

# Ohjainmoduuli ja työohje Festo- vesiprosessiin

Tuomas Virkki

OPINNÄYTETYÖ  
Maaliskuu 2024

Sähkö- ja automaatiotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Automaatiotekniikka

VIRKKI, TUOMAS:  
Ohjainmoduuli ja työohje Festo-vesiprosessiin

Opinnäytetyö 30 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Maaliskuu 2024

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia harjoitustöitä, jotka tutustuttavat Tampereen ammattikorkeakoulun opiskelijoita Siemensin ohjelmistoympäristöön ja kartuttavat heidän kokemustaan prosessien automaatiosta. Siemensin PLC-järjestelmiä käytetään laajasti eri teollisuudenaloilla, joten on tärkeää, että opiskelijat oppivat ohjelmoimaan näitä laitteita. Työ tehtiin Tampereen ammattikorkeakoulun automaatiolaboratorioon.

Opinnäytetyön aiheena oli rakentaa oppilaitoksen automaatio laboratorioon ohjainmoduuli, joka voidaan liittää Festo-vesiprosessin eri vaiheisiin ja jolla voidaan ohjata sen toimintaa. Vesiprosessin sekoitusvaiheeseen tehtiin myös työohje, jonka avulla opiskelija perehtyy ohjainmoduulissa käytettävään Siemensin logiikan ja graafisen käyttöliittymän ohjelmointiin. Opinnäytetyö sisältää myös tietoja automaatiojärjestelmän osista ja sen vaiheista.

Opinnäytetyössä moduulille tehtiin esimerkkiohjelma, jolla selvitettiin tehtävät, jotka opiskelija pystyy suorittamaan yhden laboratoriokerran aikana sekä tavat, joilla harjoitustyön tehtävät on mahdollista toteuttaa. Ohjelma auttaa opettajaa hahmottamaan ja ratkaisemaan ongelmia, joita opiskelijat saattavat laboratorio-työskentelyssä kohdata. Esimerkkiohjelmassa selviää tavat, joilla harjoitustyön tehtävät on mahdollista toteuttaa ja tämä toimii opettajanaineistona ratkaisemaan opiskelijoille ilmeneviä ongelmia.

Työn tuloksena valmistui toimiva laitteisto ja harjoitustyö yhteen prosessin neljästä osasta. Prosessin muihin osiin on tulevaisuudessa mahdollista laatia omat harjoitustyönsä tekemättä muutoksia nykyiseen laitteistoon.

---

Asiasanat: siemens, automaatiojärjestelmä, hierarkia, harjoitustyö

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering  
Automation Engineering

VIRKKI, TUOMAS:  
Controller Module and Work Instructions for Festo Water Process

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 4 pages  
March 2024

---

The purpose of the thesis was to prepare exercises that introduce students to the Siemens software environment and increase their experience in process automation. The work was done in the automation laboratory of Tampere University of Applied Sciences.

In the thesis, a controller module was built which can be connected to the different stages of the Festo water process and with which its operation can be controlled. The work instructions were also made for the mixing phase of the water process which helps the student familiarize himself with logic and graphical user interface programming.

In the thesis, an example program was made for the module which explained the tasks that the student can perform during one laboratory session and the ways in which it is possible to implement the tasks of the practice work. The program helps the teacher understand and solve problems that the students may encounter in laboratory work.

As a result of the work, a functional equipment and training work were completed for one of the four parts of the process. In the future, it will be possible to prepare exercises for other parts of the process without making any changes to the current equipment.

---

Key words: siemens, automation system, hierarchy, practice work

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TAUSTATIETOJA .....	7
	2.1 Automaatiojärjestelmä .....	7
	2.1.1 Hierarkia .....	7
	2.1.2 Toimitus .....	8
	2.1.3 Kunnonvalvonta ja kunnossapito .....	9
	2.2 Festo .....	9
3	SIEMENS .....	10
	3.1 Laitteisto .....	10
	3.1.1 SIMATIC S7-1200 .....	10
	3.1.2 TP1500 confort panel .....	11
	3.2 Ohjelmointi .....	11
	3.2.1 Organization Block .....	11
	3.2.2 Function block .....	12
	3.2.3 Function .....	12
	3.2.4 Data Block .....	12
	3.2.5 Instance Data Block .....	12
4	TOTEUTUS .....	14
	4.1 Feston laitteisto ja ohjainmoduuli .....	14
	4.1.1 Ohjainmoduuli .....	14
	4.2 Harjoitustyö .....	15
	4.2.1 Harjoitustyön esimerkkiohjelma .....	16
5	POHDINTA .....	25
	LÄHTEET .....	26
	LIITTEET .....	27
	Liite 1. Harjoitustyö .....	27

**LYHENTEET JA TERMIT**

PLC	Programmable logic controller, Ohjelmoitava logiikkaohjain
I/O	Input/Output, Tulo/Lähtö
TPA	TotalPlant Alcont
Profinet/Profibus	Teollisuusautomaation verkkoteknologioita
TIA Portal	Totally Integrated Automation Portal
HMI	Human Machine Interface
LAD	Ladder Diagram, Tikapuukaavio
FBD	Function Block Diagram, Toimilohkokaavio
SCL	Structured Control Language, Strukturoitu ohjauskieli
OB	Organization Block, Organisaatiolohko
FB	Function block, Toimilohkot
FC	Function, Funktio
DB	Data Block, Tietolohko
Instance DB	Instance Data Block, Instanssitietolohko
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
MES	Manufacturing Execution System, toiminnanohjausjärjestelmä
ERP	Enterprise Resource Planning
FAT	Factory Acceptance Test
SAT	System Acceptance Test

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä on tarkoitus luoda ohjainmoduuli, joka voidaan liittää Tampereen ammattikorkeakoulun automaatiolaboratoriossa olevaan Feston vesiproessin laitteistoon, ja täten luoda oppilaille uusia harjoitustöitä, jotka tutustuttavat opiskelijat Siemensin ohjelmointiympäristöön antamalla heille erilaisia harjoituksia prosessin eri osista. Opinnäytetyössä tutustutaan myös automaatiojärjestelmien eri osiin ja syvennyttään Siemensin Tia Portal ohjelmistolla ohjelmoimiseen.

## 2 TAUSTATIETOJA

### 2.1 Automaatiojärjestelmä

Automaatiojärjestelmässä yhdistyvät elektroniset ja mekaaniset komponentit suorittamaan itsestään toimivia prosesseja. Automaatiojärjestelmän yleisimpiä valmistajia ovat Siemens, Schneider Electric, Mitsubishi Electric, ABB, GE, Omron ja Rockwell Automation. Yleisimmät automaatiojärjestelmät sisältävät ohjelmoitavan logiikan eli PLC:n ja käyttöliittymän eli HMI:n, jolla voidaan valvota ja ohjata prosessia.

#### 2.1.1 Hierarkia

Automaatiojärjestelmän komponentit voidaan jakaa viiteen eri tasoon niiden roolin ja toiminnan mukaan.



KUVIO 1. Automaation tasot (Realpars)

Kenttätaso (Field Level) on automaatiojärjestelmän alin taso, joka muuttaa prosessin fyysiset suureet sähköisiksi signaaleiksi, sekä vastaavasti sähköisen ohjauksen fyysiseksi liikkeeksi. Tähän tasoon kuuluu esimerkiksi erilaiset anturit moottorit, venttiilit ja muut toimilaitteet.

Ohjaustaso (Control Level) sisältää ohjelmoitavan logiikan, joka kerää kenttätasolta tulevat signaalit ja lähettää toimilaitteille ohjaussignaaleita logiikan ohjelmoinnin mukaan.

Valvontataso (Supervisory Level) sisältää SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) -ohjelmistotyyppisen valvomon, jolla voidaan ohjata ja valvoa useita prosesseja yhdestä paikasta.

