisessa johtimessa on 24 voltia tasajännitettä ja toisessa nolla voltia. Laitteen kuorma muuttuu milliampeereina riippuen mitattavasta kohteesta. AI-kortti mittaa virran määrää tästä kytkentälinkistä. Ammattikielellä puhutaan myös loopista.

Mittalaitteet voivat olla aktiivisia tai passiivisia. Kortin kytkentä on erilainen, kun se on aktiivisena tai passiivisena. Lämpötila-anturit ovat yleensä passiivisia, jolloin anturi saa käyttöjännitteen kortilta (kuva 7).



KUVA 7. Lämpötila-anturin kytkentä AI-korttiin

Aktiiviset laitteet, esimerkiksi virtausmittaukset, joissa on erillinen lähetin anturin lisäksi, käyttävät omaa virtalähdettä, jolloin AI-kortilta ei tarvitse syöttää käyttöjännitettä, vaan kortti keskittyy vain loopin mittaamiseen (kuva 8).

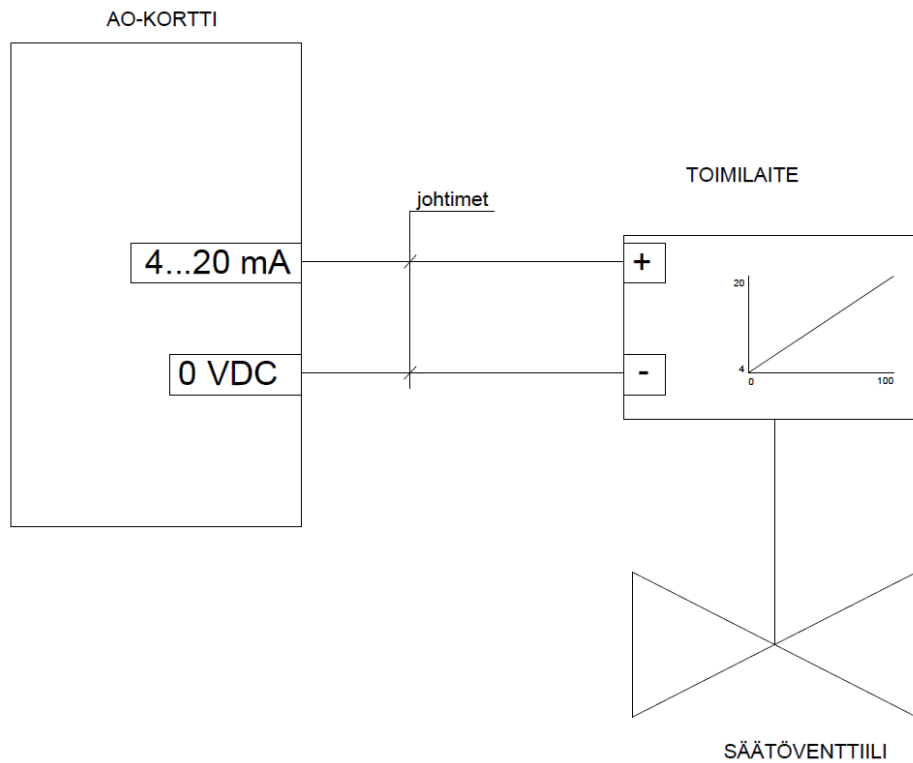


KUVA 8. Aktiivisen lähettimen kytkentä AI-korttiin

3.2.4 AO-kortti

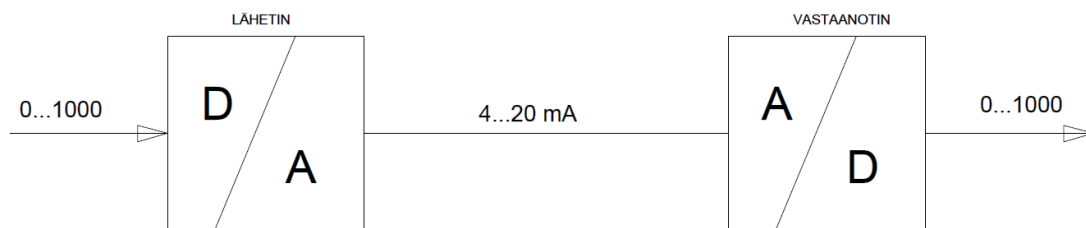
Analogisella lähtökortilla (AO eli Analog Output) signaalimuoto on sama kuin analogisella tulokortilla, nollasta tai neljästä kahteenkymmeneen milliampeeriin, kuten myös nollasta kymmeneen volttiin. AO-kortilla voidaan ohjata esimerkiksi säätöventtiiliä (kuva 9) haluttuun asentoon tai antaa moottorin pyörimisnopeuteen ohjearvo taajuusmuuntajalle.

Monissa säätöventtiilin toimilaitteissa on mahdollisuus valita toimilaitteen käyttäytyminen. Perusasetuksissa AO-kortin ohjauksen ollessa neljä milliampeeria, on venttiili kiinni ja kun ohjaus muuttuu kahteenkymmeneen milliampeeriin, ohjautuu säätöventtiili täysin auki. Ohjaus venttiilille voi olla myös käänteinen, esimerkiksi ohjauksen ollessa 20 milliampeeria, toimilaitte ohjaa venttiilin kiinni. Tietyissä tapauksissa ääriasennot venttiilissä eivät välttämättä ole täysin kiinni tai auki.



KUVA 9. AO-kortin kytkentä toimilaitteeseen

Analogisen ohjauksen käyttökohteena voi olla esimerkiksi numeroitu näyttö, joka voi olla ohjauspaneelissa tai vastaavassa kenttäkohteessa ilmaisemassa pinnanmittauksen lukemaa, lämpötilaa tai painetta. Analogisessa viestissä on tärkeää, että lähettävässä järjestelmässä tai laitteessa skaalaus on sama kuin kohdelaitteessa. Viesti muutetaan lähettimessä digitaalisesta analogiseen muotoon ja vastaanottimessa analogisesta digitaaliseen. Esimerkiksi järjestelmässä luku voi muuttua nollan ja tuhannen välillä, tällöin se on analogisen kortin lähdössä neljän ja kahdenkymmenen milliampeerin välissä. Vastaanottimessa viestitieto 4–20 mA täytyy konfiguroida samaksi kuin lähettimessä, nolasta tuhanteen (kuva 10).



