

Mauno Salo

Vesiprosessi

Harjoitusympäristö

Opinnäytetyö

Kevät 2015

SeAMK Tekniikka

Tietotekniikan tutkinto-ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Tietotekniikan tutkinto-ohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Mekatroniikka

Tekijä: Mauno Salo

Työn nimi: Vesiprosessi

Ohjaaja: Ismo Tupamäki

Vuosi: 2015

Sivumäärä: 36

Liitteiden lukumäärä: 4

Opinnäytetyössä tehtiin logiikkaohjelma ja PC-valvomo modernisoituun vesiprosessilaitteeseen. Laite tulee Seinäjoen ammattikorkeakoulun automaatiolaboratorioon opetuskäyttöön. Kyseinen vesiprosessilaitte on valmistettu 1990-luvulla Seinäjoen ammattikorkeakoululle. Ryhmä opiskelijoita on projektiopintoina keväällä 2014 vaihtanut siihen uuden Siemensin 300-sarjan logiikan ja ET200SP-etälogiikan.

Opinnäytetyössä käsitellään automaatiojärjestelmän rakennetta, ohjelmoitavia logiikoita, prosessiliitäntöjä, kapasitiivisia antureita, mittausantureita ja mittauslähetimiä, automaatiojärjestelmän suunnittelua ja käyttöliittymän tekemistä.

Opinnäytetyössä tehtiin vesiprosessilaitteeseen Siemens TIA Portal V13 -ohjelmalla logiikkaohjelma. Työ aloitettiin selvittämällä logiikan I/O-korteilla olevien kenttälaitteiden osoitteet. Tämän jälkeen suunniteltiin logiikkaohjelma käsikäyttöajoa varten. TIA Portal V13 -ohjelmaan integroidulla WinCC-ohjelmalla tehtiin PC-valvomoon kaksi erilaista käyttöliittymää, jotka on toteutettu WinCC-ohjelmasta löytyvillä kuvakkeilla ja standardoiduilla PI-kuvakkeilla. Viimeisessä vaiheessa piirrettiin Cads Plannerillä vesiprosessilaitteen PI-kaavio ja logiikan korttien I/O-liitännät sekä suunniteltiin harjoitustyöohje automaatioinsinööriopiskelijoille.

Avainsanat: prosessinohjaus, valvomot, ohjelmoitavat logiikat, teollisuusautomaatio, tia portal, vesiprosessi, käyttöliittymä

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Mauno Salo

Title of thesis: Water process

Supervisor: Ismo Tupamäki

Year: 2015

Number of pages: 36

Number of appendices: 4

The purpose of this Bachelor's thesis was to engineer a new logic program and control panel to a water process device which was originally manufactured for Seinäjoki University of Applied Sciences in the 1990's to be used in student education. A group of students modernized it in the spring 2014 by changing a new Siemens 300 logic controller and an ET200SP distributed I/O system to it.

This thesis discusses the structures of automation systems, programmable controllers, process I/O systems, capacitive sensors as well as measuring sensors and transmitters. Attention is also paid to the designing of automation systems and human-machine interfaces.

The first step of the project was to find out the address of the field equipment on the distributed I/O system. After that a new logic program was engineered by a Siemens TIA Portal V13 programming tool. Then two different Human-machine interfaces were engineered for the water process device. The last phase was to draft technical drawings of the PI-schema and the connections of the distributed I/O systems. Also exercises for automation engineering students were planned.

Keywords: process control, control panel, programmable controllers, industrial automation, tia portal, water process, human-machine interface

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuva- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO	9
1.1 Työn tausta	9
1.2 Työn tavoite	9
1.3 Työn rakenne.....	9
2 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE.....	10
2.1 Automaatiojärjestelmä.....	10
2.2 Ohjelmoitava logiikka	11
2.3 Prosessiliitännät (I/O).....	12
2.4 Kapasitiivinen lähestymiskytkin.....	13
2.5 Mittauslähetin ja mittausanturi.....	13
2.6 Automaation suunnittelu	14
2.7 Käyttöliittymä.....	15
2.8 Ohjelmointikielet.....	15
2.8.1 Kosketinkaavio (LAD)	16
2.8.2 Toimilohkokaavio (FBD).....	16
2.8.3 Käskylistaohjelmointi (STL).....	16
2.8.4 Kosketinkaavio-, toimilohko- ja käskylistaohjelmointiesimerkit.....	17
3 VESIPROSESSILAITTEEN RAKENNE JA TOIMINTA.....	18
3.1 Laitteesta	18
3.2 Logiikka.....	19
3.3 Etälogiikka	19
3.3.1 ET200SP-etälogiikka	20
3.3.2 Siemens Analog Output Module AQ 4xU/I.....	21
3.4 Ohjaus	22
3.4.1 Ohjauspaneeli.....	23

3.4.2 PC-valvomo	24
3.5 Magneettiventtiilit	24
3.6 Moottoriventtiili	25
3.7 Anturit	25
3.7.1 Kapasitiiviset anturit	25
3.7.2 Pinnankorkeus	26
3.7.3 Lämpötila	27
3.7.4 Ylitäytön estoanturit	27
3.8 Pumput	28
4 LOGIIKKAOHJELMAN JA KÄYTTÖLIITYMIEN SUUNNITTELU...	29
4.1 Siemens TIA Portal V13.....	29
4.2 Tag-listan tekeminen.....	29
4.3 Näytön liukukytkimet	30
4.4 Käyttöliittymä.....	30
4.5 Pitopiiri	32
4.6 Pinnankorkeuden mittaaminen.....	33
4.7 Tekninen piirtäminen.....	34
4.7.1 PI-kaavio ja logiikkakorttien I/O-liitännät	34
4.8 Harjoitustyöt opiskelijoille	34
5 YHTEENVETO.....	35
LÄHTEET	36
LIITTEET	37

Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Ohjelmitava logiikka, etälogiikka ja PC-valvomo.....	10
Kuva 2. Ohjelmitavan logiikan rakenne kaaviona.....	11
Kuva 3. Siemens S7-400 -prosessiliitäntämoduulin asennus (PLC Compare [Viitattu 10.04.2015]).....	12
Kuva 4. Mittauslähettimen ja mittausanturin kytkentä (Nokeval [Viitattu 10.04.2015]).....	14
Kuva 5. Standardin mukaisesti ympyrän sisälle sijoitetut tunnuskirjaimet, jotka kertovat tarvittavat mittaus-, säätö- ja ohjaustoiminnot	15
Kuva 6. JA-TAI-piiriesimerkit kosketinkaavio-, toimilohko- ja käskylistaohjelmointina	17
Kuva 7. Vesiprosessilaitte	18
Kuva 8. Siemens S7-300-sarjan logiikka (Siemens [Viitattu 14.04.2015])	19
Kuva 9. ET200SP-etälogiikka ja moduulikortit	20
Kuva 10. Analogialähtökortin parametrien määrittelyikkuna	22
Kuva 11. Kanavan deaktivointi.....	22
Kuva 12. Vesiprosessilaitteen rakenne ja ohjaus.....	23
Kuva 13. Ohjauspaneeli.....	23
Kuva 14. PI-kuvakkeilla toteutettu PC-valvomo	24
Kuva 15. Magneettiventtiili	24
Kuva 16. Moottoriventtiili.....	25
Kuva 17. Kapasitiiviset anturit.....	26

Kuva 18. Panielähetin	26
Kuva 19. Lämpötila-anturi	27
Kuva 20. Ylitäytön estoanturi	27
Kuva 21. Pumppu ja pumppujen ohjaus	28
Kuva 22. PLC:n tag-lista	30
Kuva 23. Liukukytkimen arvon siirto logiikalle	30
Kuva 24. WinCC:n kuvakkeilla toteutettu PC-valvomo.....	31
Kuva 25. PI-kuvakkeilla toteutettu PC-valvomo	32
Kuva 26. Pitopiiri	32
Kuva 27. Analogisen tulon muunnos ja skaalaus senteiksi.....	33
Kuva 28. Piirikaaviosovelluksen toiminnot (Cads Planner [Viitattu 13.02.2015]) ..	34
Taulukko 1. Analogisen ohjauksen tyypilliset viestialueet (perustuu Siemens 2014)	13
Taulukko 2. Lähtöalueet (perustuu Siemens 2014).....	21
Taulukko 3. Analogia-arvot 0–10 V:n lähtöalueella (perustuu Siemens 2014).....	21

Käytetyt termit ja lyhenteet

HMI	Käyttäjän ja koneen välinen käyttöliittymä.
I/O	Tulon ja lähdön lyhenne.
Kenttälaitteet	Antureista ja toimilaitteista käytettävä yleisnimitys.
MPI/DP-kaapeli	Kaapelia käytetään PC:n ja ohjelmoitavan logiikan yhdistämiseen.
PC-valvomo	Tietokoneen näytöllä oleva käyttöliittymä, jolla ohjataan ja valvotaan automatisoidun laitteen toimintaa.
PI-kaavio	Putkitus- ja instrumentointikaavio, jossa on prosessin mitaus- ja ohjaustoimintojen kannalta tärkeitä tietoja.
PLC	Digitaalinen tietokone, jota käytetään teollisuudessa automatisoiduissa tuotantolinjoissa.
PN/IE-kaapeli	Lyhenne sanoista Profinet/Industrial Ethernet. Kaapelilla liitetään teollisuusautomaatiossa laitteet kommunikoimaan keskenään.
Push in terminal	Sähköliitin johon kuorittu johto asennetaan työntämällä.
TIA Portal	Siemensin valmistama automaatio suunnitteluohjelma.
Toimilaite	Kaikki ne laitteet, joilla saadaan aikaan koneen toiminnot ja liikkeet.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Seinäjoen ammattikorkeakoululla on käytöstä poistettu vesiprosessilaitte, jonka ohjaus oli toteutettu vanhalla Omron C200H -logiikalla. Ryhmä opiskelijoita on projektioptoina keväällä 2014 vaihtanut siihen uuden Siemens 300 -sarjan logiikan ja ET200SP-etälogiikan. Laitetta täytyy modernisoida lisää, jotta tulevaisuudessa opiskelijat voisivat tehdä siihen erilaisia harjoituksia ja tutustua prosessiautomaation rakenteeseen.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on suunnitella käsikäyttöä varten logiikkaohjelma ja käyttöliittymä. Samalla testataan vesiprosessilaitteen mekaniikan kunto ja suoritetaan tarvittavat huoltotoimenpiteet. Tämän jälkeen piirretään laitteen PI-kaavio ja I/O-korttien tulot ja lähdöt. Lopuksi suunnitellaan opiskelijoille prosessiautomaatioon liittyviä ohjelmointiharjoituksia ja muita tehtäviä.

1.3 Työn rakenne

Työn johdannossa kerrotaan työn taustat ja tavoitteet. Toisessa osassa käsitellään automaatiojärjestelmien rakennetta yleisesti. Kolmannessa osassa esitellään vesiprosessilaitteen rakenne ja kerrotaan toimintaperiaatteet. Neljännessä osassa keskitytään logiikkaohjelman, käyttöliittymän, sähkökuvien ja harjoitustehtävien luontiin. Viidennessä osassa on yhteenveto työstä.

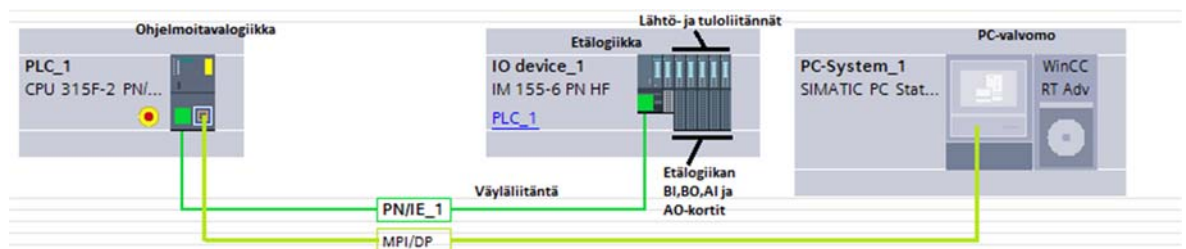
2 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE

2.1 Automaatiojärjestelmistä

Automaatio perustuu valmiisiin komponentteihin, joita rakennussarjan tapaan voidaan yhdistää valmiiksi kokonaisuuksiksi. Automaation hyötyjä ovat mm. toistettavuus, tiukempi laadunvalvonta, parantunut työturvallisuus, jätteiden vähentyminen, kasvanut tuotanto ja pienentynyt työvoimantarve. (Keinänen ym. 2009, 7.)

