

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

BIOMASSAREAKTORIN AUTOMAATIO SUUNNITTELU

TEKIJÄ: Santeri Neuvonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Santeri Neuvonen	
Työn nimi Biomassareaktorin automaatiosuunnittelu	
Päiväys 06.05.2025	Sivumäärä/Liitteet 30
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppanit CMe Solutions Oy, Savonia Oy, Simatek Works Oy	
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoitus on suunnitella, sähköistää sekä ohjelmoida Biomassareaktori. Opinnäytetyön tilaajana toimi CMe Solutions Oy, joka toteutti laitteiston sähkö- ja automaatiosuunnittelun sekä logiikan ohjelmoinnin. Laitteiston tilaajana toimi Savonia-ammattikorkeakoulun bio- ja kiertotaloustutkimusala, joka tilasi laitteen Simatek Works Oy:ltä. CMe Solutions toimi alihankkijana projektissa sähkön ja automaation osalta.</p> <p>Työssä suunniteltiin ja rakennettiin laitteiston tarpeet täyttävä ohjauskeskus sekä ohjelmoitiin logiikka sekä valvomo näyttö. Lisäksi laitteistolle toteutettiin tietokanta, josta prosessin eri arvoja pystyttiin seuraamaan jälkikäteen. Tietokannan luonti ei kuulunut tämän opinnäytetyön laajuuteen. Työ toteutettiin työtehtävänä yritykselle, jonka ohessa opinnäytetyö tehtiin. Työ kertoo projektista ja sen kulusta.</p> <p>Laitteisto oli pilottitestikone, jonka tarkoitus oli olla helposti käytettävä sekä helposti liikuteltava laite biohiilen tuotantoon. Työn lopputuloksena saatiin toimiva laitteisto sekä logiikka- ja valvomo-ohjelma dokumentaatioineen.</p>	
Avainsanat Biohiili, reaktori, Biomassareaktori, WinCC Unified, Eplan, Tia Portal, PLC	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Työn kuvaus	6
1.2	Yhteistyökumppanit.....	7
2	PROSESSIN OSAT.....	8
2.1	Pyrolyysi.....	8
2.2	PID-säädin	8
2.2.1	P (Suhteellinen).....	8
2.2.2	I (Integroiva)	8
2.2.3	D (Derivoiva).....	8
2.3	Ohjelmoitava logiikka (PLC)	9
3	PROJEKTIN TOTEUTUS	10
3.1	Laitteisto	10
3.2	Turvallisuus	11
4	SÄHKÖSUUNNITTELU	12
4.1	Eplan suunnitteluohjelmisto	12
4.2	EPlan Data Portal	13
4.3	Sähkösuunnittelu	14
5	OHJELMOINTI.....	17
5.1	PLC Ohjelmointi	17
5.2	Väylä.....	19
5.3	Telegram.....	19
5.4	Valvomo, WinCC Unified	20
5.5	PID ohjaus	22
5.6	Lämpötilat	23
5.7	Magneettiventtiilien ohjaus	24
5.8	Tietokanta.....	27
6	YHTEENVETO.....	29
	LÄHTEET	30

KUVALUETTELO

Kuva 1. CMe Solutions Oy:n logo (CMe Solutions Oy n.d.)	7
Kuva 2. Savonia-ammattikorkeakoulun logo (Savonia-ammattikorkeakoulu n.d.)	7
Kuva 3. Projektin logo (Savonia bio- ja kiertotalous n.d.)	7
Kuva 4. Simetek Works Oy:n logo (Simetek Works Oy n.d.)	7
Kuva 5. Laitteen pohjapiirros (Neuvonen, 2023.)	10
Kuva 6. Laitteen 3D-malli (Simetek Works Oy, 2023.)	10
Kuva 7. Kuva laitteen sivusta (Neuvonen, 2023.)	11
Kuva 8. Eplan (Eplan, n.d.)	12
Kuva 9. Eplan nodet (Eplan, n.d.)	12
Kuva 10. Esimerkkikuva eplanista (Neuvonen, 2025.)	13
Kuva 11. Esimerkki data portalista (Eplan, n.d.)	13
Kuva 12. Kuva syöttöliittimistä (Neuvonen, 2023.)	14
Kuva 13. Esimerkki taajuusmuuttajälähdöstä (Neuvonen, 2023.)	15
Kuva 14. Eplanilla luotu keskus layout (Neuvonen, 2023.)	16
Kuva 15. Keskuksen sijoitus sekä kuva keskuksesta (Neuvonen, 2023.)	16
Kuva 16. Tia Portal V18 (Neuvonen, 2025.)	17
Kuva 17. Esimerkki taajuusmuuttaja lähdöstä (Neuvonen, 2023.)	18
Kuva 18. Esimerkki fucktion blockin sisältä (Neuvonen, 2023.)	19
Kuva 19. Esimerkkikuva valvomosta (Neuvonen, 2023.)	20
Kuva 20. Moottorihjauksen popup ikkuna (Neuvonen, 2023.)	21
Kuva 21. Tukosvahtien tila (Neuvonen, 2023.)	21
Kuva 22. Laitteen ohjausnapit (Neuvonen, 2023.)	21
Kuva 23. PID ohjauslohko (Neuvonen, 2023.)	22
Kuva 24. PID ohjaus ikkuna (Neuvonen, 2023.)	23
Kuva 25. PT100 lämpötila-anturi ja infrapuna-anturi (Neuvonen, 2023.)	24
Kuva 26. Venttiilien ohjaus ikkuna (Neuvonen, 2023.)	24
Kuva 27. Lämpötilan vertaus (Neuvonen, 2023.)	25
Kuva 28. Venttiilin off sykli (Neuvonen, 2023.)	26
Kuva 29. Venttiilin ON sykli (Neuvonen, 2023.)	26
Kuva 30. Lämpötilan muutoksen vertailu (Neuvonen, 2023.)	27
Kuva 31. Lämpötilojen kirjauskäsky (Neuvonen, 2023.)	27
Kuva 32. Lämpötilojen kirjaus sykli (Neuvonen, 2023.)	28

SANASTO

Biohiili	Keinotekoisesti tuotettua hiiltä
FBD	Function Block Diagram, ohjelmointikieli
HMI	Human Machine Interface, Käyttöpääte
LAD	Ladder, Ohjelmointikieli
PID	Proportional Integral Derivative
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmitava logiikka
Popup	Ponnahdusikkuna
Pyrolyysi	Kuivatislaus, kemiallinen reaktio
SQL	IBM:n kehittämä kyselykieli
Telegram	Siemensin datanvaihto PLC:n ja taajuusmuuttajien välillä
TON	Timed ON, ajastettu käynnistys
TOFF	Timed OFF, ajastettu pysäytys
String	Ohjelmoinnissa käytettävä datatyyppi, tekstimuuttuja

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella, sähköistää, ohjelmoida sekä käyttöönottaa biomassareaktori. Työn toimeksiantaja oli CMe Solutions Oy, joka toimii projektissa alihankkijana Simatek Works Oy:lle. Loppuasiakkaana projektissa oli Savonia-ammattikorkeakoulun bio- ja kiertotalouden tutkimusala. Laitteen mekaniikan toteutti Simatek Works Oy. Työ toteutettiin työtehtävänä yritykselle, jonka ohessa opinnäytetyö tehtiin.