KUVA 10. Viestitiedon muunnos

3.3 Sovellus

Sovellus eli ohjelma tai koodi, joka on PLC:ssä tai prosessiasemassa. Sovellus voidaan tehdä itseksseen toimivaksi tai operaattorin ohjattavaksi. Automaatiossa on ajatuksena itseksseen toimivat sovellukset, johon operaattorin ei tarvitse keskittyä. Jotkut prosessit vaativat toki operaattorin päätelyä, jota tietokoneet eivät pysty tekemään.

Sovelluksia on pieniä tai isompia kokonaisuuksia, kuten esimerkiksi voi olla pieni sovellus, johon sisältyy virtausmittaus ja säätöventtiili. Tällaisella säätöpiirityyppisellä sovelluksella on tarkoitus pitää lämpötila tietyssä pisteessä. Linjassa tai putkessa virtaavan nesteen nopeutta ohjataan säätöventtiilillä. Venttiiliä ohjattaessa pienemmälle virtaus laskee ja vastaavasti ohjattaessa isommalle virtaus nousee. Kun virtauksen halutaan pysyvän tietyssä pisteessä, tarkastellaan virtausmittauksen tietoa ja ohjataan venttiiliä tarpeen mukaan pienemmälle tai isommalle.

3.4 Sekvenssi

Vesilaitoksella automaation ohjaustapa on sekvenssiohjaus. Sekvenssissä instrumenttilaitteiden ohjaus, moottorien käynnistys ja muut vastaavat ohjaukset tapahtuvat askelmaisesti. Sovellusta tehdessä määritellään kullekin askeleelle omat toiminnot, jolloin laitteen ohjaus tapahtuu vain sille määritellyllä askeleella. Sekvenssissä askeleita voi olla lukematon määrä, rajoituksena on toki logiikan tai prosessiaseman muisti, tai sitten logiikan toimittaja on rajoittanut askelmääriä, esimerkiksi 64 askeleeseen.

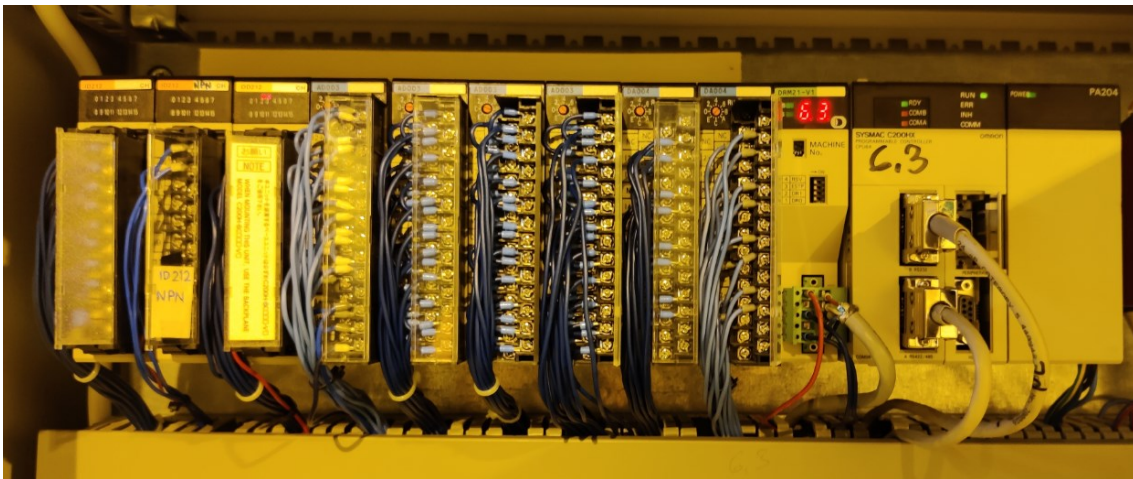
Sekvenssissä seuraavaan askeleeseen eteneminen on ehdollista. Ehtona voi olla aika, tulokanavassa tapahtuva muutos tai jonkin mittauksen piste.

Eteneminen seuraavaan askeleeseen ei välttämättä aina toteudu, vaan jonkin askeleen ehtosiossa voi olla useampi tulo ja jokin tulo voi aiheuttaa sekvenssin hyppäämisen tiettyyn askeleeseen, eteen- tai taaksepäin. Logiikassa sekvenssejä voi olla useita ja ne voivat toimia yhtäaikaan tai jopa käynnistää toisia sekvenssejä. Vesilaitoksen täyssuolanpoistossa on 12 sekvenssiä. Yhden sarjan tai varmuusvaihtimen ohjaamiseen on kaksi sekvenssiä, toinen on tarkoitettu tuotantoa varten ja toinen elvytystä. Askelmäärät vaihtelevat, vesilaitoksen TSP-

prosessissa tuotannon sekvenssissä askeleita on kuusi kappaletta, kun elvytyksen sekvenssissä askeleita on kolmekymmentä kappaletta.

3.5 Omron

Omronin ohjelmoitava logiikka on vesilaitoksella sijoitettu kentällä olevaan kytkentäkaappiin. Logiikassa CPU eli tietokone on malliltaan C200HX, väylän kommunikointiyksikkö DRM21 ja I/O-kortit ID212, OD212, AD003 ja DA004 (kuva 11). I/O-kortit ovat binäärisiä ja analogia tulo- ja lähtökortteja. Nämä kaikki yksiköt ovat sijoitettuna samaan kehikkoon, josta yksiköt saavat käyttöjännitteen. Käyttöjännitettä syöttää kehikon päädyssä oleva yksikkö PA204. (Omron 2013.)



KUVA 11. Omron logiikka

Omronissa on myös alalogiikoita, jotka ovat yhteydessä kenttäväylällä DRM21:n kautta päälogiikkaan. Alalogiikoita on vaihdinkohtaisissa koteloissa kaksi kappaletta, malliltaan DRT1-OD16-1 ja DRT1-ID16-1. Logiikan kommunikointi alalogiikoille tapahtuu DeviceNet-kenttäväylällä. Kenttäväylässä on yksi kaapeli, johon kaikki laitteet on kytketty ketjuttamalla kaapelia laitteelta toiselle. DeviceNet-kenttäväylässä on mahdollisuus kytkeä väylään muidenkin valmistajien laitteita. Kenttäväylän kaapeloinnissa on yleistä, että viimeisen yksikön jälkeen kaapelointi päättyy päätevastukseen. Päätevastuksella on tarkoitus vähentää kenttäväylän signaalissa ilmeneviä häiriöitä. Kenttäväylätyyppisellä ratkaisulla säästää kaapeloinnissa, mutta jos väylä vioittuu, voivat koko väylän laitteet olla logiikalta ja operaattorilta tavoittamattomissa. (Omron 2013.)



