

Niko Bäck

## **NAULAUSKONEEN AUTOMAATIOMODERNISOINTI**

# **NAULAUSKONEEN AUTOMAATIOMODERNISOINTI**

Niko Bäck  
Opinnäytetyö  
Syksy 2015  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

---

Tekijä(t): Niko Bäck

Opinnäytetyön nimi: Naulauskoneen automaatiomodernisointi

Työn ohjaaja(t): Tero Hietanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2015 Sivumäärä: 32 + 5 liitettä

---

Työn aiheena oli suunnitella ja ohjelmoida lavojen naulauskoneen sovellus S7-200-logiikalle, suunnitella ja rakentaa ohjauskeskus sekä automatisoida laitteen anturit. Työn suunnittelu ja rakennusvaihe suoritettiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun OAMKin tiloissa ja lopputestaus lissä yrityksen tiloissa.

Ohjelman toiminta suunniteltiin aluksi yhteistyössä työnantajan kanssa paperille. Kun ohjelman toiminnasta päästiin yhteisymmärrykseen, aloitettiin ohjelman tekeminen STEP 7-Micro/WIN -ohjelmistolla.

Ohjauskeskuksen rakennus aloitettiin aluksi suunnittelemalla osien sijoittelu paperilla, jonka jälkeen osat asennettiin koteloon. Tämän jälkeen piirrettiin keskuksen piirikaavio ja lopuksi keskus johdotettiin.

Työn tuloksena saatiin logiikalle toimiva sovellus, joka täytti sille asetetut toiminnot, lukuun ottamatta suunniteltua naulojen määrää seuraavaa laskuria, piirikaavio piirustus sekä ohjauskeskus laitteelle.

---

Asiasanat: S7-200, STEP 7-Micro/WIN, naulauskone

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree programme in Automation Engineering

---

Author(s): Niko Bäck

Title of thesis: Nailing machines automation modernization

Supervisor(s): Tero Hietanen

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2015 Pages: 32 + 5  
appendices

---

The objective of this thesis was to design and program an application to control machine that produces top parts of pallets using S7-200 PLC, design and build control panel and productize the machine with right sensors. The design and building phases of this thesis was done on site of Oulu University of Applied Sciences and the final testing was done on site at the company in city named Ii.

The operation of PLC-application was first designed with help of the employer and when the mutual understanding was found were the programming of the application started using STEP 7-Micro/WIN computer program.

The control panel building was started by designing the layout of it and after that the parts were installed to the case. After this drawing of the wiring diagram was started and finally the control panel was wired.

As result of this thesis we got a working application for PLC witch fulfilled operations that were set for it, wiring diagram and control panel for the machine.

---

Keywords: S7-200, STEP 7-Micro/WIN, nailing machine

## **ALKULAUSE**

Työn toimeksiantajana toimi Iin Puu- ja Metallituote T: mi. Haluan kiittää työn ohjaajana toiminutta lehtori Tero Hietasta sekä toimeksiantajaani Risto Väyrystä tästä opinnäytetyöaiheesta.

Suuret kiitokset myös laboratorioinsinööri Markku Timoselle ohjelmointiohjelmiston löytämisestä ja tuesta kotelon rakennusvaiheessa sekä lehtori Timo Heikkiselle, joka lainasi tarvittavaa ohjelmointikaapelia työn suorittamista varten.

Oulussa 2.10.2015

Niko Bäck

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 NAULAUSKONE	9
2.1 Pitkittäislaudan urat	9
2.2 Ketju	9
2.3 Poikkilautojen syöttöteline	10
2.4 Naulainportaali	11
3 OHJELMOITAVA LOGIIKKA	13
3.1 Yleistä logiikoista	13
3.2 Logiikan valinta	15
3.3 STEP 7-MICRO/WIN -ohjelmisto	16
4 TYÖN SUORITUS	17
4.1 Ohjelmointi	17
4.2 Ohjauskeskus	20
4.3 Rakentaminen ja piirustukset	23
4.4 Kenttäkotelo	25
5 KÄYTTÖÖNOTTO	26
6 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	31
<a href="#">LIITTEET</a>	
Liite 1. Ohjauskeskuksen piirikaavio	
Liite 2. Ohjauskeskuksen kannen piirikaavio	
Liite 3. Kenttäkotelon piirikaavio	
Liite 4. I/O-lista	
Liite 5. Sovelluksen automaattiajon vuokaavio	

## **SANASTO**

CPU	Central Processing Unit, keskusyksikkö
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka
RAM	Random Access Memory, keskusmuisti
ROM	Read Only Memory, lukumuisti
VAC	Voltage in Alternative Current, vaihtojännite
VDC	Voltage Direct Current, tasajännite

# 1 JOHDANTO

Työn tilaajana toimi Iin Puu- ja Metallituote T:mi, joka valmistaa hirsirakennuksia, suurelementtejä, jäteastiakatoksia sekä kuormalavoja. Yritys halusi automatisoida vanhan lavan naulauskoneen uudestaan. Tämä vaati uuden logiikkasovelluksen luomisen, ohjauskeskuksen rakennuksen sekä anturien automatisoinnin.

Logiikkasovelluksen vaatimuksena oli tuottaa valmis kuormalavan yläosa ohjaamalla lavan pitkittäislaudat laitteen lävitse, lisäämällä poikittaislaudat niiden päälle ja naulaamalla ne paikoilleen. Tämän lisäksi sovelluksen tuli pysäyttää laite, kun valmis lava saapui laitteen loppupäähän, vahtia, että poikittaislautoja on tarpeeksi yhden lavan tekemiseen, sekä keskeyttää ohjelma, kun naulaimista loppuu naulat. Tämän lisäksi mahdollisessa virhetilanteessa laitetta piti myös voida ajaa manuaalisesti.

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa vaatimuksia vastaava sovellus, rakentaa ohjauskeskus sekä automatisoida laitteen anturit.



## 2 NAULAUSKONE

Automatisoitava naulauskone koostuu kolmesta pitkittäislaudan urasta, jotka kulkevat koko laitteen läpi, moottorilla liikutettavasta ketjusta, jolla pitkittäislautoja liikutetaan laitteen lävitse, poikkilautojen syöttötelineestä ja naulaimia liikuttavasta portaalista.

### 2.1 Pitkittäislaudan urat

Laitteen lävitse kulkee kolme uraa, joita pitkin lavojen pitkittäislaudat kulkevat. Urien alkupäässä on ohjaimet, joilla pitkittäislaudat voidaan ohjata oikeaan kohtaan, ennen kuin ne saapuvat poikkilautojen syöttöön. Lavojen pitkittäislaudat asetetaan laitteen alkupäähän niille tehtyihin uriin. Nämä urat näkyvät kuvassa 1.



