

SEAMK

Seinäjoen ammattikorkeakoulu
Seinäjoki University of Applied Sciences

Konsta Salmio

Logiikkaohjelmoinnin koulutuslaitteisto ja prosessimalliin liityntä

Opinnäytetyö

Kevät 2025

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Konsta Salmio

Työn nimi alaotsikoineen: Logiikkaohjelmoinnin koulutuslaitteisto ja prosessimalliin liityntä

Ohjaaja: Sami Rinta-Valkama

Vuosi: 2025

Sivumäärä: 29

Liitteiden lukumäärä: 1

Opinnäytetyö on tehty Teollisuuden Voima Oyj:lle, joka on ydinvoima-alan yhtiö ja vastaa kolmen ydinvoimalaitoksen käytöstä Eurajoen Olkiluodossa. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa monipuolinen Siemens S7-1500-logiikkaan pohjautuva koulutuslaitteisto, jota voidaan hyödyntää henkilöstön perehdyttämisessä. Lisäksi työssä selvitettiin, miten laitteisto voidaan liittää ABB:n valmistamaan OSLO-2-prosessimalliin.

Suunnitteluvaiheessa hyödynnettiin aiempien projektien dokumentaatiota, joissa OSLO-2-prosessimalli on ollut yhdistettynä aiemman sukupolven Siemensin S7-400-logiikkaan sekä ollut osa ABB:n Advant OCS-automaatiojärjestelmän ohjelmointikurssia.

Työn lopputuloksena syntyi kompakti siirreltävä koulutuslaitteisto, johon on mahdollista liittää OSLO-2-prosessimalli. Koulutuslaitteistolle laadittiin konfigurointiohje sekä esimerkkiohjelma, jonka avulla pystyy testaamaan ja varmistamaan mallin toimivuuden.

¹ Asiasanat: Automaatio, konfigurointi, logiikkaohjelmointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Automation Engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Konsta Salmio

Title of thesis: Training system for logic programming and connection to a process model

Supervisor: Sami Rinta-Valkama

Year: 2025

Number of pages: 29

Number of appendices: 1

The thesis was made for Teollisuuden Voima Oyj, which is a nuclear power company responsible for the operation of three nuclear power plants located in Olkiluoto, Eurajoki. The objective of the thesis was to design and build a versatile training system based on the Siemens S7-1500 logic, which could be used for employee training. Additionally, the thesis investigated how the system could be connected to the OSLO- 2 process model manufactured by ABB.

In the design phase of the thesis, documentation from previous projects was utilized where the process model had been connected. The process model had been a part of a programming course for ABB's Advant OCS automation and training system based on the Siemens S7-400 logic.

As the result of the thesis there was a compact, mobile training system to which the OSLO-2 could be connected. A configuration manual was made as well as an example program, which enabled the testing of the functionality of the system.

¹ Keywords: automation, configuration, logic programming

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tausta	7
1.2 Työn tavoite.....	7
1.3 Yritysesittely	7
2 LOGIIKAT JA KÄYTTÖLIITTYMÄT	9
2.1 Ohjelmitava logiikka	9
2.2 Profinet.....	10
2.3 Käyttöliittymä.....	10
3 KOMPONENTIT	11
3.1 S7-1500-laitteet.....	11
3.2 ET200.....	12
3.3 Ethernet-kytkin	13
3.4 HMI-paneeli.....	13
3.5 Virtalähde	13
3.6 Kotelointi	13
3.7 Prosessimalli OSLO-2	15
4 TIA-PORTAL-OHJELMISTO	19
5 LAITTEISTON ASENNUS	20
6 LAITTEISTON TESTAUS.....	24
7 KONFIGUROINTIOHJE	25
8 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	27

LIITTEET 29

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. HMI-paneeli (Siemens, i.a.-d).....	10
Kuva 2. Siemens SIMATIC S7-1500 1516–3 PN-DP -logiikka (Siemens, i.a.-c).....	11
Kuva 3. Suunniteltu asettelu.	14
Kuva 4. OSLO-2-Prosessimalli.	15
Kuva 5. Phoenix Contactin D-kaapeli (Phoenix Contact, i.a.).....	16
Kuva 6. Komponentit asennettuna asennuslevyyn ja sisäiset kytkennät tehtynä.....	22
Kuva 7. HMI-paneeli upotettuna koteloon.....	22
Kuva 8. Ulkoiset kytkennät kytketty.	23
Kuva 9. Esimerkkiprojektin HMI-näyttö.....	24
Taulukko 1. Prosessimallin digitaaliset lähtösignaalit.	17
Taulukko 2. Prosessimallin digitaaliset tulosignaalit.	17
Taulukko 3. Prosessimallin analogiset lähtösignaalit.	18
Taulukko 4. Prosessimallin analogiset tulosignaalit.	18
Taulukko 5. Johdotustaulukko liittimelle P1.	20
Taulukko 6. Johdotustaulukko liittimelle P2.	21

Käytetyt termit ja lyhenteet

HMI	Human Machine Interface. Käyttöliittymä, josta käyttäjä voi ohjata ja valvoa konetta tai prosessia.
CPU	Central Processing Unit, keskusyksikkö
PLC	Ohjelmoitava logiikka
I/O	Input/Output. Tulo ja lähtö
DQ	Digitaalinen ulostulo
DI	Digitaalinen sisääntulo
AQ	Analoginen ulostulo
AI	Analoginen sisääntulo
PID-säädin	Proportional-integral-derivative. Säätolaitte, jota käytetään automaatioissa pitämään prosessin arvo halutussa tilassa

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Työn toimeksiantajana toimii Teollisuuden voima Oyj (TVO). Yhtiön automaatio suunnittelun organisaatiossa on havaittu tarve nykyaikaiselle koulutuslaitteistolle, joka perustuu Siemens S7-1500-logiikkaan. Yhtiöltä löytyy ABB:n valmistama In Process Automation-prosessimalli, joka on ollut alun perin osa ABB:n Advant OCS-automaatiojärjestelmän peruskurssia. Myöhemmin prosessimallia on hyödynnetty koulutuslaitteistossa, joka perustuu Siemensin S7-400-logiikkaan.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on suunnitella ja rakentaa helposti siirrettävä logiikkaohjelmoinnin koulutuslaitteisto sekä selvittää sen liityntä ABB:n prosessimalliin. Valmis laitteisto mahdollistaa työntekijöiden perehdyttämisen HMI- ja PLC-ohjelmointiin Siemensin TIA-Portal-ohjelmistolla. Laitteiston avulla pystyttäisiin kehittämään koulutuksia, jotka perehdyttävät käyttäjiä laitoksen tyylioppaan mukaiseen HMI-ohjelmointiin sekä vaatimusmäärittelyn mukaiseen PLC-ohjelmointiin.