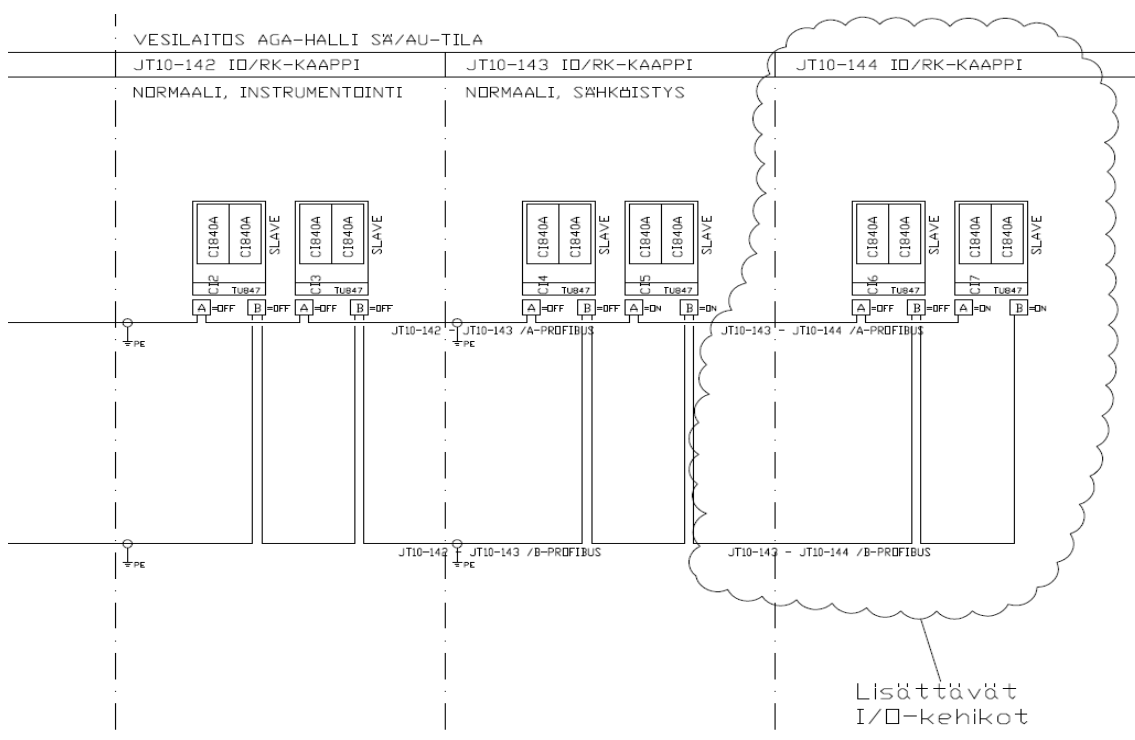
KUVA 12. Omron alalogiikka tulokortti kytkentäkotelossa

Alalogiikat ovat Omronin järjestelmässä tulo- ja lähtökortteja (kuva 12). Lähtökorteilla ohjataan vaihtimien venttiilien pneumaattisia magneettiventtiilejä ja tulokorteilla luetaan venttiilien rajatietoja. Alalogiikat vaativat käyttöjännitteen 24 voltia, joten jokaiseen vaihtimen kytkentäkoteloon on sijoitettu muuntaja.

3.6 ABB

ABB:n laitteistoa on jo suurimmassa osassa vesilaitosta, joten tarvittavat uudet laitteet sijoitetaan sähkötilaan, missä muutkin ABB:n laitteet ovat. Prosessiasema on jo käytössä, joten investoitavaa on vain ristikytkentäkaappi, johon I/O-kortit sijoitetaan kehikkoineen. Samassa sähkötilassa on kaksi kappaletta ristikytkentäkaappeja, jotka sisältävät I/O-kortteja kehikkoineen. Molemmista kaappeissa on kaksi kappaletta I/O-kehikkoja ja uuteen ristikytkentäkaappiin sijoitetaan myös kaksi kappaletta I/O-kehikkoja. ABB:n tuotteet kuuluvat S800-sarjaan ja tulevat I/O-kortit ovat tyypiltään DI-, DO-, AI- ja AO810. Osa uusista investoitavista korteista sijoitetaan vanhoihin ristikytkentäkaappeihin ja osa uuteen kaappiin. Vanhoihin kaappeihin on jätetty tilaa uusien liityntöjen varten. Varalle jääviä liityntöjä tulee olemaan uudessa kaapissa.

I/O-kehikon päädyssä on kenttäväylän kommunikointia varten oma yksikkö CI840A. Jokaisessa I/O-kehikossa näitä on kaksi kappaletta (kuva 14) ja kummallekin yksikölle tulee oma kenttäväyläkaapeli. Yhdelle I/O-kehikolle tulee kaksi kenttäväyläkaapelia ja kumpikin kenttäväyläkaapeli on kytketty omaan CI840A-yksikköön (kuva 13). CI840A lähettää I/O-korteilta tulevan tiedon väyläkaapelia pitkin prosessiasemalle ja se myös vastaanottaa tiedon prosessiasemalta ja siirtää tiedon I/O-korteille. Kenttäväyliä, prosessiasemia ja CI840A-yksiköitä on kaksi kappaletta jokaista. Tämä tarkoittaa kahdennettua järjestelmää, joka on tehty vikatilanteita varten. Jos toinen lakkaa toimimasta, on toinen prosessiasema tai kenttäväylä heti valmis toimimaan, jottei prosessiin tule katkoksia ja operointia pystytään jatkamaan tauotta.