*KUVA 1. Pitkittäislautojen urat*

### 2.2 Ketju

Ketjussa on kiinni poikittain kulkeva rautatanko, jonka tarkoituksena on napata pitkittäislaudat laitteen alkupäästä ja kuljettaa ne laitteen lävitse. Ketjussa on myös haarukoita, joiden tarkoitus on napata poikkilaudat niiden telineestä, kun

ketju on kuljettanut pitkittäislaudat oikeaan kohtaan. Näitä haarukoita voidaan liikuttaa ja lisätä tarpeen mukaan, kun tehdään erikokoisia lavoja. Ketjua liikuttaa kolmivaihesähkömoottori. Kuvassa 2 näkyy poikittaisrauta sekä haarukka, joilla lautoja käsitellään.



*KUVA 2. Poikittaisrauta ja haarukka lautojen käsittelyyn*

### **2.3 Poikkilautojen syöttöteline**

Poikkilautojen syöttöteline koostuu telineestä, johon poikittaislaudat asetetaan, ja ohjaimista, jotka asettavat poikittaislaudan pitkittäisautojen päälle, kun ketjun haarukat nappaavat poikittaislaudan telineestä. (kuva 3).



*KUVA 3. Poikkilautojen syöttöteline*

## **2.4 Naulainportaali**

Naulainportaali (kuva 4) on laitteen keskikohdassa oleva, pystysuunnassa liikkuva teline naulaimille. Portaalia ohjataan kahdella paineilmasylinterillä, joita taas ohjaa kaksi magneettiventtiiliä.

Naulainportaalissa on kiinni kolme naulainta. Nämä naulaimet naulaavat kukin kaksi naulaa jokaiseen poikkilautaan. Naulaimien ohjaus on tehty magneettiventtiilillä, joka laukaisee naulaimet paineilmalla, kun logiikka antaa naulauskäsken.



*KUVA 4. Naulainportaali*

## 3 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

Ohjelmoitava logiikka eli PLC (Programmable Logic Controller) on mikroprosessoripohjainen laite, joka sisältää joko modulaarisia tai integroituja tulo- ja lähtöportteja. Näihin portteihin kytketään esimerkiksi tuloportteihin antureita tai painonappeja ja lähtöpuolelle kontaktoreita tai merkkilamppuja. (1.) Joillakin logiikoilla voidaan myös ohjata älykkäitä kenttälaitteita väylätekniikan avulla. Pääsääntöisesti logiikoiden käsittelemä signaali on binääristä, eli sen tila on päällä tai pois (1 tai 0), mutta myös analogisia signaaleja käytetään (2, s. 5).

### 3.1 Yleistä logiikoista

Logiikan sisäisiä toimintoja ohjaavat mikroprosessorit sekä käyttöjärjestelmä. Ne myös huolehtivat logiikan sekä oheis- ja ohjelmointilaitteiden välillä kulkevasta viestiliikenteestä. Suurissa logiikoissa voi olla useampia prosessoreita, joiden kesken tehtävät on jaettu. Tämä nopeuttaa laajojakin ohjauksia. Logiikoiden käyttöjärjestelmät ovat yleensä tallennettuina logiikoiden ROM-muistiin. Logiikkaa ohjaava sovellus tallennetaan yleensä paristovarmennettuun RAM-muistiin. Sovelluksen kokoa rajoittaa mm. RAM-muistin koko. Tämän lisäksi logiikoissa on erilaisia muistialueita mm. tuloja, lähtöjä, ohjelmassa käytettäviä apumuisteja, mittauksien tallennusta tai tiedonsiirtoa varten. (2, s. 5.)

Binääristen tulojen on tarkoitus sovittaa kentältä tuleva ulkoinen signaali logiikan sisäiseen signaalitasoon, joka on usein 5 VDC. Lähdöt ohjaavat lähtöä vastaavan sisäisen muistipaikan tilan perusteella lähdössä olevaa kosketinta tai puolijohdekytkintä. Yleensä tulot ja lähdöt sisältävät optoerottimen, joka parantaa turvallisuutta ja pienentää häiriövaikutuksia. Analogiset yksiköt sisältävät datamuuntimet, jotka muuntavat analogisen signaalin digitaalseksi tai päinvastoin. Tyypillinen datamuuntimen bittimäärä on 12, jolloin tietty standardiviesti, esim. 0–10 V, voidaan jakaa logiikassa n. 4000 tasoon. (2, s. 5.)

Nykyiset ohjelmoitavat logiikat toimivat syklisellä ohjelmakäsittelyperiaatteella, jossa ohjelmankierto eli sykli koostuu tietyistä rutiineista. Tyypillisesti sykli sisältää CPU:n ja oheislaitteiden tilan tutkimisen, sovellusohjelman suorituksen sekä tulojen ja lähtöjen päivityksen. Syklistä voidaan poiketa mm. keskeytystapahtu-



millä. Tulojen luku ja lähtöjen kirjoitus on myös mahdollista kesken sovellusohjelman suorituksen. (2, s. 6.)

Logiikoiden sovellusohjelma tehdään normaalisti tietokoneeseen asennettavalla ohjelmointiohjelmistolla. Tosin joitakin logiikoita voidaan ohjelmoida myös suoraan logiikassa olevilla painonapeilla ja näytöllä. Ohjelmointiin on luotu standardi, IEC 1131-3, mutta ani harvat ohjelmistot noudattavat sitä täydellisesti. Tyyppillisiä ohjelmointimuotoja ovat tikapuukaavio, logiikkakaavio tai käskylista. Sekvenssiohjelmointiin on saatavilla juuri siihen tarkoitukseen tarkoitettuja ohjelmistoja. (2, s. 7.)

Sovellusohjelma voidaan kirjoittaa ilman logiikkaa, mutta testausvaiheessa logiikkaa tarvitaan. Logiikka kytketään ohjelmointiohjelmiston sisältävään tietokoneeseen esimerkiksi sarjaportin kautta. Kun logiikan ja tietokoneen välille on saatu yhteys, sovellusohjelmisto voidaan ladata logiikan sisälle ja suorittaa testaukset. Ohjelmointiohjelmistot sisältävät erityyppisiä monitorointimahdollisuuksia logiikan muistien tilojen seuraamiseksi ja ohjaamiseksi. Sovellusohjelmia voidaan myös luoda tai seurata valmistajakohtaisilla pöytä- tai käsiohjelmointilaitteilla. (2, s. 7.)

Ohjelmoitava logiikka voi aivan yksinään toimia prosessin ohjauslaitteena ohjelmoinnin ja anturien sekä toimilaitteiden liittämisen jälkeen. Suuremmissa järjestelmissä useammat logiikat voivat olla kytkettynä toisiinsa sarjaväylän tai -väylien kautta, jolloin ne voivat vaihtaa tietoa keskenään. Sarjaväylät ovat valmistajakohtaisia tai ns. avoimia tehdas- ja kenttäväyliä, joihin voidaan liittää usean valmistajan laitteita. Jos prosessin tai laitteiden tiloja halutaan seurata tai ohjata keskitetysti, tällöin voidaan väylään tai suoraan logiikkaan kytkeä käyttöpääte tai valvomo-ohjelmistolla varustettu tietokone. Käyttöpääteissä on joko kosketusnäyttö tai painikkeet ohjausta varten. (2, s. 7.)