Laitteen tarkoituksena oli tuottaa biohiiltä sekä dataa prosessissa syntyvistä kaasuista sekä puuhakkeesta irtoavista aineista, esimerkiksi tervasta tai pihkasta. Tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa helppokäyttöinen sekä turvallinen laitteisto käyttäjille tuotteen valmistamista varten. Projekti kulki nimellä Biochar Pilot Reactor (Jatkuvatoiminen termokemiallinen biomassareaktori).

1.1 Työn kuvaus

Savonia tilasi laitteen Simatek Works Oy:ltä. Toimin harjoittelijana CMe Solutionsilla kesän, jonka jälkeen aihetta tarjottiin. Työ alkoi suunnittelemalla tarpeet täyttävä sähkökeskus, jolla voidaan toteuttaa laitteen ohjaus sekä turvallinen käyttö. Lisäksi laitteeseen tehtiin valvomo näyttö, josta prosessin kulkua sekä lämpötiloja voidaan seurata. Laitteen käyttö tapahtuu pääasiassa myös samaisesta näytöstä.

Laitteen rakentaminen ja alustavat testaukset tapahtuivat Simatek Oy:n tiloissa Siilinjärvellä, jonka jälkeen valmis laite siirrettiin Savoniale. Kun laite oli valmistettu sekä alustavasti testattu, se siirrettiin Savonian pihaan. Savonia asennutti laitteen putkiston, josta prosessista syntyvät kaasut tulevat ulos. Laitteen lopullinen määränpää oli Jätekukon jäteasema, jossa kokonaisvaltaiset testaukset voitiin toteuttaa.

1.2 Yhteistyökumppanit

CMe Solutions Oy on kuopiolainen vuonna 2008 perustettu yritys, joka työllistää joukon osaajia varustettuna vahvalla kompetenssilla automaation, ohjelmoinnin ja mobiilisovellusten saralta. Yhtiö tarjoaa monipuolista sähkö- ja automaatio suunnittelua, ohjelmointia, keskusvalmistusta sekä projektointia teollisuuden kaikkiin tarpeisiin. Erikoisvahvuutena on vaativat liikenneohjaukset, konenäköjärjestelmät sekä väyläratkaisut. CMe Solutions Oy palvelee asiakkaitaan Suomen lisäksi mm. Baltiassa, muualla Euroopassa ja Aasiassa. (CMe Solutions, (n.d.).)

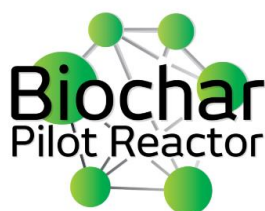


Kuva 1. CMe Solutions Oy:n logo (CMe Solutions Oy n.d.)

Laitteen tilaajana toimiva Savonia-ammattikorkeakoulun bio- ja kiertotalous on tukemassa yritysten sekä yhteiskunnan kestävästä kehityksestä, jonka keskiössä ovat biopohjaiset tuotteet ja materiaalikierto. (Bio- ja kiertotalous, (n.d.).)



Kuva 2. Savonia-ammattikorkeakoulun logo (Savonia-ammattikorkeakoulu n.d.)



Kuva 3. Projektin logo (Savonia bio- ja kiertotalous n.d.)



Kuva 4. Simatek Works Oy:n logo (Simatek Works Oy n.d.)

2 PROSESSIN OSAT

2.1 Pyrolyysi

Pyrolyysi eli kuivatuslaus on menetelmä, jossa orgaanista eli eloperäistä ainetta kuumennetaan hapettomassa tai lähes hapettomassa tilassa. Pyrolyysi voidaan suorittaa joko vakuuissa tai käyttämällä suojakaasuja, jolloin esimerkiksi typpeä käytetään syrjäyttämään happi. (Huurtomaa S & Kokkonen J. 2024.) Laitteistossa hapen syrjäyttäminen oli toteutettu prosessiin ohjattavilla vesisuihkuilla. Korkeiden lämpötilojen takia vesi höyrystyy ja sitoo hapen itseensä.

Biohiilet ovat biomassoista pyrolyysissä valmistettuja hiilipitoisia kiinteitä aineita. Ne ovat tällä hetkellä yksi konkreettisimmista ja kustannustehokkaimmista tavoista varastoida hiiltä pitkäaikaisesti maaperään. Biohiileksi kutsutaan kaikkia biomassasta pyrolysoituja biohiiliä, joiden käyttö tähtää lopulta pysyvään varastoon. (Bioenergia, 2024) Biohiiltä voidaan käyttää esimerkiksi kivihiilen korvikkeena tai lannoitteena.

2.2 PID-säädin

Laitteiston lohkojen lämpötilansäätö toteutettiin PID-säätimellä. Tämä mahdollistaa automaattisen lämpötilan säätelyn, jolloin lämpötila pysyy asetetussa arvossa tasaisemmin. PID-säädin (Proportional-Integral-Derivative) on yleisimmin käytetty säädin teollisuudessa. PID-säätimestä voidaan eriyhdistelmiä, kuten esimerkiksi P-, PI- tai PD-säätimiä. Kaikista yleisimmin käytetty säädin on PI-säädin. (Harju & Marttinen, 2000, s. 67.)

2.2.1 P (Suhteellinen)

P toimii säätimen suhteellisena vahvistuksena. P-toiminto on verrannollinen virheeseen tai ohjausmuuttujaan. Virhe kerrotaan proportionaalikertoimella ja lisätään säätimen ulostuloon. P-toiminto antaa ulostulolle "potkun" oikeaan suuntaan. Jos virhearvo on nolla, myös P-toiminto on nolla. Tämä tarkoittaa, että P-säätöjärjestelmällä tarvitaan aina virhe, jotta säätimen ulostulo on positiivinen. Tämän vuoksi pelkkä P-säätö ei riitä tarkan seurannan toteuttamiseen. (Incatools, (n.d.).)

2.2.2 I (Integroiva)

I on säätimen integroiva osa, joka toimii siten että se integroi ajassa asetusravon ja mittausarvon erotusta eli erosuuretta. Matematiikassa virheen integraali voidaan tulkita alueeksi, joka jää käyrän ja x-akselin väliin sekä y-akselin ja nykyhetken väliin. Jokaisella ajan askeleella kaavio venyy oikealle. Jos virhe on nolla kyseisellä hetkellä, alue ei kasva ja integraali pysyy vakiona. Jos virhe on positiivinen, alue kasvaa, joka johtaa säätimen korkeampaan ulostuloon. (Incatools, (n.d.).)

2.2.3 D (Derivoiva)

Derivoivaa säätöä käytetään yhdessä P-säädön (PD-säädin) tai integroivan säädön (PID-säädin) kanssa. D reagoi erosuureen muutosnopeuteen. Jos muutosnopeus on nolla, on D-osan lähtökin nolla. D on säätimen ennakoiva osa, joka aiheuttaa säätimen ulostuloon suuremman muutoksen, kuin poikkeama edellyttäisi. (Harju & Marttinen, 2000, s. 73.)