KUVA 13. I/O-kehikot kenttäväylässä



KUVA 14. ABB CI840A

4 PROSESSIN OPTIMOINTI

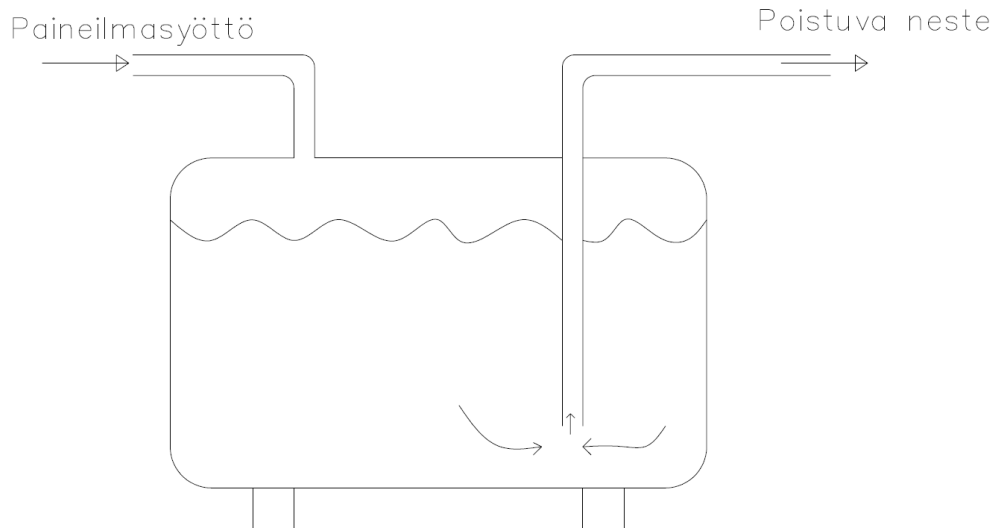
Täyssuolanpoiston prosessia päivitetään toimivammaksi. Käytöstä poistuva paineilmakäyttöinen kemikaalin syöttö ei tarkkuudeltaan ole niin luotettava kuin nykyaikaiset kalvotoimiset annostelupumput. Annostelupumppujen toiminnan ohjausta parannetaan virtausmittauksella, tästä muodostuu yhdessä säätöpiiri automaatiojärjestelmään.

Virtausmittaukset ovat vanhoja laitteita, joissa näytöt ovat viisareilla varustettuja. Nämä päivittyvät uusiin ja mittauksien tiedot tuodaan järjestelmään tiedonkeruuta ja prosessin ohjausta varten ja helpottamaan operaattorin toimintaa.

Elvytyksen sekvenssissä tietyissä askeleissa säädetään tulevan veden painetta. Veden painetta lasketaan silloin, kun vaihtimelle on tarkoitus tehdä vastavirtahuuhdeltu. Ennen päivitystä paineen säätöpiiri oli uudemmassa järjestelmässä ja elvytyksen ohjaus tapahtui vanhemmassa järjestelmässä. Elvytyksen aikana veden paine ei koskaan muuttunut, koska vanhemmasta järjestelmästä ei ole linkitetty veden paineen pyyntöä uudempaan järjestelmään. Päivityksen jälkeen veden paineen säätö tulee toimimaan oikealla tavalla, kun elvytys otetaan käyttöön.

4.1 Kemikaalisyöttö

Elvytyksessä käytettävät kemikaalit, lipeä ja rikkihappo, syötetään vaihtimiin paineilman avulla. Kemikaali syötetään ensin varastosäiliöstä mittasäiliöön, jonka jälkeen mittasäiliöstä kemikaali siirtyy vaihtimeen. Käytettäessä paineilmaa kemikaalin siirtämiseen täytyy putkistojen ja säiliöiden liitännöiden olla tiiviitä. Säiliön katossa olevan liitännän, johon paineilmaa työnnetään, täytyy olla nesteiden pinnan yläpuolella. Säiliö paineistuu ja neste siirtyy säiliön pohjaan johdetun putken kautta eteenpäin (kuva 15).



KUVA 15. Paineilman käyttö nesteen siirrossa

Lipeällä ja rikkihapolla on omat mittasäiliöt. Kukin vaihdin tarvitsee tiettyä kemikaalia tietyn määrän. Kun mittasäiliössä on tarvittava määrä kemikaalia, aloitetaan paineilmansyöttö mittasäiliöön, jolloin kemikaali siirtyy vaihtimeen. Tarvittava määrä kemikaalia annostellaan mittasäiliössä olevan pinnanmittauksen avulla. Sovelluksessa olevassa sekvenssissä on ehto-osioon asetettu mittasäiliön pinnanmittauksesta katkaisuraja. Mittasäiliötä täytetään varastosäiliöstä niin kauan, kunnes ehto-osiossa oleva raja katkaisee mittasäiliön täytön.

Kemikaalin syötön prosessi päivittyy kalvolla varustetuilla annostelupumpuilla ja uuden tyyppisillä virtausmittauksilla. Vaihdinkohtainen määrä kemikaalia lasketaan virtausmittarilla ja virtausmittaus pitää annostelupumpun syöttävän kemikaalin virtausnopeuden oikeassa lukemassa, jotta kemikaalin ja veden suhde on oikea. Pumpun nopeutta säädetään taajuusmuuttajalla.

Ennen päivitystä kemikaalin ja veden suhde annosteltiin käsikäyttöisillä venttiileillä. Virtausta tarkkailtiin rotametristä ja säädettiin venttiilillä virtaus oikeaksi. Veden virtauksen mittaukseen vesilaitoksella käytetty rotametri on pystysuunnassa oleva kartiomainen putki, jonka sisällä oleva kelluke nousee virtaavan aineen voimasta (kuva 16). Virtausnopeuden kasvaessa kelluke nousee ylemmäs.



KUVA 16. Laimennusveden rotametri virtauksen mittaukseen

Kemikaalien virtauksen mittaukseen käytetyissä rotametreissa oli viisarilla varustetut näytöt (kuva 17).



KUVA 17. Viisarilla varustettu rotametri

Virtausmittauksien päivityksellä kemikaalin syötöstä tulee tarkempaa ja voidaan luopua mittasäiliöstä, mittasäiliöön tarvittavista venttiileistä ja paineilmoimaisesta kemikaalin syötöstä. Venttiilien vähentyessä vähenee myös mahdollisia vikoja aiheuttavien tekijöiden määrä ja inhimilliset virheet kemikaalin annostelussa.

4.2 Sarjan virtausmittaus

Jokaisella sarjalla on oma virtausmittaus tulevan veden linjassa. Mittaus on toteutettu paine-eron mittauksella. Paine-erolähtimestä on kytkentä paikalliselle virtausmittarille pneumatiikkaputken avulla. Operaattori seuraa virtaavan veden määrää kentällä olevasta taulusta.

Järjestelmäpäivityksessä tuodaan virtausmittaustieto järjestelmään ja käyttöliittymään. Virtausmittauksesta saadaan järjestelmässä olevalla sovelluksella laskettua sarjoille syötetyn veden määrä, josta operaattorin on helppo seurata tuotannon aikana käytetyn veden määrää. Tuotannon aikana puhdistetun veden määrä tallentuu järjestelmään, jota voidaan hyödyntää tulevaisuudessa esimerkiksi vertaillen tuotantomääriä. Sarjan johtokyvyn noustessa on tarpeen tehdä sarjalle elvytys. Tuotantomääriä seuraamalla voidaan tutkia, riittääkö elvytyksessä kemikaalien määrä pesun aikana tai onko vaihtimissa ilmennyt jotain poikkeavaa.