### 3.2 Logiikan valinta

Naulauskoneen ohjaamiseen valittiin Siemensin Simatic S7-200 Micro PLC mallia 212-1bb21-0xb0. S7-200 on sarja Micro PLC:itä, joilla voi hallita monenlaisia eri automaatiosovelluksia. Kompakti ulkomuoto ja tehokas käskykanta tekevät S7-200-logiikoista täydellisen valinnan pienten sovellusten hallintaan. (3, s. 3.)

Logiikka sisältää kahdeksan digitaalista tuloa sekä kuusi digitaalista lähtöä. Siihen on myös mahdollisuus kytkeä kaksi lisäosaa tarpeen mukaan. Logiikka saa käyttöjännitteensä suoraan verkkovirrasta.

Logiikan rinnalle lisättiin yksi lisäosa mallia 223-1ph20-0xa0. Se sisältää kahdeksan digitaalista tuloa ja kahdeksan digitaalista lähtöä. Käyttöjännite lisäosalle otetaan 24 VDC:n virtalähteestä.

Tähän logiikkaan päädyttiin, koska siinä oli tarpeeksi tuloja ja lähtöjä lisäosan kanssa, mitä vaadittiin etukäteen tehdyssä suunnitelmassamme. Valintaan vaikutti myös se, että alun perin suunnitelmissa oli liittää logiikkaan kosketusnäyttö, mutta tästä luovuttiin tarvittavan kaapelin ja ohjelmiston puuttumisen takia. Logiikka ja sen lisäosa näkyvät kuvassa 5.



KUVA 5. Logiikka ja sen lisäosa

### **3.3 STEP 7-MICRO/WIN -ohjelmisto**

STEP 7-Micro/WIN -ohjelmisto on Siemensin S7-200-sarjan micro PLC -logiikoille tehty ohjelmointiohjelmisto (4, s. 3). Ohjelmistosta on saatavilla muutamia uudempia versioita, mutta itse päädyin käyttämään ohjelmiston versiota 1.2, koska sen asennuslevykkeet löytyivät koululta ja se saatiin asennettua yhdelle koulun koneista. Tämä versio ohjelmasta oli ilmeisesti ohjelman varhaisimpia versioita, joka oli tehty toimimaan vanhoissa DOS-tietokoneissa, mutta onnekseni se toimi myös nykyisillä käyttöjärjestelmillä. STEP 7-Micro/WIN -ohjelmistolla voidaan luoda, muokata tai ladata sovellus logiikalle sekä asettaa salasana tai tehdä dokumentointia luodulle sovellukselle (4, s. 36).

STEP 7-Micro/WIN -ohjelmistolla pystytään luomaan sovellus joko tikapuukaaviolla tai käskylistalla (4, s. 3). Oman sovellukseni tein tikapuukaaviolla.



## 4 TYÖN SUORITUS

### 4.1 Ohjelmointi

Työn ohjelmointivaihe aloitettiin tekemällä työnantajan kanssa paperille lista toiminnoista ja vaatimuksista, jotka ohjelmiston tulisi täyttää. Toimintojen ja vaatimuksien laatimista auttoi suuresti se, että työnantaja tiesi, miten laitteen tulisi toimia, hän tiesi hieman automaatiosta ja hän omisti jo automatisoidun laitteen, joka naulaa lavojen pohjaosia. Näitä vaatimuksia olivat esimerkiksi, ettei laitteisto lähtisi pyörimään, jos lavan poikkilautoja ei olisi tarpeeksi telineessä. Myös jos naulaimilta loppuvat naulat, ohjelma keskeytyisi ja se jatkaisi samasta kohtaa, kun nauvoja olisi lisätty.

#### **Anturit**

Kun toiminnoista ja vaatimuksista oli päästy yhteisymmärrykseen, alettiin miettiä, missä kohtaa ja millaisia antureita käytettäisiin laitteistossa. Antureita tarvittiin seuraaviin paikkoihin:

- kolme kappaletta tunnistamaan, että pitkittäislaudat ovat paikoillaan alkupäässä
- yksi tunnistamaan, että poikkilautoja on telineessä vähintään neljä, jotta voidaan tehdä yksi lava
- yksi tunnistamaan lavan saapumisen naulauskohtaan
- kaksi anturia tunnistamaan, kun portaali on joko naulauskohdassa tai välitasennossa
- yksi tunnistamaan, kun valmis lava saapuu laitteen loppupäähän
- yksi tunnistamaan, että laitteiston syöttöpaine pysyy tarpeeksi korkeana.

Syöttöpainetta vahtivaksi anturiksi valittiin painekeytkin. Painekeytkin asennettiin laitteen paineilman syöttöletkuun. Anturi säädettiin toimimaan niin, että sen avautuva kytkin aukeaa, kun paine laskee alle 6 baarin.

Portaalin asentoa seuraamaan asennettiin toiseen sitä liikuttavaan sylinteriin magneettisia sylinteriantureita. Nämä asennettiin siten, että toinen anturi tunnis-

taa, kun portaali on naulauskohdassa, ja toinen tunnistaa, kun portaali on väliasennossa. Anturien oikeat kohdat saatiin kokeilemalla.

Lopuiksi antureiksi valittiin valokennot. Valokennoja asetettiin laitteen alkupäähän jokaiseen pitkittäislaudan uraan tarkistamaan, että pitkittäislaudat ovat paikoillaan, tunnistamaan, että poikittaislautat telineessä on tarpeeksi lautoja yhden lavan tekemiseen, tunnistamaan, kun lava saapuu naulauskohtaan ja tunnistamaan, kun valmis lava saapuu laitteen loppupäähän.

### **Ohjelmisto**

Suunnitteluvaiheen yhteydessä aloitin tarvittavan ohjelmiston ja ohjelmointikaapelin etsimisen. Aluksi aloitin tutkimalla koulun koneilla olevaa TIA Portal V12 -ohjelmistoa, mutta epäonnekseni huomasin, ettei ohjelmisto tukenut S7-200-sarjan logiikoita. Onnekseni koulun varastosta sattui löytymään asennuslevykeet STEP 7-Micro/WIN -ohjelmistolle, joka tuki S7-200-sarjan logiikoita.

Seuraavaksi ongelmaksi kuitenkin nousi se, etteivät koululla olevat ohjelmointikaapelit sopineet S7-200-sarjan logiikoille. Näille logiikoille olisi tarvinnut vanhemman ja tietokoneen sarjaporttiin liitettävän PC/PPI-kaapelin. Koululta löytyneet kaapelit olivat uudempia USB-versioita. Jälleen kerran onnekseni eräältä opettajalta löytyi juuri oikea kaapeli, jota sain lainata työn tekemisen ajaksi.

Kun vihdoinkin tarvittava ohjelmisto ja kaapeli löytyivät sekä ohjelman vaatimukset olivat selvillä, pystyttiin aloittamaan sovelluksen tekeminen.

