

Mikko Savilahti

**Tuotantolaitoksen logiikoiden kartoitus ja modernisointi**

Opinnäytetyö  
Kevät 2010  
Tekniikan yksikkö  
Tietotekniikka  
Mekatroniikka



## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö tehtiin Nurmossa sijaitsevalle Atria-Tekniikka Oy:lle syksyn 2009 ja kevään 2010 aikana.

Opinnäytetyössä suoritettiin yrityksen toimitiloissa sijaitsevien laitteiden ohjaukseen käytettävien ohjelmoitavien logiikoiden kartoitusta, jonka pohjalta voitiin tehdä varaosien saatavuuksien tarkistus. Lisäksi suunniteltiin ja toteutettiin käytännössä yhden logiikkayksikön modernisointi.

Haluan kiittää kaikkia työssäni jollain tasolla mukana olleita tahoja hyvistä ohjeistuksista ja neuvoista, joiden avulla työni suorittaminen helpottui. Kiitos kuuluu etenkin Teknisen toimiston puolella työskenteleville henkilöille, joiden ansiosta työskentelyilmapiiri oli mukava ja täten työnteko oli suurimmaksi osaksi leppoisan oloista. Kiitokset haluan välittää myös opinnäytetyön valvojalle, Lasse Mäki-Soinille, sekä Reino Oksaharjulle ja tuntiopettaja Niko Ristimäelle työn ohjauksesta ja opastuksesta.

Seinäjoella 15.3.2010

Mikko Savilahti

## SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

### OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Tietotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Mekatroniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Mikko Savilahti

Työn nimi: Tuotantolaitoksen logiikoiden kartoitus ja modernisointi

Ohjaaja: Niko Ristimäki

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 45

Liitteiden lukumäärä: 2

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suorittaa ensin yrityksen toimitiloissa sijaitsevien laitteiden logiikoiden kartoitus, jonka pohjalta saatiin selville erinäisten logiikkamerkkien ja -mallien määrät ja näiden pohjalta voitiin tarkistaa varaosien saatavuuksia. Lisäksi opinnäytetyössä oli tarkoitus suorittaa modernisointi yhdelle logiikkayksikölle sekä suunnitteluasteella että myös käytännössä.

Kartoituksessa käytiin läpi kaikki logiikoita sisältäneet laitteet ja niiden sähkökaapit ja kirjattiin ylös tarvittavat komponentit. Lopuksi komponentit kirjattiin vielä Excel-  
taulukon ja järjesteltiin osastoittain.

Modernisointiin siirryttäessä oli saatu kartoitusten pohjalta hyvin selville erilaisia tarpeellisia kohteita, jotka olisivat soveltuneet operaatioon parhaiten ja olisivat samalla myös palvelleet yrityksen tarpeita parhaiten. Modernisoitavan kohteen valitsemisen jälkeen siirryttiin suunnitteluvaiheeseen, jossa selvitettiin kyseisen laitteen tietoja perusteellisesti ja pohdittiin modernisoinnin eri vaiheita.

Modernisointi onnistui kokonaisuudessaan melko hyvin. Logiikan komponenttien valinta ja tilaukset onnistuivat melko vaivattomasti ja itse asennustyöt sujuivat myös hyvin. Testiajojen perusteella laite ja kaikki sen ominaisuudet toimivat kuten pitikin. Lisäksi laitteen logiikoihin liittyvien sähkökuvien piirtäminen onnistui muutamia ongelmia lukuun ottamatta hyvin.

Asiasanat: kartoitus, ohjelmoitava logiikka, modernisointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**Thesis abstract**

Faculty: School Of Technology  
Degree programme: Information Technology  
Specialisation: Mechatronics

Author/s: Mikko Savilahti

Title of the thesis: Survey and modernization of the programmable logic controllers of a production plant

Supervisor(s): Niko Ristimäki

Year: 2010                      Number of pages: 45      Number of appendices: 2

---

The purpose of this thesis is to survey the programmable logic controllers of the devices on the company premises. On the basis of this information an inspection for the availability of the spare parts can be made. Another purpose is to perform a modernization for one PLC unit.

The final project began by collecting information, during which all electrical devices with PLC units became familiar. Next, the modernization target was picked and the necessary designing and selection of the right kind of components for the new assembly were made. The components were also tested when they arrived and turned out to be in order.

The installation of the new components managed quite easily. The wires of the old Siemens S5 -PLC were shifted to the new S7-assembly one by one and some wires were renewed. The electrical drawings were also updated. The device operated excellently and all the features were as they should be.

Keywords: survey, programmable logic controller, modernization

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### SISÄLLYS

### KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

<b>ALKUSANAT .....</b>	<b>2</b>
<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>8</b>
1.1 Työn tausta .....	8
1.2 Työn tavoite .....	8
1.3 Yritysesittely .....	8
<b>2 KARTOITUS.....</b>	<b>10</b>
2.1 Määritelmä .....	10
2.2 Ohjelmoitavan logiikan määritelmä .....	10
2.3 Logiikkatyypit.....	11
2.3.1 Modulaariset logiikat .....	11
2.3.2 Kompaktilogiikat.....	11
2.3.3 Mikrologiikat .....	12
2.3.4 Automaatiojärjestelmät.....	13
2.3.5 Turvalogiikat.....	13
2.3.6 Slot-PLC.....	14
2.3.7 Soft-PLC .....	14
2.4 Logiikan komponentit .....	15
2.4.1 Teholähde.....	15
2.4.2 Keskusyksikkö .....	16
2.4.3 Digitaalinen tulo- ja lähtöyksikkö .....	16
2.4.4 Analoginen tulo- ja lähtöyksikkö.....	17
2.4.5 Kenttäväylät .....	18
2.4.6 Ethernet-yksikkö .....	18

2.4.7 Käyttöpaneeli .....	19
2.4.8 Reititin .....	20
2.5 Etenemissuunnitelma .....	21
2.6 Kartoitus .....	21
2.7 Ongelmakohdat .....	22
<b>3 MODERNISOINTI .....</b>	<b>23</b>
3.1 Määritelmä .....	23
3.2 Laite ja sen toiminta .....	24
3.3 Laitteen logiikka ja sen komponentit .....	26
3.4 Siemens S5-100U-logiikka .....	27
3.5 Uusien komponenttien valinta ja huomioon otettavat asiat .....	29
3.6 Johdotukset ja sähköpiirustukset .....	33
3.7 Turvallisuusasiat .....	33
3.8 STEP-Ohjelmointikielen muuttujat .....	33
3.9 Ohjelmointitavat .....	34
3.9.1 Käskylista (STL) .....	34
3.9.2 Ladder Diagram (LD) .....	35
3.9.3 Logiikkaohjelman toteutus .....	35
3.10 Logiikan testaus .....	41
3.11 Asennusvaihe .....	41
3.12 Ongelmakohdat .....	42
<b>4 YHTEENVETO .....</b>	<b>43</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>44</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>46</b>

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

**PLC** = (Programmable logic controller) Alun perin teollisuusautomaatiota varten suunniteltu mikroprosessorin sisältävä ohjelmoitava logiikkayksikkö, joka ohjaa toimilaitteita siihen ohjelmoidun ohjelman mukaisesti. Logiikan ohjelmointia voidaan muuttaa helposti ohjelmallisesti.

**I/O-yksikkö** = Tulevien ja lähtevien signaaleiden kytkemiseen tarkoitettuja yksiköitä, joilla toimilaitteet liitetään logiikkaohjaimen.

**Optoerotin** = Valodiodin ja fototransistorin sisältävä komponentti, jonka avulla saadaan muodostettua galvaaninen eli sähköinen erotus käytössä olevaan laitteeseen.

**EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)** = Haihtumaton puolijohdemuisti. Käytetään asetustietojen tallentamiseen. Tiedon tallennus muistiin on hidasta.

**RAM (Random Access Memory)** = Logiikkaohjelman työmuisti, joka on luku- ja kirjoitustyypistä muistia. Sisältö tyhjenee virran katkettua.

**VAT** = Variable Table. Muuttujataulu Siemensin Simatic Manager -ohjelmistossa.

**DIN-kisko** = Sähkökeskuksissa ja muissa asennuskoteloissa käytetty standardoitu kisko, johon voidaan kiinnittää ohjelmoitava logiikka ja sen lisäkortteja.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Kesällä 2009 Atria-Tekniikka Oy:ssä ilmeni tarvetta logiikoiden kartoittamiseen. Yrityksellä oli tarvetta selvittää minkälaisia logiikoita ja niiden komponentteja toimitiloista löytyi, jotta tarvittaessa varaosien saanti voidaan turvata sekä yksinkertaistaa käytössä olevien logiikoiden määrä ja tyyppi.

## 1.2 Työn tavoite

Ensimmäiseksi työn tavoitteista asetettiin yrityksen toimitiloissa sijaitsevien laitteiden logiikkakartoitus, jossa piti kartoittaa kaikkien laitteiden logiikat ja niiden oheiskomponentit. Kartoitus rajattiin käsittämään kaikki muut osastot lukuunottamatta logistiikkakeskusta, josta kyseiset kartoitukset oli jo suoritettu. Toiseksi tavoitteeksi työlle muodostui yhden logiikkayksikön modernisointi, josta oli alusta alkaen tarkoitus suorittaa sekä suunnittelu että myös käytännön osuudet.

## 1.3 Yritysesittely

Atria-konserniin kuuluu Suomessa kolme pääasiallista yhtiötä. Atria Oy, jonka toiminnot sisältävät suomalaisten tuoreruoka-alan tuotteiden kehittämisen, valmistuksen ja markkinoinnin sekä niihin liittyvät palvelut. Tuotantolaitoksista suurin sijaitsee Nurmossa ja muut sijaitsevat Forssassa, Kuopiossa, Kauhajoella ja Karkkilassa. A-Tuottajat Oy on puolestaan keskittynyt lihanhankintaan. A-Rehu Oy on nimensä mukaisesti keskittynyt rehuliiketoimintaan ja sen tuotantolaitokset ovat Koskenkorvalla ja Varkaudessa. (Vuosikertomus 2008, 15.)



Ulkomaisia Atrian konserniin kuuluvia yhtiöitä löytyy mm. Tanskasta, Baltian maista sekä Venäjältä. Pääasiallisina tuotteina kaikissa yhtiöissä ovat erilaiset lihavalmisteet, kuten liha, makkara, leivänpäälliset sekä kuluttajapakattu liha. Atria Skandinavian yhtiöistä löytyy lisäksi pikaruokien ja erikoisjuustojen valmistusta. Venäjän toimipaikoissa on tapahtunut viime vuosina suurta kehitystä. Esimerkiksi vuonna 2009 rakennettiin uusi tuotantolaitos ja logistiikkakeskus, jotka sijaitsevat Gorelovossa, Leningradin oblastissa. (Vuosikertomus 2008, 19,23,27.)

Atria-konsernin liikevaihto vuonna 2008 oli 1356,9 miljoonaa euroa ja henkilöstöä sen palveluksessa oli keskimäärin 6135. Vuonna 2007 henkilöstöä oli 5947. Atrian strategiset tavoitteet ovat konsernin kasvamisen ja etenkin kansainvälistymisen johdosta muodostuneet hyvin selkeiksi; tavoitteena on olla ykkösvalinta kuluttajien ja asiakkaiden keskuudessa tuoreruoka-alalla sekä Itämeren, että Venäjän Euroopan puoleisilla alueilla. Atrian kansainvälisen kasvun kannalta oleellisiin ydinvahvuuksiin kuuluvat vahva markkina-asema, vahvat tuotemerkit, hyvä kuluttajatuntemus ja asiakkuuksien hallinta, tehokas tuotantorakenne sekä muutosprosessien ja toimitusketjun hyvä valinta. (Vuosikertomus 2008, 3,6.)