5 JÄRJESTELMÄN VAIHTO

TSP-prosessin päivityksessä oli tärkein osa toimintakuvauksien tutkiminen ja tietojen päivittäminen tiedonhallintajärjestelmään sekvensseistä, instrumenttilaitteista ja koko prosessin toiminnasta. Tietojen toimittaminen järjestelmän toimittajalle helpottaa ohjelman tekoa. Tarvittava kaapelointi ennakoon edesauttaa huoltoseisokissa tehtäviä töitä ja koestukset voidaan aloittaa hyvissä ajoin. Huoltoseisokin kesto voi olla enintään 4 vuorokautta. Kahden sarjan ollessa tuotannolla on yksi sarja työn alla.

5.1 Ohjelma

Vesilaitoksen automaatiojärjestelmän päivityksessä olennainen osa on tutkia vanhasta Omronin järjestelmästä sovelluksen toiminta ja tehdä ohjelma ABB:n järjestelmään. Omronin ohjelma oli generoitu PDF-tiedostoiksi, joista pystyi tutkimaan täyssuolanpoiston sovelluksen toimintaa. TSP-prosessia ohjataan sekvenssityyppisellä ohjelmalla ja materiaalista löytyivät instrumenttilaitteiden kanavat, muistipaikat laskureilla ja sekvenssiin liittyvät askeleet ja näiden toiminne- ja ehto-osiot. Jokaisella sarjalla on toiminnaltaan identtiset ohjelmat, kuten myös varmuustyösekkavaihtimilla. Kemikaalin syötön osalta ei materiaalista löytynyt sovellusta venttiilien ohjaukseen muuten kuin sekvenssin alussa oleva käsky, jolla ohjattiin venttiilit kiinni ja mittasäiliöiden pinnanmittauksessa olevat katkaisurajat, jotka liittyvät kemikaalien määrien syöttämiseen. Laitoshoitaja varmisti asian, että kemikaalin syöttö toimii automaattisesti, joten osa Omronin sovellukseen liittyvästä materiaalista puuttui. Kemikaalin syötön muuttuessa paineilmakäyttövoimaisesta syötöstä annostelupumppukäyttöiseen syöttöön vaati toimintakuvauksen suunnittelun uudelleen, joten materiaalin puuttuminen ei haitannut. Laitoksen hoitajan vuosien kokemus auttoi toimintakuvauksen suunnittelussa.

TSP-prosessissa käytettävät sekvenssit tehtiin Excel-tiedostoon helpottamaan ohjelman tekoa. Askeleen toiminne- ja ehto-osioiden sijoittelu samalle riville auttaa ymmärtämään saman hetken tapahtumat.

Jokaisen laiteposition toimintakuvaus päivitettiin tiedonhallintajärjestelmään, johon merkittiin myös position tarvittavat lukitukset. Toimintakuvaus helpottaa tulevan ohjelman tekoa ja tulevaisuudessa

vian hakua tai ongelmatilanteiden selvittelyä. Sarjoista, varmuustyösekevaihtimista ja kemikaalin syötöstä kirjattiin myös toimintakuvaukset.

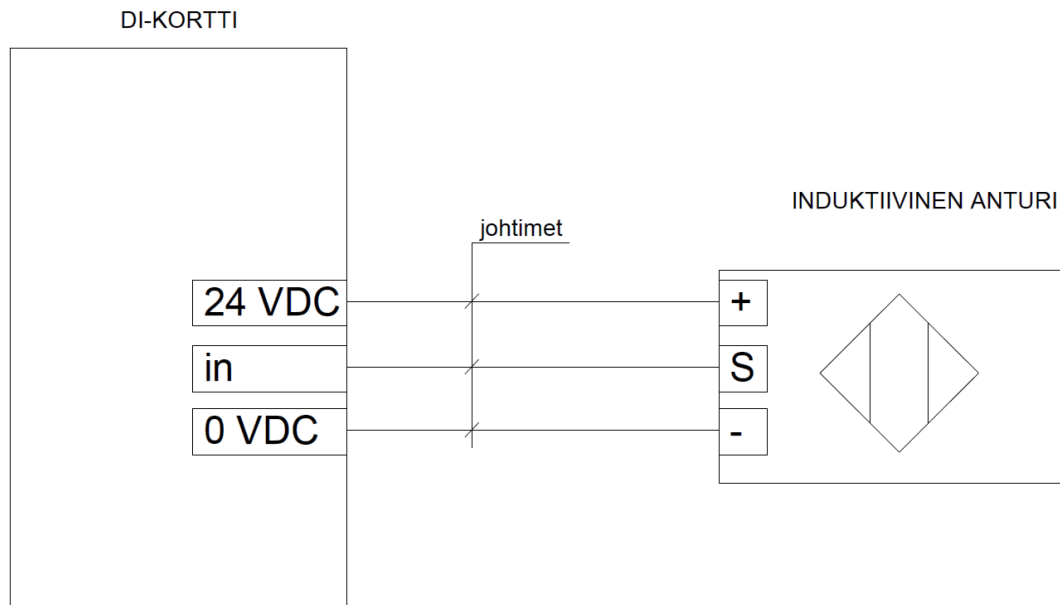
Piirikohtaiset I/O-kanavas suunnittelut tehtiin samaan tiedonhallintajärjestelmään. Järjestelmästä pystyy generoimaan raportin I/O-kanavista kuten myös toimintakuvauksista. Tiedot annettiin ABB:lle sovelluksen suunnitteluun erikoistuneille henkilöille, jotka tekevät ohjelmat valmiiksi. Ohjelmat ladataan prosessiasemalle valmiiksi ennen kentällä tapahtuvaa vaihtotyötä.

5.2 KytKentäkotelot

Vaihdinkohtaiset kytKentäkotelot täytyy kaapeloida alalogiikoiden poistuessa ja I/O-korttien ollessa sähkötilassa. Kaapelina käytetään Jamak $24 \times (2+1) \times 0.5$ runkokaapelia. Näitä kaapeleita kutsutaan parikaapeleiksi. Kaapelin merkinnästä ilmenee parien määrä, parin sisältämät johtimet ja johtimien paksuus neliömillimetreinä. Jokaisen vaihtimen kytKentäkoteloon kaapeloidaan oma runkokaapeli ja työseka- ja varmuustyösekevaihtimen kytKentäkoteloihin kaapeloidaan lisäksi yksi Jamak $12 \times (2+1) \times 0.5$ runkokaapeli, koska näissä vaihtimissa venttiilejä on enemmän. Yksi venttiili vaatii viisi kappaletta johtimia, kaksi johdinta ohjaukseen ja kolme johdinta tilatiedon lukemiseen. Työsekevaihtimessa venttiilejä on 14 kappaletta ja varmuustyösekevaihtimessa 12 kappaletta.

