



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kalle Pirilä

# HYDRAULIIKKAKONEIKON PLC-OHJAUS

Tekniikka

2024

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Pirilä, Kalle
Opinnäytetyön nimi	Hydrauliikkakoneikon PLC-Ohjaus
Vuosi	2024
Kieli	Suomi
Sivumäärä	38+13
Ohjaaja	Juho Pölönen

Opinnäytetyössä keskitytään tutkimaan PLC-ohjauksen toimintaa hydrauliikka koneikossa. Tavoitteena oli kehittää hydrauliikkakoneikkoon tarkka ja tehokas ohjausjärjestelmä, joka takaa käyttäjälleen turvallisen ja toimintavarmen käytön.

Työssä hydrauliikan ohjaamiseen käytetään Bechhoffin logiikkaa ja komponentteja. Ohjelman luominen tapahtuu Beckhoff TwinCAT 3-sovelluksella, joka mahdollistaa tarkan ja monipuolisen ohjelmoinnin sen monipuolisten toimintojen vuoksi. Työssä on myös keskitytty hydrauliikan ja PLC-ohjelmoinnin tärkeimpiin turvallisuusriskeihin ja standardeihin.

Visualisointiosiossa käsitellään sovelluksen ohjaamiseen luotua käyttöliittymää. Tekstissä kuvataan jokaista käyttöliittymän ikkunaa erikseen ja käydään läpi niiden sisältöä. Nämä ikkunat tarjoavat käyttäjälleen yksinkertaisen ja turvallisen tavan hallita hydrauliikkakoneikkoa. Lisäksi käyttöliittymän suunnittelussa korostuu turvallisuus ja helppokäyttöisyys.

## ABSTRACT

Author	Kalle Pirilä
Title	PLC control of a hydraulic machine
Year	2024
Language	Finnish
Pages	38+13
Name of Supervisor	Juho Pölönen

---

The thesis focused on investigating the operation of PLC control in hydraulic machinery. The goal is to develop an effective control system for the application, which guarantees the user safe and reliable use in all situations.

In the work, Bechhoff logic and components are used to control the hydraulics. The program is created with the Bechhoff TwinCAT 3 application, which enables accurate and versatile programming due to its versatile. The work also focuses on the most important safety risks and standards of hydraulics and PLC programming.

The visualization section discusses the user interface created to control the application. The text describes each window of the user interface separately and reviews their contents. These windows offer the user a simple and safe way to control the hydraulic machinery. In addition, the design of the user interface emphasizes safety and ease of use.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Fintos Oy .....	9
2	LÄHTÖKOHDAT .....	10
2.1	Tausta.....	10
2.2	Tavoitteet.....	10
3	TURVALLISUUS.....	11
3.1	Hydrauliikan työturvallisuus .....	11
4	HYDRAULIIKKA .....	12
4.1	Pumput.....	13
4.2	Venttiilit .....	15
5	PLC .....	17
5.1	HMI 17	
5.2	IEC 61131-3 .....	18
5.3	Beckhoff .....	18
5.3.1	EtherCAT.....	19
6	KONEIKKO .....	20
6.1	Hydrauliikka .....	20
6.2	Sähkö ja elektroniikka .....	22
6.2.1	CX9020 PC .....	23
6.2.2	CP6906 7” -Ohjauspaneeli .....	23
6.2.3	Muut komponentit.....	24
7	OHJELMOINTI .....	27
7.1	Main-ohjelma.....	28
7.2	Ohjelmalohkot .....	30
7.2.1	Venttiilien ohjaus .....	31

7.2.2	Turvallisuuslohko .....	32
7.2.3	Anturitieto .....	32
7.2.4	Painetavoite .....	32
7.2.5	Painikkeiden valo-ohjaus .....	32
7.3	Visualisointi .....	33
8	POHDINTAA JA JATKOKEHITYS .....	37
	LÄHTEET .....	38
	LIITTEET .....	40

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Hydrauliiikkapuristin (Inkinen ja Tuohi, 1999, s. 305).....	12
Kuva 2. Mäntäpumppu (mobilehydraulictips, 2022) .....	13
Kuva 3. Hammasrataspumppu (Oem, n.d.).....	13
Kuva 4. Ruuvipumppu (Leistritz, n.d.) .....	14
Kuva 5. Suuntaventtiili (Hydrauliiikkakauppa a, n.d.) .....	15
Kuva 6. Mekaanisesti ohjattu venttiili (Lojik, n.d.).....	16
Kuva 7. Paineohjattu venttiili (Yuken, n.d.).....	16
Kuva 8 Pumppuyksikkö .....	20
Kuva 9 Sähkömoottori ja hammasrataspumppu .....	21
Kuva 10 Purettu solenoidiventtiili.....	21
Kuva 11 Kasattu solenoidiventtiili.....	22
Kuva 12. CX9020 (Beckhoff c, n.d.) .....	23
Kuva 13 Beckhoff CP6906 -näyttö (Bechoff b, n.d.).....	23
Kuva 14 Turvamoduuli (Safety Module) .....	25
Kuva 15 Koneikon sähkökeskus .....	25
Kuva 16 Sähkökeskuksen kansi .....	26
Kuva 17 Kauko-ohjain.....	26
Kuva 18 Main-ohjelma .....	29
Kuva 19 Ohjelmalohkojen rakenne .....	30
Kuva 20 Venttiilien ohjelmalohko .....	31
Kuva 21 Turvalohko.....	32
Kuva 22 Yrityksen logoikkuna. ....	33
Kuva 23 Turvallisuusvaroituksetikkuna.....	34
Kuva 24 Suojavarusteetikkuna.....	34
Kuva 25 Ohjaisikkuna. ....	35
Kuva 26 Varoitussikkuna paineen noususta.....	35
Kuva 27 Infoikkuna.....	36

**LYHENTEET**

PLC Programmable logic controller (ohjelmoitava logiikka ohjain)

EtherCAT Ethernet Control Automation Technology

GVL Global variable list

## **LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Hydrauliiikan virtauskuva koneikosta.

**LIITE 2.** Maksimipaineen venttiilien ohjaus

**LIITE 3.** Painetavoitteiden hallinta

**LIITE 4.** GVL-muuttujat

**LIITE 5.** Painikkeiden valo-ohjaus

**LIITE 6.** Anturitiedon muunto

**LIITE 7.** Layout, sähkökeskus kansi

**LIITE 8.** Layout, sähkökeskus

**LIITE 9.** Piirikaavio sivu 1.

**LIITE 10.** Piirikaavio sivu 2

**LIITE 11.** Piirikaavio sivu 3

**LIITE 12.** Piirikaavio sivu 4, Digital Inputs

**LIITE 13.** Piirikaavio sivu 5, Digital Outputs

## **1 JOHDANTO**

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää Fintos Oy:lle korkeapainehydrauliikkakoneikon PLC-ohjaus. Tämä työ keskittyy PLC-ohjelman tutkimiseen, suunnitteluun ja toteutukseen, jonka tarkoituksena on parantaa hydrauliikkakoneikon tehokkuutta, käyttäjäystävällisyyttä ja turvallisuutta. Työssä käydään läpi perusteita hydrauliikasta ja PLC-ohjelmoinnista, sekä keskitytään koneikon käytön helppokäyttöisyyden ja turvallisuuden parantamiseen.

PLC-ohjausjärjestelmien avulla voidaan automatisoida ja valvoa monimutkaisia hydrauliikkaprosesseja tarkasti ja luotettavasti. PLC-ohjauksen etuja ovat esimerkiksi turvallisuus ja tehokkaampi toiminta. Suunnittelussa kiinnitetään erityistä huomiota turvatoimintoihin ja käyttöliittymän selkeyteen.

Hydrauliikka on tärkeä osa monia teollisia prosesseja, erityisesti korkeapainehydrauliikka, joka mahdollistaa suurten voimien hyödyntämisen erilaisissa sovelluksissa.

### **1.1 Fintos Oy**

Fintos Oy on Vaasassa 2008 perustettu hydrauliikkaan ja pneumatiikkaan erikoistunut yritys. Yrityksen palveluihin kuuluvat hydrauliikan ja pneumatiikan suunnittelu, asennus ja ylläpito. Yritys myös maahantuo hydrauliikan ja pneumatiikan komponentteja, sekä laitteita.

## 2 LÄHTÖKOHDAT

Hydrauliikkajärjestelmien automatisointi ovat tärkeitä nykyaikaisen teollisuuden toiminnalle. Korkeapainehydrauliikan sovellukset edellyttävät erityisen tarkkaa ja luotettavaa ohjausta, jotta voidaan taata tehokkuus ja turvallisuus.

### 2.1 Tausta

Korkeapainehydrauliikka on olennainen osa nykyaikaista teollisten prosessien automaatiota. Hydraulijärjestelmät ovat laajasti käytössä monilla teollisuuden osaluilla, kuten koneenrakennuksessa, sekä raskaassa teollisuudessa. Näiden järjestelmien ohjaaminen ja valvominen on erittäin tärkeää prosessin turvallisuuden ja tehokkuuden kannalta.

Korkeapainehydrauliikkakoneikon PLC-ohjauksessa on tärkeitä käsitteitä, kuten PLC, hydrauliikkakoneikon komponentit ja niiden toiminta, sekä erilaiset valvonta- ja ohjaustekniikat.

PLC on tehokas ja käytännöllinen tapa automatisoida hydrauliikkakoneikon toimintaa erilaisissa tilanteissa. PLC on ikään kuin koko sovelluksen aivot, jotka oikein ohjelmoituina ohjaavat laitetta tarkasti tilanteiden mukaan. PLC myös valvoo sovelluksen toimintaa reaaliajassa ja varoittaa mahdollisista ongelmista, mikä tekee käytöstä turvallisen ja luotettavan.