Yksi tapa rakentaa automaatiojärjestelmiä on käyttää ohjelmitavia logiikoita, jotka hoitavat eri tehtäviä. Logiikkoihin on kytketty erilaisia lähtöliitännöitä, joilla ohjataan automaatiojärjestelmässä tarvittavia pumppuja, moottoreita, sylintereitä jne. Logiikoissa on myös tuloliitännöitä, joilla mitataan esimerkiksi painetta, lämpötilaa ja ohikulkevia kappaleita. Erilaiset väyläliitännät ovat automaatiojärjestelmän osa, joka siirtää tietoa antureiden, toimilaitteiden ja automaatiojärjestelmien välillä. Niillä voidaan yhdistää kaukana olevat kenttälaitteet tiedonsiirtokaapelilla toisiinsa ilman suurta johdotusta. (Kippo & Tikka 2008, 11–14.) Kuvassa 1 on ohjelmitava logiikka, johon on kytketty PC-valvomo MPI/DP-kaapelilla ja etälogiikka PN/IE-väyläliitännällä. Etälogiikkaan on asennettu lähtö- ja tuloliitännät.

Automaatiojärjestelmää ohjataan suunnitellulla ohjelmalla, jota voidaan hallita yksinkertaisimmillaan ohjauspaneelin avulla. Tällaisessa paneelissa on muutama merkkivalo kertomassa laitteen/prosessin toiminnasta ja painikkeet käynnistystä ja pysäytystä varten. Järjestelmä voi olla myös paljon laajempi, tällöin sitä voidaan ohjata PC-valvomo-ohjelmalla, jossa on animoidut painonapit ja reaaliaikaista grafiikkaa kertomassa laitteen tilasta ja toiminnasta. (Kippo & Tikka 2008, 11–14.)



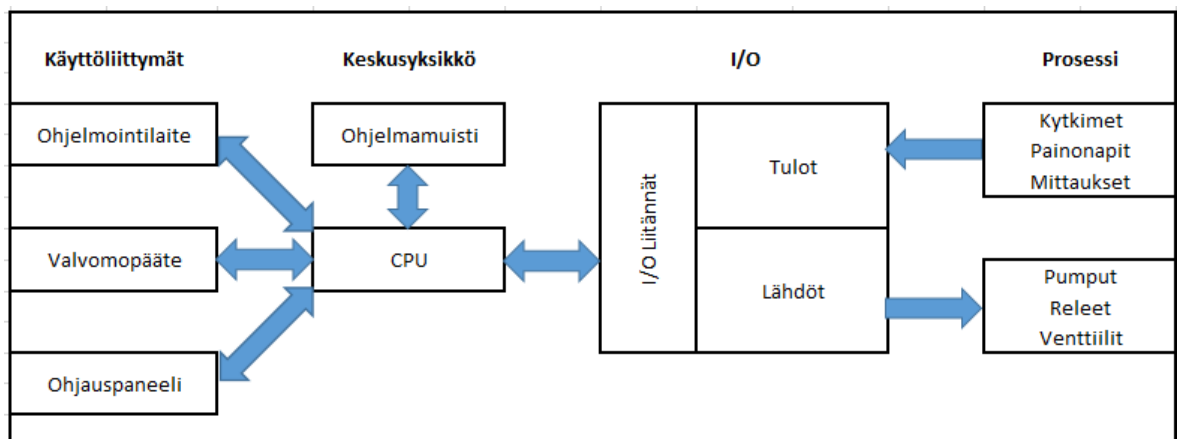
Kuva 1. Ohjelmitava logiikka, etälogiikka ja PC-valvomo

Teollisuusautomaatio voidaan jakaa karkeasti kahteen alaluokkaan, jotka ovat

prosessi- ja kappaletavara-automaatio. Prosessiautomaatioksi mielletään se osa, jossa pyritään hallitsemaan virtaavia aineita kuten painetta, lämpötilaa, pinnankorkeutta, virtausnopeutta tai jonkin aineen pitoisuutta. Tyypillisesti siinä on takaisin-kytketty säätö, jonka avulla säädetään jatkuvasti prosessia pitämään ennalta määritetyt arvot. Kappaletavara-automaatiossa käsitellään selvästi erottuvia kappaleita. Tuotteet tyypillisesti liikkuvat kuljettimilla ja niitä pakataan, lajitellaan ja varastoidaan. Esimerkiksi ruuvitehtaalla lajitellaan eripituisia ruuveja ja ne pakataan sadan kappaleen paketteihin. (Kippo & Tikka 2008, 11–14.)

2.2 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitava logiikka (PLC = Programmable Logic Controller) on itsenäinen automaatiojärjestelmä, joka hoitaa tiettyä osaprosessia. Kuvassa 2 on ohjelmoitavan logiikan rakenne kaaviona. Ohjelmointilaitteena toimii tyypillisesti PC. Logiikan ohjelmamuistiin ladataan laitekohtaisesti suunniteltu ohjelma. Ohjelma etenee tyypillisesti askeleittain toimivaiheesta toiseen, kunnes kaikki toiminnot on käyty läpi. Tämän jälkeen ohjelmakierto alkaa alusta. Automaatiolaitteen toiminnon muutokset on helppo tehdä ohjelmoitavaan logiikkaan, koska useat muutokset onnistuvat ohjelmatasolla. Tämän vuoksi se on korvannut vanhoilla relekytkennöillä toimivia automaatiolaitteita, joissa muutoksen tekeminen on vaatinut usein suurta johdotustyötä. Ohjauspaneelilla taas annetaan käskyjä logiikalle, joka suorittaa ohjelmoidun toiminnon tämän jälkeen. Suurimpia PLC-valmistajia ovat Siemens, Omron ja Beckhoff. (Kippo & Tikka 2008, 44,54.)



Kuva 2. Ohjelmoitavan logiikan rakenne kaaviona

2.3 Prosessiliitännät (I/O)

Kuvassa 2 näkyviä prosessiliitännöjä (I/O) on neljää eri tyyppiä: a) Binäärinen lähtöyksikkö BO, jolla ohjataan esimerkiksi moottoreiden ja pumppujen ON/OFF-tietoa. b) Binäärinen tuloyksikkö BI, jonka avulla saadaan ON/OFF-tietoa prosessin rajakytkimiltä. Esimerkiksi binääriselle tuloyksikölle anturi kertoo onko jokin kappale saavuttanut anturin tunnistusalueen. c) Analoginen lähtöyksikkö AO, joka ohjaa jännite- tai virtaviestin avulla esimerkiksi pumpun pyörimisnopeutta. d) Analoginen tuloyksikkö AI, saa esimerkiksi painelähettimeltä senhetkisen pinnan korkeuden jännite- tai virtaviestinä. (Kippo & Tikka 2008,49.) Kuvassa 3 asennetaan Siemensin prosessiliitännämoduuli ohjelmoitavan logiikan (PLC) väylään.



Kuva 3. Siemens S7-400 -prosessiliitännämoduulin asennus (PLC Compare [Viitattu 10.04.2015])

Prosessiliitännämoduulien analogiset viestialueet ovat yhdenmukaistuneet aikojen saatossa. Taulukossa 1 esitetään tyypilliset viestialueet. Prosessiautomaatiossa analoginen viestintä kenttälaitteen ja logiikan välillä on toteutettu pääosin virtatietona. Virtaviesti mahdollistaa tehonsyötön kenttälaitteelle viestikaapelia pitkin ja tämä vähentää johdotusta. Jänniteviestiä taas käytetään lyhyillä siirtoetäisyyksillä. (Kippo & Tikka 2008, 51.) Analogisissa kenttälaitteissa on usein itsediagnostiikkaa

vikatilanteiden varalle, ja ne pystyvät viestimään vikoja logiikalle (Kippo & Tikka 2008, 80)

Taulukko 1. Analogisen ohjauksen tyypilliset viestialueet (perustuu Siemens 2014).

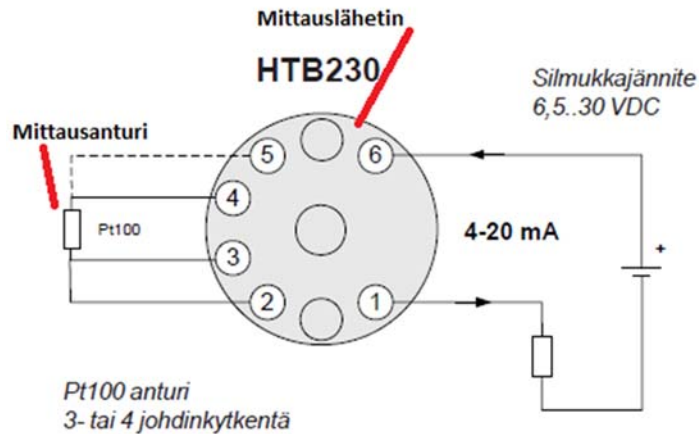
Ohjaustyyppi	Lähtöalue	Tarkkuus
Virta	±20 mA	16 bittiä
	0–20 mA	15 bittiä
	4–20 mA	14 bittiä
Jännite	±10 V	16 bittiä
	±5 V	15 bittiä
	0–10 V	15 bittiä
	1–5 V	13 bittiä

2.4 Kapasitiivinen lähestymiskytkin

Kapasitiivisen lähestymiskytkimen tunnistusmekanismi perustuu sähkökentän muuttumiseen. Eri materiaaleilla on erilaiset dialektrisyysvakiot, jotka vaikuttavat sähkökenttään. Tämän vuoksi eri materiaalien tunnistusetäisyydet ovat erimittaisia. Kapasitiiviset lähestymiskytkimet tunnistavat esimerkiksi veden, öljyn, metallit ja muovit. Sillä voidaan myös tunnistaa ei-metallisten materiaalien läpi, kuten esimerkiksi vesi muovisäiliön reunan läpi. (Keinänen ym. 2009, 194.)

2.5 Mittauslähetin ja mittausanturi

Kuvassa 4 mittauslähetin saa lämpötilasuureen sähköisenä suureena mittausanturilta. Mittauslähettimen avulla voidaan mittausanturilta saatu prosessisuure sovitaa halutulle mittausalueelle, kompensoida lämpötilan vaikutusta mittaussuureessa, suodattaa pois häiriöitä ja linearisoida. (Kippo ym. 2008, 59.) Yleinen käyttökohde on logiikkaan kytketty paine- tai lämpötila-anturi.

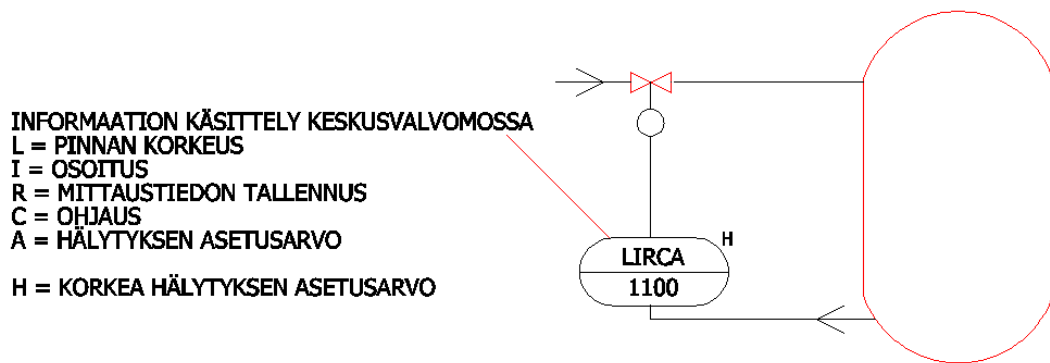


Kuva 4. Mittauslähettimen ja mittausanturin kytkentä (Nokeval [Viitattu 10.04.2015])

2.6 Automaation suunnittelu

Prosessikaavioiden piirtämisestä on annettu yleisohjeet standardissa SFS-ENISO 10628. Prosessikaavio voi olla lohko- tai virtauskaaviotyyppinen. Lohkokaaviossa prosessilaitosta kuvataan lohkojen avulla, jotka on yhdistetty toisiinsa virtausviivojen avulla ja niissä on laitteita kuvaavia tekstejä. Virtauskaaviossa käytetään piirrosmerkkejä, joilla kuvataan prosessilaitteita. Piirrosmerkit on yhdistetty virtausviivoilla, jotka kertovat aineiden ja energioiden virtaussuunnat. Kaavioon on myös merkitty prosessilaitteiden tunnuksat. (Kippo & Tikka 2008, 90–93.)

PI-kaavio (putkitus- ja instrumentointikaavio) on prosessikaavioiden piirrosmerkeillä piirretty prosessinvirtauskaavio, johon on lisätty prosessin mittaus- ja ohjaustoimintojen kannalta tärkeitä tietoja. PI-kaavio on automaatio suunnittelun kannalta tärkeä lähtödokumentti ja se helpottaa prosessin kokonaiskuvan hahmottamista. Liitteessä 1 on vesiprosessilaitteen PI-kaavio. PI-kaaviossa mittaus-, säätö- ja ohjaustoiminnot esitetään standardin SFS-ISO 14617-6 mukaisesti ympyrän sisälle sijoitettujen merkkien avulla. (Kippo & Tikka 2008, 90–93.) Kuva 5 selventää asiaa. Liitteestä 3 löytyy PI-kaavioiden tunnuskirjainjärjestelmä.