1.3 Yritysesittely

Teollisuuden Voima Oyj (TVO) on vuonna 1969 perustettu listaamaton julkinen osakeyhtiö (Teollisuuden voima, i.a.-a). Yhtiön pääasiallinen tavoite on tuottaa sähköä omistajilleen omakustannehintaan. Omakustanteinen sähkö tuotetaan Mankala-periaatteella, jossa yhtiön omistajat kattavat TVO:n toiminnan kustannukset ja saavat vastineeksi sähköä omistussuosituksensa mukaisesti. Näin omistajat voivat joko käyttää saamansa sähkön itse tai myydä sen eteenpäin markkinoille.

TVO-konserniin kuuluvat tytäryhtiöt TVO Nuclear Services Oy ja Posiva Oy (Teollisuuden voima, i.a.-b). TVO Nuclear Services Oy on täysin TVO:n omistama tytäryhtiö, joka tarjoaa ydinalan konsultointi- ja kehityspalveluita. Posiva Oy on TVO:n ja Fortumin omistama yhteisyritys, jossa TVO:lla on 60 prosentin omistusosuus. Posivan tehtävä on huolehtia

omistajiensa käytetyn ydinjätteen loppusijoittamisesta. TVO:n suurimmat omistajat ovat Pohjolan Voima Oyj 58,5 % omistusosuudella ja Fortum Power and Heat Oy 25,8 % omistusosuudella.

Teollisuuden Voimalla on kolme ydinvoimalaitosta, joka sijaitsevat Eurajoen Olkiluodossa (Teollisuuden Voima, i.a.-c). Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 ovat tyypiltään kiehutusvesireaktoreita. Ensimmäinen laitos aloitti sähköntuotannon 1978 ja toinen laitos liittyi verkkoon 1980. Laitoksien tuottamaa sähkötehoa oli alun perin 660 MW, mutta lukuisten tehonnostojen jälkeen laitoksien sähköntuotanto on nykyisin 890 MW. Laitoksille selvitetään parhailaan käyttöiän jatkamista vuoteen 2048 tai 2058 ja mahdollisuuksia 80 MW:n tehonkorotukseen. Olkiluoto 3 on tyypiltään painevesireaktorilaitos, jonka nettosähköteho on n. 1600 MW (Teollisuuden Voima, i.a.-d). Olkiluoto 3 sai rakennusluvan 2005, mutta aloitti sähköntuotannon vuonna 2023. Nykyään laitokset tuottavat noin 30 prosenttia Suomessa tuotetusta sähköstä.

2 LOGIikat JA KÄYTTÖLIITTYMÄT

2.1 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitava logiikka (PLC) on pieni tietokone, jota käytetään reaaliaikaisten automaatio-prosessien ohjaukseen (Keinänen ym., 2007, s. 212). Yksi logiikka voi korvata suuret määrät releitä ja ajastimia. Ohjelmoitavien logiikoiden käyttöönotto on yksinkertaistanut järjestelmään tehtävien muutoksien tekemistä, sillä fyysisen uudelleen johdottamisen sijaan järjestelmään muutokset voidaan toteuttaa ohjelmistopäivityksellä. Logiikassa on tulo- ja lähtökanavat, joihin kentällä olevat anturit ja ohjauslaitteet kytketään. Logiikka ohjaa laitteita asennetun ohjelman ja tulevien sensoritietojen mukaisesti.

Logiikkaan kytketään kenttälaitteet sen tulo- ja lähtöliitäntöihin (Keinänen ym., 2007, s. 223). Tuloihin kytketään järjestelmän tilaa monitoroivat anturit ja lähestymiskytkimet, kun taas lähtöihin kytketään prosessia ohjaavat laitteet, kuten moottorit ja venttiilit, joita ohjataan ohjelman perusteella. PLC suorittaa ohjelmaa syklisesti: ensin se lukee tulojen ja lähtöjen tilat ja tallentaa ne muistiin, minkä jälkeen se käy ohjelman läpi riviltä riville ja suorittaa toiminnot ohjelmaan määritellyssä järjestyksessä. Toiminnot aktivoituvat vasta kun koko ohjelmakierros on käyty läpi.

Logiikat voidaan luokitella kahteen pääryhmään sen perusteella, onko niissä kiinteä määrä tulo- ja lähtöliitäntöjä eli I/O-liitäntöjä vai koostuvatko ne erilaisista, tarpeen mukaan yhdisteltävistä moduuleista (Keinänen ym., 2007, s. 222). Yksittäisten laitteiden ohjauksessa käytetään yleensä kiinteällä I/O-määrällä varustettuja logiikoita. Modulaariset logiikkajärjestelmät sopeutuvat laajempien kokonaisuuksien ohjaamiseen, sillä ne ovat käyttäjän konfiguroitavissa tarpeen mukaisesti.

Logiikalle tehtävä ohjelma tehdään ohjelmointilaitteella (Keinänen ym., 2007, s. 226). Ohjelmointilaitte on nykyisin tietokoneella käytettävä ohjelmisto, jolla on mahdollista testata ohjelman toimivuutta ja suorittaa vianhakua. Logiikoilla on erilaisia muistityyppejä tiedon tallentamiseen. CMOS-RAM-muisti on puolijohteisiin perustuva muistityyppi, johon voidaan tallentaa ja lukea tietoa milloin tahansa. RAM-muisti on muistia, jota käytetään tilapäisen

tiedon tallentamiseen, mutta sen sisältö katoaa, kun virransyöttö katkeaa. EEPROM on pysyvää muistia, johon voi kirjoittaa ja lukea ja sen tiedot säilyvät ilman virtaa.

2.2 Profinet

Profinet on teollisuusautomaation avoin Ethernet-pohjainen tiedonsiirtostandardi, jonka on kehittänyt Profibus & Profinet International (PROFIBUS & PROFINET International, 2014, s. 1). Standardin avulla eri valmistajien laitteet voivat vaihtaa tietoa luotettavasti ja reaaliaikaisesti. Profinet standardi tukee perinteisen TCP/IP-protokollan lisäksi reaaliaikaista ja syklistä kommunikaatiota, jonka ansiosta tiedonsiirron vasteajat pysyvät pieninä. Profinet on määritelty kansainvälisissä IEC 61158- ja IEC 61784 -standardeissa, jotka käsittelevät kenttäväyläprotokollia.