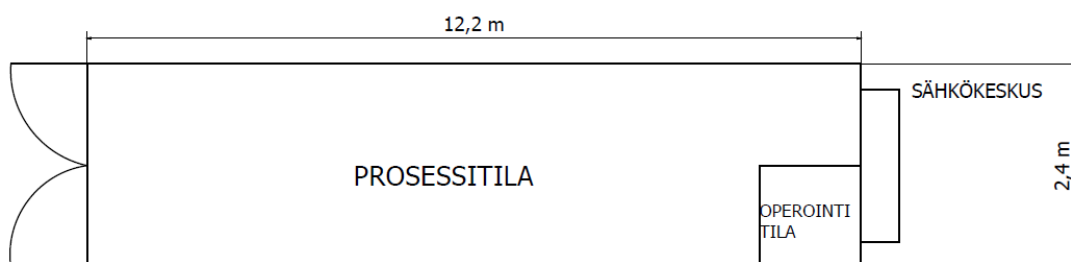
2.3 Ohjelmoitava logiikka (PLC)

PLC tulee sanoista Programmable Logic Controller, joka vapaasti suomennettuna tarkoittaa ohjelmoitavaa logiikkaa. PLC on pieni tietokone, joka koostuu tulo- sekä lähtömoduuleista (I/O eli Input/Output). Tuloihin kytketään esimerkiksi kytkimiä, antureita tai mittalaitteita. Lähtöihin taas kytketään laitteita, joita halutaan ohjata. Ohjattavia laitteita ovat esimerkiksi indikointi valot tai venttiilien ja kontaktorien kelat. PLC ohjelmoidaan siten, että se tiettyjen tulosignaalien avulla antaa oikeanlaisia lähtösignaaleja. PLC on myös vastuussa muiden laitteiden viestiliikenteestä. (Neuvonen, 2025.)

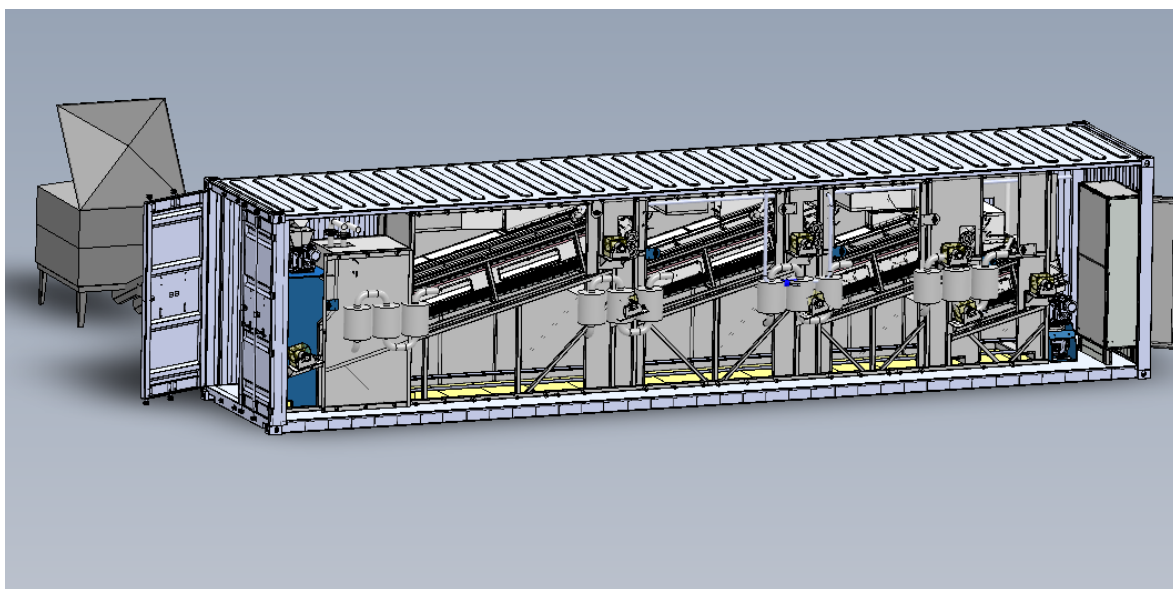
3 PROJEKTIN TOTEUTUS

3.1 Laitteisto

Prosessin ohjaus on toteutettu ohjelmoitavalla logiikalla (PLC), joka löytyy sähkökeskuksesta kontin päästä (kuvassa 5 oikealla). Kontin sisätilassa, sähkökeskuksen takana sijaitsee operointitila, josta löytyy operointipaneeli. Paneelilla voidaan ohjata prosessia helposti sekä muokata ja seurata sitä. Näytön läheisyydessä on nappikotelo, jolla voidaan myös käynnistää tai pysäyttää prosessi. Nappikotelossa on lisäksi hätäseispiirin kuitaus sekä hätäseispainike. Kuvassa 6 esitetty kontin 3D malli.



Kuva 5. Laitteen pohjapiirros (Neuvonen, 2023.)



Kuva 6. Laitteen 3D-malli (Simetek Works Oy, 2023.)

Moottorit, lämpötilanmittaus anturit, pyörintävahdit sekä muut prosessin laitteisto on sijoitettu prosessitilaan. Kaapelointi on toteutettu pääosin kontin pohjaa pitkin kaapeli hyllylle. Prosessitilaan pääsy toteutuu peräosasta (kuva 5), josta on pääsy ryömintätilaan.

Laitteisto on jaettu neljään eri lohkokon, joita lämmitettiin eri lämpötiloihin. Tarkoituksena on ensin kuivata materiaalia, seuraavaksi saavuttaa n. 200 °C lämpötila, jonka jälkeen tavoitellaan pyrolyysiä n. 500 °C lämpötilassa. Viimeiseen lohkokon ei asennettu lämmitysvastuksia, koska sen tarkoituksena on lopuksi jäähdyttää ajettua massaa. Laitteistossa käytettävä materiaali on pääasiassa puuhaketta. Laitteisto toiminnassa kuvassa 7.



Kuva 7. Kuva laitteen sivusta (Neuvonen, 2023.)

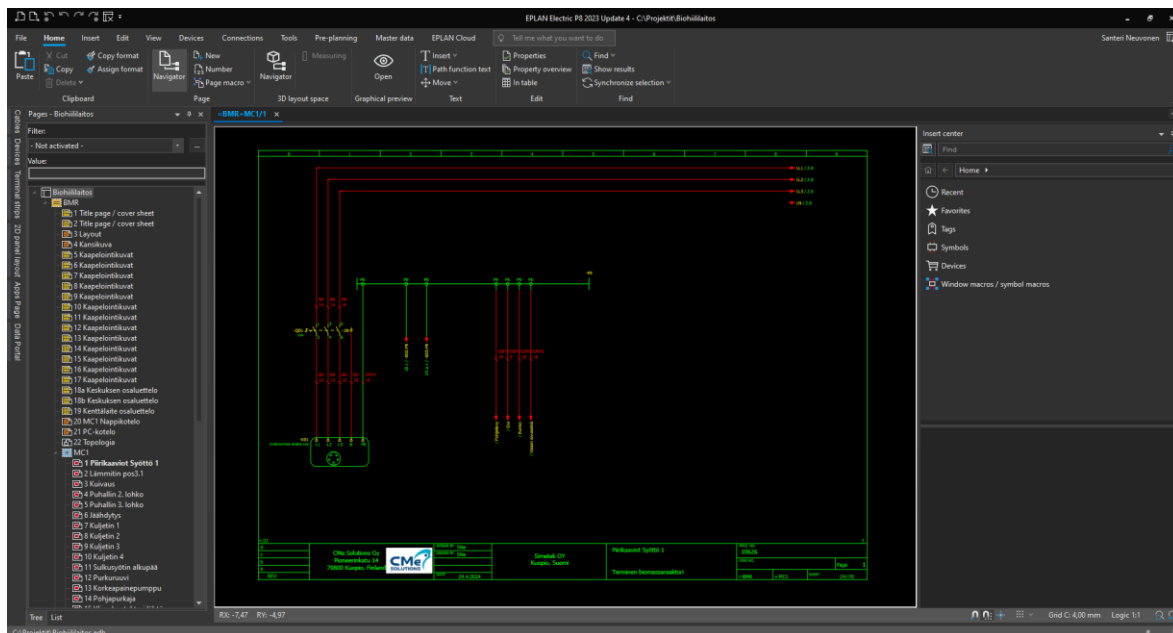
3.2 Turvallisuus

Prosessitilaan pääsy on estetty ovilla ja luukuilla. Lisäksi laitteeseen asennettiin verkkoaita ilkvallan varalta. Operointitilassa sijaitsee nappikotelo sekä näyttöpaneeli, josta prosessia ohjataan. Nappikotelo on varustettu hätäseisäpainikkeella, mistä prosessi voidaan pysäyttää.