Kuva 5. Standardin mukaisesti ympyrän sisälle sijoitetut tunnuskirjaimet, jotka kertovat tarvittavat mittaus-, säätö- ja ohjaustoiminnot

2.7 Käyttöliittymä

Käyttöliittymää (HMI, Human machine interface) tarvitaan tietokoneen ja ihmisen väliseen kommunikointiin. Prosessia ohjataan monitorilla olevien näyttötyyppien kautta. Niistä keskeisin on prosessikaavionäyttö, joka on interaktiivinen kuvaus prosessin toiminnasta. Siinä esitetään prosessilaitteiden yhteenliittymät sekä mittaus- ja ohjauskohteet. Myös erilaiset kriittiset tilat havainnollistetaan vaihtuvien värien. Toinen yleinen tyyppi on säädinnäyttö, jossa voidaan tehdä ohjaustapa- ja asetusarvomuutoksia. (Kippo & Tikka 2008, 46.)

Käyttöliittymän suunnittelussa on otettava huomioon miten käyttäjä hahmottaa laitteen ja ymmärtää sen toimintaperiaatteen. Tietokoneen ominaisuuksia on hyvä käyttää niin, että käyttäjä saa selkeän tilannekuvan laitteen toiminnasta. (Kippo & Tikka 2008, 9.)

2.8 Ohjelmointikielet

Eri valmistajien ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmointisovellukset eroavat toisistaan, koska sovellukset koostuvat standardoimattomista komennoista. Eri ohjelmointikielten peruselementit muodostuvat kuitenkin samanlaisista logiikkaporteista ja muista käskysanoista. Yleisperiaatteena voidaan pitää, että jos hallitsee yhden logiikkavalmistajan logiikkaohjelmoinnin, oppii käsikirjojen avulla helposti myös

toisen. Ohjelmointisovellukset mahdollistavat yleensä seuraavat kolme eri ohjelmointiperiaatetta:

- kosketinkaavio (LAD)
- toimilohko-ohjelmointi (FBD)
- käskylista (STL). (Keinänen ym. 2009, 223.)

2.8.1 Kosketinkaavio (LAD)

Kosketinkaavio muistuttaa teollisuuden sähköpiirikaaviota. Sen vasen reuna vastaa virtakiskoa ja oikea reuna nollakiskoa. Ohjelmassa käytetään avautuvia ja sulkeutuvia koskettimia siten, että lähtökelan saadessa jännitteen, kytkeytyy toimilaite päälle. (Keinänen ym. 2009, 224.) Kuvassa 6 vertaillaan eroavaisuuksia ohjelmointiperiaatteiden välillä kosketinkaavio-, toimilohko- ja käskylistaohjelmointina.

2.8.2 Toimilohkokaavio (FBD)

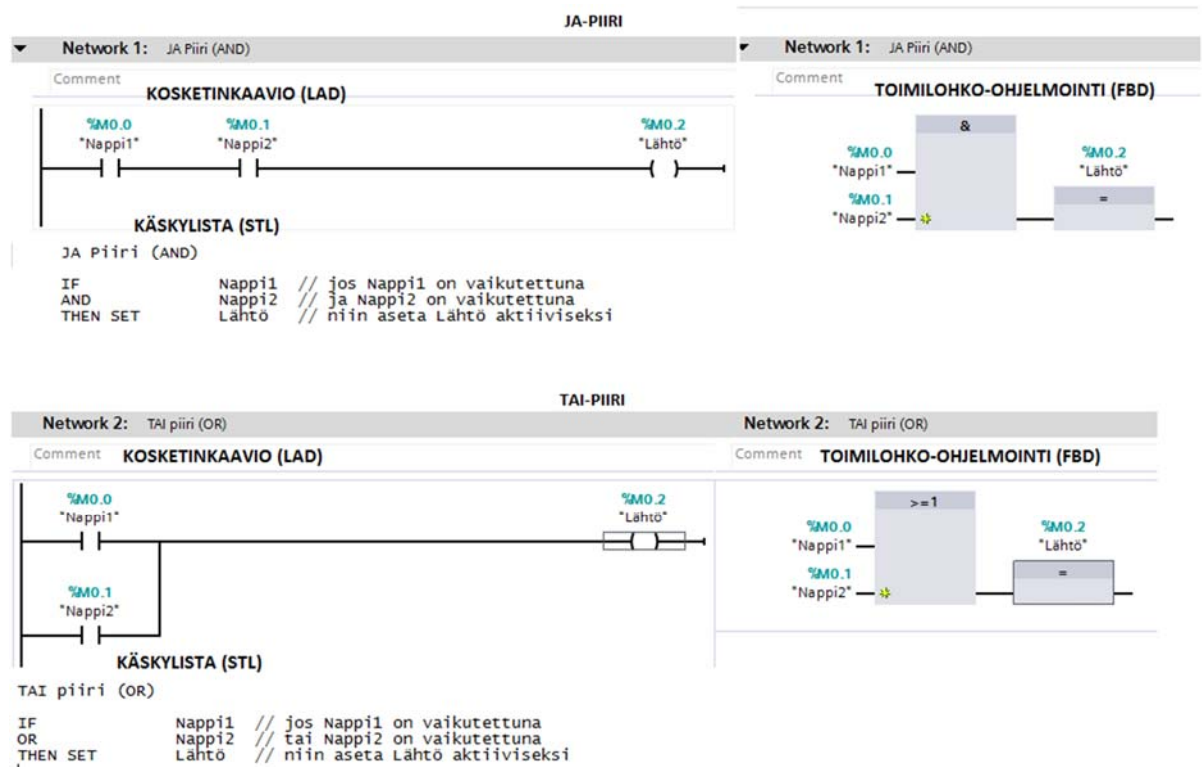
Toimilohkokaavio muistuttaa ulkonäöltään mikropiireillä toteutettua ohjainkorttikaaviota. Toimilohkoissa on automaation perustoiminnallisuuksia, kuten AND/OR-portteja, ajastimia ja laskureita. (Keinänen ym. 2009, 224.) Kuvassa 6 vertaillaan eroavaisuuksia ohjelmointiperiaatteiden välillä kosketinkaavio-, toimilohko- ja käskylistaohjelmointina.

2.8.3 Käskylistaohjelmointi (STL)

Käskylistaohjelmointi sisältää yksinkertaisia tekstimuotoisia komentoja ja se muistuttaa Basic- tai Pascal-ohjelmointikieltä. Ohjelmoinnin lausekkeet perustuvat IF-THEN-ELSE-rakenteeseen. (Keinänen ym. 2009, 224.) Kuvassa 6 vertaillaan eroavaisuuksia ohjelmointiperiaatteiden välillä kosketinkaavio-, toimilohko- ja käskylistaohjelmointina.

2.8.4 Kosketinkaavio-, toimilohko- ja käskylistaohjelmointiesimerkit

Kuvassa 6 esitetään sama toiminto JA-TAI-piirinä ja siitä näkee eri ohjelmointiperaatteiden rakenteelliset erot. JA-piirikaavioissa "Lähtö" menee päälle, kun "Nappi1" ja "Nappi2" on kytketty päälle. TAI-piirikaavioissa "Lähtö" menee päälle kun, "Nappi1" tai "Nappi2" on kytketty päälle.

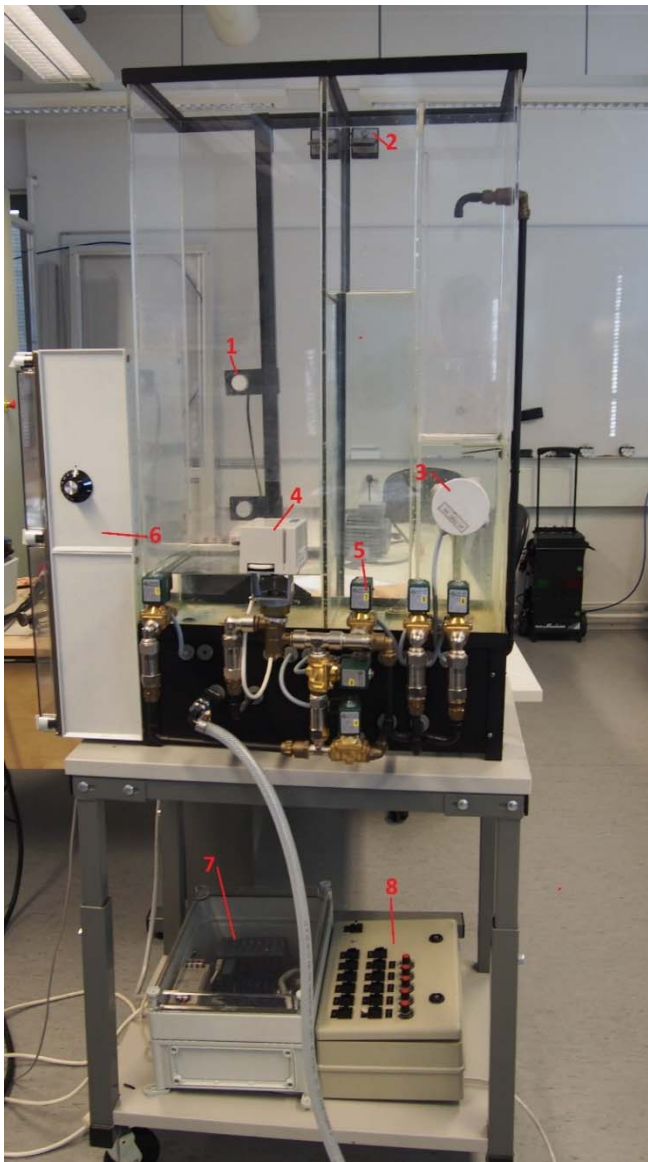


Kuva 6. JA-TAI-piiriesimerkit kosketinkaavio-, toimilohko- ja käskylistaohjelmointina

3 VESIPROSESSILAITTEEN RAKENNE JA TOIMINTA

3.1 Laitteesta

Vesiprosessilaitte (kuva 7) koostuu logiikasta, etälogiikasta, kolmesta säiliöstä, pumpuista ja magneettiventtiileistä. Laitteessa on nesteen tason ilmaisemista varten kolme kappaletta kapasitiivisiä pinta-antureita, jotka kuvaavat säiliön Q1 ala-, keski- ja ylärajaa. Lisäksi laitteesta löytyy pinnankorkeutta ja lämpötilaa mittaavat anturit. Säiliöiden välillä voidaan liikuttaa nestettä käsikäyttöpaneelin kytkimillä tai PC-valvomon käyttöliittymästä ohjaamalla. Säiliöiden ylivuoto on estetty mekaanisilla rajakytkimillä, jotka katkaisevat pumppujen ohjauksen.



1. Kapasitiivinen anturi
2. Ylitäytönestoanturi
3. Lämpötila-anturi
4. Moottoriventtiili
5. Magneettiventtiili
6. Ohjauskeskus
7. Etälogiikka
8. Ohjauspaneeli

Kuva 7. Vesiprosessilaitte

3.2 Logiikka

Laitteen ohjelmoitava logiikka on Siemens S7-300-sarjan logiikka, johon on asennettu 16-tuloinen ja -lähtöinen digitaalikortti sekä 4-tuloinen ja -lähtöinen analogiakortti. Logiikkaan on kytketty etälogiikka Profinet-verkkokaapelilla ja PC-valvomo MPI/DP-kaapelilla. Kuvassa 8 on Siemensin S7-300-sarjan logiikka.



Kuva 8. Siemens S7-300-sarjan logiikka (Siemens [Viitattu 14.04.2015])

3.3 Etälogiikka

S7-300-logiikkaan on kytketty profinet-verkkokaapelilla ET200SP-etälogiikka. Etälogiikassa on kolme 8-lähtöistä digitaalikorttia, yksi 8-tuloinen digitaalikortti, yksi 4-tuloinen analogiakortti ja yksi 4-lähtöinen analogiakortti. Kaikki vesiprosessilaitteissa olevat kenttälaitteet on kytketty etälogiikan tuloihin ja lähtöihin. Liitteestä 2 löytyy logiikan I/O-korttien tulot ja lähdöt. Kuvassa 9 on ET200SP-etälogiikka ja moduulikortit.