KytKentäkotelosta puretaan muuntaja, alalogiikat, pneumaattisten magneettiventtiilien releet ja kenttäväylän kytKentäyksikkö. Nämä korvataan merkinnöillä varustetuilla uusilla riviliittimillä.

Vesilaitoksen päivityksessä I/O-korttien vaihtaessa paikkaa täytyy instrumenttilaitteiden johdotus suunnitella uudestaan. Vaihdinkohtaisissa kytKentäkoteloissa oleva muuntaja poistuu, jolloin vaihtimissa olevat on/off-venttiilien rajakytkimet tarvitsevat ulkopuolisen virtalähteen toimiakseen. Rajakytkimet ovat induktiivisia antureita, jotka on toteutettu 3-johdinkytkennällä. Induktiivisen anturin kolmesta johdosta kaksi johtoa kytketään virtalähteeseen ja yksi johdin DI-kortin tulokanavaan (kuva 18). ABB:n DI810-kortista on mahdollisuus ottaa käyttöjännite anturille.

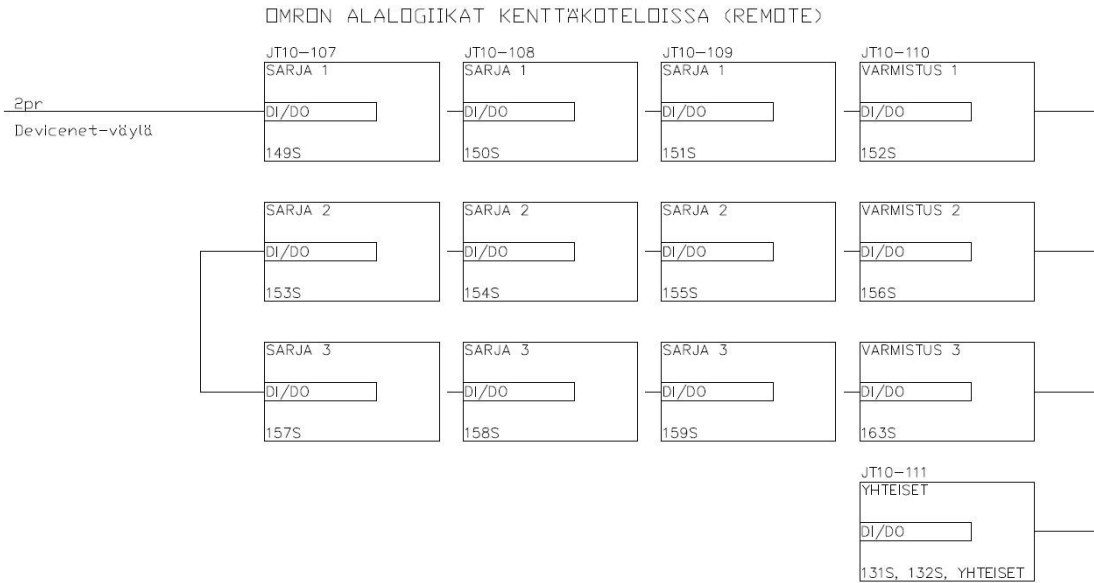


KUVA 18. Induktiivisen anturin 3-johdinkytkentä

5.3 Työvaiheet

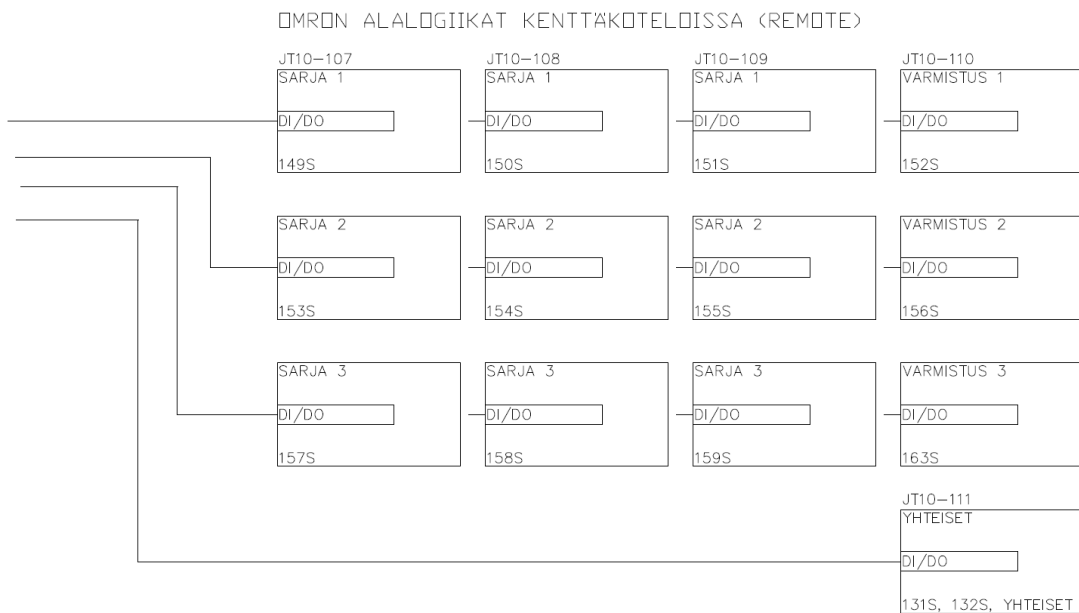
Järjestelmän vaihto toteutetaan vaiheittain siten, että veden tuotanto pysyy käynnissä vaihto-ope-
raation ajan ja vettä pystytään syöttämään tehtaalle. Tämä tarkoittaa sitä, että vanha Omronin jär-
jestelmä pysyy käytössä prosessissa, kun uutta ABB:n järjestelmää otetaan käyttöön, koestetaan
ja otetaan prosessiin mukaan. Tietojenhallintajärjestelmä Almasta löytyi kenttäväylän kaapelointi-
kuva, josta voidaan tulkita, miten Omronin kenttäväylä on toteutettu. Dokumentista voidaan pää-
tellä, mitkä prosessin osat otetaan ensimmäisenä työn alle (kuva 19).

Työt aloitetaan kenttäväylän viimeisimmistä laitteista, alalogiikoista, jotka päivitetään ensimmäi-
senä, jolloin muut väylässä olevat prosessin yksiköt voivat pysyä tuotannolla. Jos työ aloitettaisiin
kuvan mukaisesti ensimmäisestä sarjasta, ei muita sarjoja voisi käyttää tuotannolla, koska logiikka
ei voisi enää kommunikoida muihin alalogiikoihin.