2.3 Käyttöliittymä

HMI eli Human-Machine Interface tarkoittaa ihmisen ja koneen välistä käyttöliittymää (Inductive automation, 2018). Termiä voidaan käyttää teknisesti kuvailemaan mitä tahansa ohjauspaneelia, jonka avulla käyttäjä voi olla vuorovaikutuksessa laitteen kanssa. Yleisimmin termi tarkoittaa teollisessa ympäristössä kosketusnäytöllistä HMI-paneelia (kuva 1). Paneelin tehtävänä on esittää prosessin tilatietoja visuaalisessa muodossa sekä mahdollistaa prosessiin ohjaamisen ja valvonnan.



Kuva 1. HMI-paneeli (Siemens, i.a.-d).

3 KOMPONENTIT

Koulutuslaitteiston laitteet oli valittu ennen tämän opinnäytetyön aloittamista. Laitteistoon valittujen komponenttien tavoite on muodostaa monipuolinen koulutuslaitteisto. Opinnäytetyön tehtävänä oli tutustua komponentteihin ja muodostaa komponenteista toimiva kokoonpano sekä koota laitteisto kompaktiin koteloon.

3.1 S7-1500-laitteet

Laitteiston keskusyksiköksi oli valittu 1516–3 PN-DP -logiikka, joka kuuluu S7-1500-tuoteperheeseen. Logiikalla on työmuistia 2 megatavua ohjelmalle ja 7,5 megatavua datalle. Logiikkaan on integroitu Profinet- ja Profibus-rajapinnat. Etupaneelissa on näyttö, joka näyttää reaaliaikaista diagnostiikkatietoa, kuten mahdollisia virhetietoja ja yhdistettyjen moduulien diagnostiikkaa. Logiikassa ei ole sisäänrakennettuja tuloja tai lähtöjä, vaan logiikkaan on mahdollista liittää käyttötarpeen mukaan enintään 31 tulo- tai lähtömoduulia. Kuvassa 2 on esitettynä työssä käytetty keskusyksikkö.



Kuva 2. Siemens SIMATIC S7-1500 1516–3 PN-DP -logiikka (Siemens, i.a.-c).

CPU:n yhteyteen asennetut tulo- ja lähtömoduulit ovat:

- S7-1500, DQ 8x24V DC/2A HF. Digitaalinen ulostulomoduuli, jossa liityntämahdollisuus kahdeksalle 24 V DC -ulostulolle
- S7-1500, DI 16x24V DC HF. Digitaalinen sisääntulomoduuli, jossa liityntämahdollisuus kuudelletoista 24 V DC -sisääntulolle
- S7-1500 AI 8xU/I/RTD/TC ST. Analoginen sisääntulomoduuli, jossa liityntämahdollisuus kahdeksalle virta- tai jännitesisääntulolle tai neljälle vastuslämpötila-anturille

Tulo- ja lähtömoduulien kommunikaatio toteutetaan Siemensin TOP-Connect-järjestelmällä. Siemensin TOP-Connect-järjestelmä toimii siten, että logiikan tulo- ja lähtömoduuleihin asennetaan etuliitäntämoduulit, jotka yhdistetään terminaalimoduuleihin yhdyskaapeilla (Siemens i.a.-f). Terminaalimoduulien avulla signaalien kytkentä on selkeämpää, mutta vaatii enemmän tilaa.

3.2 ET200

Simatic ET200 on Siemensin kehittämä hajautettu I/O-ratkaisu (Siemens i.a.-e). Hajautettu I/O-järjestelmä mahdollistaa lähtö- ja tulopiirien siirtämisen lähelle kenttälaitteita. Läheisen sijainnin vuoksi kenttälaitteiden kaapelointietäisyydet pysyvät mahdollisimman lyhyinä. ET200-sarjasta on saatavilla useita eri malleja, jotka soveltuvat erilaisiin käyttökohteisiin ja vaatimustasoihin.

Laitteistoon valittiin Simatic ET200SP, joka on kompakti ohjauskaappikäyttöön suunniteltu malli (Siemens i.a.-e). Kommunikaatiomoduliksi valittiin Simatic ET200SP IM 155-6PN BA, jossa on kaksi RJ45-liitäntää Profinet-yhteyksiä varten. Malliin on mahdollista liittää 12 I/O-moduulia.

Kokoonpanoon valitut I/O-moduulit ovat:

- ET 200SP, DQ 4x 24VDC/2A ST. Digitaalinen ulostulomoduuli, jossa liityntämahdollisuus neljälle 24 V DC -ulostulolle
- ET 200SP, DI 8x 24V DC ST. Digitaalinen sisääntulomoduuli, jossa liityntämahdollisuus kahdeksalle 24 V DC -sisääntulolle

- ET 200SP, AQ 4XU/I ST. Analoginen ulostulomoduuli, jossa liityntämahdollisuus neljälle jännite- tai virtaulostulolle
- ET 200SP, AI 4xRTD/TC HF. Analoginen sisääntulomoduuli, jossa liityntämahdollisuus neljälle vastuslämpötila-anturille

3.3 Ethernet-kytkin

Scalance XC208 on Siemensin valmistama hallinnoimaton teollisuuskytkin, joka kuuluu Scalance X -sarjaan (Siemens i.a. -h). Kytkimessä on kahdeksan RJ45-porttia ja sen käyttölämpötila-alue on $-40\text{ °C} - +70\text{ °C}$. Kytkimen avulla laitteistoon on mahdollista kytkeä laitteita, jotka eivät tue rengasverkkorakennetta. Rengasverkko tarkoittaa topologiaa, jossa laitteet yhdistetään peräkkäin siten, että niistä muodostuu suljettu ympyrä (Siemens i.a.-i). Tämä verkkotyyppi lisää vikasietoisuutta, sillä liikenne voi kulkea verkossa kahteen suuntaan. Jos yksi yhteys katkaa data voi kiertää toista reittiä pitkin.

3.4 HMI-paneeli

Laitteiston HMI-paneeliksi valittiin Siemensin SIMATIC HMI TP1200 Comfort, joka on 12 tuumainen kosketusnäytöllinen käyttöliittymäpaneeli. Paneelin resoluutio on 1280 x 800 ja se tukee Profibus- ja Profinet-rajapintoja.