Kuva 9. ET200SP-etälogiikka ja moduulikortit

3.3.1 ET200SP-etälogiikka

Simatic ET200SP on universaali I/O-järjestelmä, joka tukee laaja-alaisesti eri valmistajien mekaniikkalaitteita. Etälogiikka pystyy ohjaamaan 16 tulo- ja lähtösignaalia 64:ssä moduulissa samanaikaisesti. Järjestelmä asennetaan standardoidulle DIN-kiskolle, jossa moduulit voidaan kytkeä mekaanisesti ja sähköisesti toisiinsa.

Järjestelmässä on push-in-termiinit, joihin kuoritut sähköjohdot asennetaan työntämällä. Tämä tekee asentamisesta ja purkamisesta nopeaa. Järjestelmä voidaan myös johdottaa valmiiksi ennen kuin siihen asennetaan moduulit. Tällä ehkäistään kalliiden moduulien hajoamista asennusten aikana.

Etälogiikassa ja moduuleissa on painettu 2D matrix -koodi, joka sisältää tilaus- ja sarjanumerot. Lukemalla viivakoodi älypuhelimien sovellukseen voidaan hakea linkit esimerkiksi käyttöohjeisiin, päivityksiin ja sertifikaatteihin.

ET200SP kommunikoi Profinetin avulla, joka on maailmanlaajuinen Ethernet-standardi automaatiassa. Kommunikaatio onnistuu myös Profibus-moduulilla. (Siemens 2012, 18–20.)

3.3.2 Siemens Analog Output Module AQ 4xU/I

Siemens Analog Output Module AQ 4xU/I ST 6ES7135-6HD00-0BA1 on etälogiikkaan kytkettävä analoginen lähtökortti. Kortissa on 4 kanavaa ja niillä ohjataan jännite- ja virtalähtöjä. Taulukosta 2 selviää kortin eri ohjaustyyppit. (Siemens 2014.)

Taulukko 2. Lähtöalueet (perustuu Siemens 2014)

Ohjaustyyppi	Lähtöalue	Tarkkuus
Virta	±20mA	16 bittiä
	0–20mA	15 bittiä
	4–20mA	14 bittiä
Jännite	±10V	16 bittiä
	±5V	15 bittiä
	0–10V	15 bittiä
	1–5V	13 bittiä

Taulukosta 3 selviää, että kortti pystyy 0,003617 %:n erottelutarkkuuteen 0–10 V:n ohjausalueella (Siemens 2014).

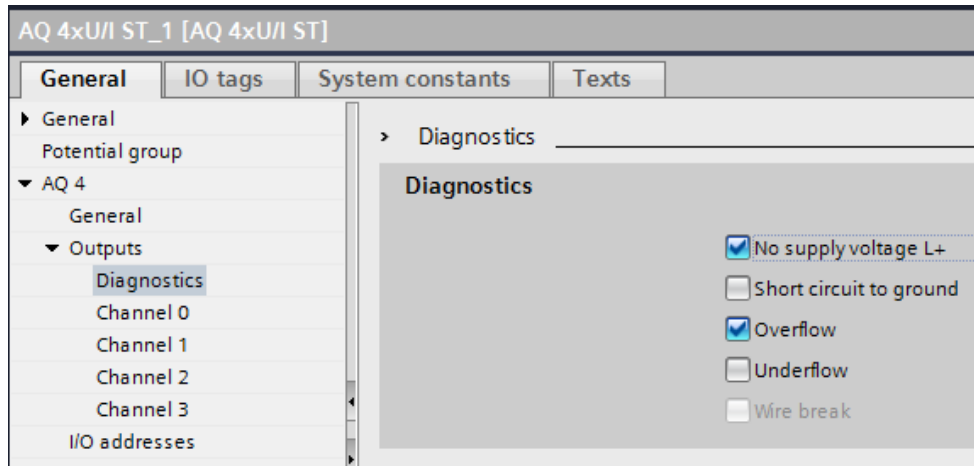
Taulukko 3. Analogia-arvot 0–10 V:n lähtöalueella (perustuu Siemens 2014)

Values		Voltage output range	Range
	Dec.	0 to 10V	
118,519 %	32767	11,76V	Overflow
117,589 %	32511	11,76V	Overrange
	27649		
100,000 %	27648	10V	Nominal range
75,000 %	20736	7,5V	
0,003617 %	1	361,7µV	
0,000 %	0	0V	

Kuvassa 10 on analogialähtökortin parametrien määrittelyikkuna, joka löytyy TIA Portal -ohjelmasta. Diagnosoitavia virheitä voidaan esimerkiksi lukea CPU:n diagnostiikkapuskurista. Virhekoodien selitykset löytyvät kortin manuaalista. Kortista löytyy seuraavia parametreja:

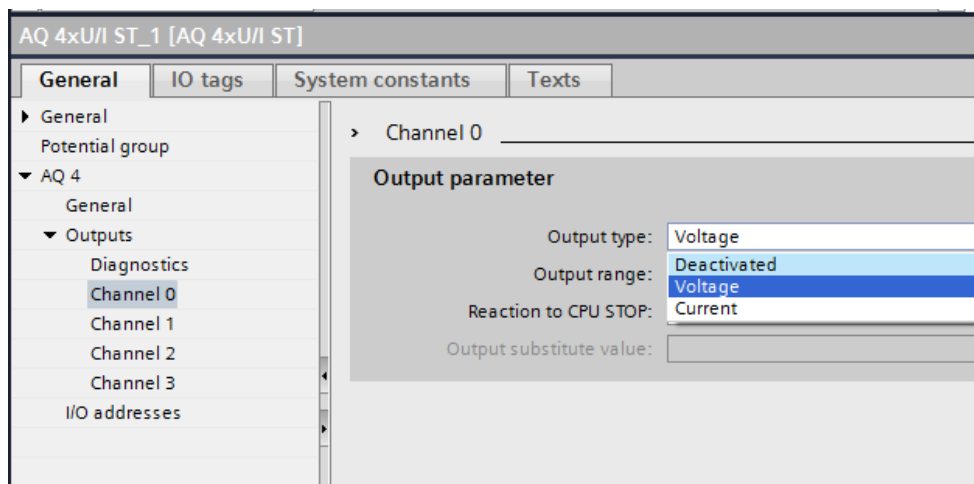
- ei syöttöjännitettä
- oikosulku

- ohjausalueen ylitys/alitus
- ohjaustyyppi ja alue
- katkennut johto.



Kuva 10. Analogialähtökortin parametrien määrittelyikkuna

Käyttämättömät kanavat voidaan deaktivoida, koska se parantaa kortin lämpöominaisuuksia. Kuvassa 11 suoritetaan deaktivointi kanavalle 0.

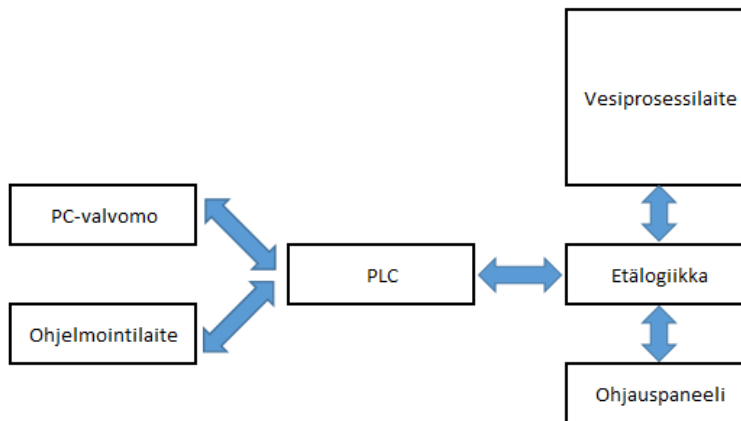


Kuva 11. Kanavan deaktivointi

3.4 Ohjaus

Kuvassa 12 esitetään vesiprosessilaitte rakenne- ja ohjauskaaviona. Kuvasta nähdään että PC-valvomon ohjauskäskyt menevät PLC:n kautta etälogiikkaan ja siitä

vesiprosessilaitteeseen. Ohjauspaneeli on suorassa yhteydessä etälogiikkaan ja siitä vesiprosessilaitteeseen.



Kuva 12. Vesiprosessilaitteen rakenne ja ohjaus

3.4.1 Ohjauspaneeli

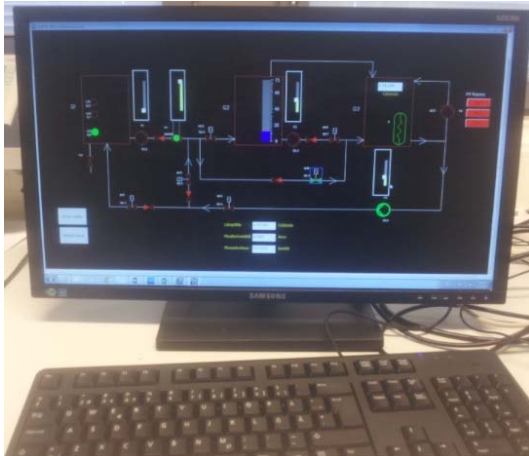
Kuvassa 13 on laitteen ohjauspaneeli, jossa on kytkimet käsi/automaattiajolle, magneettiventtiileille, moottoriventtiilille, pumppuille ja lämpövastukselle. Lisäksi paneelista löytyy potentiometrit, joilla voidaan ohjata portaattomasti moottoriventtiiliä ja pumppuja.



Kuva 13. Ohjauspaneeli

3.4.2 PC-valvomo

Kuvassa 14 on PI-kuvakkeilla toteutettu PC-valvomo. Valvomolla pystytään ohjaamaan laitteen kaikkia toimintoja ja se ilmoittaa värein, mitkä venttiilit ja pumput ovat päällä. Se sisältää liukukytkimiä, joilla voidaan säätää pumppujen tehoa ja moottoriventtiin virtausta. Valvomosta voidaan myös seurata säiliön Q1 pinnantasoja, säiliön Q2 pinnankorkeutta ja säiliön Q3 lämpötilaa reaaliaikaisesti.



Kuva 14. PI-kuvakkeilla toteutettu PC-valvomo

3.5 Magneettiventtiilit

Kuvassa 15 on magneettiventtiileitä, joilla ohjataan veden kiertoa vesiprosessilaitteen putkistoissa. Laitteessa on kuusi magneettiventtiiliä MV1–MV6, jotka ovat jännitteettöminä kiinni ja jännitteisinä auki. Ne on yhdistetty etälogiikan digitaalilähtöihin. Magneettiventtiileitä ohjataan ohjauspaneelin kytkimillä ja PC-valvomon käyttöliittymästä.



Kuva 15. Magneettiventtiili

3.6 Moottoriventtiili

Kuvassa 16 on moottoriventtiili SV, joka on asennettu pumpun P1 eteen ja sillä voidaan säätää Q1-säiliön virtausnopeutta. Moottoriventtiili on portaattomasti säädettävä ja sen ohjaus tapahtuu jänniteviestillä Satchwellin Avue 1301 -säätimelle. PC-valvomosta moottoriventtiiliä ohjattaessa säädin saa jänniteviestin etälogiikan analogialähtökortilta. Ohjauspaneelilla ohjattaessa jänniteviesti tulee potentiometrin kautta.



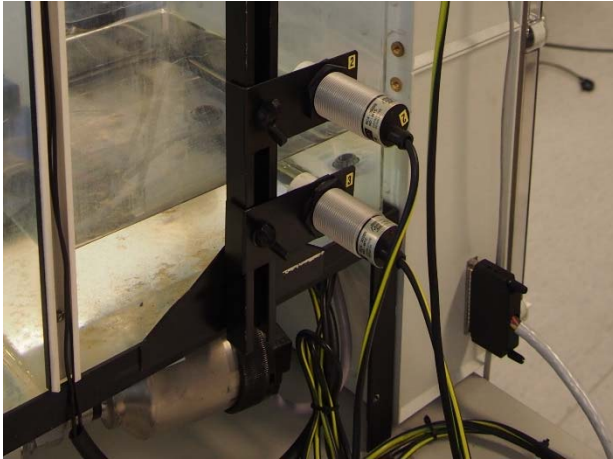
Kuva 16. Moottoriventtiili

3.7 Anturit

Laitteessa on nesteen tason ilmaisemista varten kolme kappaletta kapasitiivisiä pinta-antureita, jotka kuvaavat säiliön Q1 ala-, keski- ja ylärajaa. Lisäksi laitteesta löytyy pinnankorkeutta ja lämpötilaa mittaavat anturit.