## **2 KARTOITUS**

### **2.1 Määritelmä**

Kartoitus on eräänlainen tutkimusmenetelmä, josta voidaan puhua esimerkiksi maantieteen, biologian, sosiaalialan, turvallisuuden ja tekniikan osa-alueilla. Sen perimmäisinä olevat tavoitteet ovat samansuuntaisia kaikilla eri aloilla, mutta itse merkitys sekä toimintatavat ja -menetelmät poikkeavat toisistaan. Tekniikan alalla kartoittaminen tarkoittaa yleensä aina tapahtumaa, jossa pyritään selvittämään työn kannalta oleellisten kohteiden sijainteja ja erilaisia tietoja, kuten esimerkiksi laitteiden valmistajia, valmistusmaita, valmistusvuosia, sekä lisäksi erilaisia mitattavissa olevia arvoja, kuten esim. teho- ja virta-arvoja, pyörimisnopeuksia yms. Tietojen avulla pyritään saamaan aikaan tietynlaisia muutoksia/parannuksia olemassa olevaan tilanteeseen ja täten parantamaan myös mahdollisesti tuottavuutta ja tehokkuutta.

### **2.2 Ohjelmoitavan logiikan määritelmä**

Ohjelmoitava logiikka on erilaisten reaaliaikaisten automaatioprosessien, kuten esimerkiksi tuotantolinjojen ja yksittäisten koneiden ohjaukseen käytettävä pieni tietokone, joka on varustettu mikroprosessorilla. Logiikan avulla voidaan korvata suuria määriä erilaisia ajastimia ja releitä ja näin ollen samat toiminnot saadaan hyvinkin kompaktiin kokoon verrattuna releohjauksiin. Ohjelmoitavien logiikoiden nousu alkoi autoteollisuuden puolelta, missä eri ohjauksjärjestelmien uudelleen johdotukset korvautuivat ohjelmistopäivityksillä. Toiminnallisten muutosten tekeminen ohjelmiin helpottui merkittävästi ja releohjauksien käyttö alkoi vähentyä. Logiikoiden käytöstä oli hyötyä myös vikatilanteiden selvittämisessä logiikoiden vikadiagnostiikka-ominaisuuksien ansiosta. (Keinänen 2007, 212.)

## 2.3 Logiikkatyypit

Logiikoita on muutamia erilaisia. On olemassa pieniä logiikoita, joiden avulla voidaan korvata esimerkiksi muutamaa relettä, sekä suurempia määriä kentälaitteiden kytkemiseen tarvittavia tulo- ja lähtöportteja sisältäviä logiikoita. (Keinänen 2007, 212.)

### 2.3.1 Modulaariset logiikat

Modulaariset logiikat ovat teollisuudessa yleisesti käytettyjä malleja. Ne voivat sisältää runsaasti tulo- ja lähtöportteja ja niiden laajennettavuus on helppoa. (Keinänen 2007, 212.)



KUVA 1. Siemens S7-300 -sarjan modulaarinen logiikka (Siemens 2009.)

### 2.3.2 Kompaktilogiikat

Kompaktilogiikat ovat tiettyjä määriä integroitua I/O:ta sisältäviä laitteita, joita voidaan käyttää yksinään tiettyjen ohjausten toteuttamiseen erilaisille laitteille. Ne eivät vaadi erillisiä I/O-yksiköitä tai teholähdettä toimiakseen. Laitteen laajennuksia voidaan toteuttaa joko paikallisesti tai kenttäväylän kautta. (Siemens 2010b.)



KUVA 2. Siemens S7-200 -kompaktilogiikka  
(Siemens 2009.)

### 2.3.3 Mikrologiikat

Tietyissä tilanteissa ei tarvita suurta määrää I/O:ta ja erilaisia erikoistoimintoja sisältäviä logiikoita, vaan voidaan käyttää esimerkiksi mikrologiikoita. Ne ovat yksinkertaisia ja pieniä logiikoita, joiden avulla saadaan toteutettua tai korvattua esimerkiksi muutaman releen toiminta. (Siemens 2010a.)



KUVA 3. Siemens LOGO! -mikrologiikka  
(Siemens 2009.)

### 2.3.4 Automaatiojärjestelmät

Automaatiojärjestelmiksi kutsutaan usein suuria määriä I/O:ta sisältäviä logiikkakeskuksia. Niissä logiikat toimivat nimenomaan keskuksina esimerkiksi erilaisille laitoksen linjastoille ja I/O on hajautettu eri paikkoihin. (Siemens 2010c.)



KUVA 4. Siemens S7-400 -sarjan logiikka ja erilaisia lisäkortteja (Siemens 2009.)

### 2.3.5 Turvalogiikat

Turvalogiikka on tehty korvaamaan ja helpottamaan isojen ja monimutkaisten turvajärjestelmien tekoa. Sillä voidaan tehdä turvajärjestelmiä kytkemällä esimerkiksi jokainen turvakomponentti väylään ja ohjaamalla niitä standardien haluamalla tavalla. Sen avulla on helppo toteuttaa ns. vyöhyke-ajattelumalli missä kaikki koneet, jotka näkyvät hätäpysäytyspainikkeen alueella, on saatava pysäytettyä. Esimerkiksi Siemensin turvalogiikkaa ohjelmoidaan Step 7 -lisämoduulilla, jossa on tietyt säännöt, kuinka turvaohjelmaa voidaan tehdä. (Parmer, T. 2010.)



KUVA 5. Siemens CPU319F-3 PN/DP -turvalogiikka (Siemens 2009.)

### 2.3.6 Slot-PLC

On olemassa lisäksi itsenäisenä laitteena toimivia oman prosessorin sisältäviä Slot-PLC-tyyppisiä ohjelmoitavia logiikoita, jotka voidaan asentaa tietokoneen ISA- tai PCI-korttipaikkaan. Niihin eivät vaikuta tietokoneen käyttöjärjestelmän häiriöt. Ne voivat sisältää tulo- ja lähtöliityntöjä, mutta useimmiten toimilaitteiden liittämiseen on käytetty jonkinlaista kenttäväyläratkaisua. Tämän logiikkatyyppin avulla tiedonsiirto helpottuu merkittävästi, koska logiikkaohjaus ja prosessissa tarvittava tietokoneohjaus sijaitsevat samassa laitteistossa. (Keinänen 2007, 213.)

### 2.3.7 Soft-PLC

Soft-PLC on reaaliajassa, suojatussa tilassa ohjelmaa suorittava logiikka. Sen toiminta ei täten ole riippuvainen tietokoneen käyttöjärjestelmän tai muiden ohjelmien tilasta. Soft-PLC-ratkaisuissa käytetään myös kenttäväyläratkaisua toimilaitteiden liittämiseen järjestelmään. (Keinänen 2007, 213.)

## 2.4 Logiikan komponentit

Erilaisten laitteiden toiminta vaatii sitä ohjaavalta logiikalta erilaisia ominaisuuksia. Yleisesti logiikan peruskokoonpanosta löytyy teholähde, keskusyksikkö ja mahdollisesti digitaaliset tulo- ja lähtökortit. Erilaisilla lisäkorteilla saadaan muita vaadittuja ominaisuuksia käyttöön. (PLCTutor.com 2010.)

### 2.4.1 Teholähde

Logiikoiden keskusyksikön ja eri I/O-yksiköiden tarvitsemat tehot saadaan logiikan tehollähteeltä (Power). Tehollähteellä on myös tärkeä tehtävä logiikan ja sen eri komponenttien suojelemisessa rikkoutumisella, koska se toimii myös galvaanisena eli sähköisenä erotuksena, jolla se erottaa logiikan verkosta. Yleisesti tehollähteet toimivat 24VDC:n tai 230 VAC:n käyttöjännitteillä. Muita ulkoisia toimilaitteita varten tarvittava teho syötetään yleensä omista erillisistä tehollähteistä. (Fonselius 1996, 107.)

Tehollähteitä voi olla sekä osana logiikkalaitteiden kokoonpanoa olevia sekä myös erillisinä yksiköinä toimivia lähteitä. Tehollähteen ei siis tarvitse olla samantyyppinen muiden logiikan komponenttien kanssa, vaan se voi olla eri valmistajan tekemä, edellyttäen että käyttöjännite on oikea. (Keinänen 2001, 247.)



KUVA 6. Siemens PS307 -teholähde  
(Siemens 2009.)

### 2.4.2 Keskusyksikkö

Logiikan keskusyksiköt (CPU) ovat nykyisin pääosin mikroprosessorien avulla toteutettuja laitteita, jotka koostuvat prosessorista, muistista ja mahdollisista kommunikaatioporteista. Erilaisia erikoistehtäviään sisältäviä prosessoreita voi olla logiikassa yhdestä neljään kappaletta. Mikroprosessorin ansiosta keskusyksiköt suoriutuvat monimutkaisemmistakin laskusuorituksista ja ne suorittavat myös tiettenkin logiikkaohjelman kautta tulevia erilaisia käskyjä. Laskusuoritukset tapahtuvat työrekestereiden kautta. Keskusyksiköt sisältävät lisäksi luku- ja kirjoitusmuistia (RAM) työmuistina. (Fonselius 1996, 107.)



KUVA 7. Siemens CPU315-2 PN/DP -keskusyksikkö  
(Siemens 2009.)

### 2.4.3 Digitaalinen tulo- ja lähtöyksikkö

Logiikoiden tuloyksiköitä (DI) käytetään toimilaitteilta, niiden antureilta, releiden apukoskettimilta, valokennoilta sekä käsi- ja lähestymiskytkimiltä tulevien signaaleiden kytkemiseksi ohjelmoitavaan logiikkaan. Digitaaliset viestit ovat binäärimuotoisia, eli kaksitilaisia (1/0). Tuloyksiköiden kautta saatujen tietojen siirto ei tulopiirien ja logiikan välisen galvaanisen erotuksen vuoksi siirry suoraan



sähköviestinä logiikalle, vaan optoerottimen avulla. Eri tulojen tilojen tarkistelu tapahtuu yksikön valodiodien avulla sekä myös logiikkaohjelman monitorointitilassa. (Keinänen 2001, 247.)

Lähtöyksiköiden (DO) avulla annetaan saatujen digitaalisten viestien pohjalta ja logiikkaohjelman mukaisesti ohjauskäskyjä järjestelmän toimilaitteille, joita voivat olla esimerkiksi erilaiset merkkilamput, venttiilit, releet ja kontaktorit. Lähtöjä on pääasiassa kahta eri tyyppiä: rele- ja transistorilähtöjä. Niiden ohjaustavat eroavat siinä, että transistorilähdöt ovat tarkoitettu vain tasasähkölle ja ne vaativat tulopuolen tavoin optoerotuksen. Relelähdöillä puolestaan voidaan tasasähkön lisäksi ohjata myös vaihtovirtaa. (Keinänen 2001, 247.)



KUVA 8. Siemens digitaalinen sisääntulomoduuli, 8DI (Siemens 2009.)

#### 2.4.4 Analoginen tulo- ja lähtöyksikkö

Digitaalisten signaalien lisäksi on olemassa myös tapauksia, joissa tarvitaan esimerkiksi erilaisilta antureilta tulevien mittaus- ja pulssitietojen analogisten signaalien vastaanottamiseen ja analogi/digitaali-muunnokseen tarvittavia analogisia tuloyksiköitä, A/D-muuntimia. Sen avulla voidaan suorittaa esimerkiksi tietyllä välillä olevan jännitetiedon tai virtatiedon muunnos tietyn bittimäärän (esim. 16 bittiä) sisältäväksi digitaalisanaksi. Jotta saadaan aikaan parempi erottelukyky anturilta saatuun tietoon, on käytettävä suurempaa määrää bittejä. Analogialähtöyksikköä eli D/A-muunninta tarvitaan puolestaan, kun halutaan suorittaa jonkinlaisen säädön ohjaus analogiasignaalilla. (Fonselius 1996, 107.)

