

Siemens S7-300 -prosessiautomaation ajoympäristö

Anssi Kalliosalo

Teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisala
Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Insinööri (AMK)

KEMI 2014

ALKUSANAT

Haluan kiittää Lapin ammattikorkeakoulua sen tarjoamasta hyvästä ja mielenkiintoisesta aiheesta opinnäytetyölleni. Suuret kiitokset opinnäytetyön ohjaajalle DI Matti Paasolle kaikista neuvoista sekä tuesta. Kiitokset myös sähkökorjaamon insinööri Jouko Alanivalle sekä insinööri Juha-Matti Kvistille kaikesta avusta. Haluan myös kiittää perheenjäseniäni tuesta ja ymmärryksestä opintojeni aikana.

Torniossa 28.4.2014

Anssi Kalliosalo

TIIVISTELMÄ

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisala

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä(t):	Anssi Kalliosalo
Opinnäytetyön nimi:	Siemens S7-300 -prosessiautomaation ajoympäristö
Sivuja (joista liitesivuja):	62 (14)
Päiväys:	28.4.2014
Opinnäytetyön ohjaaja(t):	DI Matti Paaso Ins Aila Petäjäjärvi
<p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Lapin ammattikorkeakoulu. Työ tehtiin Teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisalan Kemian kampuksen automaatiolaboratorioon. Tehtävänä oli suunnitella ja toteuttaa automaatiolaboratorion Vesiprosessin osaprosessiin ajoympäristö Siemensin S7-300 ohjelmoitavalla logiikalla.</p> <p>Automaatiolaboratio on ollut muutostyön kohteena, ja sen vuoksi valvomoluokkatilasta on jouduttu väliaikaisesti poistamaan laitteistoa. Siitä syystä tilassa oli tarvetta ohjelmoitavan logiikan asennukselle sekä siihen suunniteltavalle osaprosessin ajoympäristölle.</p> <p>Työn aluksi Vesiprosessin osaprosessin SL4-sähköpiirit tarkastettiin. Sen jälkeen suunniteltiin ja rakennettiin ohjaustaulu logiikalle sekä siihen liittyville kytkennöille ja komponenteille. Asennettu logiikka liitettiin valvomotilan tietokoneeseen, jossa osaprosessille ohjelmoitiin automaatio-ohjelma ja selkeä valvomokäyttöliittymä.</p> <p>Rakennettu ohjaustaulu suunniteltiin tulevaisuutta ajatellen. Riviliittimet sekä sähköiset komponentit mitoitettiin riittämään muuttuvaan ympäristöön. Osaprosessin ajoympäristön osalta päädyttiin simuloituihin prosessin I/O-tietoihin. Opinnäytetyön tuotoksena syntyneet logiikkaohjelma ja valvomokäyttöliittymä palvelevat Lapin AMK:n sähkötekniikan opiskelijoita tulevaisuudessa.</p>	
Asiasanat: prosessinohjaus, ohjelmointi, säätöteoria, siemens	

ABSTRACT

LAPLAND UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Industry and natural resources

Degree programme:	Electrical Engineering
Author(s):	Anssi Kalliosalo
Thesis title:	Siemens S7-300 Process Automation Runtime Environment
Pages (of which appendixes):	62 (14)
Date:	28 April 2014
Thesis instructor(s):	Matti Paaso, MSc Aila Petäjajarvi, BSc
<p>The thesis work was commissioned by Lapland University of Applied Sciences. Thesis was done for Kemi campus automation laboratories in Industry and Natural Resources department. The goal was to plan and build a runtime environment with Siemens S7-300 programmable logic controller to the water process of automation laboratory.</p> <p>Automation laboratory has been under modification and in consequence of that some devices have been removed temporarily from the control room-class. For that reason there was a demand to install programmable logic controller and sub process runtime environment planned into the controller.</p> <p>The electrical circuits of sub process SL4 of water process were inspected at the beginning of thesis. After that control board was planned and built for the logic controller and for the electrical circuits and components. The installed logic controller was connected to the computer of the control room, where automation program was programmed for the sub process, including clear and solid controllable user interface.</p> <p>The built control board was planned keeping the future in mind. Terminals and electrical components were calculated to meet the needs of changing environment. We ended up to use simulated I/O signals in the runtime environment of sub process. As a result of the thesis built logic controller program and controllable user interface are serving electrical engineering students of Lapland University of Applied Sciences in future.</p>	
Keywords: process control, programming, control theory, siemens	

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU	9
2.1 Vesiprosessi	9
2.1.1 Osaprosessi SL4	11
2.1.2 Osaprosessi SL3 & SL6	13
2.1.3 Osaprosessi SL7	14
3 SIEMENS SIMATIC S7-300	16
3.1 Ohjelmistot	16
3.1.1 TIA Portal.....	17
3.1.2 Step 7 Professional.....	17
3.1.3 WinCC Advanced	19
3.2 Ohjelmitava logiikka	20
3.2.1 CPU 314C-2 PN/DP.....	21
3.2.2 Simulaattorimoduuli IN/OUT 16.....	22
3.3 Profinet	23
4 SÄÄTÖPIIRI	26
4.1 Pinnankorkeuden säätö	27
4.2 PID-säädin	28
5 OSAPROSESSIN SL4-SÄHKÖPIIRIT	30
5.1 Vertex ED -ohjelmisto.....	30
5.2 Kenttälaitteet.....	31
5.3 Piirien tarkastus	32
6 AJOYMPÄRISTÖ	33
6.1 Suunnittelu.....	33
6.2 Ohjaustaulu.....	34
7 OHJELMOINNIN TOTEUTUS	36
7.1 Siemens S7-300 -logiikkaohjelma.....	37

7.2	Valvomo-ohjelma.....	41
8	TESTAUS.....	44
9	POHDINTA.....	46
	LÄHTEET.....	47
	LIITTEET	48

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

EV	electric valve (magneettiventtiili)
FT	flow transmitter (virtauslähetin)
FV	flow valve (virtausventtiili)
GSD	general station description (laitemäärittelytiedosto)
HV	hand valve (käsiventtiili)
I/O	input/output
PI	pressure indicator (paineen osoitin)
PI-kaavio	putkitus- ja instrumentointikaavio
PID	proportional-integral-derivative
TIA	Totally Integrated Automation (Siemens)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Lapin ammattikorkeakoulun Kemin Tekniikan kampuksen automaatiolaboratorioon. Laboratorion tiloissa sijaitseva automaatioprosessi on ollut muutostyön kohteena ja sen seurauksena prosessin ohjaukseen kuuluvaa laitteistoa on purettu pois väliaikaisesti. Laboratorion automaatioprosessia kutsutaan Vesiprosessiksi, ja se sisältää yhteensä kolme toisistaan riippumatonta osaprosessia.

Työn tavoitteena oli rakentaa Vesiprosessin osaprosessille SL4 toimiva ohjaustaulu, joka sisältää prosessin ajolle tarvittavat komponentit. Ohjaustauluun tuli liittää Siemensin S300-sarjan logiikka tulo -ja lähtökortteineen. Tehtävänä oli myös ohjelmoida osaprosessille SL4 automaatio-ohjelma valvomonäyttö mukaan lukien. Suurin painoarvo ohjelmoinnin osalta määriteltiin osaprosessiin kuuluville säätöpiireille.

Tavoitteena oli, että opinnäytetyön valmistuttua käytössä olisi valmis prosessin ajoon tarvittava ajoympäristö. Ajoympäristöllä tarkoitetaan kokonaisuutta, jota tarvitaan osaprosessin SL4 automaattiseen käyttöön. Osaprosessia tulee voida hallita valvomotilan tietokoneelta Siemensin logiikan välityksellä. Prosessin hallintaan tarkoitetun käyttöliittymän tuli olla selkeä ja helppokäyttöinen. Lisäksi siinä piti olla erilaisia mahdollisuuksia säätöpiirin parametrien muuttamiseksi. Opinnäytetyön tuloksena syntyvää ajoympäristöä voidaan myöhemmin hyödyntää opetuskäytössä.

2 LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU

Lapin AMK eli Lapin ammattikorkeakoulu aloitti toimintansa 1.1.2014, kun Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu ja Rovaniemen ammattikorkeakoulu yhdistyivät.



Kuva 1. Yhdistyneiden korkeakoulujen uusi logo (Lapin ammattikorkeakoulu 2014, hakupäivä 29.3.2014)

Lapin AMK on Suomen pohjoisin ammattikorkeakoulu. Opiskelijoita koulussa on vuoden 2014 alussa n. 5600 sekä henkilökuntaa 560. Ammattikorkeakoululla on yksiköitä Torniossa, Kemissä ja Rovaniemellä. Lapin AMK:n englanninkielinen nimi on Lapland University of Applied Sciences. (Lapin ammattikorkeakoulu 2014. Hakupäivä 12.4.2014.)

2.1 Vesiprosessi

Lapin ammattikorkeakoulun Kemin Tekniikan yksikön automaatiolaboratoriossa on automaatioprosessi, jota kutsutaan Vesiprosessiksi. Vesiprosessi on suunniteltu opetuskäyttöön. Prosessissa on yhteensä kolme itsenäistä osaprosessia, joita voidaan käyttää itsenäisesti. Itsenäinen ajo on mahdollista muuttamalla venttiilien asentoja tarpeen mukaan. Parhaiten Vesiprosessi soveltuu prosessiautomaation ja kenttäväylätekniiikan opetukseen.

Vesiprosessin kokonaisuus koostuu prosessitilasta sekä valvomotilasta. Valvomotilassa pidetään oppitunnit, siellä on työskentelytilat paperityöhön sekä tietokonetyöskentelyyn. Valvomossa on myös ohjelmoitavia logiikoita, joita valvomon pc-yksiköillä ohjataan. Prosessitilassa sijaitsee Vesiprosessiin kuuluvat kenttälaitteet sekä prosessin kaapelointiin kuuluvat jakokotelot -ja kaapit.

Prosessi rakentuu vesisäiliöistä, putkista sekä sähköisistä kenttälaitteista. Prosessiaineena on vesi, jota prosessissa liikutellaan säiliöiden kesken. Kierto voidaan lisätä vettä koulun vesijohtoverkosta ja poistaa sitä koulun viemäristöön tarpeen mukaan. Prosessissa on erilaisia säädettäviä suureita, kuten lämpötila, paine sekä virtaus. Lisäksi prosessi sisältää erilaisia rajatietoja säiliöiden pinnankorkeustilanteesta sekä venttiilien asentotietoja.

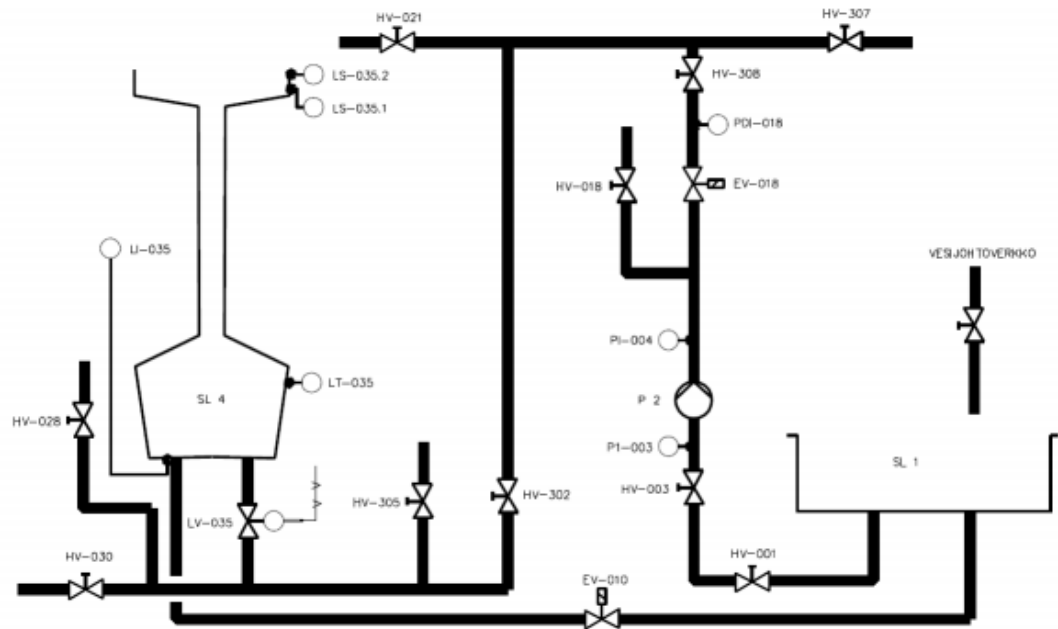


Kuva 2. Automaatiolaboratorion Vesiprosessi

Yhteensä prosessissa on seitsemän eri vesisäiliötä, öljykattila, lämmönvaihdin ja pumppuja veden kierrätykseen. Koko Vesiprosessin PI-kaavio ja laitesijoituspiirustus liitteessä 1. (Leinonen 2012, 2)

2.1.1 Osaprosessi SL4

Osaprosessiin SL4 kuuluu kaksi säiliötä, joita ovat SL1 ja SL4 säiliöt. Prosessin perussäiliönä toimii SL1, josta vettä pumpataan SL4 säiliöön logiikkaohjelman määrittysten mukaisesti. Kuvassa 3 käy ilmi osaprosessin rakenne putkituksen ja instrumentoinnin osalta.



Kuva 3. Osaprosessin SL4 PI-kaavio (Tilus 2012, 9)

Prosessin vesikiertoon voidaan lisätä vettä suoraan SL1-säiliön yläpuolelta löytyvästä vesijohtoverkon käsiventtiilistä. Säiliötä SL4 tyhjenetään takaisin varastosäiliöön SL1 avaamalla magneettiventtiili EV-010.

Pumppu P2 kierrättää vettä osaprosessissa ja pumppua ohjataan ABB ACS550 -taajuusmuuttajalla (kuvassa 4).



Kuva 4. Osaprosessin SL4 taajuusmuuttaja ABB ACS550

Prosessi voidaan erottaa itsenäiseksi, muista riippumattomaksi kierroksi sulkemalla käsiventtiilit HV-018, HV-307, HV-021, HV-305, HV-028 ja HV-030. Kun prosessin vesikierto eristetään, on opiskelijoilla helpompi paneutua osaprosessin toimintaan. Käsiventtiilien HV-001, HV-003, HV-306 ja HV-302 on oltava auki asennossa, kun vettä kierrossa pumpataan.

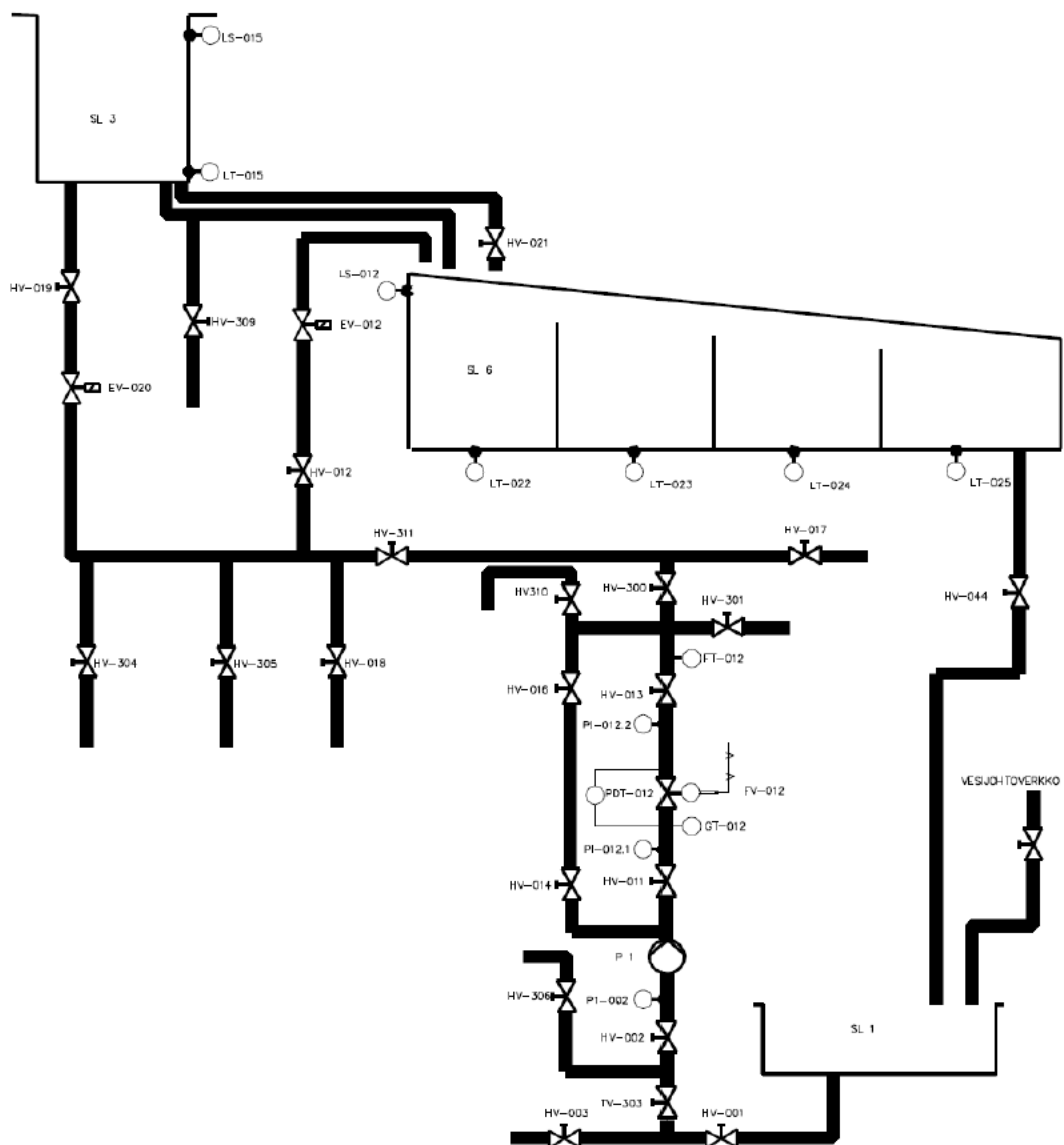
Osaprosessi sisältää erilaisia mittaustietoja. Pumpun P2 tulo- ja lähtöpuolella ovat paineindikaattorit PI-003 sekä PI-004. Paine-eroindikaattori PDI-018 näyttää paineen magneettiventtiilin EV-018 jälkeen. Pinnankorkeuden lähetin LT-035 on prosessin tärkein mittaelin. Se antaa säiliön SL4 pinnankorkeustiedon sähköisenä valvomon puolelle. Pinnankorkeus tietoa käytetään osaprosessin automaation säätötietona. Säiliön SL4 yläosassa on kaksi kapasitiivista anturia, jotka ilmaisevat säiliön ylärajoja. LS-35.1 on säiliön alempi yläraja ja LS-35.2 on säiliön ylempi yläraja. Lisäksi säiliön SL4 yhteyteen on rakennettu läpinäkyvästä muoviputkesta pinnankorkeuden ilmaisimien LI-035.

Säiliön tulopuolella on kaksi sähköistä venttiiliä. Niitä ovat magneettiventtiili EV-018 sekä säätöventtiili LV-035. Säätöventtiilin avulla veden tuloa säiliöön voidaan säätää lähes portaattomasti. Säiliön lähtöpuolella on magneettiventtiili EV-010, jonka

avaamalla säiliön SL4 vesi saadaan siirrettyä varastosäiliöön SL1. Säiliön SL1 vedenpinnan taso vaikuttaa säiliön SL4 purkunopeuteen. Säiliön SL4 muoto vaikuttaa suuresti prosessin säätöpiiriä suunniteltaessa. Koska säiliön keskikohta on kapea, aiheuttaa melko pienikin säädön muutos voimakkaasti säiliön vedenpinnan korkeuteen. (Puhakka 2010, 4)

2.1.2 Osaprosessi SL3 & SL6

Osaprosessiin SL3 & SL6 kuuluu kolme vesisäiliötä. Perussäiliönä toimii SL1, josta vettä voidaan siirtää säiliöihin SL3 ja SL6.



Kuva 5. Osaprosessin SL3 & SL6 PI-kaavio (Tilus 2012, 10)

Osaprosessin veden kierrätys tapahtuu pumpun P1 avulla, jota ohjataan taajuusmuuttajan avulla. Kierrosta saadaan itsenäinen, muista osaprosesseista riippumaton sulkemalla käsiventtiilit HV-003, HV-306, HV-014, HV-016, HV-310, HV-301, HV-017, HV-304, HV-305, HV-018 ja HV-309. Käsiventtiilit HV-014 ja HV-016 ovat virtaussäätöventtiilin FV-12 ohitusta varten. Joskus ohitus voidaan joutua tekemään, joko huollon ajaksi tai ajoteknisistä syistä.