KUVA 19. Omron kenttäväylä

Järjestelmässä olevat dokumentit ja kentällä oleva kaapelointi eivät pitäneet paikkaansa. Logiikalta lähteviä kenttäväyläkaapeleita oli neljä kappaletta. Jokaiselle sarjalle on kaapeloitu oma väylä, jolloin sarjat on kytketty rinnan sarjaan kytkemisen sijaan (kuva 20). Jokaiselle sarjalle oli kytkettyä varmuustyösekkavaihdin. Kemikaalin syötön yksikölle on oma väyläkaapeli.



KUVA 20. Kentällä todettu kenttäväylän kaapelointi

Kaapeloinnin muutos ei muuta suunnitelmia työjärjestyksessä muuten kuin, että voidaan valita sarja, joka otetaan työn alle ensimmäisenä. Kemikaalin syöttö, yksi sarja ja siihen liittyvä varmuusvaihdin päivitetään ensimmäisessä vaiheessa. Kun yksi sarja ja kemikaalin syöttö on muutettu toimivaksi ABB:n järjestelmään, voidaan aloittaa seuraavan sarjan ja varmuusvaihtimen päivitys.

Ennen työn aloittamista kaksi sarjaa ja yksi varmistusvaihdin on oltava elvytettyinä. Vesilaitoksen prosessissa yksi sarja pystyy tuottamaan puhdistettua vettä noin kahden vuorokauden ajan, jolloin työn alle otettavan sarjan ja kemikaalin syötön yksiköt päivitetään neljän vuorokauden sisällä. Tämän neljän vuorokauden aikana ennen elvytettyjen, käytössä olevien sarjojen likaantumista on tarkoitus saada työn alla olevan sarja elvytettyä ja tuotannolle uudella ABB:n järjestelmällä. Kun työn alla oleva sarja ja siihen liittyvä varmistusvaihdin ovat tuotannolla, voidaan aloittaa muiden sarjojen ja varmistusvaihtimien päivitys.

5.4 Koestus

Ensimmäisten kytkentöjen ollessa valmiina aloitetaan I/O-kanaviin kytkettyjen instrumenttilaitteiden koestukset. Koestuksessa toinen henkilö on kentällä koestettavan instrumenttilaitteen luona ja toinen henkilö on käyttöliittymän ja sovellussuunnitteluun tarkoitetun ohjelman ääressä. Koestukseen osallistuvat henkilöt ovat yhteydessä toisiinsa radiopuhelimella tai jos radiopuhelimia ei ole mahdollista käyttää, voidaan käyttää matkapuhelimia. On suositeltavaa, että koestajat ovat toisiinsa välittömässä puheyhteydessä.

Joustavinta on suorittaa samalla kertaa ne koestettavat laitteet, jotka sijaitsevat samalla vaihtimella. Koestus kannattaa suorittaa vaihdin kerrallaan ja suorittaa koestukset koestuslistan mukaisessa järjestyksessä. Epämääräisen koestusjärjestyksen vaarana on, että jokin laite jää koestamatta. Suurin osa koestettavista laitteista on toimilaitteella ohjattavia venttiilejä.

5.4.1 Mittauksien koestus

Analogiset mittaukset, kuten lämpötila-, paine tai virtausmittaus, voidaan koestaa simuloimalla viestitietoa. Passiivisen mittauksen johdot kytketään simulointia varten suunniteltuun lähettimeen.

Aktiivisessa lähettimessä voi olla mahdollisuus viestitiedon muuttamiseen, jolloin simuloidaan mitaustulosta lähettimen paneelista. Aktiivisen lähettimen simulointi onnistuu myös samalla tavalla kuin passiivisen: kytkemällä johdot simulointiin tarkoitettuun lähettimeen.

Simuloiva lähetin ilmaisee kytkennän olevan kunnossa, kun näytössä nähdään lähettimestä riip-puen lukema neljän ja kahdenkymmenen milliampeerin väliltä. Kentällä oleva koestaja vaihtaa lukemia lähettimeen ja toinen koestaja tarkastelee mittauksen lukemia käyttöliittymästä tai sovellus-suunnittelun ohjelmasta.

Mittauksen vikatilanne voidaan todeta yksinkertaisesti irrottamalla johdin, jolloin käyttöliittymä ilmoittaa mittauksen olevan vialla.

5.4.2 Venttiilin koestus

Venttiilin koestus aloitetaan tarkastamalla linjasto, jossa venttiili sijaitsee. Linjaston on oltava paineeton eikä siinä saa virrata vaarallisia kemikaaleja. Onnettomuustilanteessa voi vaarallista ainetta roiskua koestajan päälle tai prosessi voi häiriintyä, jolloin tuotannon voi joutua pysäyttämään. Koestuksen ajaksi on tehtävä kaikki tarpeelliset toimenpiteet, jotta koestus ei aiheuta vaaraa.

Koestustilanteen alussa kaikki venttiilit ovat kiinni, jolloin niihin ei kohdistu ohjausta. Venttiileissä olevat induktiiviset anturit ilmaisevat ”kiinni”-rajan. Kaikissa raja-antureissa palaa LED-valo, joka tarkoittaa anturin olevan aktiivinen. Käyttöliittymässä pitäisi havaita kaikkien venttiilien olevan kiinni ja sovellussuunnittelun ohjelmassa on myös nähtävissä rajakytkimen tilan olevan aktiivinen. Jos jokin anturi ei ole aktiivinen, tarkistaa koestaja venttiilin asennon ja ohjauksen tilan pneumaattisesta magneettiventtiilistä kytkentäkotelosta. Induktiivisen anturin toiminnan voi myös tarkastaa asettamalla metallisen esineen, esimerkiksi ruuvivääntimen anturin kärkeen kiinni. LED-valon pitäisi syttyä ja venttiilin tilan muuttua käyttöliittymässä. Tarvittaessa anturia voi säätää, jos anturin kärki ei yllä venttiilissä sijaitsevaan haittaan, joka aktivoi anturin.

Kentällä oleva koestaja antaa luvan radiopuhelimen välityksellä ohjata venttiiliä auki ja tarkkailee samalla venttiilin toimintaa. Venttiileistä näkee selvästi kalvon liikkeen, kun pneumaattinen magneettiventtiili ohjaa paineilmaa kenttäkotelossa sijaitsevasta painetukista toimilaitteeseen. Venttiilissä olevan rajakytkimen tilan vaihtumisen näkee selvästi siinä olevan LED-valon sammumisesta.