3.7.1 Kapasitiiviset anturit

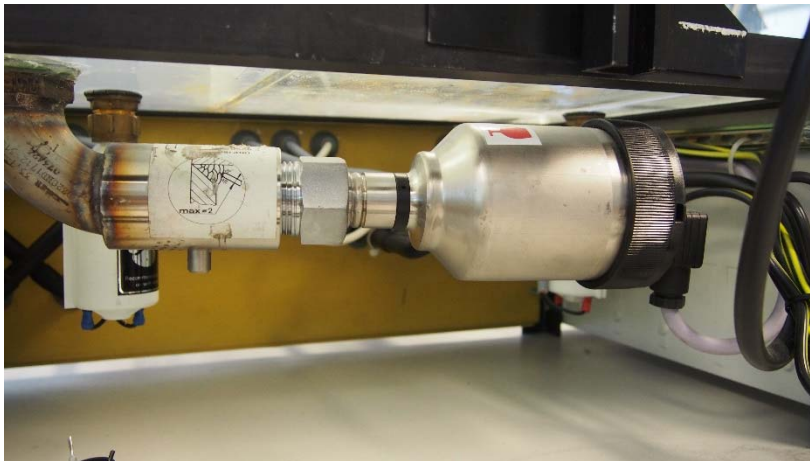
Säiliössä Q1 on nesteen tason ilmaisemista varten kolme kappaletta siirrettäviä kapasitiivisiä pinta-antureita. Näiden avulla saadaan tietoa säiliön Q1 pinnantasosta. Anturit on kytketty kehikkoon, jossa niiden korkeutta voidaan säätää, ja ne voidaan siirtää toiseen säiliöön tarvittaessa. Anturit on kytketty etälogiikan digitaalilokorttiin. Kuvassa 17 on kaksi kapasitiivistä anturia.



Kuva 17. Kapasitiiviset anturit

3.7.2 Pinnankorkeus

Säiliössä Q2 on nestepatsaan korkeuden mittaamiseen suunniteltu Valmet Automationin Press-el kg analoginen painelähetin (kuva 18). Lähetin on asennettu vaakatasoon säiliöiden alle ja se on kytketty etälogiikan analogiatulokorttiin. Paine-lähettimen viestitieto tulee numeroarvona etälogiikalle ja arvo on hyvä skaalata ohjelmallisesti ymmärrettävään muotoon senttimetreiksi. Skaalaamisesta lisää luvussa 4.6.



Kuva 18. Pinalähetin

3.7.3 Lämpötila

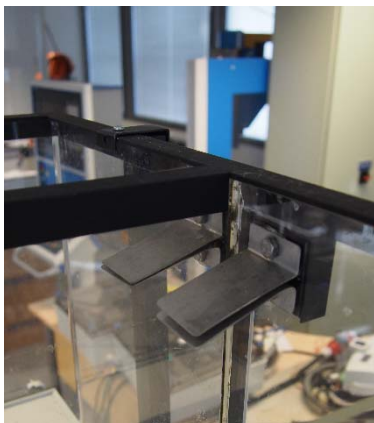
Kuvassa 19 on säiliön Q3 lämpötila-anturi PT100, joka on kytketty etälogiikan analogiatulokorttiin. Sen viestialue on 0–10 VDC ja se on kalibroitu vastaamaan 0–100 °C:n lämpötilaa. Lämpötila-anturin viestitieto tulee myös numeroarvona etälogiikalle, joten se on hyvä skaalata ohjelmallisesti ymmärrettävään muotoon.



Kuva 19. Lämpötila-anturi

3.7.4 Ylitäytön estoanturit

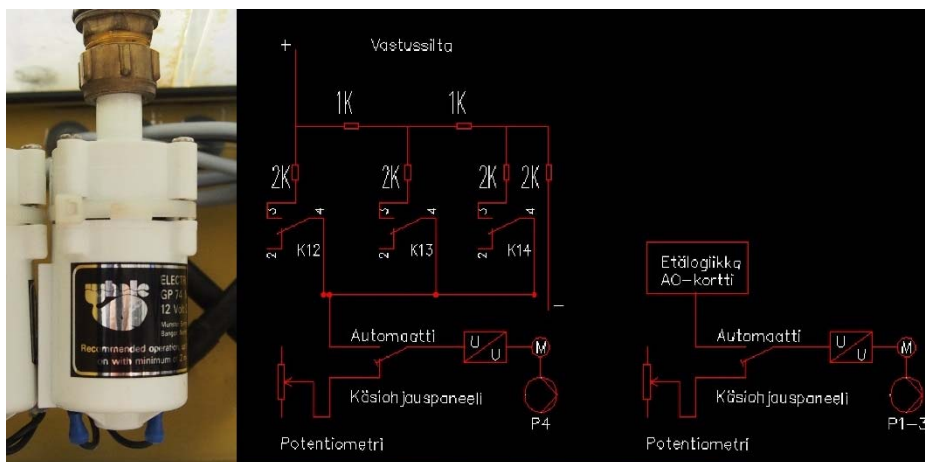
Säiliössä Q2 ja Q3 on ylitäytön estoanturit estämässä säiliöiden ylitäyttöä. Jos pinnankorkeus nousee yli estoanturin, kytkeytyvät pumput pois päältä. Estoantureita ei ole kytketty logiikkaan. Ylitäytön tapahtuessa säiliöstä tulee poistaa vettä, joko tyhjennysventtiilistä tai erillisellä astialla.



Kuva 20. Ylitäytön estoanturi

3.8 Pumput

Laite koostuu neljästä pumpusta P1–P4, jotka on asennettu laitteen pohjaosaan. Kytkemällä magneettiventtiileitä ja pumppuja päälle ja pois voidaan vettä siirtää eri säiliöiden välillä. Liitteenä 1 oleva PI-kaavio selkeyttää kierrot. Pumpaustehoa ohjataan 0–10 VDC:n jänniteviestillä Phoenix Contact Uegm -säätimen avulla. Ohjauspaneelista ohjattaessa jänniteviesti saadaan potentiometrin kautta. Ohjattaessa pumppuja P1–P3 PC-valvomosta säädin saa jänniteviestin etälogiikan analogiakortilta. P4-pumpun kohdalla jänniteviesti tulee 8-portaisesta vastussillasta, jota ohjataan releillä K12, K13 ja K14. Kuvasta 21 selviää pumppujen ohjaus ja pumpun ulkonäkö.



Kuva 21. Pumppu ja pumppujen ohjaus

4 LOGIikkaOHJELMAN JA KÄYTTÖLIITYMIEN SUUNNITTELU

4.1 Siemens TIA Portal V13

Siemensin TIA (Totally Integrated Automation) Portal on automaatio suunnitteluohjelma, johon on yhdistetty logiikkojen, käyttöliittymien, turvaratkaisujen sekä taa juusmuuttajien ohjelmointi. Ohjelma on suunniteltu S7-300/400/1200/1500- ja WinAC-logiikoiden ohjelmointiin. Ohjelmassa on yhdistetty samaan käyttöliittymään Simatic Step 7-, WinCC- ja Startdrive-ohjelmat. Ohjelmassa on seuraavia ominaisuuksia:

- logiikkojen ohjelmointikielet IL, LAD, FBD, GRAPH ja SCL
- graafinen laitteiston määrittely näkymä
- ohjelman kopioiminen drag/drop-menetelmällä
- vanhojen ohjelmien kääntäminen TIA Portal 13 -versiolle
- yhteinen tiedonhallinta. (Siemens [Viitattu 10.02.2015])

4.2 Tag-listan tekeminen

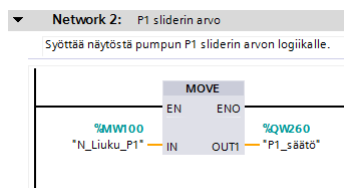
Vesiprosessilaitteen laitteistomäärittely oli tehty valmiiksi projektiopintoryhmän toimesta, joten oli luontevinta aloittaa tag-listan tekemisestä. Ensimmäisenä listaan kirjattiin kaikki tunnetut tulot ja lähdöt (anturit, pumput, magneettiventtiilit ja autoajo-kytkin). Lista täydentyi työn edetessä, kun tarvittiin erilaisille muistipaikoille kuvaava nimi. PC-valvomo on yhdistetty logiikkaan MPI/DP-kaapelilla, joten valvomossa käytettävät muistipaikat oli kirjattava erikseen HMI tag -listaan. Kuvassa 22 on PLC:n tag-lista.

Default tag table							
	Name	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...	Comment
2	Pumppu1	Bool	%Q3.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	pumppu1 lähtö
3	MV1	Bool	%Q2.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Magneettiventtiili 1 lähtö
4	MV2	Bool	%Q2.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Magneettiventtiili 2 lähtö
5	MV3	Bool	%Q2.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Magneettiventtiili 3 lähtö
6	MV5	Bool	%Q2.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Magneettiventtiili 5 lähtö
7	MV4	Bool	%Q2.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Magneettiventtiili 4 lähtö
8	Pumppu2	Bool	%Q3.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	pumppu2 lähtö
9	Pumppu3	Bool	%Q3.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	pumppu3 lähtö
10	Pumppu4	Bool	%Q3.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	pumppu4 lähtö
11	K12	Bool	%Q3.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	K12,K13 ja K14 säättää 7portaisesti P4-pu...
12	K13	Bool	%Q3.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	K12,K13 ja K14 säättää 7portaisesti P4-pu...
13	K14	Bool	%Q4.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	K12,K13 ja K14 säättää 7portaisesti P4-pu...
14	tyhjä4.1	Bool	%Q4.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tyhjä
15	tyhjä4.2	Bool	%Q4.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tyhjä
16	tyhjä4.3	Bool	%Q4.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tyhjä
17	tyhjä4.4	Bool	%Q4.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	tyhjä

Kuva 22. PLC:n tag-lista

4.3 Näytön liukukytkimet

Näyttöön tehtiin liukukytkimet pumppujen P1–P3 ja moottoriventtiilin portaaton säätöajoa varten. Liukukytkimen arvoalue määritettiin 0–27648, joka vastaa 16-bittiä. Tieto tallentuu logiikan MW-muistialueelle, josta se MOVE-komennolla syötetään etälogiikan analogialähtökortille. Kuvassa 23 on esimerkki liukukytkimen arvon siirrosta logiikalle.



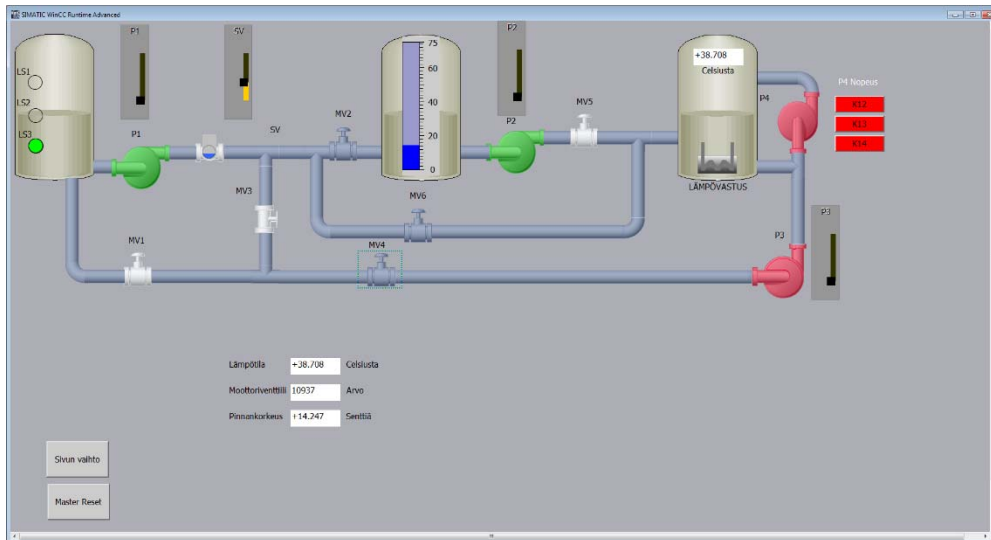
Kuva 23. Liukukytkimen arvon siirto logiikalle

4.4 Käyttöliittymä

PC-valvomon suunnittelu aloitettiin, kun logiikan ohjaukset oli saatu testattua. Siemens TIA PORTAL V13 -ohjelmasta löytyy integroituna WinCC-ohjelma käyttöliittymien tekemiseen. Tehtävänannossa oli määrä suunnitella kaksi erilaista käyttöliittymäikkunaa, jotka ovat toteutettu WinCC:n kirjastoista löytyvillä kuvakkeilla ja standardoiduilla PI-kuvakkeilla.