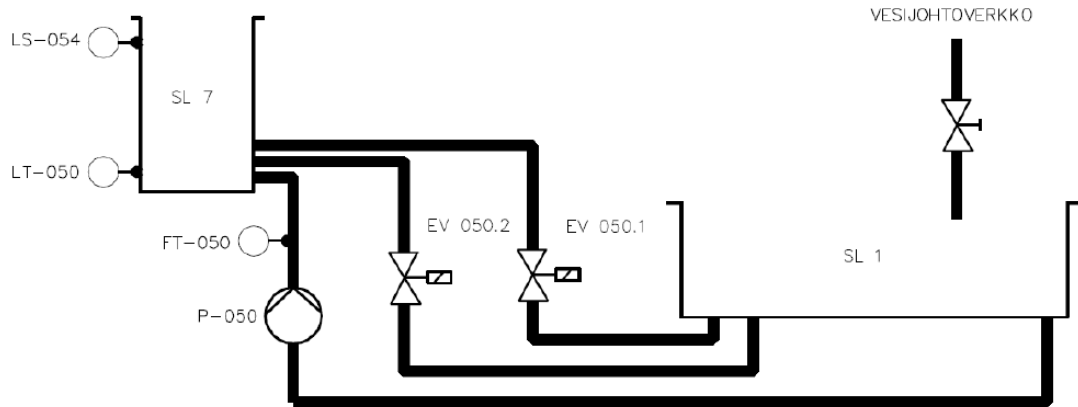
Normaalin ajotilanteen aikana on käsiventtiilien HV-001, HV-303, HV-002, HV-011, HV-013, HV-300, HV-311, HV-019, HV-012 ja HV-044 on oltava avattuna. Säiliö SL3 voidaan ohittaa sulkemalla venttiili HV-019 ja avaamalla HV-012.

Pumppua P1 ennen on sijoitettu paineosoitin PI-002. Pumpun sekä venttiilin HV-011 jälkeen on paineosoitin PI-012.1. Paineosoitin PI-012.1 on tarkoituksella sijoitettu ennen virtausventtiiliä FV-12, sillä virtausventtiilin jälkeen on paineosoitin PI-012.2. Edellä mainituilla paineosoittimilla voidaan tarkistaa paine-erolähtetimen PDT-012 lähettämä mittausarvo oikeaksi. Käsiventtiilin HV-013 jälkeen on FT-012 eli virtauslähetin. Virtausventtiilin FV-12 asentotiedon lähettää GT-012. Ilman asentotietolähetintä GT-012:ta ei venttiilin asentoa tiedetä sähköisin perustein. Automaatioajotilanteessa magneettiventtiileillä EV-020 sekä EV-012 voidaan kontrolloida nopeasti mihin säiliöön vesi ajetaan. Säiliössä SL6 on pinnankorkeudenlähetin LT-015 ja säiliössä SL3 on yhteensä neljä pinnankorkeudenlähetintä, yksi kullekin säiliön lohkolle.

Prosessin automaatioajotilanteessa tulee ottaa erityisen hyvin huomioon säiliön SL6 vaikutus askelvasteeseen.

2.1.3 Osaprosessi SL7

Osaprosessi SL7 on Vesiprosessin yksinkertainen vesikierto. Se koostuu kahdesta säiliöstä. Säiliö SL1 on osaprosessin perussäiliö, josta vettä pumpataan säiliöön SL7. Pumppaus tehdään taajuusmuuttaja ohjatulla pumpulla P-050.



Kuva 6. Osaprosessin SL7 PI-kaavio (Tilus 2012, 8)

Säiliöllä SL7 on kaksi poistovesiputkea. Molemmissa poistovesiputkissa on magneettiventtiilit. Magneettiventtiilien EV-050.1 ja EV-050.2 avulla säiliön SL7 veden purkamista voidaan kontrolloida prosessissa. Mikäli vähintään toinen magneettiventtiileistä on auki asennossa, poistuu vesi säiliöstä SL7 hydrostaattisen paineen vaikutuksesta.

Säiliön SL7 täyttöasteesta saadaan tietoa pinnankorkeuden lähettimen LT-050 avulla, sekä ylärajatiedon antavan kapasitiivisen anturin LS-054 avulla. Säiliöön menevän veden virtausta mittaa ja lähettää virtauslähetin FT-050. Ohjelmoinnin kannalta osaprosessi SL7 on Vesiprosessissa yksinkertaisin toteuttaa.

3 SIEMENS SIMATIC S7-300

S7-300-sarja on Siemensin tunnetuimpia tuotteita. Se on hyvin monipuolinen ohjelmitava logiikka. Käyttökohteet vaihtelevat prosessi -ja kappaletavarateollisuudesta aina yksittäisen laitteen ohjaukseen. Logiikka on kuitenkin suunniteltu eniten silmällä pitäen kappaletavara-automaatiota. Siemensin S7-300-sarja on Suomessa yleisesti käytössä ja sen vuoksi osaamista on laajalti tarjolla. (Siemens 2014a, hakupäivä 13.3.2014)

Sarjassa on useita erilaisia mallivaihtoehtoja. Mallien valintaan vaikuttaa asiakkaiden tarpeet logiikan ominaisuuksien suhteen. TIA Selection Tool -työkalu on tehty helpottamaan asiakkaiden päätöksiä valita sopivat automaatio-komponentit heidän tarpeitaan vastaaviksi. (Siemens 2014a, hakupäivä 13.3.2014)

S7-300-sarjan logiikat on mahdollista jakaa neljään eri ryhmään:

- Turvatekniset CPU:t
- Kompakti CPU:t
- Teknologia CPU:t
- Hajautettujen I/O asemien väyläliityntäyksiköihin integroidut CPU:t

Sarjan ohjelmitavia logiikoita on mahdollista laajentaa valmistajan lisäkorteilla tai moduuleilla. Näin ollen käyttömahdollisuuksia voidaan lisätä tarpeen vaatiessa. (Siemens 2014a, hakupäivä 13.3.2014)

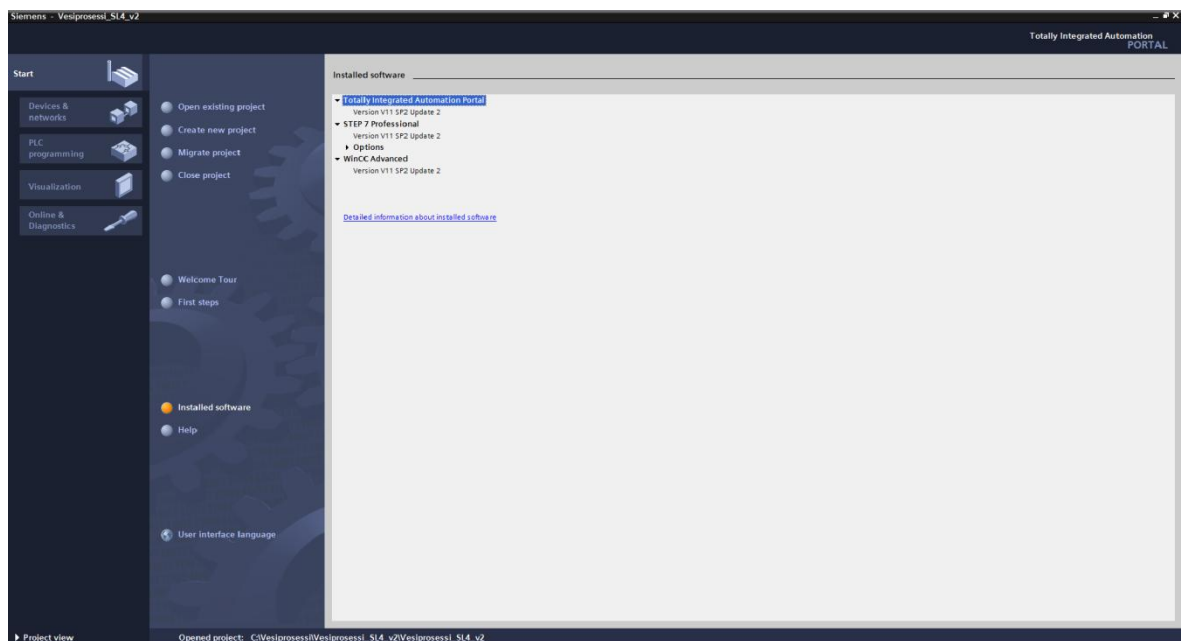
3.1 Ohjelmistot

S7-300-sarjan logiikkaohjelmoinnissa tärkeään rooliin nousevat PC-ohjelmistot. Automaatio-ohjelmat luodaan ensin ohjelmointityökaluilla, ja sen jälkeen ne siirretään PC:ltä logiikan muistiin. Siemens on aktiivisesti kehittänyt ohjelmistojaan vastaamaan heidän hardware-uudistusten tarpeita. Tällä hetkellä ohjelmointisovellusten suuntaus on sellainen, että yhdellä työkalulla voidaan suorittaa koko järjestelmän ohjelmointi alusta loppuun asti.

3.1.1 TIA Portal

TIA Portal on Siemensin nykyaikainen automaatio-ohjelmisto. Siinä yhdistyvät kolme aikaisemmin erillään toiminutta automaatiotyökalua. Se tuo yhteen logiikkaohjelmointityökalun Simatic Stepin, käyttöliittymän suunnittelutyökalun Simatic WinCC:n sekä taajuusmuuttajatyökalun StartDriven. Yhdistämällä kolme työkalua saman käyttöliittymän alle saavutetaan parempi käyttäjäystävällisyys, tehokkuus ja luotettavuus. TIA Portalilla voidaankin hoitaa suunnittelu -ja tuotantoprosessit koko tuotantoketjulle. (Siemens 2014b, hakupäivä 17.3.2014)

Kuvassa 7 on kuvankaappaus TIA Portalin aloitusvalikostosta. Valikosta on tuotu esiin Installed Software -valinta, josta käyvät ilmi ne ohjelmat, joita Lapin AMK:n automaatiolaboratorioon on TIA Portaliin asennettu.



Kuva 7. TIA Portalin aloitusnäky sekä asennetut ohjelmat

3.1.2 Step 7 Professional

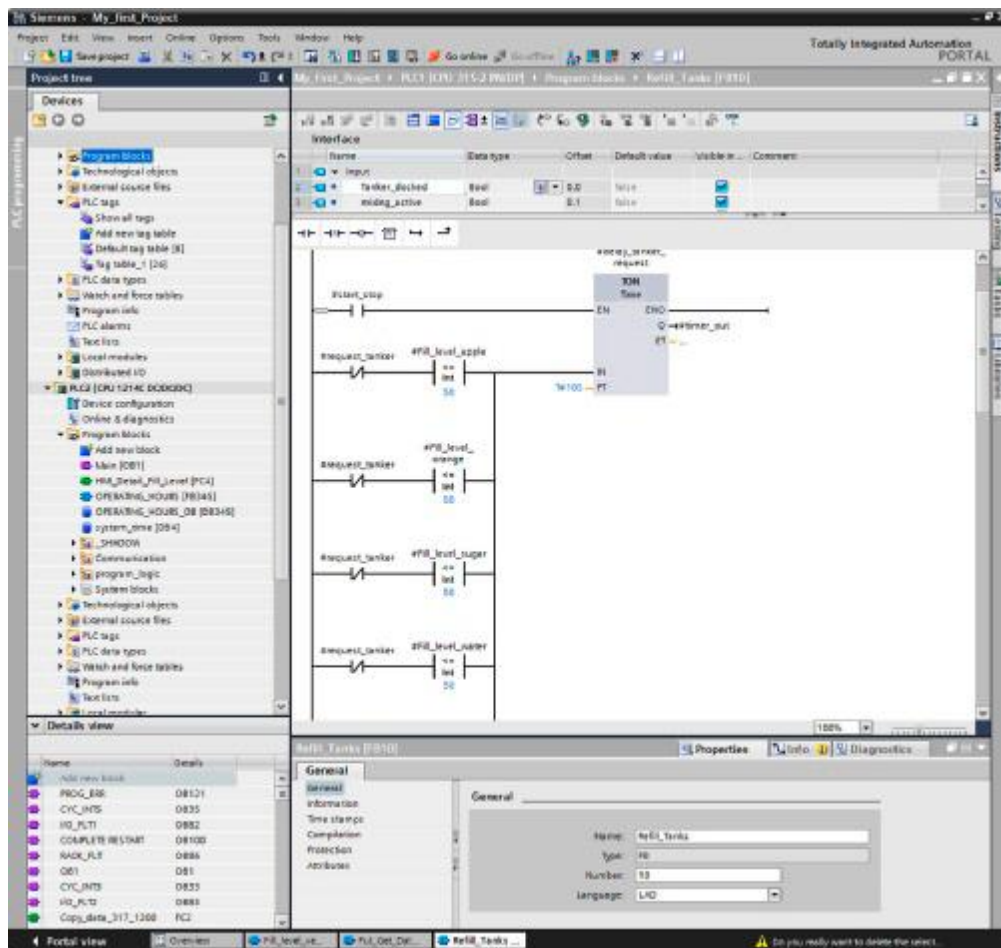
Simatic Step 7 Professional on yksi TIA Portal -käyttöliittymään kuuluvista ohjelmista. Käytännössä sillä suoritetaan logiikoiden ohjelmointi. Professional-versiolla voidaan ohjelmoida Siemensin S7-300/400/1200/1500 ja WinAC-logiikoita. Step 7 on tärkeä osa ohjelmointia työn alkuvaiheesta loppuvaiheeseen asti. Ohjelma tukee IEC-

ohjelmointikieliä kuten IL, LAD, FBD, GRAPH (SFC) ja SCL (ST). (Siemens 2014b, hakupäivä 17.3.2014.)

Luodut logiikkaohjelmat sekä järjestelmäkonfiguraatiot siirretään logiikalle MPI-väylän ja tietokoneen sarjaportin tai USB-portin välityksellä. (Tilus 2012, 13)

Kun järjestelmäkonfiguraatiot on tehty ensimmäisen kerran käyttämällä MPI-väylää, voidaan käyttöön ottaa muita väylätyyppejä kuten esim. Profibus tai Profinet.

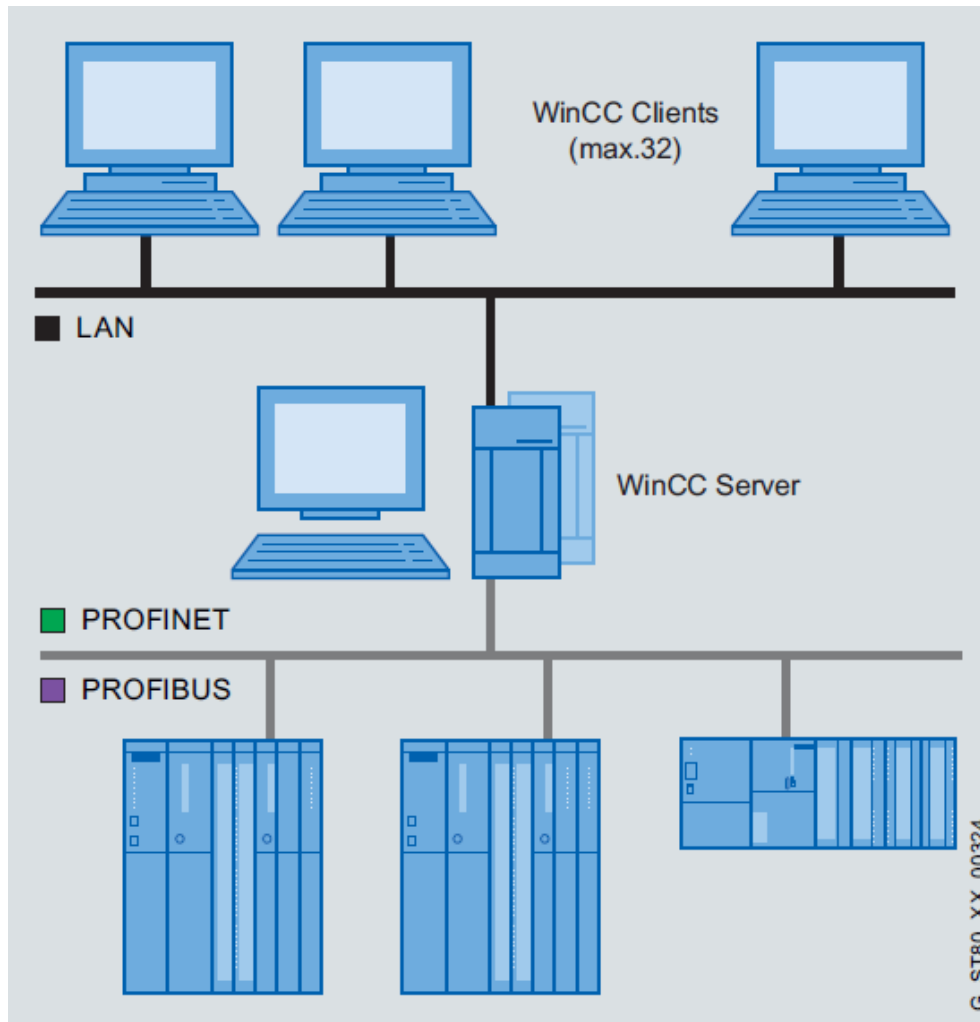
Käytössä on kaikkiaan kuusi eri kieltä: saksa, englanti, kiina, ranska, italia ja espanja. (Siemens 2014b, hakupäivä 17.3.2014)



Kuva 8. Kuvankaappaus Step 7 -ohjelmointityökalusta (Siemens 2012, hakupäivä 25.3.2014)

3.1.3 WinCC Advanced

TIA Portaliin on integroitu aikaisemmin erillään ollut käyttöliittymän suunnitteluohjelma WinCC. Se on teollisuudelle tarkoitettu valvomo-ohjelmisto. Ohjelmaa voidaan käyttää koko tuotantolaitoksen server/client-ratkaisuihin, tai vaikkapa yksittäisen koneen visualisointiin. WinCC mahdollistaa yksittäisen tai usean operaattorin järjestelmät (kuvassa 9). (Siemens 2014c, hakupäivä 18.3.2014)



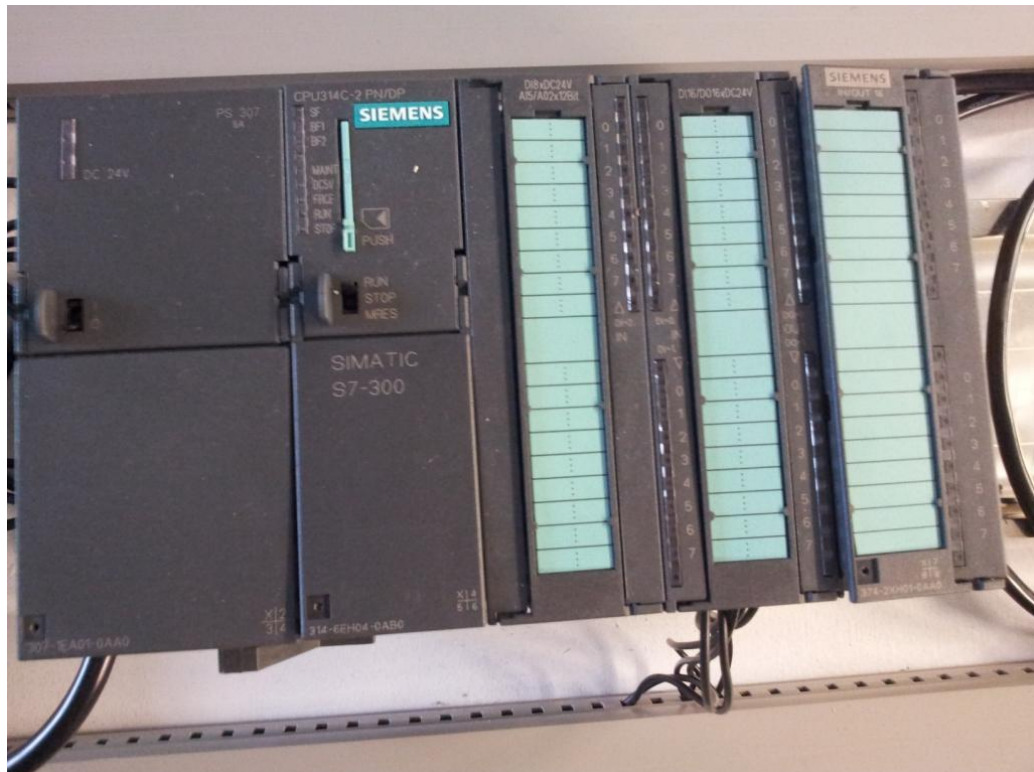
Kuva 9. WinCC, usean käyttäjän järjestelmärakenne (Siemens 2011a, hakupäivä 18.3.2014)

WinCC tukee kaikkia tärkeitä kommunikointikanavia, kuten SIMATIC S5/S7:ää, Allen-Bradley Ethernet IP:tä, Modbus TCP/IP:tä, Profibus/Profinetia sekä OPC:tä. Ohjelma sisältää skaalautuvan ja tehokkaan arkistoinnin. Arkistointi perustuu Microsoft SQL Server -tietokantaan, joka mahdollistaa keskitetyn tiedonhallinnan sekä välittämisen. (Siemens 2014c, hakupäivä 18.3.2014)

Ohjelma sisältää runsaasti erilaisia valmiita grafiikoita, joita voidaan hyödyntää käyttöliittymän suunnittelussa. Mahdollista on myös luoda itse uutta grafiikka tarvittaessa. Myös erilaisia toimintoja on valmiina runsaasti, joka säästää käyttöliittymän suunnittelijan aikaa huomattavasti. Ohjelma on hyvin avoin ympäristö ja sen vuoksi grafiikkaa on myös mahdollista tuoda muualta käytettäväksi.