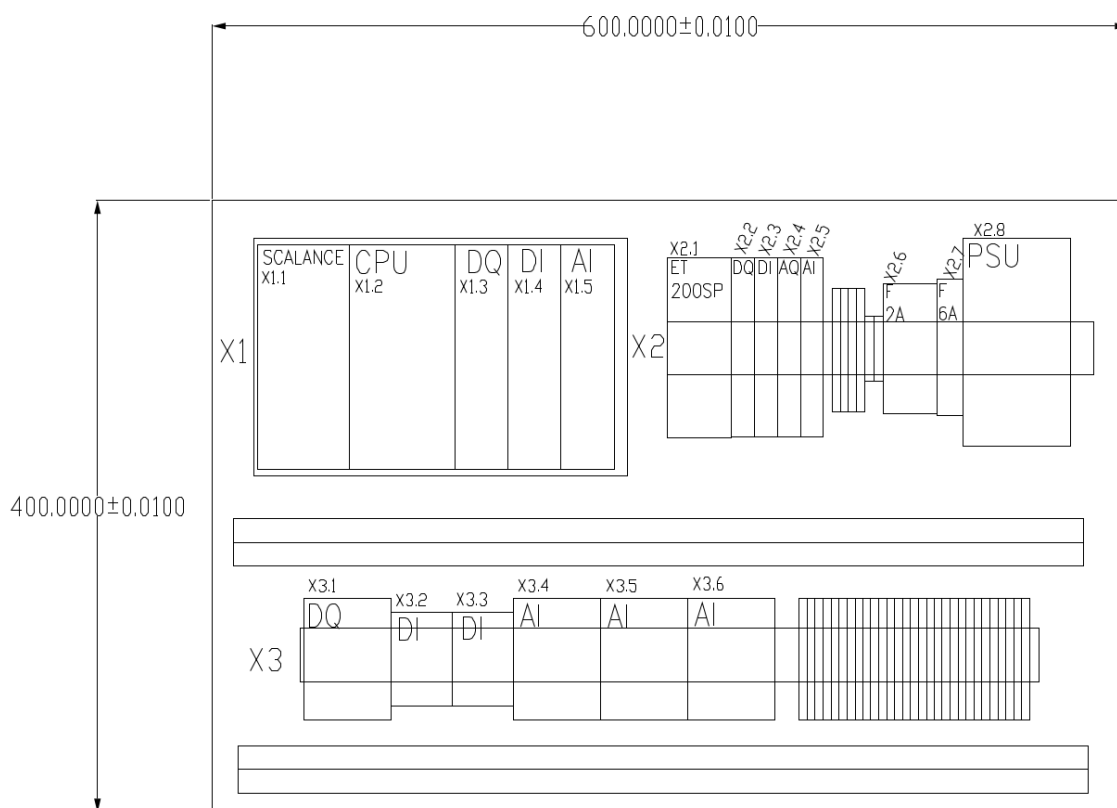
3.5 Virtalähde

Virtalähteeksi valittiin Siemensin kompakti SITOP PSU4200. Virtalähteen syöttöjännite on 1 vaiheinen, joten laite on helppo kytkeä suoraan esimerkiksi toimistotilasta löytyvään pistorasiaan. Virtalähde muuntaa verkkovirran 24 V:n tasajännitteeksi, joka sopii ratkaisun kaikille komponenteille. Virtalähteen maksimiteho on 240 W.

3.6 Kotelointi

Laitteiston koteloinnin valinnassa on kannattavaa suunnitella kokoonpanon ns. naamakuva, jonka avulla pystyy määrittelemään koteloinnin tilavaatimukset. Jotta ratkaisu pysyisi helposti siirrettävänä, asettelun tulee olla mahdollisimman tiivis. Naamakuva suunniteltiin

AutoCAD-ohjelmalla, joka on tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto. Suunnittelun perusteella selvisi, että kotelon vähimmäismitat ovat 400 mm korkea ja 600 mm leveä (kuva 3). Lisäksi kotelon tulee olla tarpeeksi syvä, jotta kotelon kanteen upotettava käyttöpaneeli ei osu sisälle asennettuihin komponentteihin.

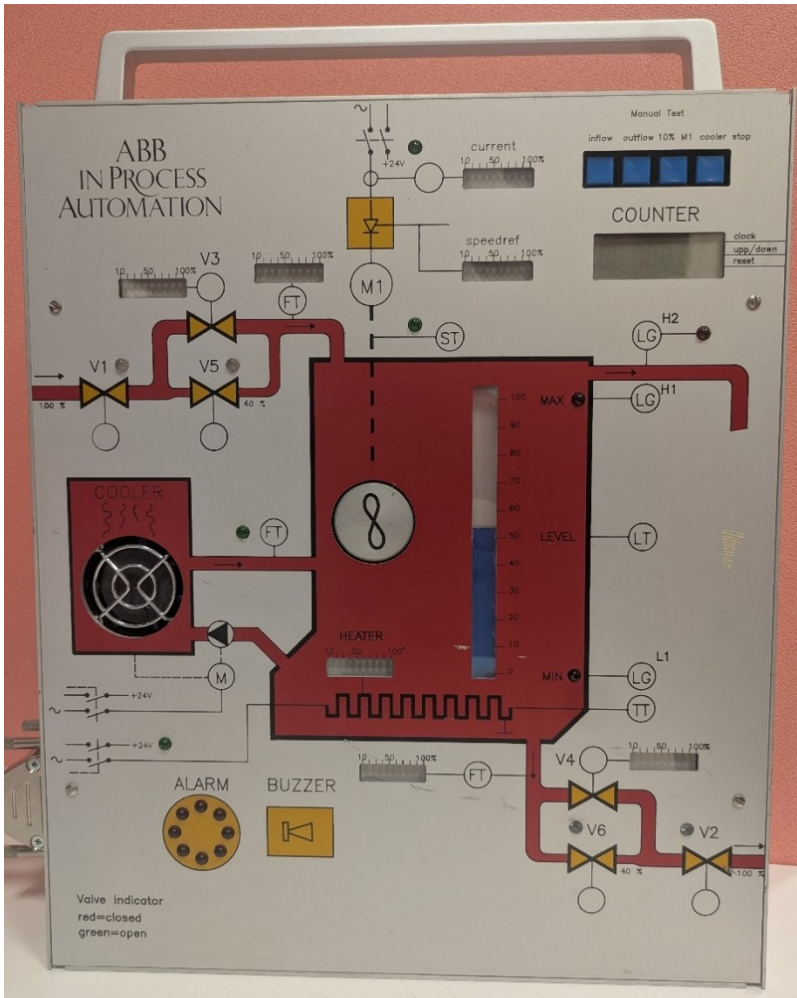


Kuva 3. Suunniteltu asettelu.

Koteloksi valikoitui Fiboxin CAB PC 8113070-asennuskotelo. Kotelo on mitoiltaan 600 mm leveä, 400 mm korkea ja 220 mm syvä, joka on juuri sopiva arvioituihin mittoihin. Jotta laitteisto pysyisi helposti siirrettävänä, kotelon valmistusmateriaaliksi valittiin muovi. Logiikan tilan seuraamiseksi kotelon ovi on läpinäkyvä.