### **Sovellus**

Ohjaussovelluksen tekeminen aloitettiin luomalla I/O-lista logiikalle. I/O-listassa määritellään logiikkaan liitettyjen laitteiden digitaaliset tulo- ja lähtöyksiköt sekä ohjelmassa mahdollisesti käytettävät logiikan sisäiset muistipaikat ja niiden osoitteet. Sovelluksen lopullinen I/O-lista löytyy liitteestä 4.

Kun I/O-lista oli tehty, voitiin aloittaa itse sovelluksen tekeminen. Sovelluksen automaattiohjaus toimii pääpiirteittäin seuraavanlaisesti:

Kun kaappiin kytketään jännitteet pääkytkimellä, logiikka ja muu laitteisto heräävät. Kun tämän jälkeen painetaan start-painiketta, laitteisto siirtyy alkutilaan,

jossa se ajaa naulausportaalin yläasentoon ja sovellus alkaa tarkistaa, ovatko sen aloitusehdot täyttyneet. Aloitusehtoina olivat, että laitteen loppupäässä ei ole valmista lavaa, poikkilautoja on tarpeeksi niiden telineessä, jokaisessa pitkittäislauta urassa on lauta ja ohjauuskäsky on saatu start-painiketta painamalla. Kun kaikki aloitusehdot ovat täyttyneet, lähtee ketju liikkeelle 3 sekunnin viiveellä.

Pitkittäislautojen tullessa poikkilautojen telineen kohdalle ketjussa olevat haarukat nappaavat poikkittaislaudan telineestä ja telineessä oleva ohjuri asettaa poikkittaislaudan oikealle kohdalle pitkittäislaudan päälle. Tämän jälkeen, kun lava saapuu naulausportaalille, valokenno tunnistaa kun lava on oikeassa kohdassa ja pysäyttää ketjun. Seuraavaksi naulausportaaali liikkuu alas naulauskohtaan ja naulaa ensimmäiset naulat, jonka jälkeen se siirtyy väliasentoon odottamaan seuraavaa naulausta. Seuraava naulaus tapahtuu, kun ketjua liikautetaan hie- man eteenpäin. Toisen naulauksen jälkeen portaaali ajetaan väliasentoon ja siir- rytään seuraavaan poikkilautaan. Kun valmis lava saapuu laitteen loppupäähän, ketju pysähtyy ja sovellus palaa alkutilaan odottamaan, että kaikki aloitusehdot täyttyvät uudelleen, ennen uuden lavan tekemisen aloittamista. Laitteen auto- maattiajtoa havainnollistava vuokaavio löytyy liitteestä 5.

Jos naulaimista loppuvat naulat kesken, keskeytetään ohjelma, ajetaan naulau- sportaali yläasentoon ja ilmaistaan merkkivalolla naulojen loppuneen vilkutta- malla valoa yhden hertsin taajuudella. Kun naulaimiin on lisätty nauloja, paine- taan start-painiketta uudestaan ja ohjelma jatkaa siitä kohtaa mihin se jäi.

Sovellus myös pysähtyy ja palaa alkutilanteeseen odottamaan uutta ohjauuskäs- kyä, jos laitteiston paine laskee alle kuuden baarin, stop-painiketta painetaan tai laite asetetaan manuaaliajolle. Laitteiston paineen laskiessa liian vähäiseksi, samalla kun sovellus keskeytyy, ilmaistaan paineen vähyys vilkuttamalla merk- kivaloa kahden hertsin taajuudella.

Hätä-seis-painiketta painettaessa tai hätä-seis-vaijeria vedettäessä jännitteet katoavat sekä logiikalta että 24 VDC:n virtalähteeltä, täten pysäyttäen laitteen. Kun hätä-seis-painike palautetaan yläasentoon, jännitteet palaavat logiikalle ja sovellus palaa alkutilanteeseen odottamaan uutta ohjauuskäskyä.

Laitteen ollessa manuaaliajolla voidaan ketjua ajaa eteen- ja taaksepäin sekä naulausportaalia ylös- tai alaspäin niille määritetyillä napeilla. Laitteen ollessa manuaaliajotilassa kaikki automaattiajon puolella käytetyt muistit ja ohjaukset katkaistaan, jotteivät ne sekoittaisi laitetta ja mahdollisesti aiheuttaisi vaaratilannetta.

## 4.2 Ohjauskeskus

Naulauskoneen automatisoinnin sekä logiikkasovelluksen tekemisen lisäksi, naulauskoneelle rakennettiin ohjauskeskus. Ohjauskeskus sisältää kaikki laitteen ohjauskomponentit, kuten kontaktorit, logiikan ja painikkeet.

Keskuksen vaatimuksina oli, että siihen mahtuu logiikka, logiikan lisäosa, moottoria ohjaavat kaksi kontaktoria, moottorin suojana oleva moottorinsuoja kytkin, 24 VDC:n virtalähde sekä tarvittava määrä riviliittimiä. Tämän lisäksi kanteen piti mahtua yhdeksän painiketta, jolla naulauskonetta hallittaisiin:

- START-painike, jolla ohjelmalle annetaan käynnistyskäsky ohjelman ollessa alkutilanteessa sekä ohjelman jatkamiskäsky, kun naulat loppuvat kesken ja niitä on lisätty
- STOP-painike, jolla ohjelma voidaan pysäyttää ja palauttaa alkutilanteeseen missä tahansa vaiheessa
- AUTO/MAN-kytkin, jolla valitaan automaatti- tai manuaaliajon välillä
- HÄTÄSEIS-painike, joka katkaisee jännitteen syötön sekä 24 VDC:n virtalähteeltä että logiikalta
- KETJU ETEEN -painike, jolla ketjua voidaan ajaa eteenpäin manuaaliajolla
- KETJU TAAKSE -painike, jolla ketjua voidaan ajaa taaksepäin manuaaliajolla
- PORTAALI YLÖS -painike, jolla portaalia voidaan ajaa ylöspäin manuaaliajolla
- PORTAALI ALAS -painike, jolla portaalia voidaan ajaa alaspäin manuaaliajolla
- päävirtakytkin, jonka kautta keskukselle syötetään kolmivaihejännitettä.

Naulauskoneen ketjua liikuttavaa kolmivaihemoottoria ohjataan kahdella kontaktorilla. Kontaktorit on kytketty suunnanvaihtokytkennällä, joka mahdollistaa moottorin pyörimisen kumpaankin suuntaan. Kontaktori on iso sähkömekaaninen kytkin, jota ohjataan sähköisesti, aivan kuten relettä. Releellä ja kontaktorilla onkin erona yleensä vain kokoluokat (5).

Työssä käytetyt kontaktorit olivat AAB:n malleja A9-30-10 ja N31E ja ne näkyvät kuvassa 6. Kontaktoreiden tarkemmat tiedot löytyvät lähteistä 8 ja 9.



*KUVA 6. Työssä käytetyt kontaktorit*

Naulauskoneen logiikan lisäosalle ja antureille saadaan 24 VDC:n jännite käyttämällä erillistä virtalähdettä. Tämä virtalähde muuttaa sille syötetyn 230 VAC jännitteen laitteille sopivaksi 24 VDC:n jännitteeksi.