3.2 Ohjelmoitava logiikka

Osaprosessin SL4-logiikkaohjelmointiin valittiin kompakti CPU + simulaattorimoduuli -yhdistelmä. Paketilla voidaan tehdä koko osaprosessin automaatiototeutus kätevästi. Simulaattorimoduuli valittiin koska Vesiprosessin muutostyön vuoksi on mahdollista, ettei kaapelointeja ole valmiina. Simulaattorimoduulilla voidaan simuloida tuloja tai lähtöjä paikkaamaan puuttuvia prosessin I/O-tietoja. Kuvassa 10 on valittu logiikka kokonaisuus.



Kuva 10. Osaprosessiin SL4 valittu ohjelmoitava logiikka

Kompakti CPU 314C-2 PN/DP palvelee osaprosessin käyttötarkoitusta erinomaisesti. Erityisesti nykyaikainen nopea Profinet-väyläliittymä CPU:ssa on hyödyllinen kun siirretään usein tietoa tietokoneen ja logiikan välillä.

3.2.1 CPU 314C-2 PN/DP

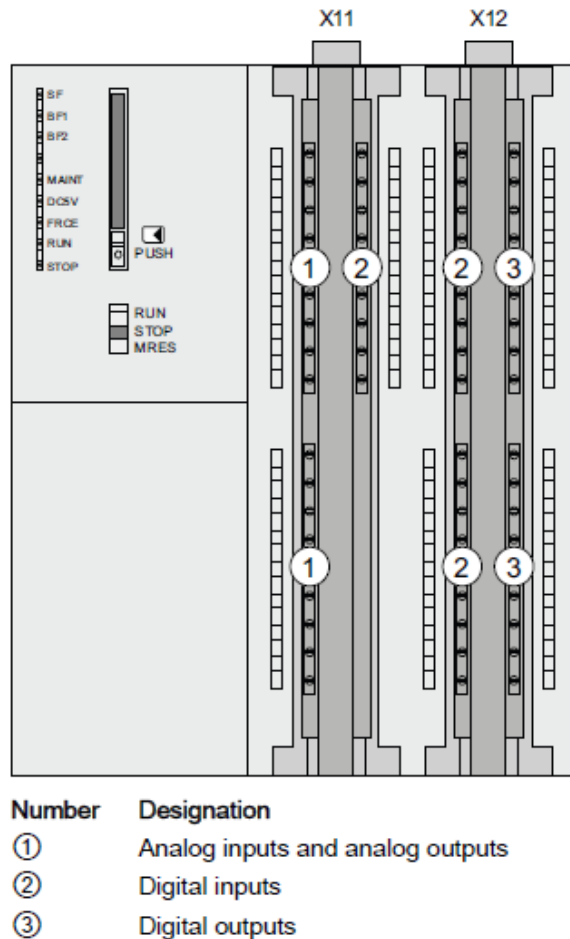
Opiskeluympäristöön kompaktit CPU:t ovat hyvä valinta. Niissä on riittävästi ja monipuolisesti ominaisuuksia eikä lisäkortteja yleensä tarvita. 314C-2 PN/DP sisältää kaksi Ethernet-porttia sekä yhden sarjaliityntäportin (MPI). Opiskelijat saavat näin ollen harjoitella useamman eri väylätyypin käyttäen ohjelmoitaville logikoille. Liitteessä 2. on CPU 314C-2 PN/DP:n kuvaseloste ominaisuuksista, liitännöistä ja merkkivaloista.

CPU:n kahdesta kortista löytyy digitaalisia tuloja sekä lähtöjä että analogisia tuloja sekä lähtöjä. Lisäksi CPU:ssa on neljä laskuria sekä yksi kanava paikoitus sovelluksiin. Kuvassa 11. on lueteltu CPU:n ominaisuudet. (Siemens 2011b, hakupäivä 1.4.2014)

Item	CPU 314C-2 PN/DP
9-pin MPI/DP interface (X1)	Yes
PN interface with 2-port switch (X2)	Yes
Digital inputs	24
Digital outputs	16
Analog inputs	4 + 1
Analog outputs	2
Technological functions	4 counters 1 channel for positioning (see the Technological functions manual terminal assignment (http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/26090032))

Kuva 11. CPU 314C-2 PN/DP ominaisuudet (Siemens 2011b, hakupäivä 1.4.2014)

Kuvassa 12. on esitelty kuinka I/O:t on sijoitettu kahdelle CPU:n kortille. Tulojen ja lähtöjen liittämiseksi on kortille asennettava johtimien kytkentäkappale, joka yleensä toimitetaan tuotteen mukana.



Kuva 12. Korttien I/O sijainnit (Siemens 2011b, hakupäivä 1.4.2014)

CPU:n etupaneelista löytyy erilaisia merkkivaloja, jotka kertovat logiikan tilasta. Etupaneelissa on myös paikka muistikortille sekä valintakytkin kolmelle eri valinnalle, jotka ovat RUN, STOP sekä MRES. RUN-valinta ylläpitää logiikan ohjelmakiertoa. STOP -valinnalla ohjelmakierto voidaan jäädyttää ja MRES-valinta on tarkoitettu logiikan RAM-muistin nollaukseen.

3.2.2 Simulaattorimoduuli IN/OUT 16

Valitulle CPU:lle lisäkortiksi valittiin simulaattorimoduuli, jolla voidaan simuloida input- ja output -tilanteita. Osasyys kortin valintaan oli se että Vesiprosessin kaapelointi oli kesken ja sen vuoksi I/O-tietoja ei välttämättä prosessista ollut mahdollista saada. Simulaattorikortilla I/O-tietoja pystytään kuitenkin tuottamaan helposti oikeiden tietojen sijaan. Kortille voidaan valita ominaisuudet kolmesta eri vaihtoehdosta. Valintakytkimestä valitaan ominaisuudet, joita ovat 16x output, 16x input tai 8x

output/8x input. Kuvassa 13 on nähtävillä kortin kanavien kytkimet sekä kortin ominaisuuden valitsin.



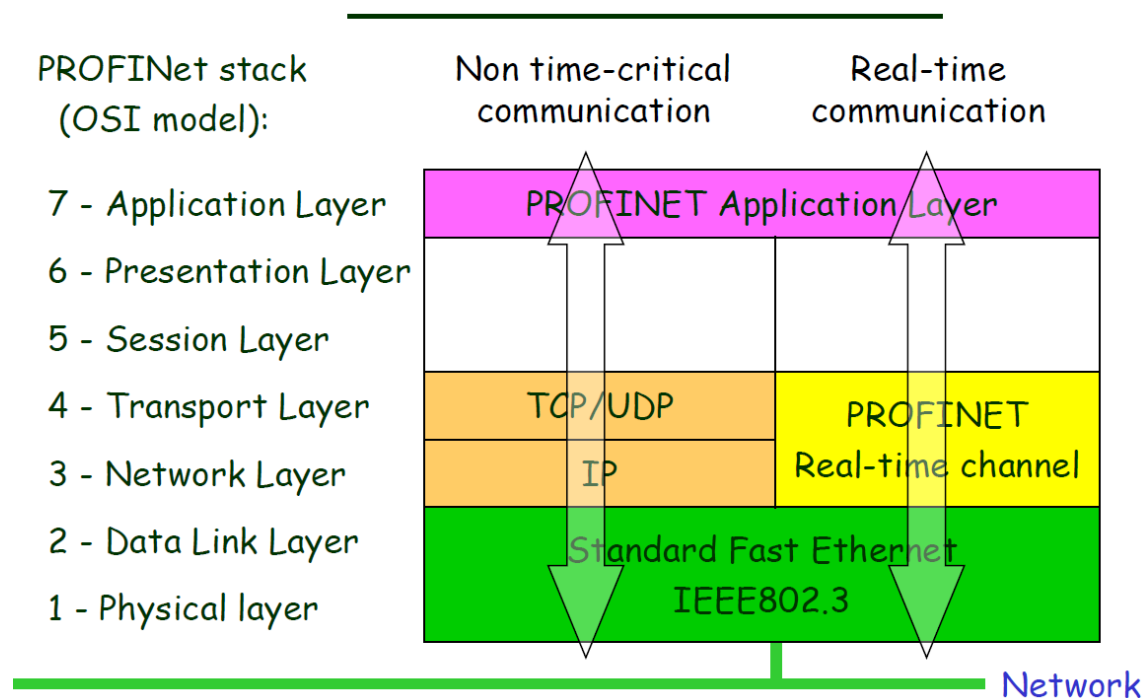
Kuva 13. Simulaattorimoduulin valintakytkimet

Kortti yhdistetään päämoduuliin Siemensin valmistaman pohjakoskettimen avulla. Koskettimen asennus on nopeaa ja helppoa. Kaikki tarpeellinen data siirtyy koskettimen välityksellä CPU:lle.

3.3 Profinet

Profinet on avoin teollisuus-Ethernet-standardi. Standardin on kehittänyt PROFIBUS-organisaatio. Se on täysin IEEE802.3 mukainen Ethernet-standardi. Profinet kykenee 100Mbit/s siirtonopeuteen kuparisessa kierrettyssä parikaapelissa tai optisessa kuidussa. Tekniikassa hyödynnetään TCP/IP-standardia sekä muita IT-maailman käytössä olevia standardeja. Niillä huolehditaan ei-reaaliaikainen kommunikaatio laitteiden, kuten konfiguraatioiden sekä parametrien välillä. Edellä mainitut standardit tarjoavat kuitenkin reaaliaikaisen kanavan aikakriittisille toiminnoille, kuten prosessidatalle.

Profinet toimii myös hajautetuissa I/O-järjestelmissä kommunikointistandardina. Profinet-standardi pohjautuu OSI-mallista (kuva 14), joka on tiedonsiirrossa yleisesti käytössä oleva standardimalli. (Verwer 2010, hakupäivä 1.4.2014)

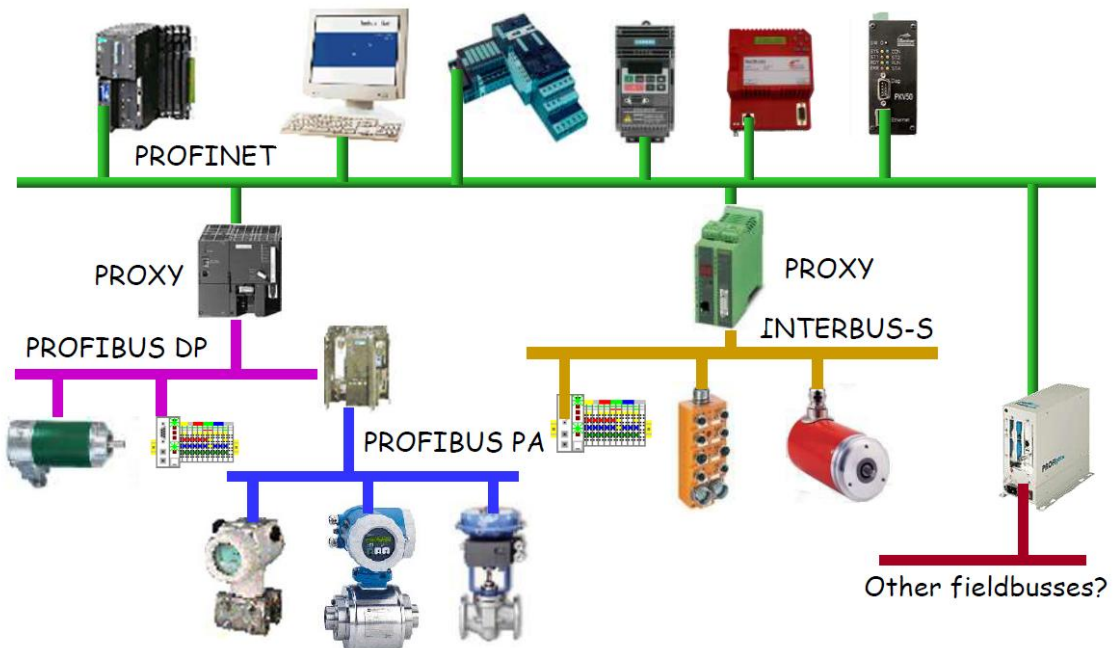


Kuva 14. Profinet sijoitettuna OSI-malliin (Verwer 2010, hakupäivä 1.4.2014)

TCP/IP-kanavaa käytetään ei-reaaliaikaiseen kommunikointiin. Sellaisia ovat mm. konfiguraatiot, parametrit, laitteiden diagnostiikka sekä laitteiden hallintaan liittyvä informaatio. Reaaliaikaista kanavaa käytetään aikakriittisiin toimintoihin, kuten sykliseen prosessidataan, hälytyksiin ja kriittisiin viesteihin sekä kommunikoinnin seurantaan. Profinetin sovelluskerros on määritelty kansainväliseen kenttäväylästandardiin IEC61158 (tyyppi 10). (Verwer 2010, hakupäivä 1.4.2014)

Monet ominaisuudet, jotka ovat kehitetty Profibus-kenttäväylälle, on suoraan kehitetty toimimaan myös Profinet-väylässä. Profinetissä Profibus laitekonfiguraatio-tiedosto GSD:n korvaa XML-tiedosto. TCP/IP-standardia hyödyntävä tiedonvälitys saavuttaa luotettavasti alle 100ms vasteajat. Reaaliaikainen I/O-kommunikointiväylä kykenee luotettavasti alle 10ms vasteaikoihin. Ehtona vasteajoille kuitenkin on että tiedonsiirto tapahtuu Ethernet-standardin mukaisin tiedonsiirtopaketein. (Verwer 2010, hakupäivä 1.4.2014)

Profinet voi toimia osana monipuolista väylätopologiaa, ja se voidaan yhdistää esimerkiksi Profibus-väylän tai jonkin muun väylän kanssa toimivaksi (kuva 15.). (Verwer 2010, hakupäivä 1.4.2014)



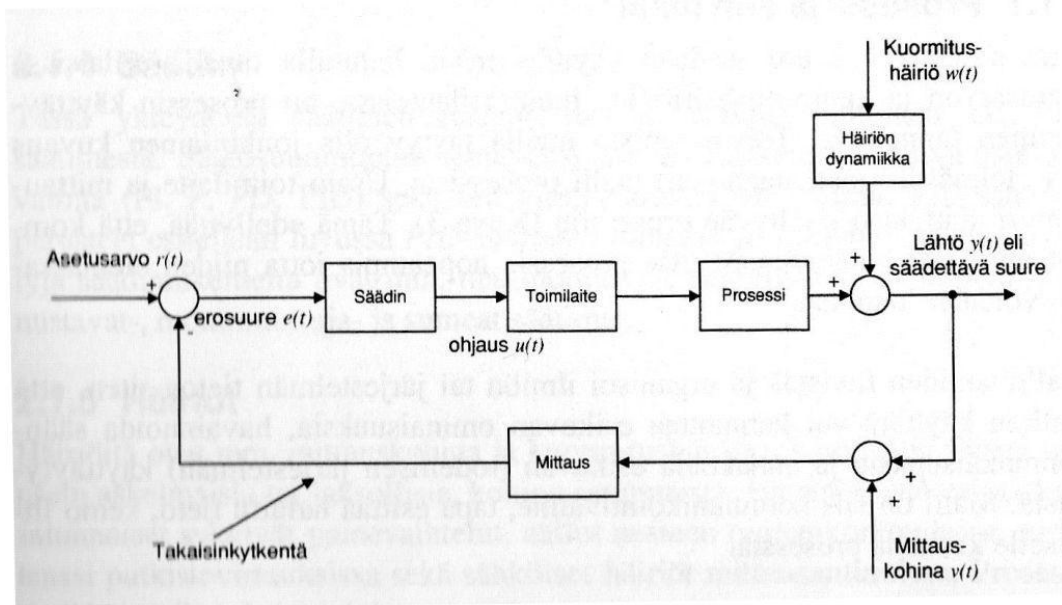
Kuva 15. Profinet osana monipuolista väylätopologiaa (Verwer 2010, hakupäivä 1.4.2014)

Profinet on kymmenen vuoden kehityksen tulos. Se on saavuttanut suosiota teollisuudessa, ja vuonna 2010 yli kaksi miljoona Profinet-standardin laitetta oli asennettu. Kasvuvauhdin ennustetaan olevan n. 40 % vuodessa. (Verwer 2010, hakupäivä 1.4.2014)

4 SÄÄTÖPIIRI

Säätöpiirit ovat automaation keskeisimpiä tekijöitä. Säätöpiirin tehtävänä on ohjata toimilaitetta prosessin vaatimalla tavalla. Säätöpiirin keskeiset komponentit ovat säädettävä prosessi toimilaitteineen, mittausanturit sekä niiden lähettimet ja itse säädin. Yleensä säätimen lähettämä ohjausviesti on standardin mukaista analogista virtaviestiä 4 - 20mA. Vähitellen ollaan kuitenkin siirtymässä kenttävylien mukaiseen digitaaliviestintään. Prosessissa toimilaite vaikuttaa prosessin suureisiin, esimerkiksi sähköisesti ohjattava venttiili vaikuttaa veden virtausnopeuteen. Monessa tapauksessa toimilaite voi vaikuttaa useaan prosessin suureeseen yhtäaikaan. (Harju & Marttinen 2000, 13.)

Säätöpiirin toimintaperiaate on, että säädettävä suure eli oloarvo mitataan ja mitattua arvoa verrataan käyttäjän tai jonkin muun määrittelemään asetusarvoon. Vertailu tehdään takaisinkytkennällä, jolloin säätimen tehtävänä on laskea ero-suureen avulla tarvittava ohjaus toimilaitteelle. Prosessien säädössä haastetta antavat mm. mittauskohina ja erilaiset kuormitushäiriöt. Kuvassa 16 on esitelty säätöpiirin yleinen komponenttimalli. (Harju & Marttinen 2000, 13)



Kuva 16. Säätöpiirin malli (Harju & Marttinen 2000, 13)

Takaisinkytkentä on säätötekniikan merkittävä ominaisuus. Takaisinkytkennässä säädin käyttää hyväksi prosessista saatavaa mittaustietoa. Yksi takaisinkytkennän

päätarkoituksista on eliminoida erilaisten häiriöiden vaikutus säätöpiirissä. Takaisinkytkennässä on kuitenkin myös huonoja puolia. Se voi johtaa epästabiliin käyttäytymiseen, mikä tarkoittaa sitä, että säätimen ohjaus vahvistaakin piirissä tapahtuvaa värähtelyä. Se voi johtaa tilanteeseen, jossa värähtely ns. karkaa käsistä. Suljetuksi säätöpiiriksi kutsutaan tilannetta, kun takaisinkytkentätietoa käytetään säädössä hyväksi. Piiri toimii silloin automaattiohjauksella. Avoimessa säätöpiirissä säädin on käsiohjauksella eikä takaisinkytkentätietoa käytetä ollenkaan. (Harju & Marttinen 2000, 13 - 14.)

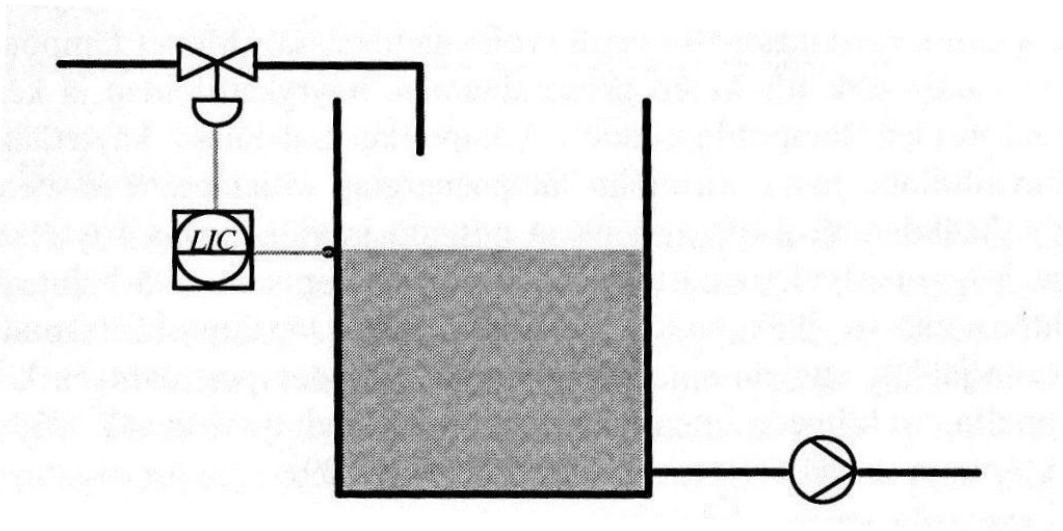
4.1 Pinnankorkeuden säätö

Pinnankorkeuden säätö on hyvin yleinen prosessiteollisuudessa käytössä oleva säädettävä sovellus. Sellaisia ovat muun muassa kiehuttimen, lauhduttimen ja syöttösäiliön pinnankorkeuden säädöt. Yleensä prosessiteollisuudessa säiliöitä käytetään tasaussäiliöinä, joiden tehtävänä on vähentää virtauksissa tapahtuvaa vaihtelua. Pinnankorkeuden säätötyypit voidaan jakaa neljään erilaiseen tapaukseen:

- Käytettävä pumppu pyörii vakionopeudella, jolloin lähtövirtaus on vakio. Tulovirtausta rajoittamalla säädetään pinnankorkeutta.
- Säiliöön tuleva virtaus on vakio, mutta lähtövirtausta säädetään.
- Nesteen oma massa aiheuttaa lähtövirtauksen. Poistopuolen virtaus ei käyttäydy vakiona.
- Ylijuoksut

(Harju & Marttinen 2000, 33)

Kuvassa 17 on hyvin tyypillinen pinnankorkeuden säätösovellus, jossa lähtövirtaus säiliöstä on vakio ja tulovirtausta säädetään.