3.7 Prosessimalli OSLO-2

Laitteistoon toivottiin mahdollisuutta liittää ABB:n rakentama prosessimalli OSLO-2 (kuva 4). Prosessimalli sisältää erilaisia ohjaustoimintoja ja indikoiteja, joita ohjattaisiin ohjelmoitavan logiikan avulla.



Kuva 4. OSLO-2-Prosessimalli.

Malli tarjoaa alustan prosessitekniikan ja automaation perusteiden harjoitteluun. Laitteisto sisältää monipuolisen kattauksen erilaisia ohjauksia, kuten analogisesti ohjattuja säätöventtiileitä, digitaalisesti ohjattuja venttiileitä, lämmitys- ja jäähdytys-elementit sekä sekoittimen, jonka nopeutta voi säätää. Prosessin seurantaan mallissa on pinnankorkeudenmittaus, sisään- ja ulosvirtauksen mittaus sekä indikoinnit säiliön tason alarajalle, ylärajalle ja ylivuodolle.

Prosessimallin I/O-liitännät on toteutettu uros- ja naaras-D-liittimillä. D-liitin on elektroniikkaliitin, joka saa nimensä liittimen D-kirjaimen muodosta (Goetzman, 2023). D-liittimiä on saatavilla useilla eri napamäärillä, kuten D9, D15 ja D25. Laitteistoon tilattiin Phoenix Contactin valmistamat uros- ja naaras-D25-kaapelit (kuva 5), joiden toisessa päässä on yksittäiset merkityt johtimet, jotka kytketään logiikan tulo- ja lähtömoduuleihin.



Kuva 5. Phoenix Contactin D-kaapeli (Phoenix Contact, i.a.).

Prosessimallin tuloja ja lähtöjä oli selvitetty aiemmissa projekteissa. Näiden dokumenttien avulla oli mahdollista listata kaikki prosessimallin tulot sekä lähdöt ja suunnitella miten ne kytketään logiikan tulo- ja lähtökortteihin. Mallin kaikki analogiset signaalit toimivat 0–10 voltin jännitealueella. Taulukoissa 1, 2, 3 ja 4 on listattuna prosessimallin tulot sekä lähdöt ja niiden kytkentä logiikalla ja hajautetulla I/O:lla

Taulukko 1. Prosessimallin digitaaliset lähtösignaalit.

Signaali	D25-liitin no.	Logiikan kytkentä
Laskuri pulssi	P1.2	1500 DQ 0
Laskuri suunta	P1.3	1500 DQ 1
Laskuri reset	P1.4	1500 DQ 2
Lämmittimen ohjaus	P1.16	1500 DQ 3
Jäähdyttimen ohjaus	P1.17	1500 DQ 4
Sekoittajan ohjaus	P1.23	1500 DQ 5
Sekoittajan säädön valinta	P1.24	1500 DQ 6
V1 ohjaus	P2.14	1500 DQ 7
V5 ohjaus	P2.16	ET200 DQ 0
V2 ohjaus	P2.19	ET200 DQ 1
V6 ohjaus	P2.21	ET200 DQ 2

Taulukko 2. Prosessimallin digitaaliset tulosignaalit.

Signaali	D25-liitin no.	Logiikan kytkentä
Jäähdytin indikointi	P1.1	1500 DI 0
Sekoittajan indikointi	P1.10	1500 DI 1
Sekoittajan Start indikointi	P1.11	1500 DI 2
Sekoittaja pulssi	P1.12	1500 DI 3
Lämmittimen indikointi	P1.14	1500 DI 4
Jäähdytin virtausindikointi	P1.15	1500 DI 5
V1 auki indikointi	P2.4	1500 DI 6
V5 kiinni indikointi	P2.5	1500 DI 7
V2 auki indikointi	P2.9	1500 DI 8
V6 kiinni indikointi	P2.10	1500 DI 9
Säiliön L1	P2.11	1500 DI 10
V1 kiinni indikointi	P2.17	1500 DI 11
V5 auki indikointi	P2.18	1500 DI 12
V2 kiinni indikointi	P2.22	ET200 DI 0
V6 auki indikointi	P2.23	ET200 DI 1
Säiliön H2	P2.24	ET200 DI 2
Säiliön H1	P2.25	ET200 DI 3

Taulukko 3. Prosessimallin analogiset lähtösignaalit.

Signaali	D25-liitin no.	Logiikan kytkentä
Sekoittajan nopeus	P1.13	ET200 AQ 0
Summeri	P1.22	ET200 AQ 1
V3 säätö	P2.15	ET200 AQ 2
V4 säätö	P2.20	ET200 AQ 3

Taulukko 4. Prosessimallin analogiset tulosignaalit.

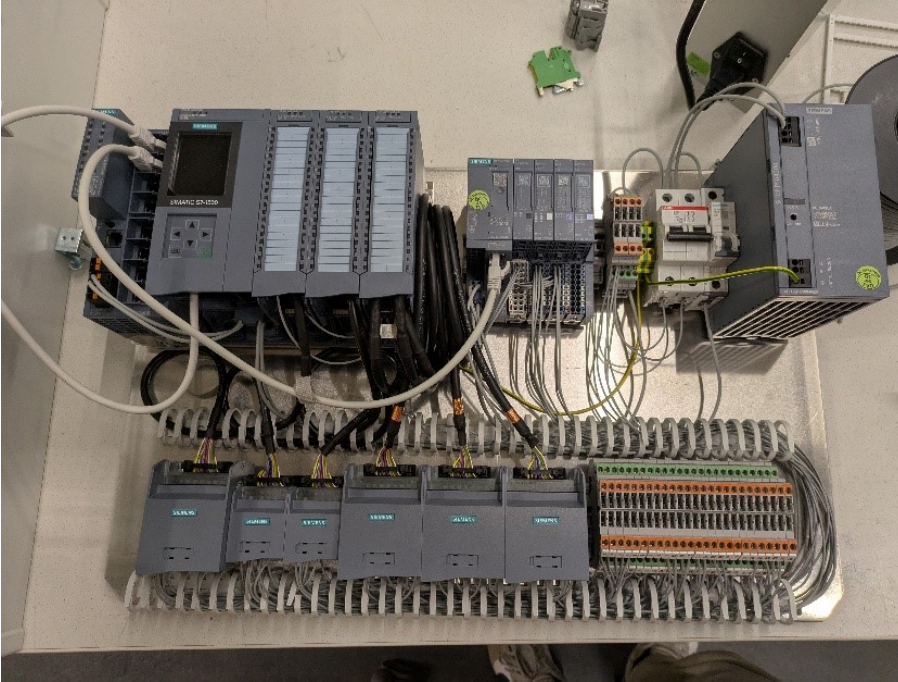
Signaali	D25-liitin no.	Logiikan kytkentä
Säiliön lämpötila	P1.5	1500 AI 0
Sisäänvirtaus	P2.2	1500 AI 2
Ulosvirtaus	P2.7	1500 AI 3
Säiliön taso	P2.12	1500 AI 4

4 TIA-PORTAL-OHJELMISTO

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) on Siemensin kehittämä ohjelmointiympäristö teollisuuden automaatiojärjestelmien suunnitteluun, ohjelmointiin, valvontaan ja ylläpitoon (Siemens, i.a.-a). Ohjelmisto tarjoaa yhtenäisen käyttöliittymän, joka kattaa automaatiojärjestelmän elinkaaren hallinnan suunnittelusta käyttöönottoon ja vianetsintään asti. Ohjelmointiympäristöön on integroitu useita toiminnallisuuksia kuten SIMATIC STEP 7, SINAMICS Startdrive ja SIMATIC WinCC.