Työssä käytetty 24 VDC:n virtalähde oli Phoenix Contactin mallia Mini-PS-100-240AC/24DC/1.3 (kuva 7). Tarkemmat tiedot virtalähteestä löytyvät lähteestä 10.



*KUVA 7. Työssä käytetty virtalähde*

Ketjua liikuttavan moottorin suojaksi laitettiin kontaktoreiden eteen moottorinsuojakytkin. Moottorinsuojakytkimiä käytetään moottoreiden manuaalisina virtakytkiminä, mutta myös moottorin ja järjestelmän sulakkeettomaan suojaukseen oikosulkujen, ylikuormien ja vaihdekatkoksien varalta (6).

Moottorinsuojakytkin oli Din Linen tekemä. Sen asetusalue oli 1–1,6 A ja se kestää 400 voltin jännitteen sekä 25 ampeerin virran. Moottorinsuojakytkin näkyy kuvassa 8.



*KUVA 8. Työssä käytetty moottorinsuojakytkin*

### **4.3 Rakentaminen ja piirustukset**

Kun kaikki tarvittavat komponentit oli saatu hankittua, aloitettiin kotelon rakentaminen. Rakennusvaihe alkoi suunnittelemalla miten komponentit asetetaan kotelon sisälle. Loppujen lopuksi päädyttiin kuvan 9 mukaiseen järjestelyyn.



*KUVA 9. Osien järjestely*

Kun komponentit oli saatu aseteltua koteloon, aloitettiin ohjauskeskuksen kytkentäkaavion piirtäminen. Piirtäminen suoritettiin CADS Planner -ohjelmistolla. KytKentäkaavio on piirustus, jolla kuvataan komponenttien välisiä kytkentöjä piirrosmerkkien ja niiden välillä kulkevien viivojen avulla. Piirikaavion avulla voidaan kuvata laitteen toimintaa komponenttitasolla, mutta se ei välttämättä kuvaa miten komponenttien kytkentä on toteutettu käytännössä.(7.) Ohjauskeskuksen ja sen kannen piirikaaviot löytyvät liitteistä 1 ja 2.

Viimeisenä, kun ohjauskeskuksen piirikaaviot saatiin muutamien muunnoksien jälkeen valmiiksi, aloitettiin keskuksen johdotusvaihe. Valmis johdotettu ohjauskeskus näkyy kuvassa 10.





*KUVA 10. Valmis ohjauskeskus*

#### **4.4 Kenttäkotelo**

Kenttäkotelo päätettiin lisätä työhön työn puolivälissä, kun aloimme työnantajan kanssa miettiä anturien johdotuksia. Mietimme että pääsemme helpommalla, kun kytkemme anturit kenttäkoteloon ja laitamme kenttäkotelon ja pääkeskuk- sen väliin paksumman monijohtimisen kaapelin. Kenttäkotelo sisältää pelkäs- tään yhden riviliitinkiskon, johon on kytketty anturit sekä pääkeskukselle mene- vä kaapeli. Kenttäkotelon piirikaavio löytyy liitteestä 3.

## 5 KÄYTTÖÖNOTTO

Laitteen käyttöönotto aloitettiin työntäjän tiloissa asentamalla aluksi ohjauskotelo laitteen kylkeen kiinni. Tämän jälkeen aloitettiin tarvittavien kaapeleiden kytkeminen ja johdottaminen.

Aluksi kaikki anturit johdotettiin laitteen keskiosasta löytyvään kenttäkoteloon. Kaiken kaikkiaan antureita oli yhdeksän kappaletta. Laitteen valokennoantureiden johtoja jouduttiin jatkamaan kolvaamalla johtoja niiden jatkeeksi, koska niiden alkuperäiset johdot olivat liian lyhyet. Kun anturit oli saatu kytkettyä kenttäkoteloon, alettiin johdottaa kaapeleita ohjauskeskuksen ja laitteen toisessa päässä olevan painikekotelon, joka sisälsi toiset start- ja hätä-seis-painikkeet, välille sekä siitä eteenpäin hätä-seis-vaijerille. Myös ohjauskeskuksen ja kenttäkotelon väliin vedettiin kaapeli, jotta anturien viestit saatiin logiikalle asti. Lopuksi johdotettiin vielä kaapeli laitteen päällä olevaan jakorasiaan, jonka kautta ohjattiin magneettiventtiilejä ja merkkivaloa, sekä kaapeli ohjauskeskuksen ja moottorin välille. Merkkivaloa ei ehditty laitteeseen vielä asentaa, mutta sille jätettiin johdot odottamaan sen asennusta. Kun johdot oli saatu vedettyä, aloitettiin niiden kytkeminen piirustusten mukaisesti.

### Ongelmat

Kun kaikki johdotukset ja kytkennät oli saatu tehtyä, aloitettiin itse sovelluksen testaus. Aluksi testattiin pelkkää manuaaliajtoa ja sen avulla tarkastettiin moottorin pyörimissuunnat ja portaalin liikkuminen oikeaan suuntaan oikealla käskyllä. Kummatkin näistä saattoivat toimimaan juuri päinvastoin, mutta ne oli helppo korjata vaihtamalla moottorista yhden vaiheet ristiin ja portaalia liikuttavien magneettiventtiilien kelat keskenään. Kun manuaaliajto oli saatu toimimaan, aloitettiin automaattiajon testaus, jossa ongelmia tuli heti vastaan. Ohjelma ei aluksi lähtenyt pyörimään ollenkaan. Vikaa etsittiin jonkin aikaa niin sovelluksesta kuin itse laitteestakin, kunnes lopulta huomasimme että laitteeseen asennetut valokennoanturit olivat väärää tyyppiä. Asennetut valokennoanturit olivat NPN-tyyppisiä, kun taas sovellus ja logiikan kytkennät oli tehty PNP-tyyppisille antureille. Tästä syystä valokennoantureilta ei saatu viestiä logiikalle asti, kuten muilta antureilta. Pienen mietinnän ja selvittelyn jälkeen totesimme helpoim-

maksi ratkaisuksi tilata uudet, oikean tyyppiset anturit sen sijaan, että ohjauskeskuksen kytkentää olisi alettu muuttamaan.