Kuva 17. Tyypillinen pinnankorkeuden säätösovellus (Harju & Marttinen 2000, 33)

Teollisuusympäristöissä viritettävä toimintapiste tyypillisesti vastaa 60 - 80 % säiliön tilavuudesta. Kun säiliöitä käytetään puskuroimaan virtausvaihteluita, on tärkeää, ettei säätöä viritetä liian nopeaksi. Liian nopea säätö kumoo koko puskuroinnin alkuperäisen tarkoituksen. (Harju & Marttinen 2000, 34)

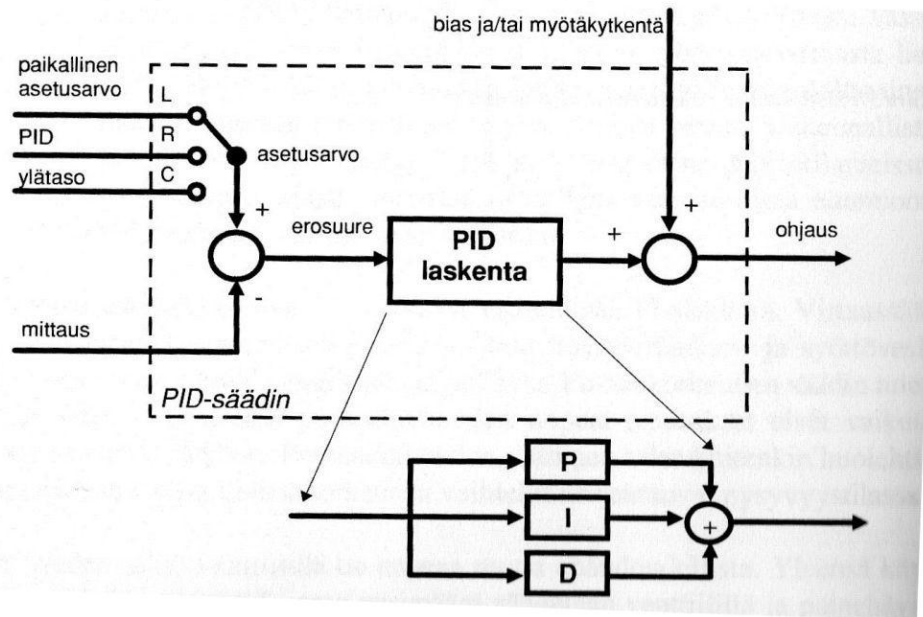
4.2 PID-säädin

Teollisuuden säätöpiireissä yleisimmin käytetty säädin on PID-säädin. Säätimen rakenne on suhteellisen yksinkertainen, mutta siltikin se on tehokas säädin piireissä, joissa voi olla useita häiriö- tai epävarmuustekijöitä. PID-säätimen virittämisen peruseriaatteet tiedetään hyvin. Säätimestä on olemassa useita erilaisia variantteja kuten P-, PI- ja PD-säädintyypit. Eniten käytetty PID-säädin tyyppi on PI-säädin. Sillä pystytään säätämään yleisimmät teollisuudesta löytyvät prosessit. (Harju & Marttinen 2000, 44)

PID-säädin koostuu kolmesta eri osasta:

- P-osa, suhdetermi
- I-osa, integroiva termi
- D-osa, derivoiva termi.

Kun säätimen tulona on erosuure eli asetusrvomittaus, laskee säädin ohjauksen arvon kolmen eri osan summasta. Kuvassa 18 on säätimen periaatteellinen rakenne, signaalit sekä asetusrvon valinta esiteltynä. (Harju, Timo & Marttinen, Arto 2000, 44)



Kuva 18. PID-säätimen rakenne (Harju & Marttinen 2000, 44)

Asetusrvo voidaan valita kolmesta eri vaihtoehdosta PID-säätimelle. Kuvassa säätimen asetusrvovaihtoehtojen merkitykset ovat

- L = Local, paikallisen asetusrvon valinta
- R = Remote, kaskadisäätimen valinta
- C = Computer, ylemmän tason säätimen valinta.

Local on käyttäjän määrittelemä asetusrvo. Remote- ja Computer-asetukset saavat arvonsa säätöpiirin ulkopuolelta jonkin ylemmän tason säätimeltä. Remoten arvo tulee järjestelmän sisältä ja Computerin arvo tulee koko järjestelmän ulkopuolelta esimerkiksi erillisen tietokoneen laskemana asetusrvona. (Harju & Marttinen 2000, 44)

5 OSAPROSESSIN SL4-SÄHKÖPIIRIT

Koko Vesiprosessin sähköpiirit on piirretty Vertex ED -ohjelmistoon. Piirit löytyvät Vesiprosessin projektikansiosta laitetunnuksen mukaisesti. Tiedossa oli, että osa piireistä ei välttämättä ole täysin kuvien mukaisia. Prosessin ympärillä oli työskennelty viime aikoina useita eri oppilasryhmiä ja siitä johtuen joissakin tilanteissa voi kytkentöjen ja kuvien välillä ilmetä ristiriitaa. Sen vuoksi osaprosessin SL4 piirit tuli tarkastaa ennen niiden käyttöä.

Prosessin ristikytkentäpiste, joka sijaitsee valvomoluokan puolella, oli muutostyön alla, ja sen vuoksi kenttätietoja opinnäytetyön aikana ei ollut saatavilla.

5.1 Vertex ED -ohjelmisto

Vertex ED on sähkö -ja automaatio suunnitteluohjelmisto. Se sisältää täydellisen kirjaston piirikaavioiden symboleita. Järjestelmä sisältää laajat arkistointiominaisuudet, joilla hallitaan sähköisiä dokumentteja projekti-, piirustus-, lehti- ja revisiotasolla. Järjestelmään kuuluu myös sovelluskehitin, tuotekonfiguraattori sekä sähkökäyttöjen perussovellus. Järjestelmässä on tuki useille yleisesti käytetyille grafiikka -ja tekstiformaateille sekä erilaisille tietokantalinkeille. (Vertex Systems Oy 2014, hakupäivä 10.4.2014)

Arkistointitoiminnolla hallitaan kaikkia Vertex ED -dokumentteja. Kaikki dokumentit löytyvät ohjelman arkistosta suoraan hakuheitojen avulla tai dokumentin tunnuksella. Järjestelmä tukee yleisiä tiedostomuotoja sekä tietojärjestelmäyhteyksiä. Grafiikan siirto sopivia tiedostoja ovat DWG, DXF, IGES, MI, HPGL sekä TIFF. Dokumenttien katselua varten yhteensopivia tiedostomuotoja ovat DWG, DXF, IGES, MI, HPGL, TIFF, PDF, HTML, ASCII, WORD ja EXCEL.

5.2 Kenttälaitteet

Taulukossa 1 on esitetty osaprosessin SL4 kenttälaitteet. Liitteessä 3 on magneettiventtiilien EV-010 ja EV-018, linjasäätöventtiilin HCV-12 sekä virtausventtiilin LV-035 ja pinnankorkeuden lähettimen LT-035 Vertex ED-piirikuvat.

Taulukko 1. Osaprosessin SL4 kenttälaitteet

Laitetunnus	Tarkennus	Piirustusnumero	
LS-035.2	SL4 alempi yläraja	41442	
LS-035.1	SL4 ylempi yläraja	41443	
LT-035	SL4 pinnankorkeus	41449	Liitteessä
LV-035	SL4 syöttöventtiili	41547	Liitteessä
EV-010	SL4 kuormitusventtiili	41411	Liitteessä
EV-018	P2 kuormitusventtiili	41412	Liitteessä
HCV-12	SL4 tyhjennyksen linjasäätöventtiili	41441	Liitteessä
P2	Pumppu osaprosessiin SL4		

Pumpun P2 piirikuvat oli jaoteltu Vertexiin sillä periaatteella, että piirikuva/taajuusmuuttajan I/O. Sen vuoksi kuvia oli lukuisia eikä niitä ole tarve tähän raportoida.

Säätöpiirin kannalta koko osaprosessin tärkein toimilaite on LT-035. Se lähettää pinnankorkeuden mittaustietoa, joka on erittäin tärkeää takaisinkytkettyä PID-säädintä käytettäessä.



Kuva 19. Säiliön SL4 pinnankorkeudenlähetin

5.3 Piirien tarkastus

Tiedossa oli että Vesiprosessin sähkökaapelointi on työn alla ja että kaikki piirikuvat eivät välttämättä täsmää todellisen tilanteen kanssa. Sen vuoksi piirit tarkastettiin. Tarkastukset tehtiin käymällä piirit läpi yleismittarin piippaustoimintoa hyödyntämällä. Pohjana tarkastuksissa käytettiin Vertexistä löytyviä piirikuvia.

Kaikki osaprosessin piirit tarkastettiin ja tarkastuksen tulos oli, että piirit olivat kuvien mukaisia toimilaitteelta ristikytkenäkaapeille asti. Pumppu P2 oli kytketty jakokaapille väärään paikkaan, mutta eräs opiskelijaryhmä oli oppitunnilla saanut työksi korjata kytkennät. Tarkastusten aikana heräsi kuitenkin kysymys valvomoluokan puolella olevan ristikytkenätaulun tilanteesta. Ristikytkenätaulu oli muutostyön kohteena eikä tarkkaa valmistumisaikataulua ollut tarjolla. Tilanteesta käyty palaveri opinnäytetyön ohjaajan kanssa johti päätökseen, että osaprosessin SL4 ajoympäristö on syytä alustavasti suunnitella simuloituna ympäristönä, sillä takeita ristikytkenätaulun valmistumiselle ajoissa ei ollut.

I/O-tietojen tuominen logiikalle ilman valmista ristikytkenätaulua on mahdotonta. Koska ristikytkenätaulun toteutus on osa laajempaa kokonaisuutta, ei sen tilanteeseen tässä opinnäytetyössä oteta kantaa. Tilanne siis oli se, että SL4 ajoympäristö tehdään simuloimalla, tai mikäli ristikytkenätaulu valmistuu opinnäytetyön aikana, voidaan käyttää oikeita I/O-tietoja. Työhön valittu ohjelmoitavan logiikan simulaattorimoduuli sopi kuitenkin hyvin myös simuloimalla toteutettuun ajoympäristöön.

6 AJOYMPÄRISTÖ

Ajoympäristöllä tarkoitetaan osaprosessi SL4:n automaattiseen ajamiseen mahdollistavaa kokonaisuutta. Siihen kuuluvat sähköiset kytkennät ja johdotukset sekä ohjelmoitavaan logiikkaan tehtävät logiikkaohjelmat, sekä valvomokäyttöliittymä. Ajoympäristön suunnittelun painopiste oli helppo lukuisessa valvomokäyttöliittymässä sekä PID-säätimeen liittyvissä asioissa.

Haluttiin että valvomokäyttöliittymä voidaan avata automaatiolaboratorion tiloissa tapahtuvilla kursseilla opetuskäytössä. Oppilaat voivat tutustua käyttöliittymään sekä tutkia Siemensin TIA Portalilla luotua ajoympäristöä.

Osaprosessille SL4 suunniteltu ajoympäristö tulisi vastata ja muistuttaa teollisuuden automaatio ratkaisuja. Automaatio-ohjelmien visualisointi on yksi ohjelmoinnin tärkeimmistä ja tyypillisimmistä tehtävistä. Tässä opinnäytetyössä luotu ajoympäristö auttaa Lapin AMK:n sähkötekniikan opiskelijoita hahmottamaan sitä kokonaisuutta, mitä ajoympäristön toteutus käytännössä vaatii.

Ajoympäristön toteutuksessa ja suunnittelussa käytettiin Siemensin ohjelmistoja. Uusia lisenssejä tai laitteistoa ei tarvittu. Tarvittavat laitteistot, tarvikkeet ja työkalut löytyivät joko automaatiolaboratiosta, tai sitten Lapin AMK:n sähkökorjaamolta.

6.1 Suunnittelu

Suunnittelun lähtökohtana oli että tulevat oppilaat voivat hyödyntää opinnäytetyön tuotoksia. Sen vuoksi tietokoneelle tallennettavat logiikkaohjelmat, käyttöliittymä sekä piirustukset tulivat olla julkisella verkkoasemalla.

Ensimmäinen suunniteltava asia oli suunnitella Siemensin ohjelmoitavalle logiikalle kytkentäalusta. Valvomoluokassa oli aiemmin ollut käytössä puulevyjä, johon riviliittimet, releet, sulakkeet ja logiikka oli asennettu. Käytäntö oli erittäin hyväksi todetta jonka vuoksi myös tässä opinnäytetyössä päädyttiin samanlaiseen ratkaisuun. Puulevyille tulisi asentaa osaprosessin SL4 ajamiseen tarvittavat komponentit.

Ohjelmoitavalle logiikalle tehtävät ohjelmat pystyttiin helpoiten tekemään automaatiolaboratorion valvomoluokassa. Luokassa oli tarvittavat ohjelmistot automaatio-ohjelmien sekä valvomokäyttöliittymän suunnitteluun ja toteutukseen. Suunniteltiin myös, että kaikilta valvomon tietokoneilta olisi mahdollista käyttää SL4-osaprosessin käyttöliittymää.

Ohjelmoitavan logiikan sekä käyttöliittymän suunnittelussa päädyttiin täysin simuloitun prosessin toteutukseen. Epävarmuudet ristikytentätaulun valmiudesta johtivat päätökseen. Simuloitu prosessi toteutetaan erilaisilla Step 7:n toimilohkoilla sekä logiikan simulaattorimoduulin avulla.

6.2 Ohjaustaulu

Ohjaustaulu suunniteltiin alustaksi ohjelmoitavalle logiikalle, riviliittimille, signaalimuuntimille, virtalähteelle sekä releille. Osaprosessien edellisen ohjaustaulun piirustukset kävivät tulevan ajoympäristön asennusalustaksi hyvin. Sen vuoksi päätimme käyttää verkkolevyllä olleita piirustuksia ohjaustaulun rakentamiseen. Ohjaustaulun piirustus on liitteessä 4.



Kuva 20. Ohjaustaulu osaprosessille SL4

Ohjaustaulun rakentamiseen tarvittut komponentit löytyivät prosessiautomaation laboratoriosta tai sähkökorjaamolta. Sähkökorjaamolta löytyivät ruuvit ja työkalut kiskojen ja johtokourujen kiinnitykseen.

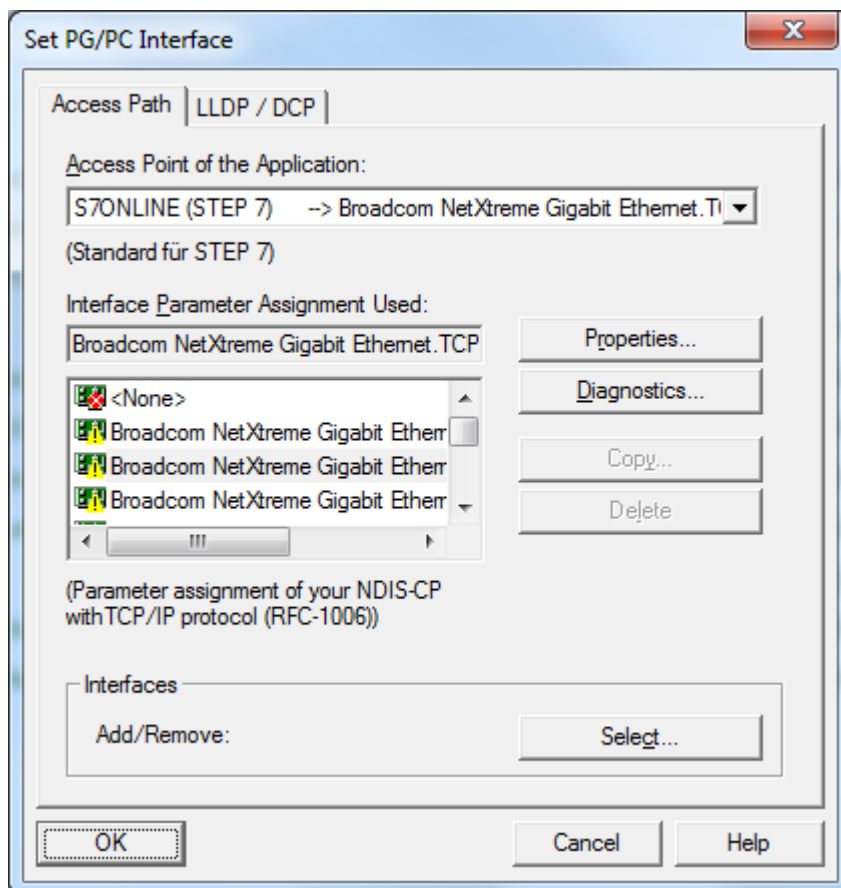
Levyille asennettiin 30 riviliitintä yhdelle DIN-kiskolle. Se on riittävä määrä, kun tulevaisuudessa osaprosessin SL4 I/O:t kytetään taulun riviliittimille. Taulun kaksi ylemmää riviliitinrimaa on tarkoitettu tulevien signaalien ristiinkytkennälle. Ohjelmoitavan logiikan alapuolelle sijoitetut riviliittimet ovat tarkoitettu Siemens S7-300 -logiikan I/O-korttien, signaalimuuntimien sekä releiden jännitesyötöille. Alimmalle kiskolle on asennettu myös Mascot 24V-jännitelähde.

Ohjaustaulun seinään kiinnitys sekä erilaiset merkinnät jätettiin tekemättä, sillä niiden lopulliset tilanteet selviävät myöhemmin. Kun valvomoluokassa oleva ristikytkentätäulu valmistuu, saadaan varmuus osaprosessin SL4 ohjaustaulun loppusijoituspaikasta ja kaapeloinnista.

7 OHJELMOINNIN TOTEUTUS

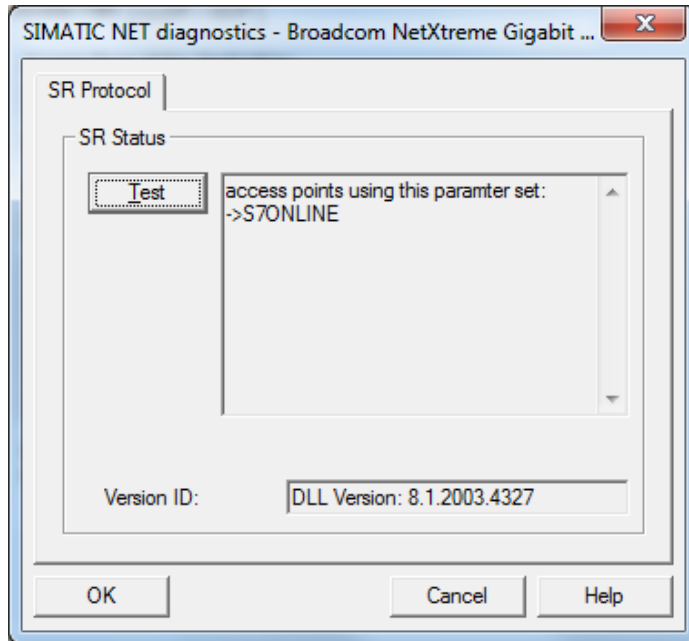
Kun osaprosessin SL4-ohjaustaulu valmistui, se sijoitettiin valvomoluokkaan työtasolle. Siitä ohjelmoitava logiikka pystyttiin kytkemään luokan tietokoneeseen. Ensin logiikkaan otettiin yhteys käyttäen USB-porttia sekä MPI-väylää. MPI-väylän kautta pystyttiin logiikalle lataamaan uusi laitekonfiguraatio, jonka avulla voitiin aloittaa Profinet-yhteyden käyttäminen. Profinet on MPI-väylää nopeampi ja sen vuoksi helpottaa työn suoritusta koska latausajat lyhenevät.