Suunnittelutasolla (Planning Level) tiedot kuten raakamateriaalin kulutus ja valmiin tuotteen määrä kerätään toiminnanohjausjärjestelmään (MES), jolloin pystytään tekemään parempia päätöksiä materiaalien tilauksista ja toimituksista.

Hallintatasolla (Management Level) hyödynnetään yrityksen integroitua johtamisjärjestelmää ERP (Enterprise Resource Planning), jolla voidaan hallinnoida koko yrityksen toimintoja ja resursseja yhdessä järjestelmässä. Tämä taso on tarkoitettu yrityksen ylimmällä johdolle tarkkailemaan ja hallitsemaan kaikkia yrityksen toimintoja kuten varastointia, liiketoimintaa, henkilöstöä, laadunvalvontaa ja tuotannonohjausta.

### **2.1.2 Toimitus**

Automaatiojärjestelmän toimituksessa on monia vaiheita, joista ensimmäisenä on määrittelyvaihe. Määrittelyvaiheeseen kuuluu projektin esisuunnittelu, jossa selvitetään järjestelmän tuleva toiminta ja vaaratekijät sekä lähetetään tarjouspyyntö.

Kun järjestelmän toimittaja on valittu alkaa suunnitteluvaihe, jossa tarkennetaan esisuunnittelun tietoja. Suunnitteluvaiheessa luodaan piirikohtaiset toiminta- ja sekvenssikuvaukset sekä selvitetään automaatiojärjestelmään tarvittavat laitteet ja keskukset.

Toteutusvaiheessa automaatiojärjestelmän toimittaja valmistaa suunnitelmien mukaiset ohjelmistot, tilaa tarvittavat laitteet ja rakentaa keskukset. Tässä vaiheessa suoritetaan myös FAT (Factory Acceptance Test) testit, joilla varmistetaan laitteiden ja järjestelmien odotettu toiminta.

Asennusvaiheessa tehdastestattu järjestelmä ja kenttälaitteet toimitetaan ja asennetaan asiakkaan tiloihin sekä suoritetaan laitteistotestaus, jonka tuloksena automaatiojärjestelmä todetaan sähköisesti ja mekaanisesti piirustusten ja ohjeiden mukaiseksi.

Toiminnallinen testausvaihe jakautuu kahteen osaan, kylmä- ja kuumatestaukseen. Kylmätestauksessa ei käytetä vaarallisia tai kalliita prosessiaineita vaan ne korvataan esimerkiksi vedellä, tällöin suojausien, hälytysten ja lukitusten testaus on turvallista ja halvempaa. Kuumatestaus suoritetaan oikeilla prosessikemikaaleilla ja tällöin testataan laajempia kokonaisuuksia. Näillä testausaineistoilla ja tarvittaessa SAT (System Acceptance Test) testauksella toimittaja osoittaa järjestelmän toimivuuden ja luovuttaa järjestelmän asiakkaan käyttöön.

### **2.1.3 Kunnonvalvonta ja kunnossapito**

Kun automaatiojärjestelmä on luovutettu asiakkaalle ja järjestelmä siirtyy tuotantoon, alkaa sen kunnonvalvonta ja kunnossapito. Kunnonvalvonnassa seurataan mittasuureiden muutosta esimerkiksi pitkän aikavälin lämmön kasvu tai tärinän lisääntyminen, jotka voivat merkata laitteen kunnan huononemista. Näissä tilanteissa selvitetään muutoksen syy ja arvioidaan jäljellä oleva käyttöikä tai vaihdetaan vioittunut osa/laite uuteen. Kuntoa voidaan tarkastella myös aistinvaraisesti äänen tai näkyvän vaurion mukaan.

## **2.2 Festo**

Festo on maailmanlaajuinen teollisuuden ohjaus- ja automaatioyrittäjä, joka tuottaa pneumaattisia ja sähköisiä ratkaisuja teollisuuden automaatiojärjestelmiin. Kokonaisten automaatiojärjestelmien lisäksi yhtiön tuotevalikoimaan kuuluu myös toimilaitteet, venttiilit, anturit, tarttijat ja säätimet. Festo tarjoaa myös koulutusohjelmia ja kursseja esimerkiksi teollisuuden automaatiosta, kunnossapidosta ja pneumatiikasta.

## 3 SIEMENS

### 3.1 Laitteisto

Siemens on saksalainen monialayritys, joka tunnetaan monipuolisista teollisuuden sähkö- ja automaatio ratkaisuista. Tärkeimpiin tuotteisiin sisältyy esimerkiksi:

- PLC eli ohjelmoitavat logiikat, joilla on helppo automatisoida prosesseja.
- HMI eli graafisia näyttöjä/käyttöliittymiä, joilla prosessien hallinnasta tulee helpompaa ja intuitiivisempaa.
- Teollisia tietokoneita, jotka ovat varustettu Siemensin järjestelmien ohjelmointi, ohjaus ja valvontatehtäviin.
- Turvallisuusjärjestelmät ja turvakytkimet, joilla taataan työntekijöiden turvallisuus teollisuusympäristössä.
- Siemensin Sinamics-sarjan taajuusmuuttajat.
- Anturit kuten lämpötila-, paine-, virtaus- ja liiketunnistimet.

Siemensin laajaan valikoimaan kuuluu näiden esimerkkien lisäksi useita muita laitteita ja palveluja teollisuuden eri sektoreiden tarpeisiin.

#### 3.1.1 SIMATIC S7-1200

Työssä käytetään Siemensin S7-1200 CPU 1215C ohjainmoduulia, joka on tarkoitettu kompakteihin automaatoratkaisuihin. Siemens SIMATIC S7-1200 -sarjan tärkeimpiä ominaisuuksia ovat:

- Modulaarinen arkkitehtuuri, jonka avulla käyttäjät voivat mukauttaa ja laajentaa järjestelmiään erityisvaatimusten mukaan.
- Integroitu turvallisuus: Sarja sisältää turvatoiminnot suoraan PLC:hen, mikä tarjoaa korkean turvallisuustason automaatiojärjestelmille ilman ulkoisten turvaohjaimien tarvetta.
- Tuki nopealle teolliselle Ethernet-protokollalle: Profinetille, joka mahdollistaa saumattoman viestinnän PLC:iden ja muiden teollisuusverkon laitteiden välillä.

- Sisäänrakennetut suojaominaisuudet, jotka suojaavat luvattomalta käytöltä ja mahdollisilta kyberuhkilta.

### **3.1.2 TP1500 confort panel**

Työssä käytettävä TP1500 confort panel on teollisuuskäyttöön valmistettu kosketusnäyttöpaneeli, joka helpottaa prosessin ohjausta ja valvontaa. Paneeli on suunniteltu kestämaan vaativia teollisuusympäristöjä, näihin kuuluvat muun muassa iskunkestävyys, pöly- ja kosteussuojaus.

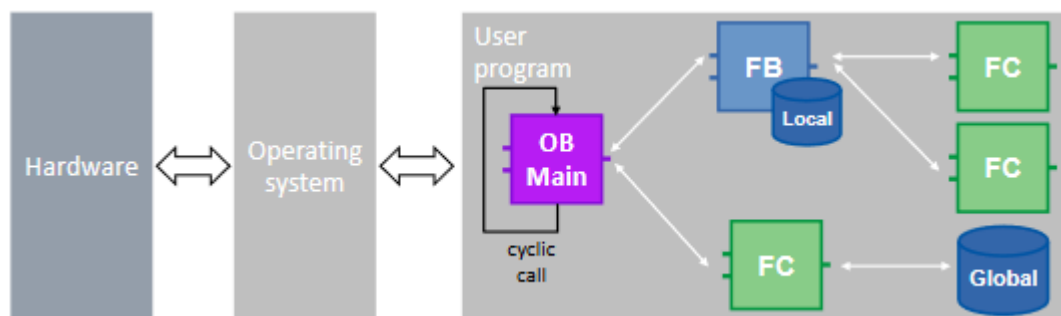
## **3.2 Ohjelmointi**

TIA Portal (Totalally Integrated Automation Portal) on Siemensin kehittämä ohjelmistoalusta erilaisten Siemensin automaatiotuotteiden konfigurointiin, ohjelmointiin ja käyttöönottoon. TIA Portaalia käytetään ensisijaisesti Siemens PLC:iden (Programmable Logic Controllers), HMI:iden (Human Machine Interfaces), asemien ja muiden automaatiolaitteiden ohjelmointiin ja konfigurointiin. TIA Portaalilla voi myös tarkkailla käynnissä olevan ohjelman toimintaa ja on tällöin tärkeä työkalu vianetsinnässä. Kolme lähes aina tuettua TIA Portaalin ohjelmointitapaa ovat tikapuukaavio (LAD), toimilohkokaavio (FBD) ja strukturoitu ohjauskieli (SCL). Mallista riippuen ohjaimet voivat tukea myös esimerkiksi Graph ja Statement List ohjelmointitapoja.