Kun uudet anturit saapuivat ja ne oli saatu asennettua, jatkettiin sovelluksen automaattiajon testausta. Kun sovellus saatiin käynnistettyä, säädettiin antureiden herkkyyksiä ja niiden toimintaa sitä mukaan, kun antureiden kohdalle päästiin. Suurimpia säätöjä tuottivat naulauskohdan anturi, koska sen avulla lava pysäytetään ensimmäiseen naulauskohtaan ja siinä tuli huomioida ketjun liukuminen moottorin pysähtyttyä, sekä portaalia seuraavat lähestymiskytkimet. Pienien säätöjen anturin fyysisen sijainnin kanssa, sekä sovelluksen ajastimien säädön jälkeen, saatiin lava pysähtymään oikeaan kohtaan. Portaalin lähestymiskytkimet tuottivat hieman enemmän päänvaivaa. Portaalin naulauskohdan tunnistava anturi saatiin helposti asetettua kohdalleen, mutta väliasentoa seuraavaa anturi tuotti hieman ongelmia sovelluksen puolella. Anturi kyllä antoi viestin, milloin pysäyttää portaalin ajaminen ylöspäin, mutta portaali liukui ohjauksen katkettua anturin ohitse, täten laittaen sovelluksen jumiin. Tämän lisäksi, kun vikaa yritettiin korjata sovelluksen puolella, jostain syystä viestin saaminen anturilta loppui. Anturissa oleva viestivalo syttyi palamaan portaalin ollessa sen kohdalla ja logiikan lisäosassa tätä anturia vastaavan tulon merkkivalo syttyi, mutta itse sovellus ei havainnut viestiä.

### **Ratkaisut**

Pienen testailun jälkeen tulimme johtopäätökseen, että kyseinen tulo hajosi jostain syystä. Hajoamisen syyksi emme keksineet mitään muuta kuin logiikan ja sen lisäosan vanhan iän, koska kaikki muut tulot toimivat moitteettomasti ja anturi antoi viestin sovellukselle asti, kun sitä kokeiltiin toisessa tulossa. Löysimme onneksi tavan kiertää tämä rikkinäisen tulon. Anturin tarkoituksena oli estää laitetta pääsemästä aivan yläasentoon, koska se aiheutti laitteessa suuren tärähdyksen, kun portaali ajettiin yläasentoon. Tämä pystyttiin estämään säätämällä portaalia ohjaavissa sylintereissä olevia vaimentimia, joiden avulla saimme portaalin liikkeen pehmeämmäksi. Sovelluksessakin tämän anturin pystyi helposti korvaamaan erinäisillä muistipaikoilla.

Myös muutama pikkuseikkoja piti korjata ohjelmasta. Esimerkiksi pitkittäislautoja työntävä poikittaisrauta aktivoi valmislava-anturin, jolloin ketju pysähtyi väliaikaisesti. Tästä pysäytyksestä huolimatta sovellus jatkoi toimintaa pienen tauon jälkeen, koska poikittaisrauta liukui pois anturin päältä. Tämä vika oli helposti korjattavissa lisäämällä ajastin, joka säädettiin siten, että ohut poikittaisrauta ei ehdi aktivoida ketjun pysäytystä, vaan se vaatii valmiin lavan, ennen kuin sovellus pysäytetään. Myös muutamia pieniä vikoja ilmaantui, kun aikaisempia virheitä korjattiin, sekä joitain uusia vikoja ilmaantui, kun sovellusta testattiin laitteessa itsessään. Suurin osa näistä vioista oli kuitenkin helposti löydettävissä ja korjattavissa.

### **Naulojen laskuri**

Lopuksi mietimme naulojen määrää seuraavan laskurin tarvetta sovelluksessa. Tämän laskurin alkuperäinen tarkoitus oli seurata laitteessa olevien naulojen määrää ja sen myötä keskeyttää sovellus siksi aikaa, kunnes nauloja lisätään ja painetaan start-painiketta. Ohjelmointivaiheessa en kuitenkaan löytänyt käyttämästäni ohjelmointiohjelmasta mahdollisuutta luoda logiikalla muistia, joka säilyttäisi tiedon logiikan sisällä, kun siltä katoaisi käyttöjännite. Tästä syystä joka kerta, kun logiikalta katoaa jännite, nauloja seuraavaa laskuri nollaantuu alkuarvoonsa, täten sekoittaen naulojen määrät. Tulimme työnantajan kanssa lopputulokseen, että on parempi poistaa naula laskuri ja seurata naulojen määrää silmämääräisesti, kun laite muutenkin vaatii kokoajan yhden ihmisen sitä käyttämään ja sen ympärillä työskentelemään.

### **Mekaaniset viat**

Käyttöönoton yhteydessä tuli myös monia erilaisia mekaanisia ongelmia. Esimerkiksi joskus pitkittäislaudat saattoivat olla liian ohuita, tai ne saatettiin asettaa liian alkupäähän kiskoilla, jolloin ketjun poikittaisrauta menee lautojen päälle. Myös siinä vaiheessa, kun poikittaislaudat käyvät vähiin, ne saattavat mennä helposti vinoon telineessä. Tämä aiheutti laitteen jumiutumisen tai joskus poikittaislauda saattoi hypätä pitkittäislaudan eteen. Joitain mekaanisia vikoja saimme korjattua käyttöönoton aikana, mutta joitain pieniä mekaanisia vikoja laitteeseen vielä jäi. Työnantaja aikoi itse perehtyä näihin vikoihin ja parannella poikkilautojen syöttöä ja ohjausta säätämällä laitteen omia mekaanisia säätöjä.

Kun kaikki ilmaantuneet viat oli korjattu ja muutamia testilavoja oli tehty, totesimme, että laitteen ohjaussovellus toimii suunnittelun mukaisesti ja se voidaan ottaa käyttöön, vaikka joitain pieniä mekaanisia vikoja saattaa tietyissä olosuhteissa ilmaantua.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja tehdä logiikkasovellus lavan nau-lauskoneelle, rakentaa sille ohjauskeskus ja automatisoida sen anturit. Työ on-nistui, vaikka muutamia ongelmia esiintyi työn aikana. Esimerkiksi ohjelmointi-laitteiston etsinnässä kului alussa jonkin verran aikaa, laitteistoon varatut valo-kennoanturit olivat väärää tyyppiä, logiikan tuloportti hajosi sekä monet mekaa-niset viat. Näistä ongelmista onneksi selvittiin pienillä muutoksilla sovelluksessa tai mekaniikassa, ilman että ne olisivat aiheuttaneet suurempia ongelmia.

Jatkokehityksenä mietittiin, jos laitteeseen lisättäisiin pitkittäislaudoille syöttöte-lineet, jottei niitä tarvitsisi olla joka kierroksella lisäämässä. Tämä muutos ei vaatisi muutoksia ohjelman kannalta mitenkään, vaan muutoksen voisi tehdä siirtämällä pitkittäislautojen tunnistusanturit telineisiin. Toisena ideana oli joskus tulevaisuudessa rakentaa laitteen loppupäähän erillinen lavoja pinoava laite, jonka tarkoituksena olisi ottaa valmiit lavat laitteen loppupäästä ja pinota ne tor-niksi nostamalla edellisen lavan ylös ja ajamalla uuden sen alapuolelle. Alusta-van mietinnän perusteella tämän voisi myös toteuttaa ilman, että nykyisen lait-teen ohjelmaa tarvitsisi muuttaa, mutta siihen tulisi perehtyä tarkemmin suunnit-telu vaiheessa.

Työ oli mielenkiintoinen ja pääsin pitkästä ajasta itse ohjelmoimaan sovellusta melkein tyhjästä. Oli myös mukavaa suunnitella, rakentaa ja johdottaa ohjaus-keskus.