Aluksi valvomoluokan tietokoneet eivät tunnistaneet Profinet-liityntää ja sen vuoksi täytyi tehdä muutoksia käyttöjärjestelmän asetuksiin. Tietokoneen ohjauspaneelista täytyi mennä "Set PG/PC Interface" valintaan jossa tietokoneen verkkokortin asetuksista valittiin TCP/IP kohtaan <active>. Kuvassa 21 on kuvankaappaus asetusikkunasta.



Kuva 21. Verkkokortin asetusten muuttaminen

Verkkokortin yhteyden yhteysväylään S7ONLINE pystyi tarkistamaan menemällä "Diagnostics" valintaan ja valitsemalla sieltä "Test".

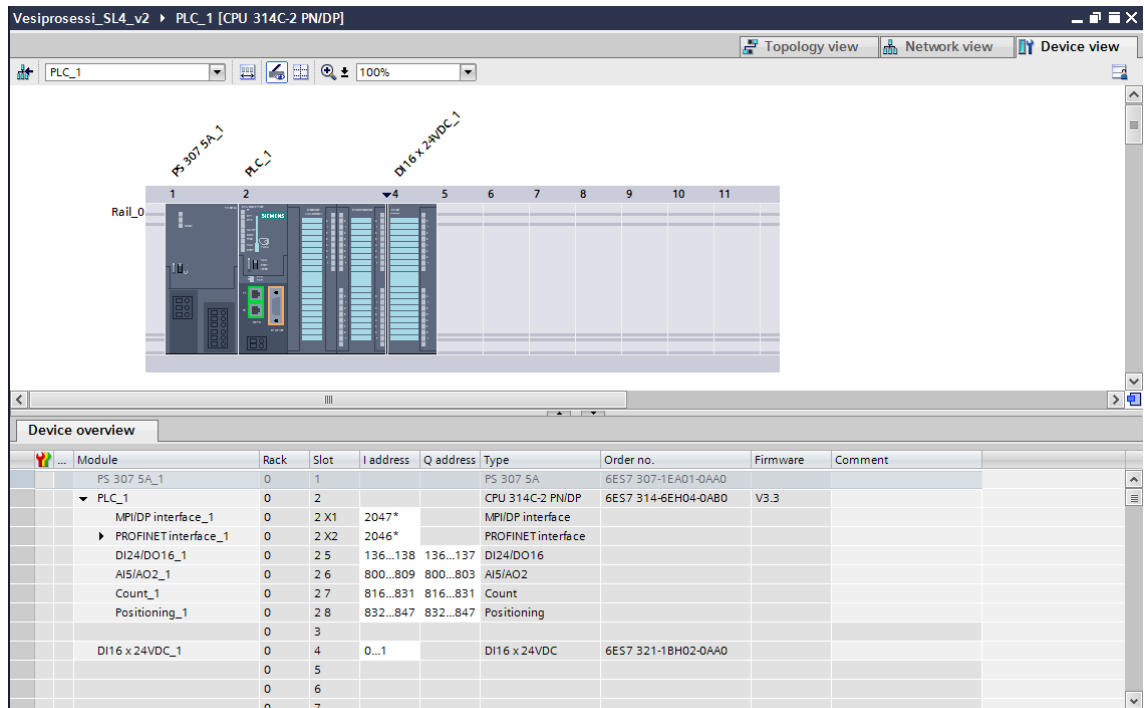


Kuva 22. Diagnostiikalla todettu toimiva S7ONLINE-yhteys

Kun yhteys tietokoneen ja logiikan välillä oli saatu Profinetillä toimivaksi, tyhjennettiin vielä varmuuden varalta logiikan RAM-muisti. Muistin nollaus tehtiin Siemensin ohjeita noudattaen pitämällä MRES-valintaa logiikan etupaneelista pohjassa määritely aika. Koska yhteydet oli todettu toimiviksi ja logiikan muisti oli täysin puhdas, voitiin aloittaa logiikkaohjelman ohjelmointi.

7.1 Siemens S7-300 -logiikkaohjelma

Ensimmäiseksi TIA Portalissa oli määriteltävä käytettävä logiikan hardware. Hardware on helppo lisätä järjestelmän kirjastosta logiikan asennuskiskoon. Kuvassa 23 on kuvankaappaus Step 7:n hardware-konfiguraatioikkunasta.



Kuva 23. Käytetyn logiikan hardware Step 7:ssa.

Hardware-konfiguroinnissa voidaan korttien osoitevaruutta muuttaa, mikäli käyttäjä niin haluaa. TIA Portalissa korttien osoitteet ovat selvästi taulukossa nähtävillä, mikä helpottaa ohjelmoijan työskentelyä.

PID-säädin päätettiin sijoittaa organisaatiolohkoon OB35. Lohkon kiertoaika on 100 ms ja se soveltuu hyvin säätimen sijoituspaikaksi. Itse PID-säätimeksi valittiin Siemensin oma CONT_C, joka on jatkuvatoiminen PID-säädinlohko. CONT_C luo itselleen oman DataBlock-tietokannan, johon kaikki parametrit tallentuvat. Tietokantaan on mahdollista syöttää suoraan parametrien tietoja tagittamalla suoraan haluttuun osoitteeseen. Tätä mahdollisuutta ei kuitenkaan käytetty, vaan tarvittavat parametrit tagitettiin erikseen. Kokonaisuudessaan OB35 ja sen sisältämä PID-säädinlohko CONT_C on liitteessä 5.

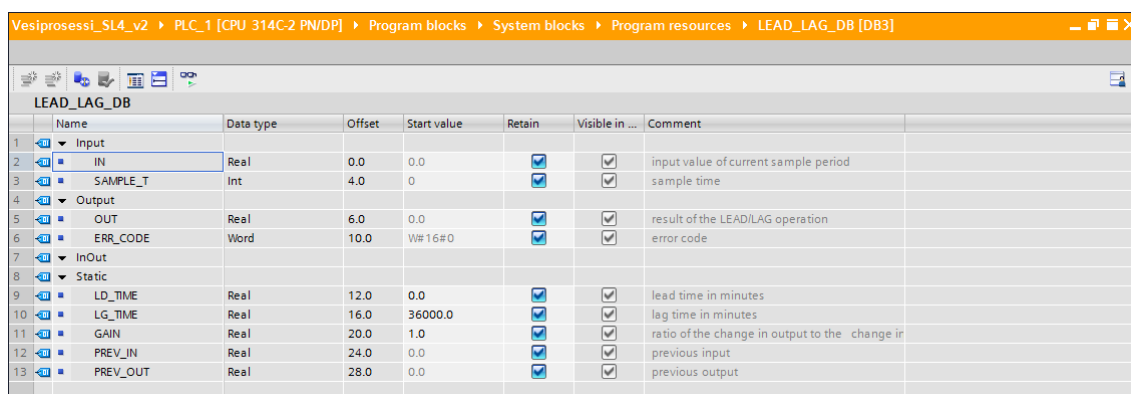
Koska oikeaa pinnankorkeustietoa ei ollut saatavilla eikä säätöpiirin viritykseen tarkoitettua laitteistoa ollut saatavilla, päätettiin prosessin dynamiikka simuloida matemaattiselle menetelmällä.

Laskentaohjelma ohjelmoitiin jatkuvakiertoiselle ohjelmalle FC2. Laskentaohjelman tarkoituksena oli, että se käyttäytyisi samalla tavalla kuin osaprosessin SL4-dynamiikka.

Osaprosessin vanhoista askelvastekokeista saatiin arvoja, joita matemaattisessa mallissa käytettiin. Ensimmäisenä lohkona ohjelmassa toimii LEAD_LAG-lohko, jolla laskentaprosessiin lisätään 36000 ms:n viive. Siitä laskettu signaali siirtyy kertojatoimilohkolle MUL, jossa laskettu lukuarvo kerrotaan neljällä. Sen jälkeen kerrottu lukuarvo siirtyy ADD-toimilohkolle, jossa lukuarvoon lisätään reaaliarvo 17. Toimilohkolta lähtevä summa menee MUL-toimilohkolle, jossa laskettu lukuarvo kerrotaan PI-säätimeltä saatavalla ohjaussignaalin.

Ohjaussignaalin lisäys laskettuun lukuarvoon osoittautui välttämättömäksi, jotta lukuarvo saadaan reagoimaan PI-säätimen säätöön. Viimeisenä, ennen signaalin siirtymistä säätimelle, signaali jaetaan DIV-toimilohkossa 100:lla. Jakamisen tarkoituksena on lukuarvon skaalautuminen välille 0-100. Liitteessä 6. on FC2 suureiden skaalaus -ohjelma kokonaisuudessaan.

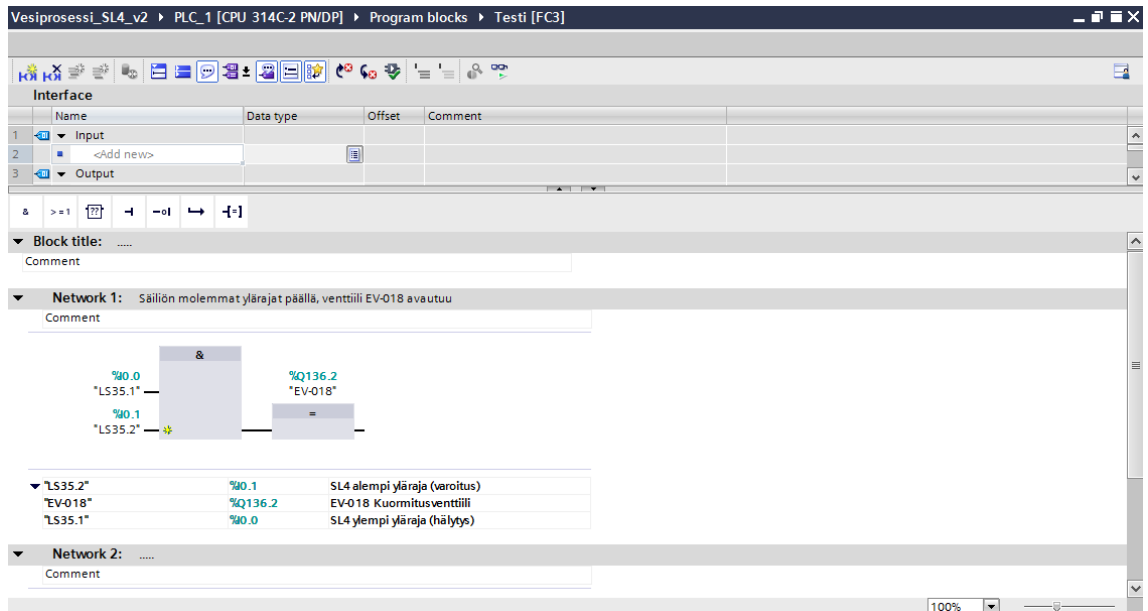
Ohjelmassa käytetty LEAD_LAG-lohko luo itselleen DB-tietokannan, josta lohkon parametreja voidaan muuttaa tai lukea.



	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Visible in ...	Comment
1	Input						
2	IN	Real	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	input value of current sample period
3	SAMPLE_T	Int	4.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	sample time
4	Output						
5	OUT	Real	6.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	result of the LEAD/LAG operation
6	ERR_CODE	Word	10.0	W#16#0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	error code
7	InOut						
8	Static						
9	LD_TIME	Real	12.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	lead time in minutes
10	LG_TIME	Real	16.0	36000.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	lag time in minutes
11	GAIN	Real	20.0	1.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ratio of the change in output to the change in
12	PREV_IN	Real	24.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	previous input
13	PREV_OUT	Real	28.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	previous output

Kuva 24. LEAD_LAG-lohkon DB-tietokanta

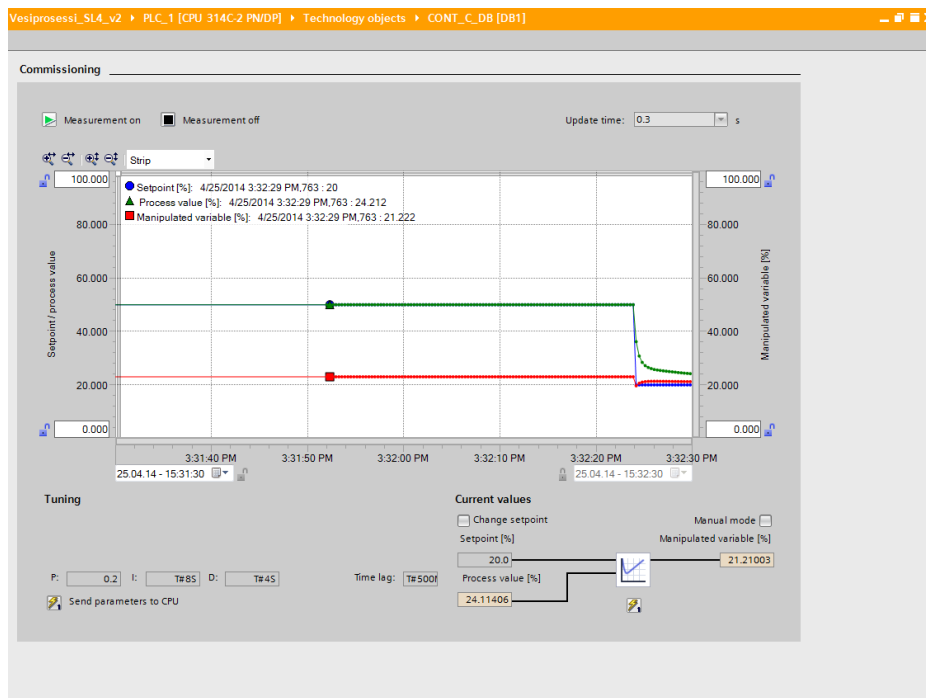
Simuloidulle osaprosessille haluttiin vielä pieni ohjelma säiliön SL4 ylärajoille sekä magneettiventtiili EV-018:lle. Ohjelma pakko-ohjaa venttiilin auki mikäli molemmat säiliön SL4 ylärajat ovat päällä.



Kuva 25. Magneettiventtiili EV-018 pakko-ohjaus

Ylärajat aktivoidaan simulaattori moduulin tuloista 0.0 ja 0.1.

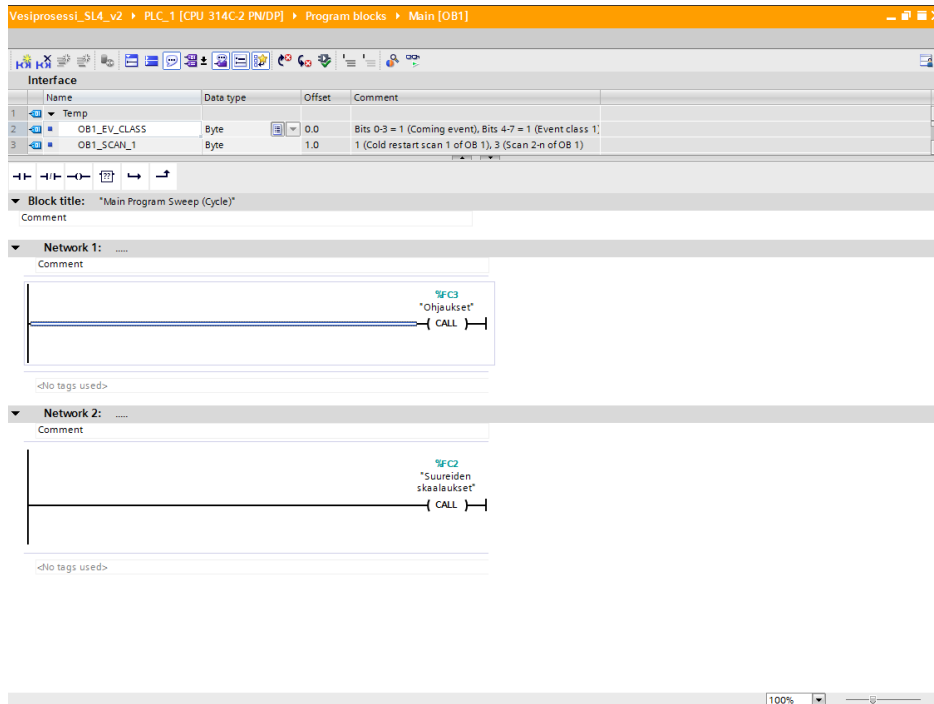
Säätimen virityksessä käytettiin hyväksi TIA Portalissa olevaa "Commissioning" sovellusta, jonka tarkoituksena on helpottaa PID-säätimen parametroidia.



Kuva 26. PID-säätimen viritys simuloidulle prosessille

Virityksen yhteydessä tehtiin päätös käyttää säätimenä PI-säädintä. PI-säätimen parametreilla $K = 0.2$ ja $TI = 8s$ saatiin parhaimmat tulokset.

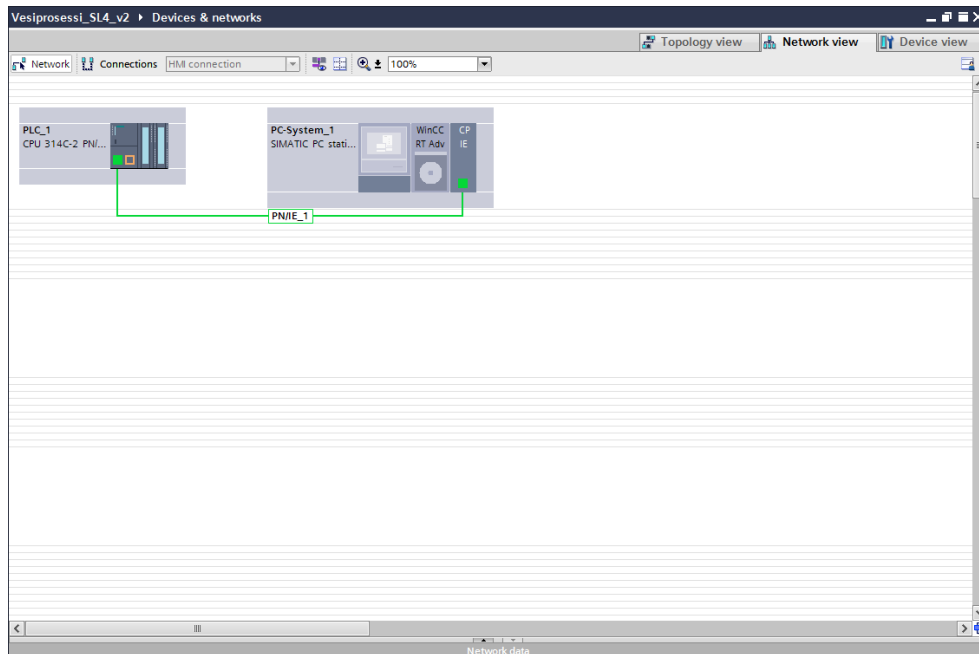
Organisaatiolohkoon OB1 lisättiin kutsut prosessia kuvaavalle laskentaohjelmalle sekä ylärajojen vaikutuksesta pakko-ohjautuvalle EV-018:lle.



Kuva 27. OB1-lohkon kutsut ohjelmille FC2 ja FC3

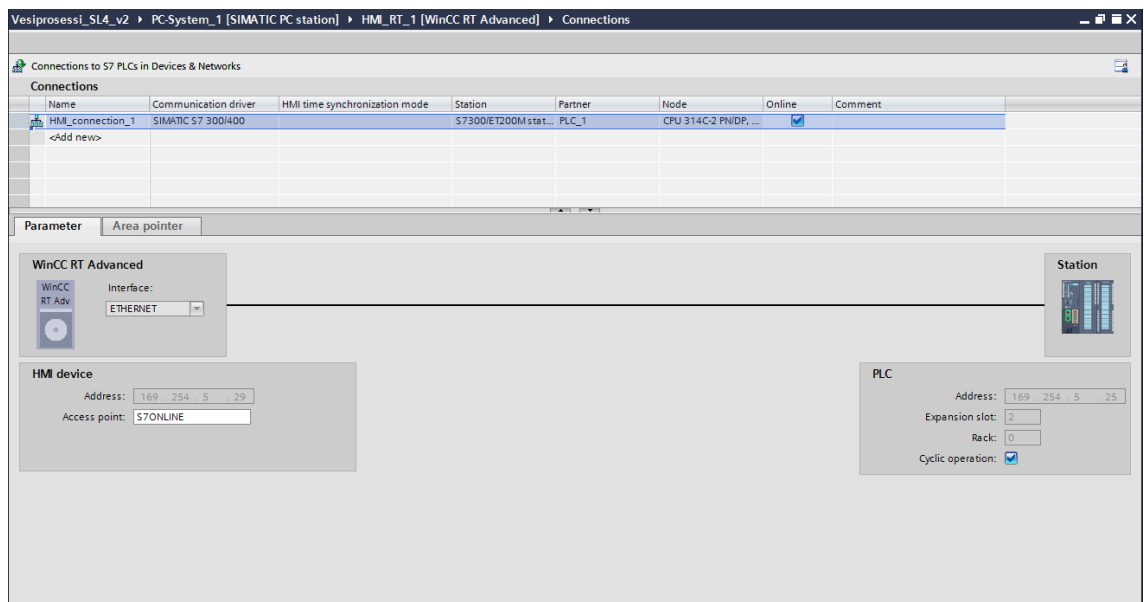
7.2 Valvomo-ohjelma

Kun logiikkaohjelma oli saatu toimivaksi, pystyttiin aloittamaan valvomo-ohjelman toteutus. Valvomo-ohjelman toiminnan edellytys on oikein luotu yhteys logiikan ja tietokoneen välille. Hardware konfiguraatio sijainnissa Network-valikkoon lisättiin PC-Station, sekä CP/IE, joka toimii välittäjänä PLC:n ja tietokoneen välillä.