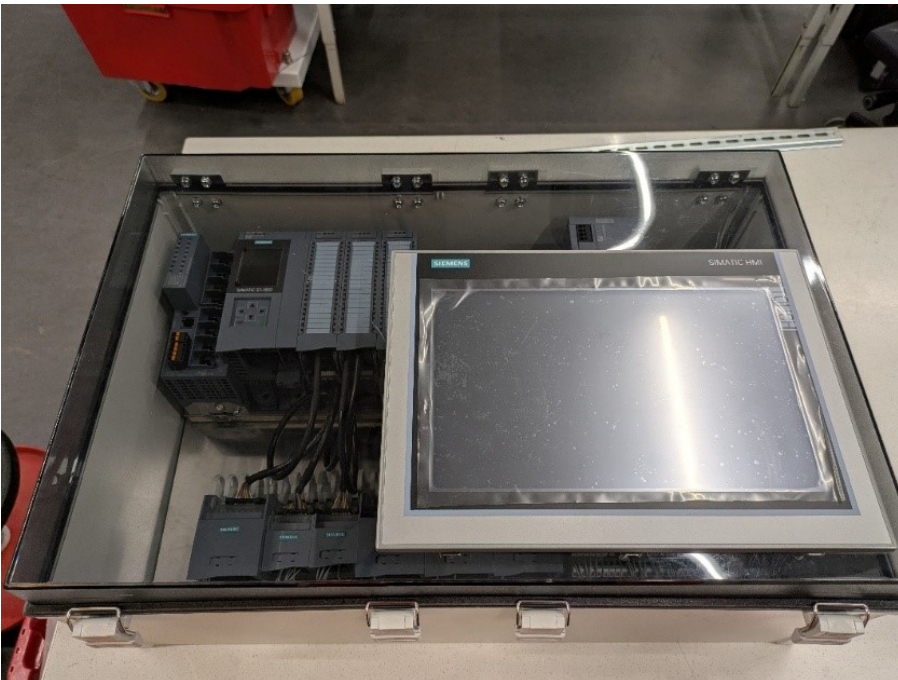
STEP 7 on suunnittelutyökalu Siemensin S7-sarjan logiikkaohjaimien ohjelmointiin, konfigurointiin ja diagnostiikkaan (Siemens, i.a.-b). Työkalu tukee useita ohjelmointikieliä, kuten Ladder Diagram, Function Block Diagram, Statement List ja Structured Control Language. Startdrive mahdollistaa Siemensin SINAMICS-taajuusmuuttajien konfiguroinnin käyttöönoton ja valvonnan TIA-Portal-ympäristössä (Siemens, i.a.-g). WinCC on HMI-käyttöliittymien suunnitteluohjelmisto, jonka avulla pystyy luomaan sovelluksia yksinkertaisimmista kosketusnäyttöpaneeleista monikäyttäjäjärjestelmiin (Siemens, i.a.-a).

Siemensin (i.a.-a) mukaan TIA-Portal ei ole pelkästään ohjelmointiympäristö, vaan se on joustava ja tehokas kokonaisratkaisu. Ohjelmistossa on mahdollista simuloida PLC- ja HMI-ohjelmaa samanaikaisesti, mikä mahdollistaa järjestelmän toimivuuden tarkistamisen jo suunnitteluvaiheessa. Simulointiominaisuus vähentää virheiden määrää ja nopeuttaa käyttöönottoa.



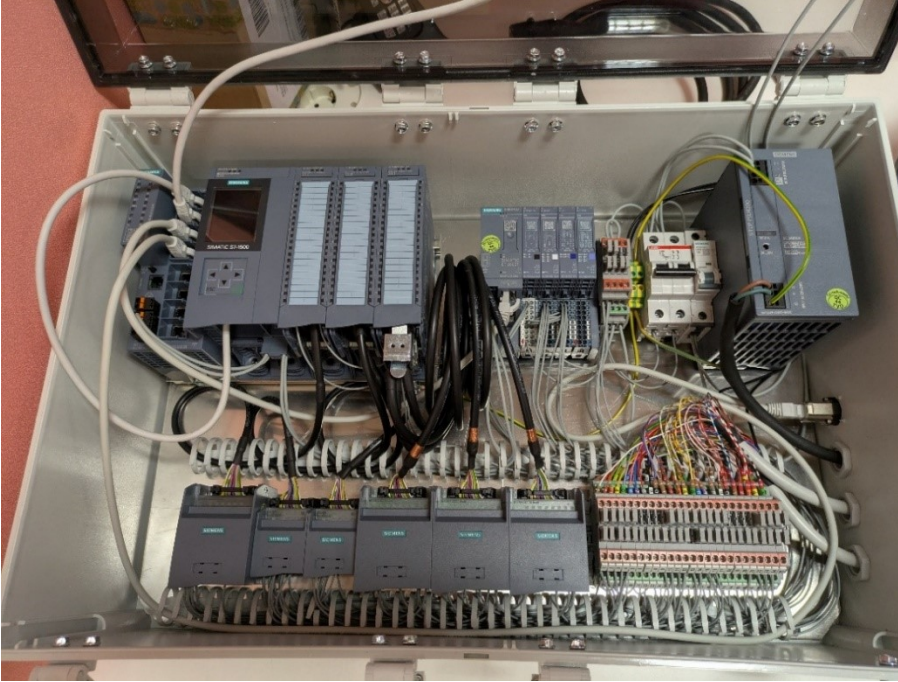
Kuva 6. Komponentit asennettuna asennuslevyyn ja sisäiset kytkennät tehtynä.