Lisäksi tämä oli ensimmäinen kerta, kun minun piti suorittaa käyttöönotto oikean laitteen kanssa. Se oli erittäin opettava kokemus, koska huomasin, että vaikka sovellus on moneen kertaan todettu toimivaksi ja viattomaksi "toimistolla", niin kun päästään testaamaan sovellusta itse laitteen kanssa, vikoja voi ilmaantua vaikka kuinka paljon.

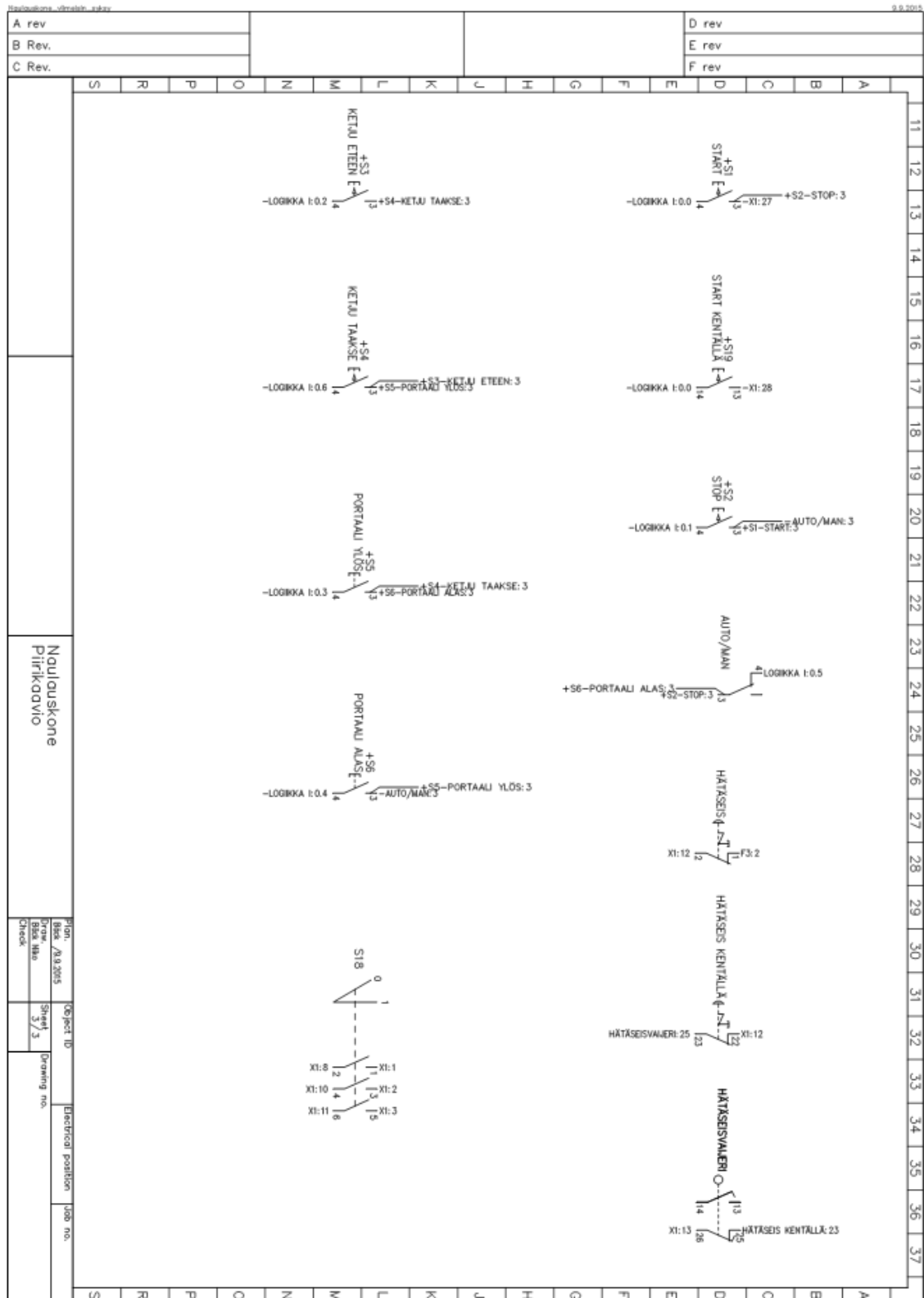
## LÄHTEET

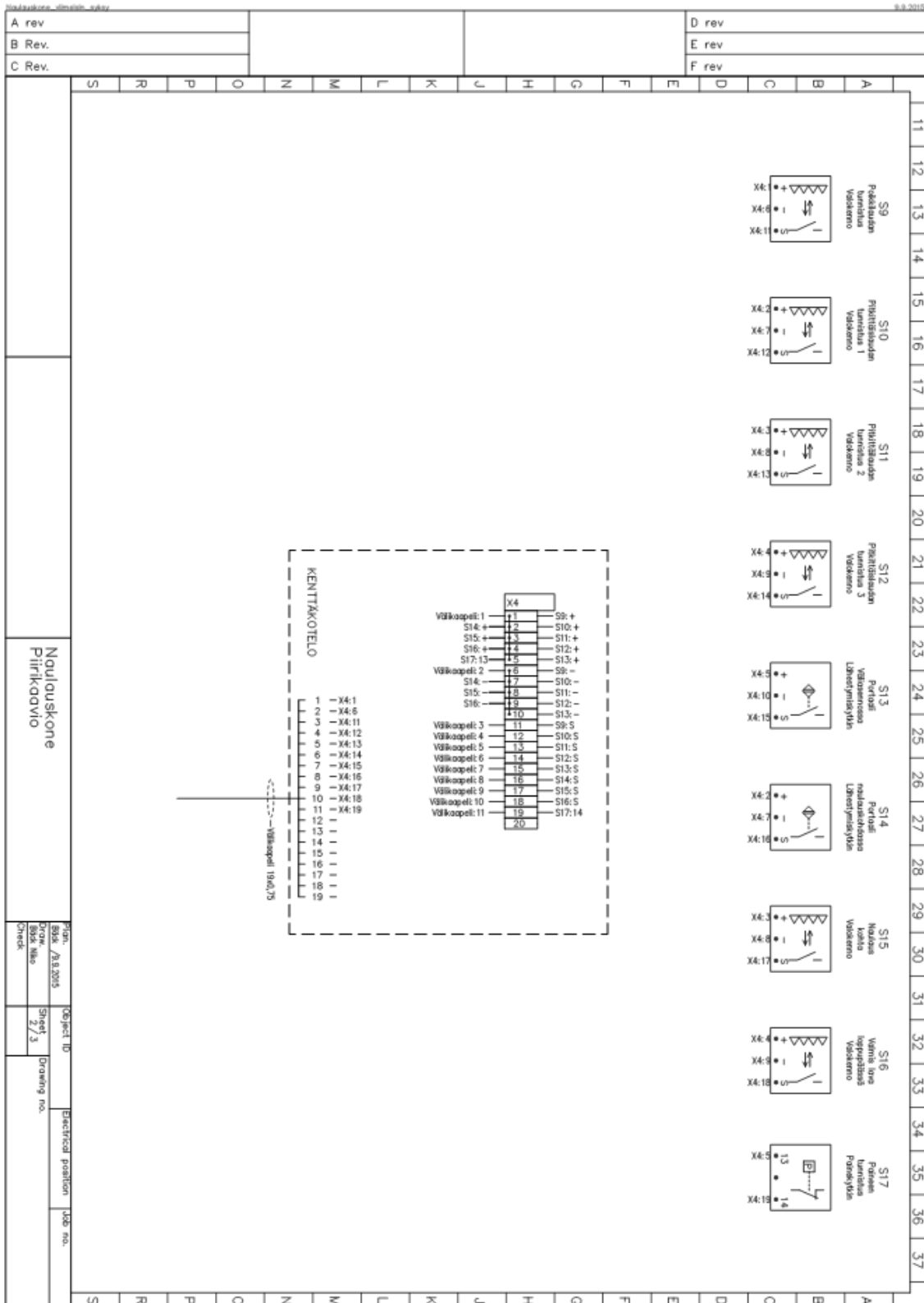
1. Ohjelmoitava logiikka. 2015. Wikipedia. Saatavissa:  
[https://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmoitava\\_logiikka](https://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmoitava_logiikka). Hakupäivä 28.7.2015.
2. Syswin-ohjelmointi peruskoulutus. Omron. Saatavissa:  
[http://www.tekniikka.oamk.fi/~timohei/TL602Z/aineisto/syswin\\_peruskoulutusmateriaali.PDF](http://www.tekniikka.oamk.fi/~timohei/TL602Z/aineisto/syswin_peruskoulutusmateriaali.PDF). Hakupäivä 28.7.2015.
3. S7-200 Programmable Controller System Manual. 1999. Siemens. Saatavissa:  
[http://www.elektronika.iee.put.poznan.pl/download/siemens/s7200n\\_e.pdf](http://www.elektronika.iee.put.poznan.pl/download/siemens/s7200n_e.pdf). Hakupäivä 28.7.2015.
4. Simatic STEP 7-Micro/DOS User Manual. 1995. Siemens. Saatavissa:  
[http://www.kjit.bme.hu/images/stories/targyak/plctechnika/micro\\_e.pdf](http://www.kjit.bme.hu/images/stories/targyak/plctechnika/micro_e.pdf). Hakupäivä 28.7.2015.
5. Kontaktori. 2015. Wikipedia. Saatavissa:  
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Kontaktori>. Hakupäivä 29.7.2015.
6. Moottorinsuojakytkimet. ABB. Saatavissa:  
<http://www.abb.fi/product/seitp329/a9b5ca40434ec920c1256ffe0046d8df.aspx>. Hakupäivä 29.7.2015.
7. Piirikaavio. 2015. Wikipedia. Saatavissa:  
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Piirikaavio>. Hakupäivä 29.7.2015.
8. Kontaktorit A9-30-10 230-240V 50Hz / 240/260v 60Hz. 2015. ABB. Saatavissa:  
[http://www.abb.com/product/seitp329/128d98e5090f7cf8c1256ffe00467199/pis\\_ABB1SBL141001R8810.aspx?tabKey=2](http://www.abb.com/product/seitp329/128d98e5090f7cf8c1256ffe00467199/pis_ABB1SBL141001R8810.aspx?tabKey=2). Hakupäivä 20.8.2015.