### 2.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on tutkia ja toteuttaa korkeapainehydrauliikkakoneikon PLC-ohjaus, samalla selvittäen mahdollisia ratkaisuja, jotka voisivat tehostaa sovelluksen suorituskykyä, tehokkuutta ja turvallisuutta. Tavoitteisiin sisältyy käyttäjän asettamien vaatimusten huomioiminen, kuten ohjattavien toimintojen määrittely ja käyttöliittymän suunnittelu käyttäjäystävälliseksi. Lisäksi pyrittiin pitämään käyttöliittymä mahdollisimman yksinkertaisena ja helposti ymmärrettävänä, ja että se antaa turvallisuusilmoitukset vaaroista ja käytettävistä suojarusteista.

### 3 TURVALLISUUS

Projektissa on perehdytty tärkeimpiin ohjelmointiin sekä hydraulikkaan liittyviin vaaroihin, sekä standardeihin. Korkeapainehydrauliikassa, joissa henkilö työskentelee aivan paineistetun järjestelmän lähellä, on otettava huomioon paljon erilaisia turvallisuusriskejä.

#### 3.1 Hydrauliiikan työturvallisuus

Korkeapainehydrauliikkaan käyttöön liittyy monia merkittäviä riskejä sen korkean jopa 2500 bar paineen vuoksi, joista yleisin on paineen äkillinen purkautuminen, eli letkujen, liittimien tai työkalun rikkoutuminen. Rikkoutunut laite voi pahimmassa tapauksessa paineen purkautuessa aiheuttaa terävän ja jopa huomaamattoman kuuman öljysuihkun, joka läpäisee ihon jopa usean sentin syvyyteen. Riskien hallinta on todella tärkeää, jotta voidaan ehkäistä työtapaturmia ja varmistaa työntekijöiden turvallisuus. (Järvenpää, 2003)

Standardeja käytetään koneiden valmistuksessa ja suunnittelussa takaamaan niiden turvallisuuden, luotettavuuden ja yhteensopivuuden, sekä helpottamaan kansainvälistä kauppaa.

ISO 13849-1-standardi käsittelee turvatoimintoja suorittavien turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien suunnitteluun ja integroimiseen, mukaan lukien ohjelmistosuunnittelu. (SFS-online, 2023)

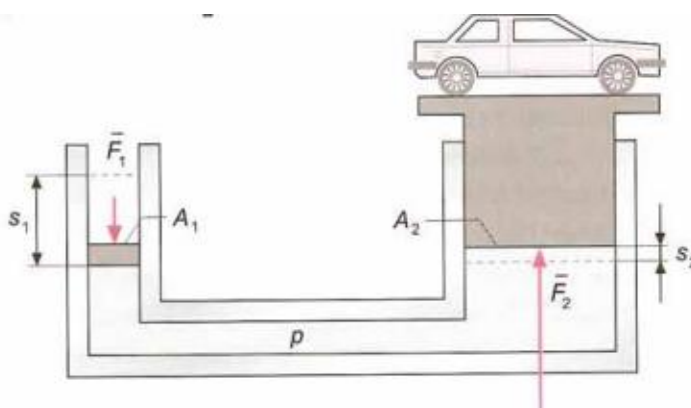
ISO 13850 standardi on kansainvälinen ja siinä esitetään laitteen hätäpysäytystoimintoa koskevat toiminnalliset vaatimukset ja suunnitteluperiaatteet riippumatta siitä, mitä energiamuotoa käytetään. (SFS-online, 2016)

## 4 HYDRAULIIKKA

Hydrauliikka on tehonsiirtoa nesteen paineen avulla. Hydrauliikan avulla voidaan siirtää voimaa tehokkaasti ja tarkasti, sekä se perustuu Pascalin lakeihin. Hydrauliset laitteet voivat toimia manuaalisesti niin sanotulla käsikäytöllä tai käyttää jotain muuta energianlähdettä esim. sähkö- tai polttomoottoria, joka pyörittää hydrauli-pumppua. Esimerkkejä käytettävistä sovelluksista ovat käsikäyttöiset auton nostamiseen suunnitellut tunkit, sekä polttomoottorilla hydraulipumppua pyörittävät maansiirto- ja maatalouskoneet. (Teollisuuspalvelu, n.d.; Salhydro a, 2002)

Pascalin laki väittää, että suljetussa tilassa olevaan nesteeseen kohdistettu paine jakautuu tasaisesti koko alueelle, ja tämän paineen katsotaan vaikuttavan tasaisesti jokaiseen nesteen koskettamaa pintaan. Pascalin lain tärkein tekninen sovel-lus on hydraulinen puristin, jonka periaatetta alla oleva kuva esittää. (Britannica, 21.03.2024)

Kun pienemmän sylinterin mäntään  $A_1$  kohdistuu paine  $F_1$  niin se liikkuu alaspäin, jolloin samansuuruinen paine  $F_2$  kohdistuu suuremman sylinterin mäntään  $A_2$ , joten suurempi mäntä nousee ylöspäin. Vaikka voima on sama molemmissa sylinte-reissä, on kokonaisvoima moninkertainen suuremmissa sylinterissä sen suuremman poikkipinta-alan vuoksi. (Inkinen ja Tuohi, 1999, s. 305–306)

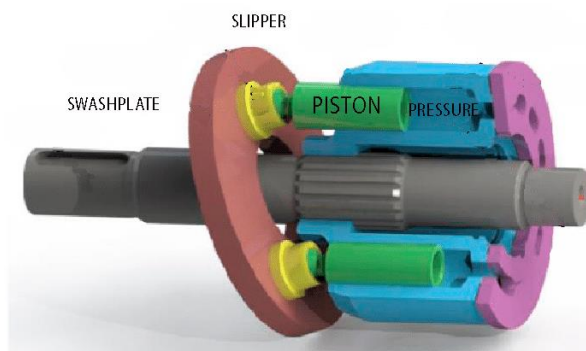


Kuva 1. Hydrauliikkapuristin (Inkinen ja Tuohi, 1999, s. 305).

#### 4.1 Pumput

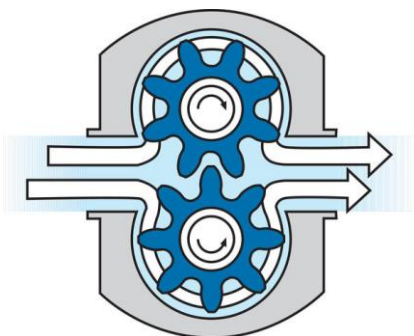
Hydrauliikkapumput ovat olennainen osa monia hydrauliikkajärjestelmiä, jotka siirtävät mekaanisen voiman nesteeseen. Tässä yhteenveto yleisimmistä pumppumalleista.

Mäntäpumput käyttävät mäntiä, jotka liikkuvat edestakaisin pumpataksseen nestettä. Ne tarjoavat suurta painetta ja voimaa, mikä tekee niistä sopivia raskaisiin teollisiin sovelluksiin, kuten puristimiin ja nostureihin. (Poocca, 2021)



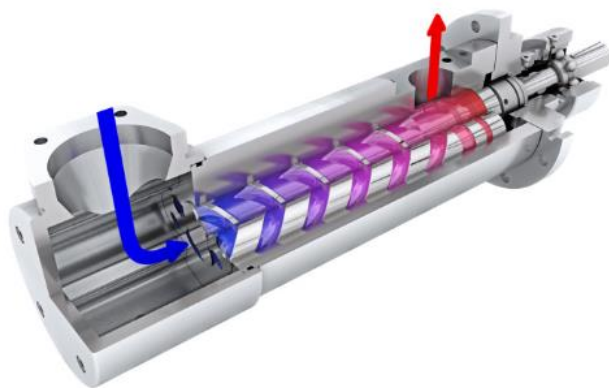
Kuva 2. Mäntäpumppu (mobilehydraulictips, 2022)

Hammaspyöräpumput käyttävät pyörivää hammaspyöräparia luodakseen nesteen virtauksen. Niiden toimintaperiaate perustuu hammaspyöräparin väliseen vuorovaihteluun, jossa pyörivä hammaspyörä työntää nestettä eteenpäin toisen hammaspyörän avulla. Niitä käytetään usein pienemmissä hydrauliikka sovelluksissa. (Salhydro c, 2003)



Kuva 3. Hammasrataspumppu (Oem, n.d.)

Ruuvipumput toimivat kierteisen ruuvin avulla, joka pumppaa nestettä eteenpäin. Ne tarjoavat tasaisen virtauksen, korkean hyötysuhteen ja kyvyn tuottaa korkeita paineita. (Hydrauliikkakauppa b, n.d.)



Kuva 4. Ruuvipumppu (Leistritz, n.d.)

## 4.2 Venttiilit

Venttiilit ovat tärkeä osa hydraulijärjestelmien toimintaa, sillä ne mahdollistavat nesteen tarkan liikkeen ja säädön järjestelmässä. Venttiilejä voi olla monenlaisia, mutta niiden peruseräite on sama, niiden tilaa muutetaan joko sähköisen, hydraulisen tai mekaanisen signaalin vaikutuksesta. Venttiilejä ohjataan niin, että ne säätelevät nesteen virtausta, suuntaa tai painetta halutulla tavalla, mikä mahdollistaa järjestelmän halutun toiminnan. (Salhydro b, 2002)

Suuntaventtiilit ovat venttiilejä, joilla ohjataan nesteen virtaus suuntaa. Suuntaventtiilit voivat olla joko yksisuuntaisia, jolloin neste pääsee virtaamaan vain yhteen suuntaan, tai kaksitoimisia, jolloin nestettä pystytään ohjaamaan molempiin suuntiin. (Salhydro b, 2003)



Kuva 5. Suuntaventtiili (Hydrauliikkakauppa a, n.d.)