### 2.4.5 Kenttäväylät

Kenttäväylän avulla suoritetaan automaation hajautuksesta johtuvaa digitaalista tiedonsiirtoa, jota ovat mm. prosessisuureet sekä binääritieto. Tiedonsiirtoa suoritetaan erilaisten antureiden, toimilaitteiden ja automaatiojärjestelmien välillä. (Fonselius 1996, 126.)

Kenttäväylien avulla voidaan liittää verkkoon jopa satoja määriä I/O:ta. Niiden avulla saadaan säästöjä aikaiseksi mm. kaapeloinneissa sekä järjestelmän laajentaminen on melko helppoa. Standardoidun kenttäväylän toteutus on vaikeaa, johtuen erilaisista käyttötarpeista ja siksi markkinoilta löytyy monenlaisia sarjaliikenneväyliä. Erilaisia kenttäväylämerkkejä ovat mm. PROFIBUS, DEVICENET, ASI, CAN, HART, LON, ISP, INSTABUS ja INTERBUS. (Keinänen 2001, 10,11.)



KUVA 9. Siemens ET 200B -Profibusyksikkö  
(Siemens 2009.)

### 2.4.6 Ethernet-yksikkö

Ethernet-yksiköitä käytetään esimerkiksi liittämään verkkoon erilaisia laitteita, kuten ohjelmoitavia logiikoita. Verkossa oleville logiikoille voidaan lähettää erilaisia käskyjä internetin kautta esimerkiksi sähköpostilla ja saada myös tietoa takaisin laitteen tilasta ja toiminnasta. Ethernet-yksiköt tukevat melko suurta joukkoa erilaisia etähallintaprotokollia, joiden avulla yhteydet eri laitteisiin saadaan

toteutettua. Logiikat saadaan tarvittaessa yhdistettyä myös tietokoneeseen paikan päällä. (Omron 2010.)



KUVA 10. Omron CS1W-ETN21 -Ethernetkortti (Omron 2009.)

### 2.4.7 Käyttöpaneeli

Käyttöpaneelien avulla laitteen käyttäjä pystyy kommunikoimaan laitteen kanssa ja antamaan erilaisia laitteen toimintaan vaikuttavia käskyjä. Niitä löytyy musta-valko- ja värillisinäytöinä. Käyttöpaneeleissa esitettävien, logiikalta saatavien numeroarvojen esittämiseen voidaan käyttää esimerkiksi numeroita tai pylväitä, joiden kokoja voidaan määrittellä vapaasti. Vakiokosketuspainikkeita voidaan käyttää numeroarvojen syöttämiseen tai käyttäjä voi itse määrittellä oman näppäimistönsä. Eri sivuilta toiselle siirtymiseen tai logiikan bittien ohjaukseen voidaan käyttää kosketuspainikkeita. Itse päätteen graafinen ohjelmointi toteutetaan tietokoneohjelmalla. (Fonselius 1996, 133,134.)



KUVA 11. Siemens Simatic C7-sarjan OP7-käyttöpaneeli (Siemens 2009.)

### 2.4.8 Reititin

Muun muassa Siemensiltä löytyvää reititintä käytetään esimerkiksi signaalin vahvistamiseen kenttäväyläratkaisuissa, väylän jakamiseen eri osiin sekä sen avulla saadaan eri osien signaalit erotettua toisistaan galvaanisesti. (Siemens 2005.)



KUVA 12. Siemens RS 485-reititin (Siemens 2009.)

## 2.5 Etenemissuunnitelma

Ennen kartoituksen aloittamista suunniteltiin pikaisesti työskentelyn pohjustustyöt ja päävaiheet sekä etenemisjärjestys, joka muodostui seuraavanlaiseksi:

- Yleisimpien logiikkamerkkien ja -mallien sekä niiden komponenttien selvittäminen ja pääasialliset sijainnit
- Osastojen layout-piirustusten tulostaminen sopivaan muotoon
- Logiikoiden kartoitus ja taulukointi paperille
- Kartoitusten taulukointi tietokoneella
- Täydennyskierros laitosmiesten ja automaatiopuolen vastaavien henkilöiden kanssa.

## 2.6 Kartoitus

Melko pian alkupohdintojen jälkeen otettiin mukaan tarvittavat sähkökaappien yleisavaimet ja lähdettiin osastoille tarkastelemaan laitteista löytyviä logiikoita ja aloitettiin niiden eri osien ja oheislaitteiden taulukointi. Mukaan oli tulostettu layout-piirustus aina kustakin tarkasteltavasta osastosta, joissa näkyivät osastojen eri laitteet sekä niiden konepaikkanumerot, joiden avulla ne olivat tunnistettavissa. Jokaisesta kohteesta kirjattiin ylös logiikoihin liittyvien komponenttien tietoja – lähinnä valmistaja sekä tyyppi-, tilaus- tai sarjanumero – ja lisäksi joissakin tapauksissa selvyuden vuoksi myös jännite-, virta- ja tehoarvoja.

Aivan aluksi kartoitettuja tietoja kirjattiin ylös paperille, jossa oli valmiina muutamien logiikkalaitteistojen peruskomponenttien otsakkeet, kuten esim. virtalähde, keskusyksikkö, digitaaliset tulo- ja lähtökortit, analogiatulot ja -lähdöt, erilaiset kenttäväyläkortit sekä käyttöpaneeli. Edetessä kohteelta toiselle merkittiin numeroilla piirustukseen ylös laitteet ja sähkökaapit, joista logiikoita löytyi. Etenemistapana kartoituksessa käytettiin selkeää kaavaa, jossa käytiin läpi aina yksi osasto tai sen tietty osa-alue kerrallaan ja tämän jälkeen siirryttiin tietokoneelle ja kirjattiin paperilta ylös kerätyt tiedot Excel-tilukoon. Kartoitusten

lopuksi taulukko toimitettiin eteenpäin henkilölle, joka suorittaisi varaosien saatavuuksien tarkistamisen.

## 2.7 Ongelmakohdat

Kartoituksen aikana ilmeni monenlaisia ongelmatapauksia. Suurin osa niistä liittyi lähinnä valaistuksen puutteeseen ja logiikoiden komponenttien sijoitteluun sähkökaapeissa ja logiikkakeskuksissa. Useasti logiikoiden komponentit olivat kiinni kylki kyljessä toisissaan, tai logiikka oli sijoitettuna hyvin reunaan sähkökaapissa/logiikkakeskuksessa. Koska muutamien komponenttien tyyppimerkinnot sijaitsivat niiden kyljissä, niitä oli vaikeaa selvittää ja tästä johtuen joissakin tapauksissa oli turvaututtava muihin komponenteista nähtäviin tietoihin, kuten esimerkiksi jännite-, virta- ja tehomerkinntöihin.

Vaikeuksia teettivät joissakin tapauksissa myös komponenttien tyyppimerkintöjen selvyys etenkin 0:n ja O:n erottamisessa. Esimerkiksi Siemensin S7-malleissa tyyppimerkinnot olivat melko pienellä tekstillä ja niiden värit olivat hieman huonot (tummanharmaa teksti ja musta pohja), joten pitempiä aikaisten yhtämittaisten tarkastelujaksojen aikana silmillä tehtiin kovasti töitä. Väliaikaisia ongelmia tuottivat myös joidenkin komponenttien käyttötarkoitukset ja niiden selvittäminen. Tosin esimerkiksi Siemensin kohdalla komponenteista löytyi melko hyvin tietoa valmistajan omilta sivuilta ja komponentit saatiin jaoteltua Excel-taulukkoon oikeisiin sarakkeisiin.

## 3 MODERNISOINTI

### 3.1 Määritelmä

Usein eri laitteiden vanhentumisen myötä voidaan suorittaa peruskorjauksia niille. Sen yhteydessä suoritetaan myös modernisointia tarvittaessa. Modernisointia suoritetaan hyvin monille erilaisille laitteille tai kokonaisuuksille. Siihen ryhdyttäessä on aina tavoitteena, että saadaan aikaan parannuksia tai uudistuksia olemassa olevaan kohteeseen. Näitä ovat mm. vähentyneet vikaseisokit, parempi tehokkuus, tarkempi diagnostiikka, parantunut tarkkuus sekä työturvallisuuden paraneminen. Modernisoinnin tarpeeseen vaikuttavat myös laitteiden ja järjestelmien tehokkuusvaatimusten kasvu sekä käyttötarpeiden muutokset. (Piir-Group Oy 2009.)

Modernisointi pitää sisällään omanlaisensa kartoituksen, joka lähtee liikenteeseen useimmiten modernisoitavan kohteen perusteellisesta arvioinnista, jossa kiinnitetään huomiota sen yleiskuntoon ja laitteiden yhteydessä myös suorituskyvylle on suuri merkitys. Kartoitettujen tietojen perusteella saadaan selville mitä uudistuksia/parannuksia kyseinen kohde tarvitsee. Tarvittavien muutosten teko puolestaan vaatii tarkat suunnitelmat siitä, miten modernisointi aiotaan käytännössä toteuttaa. (KONE Suomi 2010.)

Modernisointien ympärillä pyörivät hyvin vahvasti erilaiset turvallisuus- ja toimivuuksikat, kustannuskysymykset, standardit, lainsäädännöt sekä itse modernisoinnin avulla saavutettava hyöty. Turvallisuuteen, standardeihin ja lainsäädäntöihin liittyvät asiat ovat erityisen ratkaisevia asioita modernisoinnin aloittamiselle ja toteutumiselle, joten niistä on oltava hyvin selvillä ennen varsinaisen käytännön osuuden aloittamista. Suunnitteluvaiheessa tärkeäksi muodostuu myös modernisoinnin kustannusten selvittäminen/arvioiminen.

Rahoituksen saaminen vaikuttaa olennaisesti modernisoinnin sisältöön ja siinä suoritettavien parannusten laatuun ja määrään. Toimivuuksikat tulevat paremmin esille suunnitteluvaiheen alkuselvitysten jälkeen, jolloin on jo selvillä kartoitusten pohjalta saaduista tiedoista kohteen sen hetkinen toimivuus ja siihen liittyvät mahdolliset parannusehdotukset. (Siemens 2006.)

### 3.2 Laite ja sen toiminta

Modernisointikohteeksi päätettiin valita sekä järkevä että kohtuullista vaivaa tuottava vaihtoehto, jotta työ ei olisi vaikeutunut liikaa, ja itse modernisoinnista olisi saanut irti parhaan mahdollisen hyödyn toimeksiantajan sekä opinnäyte-työntekijän kannalta. Laitteeksi valittiin automaattinen kuumavesikutisteallas (Kuva 13), jonka tehtävänä oli kutistaa linjalta laitteeseen tulevia tuotekutistepusseja, parantaa pussin turvallisuutta ja optimoida sen ulkoasua.

Kutistealtaan pääelementteihin kuuluivat laitteen eristetty alaosa sekä hihnakuljetin. Alaosa täytettiin vedellä määrätulle tasolle, jonka jälkeen veden lämmitykseen käytettiin joko höyrykierukkaa tai kuten tässä tapauksessa, sähkökuumennusvastuksia. Upotuksessa tuotteiden paikalleen asettelusta huolehtiva kuljetin käynnistettiin laitteen ulkopuolella olevalta anturilta tulevan merkin jälkeen. Tuotteet poistettiin laitteesta automaattisesti ajastimella asetetun upotusajan loputtua.