9. Kontaktorit N31E 220-230V 50 Hz / 230-240V 60Hz. 2015. ABB. Saatavissa:  
<http://www.abb.com/product/seitp329/12daed844051a599482570f30045c9e5.aspx?tabKey=2&gid=ABB1SBH141001T8031&cid=9AAC100109>. Hakupäivä 20.8.2015.

10. Power supply unit - MINI-PS-100-240AC/24DC/1.3. 2015. Phoenix Contact.  
Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?uri=pxc-oc-itemdetail;pid=2866446&library=usen&tab=1>. Hakupäivä 20.8.2015.









Symbol Table - c:\19_9-1\naulai.sym		
Symbol Name	Address	Comment
START	I0.0	Start-nappi
STOP	I0.1	Stop-nappi
KETJ.ETEEN_N	I0.2	Ketju eteen-nappi
PORT.YLÖS_N	I0.3	Portaali ylös-nappi
PORT.ALAS_N	I0.4	Portaali alas-nappi
AUTO/MAN	I0.5	Automaatti/manuaali ajo-kytkin, 1=automaatti,
KETJ.TAAKSE_N	I0.6	Ketju taakse-nappi
POIKKILAUTA	I0.7	Poikkilautojen tunnistus anturi
PITK.LAUTA1	I1.0	Pitkittäislauta 1 tunnistus anturi
PITK.LAUTA2	I1.1	Pitkittäislauta 2 tunnistus anturi
PITK.LAUTA3	I1.2	Pitkittäislauta 3 tunnistus anturi
	I1.3	
PORT.NAULAUUS	I1.4	Portaali naulausasennossa anturi
NAULAUUS_A	I1.5	Naulauskohdan tunnistus anturi
VALMISLAVA	I1.6	Valmis lava poistettu anturi
PAINE_OK	I1.7	Paineen tunnistus anturi
KETJU_ETEEN	Q0.0	Ketjun ajo eteen
KETJU_TAAKSE	Q0.1	Ketjun ajo taakse
	Q0.2	
PORTAALI_ALAS	Q0.3	Portaalin ajo alas
PORTAALI_YLÖS	Q0.4	Portaalin ajo ylös
NAULAUUS_K	Q0.5	Naulaus käsky
MERKKIVALO	Q1.0	Merkkivalo
	Q1.1	
	Q1.2	
	Q1.3	
	Q1.4	
	Q1.5	
	Q1.6	
	Q1.7	
AJONKATKAISU	M0.0	Ajon katkaisu ehdot
OHJAUS	M0.1	Ohjelman ohjaustieto
	M0.2	
NAUL.KOHTA1	M0.3	Lava ensimmäisessä naulauskohdassa
KETJULIIKAUTUS	M0.4	Muisti ketjun liikautukseen toiseen naulauskohtaan
NAUL.KOHTA2	M0.5	Lava toisessa naulauskohdassa
NAULATTU	M0.6	Naula ammuttu
ALKULUKITUS	M0.7	Alkulukitus, kun alkuehdot on täyttyneet
KETJULIIKKUU	M1.0	Ketju liikkeellä
PORT.LIIKKUU	M1.1	Portaali liikkeellä
KERRANAULATTU	M1.2	Kerran naulattu
PORT.YLÖSS	M1.3	Varmistetaan että portaali lähtenyt ylös
TOINENNAULAUUS	M1.4	Toisen kerran naulattu
	M1.5	
	M1.6	
AJONKATKAISU2	M1.7	Ajon katkaisu ehdot 2