Solenoidi ohjattavassa venttiilissä, solenoidia ohjataan sähköisesti, jolloin se aukeaa tai sulkeutuu. Kun solenoidiin johdetaan sähköä, magneettikenttä vetää liikkuvaa karaa, mikä avaa tai sulkee virtauskanavan (Kuva 11). (Salhydro b, n.d.)

Mekaanisesti ohjatussa venttiilissä venttiilin tilaa muutetaan manuaalisesti fyysisen liikkeen avulla esim. kahvan tai vivun voimin. Mekaanisesti ohjatut venttiilit ovat yksinkertaisia ja helppokäyttöisiä. Niitä käytetään usein sovelluksissa, joissa tarvitaan manuaalista säätöä tai valvontaa esimerkiksi puunhalkomiskoneissa. (Salhydro b, 2003)



Kuva 6. Mekaanisesti ohjattu venttiili (Lojik, n.d.)

Paine ohjatussa venttiilissä, venttiili reagoi nesteen virtaukseen ja paineeseen järjestelmässä. Paineella muutetaan venttiilin asentoa. (Target Hydraulics, n.d.)



Kuva 7. Paineohjattu venttiili (Yuken, n.d.)

## 5 PLC

PLC eli ohjelmoitava logiikkakontrolleri on elektroninen laite, joka on suunniteltu ohjaamaan ja automatisoimaan erilaisia prosesseja ja järjestelmiä. Se vastaanottaa tietoa antureilta ja muilta syöttölaitteilta, käsittelee näitä tietoja ohjelmoidun logiikan perusteella ja ohjaa siihen liitettyjä laitteita ja järjestelmiä. PLC:t ovat tärkeä osa teollisuusautomaatiota, ja niitä käytetään laajasti esimerkiksi tuotantolinjojen, hissien, käsittelylaitteiden ja muiden monimutkaisten järjestelmien ohjauksessa. PLC:t ovat joustavia ja niitä voidaan ohjelmoida muokkaamaan prosesseja tarpeen mukaan ilman laitteiston fyysistä muutosta. (Unitronics, n.d.)

### 5.1 HMI

HMI eli Human Machine Interface on ihmisen ja koneen välinen käyttöliittymä, joka mahdollistaa käyttäjän vuorovaikutuksen ja kommunikoinnin koneiden, järjestelmien tai laitteiden kanssa. HMI voi olla fyysinen laite, kuten kosketusnäyttöpaneeli, tai se voi olla ohjelmistopohjainen käyttöliittymä tietokoneella tai mobiililaitteella. (Unitronics, n.d.)

HMI tarjoaa käyttäjälle mahdollisuuden valvoa ja ohjata prosesseja, tarkkailla koneiden tilaa ja suorituskykyä, syöttää ja muuttaa tietoja sekä vastaanottaa hälytyksiä ja ilmoituksia. Se voi näyttää visuaalista tietoa, kuten lukemia, karttoja ja diagrammeja, jotka auttavat käyttäjää ymmärtämään ja hallitsemaan järjestelmää. HMI on olennainen osa teollisuusautomaatiota, ne voivat olla integroituja osaksi ohjelmoitavia logiikkakontrollereita tai ne voivat toimia itsenäisinä järjestelminä, jotka kommunikoivat PLC:n tai muiden laitteiden kanssa. (Unitronics, n.d.)

## 5.2 IEC 61131-3

IEC 61131-3 on kansainvälinen standardi, joka määrittelee PLC-ohjelmoinnin ohjelmointikieliä ja rakenteita. Se helpottaa ohjelmoinnin selkeyttä ja ylläpitoa. Standardi määrittelee viisi erilaista ohjelmointikieltä PLC-ohjelmoinnissa. (ABB, n.d.)

FBD (Function Block Diagram) on graafinen kieli, signaalien ja tieto virtausten esittämiseen uudelleenkäytettävien lohkojen avulla. Hyödyllinen ohjausjärjestelmien algoritmien ja logiikan kytkennän ilmaisemiseen. (AMCI, n.d.)

LD (Ladder Diagram) on perinteinen graafinen ohjelmointikieli, sisältää laskureita, ajastimia, rekistereitä ja matemaattisia toimintoja. (AMCI, n.d.)

ST (Structure) on korkean tason tekstipohjainen ohjelmointikieli, jolla on PASCAL kieltä muistuttava sanastorakenne. ST tukee laajan valikoiman perusfunktioita ja -operaattoreita. (AMCI, n.d.)

IL (Instruction List) on matalan tason Assembly-ohjelmointikielen tapainen kieli. (AMCI, n.d.)

SFC (Sequential Function Chart) on menetelmä ohjausjärjestelmien ohjelmointiin, jossa eri kielillä ohjelmoidut, ohjelmat jaetaan pienempiin osiin, ohjelman ymmärrettävyyden ja hallinnan vuoksi. (AMCI, n.d.)

## 5.3 Beckhoff

Beckhoff on saksalainen teollisuuden automaatio- ja ohjausjärjestelmiin erikoistunut yritys. Yhtiöllä on suuri valikoima tuotteita, kuten ohjausjärjestelmiä, PC-pohjaisia ohjausyksiköitä, modulaarisia I/O-järjestelmiä, HMI-näyttöjä ja muita automaatioon liittyviä komponentteja. Beckhoffin järjestelmät perustuvat yleensä EtherCAT-tekniikkaan. (Beckhoff a, n.d.)

### 5.3.1 EtherCAT

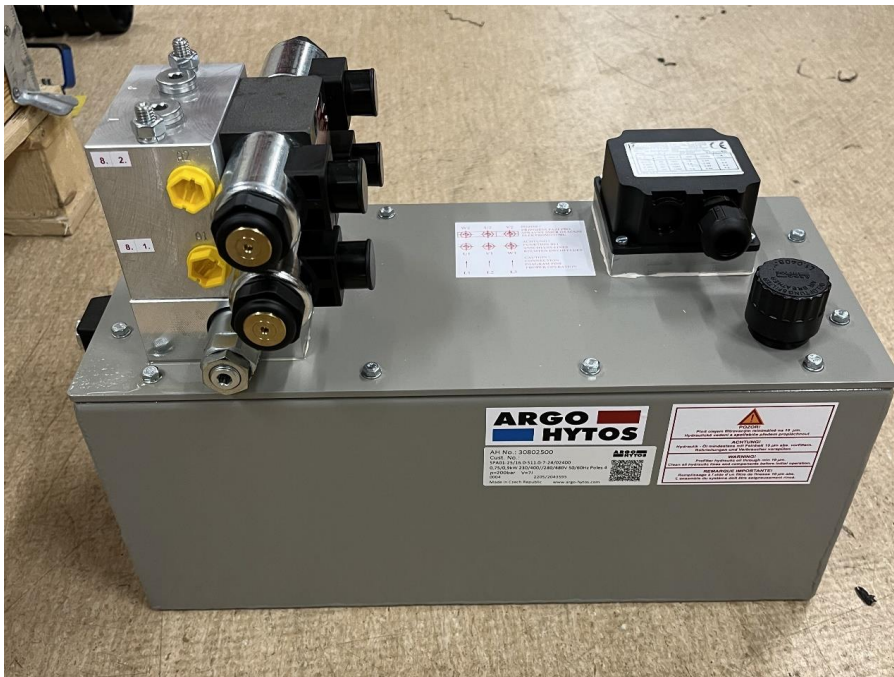
EtherCAT (Ethernet Control Automation Technology) on Bechhoffin 2000-luvun alussa kehittämä Ethernet pohjainen kenttäväyläjärjestelmä, joka on suunniteltu teollisuusautomaation tarpeisiin. Se mahdollistaa lyhyet kierrosajat, optimoiden tiedon siirtoa reaaliajassa. EtherCAT tukee verkkotopologioita ja on standardoitu IEC 61158:n mukaan. (Ethercat, n.d.)

## 6 KONEIKKO

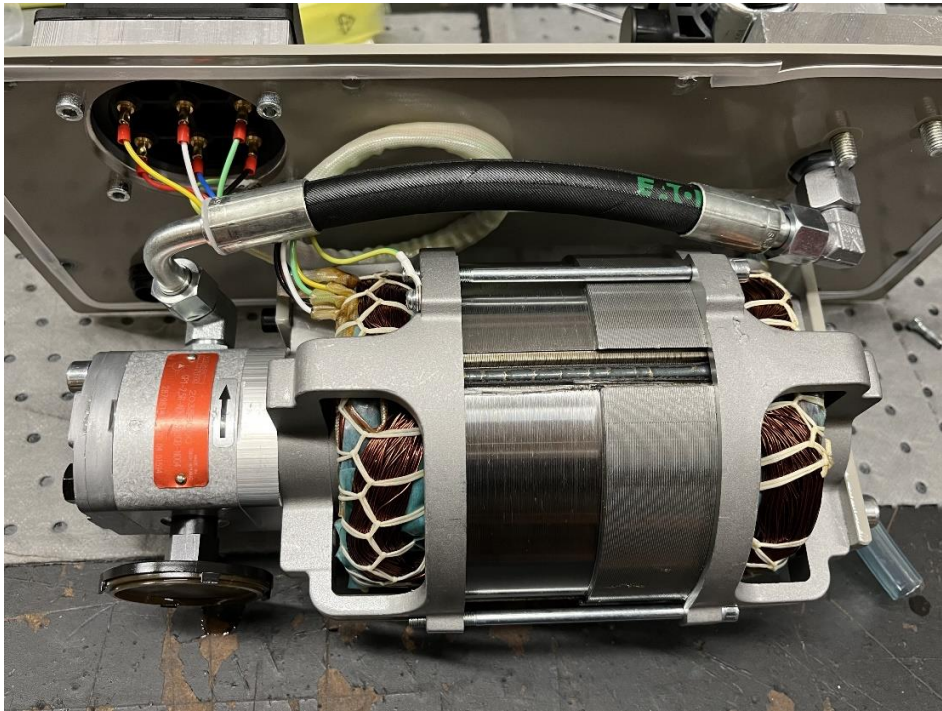
Koneikko koostuu erilaisista mekaanisista, hydraulisista ja sähköisistä komponenteista. Koneikko sisältää muun muassa pumppuyksikön, venttiilejä, PLC:n ja muita tarvittavia osia, jotka työskentelevät yhdessä mahdollistaen tehokkaan toiminnan.