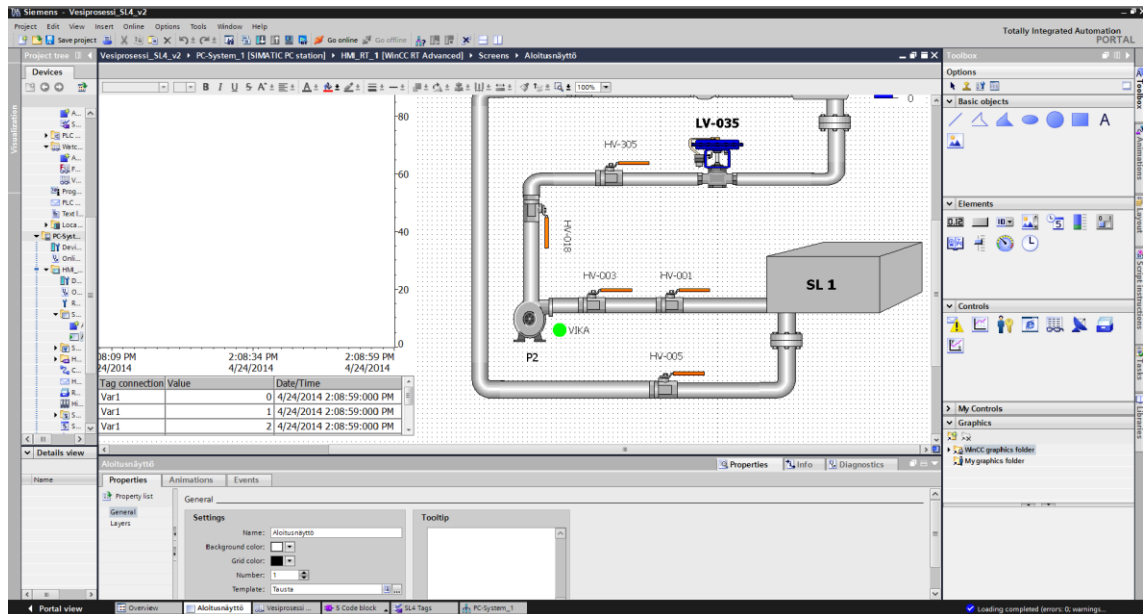
Kuva 28. PC-station yhdistettynä logiikkaan

Lisäksi WinCC:n puolella täytyi asetukset määrittellä valikosta "Connections" (kuva 29.).



Kuva 29. Asetusikkuna PLC:n ja WinCC:n välillä

Kun yhteydet oli saatu toimiviksi, voitiin aloittaa valvomokäyttöliittymän suunnittelu ja toteutus. WinCC Advanced tarjoaa runsaasti erilaista grafiikkaa käyttöliittymän suunnitteluun. Osaprosessin SL4 käyttöliittymä toteutettiin suurimmaksi osin valmiin grafiikan avulla. Kuvassa 30 on kuvankaappaus, jossa on nähtävillä koko WinCC Advancedin suunnittelu ympäristö.

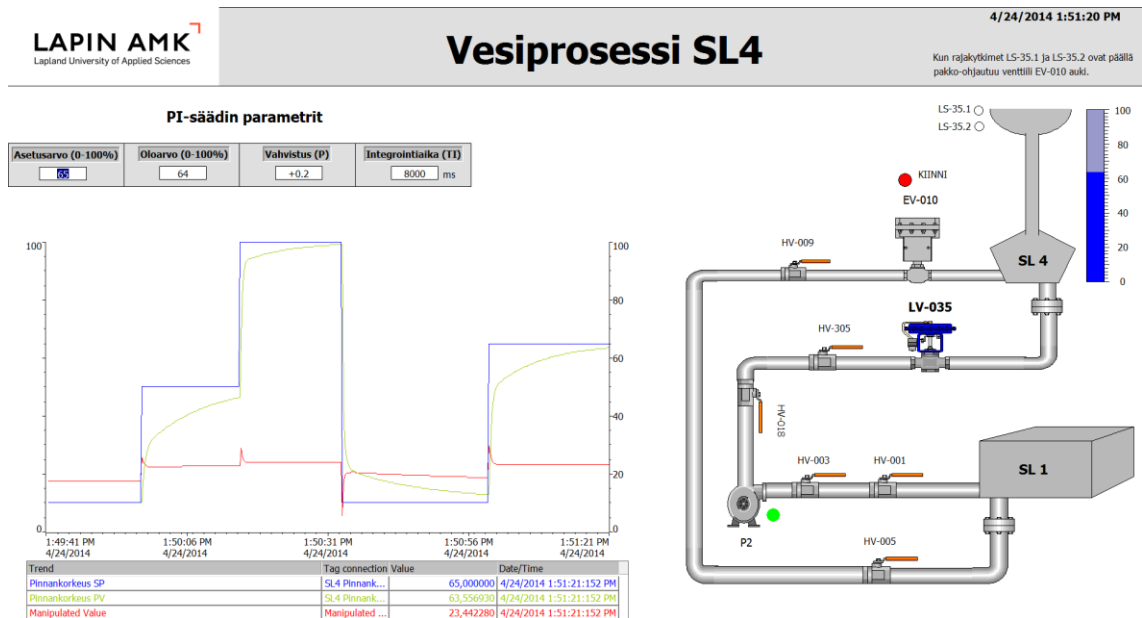


Kuva 30. WinCC Advanced suunnitteluympäristö

Käyttöliittymän yläreunaan tehtiin ylätunniste, jossa on oppilaitoksen logo, käyttöliittymän nimi, kello ja päivä sekä pieni selosteteksti. PI-säätimen arvot päivittyvät kuvaajaan 100 ms:n välein. Säätimen kuvaajaan määriteltiin näkymään asetusarvo, mittausarvo sekä ohjaussignaali. Käyttöliittymän oikeaan reunaan mallinnettiin osaprosessin SL4- prosessi toimilaitteineen. Malli sisältää aktiivisen I/O-tiedon pumpun P2-vikatilalle, tilatiedot ylärajoille LS-35.1 ja LS-35.2 sekä magneettiventtiilin EV-010 tilatiedon. Säiliön SL4 viereen sijoitettiin säiliön pinnankorkeutta kuvaava indikaattori. Lisäksi PI-säätimen arvoja piirtävän kuvaajan yläpuolelle sijoitettiin aktiivisia I/O-kenttiä. Asetusarvon muuttaminen onnistuu syöttämällä asetusarvo väliltä 0 - 100 asetusarvokenttään ja vahvistamalla se painamalla Enter.

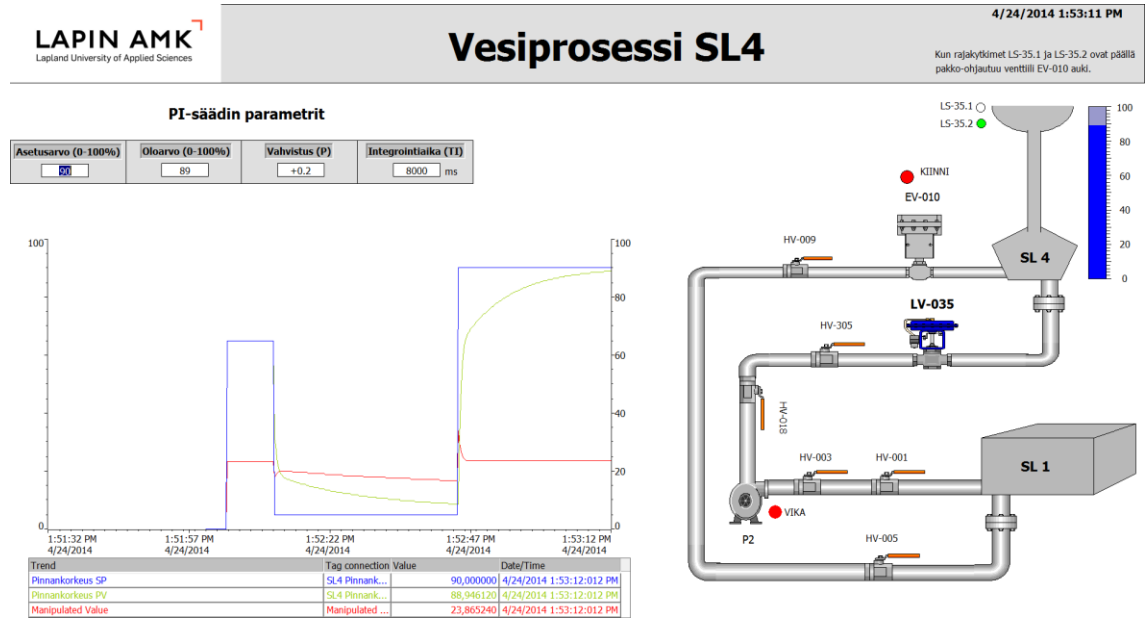
8 TESTAUS

Kun käyttöliittymä oli valmis, se voitiin käynnistää ja testata sen toiminta painamalla TIA Portalin ylävalikosta löytyvää ikonia "Start Runtime". Resoluutioksi oli aikaisemmin valittu tietokoneen käyttämä 1920 x 1080, joten käyttöliittymä peitti koko näytön. Kuvassa 31 on kuvankaappaus käyttöliittymästä tilanteessa, kun prosessin asetusarvoa on muuteltu muutamaan otteeseen.



Kuva 31. Valmis osaprosessin SL4 käyttöliittymä

Kun PI-säätimen arvoja piirtävän kuvaajan toiminta oli testattu, testattiin P2-vikatilaa kuvaavan indikaattorin sekä ylärajojen ja magneettiventtiilin toiminnat. Kuvassa 32 on tilanne, jossa alempi yläraja LS-35.2 on päällä sekä pumpun P2 vikatilaa. Pumpun indikaattori on normaalitilanteessa vihreä ympyrä, mutta vikatilanteessa tilalle vaihtuu punainen ympyrä ja teksti "Vika".



Kuva 32. Osaprosessin SL4 käyttöliittymän indikaattorien testausta

Testien päätteeksi voitiin todeta käyttöliittymän toiminta. Käyttöliittymä jää Lapin AMK:n käyttöön ja sitä voidaan hyödyntää opetuskäytössä tulevaisuudessa.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön aihe oli kiinnostava. Aikaa kului paljon teoriaan tutustumiseen, ohjelmien käytön opetteluun sekä Siemensin lohkoihin perehtyessä. Työn hyvä puoli oli ehdottomasti se, että sitä voitiin rajata tarpeen niin vaatiessa. Ajoympäristön suunnittelu ja toteutus oli palkitsevaa, sillä siitä jäi paljon näkyvää jälkeä. Samalla sai tehtyä automaatiotekniikan kannalta tärkeän työprosessin alusta loppuun. Sen vuoksi opinnäytetyön aihe olikin erittäin opettavainen.

Ristikytkentätaulun muutostyön ajankohta oli harmillinen, ja sen vuoksi osaproessin oikeita I/O-tietoja ei voinut käyttää. Työ olisi ollut vielä antoisampi, jos oikeita I/O-tietoja olisi päässyt liittämään logiikkaan ja käyttämään niitä käyttöliittymässä. Simuloidussa ympäristössä tilanne ei kuitenkaan merkittävästi ole erilainen, joten suurta pettymystä puuttuneet prosessi I/O:t eivät tuottaneet. Työympäristö oli aikataulutuksen kannalta haasteellinen, sillä prosessiautomaationluokassa pidettiin oppitunteja usein eikä työpisteelle aina päässyt.

Työn lopputulokseen voi olla tyytyväinen. Käyttöliittymästä tuli määritellynlainen, kuten tehtävän määrittelyssä oli ohjeistettu. Ominaisuuksien osalta käyttöliittymää olisi kuitenkin vielä voinut hieman täydentää. Kursseilta opittuja asioita pystyi hyödyntämään kohtuullisesti logiikkaa ohjelmoitaessa. Monia uusia asioita ja ongelmia kuitenkin tuli vastaan. PID-säätimen ohjelmointi oli mielenkiintoista, mutta myös vaikeaa. Säätöteoriaa on kirjallisena tarjolla runsaasti, ja kirjallisuudessa esiintyneet mallit auttoivat toteuttamaan säätöpiirin työssä.

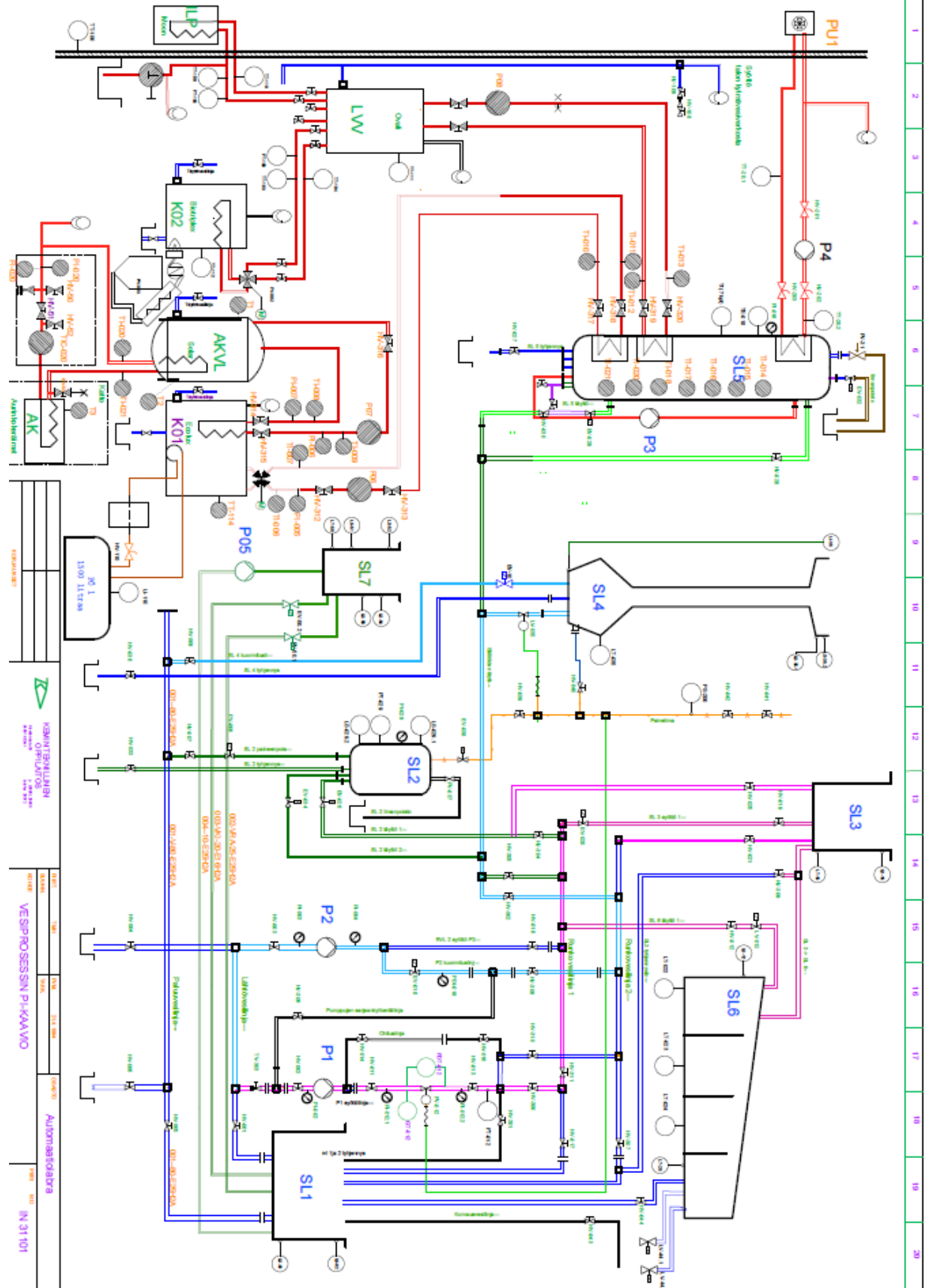
Toteutettu käyttöliittymä auttaa Lapin AMK:n opiskelijoita perehtymään Siemensin S7-300 ohjelmoitavan logiikan ohjelmointiin sekä prosessiautomaation ajoympäristön toteuttamiseen kokonaisuutena.

LÄHTEET

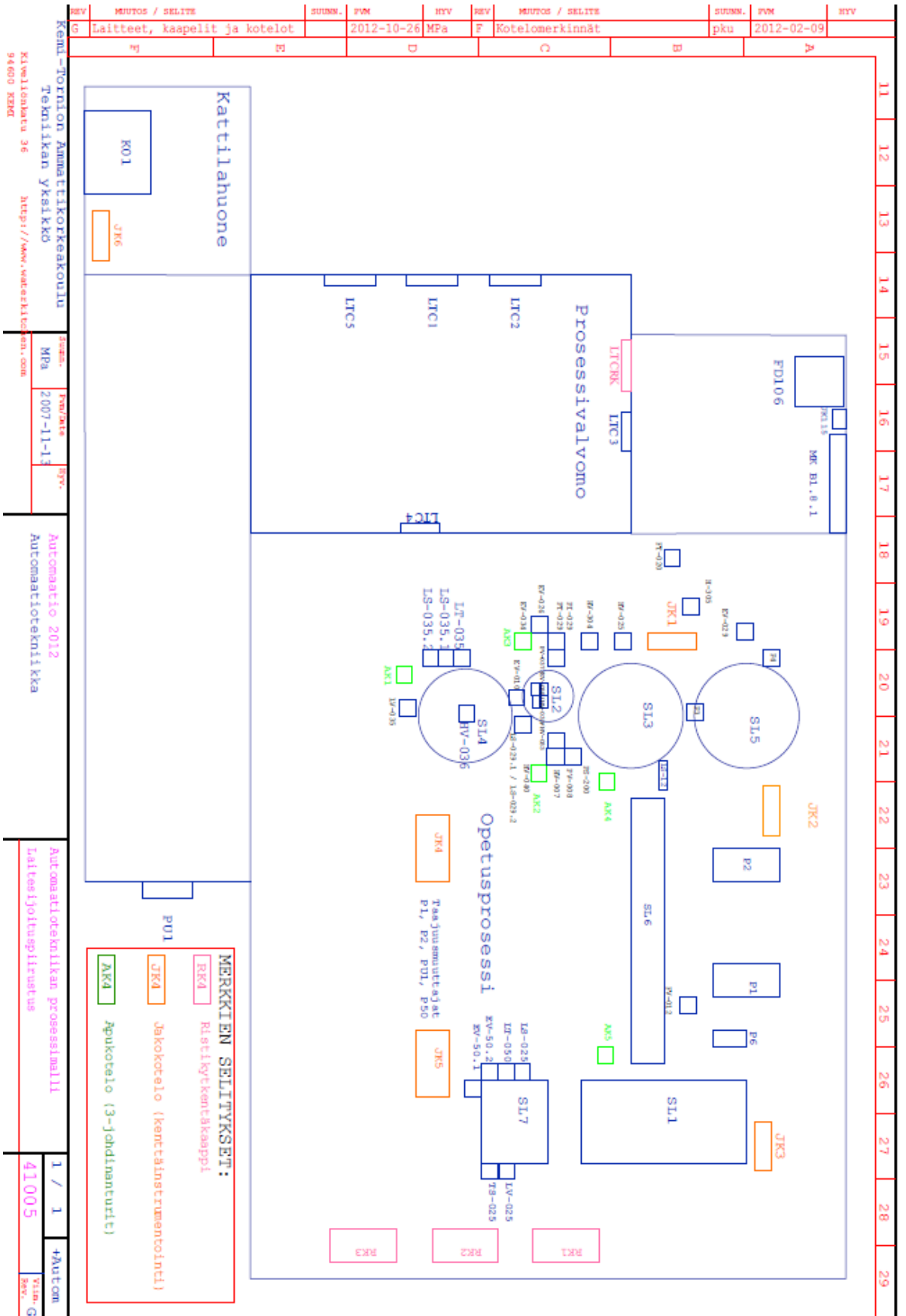
- Harju, Timo & Marttinen, Arto 2000. Säättöpiirin virityksen perusteet. 1. painos. Espoo: Otamedia Oy.
- Lapin ammattikorkeakoulun www-sivut 2014. Hakupäivä 12.4.2014. <www.lapinamk.fi>
- Leinonen, Jarkko 2012. Profibus-kenttälaitteiden asennussuunnitelma vesiprosessiin. Opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Kemi.
- Puhakka, Veli-Matti 2010. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun automaatiolaboratorion ja vesiprosessin sähkösuunnittelu. Opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Kemi.
- Siemens Oy 2011a. SIMATIC WinCC Process Visualization with Plant Intelligence. Hakupäivä 18.3.2014 <http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/ohjelmistot/valvomo_ohjelmisto/brochure_simatic-wincc_en.pdf>
- Siemens Oy 2011b. S7-300 CPU 31xC and CPU 31x: Technical Specifications. Hakupäivä 1.4.2014 <http://cache.automation.siemens.com/dnl/Tk/Tk1MDQwMQAA_12996906_HB/s7_300_cpu_31xc_and_cpu_31x_manual_en-US_en-US.pdf>
- Siemens Oy 2012. SIMATIC STEP7 in the Totally Integrated Automation Portal. Hakupäivä 25.3.2014. <http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_simatic-step7_tia-portal_en.pdf>
- Siemens Oy www-sivut 2014a. Hakupäivä 13.3.2014. <http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7_300.php>
- Siemens Oy www-sivut 2014b. Hakupäivä 17.3.2014 <http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/automaatio_ohjelmistot.htm>
- Siemens Oy www-sivut 2014c. Hakupäivä 18.3.2014 <http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/ohjelmistot/valvomo_ohjelmisto_wincc.php>
- Tilus, Ville 2012. Suunnitelma vesiprosessin etäohjauksen toteuttamiseksi. Opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Kemi.
- Vertex Systems Oy:n www-sivut 2014. Hakupäivä 10.4.2014. <www.vertex.fi>
- Verwer, Andy 2010. Overview and Applications of PROFINET. Hakupäivä 1.4.2014 <[http://www.profibus.com/uploads/media/pxddamkey\[9234\]_FA_2010_Oct_3_Introduction_to_PROFINET_PeteBrown.pdf](http://www.profibus.com/uploads/media/pxddamkey[9234]_FA_2010_Oct_3_Introduction_to_PROFINET_PeteBrown.pdf)>