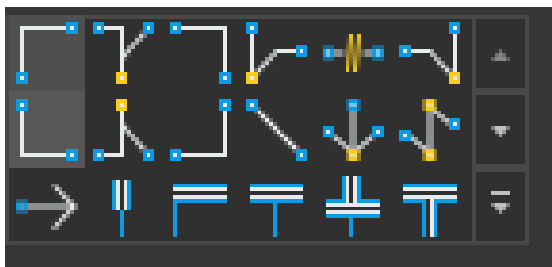
4 SÄHKÖSUUNNITTELU

4.1 Eplan suunnitteluohjelmisto

Eplan on sähkösuunnitteluohjelmisto, jota myös projektin suunnittelussa käytettiin (kuva 8). Erona muihin suunnitteluohjelmistoihin, Eplanissa ei piirretä viivoja, vaan niitä ns. johdatetaan kohteeseen. Ohjelmassa käytetään tähän erilaisia node toimintoja, joita esitetty kuvassa 9.

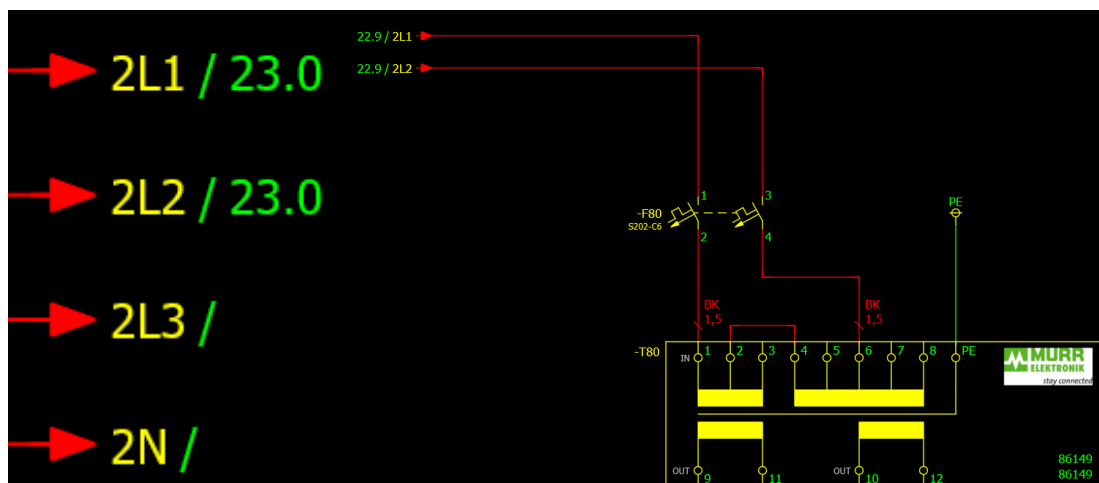


Kuva 8. Eplan (Eplan, n.d.)



Kuva 9. Eplan nodet (Eplan, n.d.)

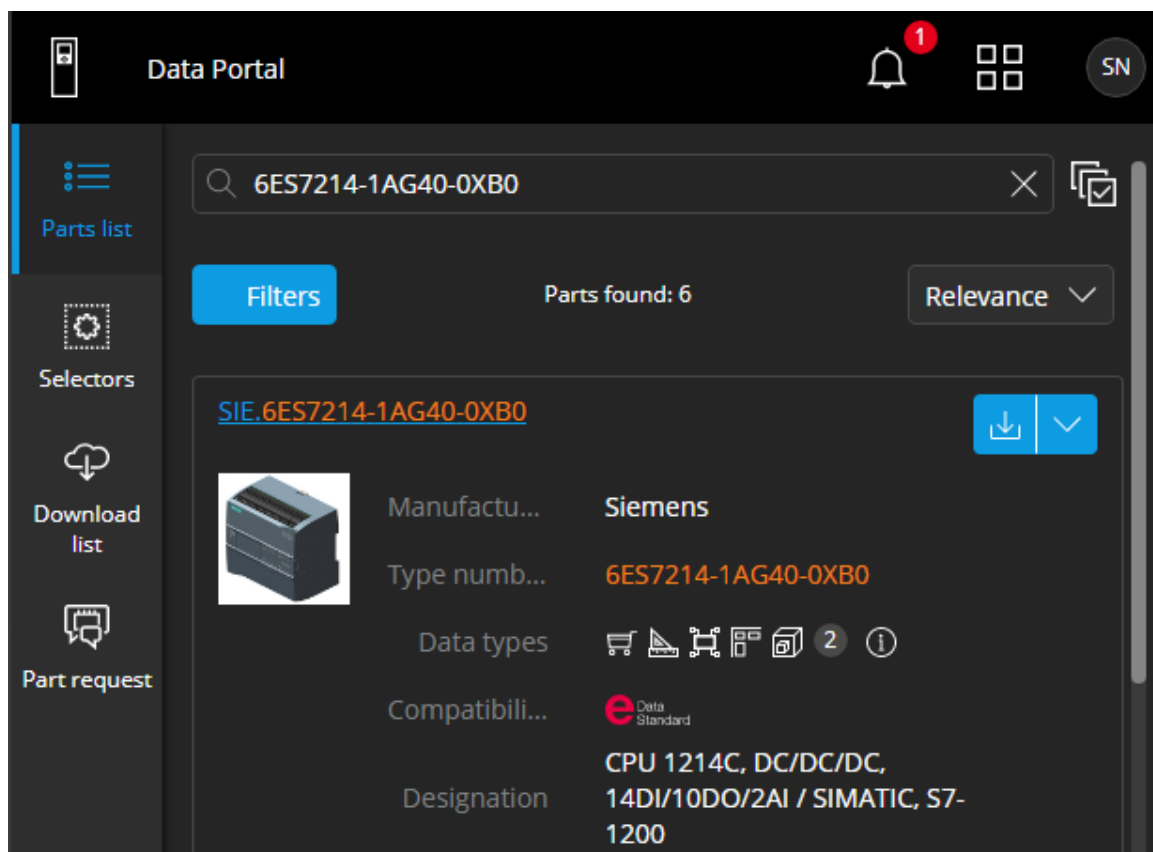
Nodejen avulla voidaan johdattaa johtimet eri asetuspisteistä toiselle haluttua reittiä. Jos pisteet ovat valmiiksi kohdillaan esimerkiksi allekkain, tekee Eplan johtimet automaattisesti. Kuvassa 10 esitetty nodet.



Kuva 10. Esimerkkikuva eplanista (Neuvonen, 2025.)

4.2 Eplan Data Portal

Eplan pohjautuu pilvipalveluun, joka mahdollistaa komponenttien valmistajien lisätä omia macroja valmiiksi ohjelmistoon. Tämä mahdollistaa kuvia piirtäessä komponenttien hakemisen kirjastosta, kuten kuvassa 11 esitetään. Tämän kautta saat piirrosmerkit tarvittavilla tunnuksilla sekä liittimillä valmiiksi luotuna, joka säästää suunnittelijan aikaa. Tarvittaessa voi myös itse tehdä oman komponentin, jos valmista komponenttia ei ole kirjastossa valmiina.