### 6.1 Hydrauliikka

Pumppuyksiköksi valikoitui Sveitsiläisen Argo Hytoksen yksikkö, jossa 1.5 kw sähkömoottori ja hammasrataspumppu on sijoitettu hydraulinesäiliön sisään. Kompaktin kokonsa vuoksi se soveltuu kokonaisuuteen hyvin. Kuvassa 9 on nähtävissä säiliön sisällä oleva sähkömoottori, sekä sen vasemmassa päässä oleva hammaspyöräpumppu.



Kuva 8. Pumppuyksikkö



Kuva 9. Sähkömoottori ja hammasrataspumppu

Koneikossa käytettävät venttiilit ovat solenoidiohjattavia ja niitä ohjataan PLC-ohjelmassa (Kuva 10-11).



Kuva 10. Purettu solenoidiventtiili



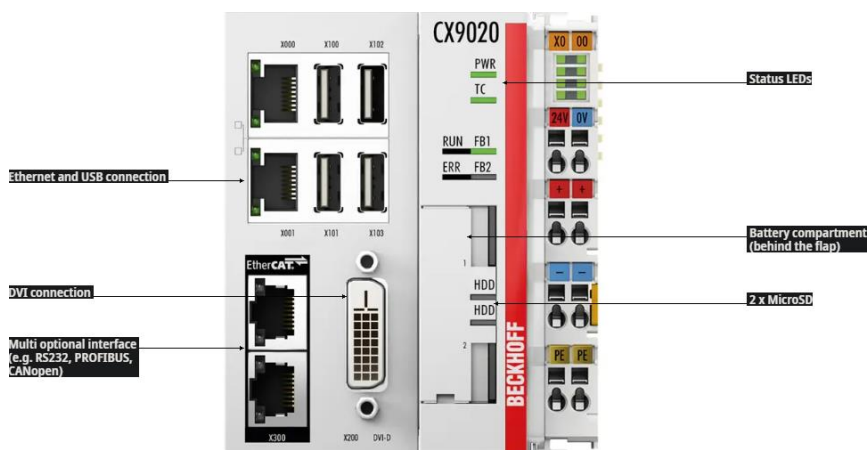
Kuva 11. Kasattu solenoidiventtiili

## 6.2 Sähkö ja elektroniikka

Komponenttien valinnassa apunamme oli toisen osapuolen sähköasiantuntia, jolla on pitkä kokemus logiikoiden parissa, etenkin Bechhoffin tuotteiden. Komponentit ovat valittu vastaamaan projektin vaatimuksia, sekä ne ovat hyvin varustettuja tulevaisuuden varalta esim. robottien kanssa yhteistyötä ajatellen.

### 6.2.1 CX9020 PC

Logiikaksi valikoitui Bechhoffin valikoimasta CX9020, joka on kompaktin kokoinen ja täyttää projektissa vaadittavat tarpeet. Se on varustettu 1GHz:n prosessorilla ja suunniteltu erilaisten laitteiden ja prosessien ohjaamiseen teollisessa ympäristössä. (Beckhoff c, n.d.)



Kuva 12. CX9020 (Beckhoff c, n.d.)

### 6.2.2 CP6906 7" -Ohjauspaneeli

Näytöksi valikoitui Bechhoffin CP6906 7 tuuman kosketusnäyttö. Näyttö oli helppo valinta sen edullisen hinnan vuoksi, sekä se toimii moitteettomasti koneikkoa ohjaavan Bechhoffin logiikan kanssa.



Kuva 13. Beckhoff CP6906 -näyttö (Bechhoff b, n.d.)

### 6.2.3 Muut komponentit

Kuvassa 15 on nähtävillä sähkökeskus, joka on suunniteltu ja valmistettu täysin tämän projektin tarpeisiin, eli ohjaamaan hydraulikkakoneikon toimintaa. Koonpano pitää sisällään PLC-ohjaimen, I/O-terminaaleja, virtalähteitä ja suojauskomponentteja, jotka toimivat yhdessä ohjaten koneikon toimintoja. Kytkentäkaaviosta käy ilmi keskuksen tarkemmat kytkennät (Liite 9–13).

Virtalähteet (Kuvassa 15 oikeassa reunassa olevat oranssit komponentit) ovat välttämättömiä kaikkien komponenttien tasaiselle ja luotettavalle sähkösaannille, kun taas PLC ja I/O-terminaalit toimivat koneikon aivoina käsitellen sensoridataa ja antaen toimintokomentoja. Suojakomponentit, kuten sulakkeet suojaavat järjestelmän toimintaa ylikuormitukselta ja sähköisiltä häiriöiltä.

Kuvassa 16 näkyy sähkökeskuksen etupaneeli, mihin on asennettu kuvan 13 ohjauspaneeli, sekä koneikon päävirtakatkaisin, hätäpysäytyksen kuittausnappi ja hätäseiskytkin. Kuvassa 17 on järjestelmän etäohjaamiseen suunniteltu kaukoohjain, johon on asennettu hätäseispainike, minimipainepainike, maksipainepainike, paineen vapautuspainike ja potentiometri, jolla voidaan säätää taajuusmuuttajan tehoa. Kuvassa 14 on turvamuoduli, johon on kytketty hätäseiskytkimet ja se sammuttaa virran taajuusmuuntajalta ja kaikilta venttiileiltä. Moduulissa olevat LED-valot ilmaisevat moduulin tilaa ja ne auttavat järjestelmän seurannassa, sekä vianetsinnässä.



Kuva 14. Turvamoduuli (Safety Module)



Kuva 15. Koneikon sähkökeskus



Kuva 16. Sähkökeskuksen kansi



Kuva 17. Kauko-ohjain

## 7 OHJELMOINTI

Ohjelman suunnitteluvaiheessa keskityttiin rakentamaan luotettava ja tehokas ohjelmarakenne, joka täyttäisi tavoitteet koneikon toiminnan parantamiseksi. PLC-ohjelmointi suoritettiin käyttäen Twincat 3-sovellusta ja hyödyntäen IEC 61131-1-standardin määrittelemiä ohjelmointikieliä, kuten Structured text (ST), Function Block Diagram (FBD) ja Ladder Diagram (LD).

Ohjelman rakenne pyrittiin suunnittelemaan helppolukuseksi, jotta sen ylläpito ja jatkokehitys olisivat mahdollisimman helppoa. Pääohjelma koostui useista eri ohjelmalohkoista, kuten käyttäjän asettamien paineiden vastaanottamisesta, hydrauliliikkaventtiilien ohjaamisesta ja turvallisuustoimintojen hallinnasta.

Hydrauliikkakomponenttien ohjauksien osalta ohjelmassa toteutetaan kaksi eri ohjelma lohkoa molemmille eri painealueille, jotka hallitsevat pumppuyksikön ja venttiilien toimintaa. Esimerkiksi paineen säätö, suuntaventtiilien hallinta toteutetaan erillisinä ohjelma lohkoina.

Turvallisuus lohkon osalta ohjelma varmistaa, että hätäpysäytyspainikkeen painaminen pysäyttää välittömästi koneikon toiminnan ja estää kaikki hydraulikkajärjestelmän liikkeet.

Ohjelma suunniteltiin ja toteutettiin niin, että se täyttäisi tavoitteet koneikon tehokkaan käytön, käyttäjäystävällisyyden ja turvallisuuden tehostamiseksi. Modulaarinen rakenne ja selkeä ohjelmakoodi kommentteineen helpottavat jatkokehitystä ja ylläpitoa tulevaisuudessa. Jokainen ohjelman osa on merkitty selkeillä kommentteilla ja nimillä, kertoen mitä siinä kohdassa ohjelmaa tapahtuu, näin ohjelmaa olisi helppo ymmärtää ja tarvittaessa muokata tulevaisuudessa.

## 7.1 Main-ohjelma

Main-lohko on toteutettu askelohjelmointitavalla, eli aina seuraavaan askeleeseen siirtyminen vaatii annettujen ehtojen toteutumisen. Ensimmäisenä ohjelmassa kutsutaan bGErrorReset-taajuusmuuttajan vikakuittauslohkoa, se kutsutaan vain kerran aina ensimmäisen ohjelmakierron aikana. Seuraavaksi ohjelma kutsuu turvallisuuslohkoa, jotta vikatilamuuttuja toimisi ja muut ohjelman toimimisen kannalta tärkeät lohkot voidaan kutsua.