LIITTEET

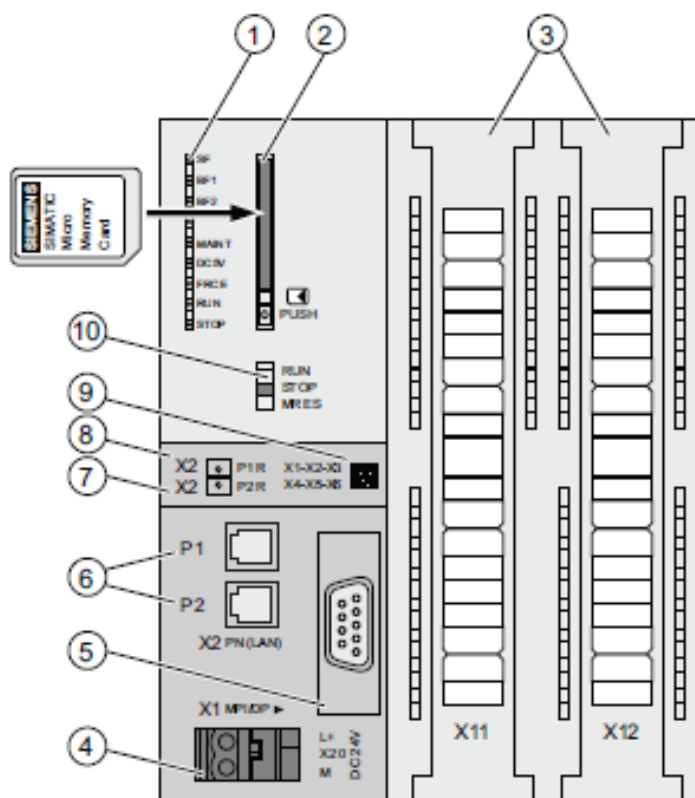
- Liite 1. Vesiprosessin PI-kaavio ja laitesijoituspiirustus
- Liite 2. Siemens CPU 314C-2 PN/DP:n ominaisuudet, liitännät ja merkkivalot
- Liite 3. Osaprosessin SL4 kenttälaitteiden piirikuvat
- Liite 4. Ohjaustaulun piirustus
- Liite 5. OB35 ja PID-säädin CONT_C
- Liite 6. FC2-suureiden skaalaukset



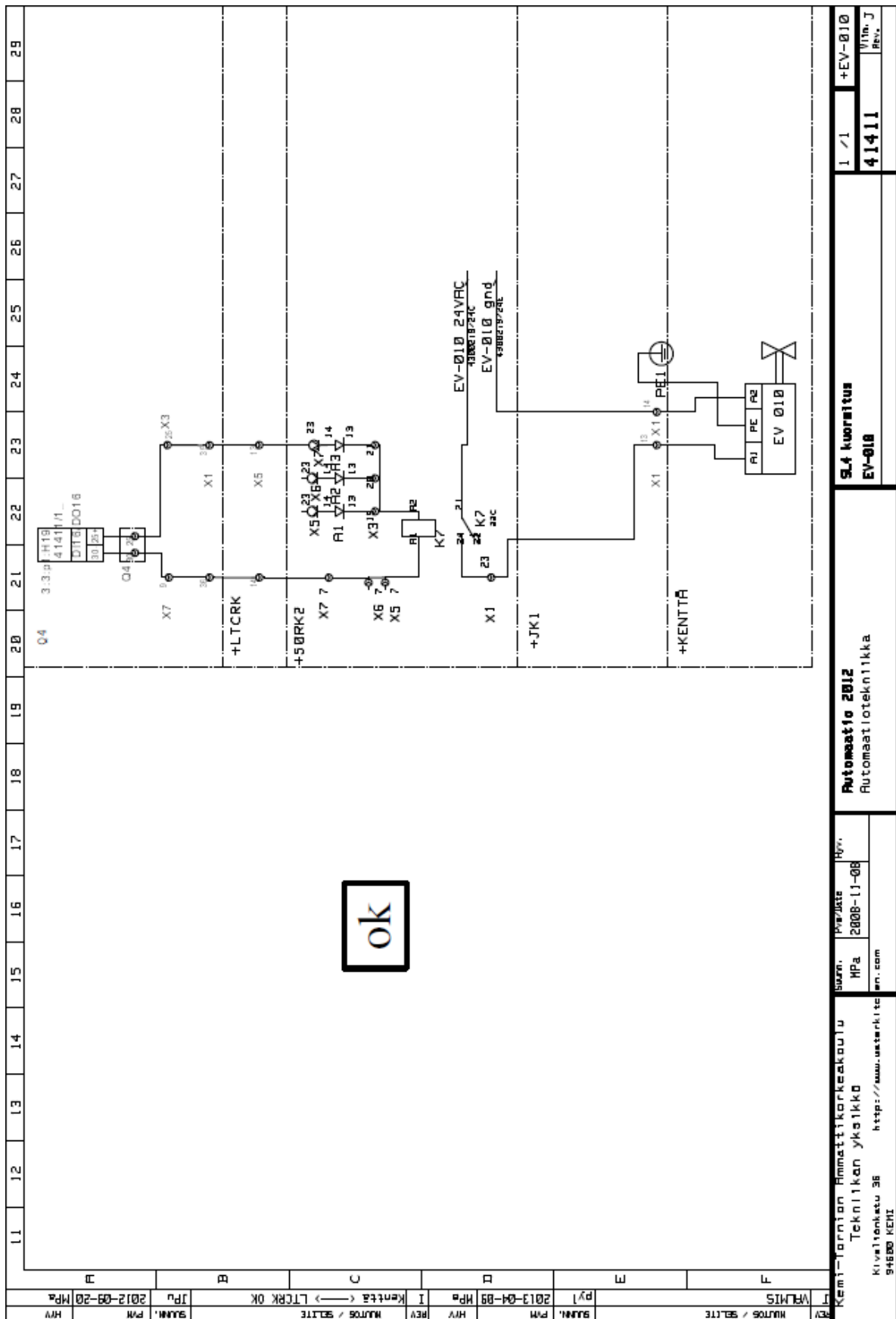
KEMANTINKILIN
 OYJEN
 VEESPROSessin PI-KAAVIO
 AUTOMATISOIVA
 IN 31 101



Operator controls and indicators: CPU 314C-2 PN/DP



Number	Description
①	Status and error indicators
②	Slot for the SIMATIC Micro Memory Card incl. the ejector
③	Terminals of the integrated inputs and outputs
④	Power supply connection
⑤	1. interface X1 (MPI/DP)
⑥	2. Interface X2 (PN), with dual-port switch
⑦	PROFINET Port 2 The Port 2 status is signaled using a dual-color LED (green/yellow):
	<ul style="list-style-type: none"> • LED lit green: LINK to a partner is active • LED changes to yellow: active data traffic (RX/TX)
	R: Ring port for setting up a ring topology with media redundancy
⑧	PROFINET Port 1 The Port 1 status is signaled using a dual-color LED (green/yellow):
	<ul style="list-style-type: none"> • LED lit green: LINK to a partner is active • LED changes to yellow: active data traffic (RX/TX)
	R: Ring port for setting up a ring topology with media redundancy
⑨	MAC address and 2D bar code
⑩	Mode selector



1 / 1	+EV-010
41411	W10, J
	REV.

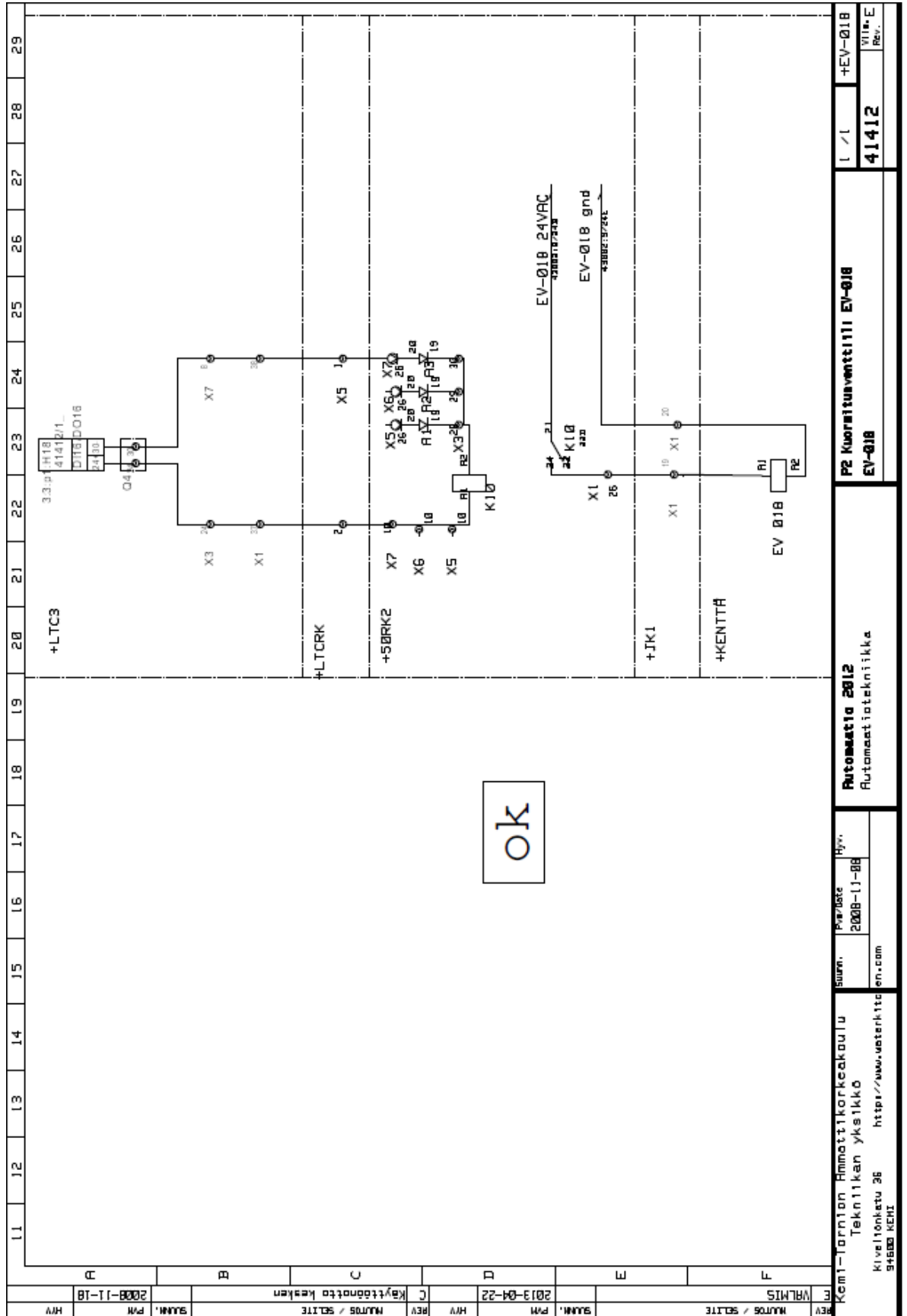
SL4 kuoritus
EV-010

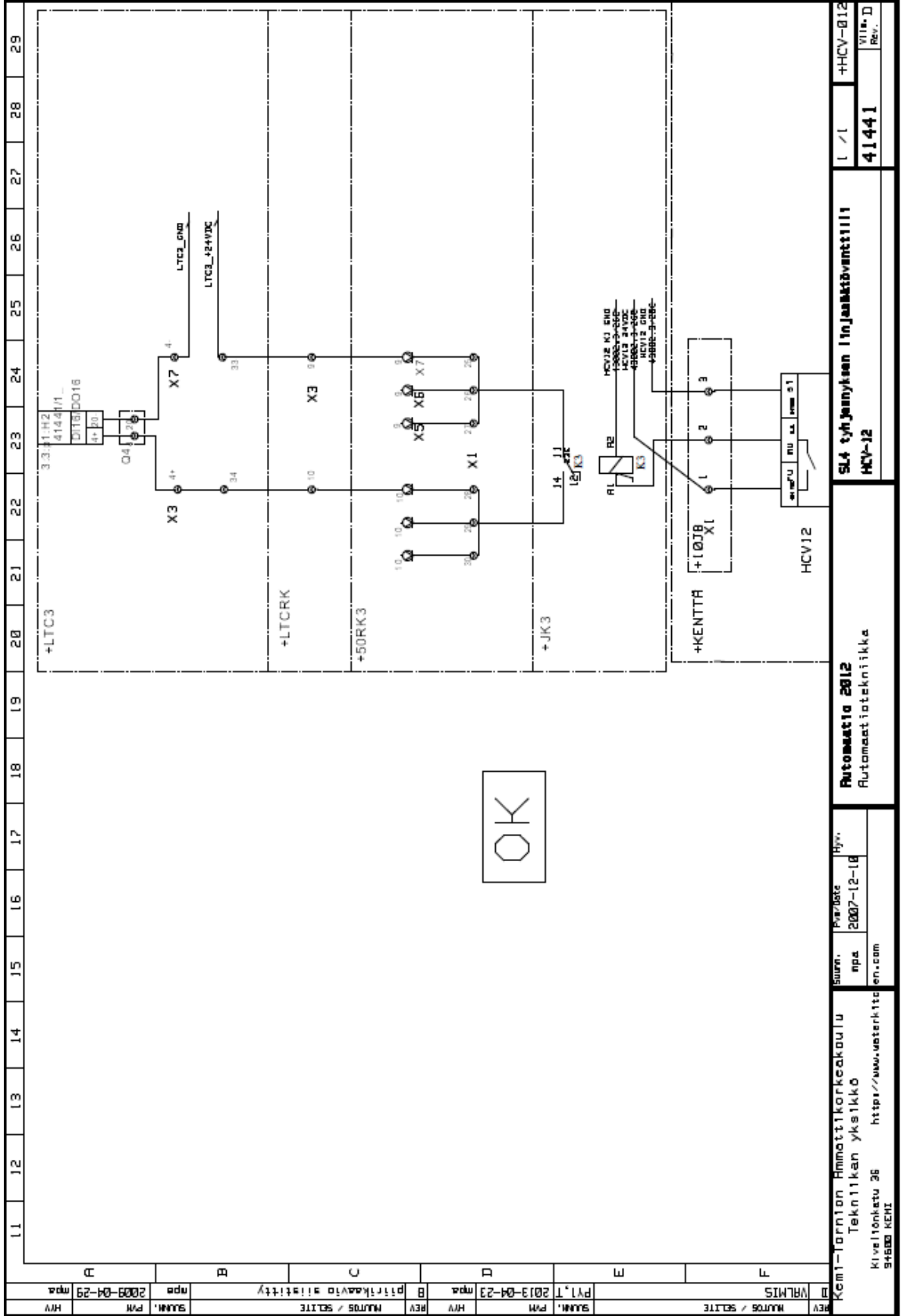
Automaatio 2012
Automaatiotekniikka

suunn. / päiväys / hvv.
MPa / 2008-11-08

Kemi-Tornion Ammatillinen Korkeakoulu
Teknillinen yksikkö
Kivallionkatu 36
94600 KEMI
<http://www.uesterkitz.fi>

REV	MUUTOS / SELITE	SAJNN. PÄIV.	2012-09-20	MPa
I	Kenttä <-> LTCRK OK	IPu		
II				
III				
IV				
V				
VI				
VII				
VIII				
IX				
X				
XI				
XII				





REV	MUROS / SELITE	SYNN.	PM	2013-04-23	mpa	B	pitätkäavio siistitty	mpa	2009-04-29	mpa	HV
II	WLMIS	PY.T	PM	2013-04-23	mpa	B	pitätkäavio siistitty	mpa	2009-04-29	mpa	HV

Kemi-tornion Himmattikorkeakoulu
 Teknillinen yksikkö
 Kiveliönkatu 36 <http://www.watertec.fi>
 54500 KEMI

Suure.
 nps
 en.com

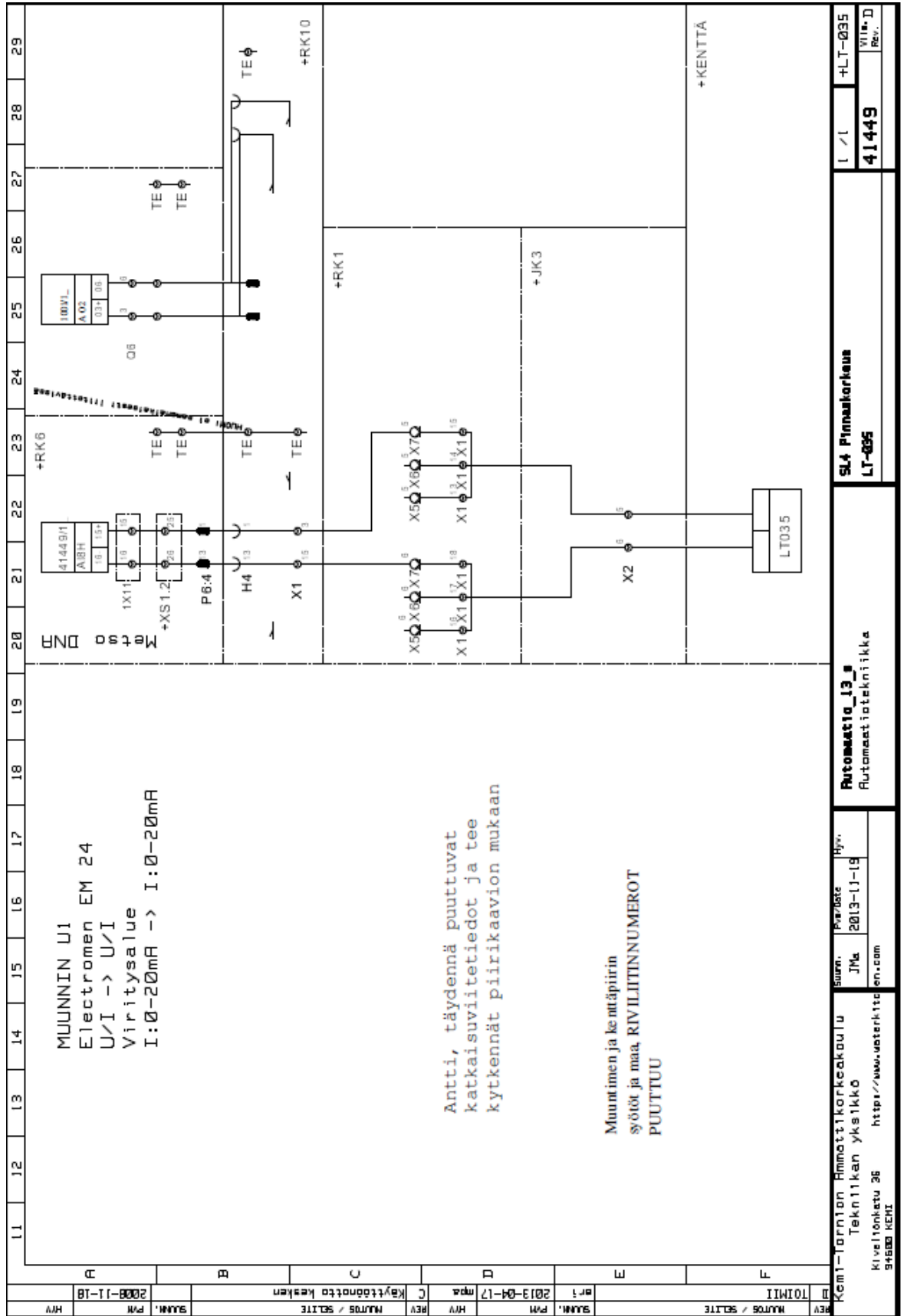
Piv./date
 2007-12-18

Hyv.
 2007-12-18

Automaatio 2012
 Automaatiotekniikka

S4 tyhjennyksen linjaakäyttö
HCV-12

I / I
41441
 +HCV-012
 VIII, D
 Rev.