Toimeksiantaja olisi alkuperäisen suunnitelman mukaan halunnut asentaa HMI-paneelin erilleen logiikan koteloinnista, mutta laitteiston kuljetuksen ja helppokäyttöisyyden vuoksi paneeli upotettiin kotelon oveen (kuva 7).



Kuva 7. HMI-paneeli upotettuna koteloon.

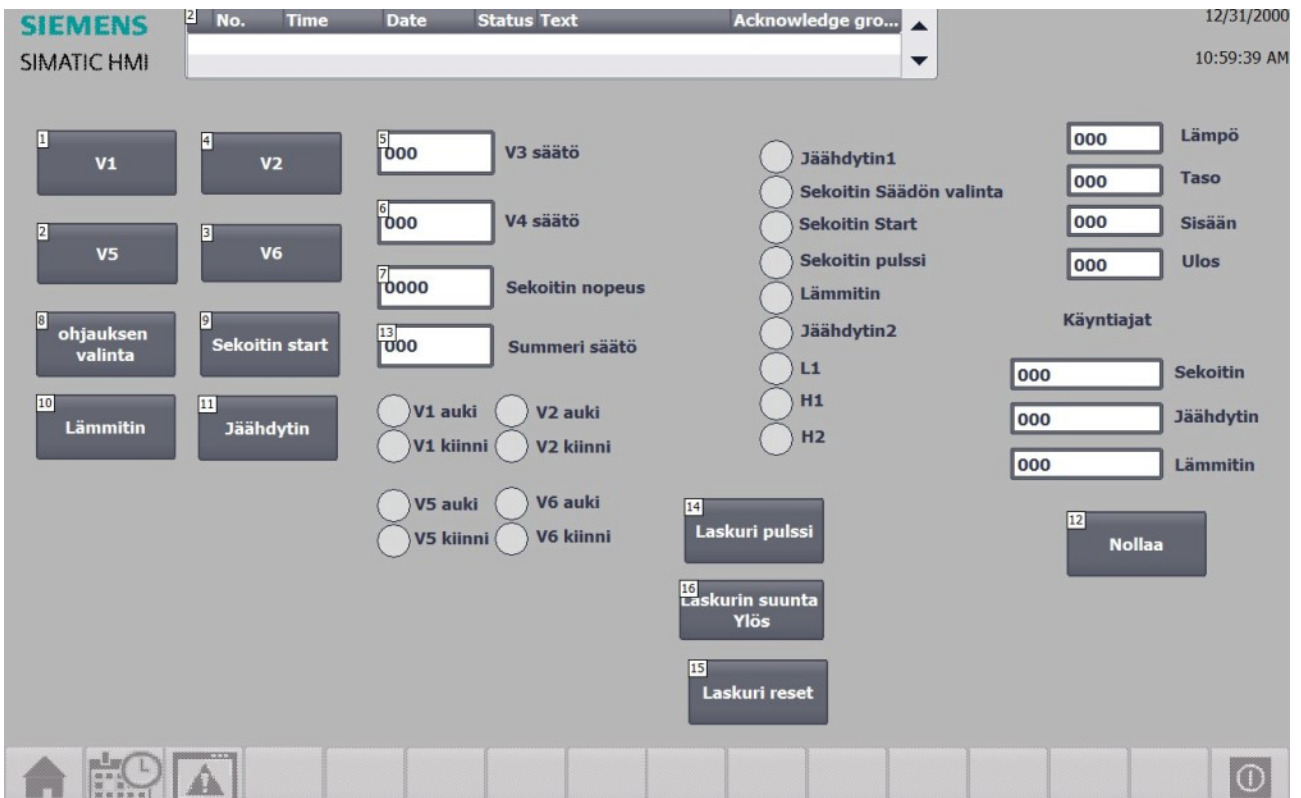
Seuraavaksi asennuslevy kiinnitettiin kotelon sisälle, jonka jälkeen tehtiin ulkoisten signaalien ja virranjakelun kytkentä (kuva 8). TOP-Connect-järjestelmän analogisien terminaali-moduulien yhdyskaapelit ovat suojattuja kaapeleita. Siemensin myymien suojattujen kaapelien lyhin pituus on 1 m, joka on tähän ratkaisuun tarpeettoman pitkä.



Kuva 8. Ulkoiset kytkennät kytketty.

6 LAITTEISTON TESTAUS

Laitteiston asennuksen valmistuttua testattiin prosessimallin toimivuus, koska simulaattoria ei ollut käytetty vuosiin. Samalla tulee varmistettua kaikkien signaalien kytkentöjen oikeellisuus. Logiikalle luotiin esimerkkiprojekti, joka esittää prosessimallin kaikki indikoinnit ja ohjaukset HMI-paneelissa (kuva 9).



Kuva 9. Esimerkkiprojektin HMI-näyttö.

Prosessimallista löytyi internetistä kurssiaineistoa, jonka mukaan analogiset lähtösignaalit olisivat olleet 0–20 mA:n signaalialueella. Testauksen myötä selvisi, että signaalit olivatkin 0–10 voltin signaalialueella. Prosessimallin analogisista tulosignaaleista toiminnallisia olivat kaikki paitsi moottorin virransyöttömittaus. Ohjelmointilaitteelta puuttui WinCC-lisenssi, mutta laitteiston komponenttien tilaaja oli tilannut myös lisenssin, joka asennettiin ohjelmointilaitteeseen. Lisenssi on Engineering-lisenssi, joten se on sidottu ohjelmointilaitteeseen.

7 KONFIGUROINTIOHJE

Yhtenä työn osana laadittiin laitteiston käyttöohje, joka käsittelee laitteiston kokoonpanoa sekä perusohjeet laitteistoon liittymisestä. Ohje kattaa ohjelmointilaitteella suoritettavan TIA-Portal-ohjelmiston projektin konfiguroinnin ja perusominaisuuksien ohjeet PLC- ja HMI-ohjelmointiin. Ohjeen avulla kokemattomampikin käyttäjä pystyy ohjelmoimaan yksinkertaisia ohjelmia.