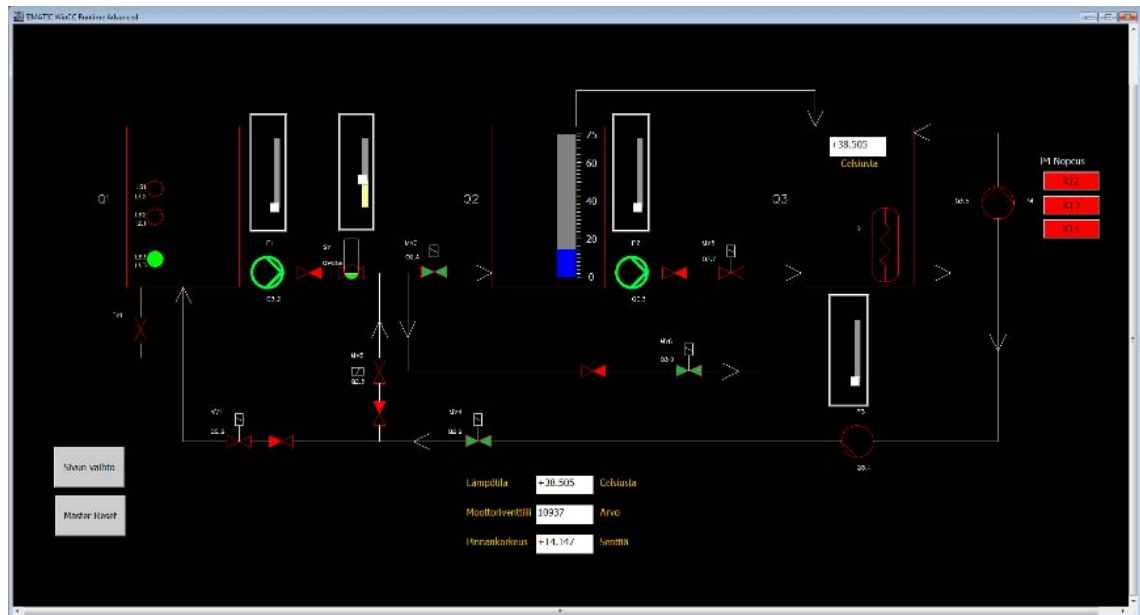
WinCC-ohjelmasta löytyvillä kuvakkeilla toteutetussa käyttöliittymässä kaikki kuvakkeet ladattiin WinCC:n kirjastoista. Visuaalisuuden parantamiseksi kuvakkeiden päälle asetettiin toisia kuvakkeita, joiden väri oli muutettu erilaiseksi kuvaa-

maan pumpun tai magneettiventtiilin toimintaa. Kuvat on määritetty siten, että lähdön ollessa päällä toinen kuva on näkyvä ja toinen näkymätön. Lähtöjen ohjaus tapahtuu kuvakkeen päälle asetetulla läpinäkyvällä painonapilla. Kuvassa 24 on WinCC:n kuvakkeilla toteutettu PC-valvomo.



Kuva 24. WinCC:n kuvakkeilla toteutettu PC-valvomo

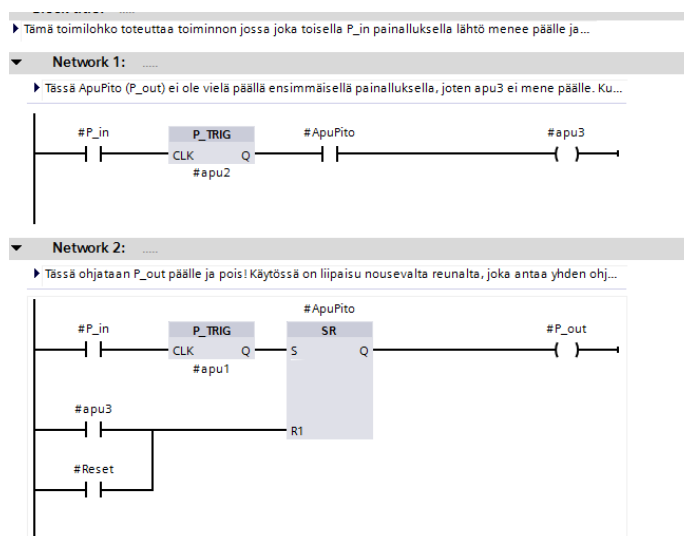
PI-kaaviolla toteutetussa käyttöliittymässä taustakuvaksi valittiin Cads Plannerilla piirretty PI-kaavio. Visuaalisuuden parantamiseksi taustakuvan päälle asetettiin kuvia, joiden väri oli muutettu vihreäksi kuvaamaan pumppujen tai magneettiventtiileiden toimintaa. Kuvat määriteltiin siten, että ne ovat näkyviä kun lähtö on päällä ja näkymättömiä kun lähtö ei ole päällä. Lähtöjen ohjaus tapahtuu kuvan päälle asetetulla läpinäkyvällä painonapilla. Kuvassa 25 on PI-kuvakkeilla toteutettu PC-valvomo.



Kuva 25. PI-kuvakkeilla toteutettu PC-valvomo

4.5 Pitopiiri

Painonapeilla ohjattaessa tarvitaan pitopiiri pitämään lähtöjä päällä. Pitopiiri vaihtaa painonapin muistipaikan tilaa päällä tai pois päältä joka toisella painalluksella. Tämä helpottaa saman toimilaitteen ohjausta useasta eri paikasta. Kuvassa 26 on esimerkki pitopiiristä.



Kuva 26. Pitopiiri

4.6 Pinnankorkeuden mittaaminen

Etälogiikan analogialähtökortilta saadaan pinnankorkeus 16-bittisenä kokonaislukuuna. Käyttöliittymässä Q2-säiliön pinnankorkeuden esittämiseksi sentteinä täytyy ensimmäiseksi mitata pinnankorkeusanturin arvo tyhjästä säiliöstä, täydestä säiliöstä ja säiliön korkeus. Laskemalla kaavalla 1 saadaan kulmakerroin pinnankorkeuteen.

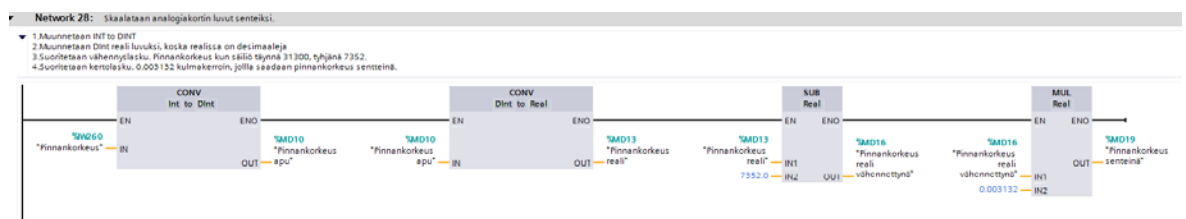
$$\frac{1}{\frac{\text{täynnä-tyhjä}}{\text{Säiliön korkeus}}} \quad (1)$$

Koska kulmakerroin sisältää desimaaleja täytyy suorittaa muunnoksia. Kuva 27 selventää asiaa:

- 16-bittiä muunnetaan 32-bittiin
- kokonaisluku muunnetaan reaaliluvuksi.

Pinnankorkeuden senteiksi skaalaamisen takia suoritetaan laskutoimitukset:

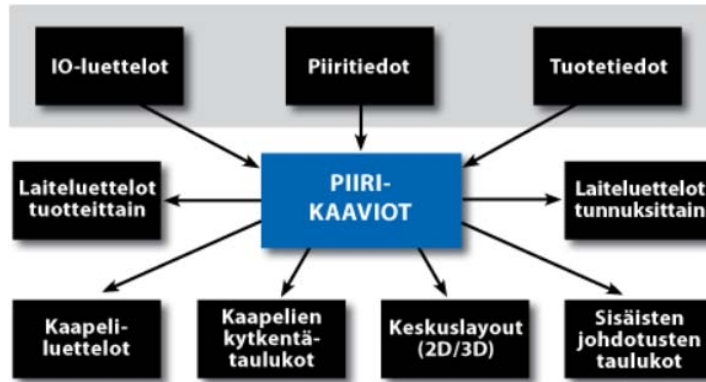
- vähennyslasku
- kertolasku.



Kuva 27. Analogisen tulon muunnos ja skaalaus senteiksi

4.7 Tekninen piirtäminen

Cads Planner Electric on sähkö- ja automaatioalalle tarkoitettu suunnittelu- ja dokumentointiohjelma (Cads Planner [Viitattu 13.02.2015]). Kuvassa 26 esitellään piirikaaviosovelluksen toimintoja.



Kuva 28. Piirikaaviosovelluksen toiminnot (Cads Planner [Viitattu 13.02.2015])

4.7.1 PI-kaavio ja logiikkakorttien I/O-liitännät

Cads Planner -sovelluksella piirrettiin vesiprosessilaitteen PI-kaavio ja logiikkakorttien I/O-liitännät. Liitteessä 1 on PI-kaavio, josta selviää laitteen rakenne, toimintaperiaate ja kentälaitteiden I/O-osoitteet. Liitteessä 2 on logiikkakorttien I/O-liitännät, josta selviää etälogiikan eri korteille kytkettyjen kentälaitteiden I/O-osoitteet.

4.8 Harjoitustyöt opiskelijoille

Harjoitustöiden suunnittelussa tavoitteena oli tehdä 2 kappaletta yksinkertaisia ohjaus ja säätöharjoituksia, joita opiskelijat voivat tehdä 2–3 hengen ryhmissä. Harjoituksissa opitaan mm. lukemaan PI-kaaviota, hakemaan tietoa Siemensin manuaaleista ja analogisentuloviestin skaalaamista. Harjoitustyöt löytyvät liitteestä 4.

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli rakentaa prosessiteollisuuden harjoitusympäristö automaatioinsinööriopiskelijoille. Työhön perehdyttäessä tutustuttiin vesiprosessilaitteen sähkö-, PI-kaaviokuvaan ja logiikkakorttien käyttöohjeisiin. Tämän jälkeen alkoi uuden Siemens TIA PORTAL V13 -ohjelman käytön opiskelu eri lähteistä.

Logiikan ohjelmointi aloitettiin tag-listan ja kosketinkaavion tekemisellä. PC-valvomoon tehtiin yksinkertainen käyttöliittymä ja laitteen toimintaa testattiin sillä. Tässä vaiheessa kohdattiin muutamia ongelmia magneettiventtiilien huoltotöistä puuttuviin johdotuksiin. Myös yksi logiikkakortti jouduttiin vaihtamaan väärän tyypin vuoksi. Tämän jälkeen suunniteltiin kaksi lopullista käyttöliittymää. Lopuksi logiikkaohjelmasta ja käyttöliittymistä poistettiin ylimääräiset muistipaikat ja kosketinkaaviopätkät.

Tulevaisuudessa laitteistoon voitaisiin asentaa ultraäänianturi Q3-säiliöön mittaamaan pinnakorkeutta. Etälogiikassa on vapaana analogiatuloja, joten asennus vaatisi kiinnityskehikon tekemisen ja johdotustyön. Opiskelijoiden kannalta olisi hyvä tutustua myös ultraäänianturin toimintaan, mutta rajallisten opetustuntien takia vesiprosessilaitteen harjoituksista voisi tulla joillekin opiskelijoille liian vaativia ja laitteen toiminnasta turhan monimutkainen.

Parhaimpana vaihtoehtona näen, että säiliöstä Q1 voisi siirtää yhden kapasitiivisen anturin säiliöön Q3. Tämän toteutus vaatisi kiinnityskehikon tekemisen. Laitteeseen saisi kapasitiivisen anturin avulla tehtyä yksinkertaisia kiertoja, joissa analogiatuloihin voisi tutustua säiliön Q2 pinnankorkeus lähettimen avulla.

Työn tuloksena syntyi logiikka-ohjelma, käyttöliittymät, teknisiä kuvia ja harjoitus-työ-ohjeet. Työn tavoitteet saatiin täytettyä ja laite on valmis opetuskäyttöön.