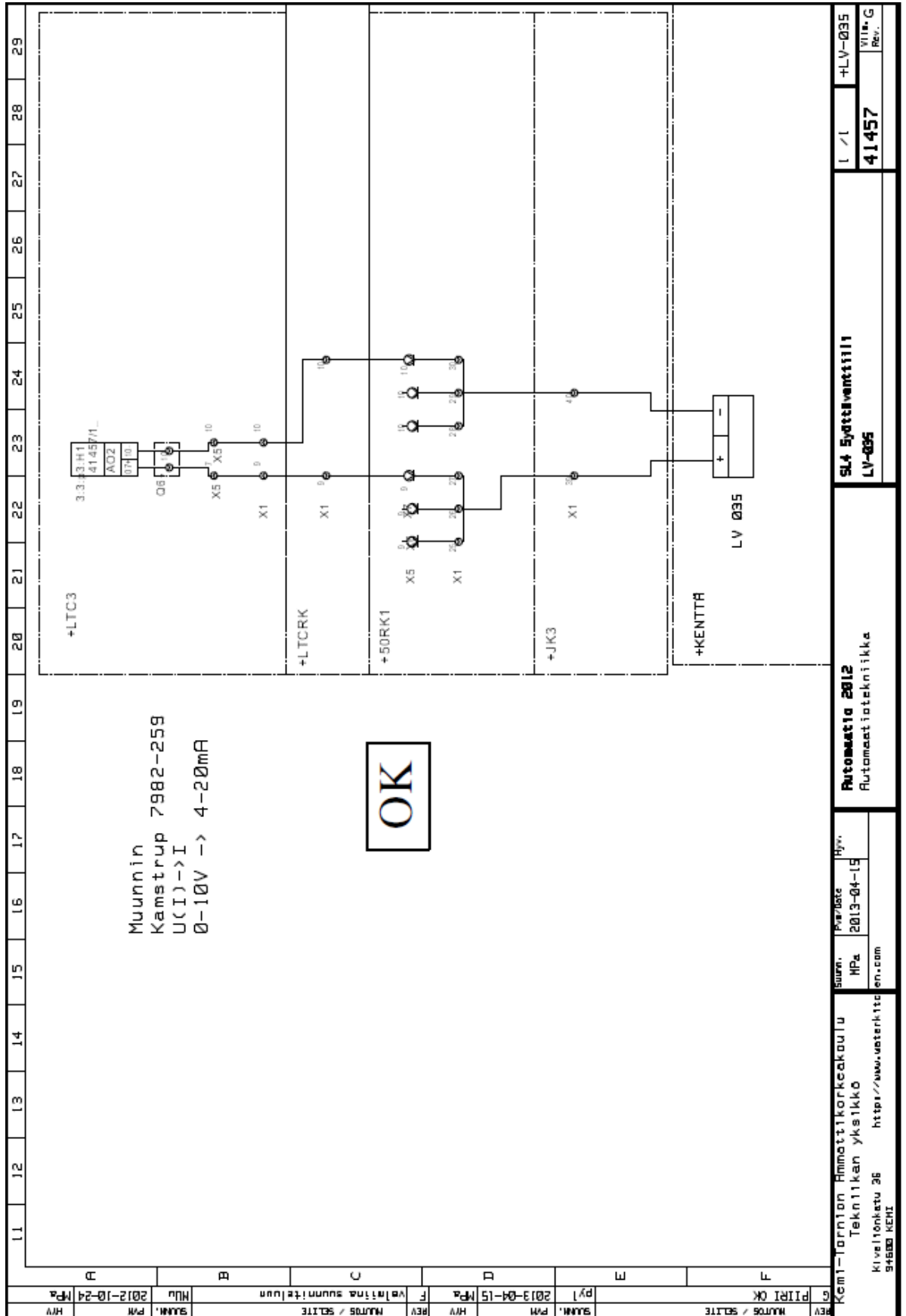
REV	MUUTOS / SELITE	SÄÄM.	PVM	2013-04-17	mpa	REV	MUUTOS / SELITE	SÄÄM.	PVM	2008-11-18	HW

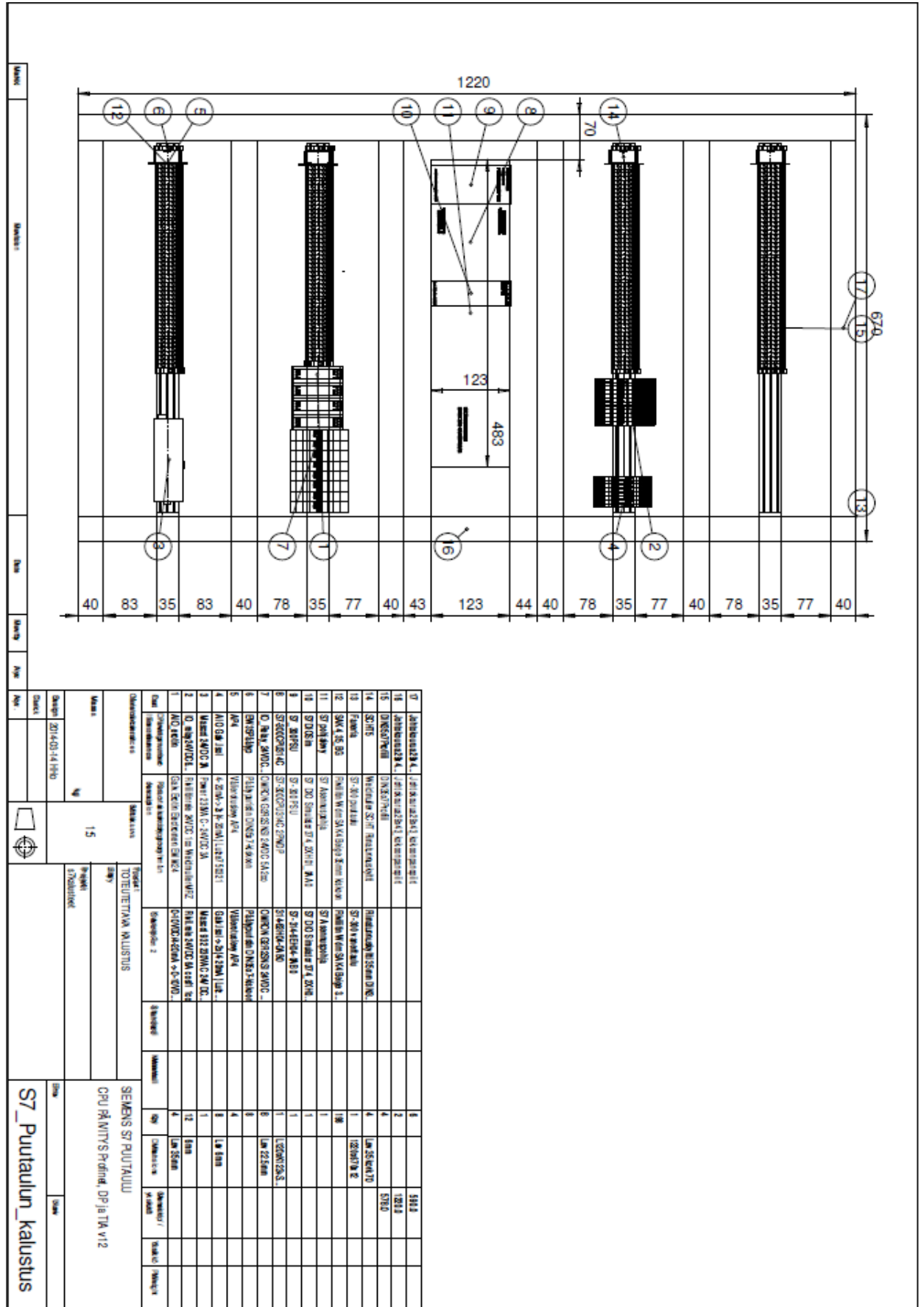
LT-035	41449	+LT-035
Rev.		

SL4 Pinnusarkaus
LT-035

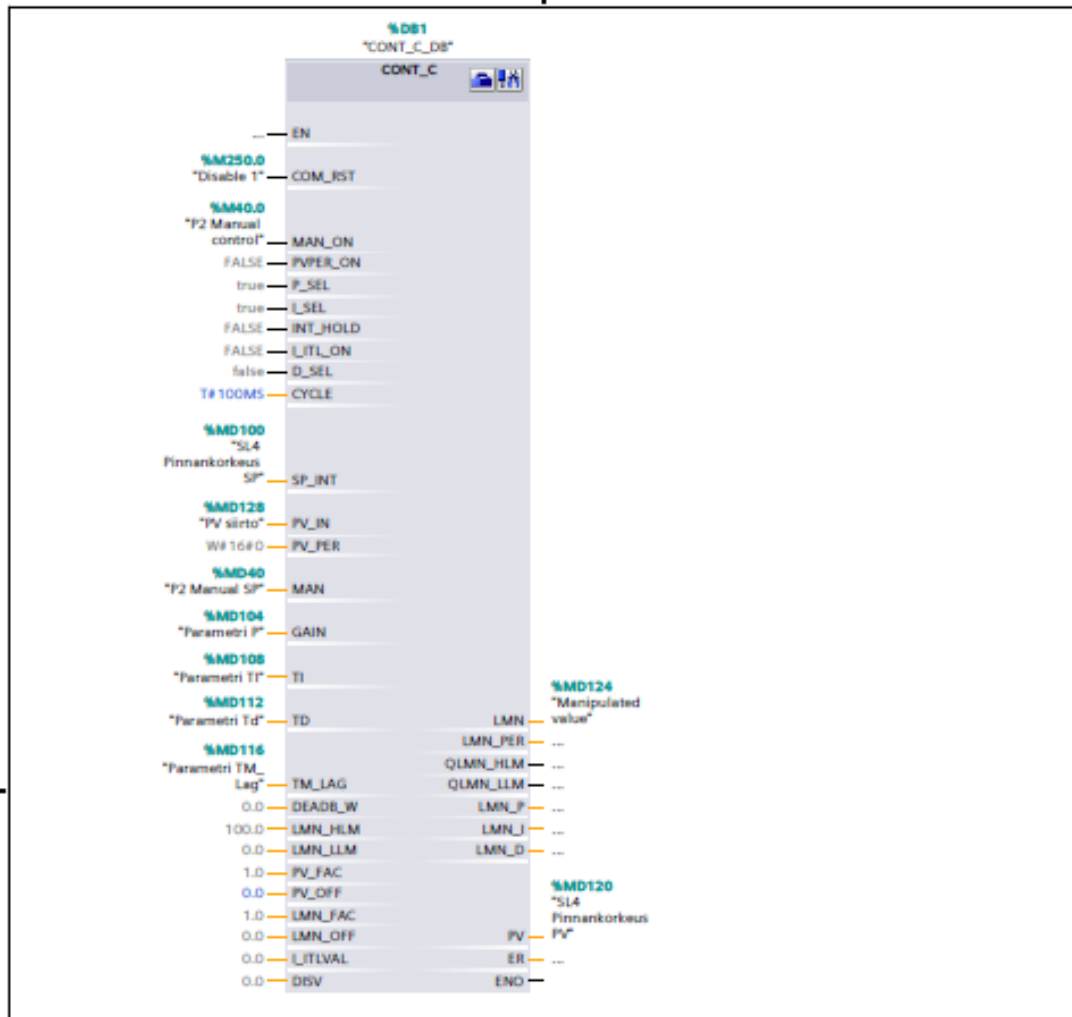
Automaattia_13_9
Automaattitekniiikka

Kemi-tornin Hämätikkokoulu
Teknillinen yksikkö
Kiveliönkatu 26
91600 KEMI
Suur.
JMa
2013-11-19
Hyv.
http://www.asterk-11c
en.com





1		2		3		4																																																	
A	CYC_INT5																																																						
	CYC_INT5 Properties																																																						
	General																																																						
	Name	CYC_INT5	Number	35																																																			
	Type	OB	Language	FBD																																																			
	Information																																																						
	Title	"Cyclic Interrupt"	Author																																																				
	Comment		Family																																																				
	Version	0.1	User-defined ID																																																				
	B	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Data type</th> <th>Offset</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>▼ Temp</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OB35_EV_CLASS</td> <td>Byte</td> <td></td> <td>Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)</td> </tr> <tr> <td>OB35_STRT_INF</td> <td>Byte</td> <td></td> <td>16#36 (OB 35 has started)</td> </tr> <tr> <td>OB35_PRIORITY</td> <td>Byte</td> <td></td> <td>Priority of OB Execution</td> </tr> <tr> <td>OB35_OB_NUMBR</td> <td>Byte</td> <td></td> <td>35 (Organization block 35, OB35)</td> </tr> <tr> <td>OB35_RESERVED_1</td> <td>Byte</td> <td></td> <td>Reserved for system</td> </tr> <tr> <td>OB35_RESERVED_2</td> <td>Byte</td> <td></td> <td>Reserved for system</td> </tr> <tr> <td>OB35_PHASE_OFFSET</td> <td>Word</td> <td></td> <td>Phase offset (msec)</td> </tr> <tr> <td>OB35_RESERVED_3</td> <td>Int</td> <td></td> <td>Reserved for system</td> </tr> <tr> <td>OB35_EXC_FREQ</td> <td>Int</td> <td></td> <td>Frequency of execution (msec)</td> </tr> <tr> <td>OB35_DATE_TIME</td> <td>Date_And_Time</td> <td></td> <td>Date and time OB35 started</td> </tr> </tbody> </table>							Name	Data type	Offset	Comment	▼ Temp				OB35_EV_CLASS	Byte		Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)	OB35_STRT_INF	Byte		16#36 (OB 35 has started)	OB35_PRIORITY	Byte		Priority of OB Execution	OB35_OB_NUMBR	Byte		35 (Organization block 35, OB35)	OB35_RESERVED_1	Byte		Reserved for system	OB35_RESERVED_2	Byte		Reserved for system	OB35_PHASE_OFFSET	Word		Phase offset (msec)	OB35_RESERVED_3	Int		Reserved for system	OB35_EXC_FREQ	Int		Frequency of execution (msec)	OB35_DATE_TIME	Date_And_Time	
Name		Data type	Offset	Comment																																																			
▼ Temp																																																							
OB35_EV_CLASS		Byte		Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)																																																			
OB35_STRT_INF		Byte		16#36 (OB 35 has started)																																																			
OB35_PRIORITY		Byte		Priority of OB Execution																																																			
OB35_OB_NUMBR		Byte		35 (Organization block 35, OB35)																																																			
OB35_RESERVED_1		Byte		Reserved for system																																																			
OB35_RESERVED_2		Byte		Reserved for system																																																			
OB35_PHASE_OFFSET		Word		Phase offset (msec)																																																			
OB35_RESERVED_3		Int		Reserved for system																																																			
OB35_EXC_FREQ		Int		Frequency of execution (msec)																																																			
OB35_DATE_TIME		Date_And_Time		Date and time OB35 started																																																			
C	Network 1: Osaprosessin SL4 PI-säädinlohko																																																						
D																																																							
	E																																																						
F	Owner		Project name Vesiprosessi_SL4_v2			Date 4/24/2014																																																	
	Operator		Project Path C:\Vesiprosessi\Vesiprosessi_SL4_v2																																																				
			Location																																																				
	Designed By		Description 1st																																																				
	Checked By		Description 2nd			Language en-US																																																	
	Approved By		1st View			Version																																																	
						Sheet 1 - 1																																																	



Symbol	Address	Type	Comment
"CONT_C_DB"	%DB1	Block_FB	
"P2 Manual control"	%M40.0	Bool	Manuaali ohjaus valinta P2 s timelle
"P2 Manual SP"	%MD40	Real	Manuaali ohjauksen ohjearvo SP
T#100MS	T#100MS	Time	
0.0	0.0	LReal	
"SL4 Pinnankorkeus SP"	%MD100	Real	Pinnankorkeuden asetusarvo
"PV siirto"	%MD128	Real	PV:n siirto viivelohkelle
"Manipulated value"	%MD124	Real	S timen ohjearvo (LMN)
"SL4 Pinnankorkeus PV"	%MD120	Real	S ilion pinnankorkeus PV s timelle
"Parametri P"	%MD104	Real	PI-s timen P-vahvistus arvo

Owner	Project name	Vesiprosessi_SL4_v2		Date	4/24/2014
Operator	Project Path	C:\Vesiprosessi\Vesiprosessi_SL4_v2			
Designed By	Description 1st				
Checked By	Description 2nd	Language	en-US		
Approved By	1st View	Version	Sheet 1 - 2		

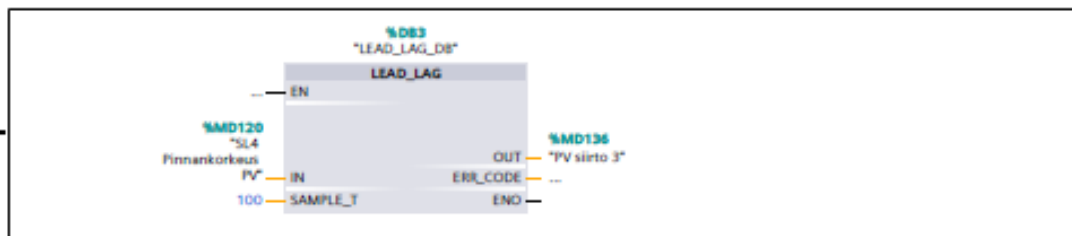
Symbol	Address	Type	Comment
"Parametri TI"	%MD108	Time	PI-s timen integrointi aika-arvo
"Parametri Td"	%MD112	Time	PI-s timen derivointi aika-arvo
"Parametri TM_Lag"	%MD116	Time	PI-s timen derivaatan viive
"Disable 1"	%M250.0	Bool	

Dense	Project name	Vesiprosessi_SL4_v2	Date	4/24/2014
	Operator	Project Path: C:\Vesiprosessi\Vesiprosessi_SL4_v2		
Designed by	Location			
	Description 1st			
Checked by	Description 2nd	Language en-US		
Approved by	1st View	Version	Sheet 1 - 3	

Suureiden skaalaukset

Suureiden skaalaukset Properties			
General			
Name	Suureiden skaalaukset	Number	2
Type	FC	Language	FBD
Information			
Title		Author	
Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID	
Name	Data type	Offset	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Return			
Ret_Val	Void		

Network 1: Viivettä simuloitulle pinnankorkeudelle



Symbol	Address	Type	Comment
"LEAD_LAG_DB"	%DB3	Block_FB	
"PV siirto 3"	%MD136	Real	
"SL4 Pinnankorkeus FV"	%MD120	Real	S ilion pinnankorkeus PV s timelle
100	100	Int	

Network 2: Kertojalohko simuloitulle pinnankorkeudelle



Owner	Project name	Vesiprosessi_SL4_v2	Date	4/24/2014
Operator	Project Path	C:\Vesiprosessi\Vesiprosessi_SL4_v2		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st			
Approved By	Description 2nd	Language	en-US	
	1st View	Version	Sheet 1 - 1	

Symbol	Address	Type	Comment
"PV siirto 3"	%MD136	Real	
"PV siirto 4"	%MD140	Real	
4.0	4.0	LReal	

Network 3: Vakion lisäys prosessimuuttujaan

Symbol	Address	Type	Comment
"PV siirto 4"	%MD140	Real	
"PV siirto 5"	%MD150	Real	
17.0	17.0	LReal	

Network 4: Lähtösignaalin vaikutuksen lisäys prosessimuuttujaan

Symbol	Address	Type	Comment
"PV siirto 5"	%MD150	Real	
"Manipulated value"	%MD124	Real	5 timen ohjearvo (LMN)
"PV siirto 6"	%MD154	Real	

Network 5: Muuttujan skaalaus pienempään arvoon

Symbol	Address	Type	Comment
"PV siirto"	%MD128	Real	PV:n siirto viivelohkolle
"PV siirto 6"	%MD154	Real	
100.0	100.0	LReal	

Owner	Project name Vesiprosessi_SL4_v2	Date 4/24/2014
Operator	Project Path: C:\Vesiprosessi\Vesiprosessi_SL4_v2	
Designed By	Location	
Checked By	Description 1st	Language en-US
Approved By	Description 2nd	Version
	1st View	Sheet 1 - 2