Kuva 11. Esimerkki data portalista (Eplan, n.d.)

4.3 Sähkösuunnittelu

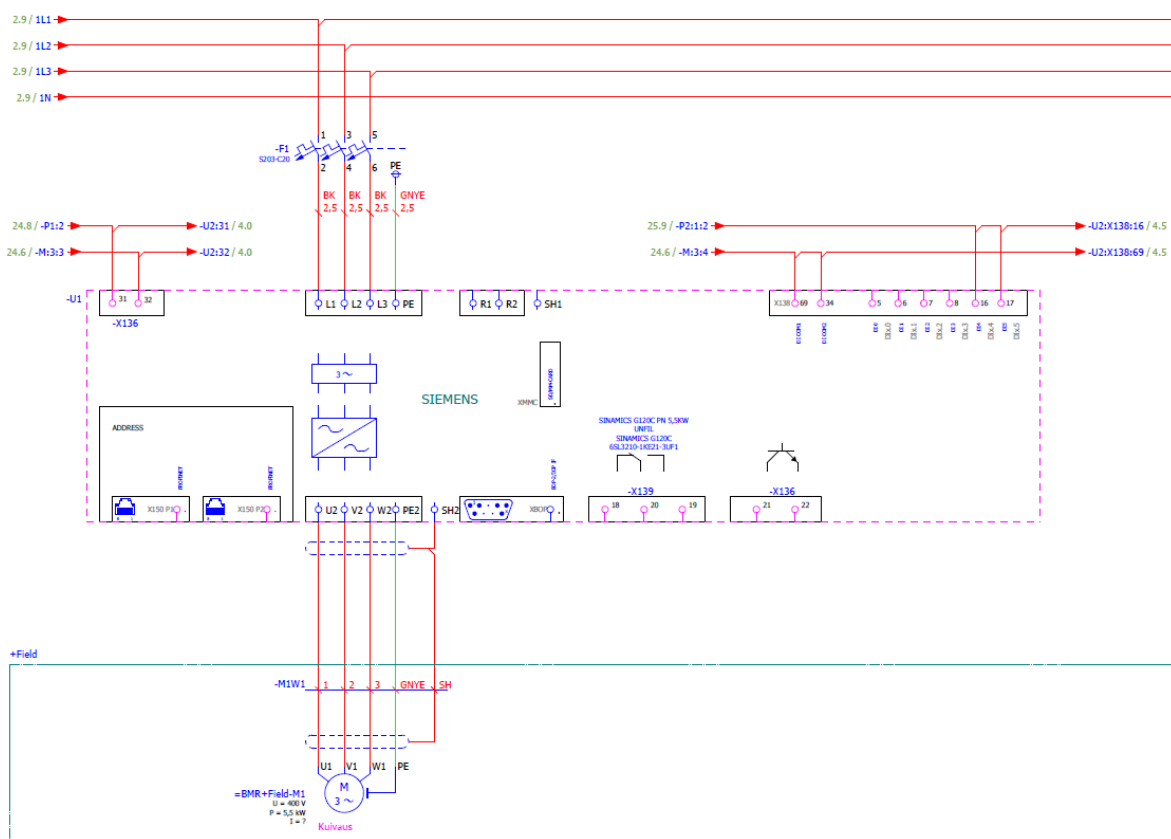
Piirikaaviossa on esitettävä vähintäänkin kohteen toteutuksen yksityiskohdat, esittämällä toteutuksen osana olevat komponentit ja niiden väliset liitännät, ottamatta huomioon esimerkiksi komponenttien fyysisiä kokoja ja muotoja. Piirikaavion on autettava kohteen toiminnan ymmärtämistä. (SFS-käsikirja 619 s.63)

Laitteen suunnittelu aloitettiin piirikaavioiden sekä lopuksi keskuksen suunnittelulla. Laitteen keskuksen tuli kaksi 63 A kojevastaketta, tämä esitetty alhaalla kuvassa 12. Kojevastakkeisiin tuodaan keskuksen jännitesyöttö. Koska keskuksen syöttö ei ole kiinteä, mahdollistaa tämä laitteiston siirron sekä laitteen käytön muissakin kohteissa. Tästä syystä laitteisto rakennettiin merikonttiin, jotta sen siirtäminen on mahdollista. Syöttö kytkeytyy kojevastakkeelta suoraan pääkytkimeen, jolla keskuksen sekä prosessin tekeminen jännitteettömäksi tapahtuu. Johtimien poikkipinnan valinnassa on käytetty standardin mukaista taulukkoa sekä sovellettu asennustapaa E. (D1-2022 käsikirja s.220)



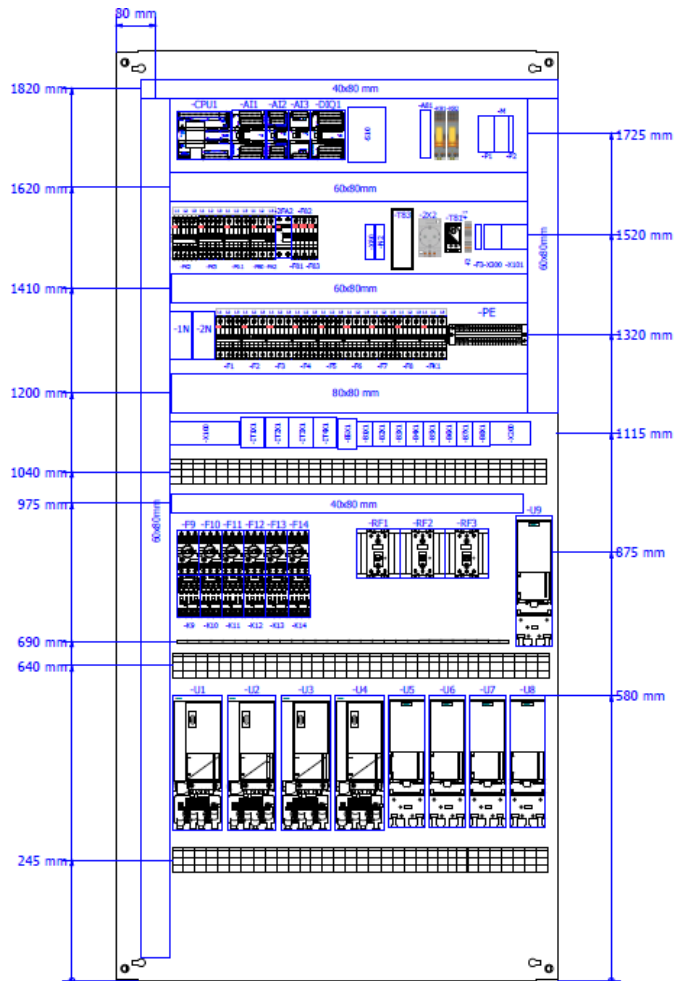
Kuva 12. Kuva syöttöliittimistä (Neuvonen, 2023.)