Käyttöliittymässä pitäisi havaita venttiilin tilan vaihtuminen. Kun on todettu venttiilin oikeanlainen toiminta avautumisesta kentällä ja käyttöliittymästä, ohjataan venttiili kiinni. Paineilman poistuessa venttiilistä kalvo liikkuu palautusjousen voimalla kiinni. Kentällä oleva koestaja havaitsee anturin LED-valon syttymisen, kun venttiilin kalvossa oleva haitta liikkuu anturin kärjen lähetyville. Käyttöliittymästä havaitaan venttiilin olevan kiinni.

6 POHDINTA

Tämän työn tarkoituksena oli päivittää Laanilan tehdasalueella sijaitsevan vesilaitoksen automaatiojärjestelmä. Vesilaitoksella oleva vanha järjestelmä kattaa osittain laitoksen toiminnan. Laitoksella on jo suurin osa veden puhdistuksen prosessista päivitetty uudempaan järjestelmään ja vanha järjestelmä yhtenäistetään uuden kanssa, jolloin automaation ohjaus tapahtuu samassa järjestelmässä.

Vanhan järjestelmän sovelluksen tutkinta oli mielenkiintoista, kuten myös itse vesilaitoksen toiminta, koska tekijän edellinen työpaikka liittyi veden puhdistukseen. Periaatteeltaan toiminta oli samanlaista, mutta täyssuolanpoisto oli uusi prosessi minulle. Vanhan järjestelmän koodi toimitettiin pdf-tiedostona. Koodia tutkiessa kävi ilmi, että sovelluksen koodista puuttui osa, kemikaalin syötön toiminnasta ei venttiilien ohjauksista ollut tietoa. PI-kaavioiden tutkinta ja vesilaitoksen hoitajan vuosien kokemus laitoksesta toiminnasta auttoivat toimintakuvauksen puhtaaksi kirjoittamisessa. Kemikaalin syöttäminen vaihtimeen päivittyi uusilla pumpuilla, mikä vaati toimintakuvauksen päivittämistä, kemikaalin syötön vanha toimintatapa auttoi uuden suunnitelmissa.

Toimintakuvaukset instrumenttilaitteista, prosessista ja sekvensseistä toimitettiin uuden järjestelmän toimittajalle hyvissä ajoin, jotta he voivat aloittaa sovellusten suunnittelun. Toimittajan oli tarkoitus tehdä sovellukset toimilaitteille, sekvenssit ja uudet näyttökuvat valmiiksi ennen päivityksen aloitusta. Noin kolme kuukautta ennen huoltoseisokkia oli tullut viesti toimittajalta tilaajalle, että heidän pitäisi saada toimintakuvaukset, jotta suunnittelu voitaisiin aloittaa. Toimittajalla itsellä oli ollut kommunikaatio-ongelmia omassa yhteisössään mutta toimintakuvaukset olivat löytyneet. Sovellusten toiminta on tarkoitus testata toimittajan tiloissa. Siihen osallistuu toimittaja ja tilaaja. Voimalla, että sovelluksiin joudutaan tekemään muutoksia FAT-testissä ja toivottavasti sovellukset ovat tuolloin valmiit.

Instrumenttilaitteiden kytkeminen uuteen järjestelmään vaati I/O-kanavien laskemisen ja kaapeloinnin suunnittelun. Projektissa käytettiin vanhojen ristikytkentäkaappien vapaina olevia kanavia, suunniteltiin uusi ristikytkentäkaappi ja siihen sopiva määrä I/O-kortteja. On/off-venttiilien rajakytkimien 3-johdinkytkentä vaati hieman perusteellisempaa suunnittelua runkokaapeleiden ja kytkentäkoteloiden osalta. Noin 20 runkokaapelin ja näiden instrumenttilaitteiden sijoitus vanhaan ja uuteen

ristikytkentäkaappiin vaati kokeilua suunnitteluvaiheessa. Suunnittelu oli melkein pä palapelin koostamisesta ja mietintää, miten saada kaikki mahtumaan oikeille paikoilleen ilman ylimääräisiä ja epäsovellinnaisia ratkaisuja, kuten yksittäisten kaapeleiden vetoja kentältä ristikytkentään tai väärän vaihtimen kytkentäkoteloon. Suunnitelmat tehtiin Almaan, johon tallennettiin piirikuvat ja toimintakuvaukset.

Ennen järjestelmän päivitystä tehdään ennakkoon asennuksia vaativia töitä niin paljon kuin on mahdollista. Asentajat vetävät uudet runko- ja instrumentointikaapelit kentällä oleviin kohteisiin ja tekevät kaikki mahdolliset kytkennät siten, ettei prosessi häiriinny millään tavalla. Uudet I/O-kehikot kortteineen asentaa kaapin toimittaja, joka tekee myös ristikytkennät korttien ja kytkentärimojen väliin. Vanhoihin ristikytkentäkaappien I/O-kehikkojen varakorttipaikat otetaan käyttöön, muuten ne saattaisivat jäädä käyttämättä.

Päivityksen alkaessa on tarkoituksena antaa vanhan järjestelmän toimia niin kauan kuin on mahdollista. Työ aloitetaan yhdestä sarjasta ja kemikaalin syötöstä, kun kaksi muuta sarjaa on kiinni vanhassa järjestelmässä ja toiminnassa. Yksi sarja tuottaa puhdasta vettä noin kahden vuorokauden ajan, joten päivityksessä on noin neljä vuorokautta aikaa saada työn alle otettu sarja toimintaan.

Opinnäytetyön aihe on ollut mielenkiintoinen, kun tietää, että itse on ollut suunnittelemassa ja toteuttamassa projektia ja sen valmistuessa tietää tehneensä jotain näkyvää ja se on käytössä päivittäin.

LÄHTEET

ABB 2013. S800 I/O. Modules and Termination Units. Hakupäivä 10.2.2021. https://library.e.abb.com/public/e78b5c07ed71e2ecc1257b40001d787a/3BSE020924-510_B_en_S800_I_O_Modules_and_Termination_Units.pdf.

Alardt, Markus 2020. Urakoitsija. OAT Oy. Haastattelu 20.11.2020.

Eastman 2020. Vedenkäsittelylaitos käyttöohje 2018.

Kallio, Matti 2020. Vesilaitoksen hoitaja. Eastman. Haastattelu 05.12.2020.

Omron 2003. DeviceNet Slaves. Operation manual. Hakupäivä 14.2.2021. http://www.omron.com.au/data_pdf/mnu/w347-e1-06_c200hw_cqm1-drt_drt1.pdf?id=95.