Ensimmäisessä askeleessa nolla, jossa kutsutaan ohjelmia, minimipaine ja painikkeen valo on ehtona vain bMinPressureButton-muuttujan painallus. Vaiheeseen yksi ohjelma siirtyy paineen saavutettua painetavoite. Vaihe kaksi vaatii käynnistykseen bMaxPressureButton-muuttujan painalluksen, sekä järjestelmän paineen on oltava nolla. Vaiheeseen kolme ohjelma siirtyy taas tavoitepaineen ollessa nolla ja siitä siirtyy takaisin vaiheeseen nolla (Kuva 18).

```

MAIN
1 PROGRAM MAIN
2 VAR
3 //
4 Valve_MinPressure : FB_ValvesMin;
5 Valve_MaxPressure : FB_ValvesMax;
6 //
7 rTrig : RS;
8 Step: INT := 0;
9 //
10 END_VAR

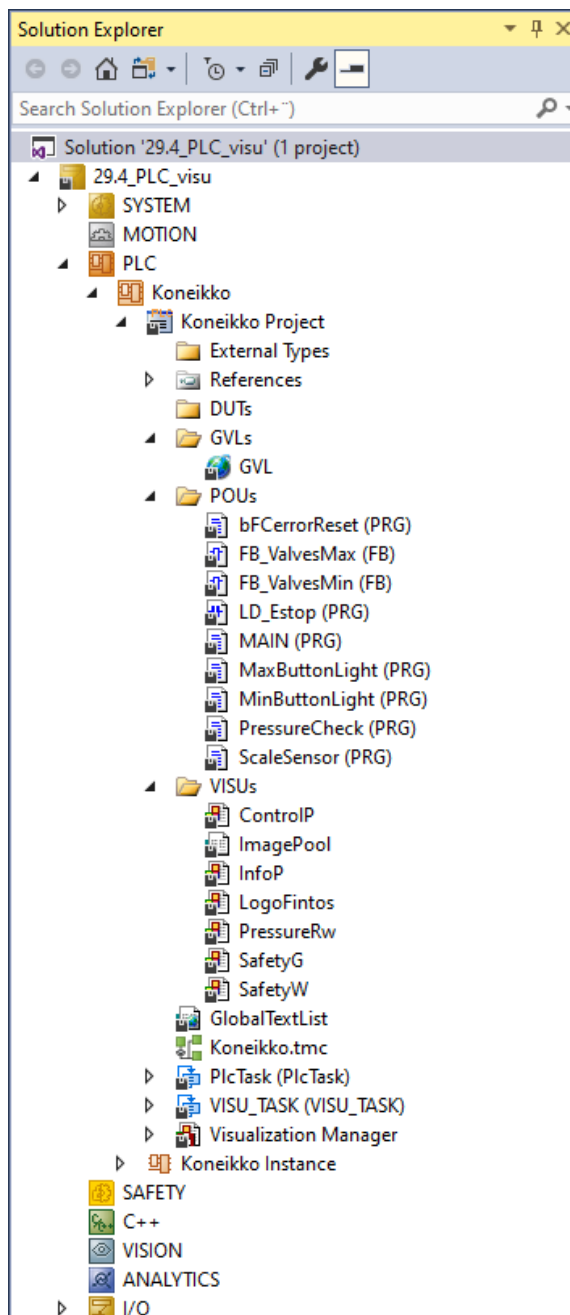
1 //
2 IF _TaskInfo[1].FirstCycle THEN //
3   bFCerrorReset(); //Suorittaa tamun vika kuittauksen vain kerran käynnistettä
4 END_IF
5 //
6 LD_Estop(); //Turvallisuus ohjelmalohkon kutsu
7 //
8 IF gvl.bFaultCheck THEN //Ehto joka estää ohjelman suorituksen ilman että turvallis
9 //
10 ScaleSensor ();
11 PressureCheck ();
12 //
13 rTrig(SET := gvl.bMinPressureButton, RESET1 := (gvl.bMaxPressureButton));
14 CASE Step OF
15 //
16 0: //
17 IF rTrig.Q1 THEN //
18 Valve_Minpressure();
19 MinButtonLight();
20 END_IF
21 IF gvl.bTargetPressure1 THEN
22 Step := 1;
23 END_IF
24 //
25 1: //
26 IF rTrig.Q1 THEN
27 Valve_MinPressure();
28 MinButtonLight();
29 END_IF
30
31 IF gvl.rScaledPressure <=0 AND gvl.bMaxPressureButton THEN
32 Step := 2;
33 END_IF
34 //
35 2: //
36 Valve_MaxPressure();
37 MaxButtonLight();
38 IF gvl.bTargetPressure2 THEN
39 Step := 3;
40 END_IF
41 //
42 3: //
43 Valve_MaxPressure();
44 MaxButtonLight();
45 IF gvl.rScaledPressure <=0 THEN
46 Step := 0;
47 END_IF
48 END_CASE
49 END_IF

```

Kuva 18. Main-ohjelma

## 7.2 Ohjelmalohkot

Ohjelma on jaettu useaan eri ohjelmalohkoon, sen helpomman hallittavuuden vuoksi. Ohjelmassa on käytetty useita eri ohjelmointikieliä, sillä eri kielet mahdollistavat erilaisten ominaisuuksien hyödyntämisen.

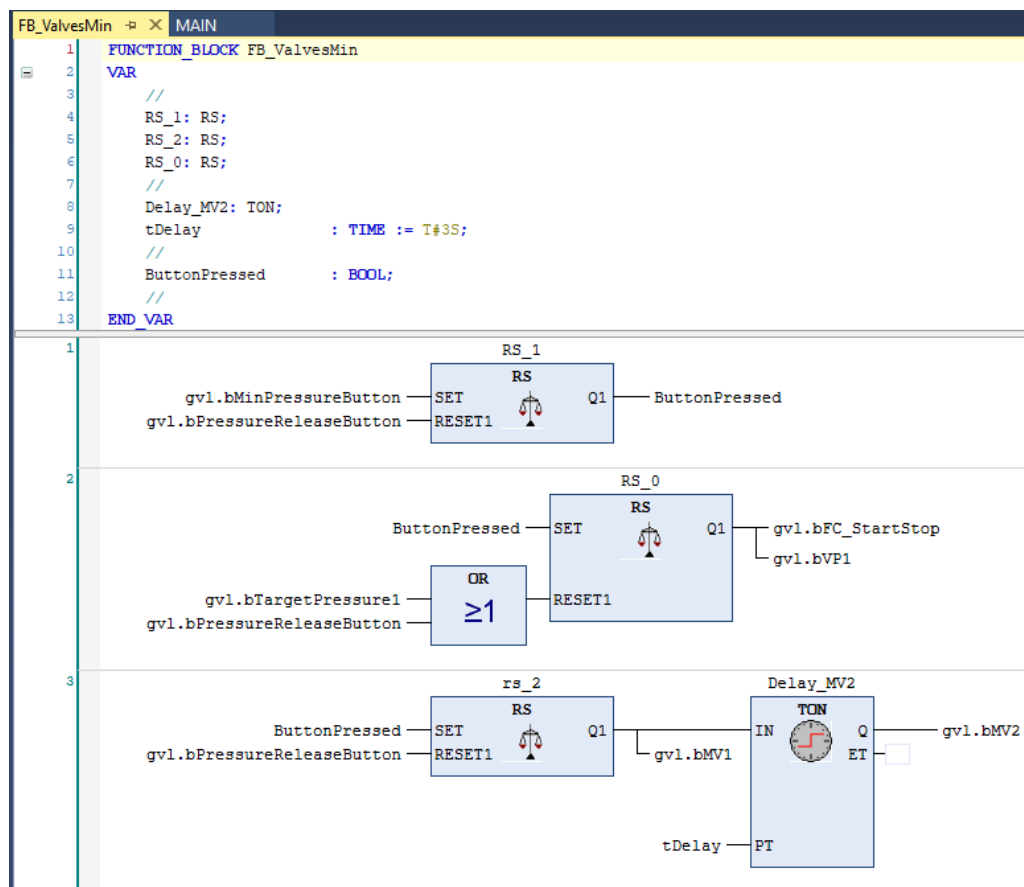


Kuva 19. Ohjelmalohkojen rakenne

### 7.2.1 Venttiilien ohjaus

Venttiilien ohjauslohkojen FB\_ValvesMin ja FB\_ValvesMax tarkoituksena on kontrolloida venttiilejä halutun paineen mukaan. Näiden lohkojen tehtävänä on seurata ja säätää venttiilien toimintaa käyttäjän asettamien paineiden saavuttamiseksi. Ne on toteutettu Function Block Diagram (FBD) kielellä, mikä tarjoaa visuaalisen tavan ilmaista ohjelmakoodia (Kuva 13).

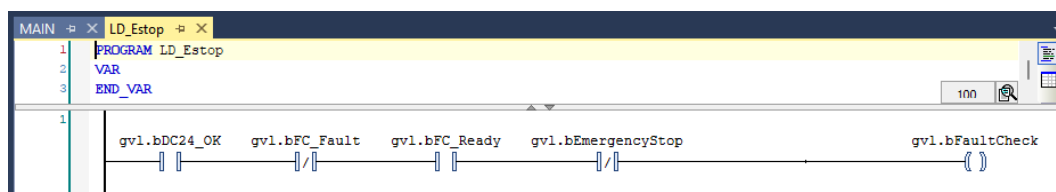
Ohjelma toimii yksinkertaisuudessaan niin että nappia painettaessa pumppu alkaa keräämään painetta järjestelmään ja tavoite paineessa se pysähtyy. Jos paine pääsee putoamaan alle PressureCheck-lohkossa määritellyn toleranssin, nostaa venttiililohkopaineen takaisin tavoitteeseen. Paine pudotetaan paineenvapautusnappia painamalla (Kuva 20).