### **3.2.1 Organization Block**

Organisaatiolohkot eli OB:t ovat käyttöjärjestelmän ja käyttäjän ohjelman välinen rajapinta. Käyttöjärjestelmä kutsuu OB:ta ohjaamaan esimerkiksi seuraavia prosesseja:

- Logiikkaohjaimen käynnistyminen
- Vuorokaudenaikaohjaus
- Vikatilanneperusteinen ohjaus



KUVIO 4. Lohkojen rakenne (Siemens: Programming Guideline for S7-1200/S7-1500)

### 3.2.2 Function block

Toimilohkot (FB) ovat lohkoja, jotka pääsääntöisesti tallentavat tulo- ja lähtötietoja pysyvästi instanssitietolohkoihin, jolloin nämä parametrit ovat käytettävissä myös lohkon suorittamisen jälkeen. Toimilohkoihin voi myös tehdä aliohjelmia, jotka suoritetaan lohkoa kutsuttaessa.

### 3.2.3 Function

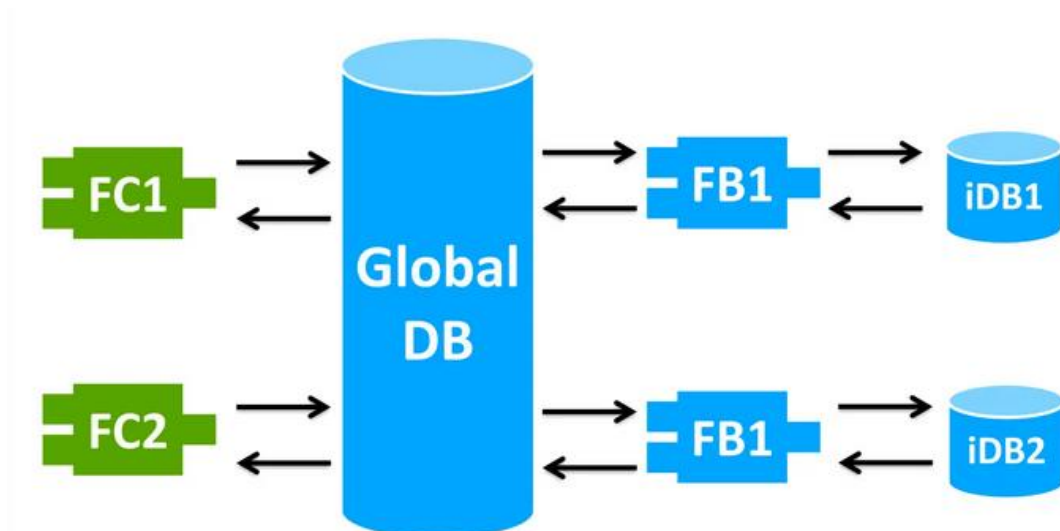
Funktiot (FC) ovat lohkoja, joilla ryhmitetään tietyt toiminnot yhteen ja suoritetaan OB:n sitä kutsuessa. Funktiot eivät sisällä omaa muistia, joten kaikki väliaikaiset muuttujat menetetään, kun lohko on suoritettu.

### 3.2.4 Data Block

Tietolohkot (DB) ovat lohkoja, joihin muut lohkot tallentavat ja käyttävät dataa. Esimerkiksi funktiot, joilla ei ole omaa muistia, tallentavat muualla tarvittavat parametrit tietolohkoihin.

### 3.2.5 Instance Data Block

Instanssitietolohkot (Instance DB) luodaan automaattisesti, kun toimilohkoja (FB) kutsutaan ja niihin tallennetaan vain kyseisen toimilohkon parametrit.



KUVIO 5. Tietolohkojen ja instanssietietolohkojen ero (Mahmoud Salama: What is a Data Block? Global Data Blocks in PLC)

## 4 TOTEUTUS

### 4.1 Feston laitteisto ja ohjainmoduuli

Työssä luotiin ohjausmoduuli oppilaitoksen automaatiolaboratoriossa olevaan Feston vesiprosessiin. Prosessi muodostuu neljästä eri osasta: suodatus, sekoitus, reaktio ja pullotus. Ohjausmoduuli voidaan kytkeä mihinkä tahansa osaan ja ohjelmoida suorittamaan halutut toiminnot käyttäen prosessiosan komponentteja. Moduuliin voidaan myös liittää kosketusnäyttöpaneeli, jolla prosessia valvotaan ja ohjataan.



KUVA 6. Festo vesiprosessin sekoitus osa

#### 4.1.1 Ohjainmoduuli

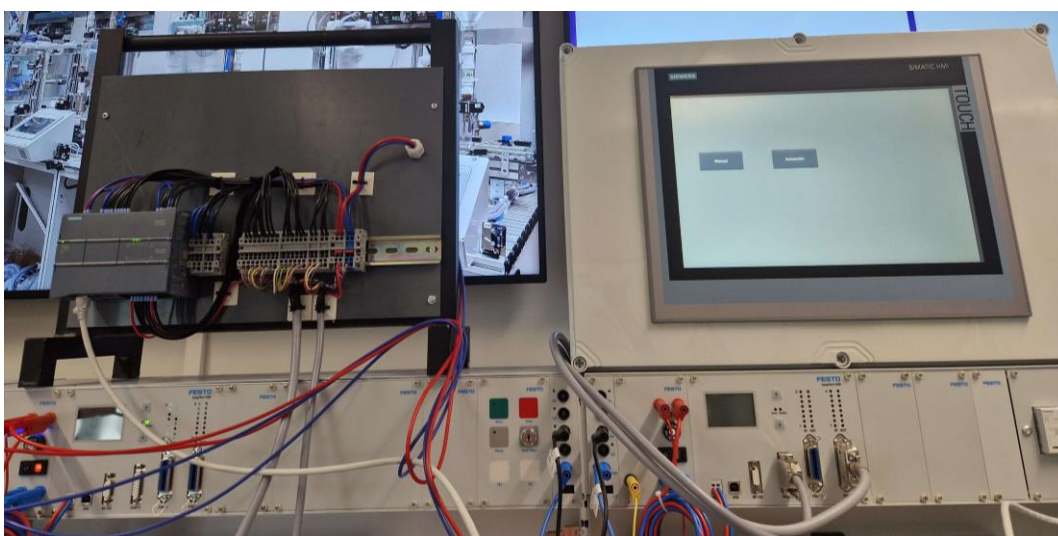
Ohjainmoduuli kostuu Siemensin ohjelmoitavasta logiikasta, joka on johdotettu riviliittimien kautta prosessiin yhdistyviin liittimiin. Moduuli sisältää myös kaksi vastusta, joilla logiikasta lähtevä analoginen virtasignaali (0-20mA) muutetaan prosessissa käytettävään jännitesignaaliin (0-10V).