Laitteen käynnistämisen yhteydessä suoritettiin seuraavat asiat:

- Säädetään haluttu lämpötila
- Jakson valinta (kytkimellä)
  - Automaattinen
  - Bypass
- Painetaan käynnistuspainiketta
- Odotetaan, että kone saavuttaa halutun lämpötilan
- Painetaan käynnistuspainiketta



- Jakson valinta (kytkimellä)
  - Automaattinen
  - Bypass
  - "0"-asento

Automaattisessa jaksossa tapahtuu työkierto upotustoiminnan kanssa. Laitteen säiliö täyttyy vedellä ja veden alarajan aktivoituessa kuumennusvastukset aktivoituvat. Veden ollessa alarajalla tai ylittäessä sen, kun painetaan käynnistuspainiketta, laite odottaa kaukokäynnistyssignaalia, jolla aktivoidaan käynnistys- ja upotusjaksot. Käynnistuspainiketta uudestaan painettaessa jakso pysähtyy ja samalla tuuletin käynnistyy ja jäähdytys alkaa. Mikäli automaattinen jakso halutaan aktivoida, painetaan uudestaan käynnistuspainiketta. Koneen suoritettua koejakson se jää odottamaan jälleen käynnistyssignaalia.

Bypass-jaksossa työkierto suoritetaan ilman upotustoimintaa. Käynnistuspainiketta painettaessa laite suorittaa koejakson ja jää sen jälkeen odottamaan kaukokäynnistyssignaalia, kuten automaattisessa jaksossa. Veden taso ja lämpötila eivät vaikuta jakson toimintaan, vaan se pysyy aktiivisena koko ajan.

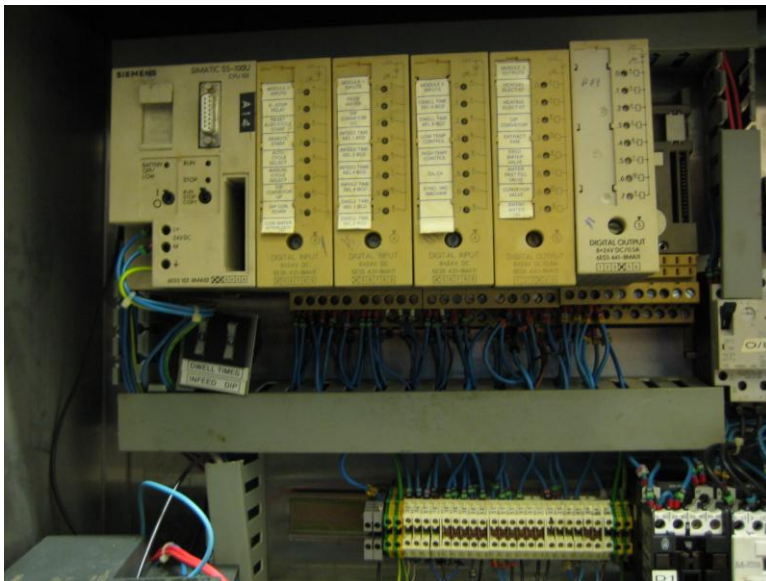
Kytkimen ollessa "0"-asennossa laite ei käynnisty/ei ole käynnissä. Jäähdytyksen aikana vaihdettaessa kytkin "0"-asentoon, jäähdytys suoritetaan loppuun.



KUVA 13. Automaattinen kuumavesikutisteallas (Vamvacas)

### 3.3 Laitteen logiikka ja sen komponentit

Kutistealtaan uudemmissa malleissa on siirrytty käyttämään Siemensin S7-200-logiikkaa, mutta vanhemmissa malleissa oli käytössä vielä S5-mallin logiikoita. Logiikkamalli sopi modernisoinnin kohteeksi mainiosti, koska sen varaosien saatavuutta oli jäljellä enää muutama vuosi (kuva 15).

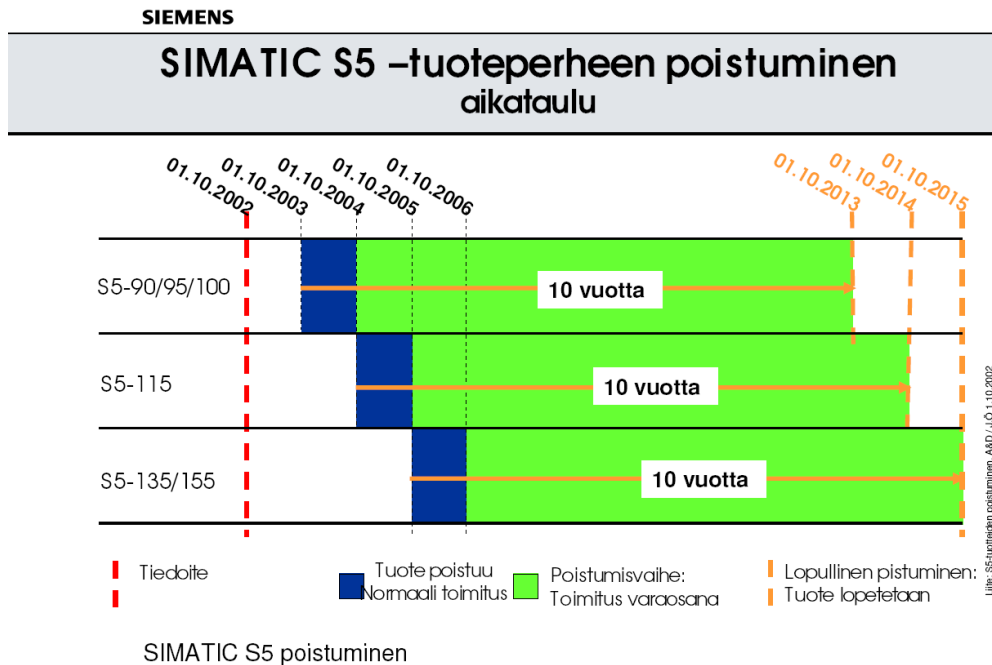


KUVA 14. S5-logiikkakokonaisuus

Logiikka oli tarkoitus modernisoida S7-300-sarjan logiikkaan, jonka avulla saatiin varmistettua hintaluokaltaan järkevien varaosien saatavuudet ja tuotetuki pitkäksi aikaa. Olemassa olevaan kokoonpanoon kuuluivat seuraavat komponentit:

- Siemens SITOP Power 10:
  - 6EP1334-2BA00 (DC 24V/10A)
- Siemens S5 CPU-100U (CPU102):
  - 6ES5 102-8MA02
- DI 8bit –kortit:
  - 6ES5 431-8MA11 (3 kpl)
- DO 8bit –kortit:
  - 6ES5 441-8MA11 (2kpl)

- Siemens S5 väylämoduuli:
  - 6ES5 700-8MA11



KUVA 15. Simatic S5 -tuoteperheen poistumisaikataulu (Siemens 2002.)

### 3.4 Siemens S5-100U-logiikka

S5-100U-mallin päätelohkoilla varustetuilla väyläyksiköillä saadaan yhdistettyä keskusyksikkö I/O-moduuleihin. I/O-moduuleita on mahdollista liittää kaksi yhteen väyläyksikköön. Liitäntämoduuleilla asennetaan logiikka monikerroksisiin kokoonpanoihin ja lopuksi logiikka liitetään asennuskiskolle. (Siemens 1992. 26.)

S5-100U-sarjan logiikoihin kuuluvat mm. CPU100-, CPU102- ja CPU103-mallit, joista laitteessa oli käytössä CPU102. Kyseisestä keskusyksiköstä löytyi laskureita 8...31 väliltä, ajastimia 0...31 väliltä sekä muistipaikkoja 64.0...127.7 väliltä. CPU102-malliin oli mahdollista kytkeä seitsemän 8-kanavaista digitaalimoduulia sekä neljä 4-kanavaista analogiamoduulia. Erilaisia lohkoja keskusyksiköstä löytyi kuvan mukaisesti (kuva 16). (Siemens 1992, 29,127.)

Table 7-2. Comparison of Block Types

	OB <sup>1</sup>	PB	SB	FB <sup>2</sup>	DB <sup>3</sup>
Number CPU 100	64 OB0 to OB63	64 PB0 to PB63	—	64 FB0 to FB63	62 DB2 to DB63
Number CPU 102	64 OB0 to OB63	64 PB0 to PB63	—	64 FB0 to FB63	62 DB2 to DB63
Number CPU 103	256 OB0 to OB255	256 PB0 to PB255	256 SB0 to SB255	256 <sup>2</sup> FB0 to FB255	254 DB2 to DB255
Length (max.) CPU 100	4 Kbytes	4 Kbytes	—	4 Kbytes	256 data words
Length (max.) CPU 102	4 Kbytes	4 Kbytes	—	4 Kbytes	256 data words
Length (max.) CPU 103	8 Kbytes	8 Kbytes	8 Kbytes	8 Kbytes	8 Kbytes
Operations set (contents)	Basic operations	Basic operations	Basic operations	Basic, supple- mentary, system operations	Bit patterns, numbers, texts
Representa- tion methods	STL, CSF, LAD	STL, CSF, LAD	STL, CSF, LAD	STL	
Block header length	5 words	5 words	5 words	5 words	5 words

<sup>1</sup> The operating system calls up particular OBs automatically (see section 7.3.1 and 9.3).

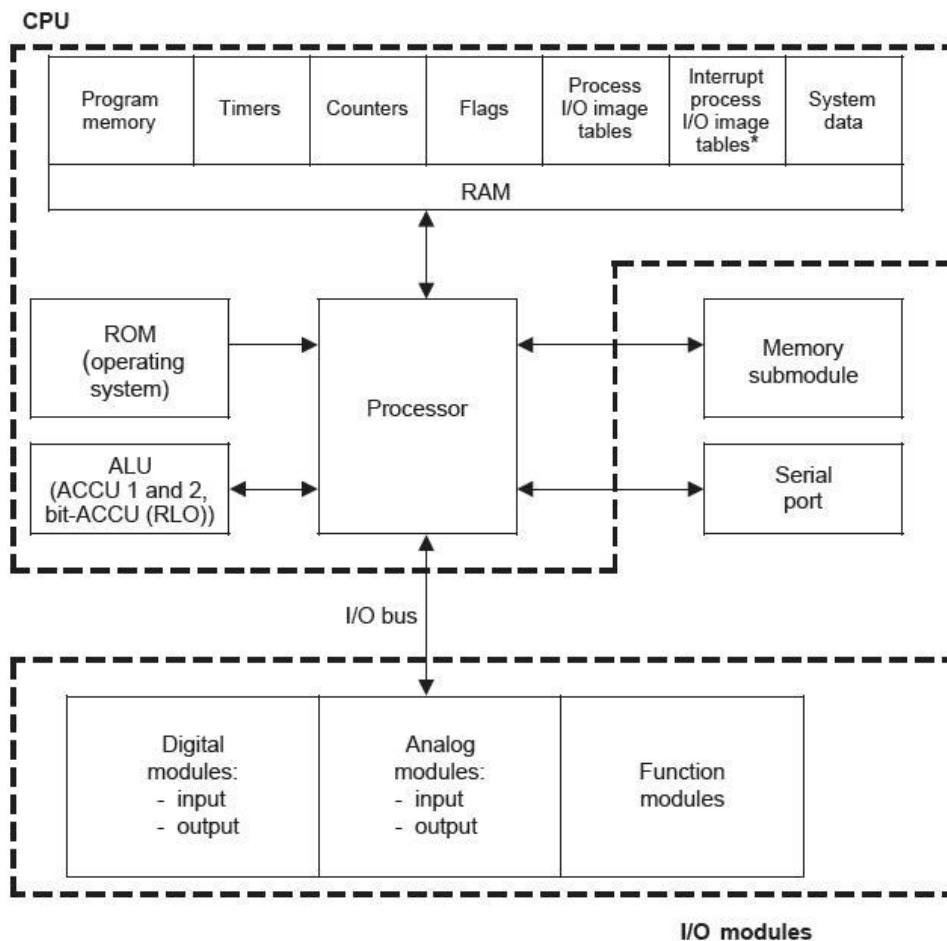
<sup>2</sup> Function blocks are already integrated into the operating system (see section 9.2).