Kuva 20. Venttiilien ohjelmalohko

### 7.2.2 Turvallisuuslohko

Ohjelma tarkistaa järjestelmän kaikki vikatilat, jos mitään vikatiloja ei ole muuttuu bFaultCheck-muuttuja todeksi. bFaultCheck on main-ohjelman alussa ja ilman sen ollessa tosi ei main ohjelma voi edetä.



Kuva 21. Turvalohko

### 7.2.3 Anturitieto

ScaleSensorlohkossa anturilta tuleva signaali muutetaan helpommin ymmärrettävään muotoon. Ohjelmaa skaalaa anturilta tulevan 4–20 milliampeerin virran 0–2500 baarin muotoon, jotta se olisi helpommin ymmärrettävissä ohjelmassa (Liite 6).

### 7.2.4 Painetavoite

PressureChecklohkossa on luotu kaksi eri tavoitepainetta, joita käyttäjä voi käyttöölyttymän kautta muuttaa. Molemmille paineilla on luotu toleranssit, jonka sisällä paineen on pysyttävä. Kun paine saavuttaa asetetun painetavoitteen muuttuu ohjelmaan luotu muuttuja todeksi ja sillä tavoin pysäyttää paineen nousun venttiilien ohjauslohkossa (Liite 3).

### 7.2.5 Painikkeiden valo-ohjaus

Ohjelma lohkoissa Max- ja MinButtonLight ohjataan painikkeiden valoja. Venttiilien ohjauslohkoja suorittaessa valot ilmaisevat paineen nousua vilkkuen 300ms välein ja paineen ollessa tavoitteessa valo pysyy staattisena (Liite 5).

### 7.3 Visualisointi

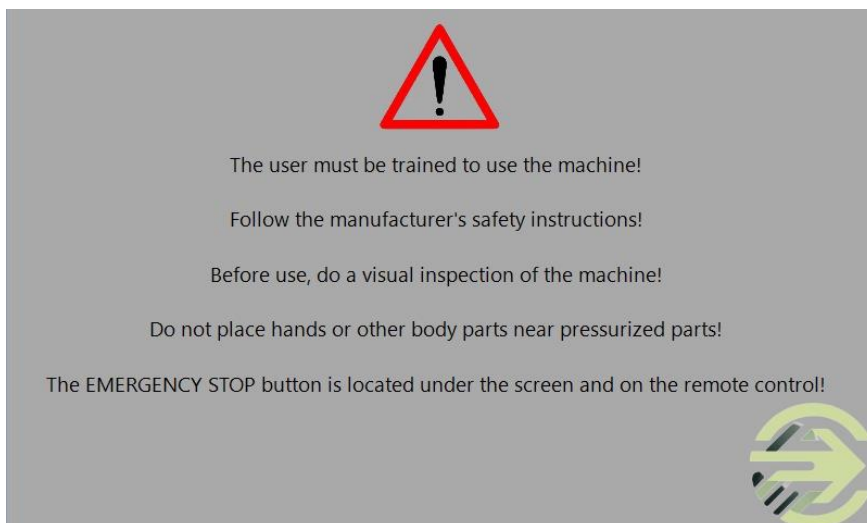
Tässä esitellään visualisoinnin avulla luotu käyttöliittymä, joka tarjoaa selkeän ja helpon tavan hallita koneikkoa. Tekstissä käydään läpi keskeiset ikkunat, kuten yrityksen logo, turvallisuusvaroitukset, suojavarusteet, ohjausikkuna, varoitusikkuna paineen noususta ja info ikkuna painetiedon seurannasta ja niiden toiminnot. Nämä ikkunat yhdessä muodostavat kokonaisuuden, joka helpottaa koneikon hallintaa ja varmistaa turvallisen ja tehokkaan toiminnan. Kaikki käyttöliittymän siirtymät toteutetaan painamalla nurkassa näkyvää nuolta. Turvallisuusohjeissa on tärkeää, että asia sisäistetään, tätä ei välttämättä tapahtuisi jo siirtymät olisivat automaattisia.

Ensimmäinen ikkuna sisältää yrityksen logon. (Kuva 22)



Kuva 22. Yrityksen logoikkuna.

Toinen ikkuna sisältää turvallisuuteen ja koneikon käyttöön liittyviä tärkeitä turvallisuus varoituksia. Ikkunassa on käytetty punaista varoituskolmiota lukijan huomion herättämiseksi. (Kuva 23)



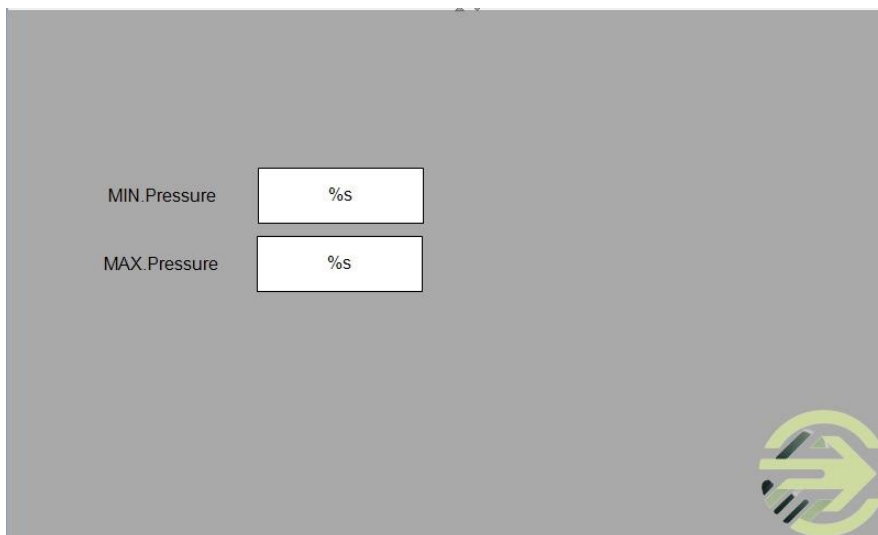
Kuva 23. Turvallisuusvaroitukset-ikkuna.

Kolmannessa ikkunassa näytetään henkilö, jolla on suojarusteet päällään. Ikkuna toimii muistutuksena oikeiden suojarusteiden käytöstä ja auttaa näin vähentämään työtapaturmien riskiä. Tähän ikkunaan haluttiin lisätä kuva henkilöstä oikeat turvavarusteet päällä, jotta lukijan olisi helpompi sisäistää asia. (kuva 24)



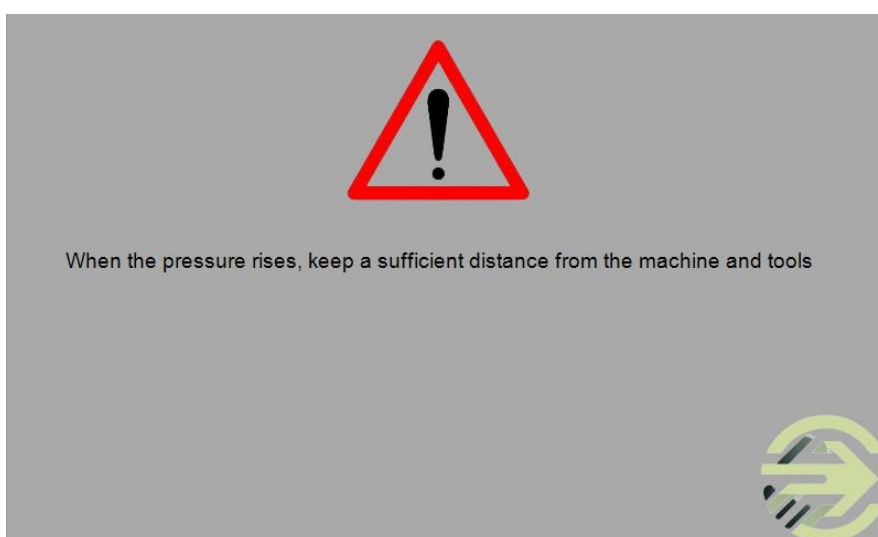
Kuva 24. Suojarusteet-ikkuna.

Neljännessä ikkunassa käyttäjä voi määrittää halutut painealueet ohjelmalle. Käyttäjän painaessa kirjoitusruutua ilmestyy näytölle numeronäppäimistö. Arvojen määrittäminen haluttiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena sen helppokäyttöisyyden vuoksi. (Kuva 25)



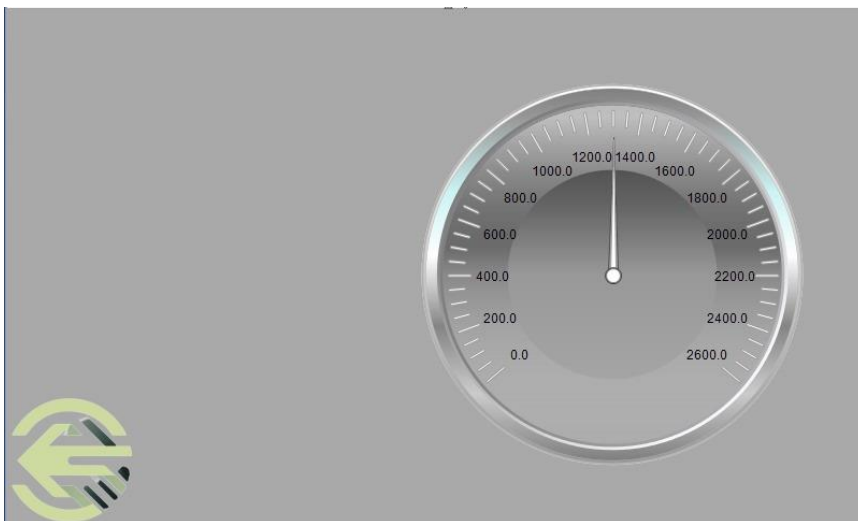
Kuva 25. Ohjausikkuna.