KUVA 7. Ohjainmoduuli

## 4.2 Harjoitustyö

Ohjainmoduulia käyttäen voidaan opettaa opiskelijoille prosessin eri vaiheiden automatisoinnista ja siitä, kuinka hyödyntää prosessissa jo olevia antureita haluttujen toimintojen aikaansaamiseksi. Työssä tutustutaan Siemensin TIA Portal ohjelmointiympäristöön, jossa opiskelija ohjelmoi haluttuja toimintoja ja testaamaan ohjelmansa toimintaa. Kiireellisestä aikataulusta johtuen, tehtiin harjoitustyö vain prosessin sekoitus osasta, mutta harjoitustyö on tulevaisuudessa mahdollista muotoilla myös prosessin muihin osiin sopiviksi.



KUVA 8. Ohjainmoduuli ja kosketusnäyttöpaneeli osana prosessia.

## 4.2.1 Harjoitustyön esimerkkiohjelma

Harjoitustyön sisällön määrittämiseksi työstä tehtiin esimerkkiohjelma, jonka avulla selvitettiin tehtävät, jotka opiskelija pystyy suorittamaan yhden laboratorion kerran aikana.

Ennen laboratorion kertaamista opiskelijat tekevät työn ennakkotehtävät, jossa he tutustuvat ennalta prosessin toimintaan ja ohjelmoinnissa tarpeellisiin lohkoihin. Opiskelijat kirjaavat myös sähköpiirustuksissa näkyvät lähdöt ja tulot, joita he tulevat tarvitsemaan työn aikana. Nämä ennakkotehtävät tukevat sitä, että laboratorion kerta sujuisi joutuisasti ja opiskelijat ehtisivät sisäistää työssä käydyn materiaalin.

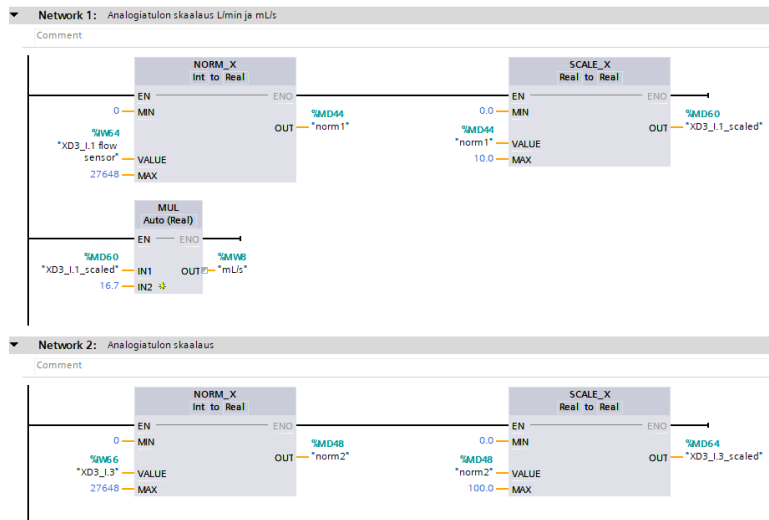
Varsinainen työ aloitetaan laitteiston yhdistämisellä ja projektin luomisella TIA Portal -sovelluksessa, johon opiskelijat lisäävät käytössä olevan laitteiston ja ennakkotehtävissä selvittäneensä lähtö- ja tulotiedot.

I/O Tag table			
	Name	Data type	Address
1	XD2_I.1 Limit switch	Bool	%I0.0
2	XD2_I.2 VE1 yläraja	Bool	%I0.1
3	XD2_I.3 VE1 alaraja	Bool	%I0.2
4	XD2_I.4 VE2 alaraja	Bool	%I0.3
5	XD2_I.5 VE3 alaraja	Bool	%I0.4
6	XD2_I.6 VE4 yläraja	Bool	%I0.5
7	XD2_I.7 VE4 alaraja	Bool	%I0.6
8	XD2_I.8 Overflow	Bool	%I0.7
9	XD2_Q.9 PL1 ON	Bool	%Q0.0
10	XD2_Q.10 PL2 ON	Bool	%Q0.1
11	XD2_Q.11 VV1 OPEN	Bool	%Q0.2
12	XD2_Q.12 VV2 OPEN	Bool	%Q0.3
13	XD2_Q.13 VV3 OPEN	Bool	%Q0.4
14	XD2_Q.14	Bool	%Q0.5
15	XD3_I.1 flow sensor	Int	%IW64
16	XD3_I.3	Int	%IW66
17	XD3_Q.9 PL1 control	Int	%QW64
18	XD3_Q.10	Int	%QW66
19	<Add new>		

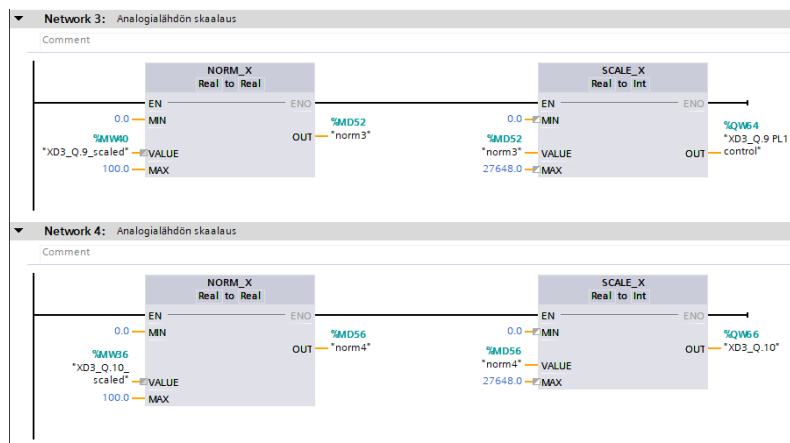
KUVA 9. Ohjelman I/O luettelo.

Seuraavaksi ohjelmaan luodaan funktion, joka skaalaa lähtevän ja tulevan analogiasignaalin helpommin käytettävään muotoon. Toiminnan aikaansaamiseksi käytetään lohkoja NORM\_X ja SCALE\_X, signaalitietojen normalisoimiseen ja

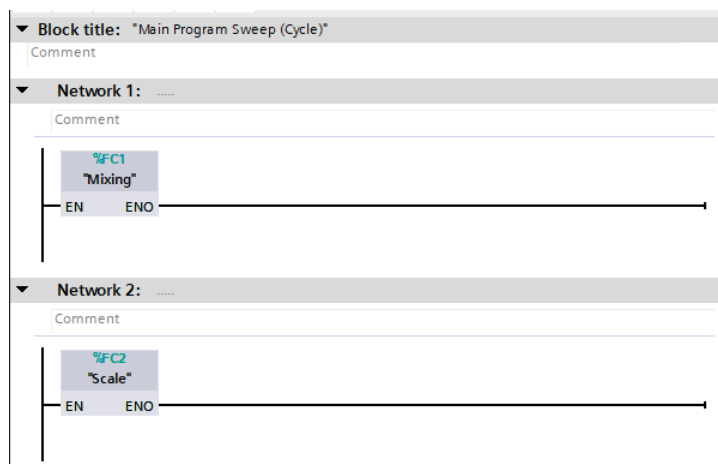
skaalaukseen. Funktio lisätään myös organisaatiolohkoon (OB), jotta se suoritetaan PLC:n joka sykli.



KUVA 10. Analogiatulujen skaalaus.