<sup>3</sup> Data blocks DB0 and DB1 are reserved.

#### KUVA 16. Siemens S5-100U -mallien lohkotyyppit ja ominaisuudet (Siemens 1992.)

Ohjelmamuistina erillismoduulilla on käytössä EPROM/EEPROM. Keskusyksikön RAM-muistista on varattu tila sisäiselle ohjelmamuistille. Erillismoduulilla käytössä olevalla muistilla (EPROM/EEPROM) olevat ohjelmat ovat kopioitavissa sisäiseen ohjelmamuistiin. (Siemens 1992, 28.)

S5-100U:n yhteydessä voidaan käyttää tietyn tyyppisiä lisäkortteja. Yhteensopivia I/O-kortteja löytyy 4-, 8- ja 16/16-kanavaisia, mutta sitä suuremmalla määrällä varustettuja yksiköitä ei kyseiselle logiikkamallille löydy. Lisäksi voidaan käyttää analogia-, laskuri-, ajastin-, vertailu-, simulointi-, diagnostiikka-, kommunikointi moduuleja ja ”viisaita” I/O-moduuleja. Viisaita I/O-moduuleja voidaan käyttää esimerkiksi paikoitus- ja lämpötilanhallintatehtävissä. (Siemens 1992, 26.)



\* Beginning with CPU 103, version 8MA02

Figure 2-2. Functional Units of the S5-100U

KUVA 17. Siemens S5-100U:n toiminnalliset yksiköt (Siemens 1992, 27.)

### 3.5 Uusien komponenttien valinta ja huomioon otettavat asiat

S7-ryhmästä valittiin uusi logiikka ja komponentit, joiden avulla samat toiminnot saataisiin toteutettua kuin vanhan S5-mallin kanssa. Keskusyksikön ja I/O-yksiköiden kohdalla yritettiin aluksi toimia yksinkertaisella periaatteella, jossa olemassa oleva S5-mallin kokonaisuus olisi saatu korvattua pelkällä keskusyksiköllä, etsimällä sopivan määrän integroitua I/O:ta sisältävä malli. Tarkoituksena oli myös, että I/O-paikkoja jäisi myös varalle.

Logiikkaohjelmassa käytössä olevien erilaisten lohkojen määrää ei tarvinnut miettiä uuden keskusyksikön valinnassa, koska oli jo valmiiksi tiedossa, että uudeksi keskusyksiköksi valittaisiin jonkin S7-300-sarjan malleista ja kaikkien niiden ominaisuudet ja lohkojen määrät olisivat riittäviä. Logiikkaohjelmassa oli käytössä kaikki kokoonpanon kolmen 8-bittisen DI-yksiköiden paikat, eli yhteensä 24 kappaletta. Kahden DO-yksikön 16:sta paikasta oli käytössä 13 kappaletta. Lisäksi käytössä oli 40 sisäistä muistipaikkaa, sekä 10 ajastinta.

Johtuen tulojen suuresta määrästä valittiin S7-300-sarjasta sopiva CPU ja sen lisäksi erilliset DI- ja DO-yksiköt. Tämän avulla saatiin helpotettua samalla myös huoltoon liittyviä asioita, sillä jos olisi valittu pelkkä logiikka, se olisi pitänyt vaihtaa kokonaisuudessaan mahdollisen vian yhteydessä. Lisäksi valittiin tarvittavat riviliitinmoduulit sekä sopivan pituinen DIN-kisko kokoonpanon sähkökaappiin kiinnitystä varten.

Valitun keskusyksikön, S7-312-mallin edeltävää, vanhempaa mallia tiedusteltiin aluksi, mutta komponenttitoimittaja tarjosi tästä uudempaa mallia, joka oli myös huomattavasti halvempi kuin vanha malli, ja täten se valittiin keskusyksiköksi.

Osaston laitosmiehille tehtyjen tiedustelujen perusteella itse logiikkaohjelman yleinen toiminta oli selkeää, eikä ongelmakohtia ilmennyt. Tämän vuoksi laitteiston logiikkaohjelmaan ei tarvinnut tehdä mitään toiminnallisuuteen vaikuttavia muutoksia, vaan suorittaa ohjelmalle käänнос STEP5:stä STEP7:ään ja korjata mahdolliset laitteen toimintaan vaikuttavat virheet. Lisäksi käännettyyn ohjelmakoodiin lisättiin muutamia erilaisiin virheiden ja häiriöiden korjauksiin tarkoitettuja organisaatioblokkeja, joiden avulla keskusyksikkö saatiin automaattisesti käynnistymään esimerkiksi sähkökatkoksen yllättäessä tai muun vastaavanlaisen poikkeavan tapahtuman yhteydessä.



KUVA 18. Siemens S7-sarjan CPU312  
(Siemens 2009.)

Uuden logiikan kokoonpano:

- Siemens PS-307-1E
  - 6ES7 307-1KA01-0AA0 (24V/10A)
- CPU:
  - 6ES7312-1AE13-0AB0
- DI 32bit –kortti
  - 6ES7321-1BL00-0AA0
- DO 16bit –kortti:
  - 6ES7322-1BH01-0AA0
- Muistikortti (64kB Micro Memory Card):
  - Siemens 6ES7953-8LF20-0AA0
- Riviliitinmoduulit:
  - 6ES7392-1AM00-0AA0 (40-pin)
  - 6ES7392-1AJ00-0AA0 (20-pin)
- DIN-kisko (480mm):
  - 6ES7390-1AE80-0AA0

<b>Technical data</b>	
IEC timers	Yes
• Type	SFB
• Number	Unlimited (limited only by work memory size)
<b>Data areas and their retentive address areas</b>	
Bit memory	128 bytes
• Retentivity	Configurable
• Preset retentive address areas	MB0 to MB15
Clock flag bits	8 (1 memory byte)
Data blocks	Max. 511 (in the 1 to 511 range of numbers)
• Size	Max. 16 KB
• Non-retain support (configurable retentivity)	Yes
Local data per priority class	Max. 256 bytes
<b>Blocks</b>	
Total	1024 (DBs, FCs, FBs) The maximum number of blocks that can be loaded may be reduced if you are using another Micro Memory Card.
OBs	See the Instruction List
• Size	Max. 16 KB
• Number of free-cycle OBs	1 (OB 1)
• Number of time-of-day interrupt OBs	1 (OB 10)
• Number of time-delay interrupt OBs	1 (OB 20)
• Number of watchdog interrupts	1 (OB 35)
• Number of process interrupt OBs	1 (OB 40)
• Number of startup OBs	1 (OB 100)
• Number of asynchronous error OBs	4 (OB 80, 82, 85, 87)
• Number of synchronous error OBs	2 (OB 121, 122)
Nesting depth	
• Per priority class	8
• Additional within an error OB	4
FBs	
• Number, max.	1024 (in the 0 to 2047 range of numbers)
• Size	Max. 16 KB
FCs	
• Number, max.	1024 (in the 0 to 2047 range of numbers)
• Size	Max. 16 KB

TAULUKKO 1. Siemens S7 CPU312-keskusyksikön teknisiä tietoja (Siemens 2008)



### 3.6 Johdotukset ja sähköpiirustukset

Modernisoitavan laitteen ja sen logiikan sähköpiirustuksia ei ollut saatavilla kuin PDF- ja paperimuodossa. Tästä syystä ne piti piirtää kokonaan uusiksi CAD Planner -ohjelmistolla. Ohjelmistosta löytyi osa komponenteista suoraan, mutta muutamat niistä piirrettiin itse. Piirustusten teko oli kuitenkin melko yksinkertaista, kun laitteiston sähkökuviin muutoksia tuli vain logiikan yleiskuvaan, jossa näkyivät teholähde, CPU sekä I/O-kortit. Uusien I/O-korttien myötä osoitteita vaihdettiin lähtökorttien osalta joihinkin kuviin.

### 3.7 Turvallisuusasiat

Modernisoinnin yhteydessä ilmeni myös sen hetkisiä laitteen turvallisuuteen liittyviä puutteita. Kyseisten puutteiden korjaamiseksi oli jo suunniteltu valmiiksi ratkaisu, joten siihen ei tarvinnut enää puuttua sen kummemmin. Laitteelle suoritettavan modernisoinnin yhteyteen täytettiin vain muutostyön turvallisuuskuvaus (Liite 1), jossa todettiin laitteelle tehdyt muutokset ja niiden vaikutus sen turvallisuuteen.

### 3.8 STEP-Ohjelmointikielen muuttujat

- **I** tai **E** (Input), prosessilta logiikalle tulevat tiedot
- **Q** tai **A** (Output), logiikalta prosessille menevät ohjaukset
- **F** (Flags) binäärioperaatioiden välitystulosten muisti
- **D** (Data) digitaalioperaatioiden välitystulosten muisti
- **T** (Timers) käytettävien ajastimien muisti
- **C** (Counters) käytettävien laskurien muisti
- **OB** (Organizing Block) logiikkaohjelman pääohjelma, jossa kutsutaan muita lohkoja eli aliohjelmiä
- **FB** (Function Block) rakenteellisen ohjelmoinnin toteutus

- **FC** (Function Call) toiminto, jota kutsutaan esim. OB:ssä, ei tarvitse DB:tä
- **DB** (Data Block) toimii FB:n tarvitsemien tietojen tallennuspaikkana
- **PB** (Programmin Block) sisältää kaikki ohjelmayksiköt. (Siemens 2004.)

### 3.9 Ohjelmointitavat

Logiikoiden ohjelmointiin liittyviä ohjelmointitapoja on muutamia erilaisia, joihin kuuluvat käskylistaohjelmointi, relekaavio-ohjelmointi, logiikkakaavio-ohjelmointi, strukturoitu teksti sekä sekvenssiohjausohjelmointi. (Fonselius 1996, 117.) Seuraavassa perehdytään paremmin kahteen työn kannalta oleellisimpaan ohjelmointimuotoon.

#### 3.9.1 Käskylista (STL)

Statement List -ohjelmointikieli (tai Instruction List) on STEP7:ssä käytössä oleva käskylistaohjelmointi. Siinä käskyriveiltä löytyvät käskyt, niihin liittyvät operandit sekä mahdolliset kommentit. Ohjelmointirakenteeltaan käskylistan käskyt ovat hyvin pitkälti samanlaisia kuin rele- ja logiikkakaavioissa. Ohjelmalohkoon sisältyy latauskäsky, jolla lohko alkaa, erilaisia JA- ja TAI-operaatioita sekä jonkin muistipaikan tai suoran lähdön ohjaus, johon lohko päättyy. (Fonselius 1996, 122.)