Viides ikkuna varoittaa käyttäjää pitämään riittävä etäisyys paineen noustessa. Myös tähän ikkunaan lisätty punainen varoituskolmio huomion herättämistä varten. (Kuva 26)



Kuva 26. Varoitusikkuna paineen noususta.

Viimeisessä ikkunasta käyttäjä voi reaaliajassa nähdä mikä paine järjestelmässä sillä hetkellä on. Ikkunaan haluttiin helposti ymmärrettävä ja luettava mittari, mistä käy ilmi mikä paine järjestelmässä on. (Kuva 27)



Kuva 27. Infoikkuna.

## 8 POHDINTAA JA JATKOKEHITYS

Projektin tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa PLC-ohjelma hydraulikkakoneikoon. Projektin aikana saavutettiin huomattavia parannuksia aikaisempaan versioon sovelluksesta. Turvallisuuden lisääminen onnistui etenkin käyttöliittymän luonnissa lisäämällä turvallisuuteen liittyviä varoituksia ja huomioita. Käyttöliittymästä saatiin aiempaa selkeämpi ja visuaalisesti paremman näköinen.

Ohjelman toteutus sujui suunnitelmien mukaan, mutta järjestelmän toimintaa voisi tehostaa lisäämällä siihen mahdollisia ilmoituksia vikatilanteista ja näin antaa käyttäjälle tarkempaa tietoa laitteen tilasta. Järjestelmä voisi myös kertoa miten toimia mahdollisissa vikatilanteissa. Tämä parantaisi laitteen käyttäjän reagointi kykyä, mikä taas lisäisi työturvallisuutta ja vähentäisi laitteiston vaurioitumisen riskiä.

Ohjelmaan olisi myös hyvä lisätä laskuri käyttö kierroista tai -tunneista, näin voitaisiin seurata esimerkiksi koneikon tai siinä käytettävien työkalujen huolto väliä. Tämä laskisi vikatilanteiden ja huoltokustannusten määrää.

## LÄHTEET

ABB. Overview of the IEC 61131 Standard. Noudettu 19.5.2024 <https://library.e.abb.com/public/81478a314e1386d1c1257b1a005b0fc0/2101127.pdf>

AMCI. Advance Micro Controls INC. Noudettu 21.3.2024 osoitteesta <https://www.amci.com/industrial-automation-resources/plc-automation-tutorials/what-plc/>

Beckhoff a. Beckhoff Automation. Noudettu 16.4.2024 osoitteesta <https://www.beckhoff.com/fi-fi/company/>

Beckhoff b. CP6906 näyttö. Noudettu 16.4.2024 osoitteesta <https://www.beckhoff.com/fi-fi/products/ipc/control-panels/cp6xxx-cp7xxx-single-touch-control-panels/cp6900-cp6906.html>

Beckhoff c. CX9020 PC. Kuva6. Noudettu 16.4.2024 osoitteesta <https://www.beckhoff.com/fi-fi/products/ipc/embedded-pcs/cx9020-arm-cortex-a8/cx9020.html>

Britannica. Pascal's principle. Noudettu 19.5.2024 <https://www.britannica.com/science/Pascals-principle>

DEWESOFT. Noudettu 7.4.2024 osoitteesta <https://dewesoft.com/blog/what-is-ethernetcat-protocol>

Ethercat. the ethernet fieldbus. Noudettu 14.5.2024 <https://www.ethercat.org/en/technology.html>

Hydrauliikkakauppa a. Cetop suuntaventtiili. Noudettu 19.4.2024 osoitteesta <https://www.hydrauliikkakauppa.fi/tuote/cetop-suuntaventtiili-ng6-rh06011/>

Hydrauliikkakauppa b. Hydraulipumput. Noudettu 16.4.2024 osoitteesta <https://www.hydrauliikkakauppa.fi/tuotteet/hydraulipumput-hydrauliikkapumput/>

Jorma Järvenpää. Hydrauliiikan turvallisuus. Noudettu 19.5.2024 <https://cris.vtt.fi/en/publications/hydrauliiikan-turvallisuus-millaisia-vaaratekij%C3%B6it%C3%A4-liittyy-hydrau>

Leistritz. Screw pumps. Noudettu 14.5.2024 <https://leistritzcorp.com/pump-technology/screw-pumps/>

Lojik. HYDRAULIC DIRECTIONAL CONTROL VALVES. Noudettu 14.5.2024 <https://www.lojik.com.tr/en/detay/urunler/q45-series-manual-control-valves/204650>

Mobilehydraulictips. Avoid this one piston pump mistake. Noudettu 14.5.2024 osoitteesta <https://www.mobilehydraulictips.com/avoid-this-one-piston-pump-mistake/>

Momentti 1 Insinöörifysiikka. Inkinen Pentti, Tuohi Jukka. 2002.

Oem. hammaspyöräpumput. Noudettu 13.5.2024 osoitteesta <https://www.oem.fi/tuotteet/pumppu/hammaspyorapumput/magneettivetoiset-616184/magneettivetoiset-haponkest%C3%A4v%C3%A4t-hammaspy%C3%B6r%C3%A4pumput--sarja-chemsteel-115753>

Poocca. Mäntäpumpun esittely. Noudettu 13.5.2024 osoitteesta <https://fi.poocca.com/news/introduction-of-piston-pump-51698703.html>

Salhydro a. Hydrauliiikan perusteet. Noudettu 19.5.2024 (<https://www.salhydro.fi/files/PDF/8.hydrauliiikan-perusteet.pdf>)

Salhydro b. Suuntaventtiilit. Noudettu 13.5.2024 osoitteesta <https://www.salhydro.fi/files/PDF/10.suuntaventtiilit.pdf>

Salhydro c. hammaspyörä- ja mäntäpumput. Noudettu 12.5.2024 osoitteesta <https://www.salhydro.fi/files/PDF/3.hammaspyora-ja-mantapumput.pdf>

SFS-online. Noudettu 7.4.2024 osoitteesta <https://online.sfs.fi>

Target Hydraulics. What is a pressure control valve. Noudettu 19.5.2024 <https://www.target-hydraulics.com/pressure-control-valves/>

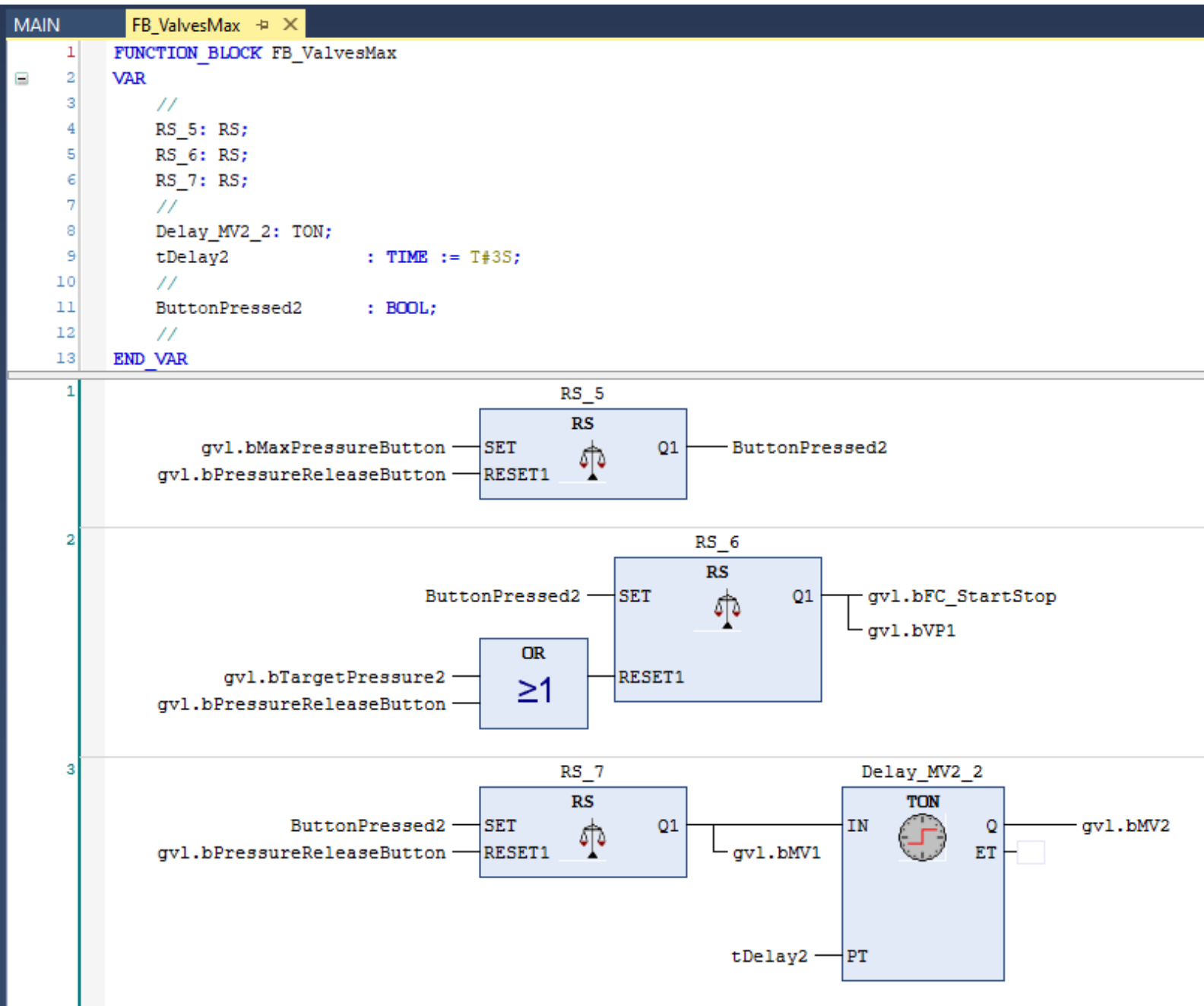
Teollisuuspalvelu. Hydrauliiikka. Noudettu 19.5.2024 <https://www.teollisuuspalvelu.fi/category/83/hydrauliiikka>