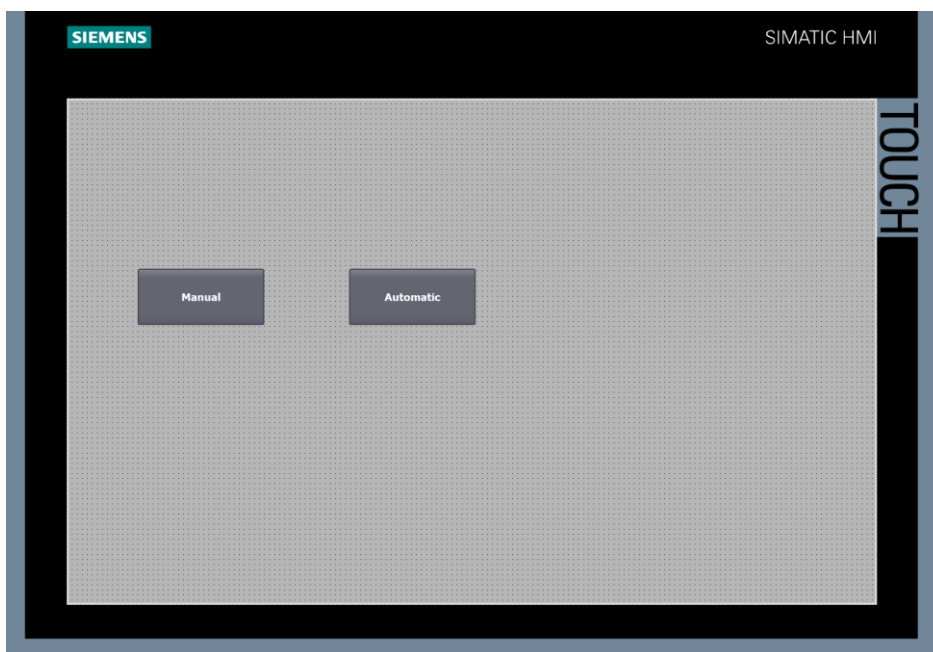


KUVA 11. Analogialähtöjen skaalaus.



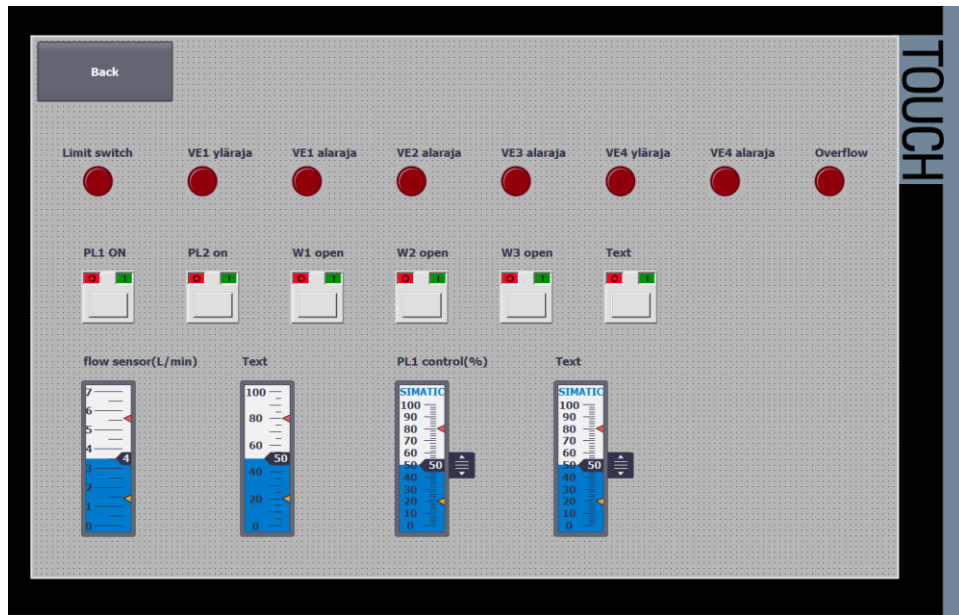
KUVA 12. Skaalaus ja annostelu funktiot organisaatiolohkossa.

Harjoituksen seuraavassa vaiheessa tutustutaan käytössä olevan HMI-paneelin ohjelmoimiseen. Tässä vaiheessa luodaan 3 näyttöä: aloitusnäyttö, manuaali ja automaatti, joiden välillä voidaan liikkua näytölle tehtyjen nappien avulla.



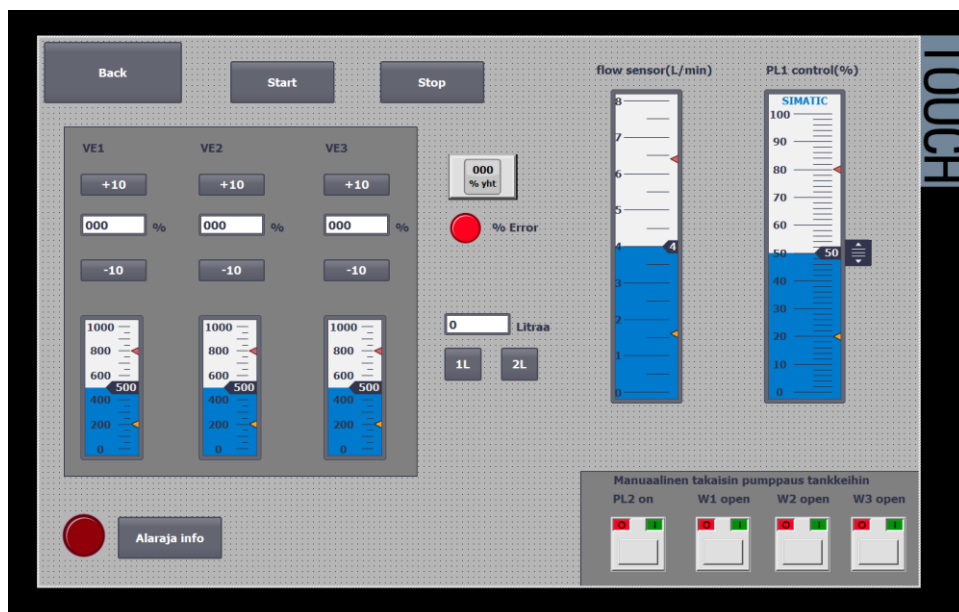
KUVA 13. Aloitusnäyttö, jonka kautta päästään halutulle toimintonäytölle.

Manuaali näytölle luodaan valvonta ja ohjaus kaikille käytössä oleville tuloille ja lähdöille, joilla opiskelijat voivat manuaalisesti testata prosessin toimintaa ja havainnoida millaisia tietoja automaattinen ohjelma tarvitsisi toimiakseen.

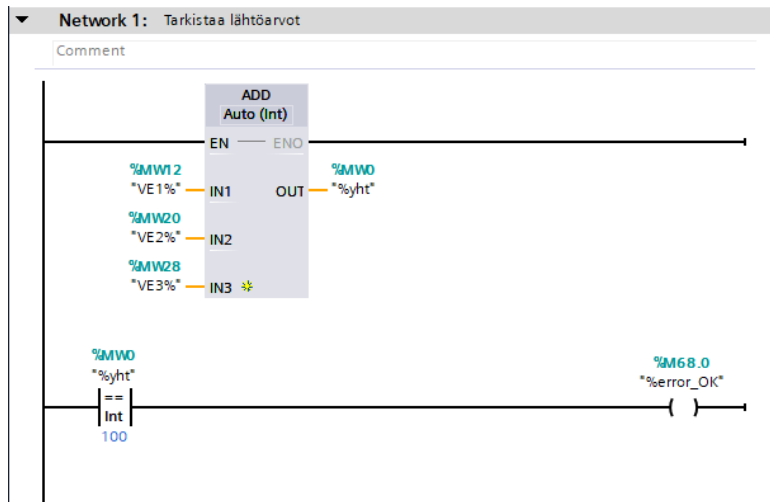


KUVA 14. Manuaalinäyttö

Automaatti näytölle tehdään useita toimintoja, joilla määritetään automaattisen annostelu ohjelman lähtöarvot joko näppäilemällä lukema ja/tai lisäämällä ja vähentämällä tietty lukema erillisillä napeilla. Lähtöarvot ovat haluttu litramäärä ja tankeista haluttavat nestemäärät prosentteina, jotka ohjelma tarkastaa ja ilmoittaa, mikäli arvoissa on virheitä. Näytölle lisätään myös ohjelman käynnistysnappi.