FC10 : Title:

Comment:

**Network 1**: VEDEN NOPEATÄYTTÖVENTTIILI

Comment:

```

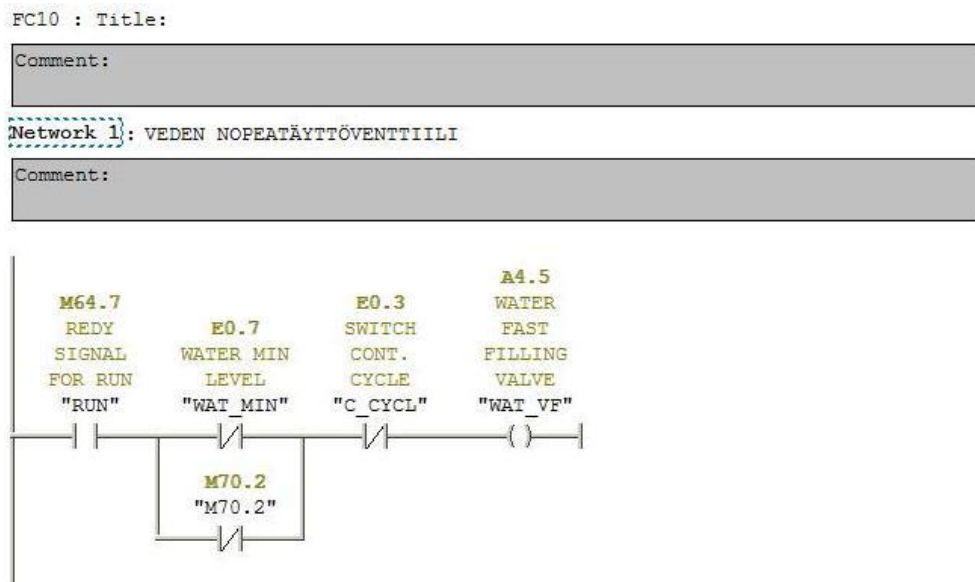
U      "RUN"                M64.7      -- REDY SIGNAL FOR RUN
U(
ON     "WAT_MIN"            E0.7       -- WATER MIN LEVEL
ON     "M70.2"              M70.2
)
UN     "C_CYCL"             E0.3       -- SWITCH CONT. CYCLE
=      "WAT_VF"             A4.5       -- WATER FAST FILLING VALVE

```

KUVA 19. Veden nopeatäyttöventtiilin ohjaus STL-muodossa

### 3.9.2 Ladder Diagram (LD)

Relekaavio-ohjelmointi on ollut käytössä aivan logiikoiden alkukehitysajoilta asti. Releohjausten korvaajaksi kehitellyn logiikan avulla varsinainen releohjaus on muunnettavissa relekaavio-ohjaukseksi melko helppoa. Kuten STL-muotoisessa ohjelmoinnissa, myös relekaavio-ohjelmoinnissa ohjelmalohkosta löytyy erilaisia JA- ja TAI-kytkentäisiä koskettimia, jotka muodostavat virtapiirejä. Myös erilaisten toimilohkojen (Function Block, FB) kutsuminen on mahdollista, kuten esimerkiksi RS-piirit, laskurit, ajastimet, datamuunnokset, trigonometriset funktiot sekä matemaattiset toimilohkot. (Fonselius 1996, 119,120.)

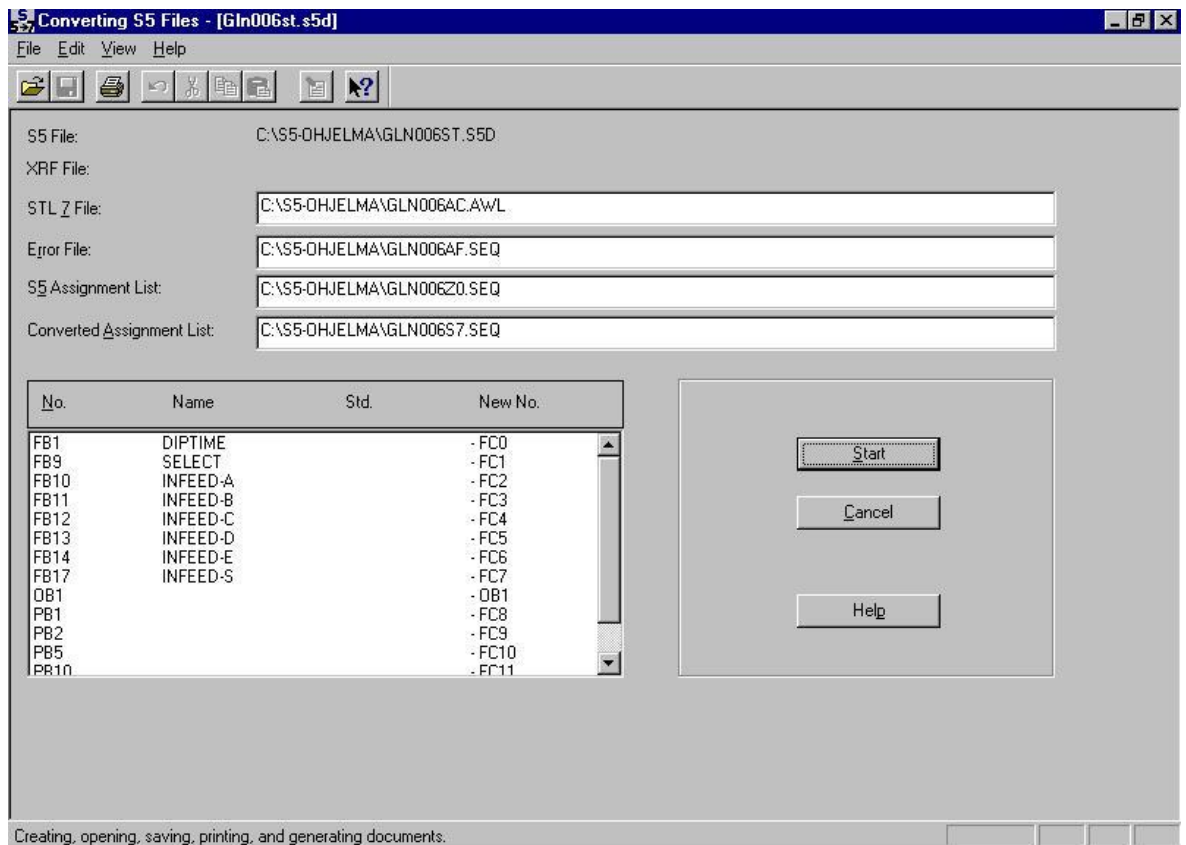


KUVA 20. Veden nopeatäyttöventtiilin ohjaus LD-muodossa

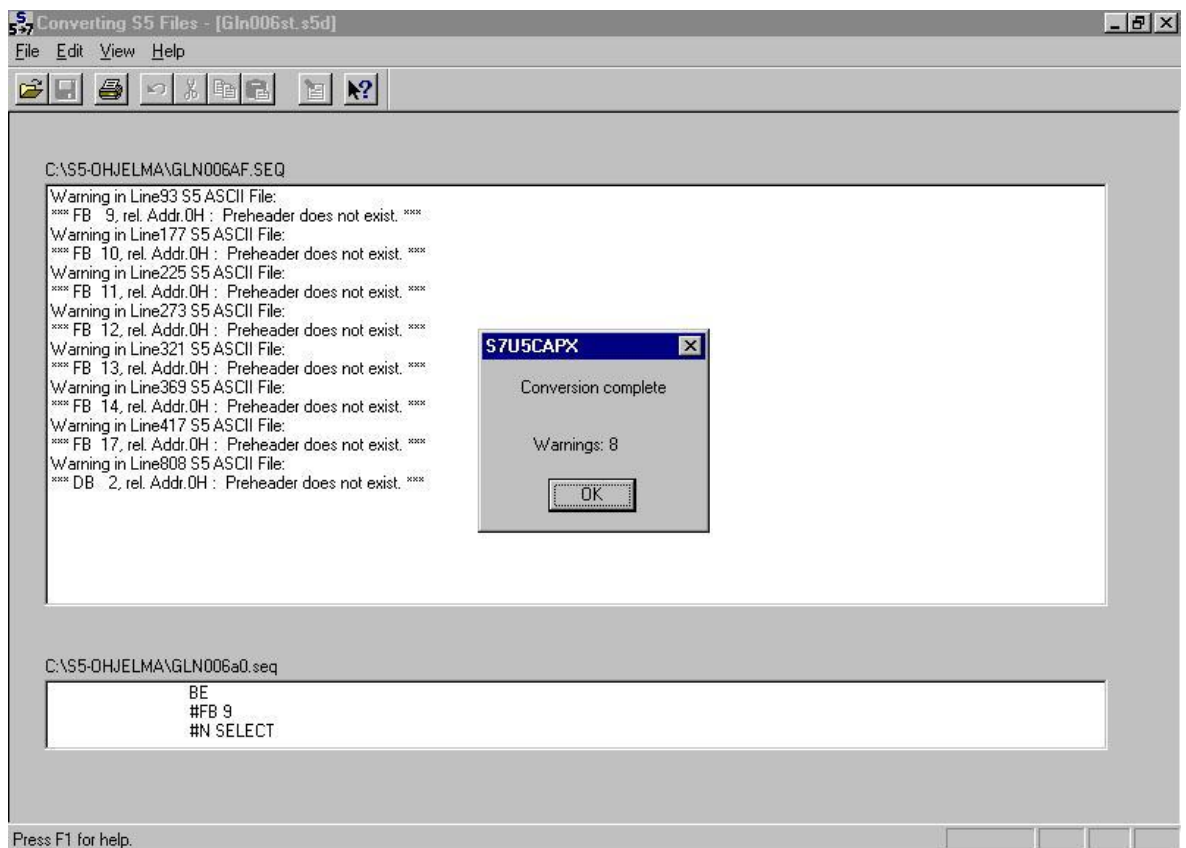
### 3.9.3 Logiikkaohjelman toteutus

Logiikkaohjelman toteutusta helpotti olennaisesti se, että koko ohjelmaa ei tarvinnut tehdä uusiksi, vaan logiikan STEP5-ohjelma saatiin käännettyä suurilta osin STEP7-muotoon Simatic-ohjelmiston Converting S5 Files -kääntöohjelmalla. Käännöksen ohjeista selvitettiin olennaiset kohdat mitä tuli tehdä, jotta käännös onnistuisi. Ensimmäisenä vaiheena oli ristiviittaustaulun teko, jonka avulla