Prosessin kuljettimia, sekä puhaltimia ohjataan taajuusmuuttajilla. Taajuusmuuttajan avulla voidaan säätää moottorin pyörimisnopeutta taajuutta muuttamalla, mikä mahdollistaa hallinnan, kuinka kauan tuote on prosessin sisällä. Taajuusmuuttajan etuina on, että oikosulkumoottorin pyörimisnopeutta säädetään taajuusmuuttajalla, jolloin saavutetaan huomattava energiasäästö. Tällä tekniikalla pystytään vähentämään sähköverkon kuormitusta ja työkonoiden mekaanista rasitusta moottoria käynnistäessä pienemmät käynnistysvirrat. Taajuusmuuttajan kytkentä on esitetty kuvassa 13. Moottorikaapelit kytketään aina ilman riviliittimiä suoraan taajuusmuuttajaan ja armeeratun kaapelin metallikerros maadoitetaan pannalla lähelle taajuusmuuttajaa tai EMC-läpivientiholkilla kaappiin. (Automaatiotekniikka, Toimi Keinänen ja Matti Sumujärvi. s.69)



Kuva 13. Esimerkki taajuusmuuttajälähdöstä (Neuvonen, 2023.)

Asennukset aloitettiin suunnittelemalla ja rakentamalla keskus. Eplan tuo sähkökeskukset sekä komponentit oikeassa mittakaavassa, jolloin layoutin suunnittelu on helppo toteuttaa (katso kuva 14). Keskusten layout on suunniteltu niin, että moottorilähdöt, taajuusmuuttajat sekä kentälle lähtevät riviliittimet on sijoitettu asennuslevyn alaosaan, jotta pohjasta tuotuja kaapeleita ei tarvitse tuoda keskuksen kouruihin ja että kaapeleita tarvitsee tuoda keskuksen mahdollisimman lyhyttä reittiä. (katso kuva 15). Taajuusmuuttajat on syytä asentaa mahdollisimman alas, jotta moottorikaapelit eivät aiheuta häiriötä keskuksen muulle laitteistolle. (Automaatiotekniikka, Toimi Keinänen ja Matti Sumujärvi. s.69) Pienjännitelaitteet kuten logiikka, logiikan lisäkortit, sekä hätäseis piiri on sijoitettu keskuksen ylälaitaan. Tällöin keskuksen sisällä voidaan kouruihin erotella 230 V sekä 24 V johtimet erilleen toisistaan.



Kuva 14. Eplanilla luotu keskus layout (Neuvonen, 2023.)

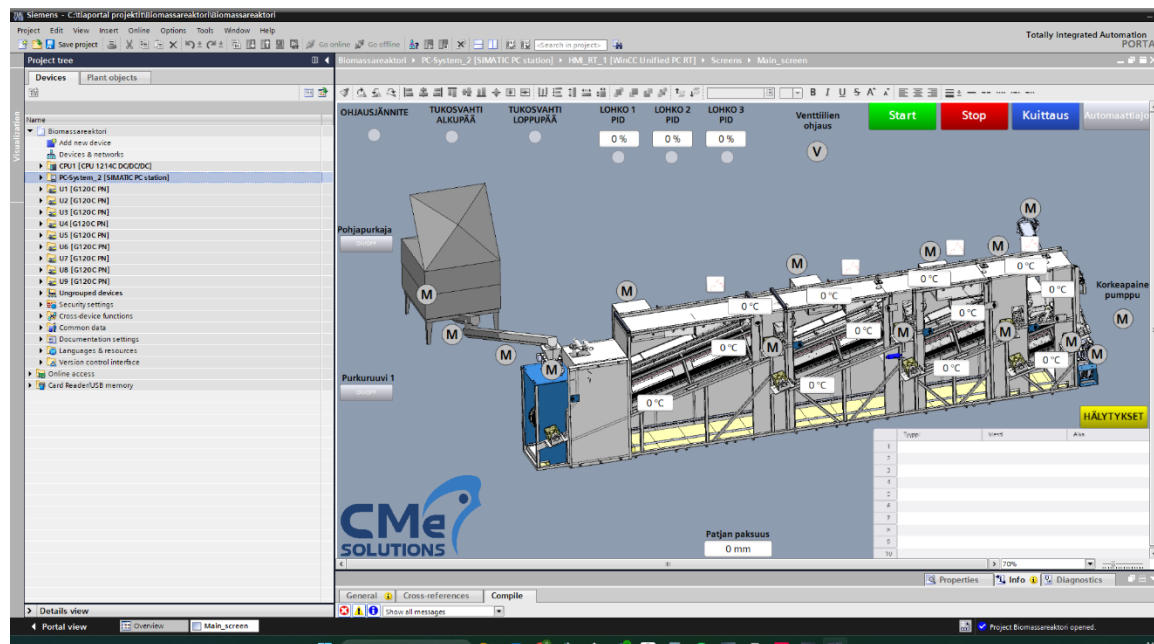


Kuva 15. Keskuksen sijoitus sekä kuva keskuksesta (Neuvonen, 2023.)

5 OHJELMOINTI

5.1 PLC Ohjelmointi

Laitteen ohjelmointiin käytettiin Siemensin Tia Portal V18 ohjelmistoa sekä WinCC Unifiedä. Logiikalla rakennettiin laitteen ohjaukset, mittaukset sekä käynnistys säännöt, joiden mukaan ohjattiin moottoreita päälle/pois.



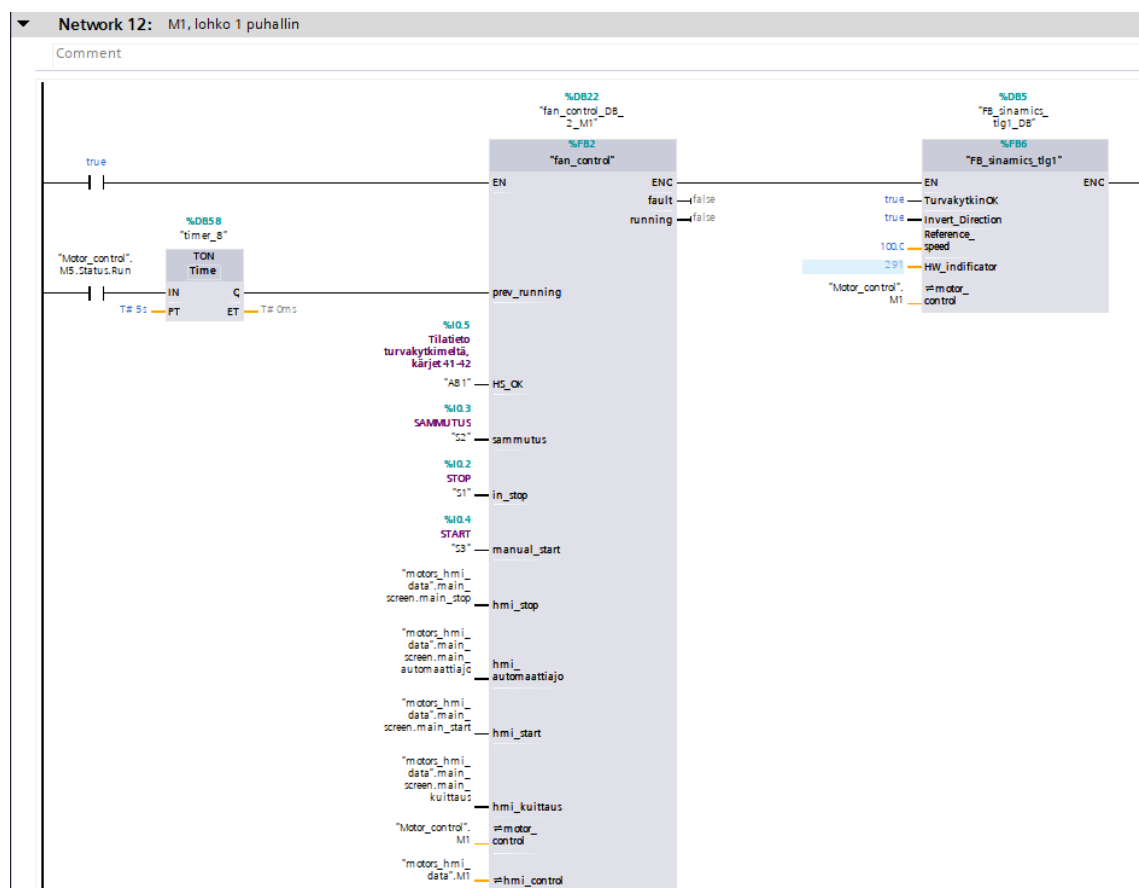
Kuva 16. Tia Portal V18 (Neuvonen, 2025.)