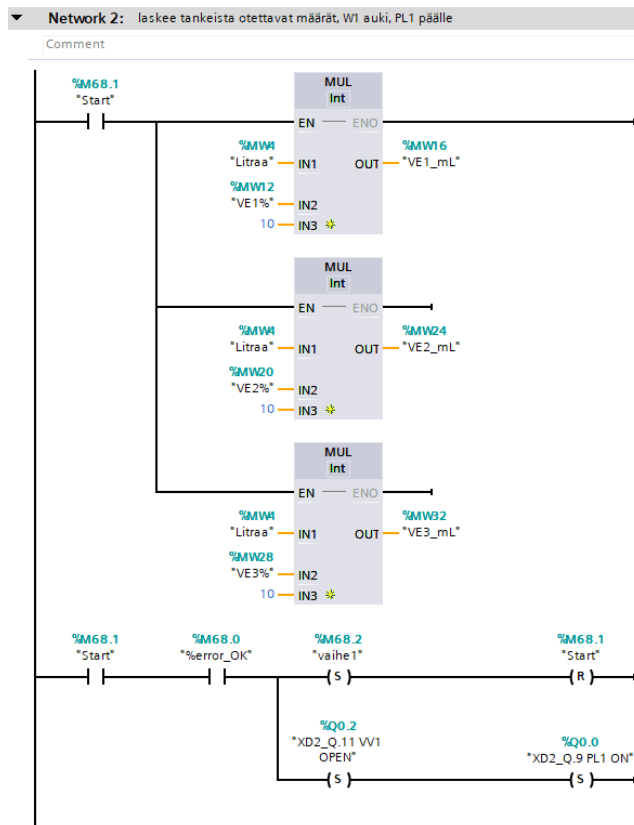


KUVA 15. Automaattinäyttö

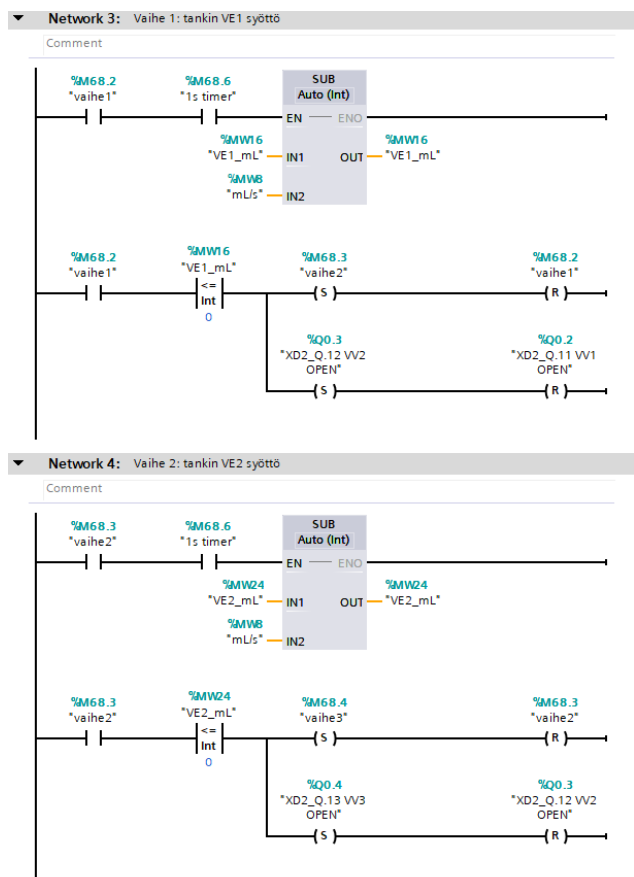


KUVA 16. Prosenttiarvojen tarkastus

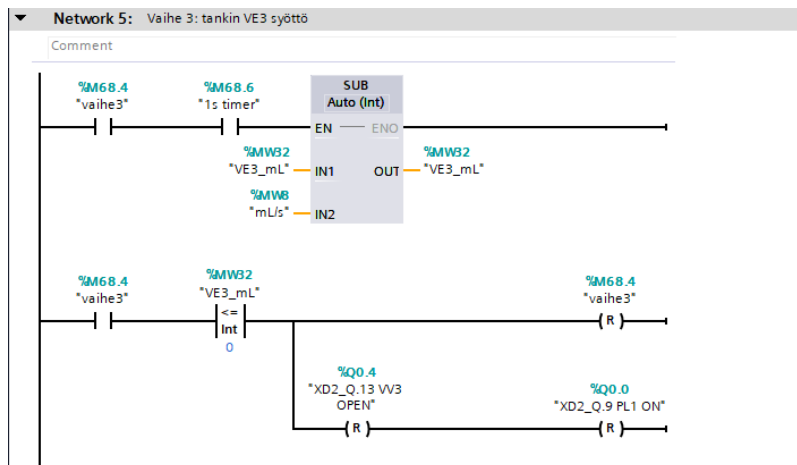
Seuraavaksi halutaan luoda ohjelman, joka aluksi laskee litra määrän ja prosentti arvojen perusteella, kuinka paljon kustakin tankista otetaan nestettä. Ohjelman toiminnan aloitus täytyy estyä, mikäli lähtöarvoissa on virheitä. Seuraavaksi ohjelma aloittaa nesteen pumppauksen ja avaa ensimmäisen venttiilin. Virtausmittaria käyttämällä ohjelma vähentää halutusta nestemäärästä joka sekunti sekoitustankkiin kulkevan määrän, kunnes haluttu arvo alenee nollan alapuolelle, jolloin ohjelma siirtyy seuraavaan tankkiin. Ohjeessa on myös kehoitettu käyttämään TON Time lohkoa vaihtoehtoisena ajastimena, mikäli PLC:n ”clock memory byte” ominaisuuden käytössä ilmenee ongelmia.



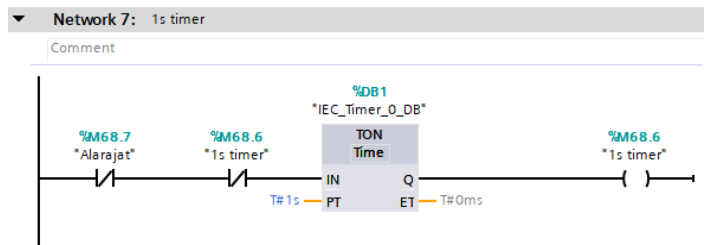
KUVA 17. Litramäärien laskeminen ja ensimmäisen vaiheen aloittaminen.



KUVA 18. Tankkien VE1 ja VE2 annostus.

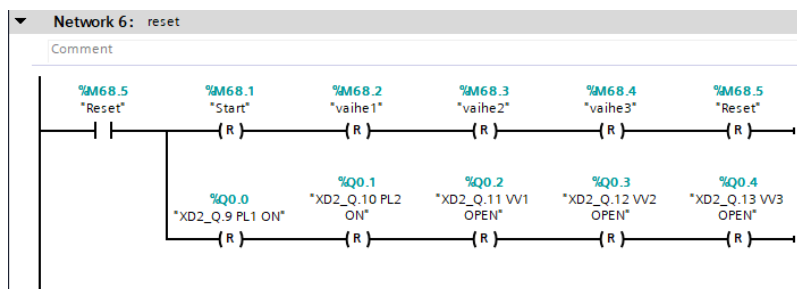


KUVA 19. Tankin VE3 annostus ja pumppauksen lopetus.



KUVA 20. Vaihteellinen 1s ajastin käyttäen TON Time lohkoa.

Automaatti näytölle lisätään myös nappi, jolla annosteluprosessi lopetetaan, venttiilit suljetaan ja pumppu pysäytetään.