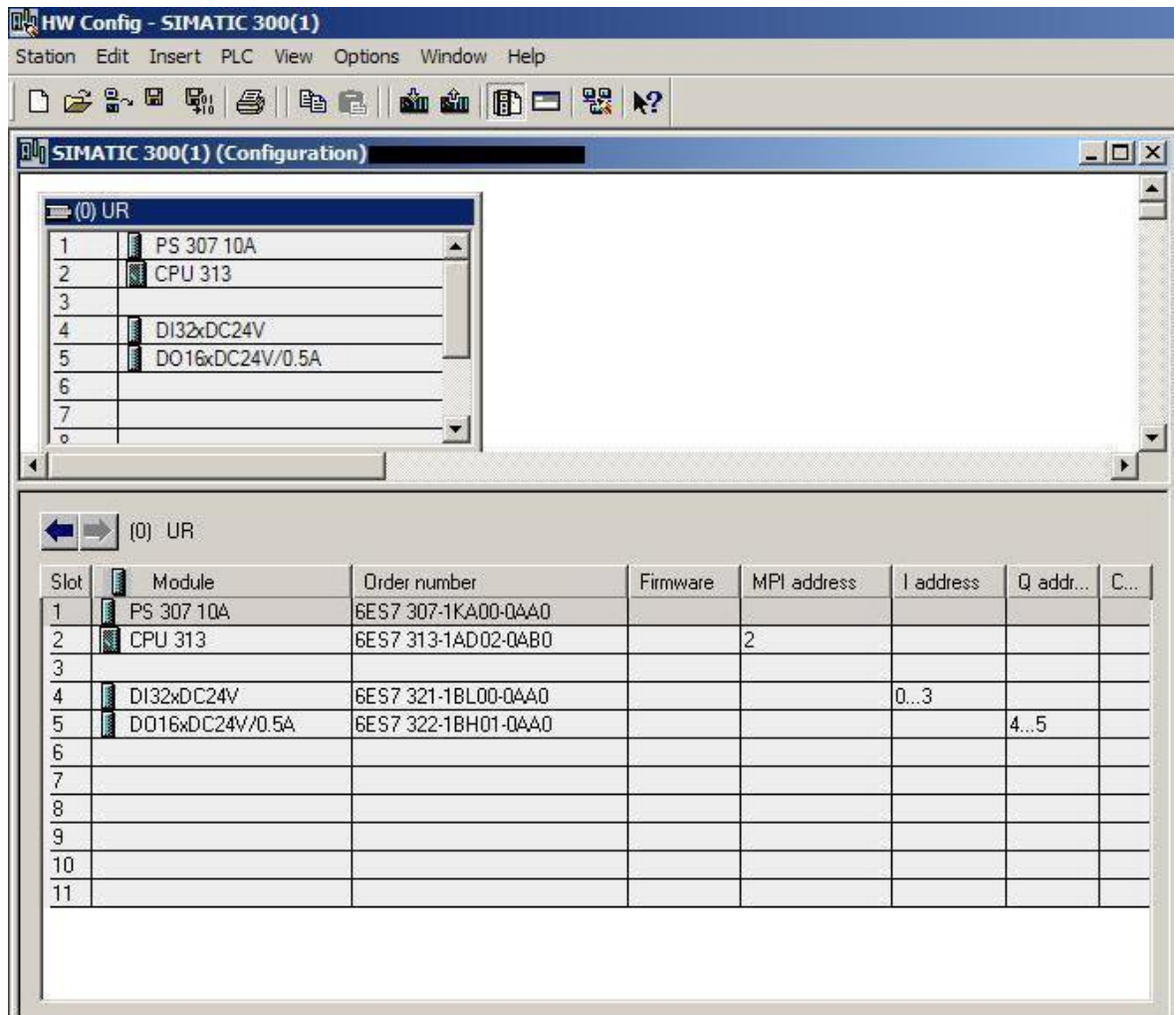


KUVA 22. Converting S5 Files -käännösohjelman



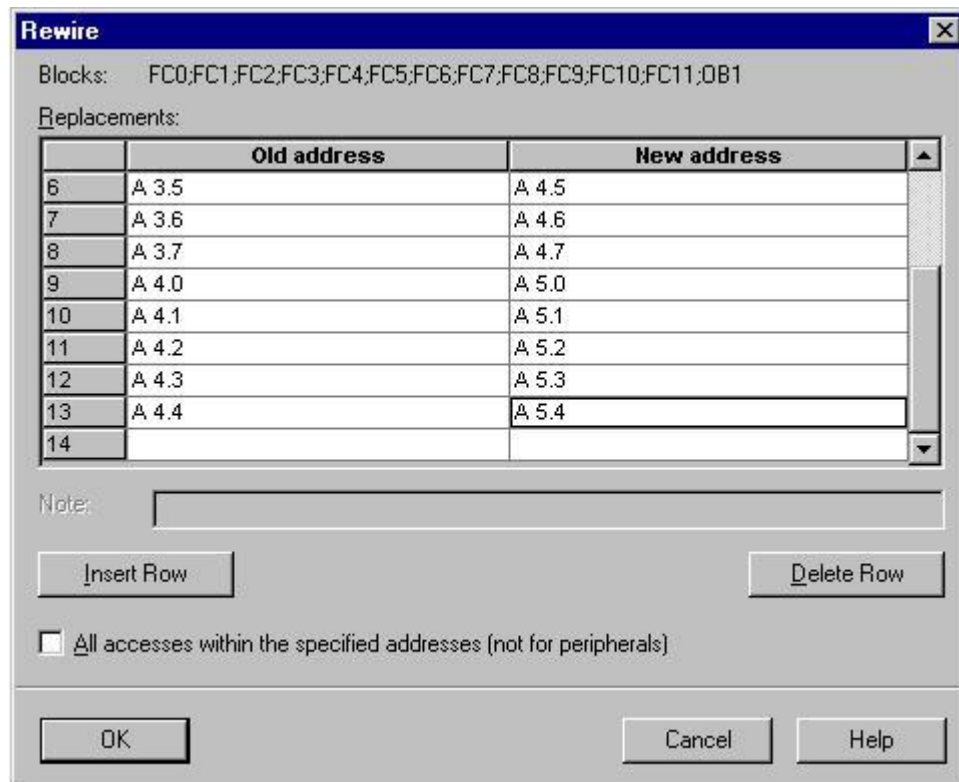
KUVA 23. Käännöksen aikana ilmenneet virheet

Simatic Managerin puolella valittiin työssä käytettävät S7-300-sarjan komponentit Hardware Configurationista (kuva 24). Laitteistoksi valittiin kiinnityskisko, johon komponentit kiinnitettiin sekä tilaus-/sarjanumeroiltaan ja malleiltaan oikeat komponentit. Lopulta kasattu kokoonpano tallennettiin ja siirryttiin ohjelmointipuolelle.



KUVA 24. Simatic Managerin Hardware Configuration

Laitteen toimintaa tutkittiin yksityiskohtaisemmin ohjelman käynnöksen ja S7-muotoisen ohjelman tarkastelun yhteydessä. Vanhassa kokoonpanossa olleet kolme 8-bittistä DI-yksikköä veivät muistipaikat 0.0 ... 0.7, 1.0 ... 1.7 sekä 2.0 ... 2.7. Uuden kokoonpanon yksi 32-bittinen yksikkö vei siis lisäksi muistipaikat 3.0 ... 3.7. Tämän vuoksi suoritettiin tarvittavat DO-muistipaikkojen uudelleenmäärittelyt ohjelmistosta löytyvällä Rewire-ominaisuudella (kuva 25).

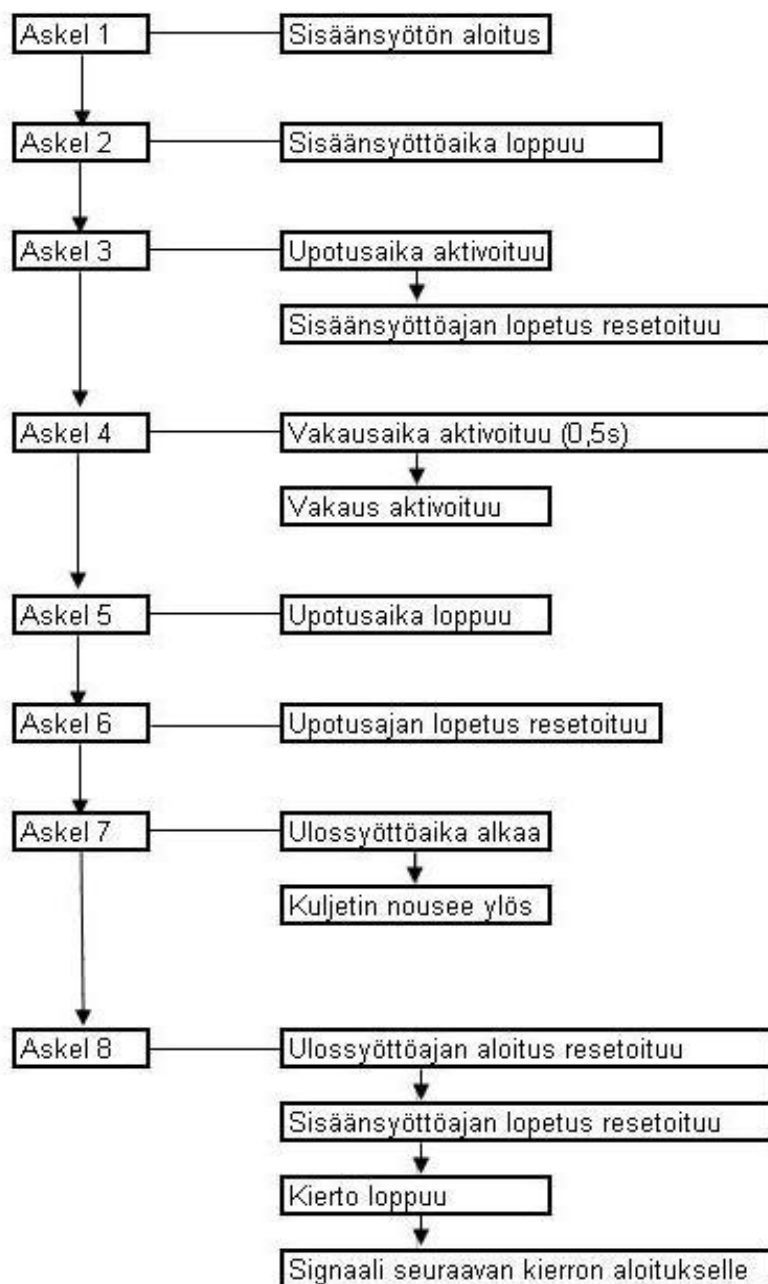


KUVA 25. Simatic Managerin Rewire-ominaisuus

Aluksi perehdyttiin STL-muotoiseen ns. käskylistaohjelmointiin, koska se ei ollut entuudestaan tuttua ohjelmointia. Johtuen logiikkaohjelman melko yksinkertaisesta rakenteesta, oli ohjelman kulun selvittäminen pääosin helppoa. Relekaavio-ohjelmointi-muoto oli tuttu koulun opiskelujen kautta ja osan ohjelman koodista ja lohkoista sai myös näkymään siinä muodossa, joten siitä oli apua varsinkin alussa.

Ohjelmaa tarkastellessa laitettiin erinäisiä kommentointeja eri lohkoihin ja pyrittiin näiden avulla selvittämään laitteen toimintaa. Aluksi kommentoitiin yksityiskohtaisesti jokaista ohjausta ja sen täyttäviä ehtoja, mutta ohjelman rakenteen ja STL-koodin eri komentojen selviämisen myötä kommentointia rajattiin yleiseen toiminnan kuvaukseen.

Ohjelman toimintaa ja toimivuutta pystyttiin käymään läpi melko hyvin Simatic Managerin Simulator-ohjelmalla. Siinä eri tulojen, lähtöjen ja logiikan sisäisten muistipaikkojen tiloja vaihdeltiin ja samalla seurattiin ohjelman koodia. Ohjelman tarkastelun ja kommentoinnin yhteydessä tehtiin myös yksinkertainen sekvenssikuvauus laitteen yleisestä toiminnasta (kuva 26).



KUVA 26. Sekvenssikaavio logiikkaohjelman toiminnasta



### 3.10 Logiikan testaus

Kun logiikkakokonaisuus saatiin kasattua ja itse logiikkaohjelma oli kommentoituna ja sitä oli simuloitu useampaan otteeseen, sitä testattiin Simatic Managerista löytyvän VAT-ominaisuuden avulla. VAT:n avulla pystyttiin määrittelemään mm. eri tulo- ja lähtöosoitteita ja määrittelemään niille tilat, tässä tapauksessa 1 tai 0 eli päällä tai pois päältä. Tilojen määrittely tapahtui VAT:sta löytyvän "Force"-toiminnon avulla. Siinä S7-ohjelman käyttäjän toimesta asetettiin muuttuja haluttuun tilaan, jonka aikana muuttuja varustettiin myös kirjoitussuojalla. Tämän vuoksi tilaa ei pystytty enää muuttamaan. Edes logiikan sammuttaminen ei vaikuttanut tähän. Kirjoitussuoja saatiin purettua vasta "Delete Force" -toiminnon avulla, jonka jälkeen tila palautui alkuperäiseksi. Kyseisen toiminnon käyttäminen oli todella kätevä ensitestaukseen, jonka avulla nähtiin I/O-korttien toimivuus ennen logiikan kytkemistä itse laitteeseen.

### 3.11 Asennusvaihe

Asennusvaiheeseen siirryttäessä logiikan ja uuden ohjelman toimivuus oli testattu jo useampaan otteeseen. Laitteen asennustöihin/uudelleenjohdotuksiin oltiin varattu kolme päivää aikaa. Aluksi asennustyöt ajateltiin suorittaa paikan päällä, mutta todettiin olevan järkevämpää tuoda laite lähellä olevalle korjaamolle, jossa olisi paremmat oltavat ja parempi valaistus.