Ohjelmointi tapahtui LAD sekä FBD kieliä käyttämällä. Ladder-logiikka-ohjelmointi on graafinen ohjelmointikieli, jota käytetään laajalti teollisuusautomaation ja ohjausjärjestelmien alalla. Sen nimi tulee sen visuaalisesta samankaltaisuudesta tikapuiden kanssa, joissa on vaakasuoria askelmia ja pystysuoria kaiteita. Tämä ohjelmointikieli on olennainen osa ohjelmoitavien logiikkaprosessoreiden (PLC) toimintaa. (Schneider, (n.d.).)

Funktiolohko-kaavio (FBD) on graafinen kieli, jota käytetään PLC-ohjelmien esittämiseen uudelleen käytettävien ohjelmointilohkojen avulla. Se kuvaa signaalien ja tietojen kulun näiden lohkojen läpi, jotka ovat ohjelmointikomentoyksiköitä, jotka tuottavat yhden tai useamman lähtöarvon suoritettaessa. (Sciencedirect, (n.d.).)

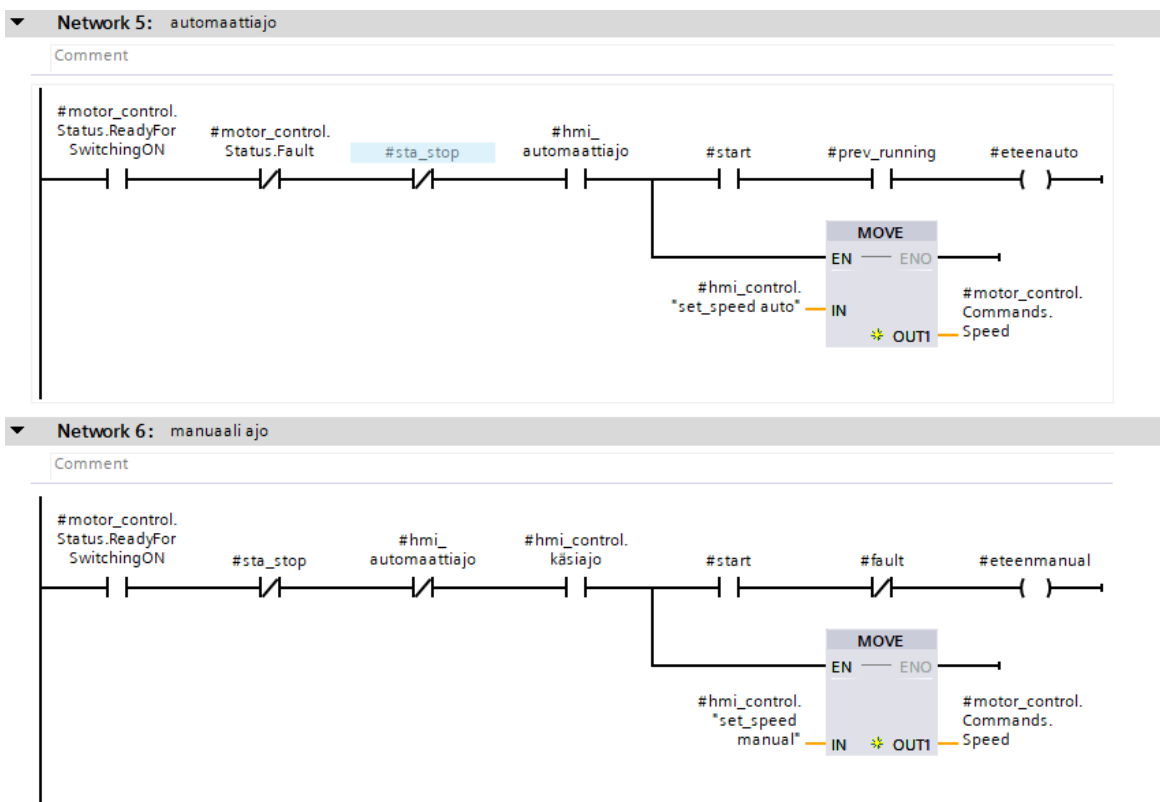
Moottorilähdöt rakennettiin funktio lohkojen avulla (katso kuva 17), näin ohjelmasta tulee siistimpi ja helpompi lukea. Moottorilähdöt on eritelty jokainen omiin lohkoihin, jotka on nimetty moottorin mukaan. Mahdollisessa vikatilanteessa tai tehtäessä muutoksia, on ohjelmasta helppo selata haluttu kohde.

Ensimmäisellä blockilla käydään ensiksi läpi käynnistys säännöt, jos nämä täyttyvät lähettää lohko taajuusmuuttajan blockille ajoluvan. Taajuusmuuttajan blockki (esitetty kuvassa 17 oikealla) käy läpi parametreihin asetetut rajat sekä arvot. Jos nämäkin ovat kunnossa, taajuusmuuttaja ohjaa moottorin käyntiin.



Kuva 17. Esimerkki taajuusmuuttaja lähdöstä (Neuvonen, 2023.)

Function blockin sisällä voidaan tuodut tulot käyttää ohjelmassa normaalisti. Esimerkissä käydään läpi automaattiajo, sekä käsiajo. Käsiajo mahdollistaa moottorien pyörittämisen itsenäisesti. Automaatti ajo käynnistää moottorit käänteisessä järjestyksessä. Nämä esitetty seuraavassa kuvassa 19.



Kuva 18. Esimerkki fuction blockin sisältä (Neuvonen, 2023.)