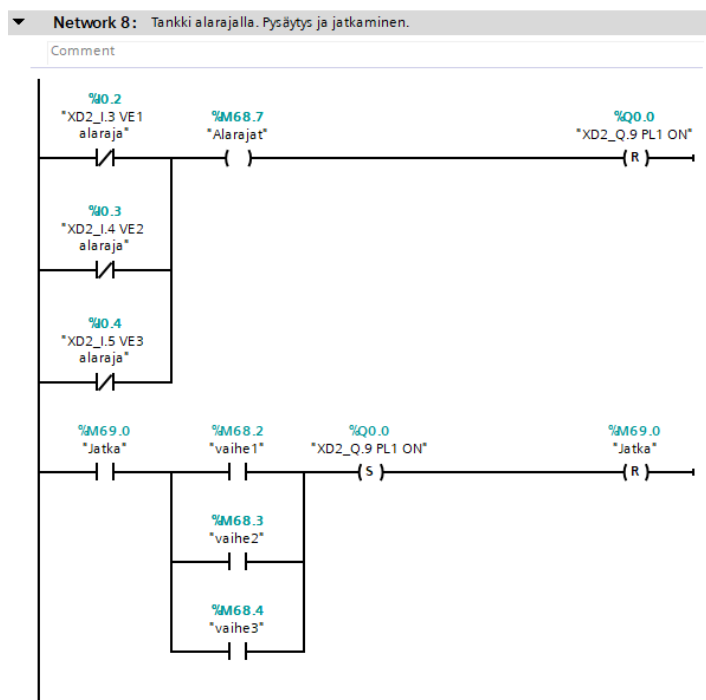


KUVA 21. Stop/Reset napin ohjelma.

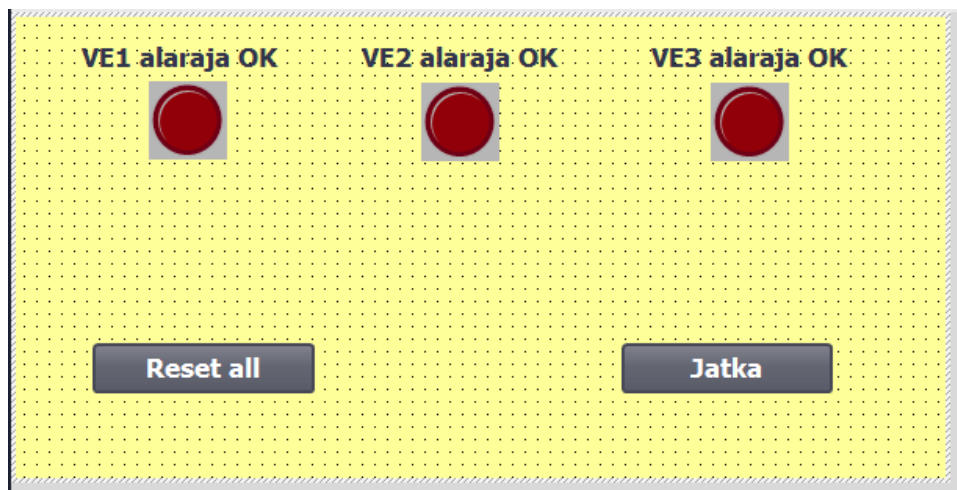
Seuraavaksi ohjelmaan lisätään toiminta, joka pysäyttää annostelun, mikäli yhdenkin tankin (VE1, VE2, VE3) nestemäärä tippuu alle alarajan. Tämä joko avaa välittömästi ponnahtusikkunan tai sytyttää virhe valon näytölle ja antaa nappia

painamalla aukaista ponnausikkunan. Tämä vaihtoehto on annettu koska välittömästi avautuva ponnausikkuna vaatii monimutkaisemman koodin käytön, joka ei sisälly tässä harjoitustyössä käytävään materiaaliin.

Ponnausikkunassa ilmoitetaan alarajallaan oleva tankki ja annetaan käyttäjälle vaihtoehto joko nollata koko ohjelma tai lisätä tankkiin itse nestettä ja jatkaa ohjelmaa pysäytetystä kohdasta.



KUVA 22. Tankki alarajalla. Pysäytys ja jatkaminen.



KUVA 23. Ponnausikkuna.

M Tag table			
	Name	Data type	Address
1	VE1%	Int	%MW12
2	VE2%	Int	%MW20
3	VE3%	Int	%MW28
4	%yht	Int	%MW0
5	%error_OK	Bool	%M68.0
6	norm1	Real	%MD44
7	norm2	Real	%MD48
8	norm3	Real	%MD52
9	norm4	Real	%MD56
10	XD3_I.1_scaled	Real	%MD60
11	XD3_I.3_scaled	Real	%MD64
12	XD3_Q.9_scaled	Int	%MW40
13	XD3_Q.10_scaled	Int	%MW36
14	Start	Bool	%M68.1
15	vaihe1	Bool	%M68.2
16	vaihe2	Bool	%M68.3
17	vaihe3	Bool	%M68.4
18	mL/s	Int	%MW8
19	Litraa	Int	%MW4
20	VE1_mL	Int	%MW16
21	VE2_mL	Int	%MW24
22	VE3_mL	Int	%MW32
23	Reset	Bool	%M68.5
24	1s timer	Bool	%M68.6
25	Alarajat	Bool	%M68.7
26	Jatka	Bool	%M69.0
27	<Add new>		

KUVA 24. Harjoitustyön aikana kerääntyneet tagit.

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli saada opiskelijoille monipuolinen ohjelmointiharjoitus, jossa he tutustuvat Siemensin ohjelmointiympäristöön. Vaikkakin en ehtinyt luomaan harjoitustyötä projektin kaikkiin osiin, uskon että tulevaisuudessa joku innostuu laajentamaan työtäni luomalla harjoitustyöt myös muihin vesiproessin osiin.

Työn tekeminen on opettanut minulle suuresti automaatiojärjestelmistä ja niiden ohjelmoinnista sekä siitä, kuinka monimutkainen asia voidaan muuntaa moneen yksityiskohtaiseen osaan opetuksen parantamiseksi. Tämä kokemus tulee olemaan insinööri urallani erittäin hyödyllinen esimerkiksi tilanteessa, jossa koulutetaan työntekijää uuteen tehtävään.

## LÄHTEET

Siemens: Totally Integrated Automation Portal. Viitattu 1.8.2023 <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>

Siemens: Teollisuuden tuotevalikoima. Viitattu 2.8.2023 <https://www.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus.html>

Siemens: Programming Guideline for S7-1200/S7-1500. Viitattu 4.8.2023 [https://media.automation24.com/manual/fr/90885040\\_81318674\\_Programming\\_guideline\\_DOC\\_v15\\_en.pdf](https://media.automation24.com/manual/fr/90885040_81318674_Programming_guideline_DOC_v15_en.pdf)

Mahmoud Salama: What is a Data Block? Global Data Blocks in PLC. Viitattu 4.8.2023 <https://instrumentationtools.com/global-data-blocks-in-plc/>

Valmistajat: Automaatio ja automaatiojärjestelmät. Viitattu 7.8.2023 <https://valmistajat.fi/menetelmat/elektroniikka/automaatio-ja-automaatiojarjestelmat>

Realpars: What is the Automation Pyramid? Viitattu 7.8.2023 <https://realpars.com/automation-pyramid/>

Automaatioseura: Laatu automaatiossa. Viitattu 10.8.2023 <https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/laatuautomaatiossa.pdf>

Festo Wikipedia. Viitattu 5.5.2024 <https://fi.wikipedia.org/wiki/Festo>

Festo verkkosivu. Viitattu 5.5.2024 [https://www.festo.com/fi/en/e/technical-education/product-catalogues-id\\_1654001/](https://www.festo.com/fi/en/e/technical-education/product-catalogues-id_1654001/)

Siemens: S7-1200. Viitattu 5.5.2024 <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10045647#>

Siemens: SIMATIC HMI manuaali. Viitattu 5.5.2024 [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/233/49313233/att\\_59649/v1/hmi\\_comfort\\_panels\\_operating\\_instructions\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/233/49313233/att_59649/v1/hmi_comfort_panels_operating_instructions_en-US_en-US.pdf)