Tämän jälkeen otettiin esille jälleen laitteen sähkökuvat varmuuden vuoksi. Aluksi tarkasteltiin alkuperäisiä johdotuksia ja pääteltiin, että suurin osa vanhoista johdoista oli pituudeltaan riittäviä myös uuden logiikan johdotukseen. Täten uusia johtoja vedettiin vain muutamia, jotta olisi saatu hieman lisää tilaa johtojen kiinnitykselle logiikalle. Muutoin johdotukset sujuivat ilman ongelmia.

Lopuksi vielä tarkasteltiin johdotuksia, että saatiin varmistettua niiden oikeat paikat. Laite vietiin takaisin tuotantotilaan ja kytkettiin käyttöön. Ohjelmaan pyöritettiin läpi ja pienten alkusäätöjen jälkeen saatiin ohjelma toimimaan lähes moitteetta. Ulkopuolinen kuljetin ei toiminut aluksi, kuten piti, mutta tarkastamalla johdotukset vielä kertaalleen huomattiin, että yksi lähtömoduulin johdoista oli jäänyt kiinnittämättä. Tämän korjauksen jälkeen laite toimi kaikilta osin, kuten pitikin ja sillä ajettiin vielä testierä tuotteita, jonka avulla sen toimivuus varmistettiin.

### **3.12 Ongelmakohtat**

STL-ohjelmointi tuntui aluksi hieman hankalalta, kun oli omaksunut relekaavio-ohjelmoinnin toiminnan ja ulkoasun aikaisemmin, mutta pienellä opiskelulla ja STL-kielen perusteiden selvittämisellä alkoivat ohjelman käskyt ja toiminta selvitä. Myös logiikan ensimmäisessä testausvaiheessa ilmeni muutamia ongelmia, kun käytettävällä tietokoneella oleva Simatic Managerin version oli vanhempi, eikä sieltä löytynyt logiikkaa koottaessa HW Configin puolelta tarvittavaa S7-312 CPU:n mallia ja täten piti vaihtaa toiselle koneella, jossa oli uudempi ohjelmaversio. Pienten säätöjen jälkeen logiikka saatiin kuitenkin toimimaan hyvin.

Asennusvaiheessa työt sujuivat muuten hyvin, mutta tiettyjen johdotusten kanssa tuli logiikalle kiinnityksessä hieman ongelmia ahtaan tilan vuoksi. Vanhalla S5-logiikalla johtojen kiinnitykseen oli huomattavasti enemmän tilaa ja sille vedetyt paksummat johdot oli saatu helposti paikalleen, mutta S7-logiikan kiinnitysten pienen tilan vuoksi, jouduttiin yhdistelemään muutamia johtoja.

## 4 YHTEENVETO

Kartoituksen suoritus eteni sujuvasti lukuun ottamatta tiettyjä hankalampia kohteita, joissa olevista komponenteista piti ottaa selvää osastojen laitosmiehiltä ja automaatiopuolen vastaavilta henkilöiltä. Samalla selvisi myös muutamia kohteita, jotka olivat ensimmäisellä kartoituskierröksellä jääneet. Kartoituksen aikana tuli myös selväksi, että tietyissä kohteissa oli aina samanlaiset komponentit ja tätä hyväksi käyttäen kartoitus eteni hieman nopeammin.

Modernisointi lähti liikkeelle melko sujuvasti. Aluksi etsittiin modernisoitavan laitteen manuaaleja ja sähkökuvia sekä logiikan ohjelma. Myös internetin kautta tarkasteltiin tietoja laitteen Siemens S5-logiikasta. Pohjustustyön jälkeen suoritettiin logiikan uusien komponenttien valintaan liittyvät tietojen selvitykset, eli tehonlähteen ja keskusyksikön tiedot, sekä tulo- ja lähtöyksiköiden määrät. Tämän jälkeen valittiin S7-sarjasta sopivat komponentit uutta kokoonpanoa varten ja tehtiin tarjouspyyntö yritykselle, josta komponentit tilattaisiin.

S5-logiikan ohjelma käännettiin S7-muotoon ja sen jälkeen sille suoritettiin oma tarkastelunsa ja tarpeellinen kommentointi, jotta ohjelman rakenne olisi ollut selkeämpi. Samalla selvitettiin myös ohjelman käynnöksen aikana ilmenneitä virheitä ja testattiin ohjelman toimivuutta.

Komponenttien saavuttua suoritettiin logiikan asennustyöt, jotka sujuivat alun selvittelyjen ja sähkökuvien tarkastelujen jälkeen hyvin. Asennustöiden jälkeen laitetta testattiin useampaan otteeseen, sillä ajettiin testierä tuotteita ja sen todettiin toimivan asianmukaisesti kaikilta osin. Uuden logiikan ja laitteen yleinen toimivuus todettiin myös reilun kuukauden käytön jälkeen. Laitteen käytössä ei ollut ilmennyt mitään häiriöitä ja ajettut tuotteet olivat olleet asianmukaisia.

## LÄHTEET

Atria Yhtymä Oyj. 2008. Vuosikertomus. Atria Oy.

Fonselius, J., Pekkola, K., Selosmaa, S., Ström, M. & Välimaa, T. 1996. Koneautomaatio: Automaatiolaitteet. 1. painos. Helsinki: Oy Edita Ab.

KONE Suomi, KONE konserni. 2010. Hissien modernisointi. [Verkkodokumentti]/[viitattu 4.1.2010]. Saatavuus: [http://www.kone.com/countries/fi\\_FI/uudistaminen/modernisointi/pages/default.aspx](http://www.kone.com/countries/fi_FI/uudistaminen/modernisointi/pages/default.aspx)

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat, koneautomaatio 2. 1. painos. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Omron Corporation. 2010. [Verkkodokumentti]/[viitattu 17.3.2010]. Saatavuus: <http://www.miel.si/artgfx/CS1W-CJ1W-ETN21.pdf>

PLCTutor.com. 2010. [Verkkodokumentti]/[viitattu 14.4.2010]. Saatavuus: <http://www.plctutor.com/plc-components.html>

Siemens. 1992. S5-100U Programmable Controller CPU 100/102/103 Reference Guide. [PDF-dokumentti]/[viitattu 26.10.2009]. Saatavuus: [http://www.datasheet4u.com/html/S/5/-/S5-100U\\_Siemens-O.pdf.html](http://www.datasheet4u.com/html/S/5/-/S5-100U_Siemens-O.pdf.html)

Siemens Oy. 2002. Simatic S5 –tuoteperheen poistuminen - aikataulu. [PDF-dokumentti]/[viitattu 23.10.2009]. Saatavuus: [http://www.siemens.fi/CMSADfiles.nsf/all/E2DB555B10270973C225707B003ADAF9/\\$file/S5toS7liite.pdf](http://www.siemens.fi/CMSADfiles.nsf/all/E2DB555B10270973C225707B003ADAF9/$file/S5toS7liite.pdf)

Siemens AG. 2004. Programming with STEP 7 V5.3 manual. [PDF-dokumentti]/[viitattu 18.4.2010]. Saatavuus: [http://www.fer.hr/\\_download/repository/S7prV53\\_e.pdf](http://www.fer.hr/_download/repository/S7prV53_e.pdf)

Siemens Oy. 2005. Profibus-kaapelointiohje. [PDF-dokumentti]/[viitattu 4.1.2010]. Saatavuus: [http://www.siemens.fi/CMSADwww.nsf/c0c1dce05161615dc225694a004d080c/9fd11b66f7606f09c22570c9003d437c/\\$FILE/Profibus\\_kaapelointiohje.pdf](http://www.siemens.fi/CMSADwww.nsf/c0c1dce05161615dc225694a004d080c/9fd11b66f7606f09c22570c9003d437c/$FILE/Profibus_kaapelointiohje.pdf)

- Siemens. 2006. Laitteiston päivitys uuteen tekniikkaan - modernisoinnilla. [PDF-dokumentti]/[viitattu 4.1.2010]. Saatavuus: [http://www.siemens.fi/is.nsf/E1D03BB5CE3A24B6C22572B100260D1C/\\$file/Modernisointi%20esite.pdf](http://www.siemens.fi/is.nsf/E1D03BB5CE3A24B6C22572B100260D1C/$file/Modernisointi%20esite.pdf)
- Siemens. 2008. Simatic S7-300 CPU 31xC and CPU 31x: Specifications. [Verkkodokumentti]/[viitattu 4.1.2010]. Saatavuus: <http://support.automation.siemens.com/WW/adsearch/pdfviewer.aspx?lang=en&term=6ES7+312-1AE13-0AB0&ID=36305149&docid=36303806&page=1&hps=20&client=adsearch>
- Siemens, Image Database. [Verkkodokumentti]/[viitattu 22.10.2009]. Saatavuus: <http://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx?aktPrim=0&lang=en&login>
- Siemens Energy and Automation, Parmer, T. 2010. [Verkkodokumentti]/[viitattu 17.3.2010]. Saatavuus: [http://www.safetybase.net/content/WP%20%20Trusting%20a%20Safety%20PLC\\_Parmer.pdf](http://www.safetybase.net/content/WP%20%20Trusting%20a%20Safety%20PLC_Parmer.pdf)
- Siemens AG. 2010a. [Verkkodokumentti]/[viitattu 17.3.2010]. Saatavuus: <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/modular-basicvariants/Pages/Default.aspx>
- Siemens AG. 2010b. [Verkkodokumentti]/[viitattu 17.3.2010]. Saatavuus: <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-200/cpu/Pages/Default.aspx>
- Siemens AG. 2010c. [Verkkodokumentti]/[viitattu 17.3.2010]. Saatavuus: <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-400/cpu/standard-cpus/Pages/Default.aspx>
- Vamvacas. [Verkkodokumentti]/[viitattu 17.3.2010]. Saatavuus: <http://www.vamvacas.gr/images/products/1193215226-a-ST12.jpg>
- Vacon Oyj. 2009. Profibus ajaa Vaconeja. [Verkkodokumentti]/[viitattu 12.11.2009]. Saatavuus: <http://www.vacon.com/Default.aspx?Id=461144>

## LIITTEET

### LIITE 1. MUUTOSTYÖN TURVALLISUUSKUVAUS

## Liite B: Käytössä olevan koneen modernisoinnin turvallisuuskuvaus

### MUUTOSTYÖN TURVALLISUUSKUVAUS

Mikko Savilahti

---

*MUUTOSTYÖN TOIMITTAJAN nimi*

vakuuttaa, että

kuumavesikutistealtaan (malli X) logiikkayksikölle suoritettu modernisointi

---

*Toimituksen laajuus ja yksilöinti (sopimuksen nro ja erittelyn nro).*

on suoritettu varmistamaan logiikan varaosien hyvät saatavuudet tulevaisuudessa.

---

Toimitettava laitteisto on valmistettu siten, että kone muutoksen osalta täyttää käyttöpäätöksessä esitettävät turvallisuusvaatimukset (Konepäätös 1314/1994, Käyttöpäätös 856/1998). Koneen dokumentit on päivitetty.

Muutostyön suunnittelussa on otettu huomioon seuraavat standardit:

Standardit SFS-EN 12100-1 ja SFS-EN 12100-2. Näiden lisäksi on huomioitu sähköturvallisuusstandardi SFS-EN 60204-1 (kohta 4) sekä SFS-EN 13849-1.

---

Konetta täydentävä muutostyö tulee asentaa ja säätää toimintaan ja turvalaitteet tulee kytkeä paikoillaan annettujen ohjeiden mukaan.

---

Paikka ja aika

Nurmo 20.1.2010

---

TOIMITTAJAN allekirjoitus

*Mikko Savilahti*

---

Nimenselvennys

Mikko Savilahti

## LIITE 2. LAITTEEN LOGIIKAN SÄHKÖKUVAT