Seuraavaksi esitellään ohjeen otsikot ja niiden keskeiset sisällöt:

- Laitteisto
 - Luvussa esitellään laitteiston sisältämät komponentit sekä prosessimallin tulot ja lähdöt.
- Laitteiston käynnistys ja sammutus
 - Luvussa opastetaan, miten laitteisto käynnistetään ja sammutetaan turvallisesti.
- Laitteiston konfigurointi
 - Luvussa kerrotaan ensimmäisenä ohjelmointilaitteen IP-osoitteen asettaminen, jotta yhteyden luominen logiikalle onnistuu. Seuraavaksi alkaa projektin konfigurointi, jossa projektiin lisätään laitteiston konfiguraatio ja määritetään laitteiden IP-osoitteet sekä signaalien tyypit.
- Projektin lataaminen logiikalle
 - Luku sisältää vaiheittaiset ohjeet, miten ohjelmointilaitte kytetään laitteistoon ja miten projektin pystyy lataamaan logiikalle sekä HMI:lle.
- PLC- ja HMI-ohjelmointi
 - I/O-muuttujalistan tuominen projektiin
 - Muuttujien vieminen HMI:lle
 - Uuden ohjelmalohkon luominen
 - Digitaalisten lähtöjen ohjaaminen
 - Analogisten tulosignaalien konvertointi
 - Analogisen PID-säätimen ohjelmointi
 - HMI-paneelin käyttöliittymäelementtien ohjelmointi
 - HMI-paneelin näyttönäkymien luominen
 - HMI-hälytysten määrittäminen

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa Siemens S7-1500-pohjainen koulutuslaitteisto, jossa olisi liityntämahdollisuus ABB:n OSLO-2-prosessimalliin. Lisäksi laitteistolle laadittiin konfigurointiohje, jonka avulla uudet käyttäjät saavat laitteiston toimimaan.

Työn alussa perehdyttiin laitteistoon tilattujen komponenttien toimintaan ja suunniteltiin niiden kotelointiratkaisu. Tämän jälkeen selvitettiin prosessimallin tulo- ja lähtösignaalit ja miten ne kytketään logiikalle. Kaikkia prosessimallin signaaleita ei kytketty laitteistoon, sillä käytettävissä olevien I/O-kanavien määrä ei riittänyt kaikkien signaalien kytkemiseen.

Suunnitteluosuuden valmistuttua siirryttiin laitteiston kokoamiseen, joka suoritettiin kunnossapidon asentajien avustuksella. Laitteiston valmistuttua tarkastettiin kaikkien komponenttien ja signaalien toimivuus. Testauksen sivutuotteena syntyi testiohjelma, jonka avulla voidaan tarkastaa prosessimallin toimivuus. Lopuksi kirjoitettiin konfigurointiohje, joka opastaa laitteiston ja TIA-Portal-ohjelmiston käyttöä. Lopputuloksena syntyi käyttövalmis kompakti koulutuslaitteisto, joka antaa pohjan perehdytyskoulutuksen kehittämiseen.

Opinnäytetyön alkuvaiheessa tavoitteena oli myös laitoksen tyylioppaan mukaisen HMI- ja PLC-ohjelmointiin perustuvien ohjelmointiharjoitteiden suunnittelu. Työn edetessä tavoitetta rajattiin, sillä laitteistoon hankittujen komponenttien tutustumiseen ja laitteiston koamiseen kului enemmän aikaa kuin alun perin arvioitiin.

Opinnäytetyön tekeminen laajensi ymmärrystä Siemensin komponenttien toiminnasta ja logiikan signaalien kytkennästä. Analogisten signaalien kytkemisestä ei ollut aiempaa kokemusta. TIA-Portal-ohjelmistoa oli käytetty koulussa, mutta siitä oli kulunut aikaa. Ohjelmiston käyttöä kerrattiin hyödyntäen Siemensin verkkosivuilla löytyviä ohjeita sekä videoita.

LÄHTEET

- Goetzman, A. (2023). *What is a D-sub Connector?* Connector Supplier. Haettu 5.5.2025, <https://connectorsupplier.com/meet-the-connector-d-sub-connectors/>
- Inductive automation. (10.8.2018). *HMI: Human-Machine Interface*. Haettu 1.4.2025, <https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi>
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M., & Sumujärvi, M. (2007). *Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat*. Sanoma Pro.
- Phoenix Contact. (i.a.). *CABLE-D-25SUB/F/OE/0,25/S/2,0M - Cable - 2926182*. <https://www.phoenixcontact.com/en-pc/products/cable-cable-d-25sub-f-oe-025-s-20m-2926182>
- Profibus & Profinet International. (2014). *PROFINET System Description Technology and Application*. Haettu 1.4.2025, https://us.profinet.com/wp-content/uploads/2012/11/PROFINET_SystemDescription_ENG_2014_web.pdf
- Siemens. (i.a.-a). *Totally Integrated Automation Portal*. Haettu 16.1.2025, <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>
- Siemens. (i.a.-b). *PLC programming with SIMATIC STEP 7 (TIA Portal)*. Haettu 16.1.2025, <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal/software/step7-tia-portal.html>
- Siemens. (i.a.-c). *Product Details – Industry mall – Siemens WW*. Haettu 16.1.2025, <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7516-3AP03-0AB0>
- Siemens. (i.a.-d). *Product Details - Industry Mall - Siemens USA*. Haettu 4.4.2025, <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/us/Catalog/Product/6AV21240MC010AX0>
- Siemens. (i.a.-e). *Hajautettu I/O – Siemens FI*. Haettu 18.4.2025, <https://www.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/simatic-automaatiojarjestelmat/hajautetut-io-jarjestelmat.html>
- Siemens. (i.a.-f). *SIMATIC TOP connect system cabling - Siemens Global*. Haettu 25.4.2025, <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/system-cabling-simatic-top-connect.html>
- Siemens. (i.a.-g). *SINAMICS Startdrive Commissioning Software - Siemens Global*. Haettu 25.4.2025, <https://www.siemens.com/global/en/products/drives/selection-and-engineering-tools/sinamics-startdrive-commissioning-software.html>

Siemens. (i.a.-h). *Industrial Ethernet Switches SCALANCE X | Siemens - Siemens Global*. Haettu 5.5.2025, <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/industrial-ethernet/industrial-ethernet-switches-scalance-x.html>

Siemens. (i.a.-i). *Configuring bumpless redundancy with 'MRPD' - ID: 109744035 - Industry Support Siemens*. Haettu 5.5.2025, <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109744035/configuring-bumpless-redundancy-with-'mrpd'?dti=0&lc=en-FI>

Teollisuuden Voima. (i.a.-a). *Yhtiö*. Haettu 17.1.2025, <https://www.tvo.fi/yhtio.html>

Teollisuuden Voima. (i.a.-b). *TVO-konserni*. Haettu 17.1.2025, <https://www.tvo.fi/yhtio/hallintojajohtaminen/tvo-konserni.html>

Teollisuuden Voima. (i.a.-c). *OL1 ja OL2*. Haettu 17.1.2025, <https://www.tvo.fi/tuotanto/laitosyksikot/ol1jaol2.html>

Teollisuuden Voima. (i.a.-d). *OL3*. Haettu 17.1.2025, <https://www.tvo.fi/tuotanto/laitosyksikot/ol3.html>

LIITTEET

Liite 1. Osaluettelo