Unitronics. What is PLC. Noudettu 14.5.2024 <https://www.unitronicsplc.com/what-is-plc-programmable-logic-controller/>

Yuke. Pressure control valves. Noudettu 14.5.2024 <https://yuke-neurope.com/shop/cetop-5ng10/module-valves-cetop-5ng10/pressure-control-valves-module-valves-cetop-5ng10/cetop-5-ng10-low-pressure-reducer-valve/>

## LIITTEET

## LIITE 2. Max paineen venttiilien ohjaus



## LIITE 3. Paine tavoitteiden hallinta

```

MinButtonLight  MaxButtonLight  MAIN  PressureCheck
1 PROGRAM PressureCheck
2 VAR
3     // Min paineen asetus ja toleranssi
4     T_Pressure : REAL := 0.0;
5     Tolerance  : REAL := 20.0;
6     //Max paineen asetus ja toleranssi
7     T_Pressure2 : REAL := 0.0;
8     Tolerance2  : REAL := 20.0;
9 END_VAR

1 //MIN.Pressure Target
2 IF T_Pressure < 25.0 THEN //Alle 25bar target pressure ei voi olla TRUE
3     gvl.bTargetPressure1 := FALSE;
4 ELSE
5     IF NOT gvl.bTargetPressure1 THEN
6         IF ABS(gvl.rScaledPressure - T_Pressure) <= Tolerance THEN //Kun asetettu paine ja järjestelmän paine toleranssin sisällä, niin bTargetPressure TRUE
7             gvl.bTargetPressure1 := TRUE;
8         END_IF;
9     END_IF;
10
11 IF gvl.bTargetPressure1 THEN
12     IF NOT (ABS(gvl.rScaledPressure - T_Pressure) <= Tolerance) THEN //Jos paine tippuu alle asetetun toleranssin muuttuu bTargetPressure FALSE
13         gvl.bTargetPressure1 := FALSE;
14     END_IF;
15 END_IF;
16 END_IF;
17
18
19
20
21 //MAX.Pressure Target (Toiminta periaate sama kun MIN.pressure ohjelmassa)
22 IF T_Pressure2 < 25.0 THEN
23     gvl.bTargetPressure2 := FALSE;
24 ELSE
25     IF NOT gvl.bTargetPressure2 THEN
26         IF ABS(gvl.rScaledPressure - T_Pressure2) <= Tolerance2 THEN //
27             gvl.bTargetPressure2 := TRUE;
28         END_IF;
29     END_IF;
30
31 IF gvl.bTargetPressure2 THEN
32     IF NOT (ABS(gvl.rScaledPressure - T_Pressure2) <= Tolerance2) THEN
33         gvl.bTargetPressure2 := FALSE;
34     END_IF;
35 END_IF;
36 END IF;

```

## LIITE 4. GVL muuttujat

```

MAIN  GVL*  X
1  {attribute 'qualified_only'}
2  VAR_GLOBAL
3  //Inputs
4  //
5      bEmergencyStop          AT  %I* : BOOL;    //Hätäseis kapula ja kaappi
6      bEmergencyStop_ResetButton AT  %I* : BOOL;    //Hätäseis kuittaus nappi
7  //
8      bFC_Ready               AT  %I* : BOOL;    //Tamu käyttövalmis
9      bFC_Runs                AT  %I* : BOOL;    //Tamu käynnissä
10     bFC_Fault               AT  %I* : BOOL;    //Tamu vika
11 //
12     bMinPressureButton      AT  %I* : BOOL;    //Min.Paine kytkin kapulassa
13     bMaxPressureButton      AT  %I* : BOOL;    //Max.Paine kytkin kapulassa
14     bPressureReleaseButton  AT  %I* : BOOL;    //Paineen vapautus kytkin kapulassa
15     bMIPTest                AT  %I* : BOOL;    //Paineen vapautus kytkin kapulassa
16 //
17     bDC24_OK                AT  %I* : BOOL;    //DC24 Virtalähteet OK
18 //
19     rPressureSensor         AT  %I* : REAL;    //Paineanturi
20 //
21 //Outputs
22 //
23     bFC_StartStop           AT  %Q* : BOOL;    //Tamu käyntiin(1) / Seis(0)
24     bFC_ErrorReset         AT  %Q* : BOOL;    //Tamun vian kuittaus 1sekuntti päällä
25 //
26     bVP1                    AT  %Q* : BOOL;    //Venttiili VP1 ohjaus
27     bMV1                    AT  %Q* : BOOL;    //Venttiili MV1 ohjaus
28     bMV2                    AT  %Q* : BOOL;    //Venttiili MV2 ohjaus
29 //
30     bMinPressureButtonLight AT  %Q* : BOOL;    //Merkkivalo Min.Paine napille
31     bMaxPressureButtonLight AT  %Q* : BOOL;    //Merkkivalo Max.Paine napille
32 //
33 //
34 //
35 //
36 //Ohjelman gvl. muuttujat
37     rScaledPressure         AT  %Q* : REAL;    //Muutettu anturin arvo (4mA - 20mA = 0bar - 2500bar)
38     bFaultCheck             : BOOL;          //Vika tilat
39     bTargetPressure1        : BOOL;          //MIN paine
40     bTargetPressure2        : BOOL;          //MAX paine
41 //
42 END VAR

```

## LIITE 5. Painikkeiden valo ohjaus

```

MaxButtonLight  ▸ × MAIN
1  PROGRAM MaxButtonLight
2  VAR
3      BlinkTimer  : TON;           // Ajastin vilkkuvalolle
4      BlinkPeriod : TIME := T#300MS; // Viikkujakso (300 ms)
5  END_VAR

1  IF gvl.bPressureReleaseButton THEN
2      gvl.bMaxPressurebuttonLight := FALSE; // Valo pois päältä
3  END_IF
4
5  // Ajastimen asettaminen
6  IF NOT gvl.bTargetPressure2 THEN
7      BlinkTimer(IN := TRUE, PT := BlinkPeriod); // Käynnistää ajastimen
8
9      IF BlinkTimer.Q THEN
10         gvl.bMaxPressurebuttonLight := NOT gvl.bMaxPressurebuttonLight; // Käänteinen tila (vilkkuu)
11         BlinkTimer(IN := FALSE); // Nollaa ajastimen
12     END_IF
13 ELSE
14     gvl.bMaxPressurebuttonLight := TRUE; // Staattinen tila
15 END_IF

```

```

MinButtonLight  ▸ × MaxButtonLight  MAIN
1  PROGRAM MinButtonLight
2  VAR
3      BlinkTimer  : TON;           // Ajastin vilkkuvalolle
4      BlinkPeriod : TIME := T#300MS; // Viikkujakso (300 ms)
5  END_VAR

1  IF gvl.bPressureReleaseButton THEN
2      gvl.bMinPressurebuttonLight := FALSE; // Valo pois päältä
3  END_IF
4
5  // Ajastimen asettaminen
6  IF NOT gvl.bTargetPressure1 THEN
7      BlinkTimer(IN := TRUE, PT := BlinkPeriod); // Käynnistää ajastimen
8
9      IF BlinkTimer.Q THEN
10         gvl.bMinPressurebuttonLight := NOT gvl.bMinPressurebuttonLight; // Käänteinen tila (vilkkuu)
11         BlinkTimer(IN := FALSE); // Nollaa ajastimen
12     END_IF
13 ELSE
14     gvl.bMinPressurebuttonLight := TRUE; // Staattinen tila
15 END_IF

```

## LIITE 6. Anturiedon muunto

```

MinButtonLight   MaxButtonLight   MAIN
1  PROGRAM ScaleSensor
2  VAR
3      inputCurrent: REAL;
4  END_VAR

1  // Lue nykyinen virta
2  inputCurrent := gvl.rPressureSensor;           //InputCurrent on paineaaturin syöttövirta
3  //
4  //
5  // Skaalaus                                     //
6  // Kulmakerroin (m) ja vakiotermi (b)           //
7  // Kun inputCurrent on 4 mA, outputin tulisi olla 0 //
8  // Kun inputCurrent on 20 mA, outputin tulisi olla 2500 //Muuntaa anturilta tulevan 4mA - 20mA, 0bar - 2500bar muotoon
9  //  $m = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1) = (2500 - 0) / (20 - 4) = 156.25$  //
10 //  $b = y - mx = 0 - 156.25 * 4 = -625$  //
11 gvl.rScaledPressure := 156.25 * inputCurrent - 625; //
12 //
13 //
14 // Tarkistaa ettei tulos mene alle nollan tai yli 2500:n (Estää käyttäjää asettamasta käyttöliittymään arvoja alle <0, tai yli 2500>)
15 IF gvl.rScaledPressure < 0 THEN
16     gvl.rScaledPressure := 0;
17 ELSIF gvl.rScaledPressure > 2500 THEN
18     gvl.rScaledPressure := 0;
19 END IF;

```