LÄHTEET

- Cads Planner. Ei päiväystä. Piiri ja johdotuskaaviot [WWW-lähde]. Cads Planner. [Viitattu 13.02.2015]. Saatavissa: <http://www.cads.fi/fi/Tuotteet/S%C3%A4hk%C3%B6%20ja%20automaatio/K%C3%A4ytt%C3%B6tarkoitus/Piiri-%20ja%20johdotuskaaviot/>
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2010. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 1-2. p. Helsinki: WSOY pro OY.
- Kippo, A. & Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prisma Oy
- Nokeval. Ei päiväystä. 2-johdinlähetin HTB230 anturirasiaan. [PDF-lähde]. Nokeval. [Viitattu 10.04.2015]. Saatavissa: <http://www.nokeval.com/pdf/datasheets/fi/HTB230esite.pdf>
- PLC Compare. Ei päiväystä. Siemens S7-400. [WWW-lähde]. PLC Compare. [Viitattu 10.04.2015]. Saatavissa: <http://plccompare.com/wp-content/uploads/2011/01/Siemens-S7-400.jpg>
- Siemens Ei päiväystä. SIMATIC S7-300. [WWW-lähde]. Siemens Ag. [Viitattu 14.04.2015]. Saatavissa: http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/s7_300/s7-300c.jpg
- Siemens 2012. Simatic ET200. [PDF-lähde]. Siemens Ag. [Viitattu 10.02.2015]. Saatavissa: http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_simatic-et200_en.pdf
- Siemens. Ei päiväystä. TIA Portal-teollisuusautomaation ohjelmistoalusta. [WWW-lähde]. Siemens Ag. [Viitattu 10.2.2015]. Saatavissa: http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/tia_portal.php
- Siemens 2014. Analog Output Module. [PDF-lähde]. Siemens Ag. [Viitattu 16.02.2015]. Saatavissa: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/612/59753612/att_83040/v1/et200sp_aq_4xu_i_st_manual_en-US_en-US.pdf

LIITTEET

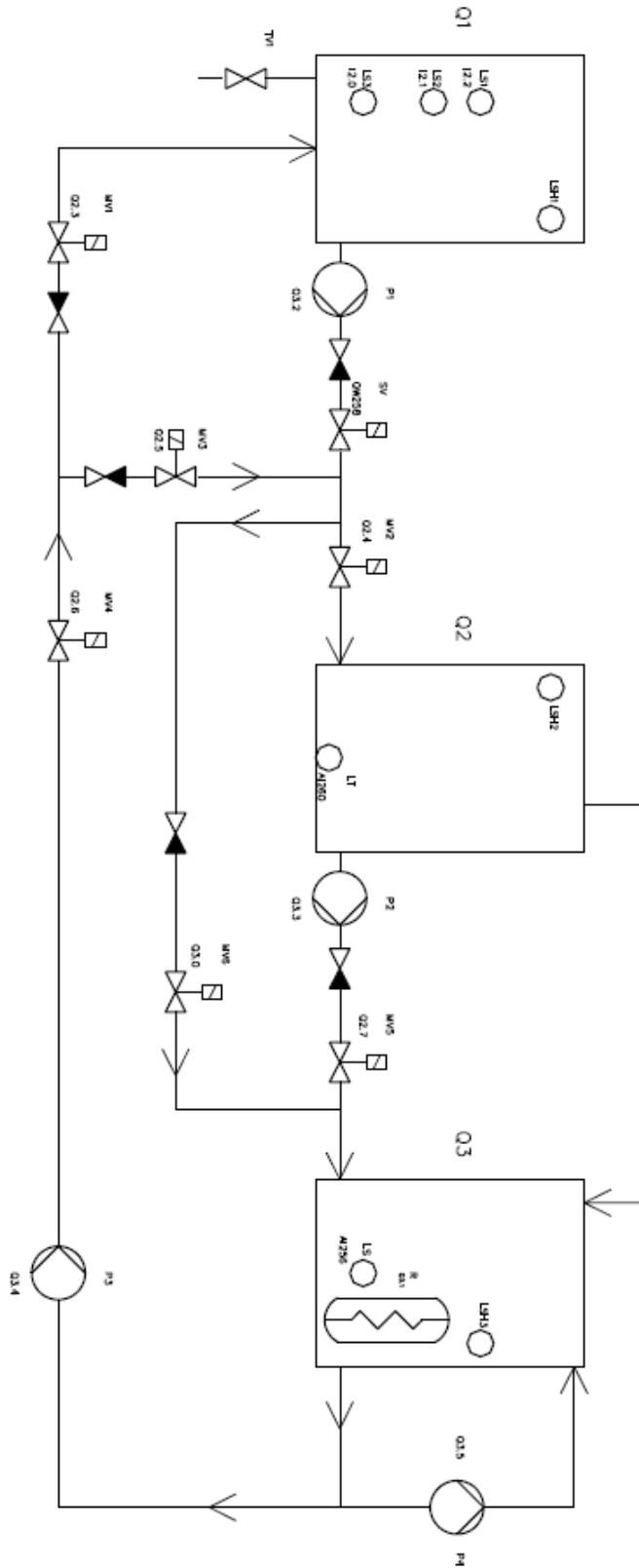
Liite 1. PI-kaavio

Liite 2. Logiikan I/O-kortit

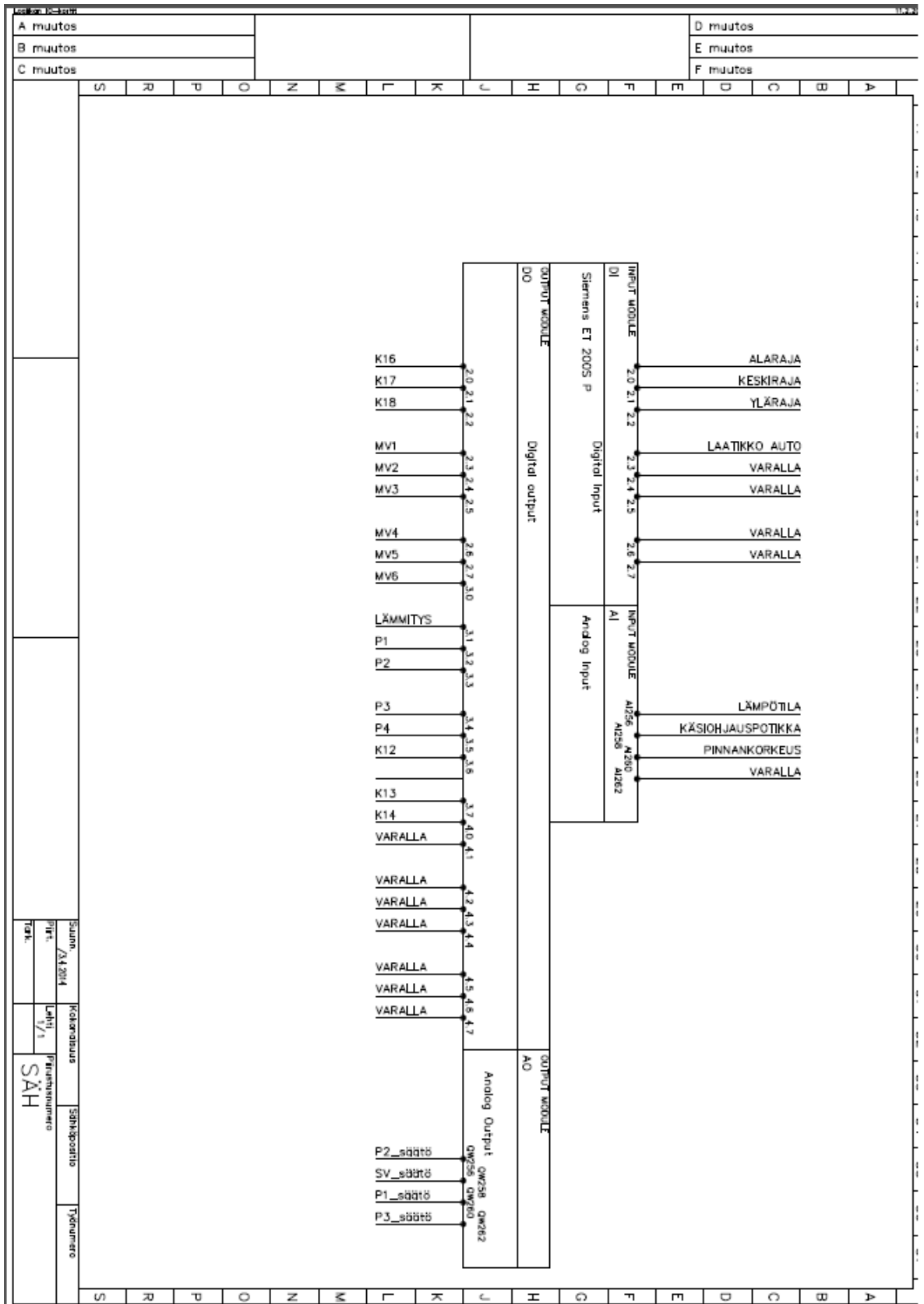
Liite 3. Taulukko PI-kaavion mittaus-, säätö- ja ohjaustoiminnot

Liite 4. Harjoitustyöt

Liite 1: PI-kaavio



Liite 2: Logiikan I/O-kortit



Liite 3: Taulukko PI-kaavion mittaus-, säätö- ja ohjaustoiminnot

(SFS-ISO 14617-6)

	ENSIMMÄINEN KIRJAIN MITTAUSSUURE	LISÄMÄÄRITTE	SEURAAVA KIRJAIN TOIMINTA
A			Hälytys (asetus arvot H.....L)
B			Eri tilojen näyttö
C			Ohjaus
D	Tiheys	Ero	
E	Kaikki sähkösuureet		Anturitoiminta
F	Virtaus, virta	Suhde, murtoluku	
G	Pituus, asento		Tarkastelu
H	Käsiohjaus		
I			Osoitus
J	Teho	Jaksottainen toiminta	
K	Aika	Muutosnopeus	
L	Pinnankorkeus		
M	Kosteus	Hetkellisesti	
N	Käyttäjän valittavissa		Käyttäjän valittavissa
O	Käyttäjän valittavissa		
P	Paine		Näytteen otto
Q	Laatu, esim. väkevyyys, johtavuus	Yhtenäinen, kokonainen	Yhdistäminen summaaminen
R	Säteily		Rekisteröinti, tallennus
S	Nopeus, taajuus		Kytkeä
T	Lämpötila		Lähetintointo
U	Monimuuttuja		Monitoiminto
V	Käyttäjän valittavissa		Venttiili, toimiyksikkö
W	Paino, voima	Kertominen	
X	Määrittelemättömät suureet		Määrittelemättömät toiminnot
Y	Käyttäjän valittavissa		Muuntaminen, laskenta
Z	Tapahtumien lukumäärä, määrä		Hätä-/turvatoiminta (lukitus)

Liite 4: Harjoitukset

Vesiprosessiharjoitukset

Harjoitustyö
Kevät 2015
SeAMK Tekniikka

Harjoitus 1

Ensimmäisessä harjoituksessa tutustutaan vesiprosessilaitteen rakenteeseen PI-kaaviosta. Tämän jälkeen tehdään automaattiajo-ohjelma, jonka kierto on seuraavanlainen: pumpataan säiliöstä Q1 säiliöön Q3, odotetaan 5 sekuntia, pumpataan säiliöstä Q3 takaisin säiliöön Q1, odotetaan 5 sekuntia, toistetaan sama kierto kolme kertaa. Harjoituksessa tulee tutuksi, pumppujen ja magneettiventtileiden ohjaus, laskurit, ajastimet ja raja-anturit.

Referenssiajo

Säiliö Q1 ylärajalla

Säiliö Q3 rajalla

Toista 3 kertaa

- Pumppaa säiliöstä Q1 > säiliöön Q3
- Lopeta pumppaus, kun nesteinpinta säiliön Q1 alarajalla
- Odota 5s
- Pumppaa säiliöstä Q3 > säiliöön Q1
- Lopeta pumppaus, kun nesteinpinta säiliön Q1 ylärajalla
- Odota 5s

Harjoitus 2

Harjoituksessa tutustutaan analogiseen ohjaukseen ja analogiseen tuloviestiin. Aluksi tutustutaan analogialähtökortin manuaaliin (PDF).

Kortin malli:

Siemens Analog Output Module AQ 4xU/I ST 6ES7135-6HD00-0BA1

Selvitä analogia-kortin tarkkuus 0-10 V:n alueella

- Kuinka moneen desimaaliarvoon voidaan alue jakaa?
- Mikä on tarkkuus %:na?
- Mitkä ovat kortin muut ohjaustyypit ja lähtöalueet?