# LIITTEET

## Liite 1. Harjoitustyö

Työohje  
Festo vesiprosessin ohjainmoduuli  
Mixing Station

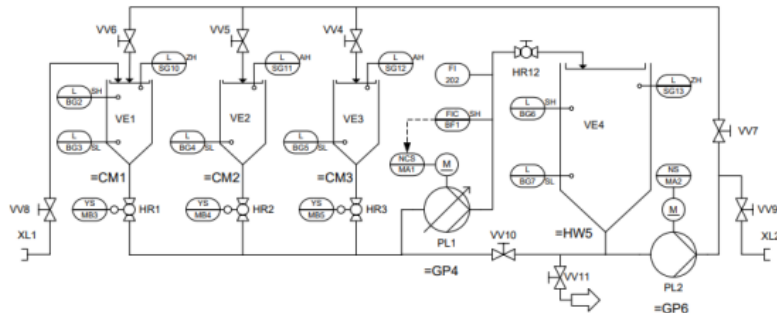
1

### 1. Festo vesiprosessin ohjainmoduuli - Mixing Station

**Tavoitteet:** Työn tavoitteena on tutustuttaa opiskelija Siemensin Tia Portal-ohjelmointiympäristöön. Työssä vesiprosessin sekoitus osaan yhdistetään 1200-sarjan PLC:llä toimiva ohjainmoduuli, johon opiskelija ohjelmoi tarvittavat ominaisuudet. Ohjainmoduuliin yhdistetään myös HMI-paneeli, jolla prosessin vaiheita voidaan ohjata ja valvoa.

#### Ennakkotehtävät

1. Tutustu vesiprosessin sekoitus osan toimintaan.



2. Tutki tiedosto "Sähköpiirustukset\_Mixing Station (Mischen\_ohne\_Steuerung).pdf" ja kirjaa kaikki tulot ja lähdöt, joita tulet tarvitsemaan PLC:n ohjelmoinnissa. (pumput, venttiilit, anturit) PLC:lle yhdistetyt liittimet on merkattu alla olevaan taulukkoon.

DI	XD2	DO	XD2	AI	XD3
I0	1	Q0	9	0	1
I1	2	Q1	10	1	3
I2	3	Q2	11		
I3	4	Q3	12	AO	XD3
I4	5	Q4	13	0	9
I5	6	Q5	14	1	10
I6	7				
I7	8				

3. Tutustu ennalta lohkojen NORM\_X ja SCALE\_X toimintaan TIA Portalin ohjelmointiympäristössä.

### **Laboratoriotehdävät**

Välineet: Festo Mixing Station ja siihen liitettävä ohjainmoduuli

#### 1.1 Ohjelman luominen ja kytkeä

- Luo TIA Portal -sovelluksessa uusi projekti ja lisää käytettävät PLC ja HMI-paneeli ohjelmaan. Löydät PLC:n mallinumeron laitteen rungosta. (Koteloidun HMI-paneelin malli: TP1500 comfort 6AV2 124-0QC02-0AX0)
- Yhdistä ” devices & network” kohdasta laitteet toisiinsa.
- Lisää aiemmin kirjaamasi tulot ja lähdöt PLC:n Tag table osioon selkeillä nimillä, ohjelman luettavuuden selkeyttämiseksi ongelmatilanteissa. (Esim: VE1 yläraja)
- Liitä ohjainmoduulin johdot prosessin I/O liittimiin XD2 ja XD3.
- Yhdistä PLC Ethernet johdoilla verkkoon ja HMI paneelin X3 porttiin.
- Toiminnan testaamiseksi lähetä ohjelma laitteisiin jokaisen tehtävän jälkeen.

#### 1.2 Skaalaus

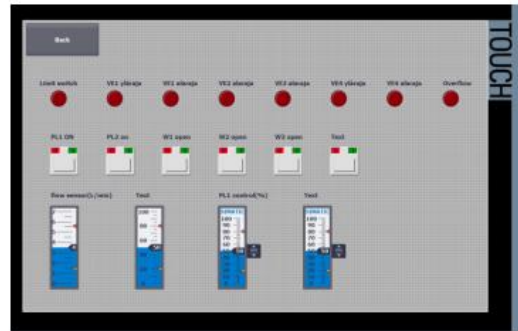
Luo ohjelmaan funktio (FC), jossa skaalaat lähtevän ja tulevan analogiasignaalin helpommin käytettävään muotoon. Esimerkiksi pumpun käyntitehon säätö 0-100% ja virtausmittaus L/min tai mL/s. Käytä NORM\_X ja SCALE\_X lohkoja toiminnan aikaansaamiseksi. Lisää funktio lopuksi organisaatiolohkoon (OB), jotta se suoritetaan PLC:n joka sykli.

#### 1.3 HMI-paneeli

Luo ”screens” kohdassa paneeliin 3 näyttöä: aloitusnäyttö, manuaali ja automaatti. Lisää aloitusnäyttöön napit, joilla voidaan liikkua muille näytöille ja vastaavasti näille näytöille nappi, jolla palata takaisin aloitusnäyttöön.

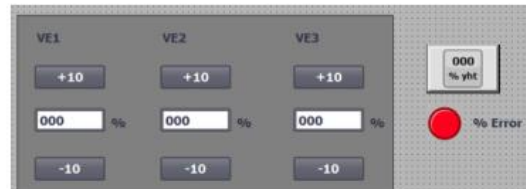
#### 1.4 Manuaali näyttö

Lisää manuaali näyttöön kaikkien tulosten ja lähtöjen valvonta/hallinta. Kuvana esimerkki halutusta tuloksesta.



#### 1.5 Automaatti näyttö

- Lisää näyttöön tapa määrittää kuinka suuri prosentuaalinen osa nestettä pumpataan kustakin tankista, tämä voidaan toteuttaa näppäilemällä lukema ja/tai lisäämällä ja vähentämällä tietty lukema erillisillä napeilla
- Tee myös PLC:n puolelle ohjelma, joka testaa, että prosenttien summa on 100% ja antaa tiedon mikäli tämä ei täyty.
- Tee myös halutulle litra määrälle vastaava määrittely tapa.
- Lisää näytölle myös jo manuaali -näyttöön tekemäsi virtauksen arvo ja pumpun tehon ohjaus.
- Lisää näyttöön myös nappi, jolla aloitetaan seuraavassa osassa suunniteltava ohjelma.



#### 1.6 Annostelu ohjelma

- Tee ohjelma joka ohjelman aluksi laskee litra määrän ja prosentti arvojen perusteella, kuinka paljon kustakin tankista otetaan nestettä. Ohjelman toiminnan aloitus täytyy estyä, mikäli lähtöarvoissa on virheitä.
- Suunnittele tapa mitata haluttu neste määrä käyttäen virtausmittauksen arvoa, tämä voidaan suorittaa esimerkiksi vähentämällä virtausmittauksen arvo (mL/s) joka sekunti, kunnes arvo tippuu nollan alapuolelle. (mikäli "clock memory byte" käytössä ilmenee ongelmia, saman toiminnan saa aikaiseksi käyttäen "TON Time" lohkoa)
- Käytä suunnittelemaasi ohjelmaa annostelemaan halutut määrät jokaisesta tankista yksi kerrallaan.

### 1.7 Stop/Reset

Luo automaatti näytölle nappi, jolla ohjelma pysäytetään ja nollataan riippumatta mitä ohjelman vaihetta suoritetaan. Tämä myös lopettaa pumpun toiminnan ja sulkee venttiilit.

### 1.8 Alarajat

- Lisää ohjelmaan toiminta, joka pysäyttää annostelun, mikäli yhdenkin tankin (VE1, VE2, VE3) nestemäärä tippuu alle alarajan. Tämä joko avaa välittömästi ponnahdusikkunan tai sytyttää virhe valon näytölle ja antaa nappia painamalla aukaista ponnahdusikkunan
- Ponnahdusikkunassa tulee näkyä minkä tankin nestemäärä on vähissä ja antaa käyttäjälle vaihtoehto joko nollata koko ohjelma tai lisätä tankkiin itse nestettä ja jatkaa ohjelmaa pysäytetystä kohdasta.