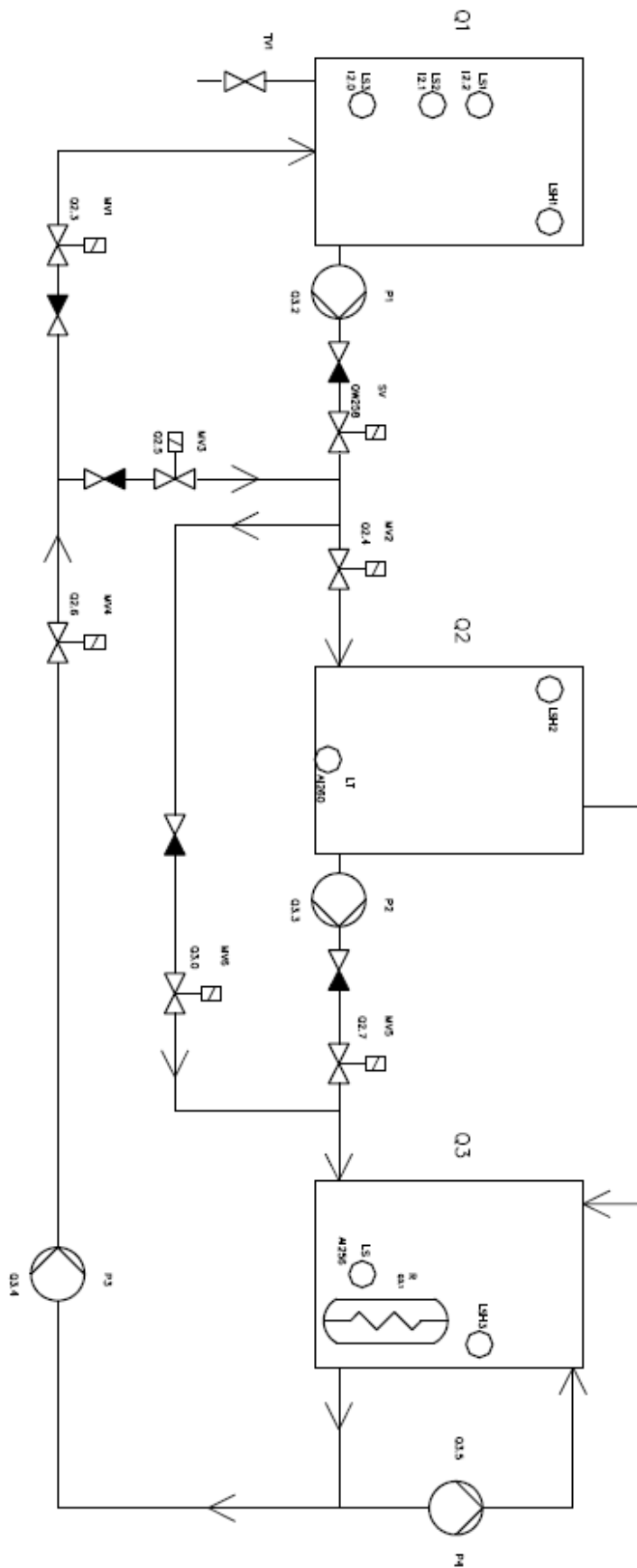
Tämän jälkeen tehdään automaattiajo-ohjelma, jossa pumpataan 70% teholla säiliöstä Q2 säiliöön Q3, samalla piirretään kuvaaja säiliön Q2 pinnankorkeudesta.

Referenssiajo

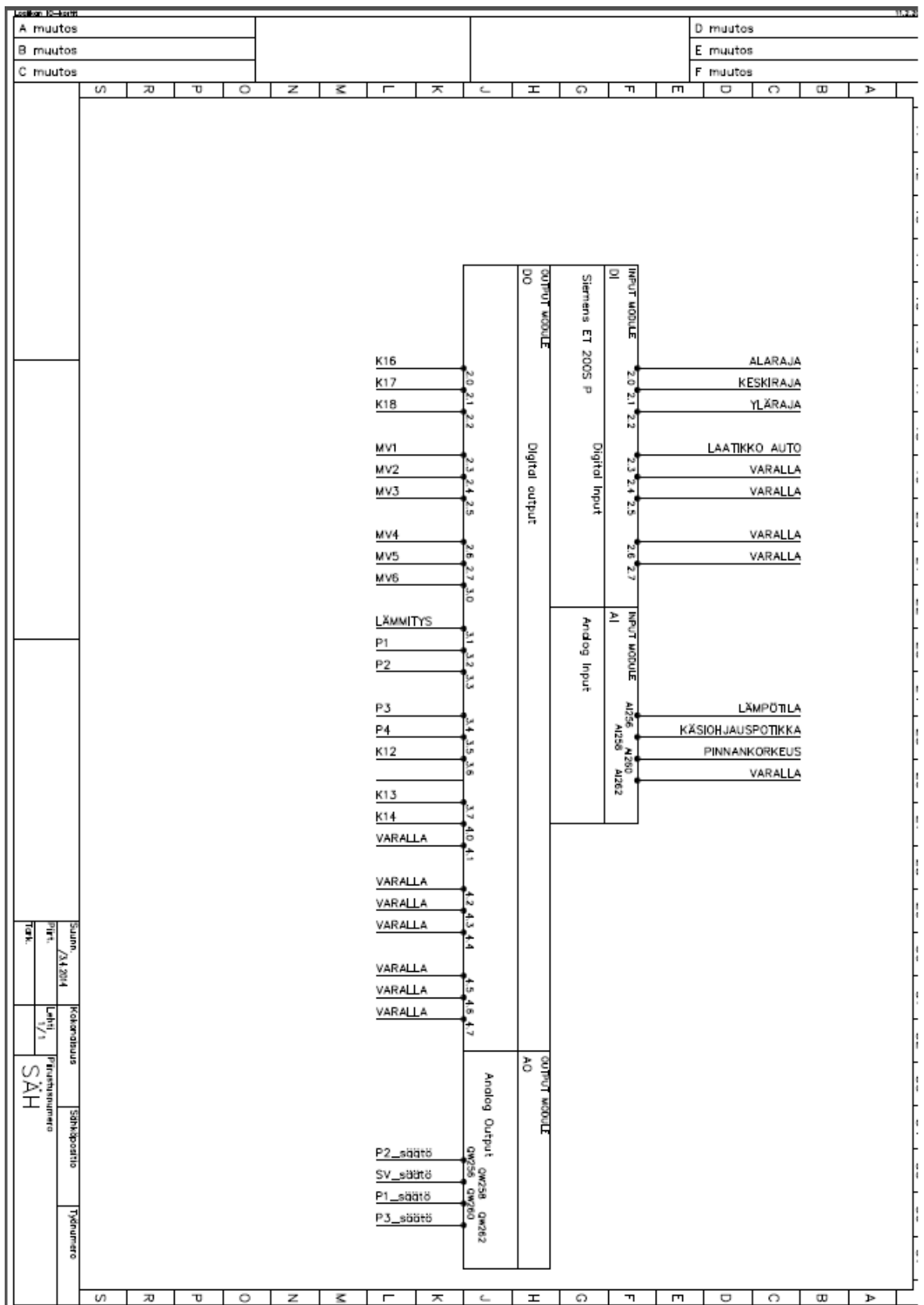
Täytä säiliö Q2 vedellä, niin että pinnankorkeus on 650mm.

- Tee ohjelma jonka avulla voit pumpata veden 70% tuotolla säiliöön Q3
- Aloita pumppaus ja mittaa kelolla aikaa
- Piirrä käyrä säiliön Q3 pinnankorkeudesta ajan funktiona

PI-kaavio



Logiikankorttien I/O



PLC-taglista

TULOT

Alaraja	Bool	%I2.0	Q1 Säiliön alaraja
Keskiraja	Bool	%I2.1	Q1 Säiliön keskiraja
Yläraja	Bool	%I2.2	Q1 Säiliön yläraja
Laatikko auto	Bool	%I2.3	Käsiohjauspaneelin automaattikytkin

LÄHDÖT

K16	Bool	%Q2.0	Kun tilassa 1, deaktivoi käsiohjauspaneelista pumpun nopeudensäätö potentiometrin
K17	Bool	%Q2.1	Kun tilassa 1, deaktivoi käsiohjauspaneelista pumpun nopeudensäätö potentiometrin
K18	Bool	%Q2.2	Kun tilassa 1, deaktivoi käsiohjauspaneelista pumpun nopeudensäätö potentiometrin
MV1	Bool	%Q2.3	Magneettiventtiili 1 lähtö
MV2	Bool	%Q2.4	Magneettiventtiili 2 lähtö
MV3	Bool	%Q2.5	Magneettiventtiili 3 lähtö
MV4	Bool	%Q2.6	Magneettiventtiili 4 lähtö
MV5	Bool	%Q2.7	Magneettiventtiili 5 lähtö

MV6	Bool	%Q3.0	Magneettiventtiili 6 lähtö
Lämpö	Bool	%Q3.1	Q3-säiliön lämmitysvastus
Pumppu1	Bool	%Q3.2	pumpun 1 lähtö
Pumppu2	Bool	%Q3.3	pumpun 2 lähtö
Pumppu3	Bool	%Q3.4	pumpun 3 lähtö
Pumppu4	Bool	%Q3.5	pumpun 4 lähtö
K12	Bool	%Q3.6	K12,K13 ja K14 säättää 7-portaisesti P4-pumpun virtausnopeutta.
K13	Bool	%Q3.7	K12,K13 ja K14 säättää 7-portaisesti P4-pumpun virtausnopeutta.

K14	Bool	%Q4.0	K12,K13 ja K14 säättää 7-portaisesti P4-pumpun virtausnopeutta.
-----	------	-------	---

ANALOGIA LÄHDÖT

P2_sääto	Word	%QW256	P2, analogiasääto pumpun nopeuteen
SV_sääto	Word	%QW258	SV moottoriventtiilin analogiasääto virtaukseen
P1_sääto	Word	%QW260	P1, analogiasääto pumpun nopeuteen
P3_sääto	Word	%QW262	P3, analogiasääto pumpun nopeuteen

ANALOGIA TULOT

Lämpötila	Word	%IW256	Lämpötilan jänniteviesti (0-10V) säiliöstä Q3
MV asento	Word	%IW258	Moottoriventtiili MV asento (0-10V)
Pinnankorkeus	Word	%IW260	Pinnankorkeus jänniteviesti 0-10V, säiliöstä Q2

MUISTIPAIKAT

N_MV1	Bool	%M2.0	Magneettiventtiilin ohjaus näytöstä.
N_MV2	Bool	%M2.1	Magneettiventtiilin ohjaus näytöstä.
N_MV3	Bool	%M2.2	Magneettiventtiilin ohjaus näytöstä.
N_MV4	Bool	%M2.3	Magneettiventtiilin ohjaus näytöstä.
N_MV5	Bool	%M2.4	Magneettiventtiilin ohjaus näytöstä.
N_MV6	Bool	%M2.5	Magneettiventtiilin ohjaus näytöstä.
N_Pumppu1	Bool	%M2.6	Pumpun ohjaus näytöstä.
N_Pumppu2	Bool	%M2.7	Pumpun ohjaus näytöstä.

N_Pumppu3	Bool	%M3.0	Pumpun ohjaus näytöstä.
N_Pumppu4	Bool	%M3.1	Pumpun ohjaus näytöstä.
N_Lämpö	Bool	%M3.2	Lämpövastuksen ohjaus näytöstä.
N_K12	Bool	%M3.3	K12 ohjaus näytöstä.K12,K13 ja K14 säättää 7-portaisesti P4-pumpun virtausnopeutta.
N_K13	Bool	%M3.4	K13 ohjaus näytöstä.K12,K13 ja K14 säättää 7-portaisesti P4-pumpun virtausnopeutta.
N_K14	Bool	%M3.5	K14 ohjaus näytöstä.K12,K13 ja K14 säättää 7-portaisesti P4-pumpun virtausnopeutta.
N_Master_Reset	Bool	%M3.6	Sulkee kaikki lähdöt

Pumppu1 ohjaus	Bool	%M4.0	Lähdön ohjaus
Pumppu2 ohjaus	Bool	%M4.1	Lähdön ohjaus
Pumppu3 ohjaus	Bool	%M4.2	Lähdön ohjaus
Pumppu4 ohjaus	Bool	%M4.3	Lähdön ohjaus
MV1 ohjaus	Bool	%M4.4	Lähdön ohjaus
MV2 ohjaus	Bool	%M4.5	Lähdön ohjaus
MV3 ohjaus	Bool	%M4.6	Lähdön ohjaus
MV4 ohjaus	Bool	%M4.7	Lähdön ohjaus

MV5 ohjaus	Bool	%M5.0	Lähdön ohjaus
MV6 ohjaus	Bool	%M5.1	Lähdön ohjaus
K12 ohjaus	Bool	%M5.2	Lähdön ohjaus
K13 ohjaus	Bool	%M5.3	Lähdön ohjaus
K14 ohjaus	Bool	%M5.4	Lähdön ohjaus
Lämpö ohjaus	Bool	%M5.5	Lähdön ohjaus

N_Liuku_P1	Word	%MW100	Näytön sliderin muistipaikka, P1
------------	------	--------	----------------------------------

N_Liuku_P2	Word	%MW102	Näytön sliderin muistipaikka, P2
N_Liuku_P3	Word	%MW104	Näytön sliderin muistipaikka, P3
N_Liuku_SV	Word	%MW106	Näytön sliderin muistipaikka, Säätoventtiili

Pinnankorkeus apu	DInt	%MD10	IW260 lähdön tila siirretty DINT
Pinnankorkeus reali	Real	%MD14	Pinnankorkeus muutettuna realiluvuksi
Pinnankorkeus reali vähennettynä	Real	%MD18	Pinnankorkeus vähennyslasku
Pinnankorkeus sentteinä	Real	%MD22	Pinnankorkeus sentteinä

Lämpötila apu	DInt	%MD26	IW256 lähdön tila siirretty DINT
Lämpötila reali	Real	%MD30	Lämpötila realilukuna
Lämpötila asteina	Real	%MD34	Lämpötila asteina