5.2 Väylä

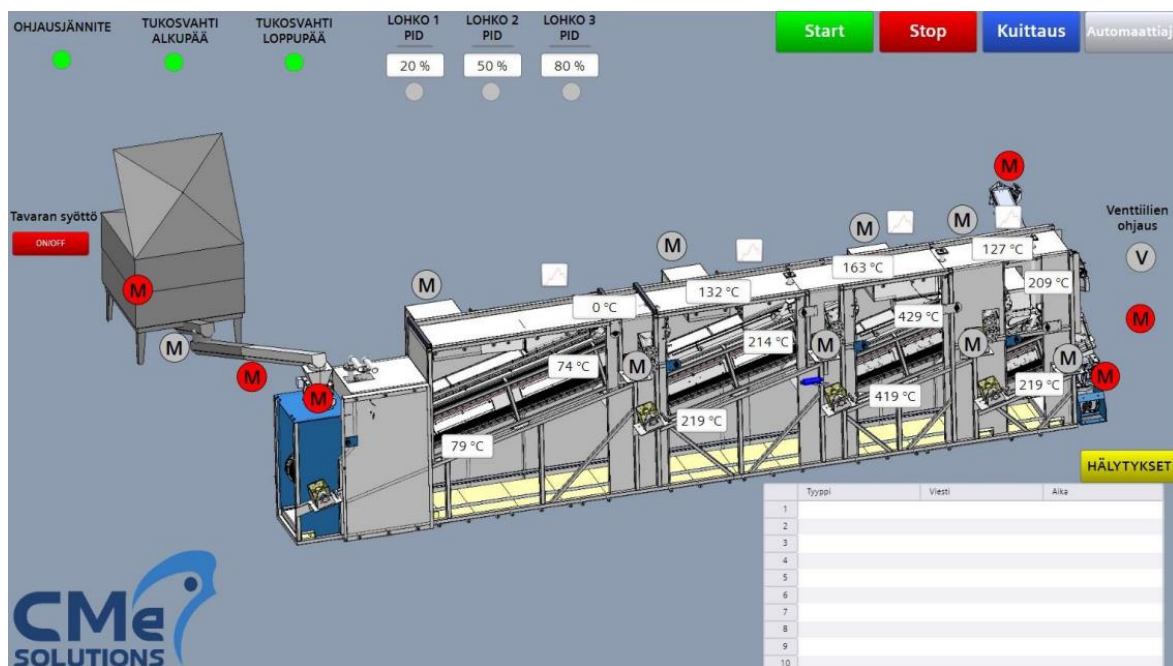
Laitteessa käytettiin Profinet-väyläratkaisua. Tämä mahdollistaa PLC:n, näytön sekä taajuusmuuttajien kommunikoinnin keskenään. Taajuusmuuttajat saavat pyörintäkäskyn väylän avulla, näin taajuusmuuttajan johdotus on vähäisempää sekä voidaan käyttää valmista telegramia.

5.3 Telegram

Siemens'in taajuusmuuttajat käyttävät standardoitua kommunikointi protokollaa, joita kutsutaan telegrammeiksi. Taajuusmuuttajaa käyttöönottaessa valitaan mitä telegrammia halutaan käyttää. Telegrammeja on useita ja niiden laajuus vaihtelee. Telegramin avulla taajuusmuuttaja lähettää tai vastaanottaa arvoja kohteiden välillä. Arvojen laajuus vaihtelee valitun protokollan mukaan. Tässä työssä käytettiin standard telegram 1 protokollaa, joka sisältää moottorin käyntitiedon sekä nopeuden. Tämän avulla voidaan esittää joko moottorin aktuaalinen nopeus tai antaa moottorille nopeus, jolla pyöriä.

5.4 Valvomo, WinCC Unified

Ohjauspaneeli toteutettiin käyttämällä Siemensin WinCC Unifiedä. WinCC Unified on TIA-portaaliin kehitetty visuaaliohjelmisto, jonka suorituskyky perustuu aitoihin webbitekologioihin (HTML5, SVG ja JavaScript). (Siemens, 2024) Paneeli ei ole itsessään HMI-paneeli, vaan paneelitietokone. Valvomietokoneelle asennetaan Siemens Runtime, johon voidaan ladata haluttu näyttö kokonaisuus. Luotu valvomo näkymä esitetty kuvassa 19.



Kuva 19. Esimerkkikuva valvomosta (Neuvonen, 2023.)

Valvomon näytölle on esitetty laitteen räjäytyskuva, johon on sijoitettu moottoreita sekä lämpötilan mittauksia niiden fyysisille paikoille. Näin valvomon näytöltä voidaan helposti seurata prosessia, sekä todeta mahdollisesti pysähtynyt tai vioittunut moottori.

Moottoreille on tehty kolme tilaa:



Moottorin tausta on harmaa, kun moottori on pysähtyneenä.



Moottorin tausta on vihreä, kun moottori pyörii.



Moottorin tausta on punainen, kun moottori tai taajuusmuuttaja on virhe tilassa.

Moottoriohjauksille tehtiin popup ikkunat, joista voidaan nähdä kyseisen lähdön tila. Jos kyseessä oli taajuusmuuttaja lähtö, oli moottorille mahdollista myös muuttaa nopeutta. Kuvassa 20 on esitetty moottorin ohjaus ikkuna.



Kuva 20. Moottoriohjauksen popup ikkuna (Neuvonen, 2023.)

Käsiohjaus tehtiin mahdolliseksi, jotta kuljettimia olisi mahdollista ajaa mahdollisessa tukos tilassa. Automaatti nopeuden säädöllä pystytään hallitsemaan, kuinka pitkään tavara on kussakin lohossa. Vasemmassa yläkulmassa on esitetty ohjausjännitteen tila, sekä syöttö- ja purkupään tukosvahtien tila. Syöttö- tai purkupään tukosvahtien ympyrän muuttuessa punaiseksi, on kyseisessä ruuvissa silloin tukos, joka on esitetty kuvassa 21. Laitteen automaattiajon käynnistys tapahtuu valvomon oikeasta yläkulmasta, joka on esitetty kuvassa 22.



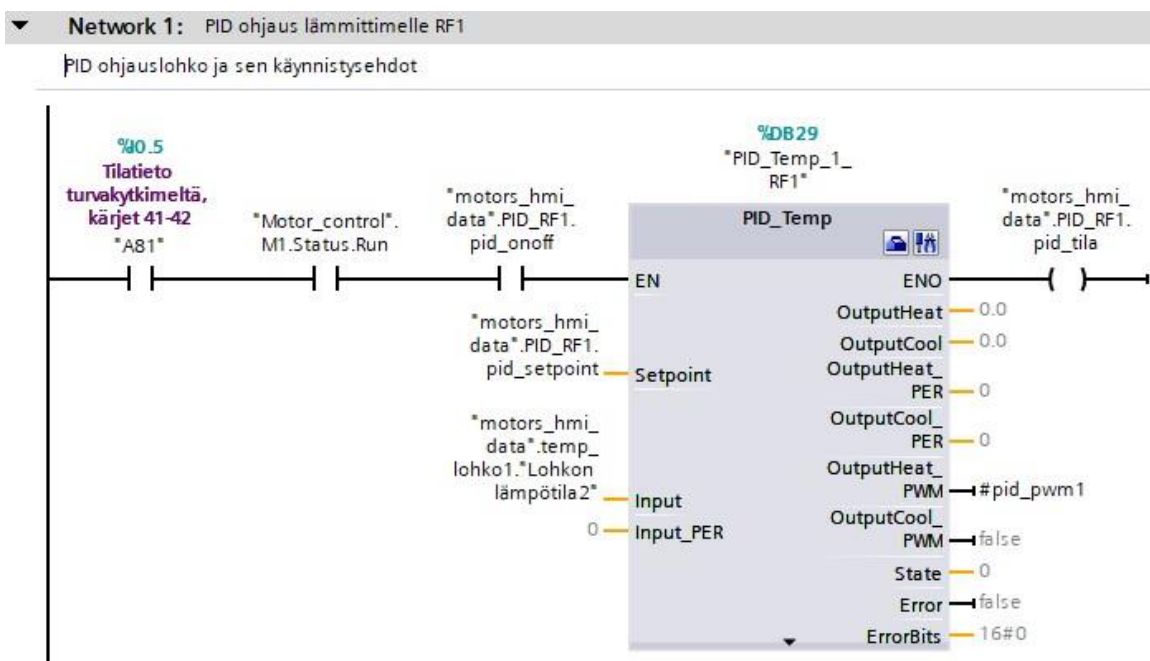
Kuva 21. Tukosvahtien tila (Neuvonen, 2023.)



Kuva 22. Laitteen ohjausnapit (Neuvonen, 2023.)

5.5 PID ohjaus

Prosessin lämpötiloja voidaan ohjata painattaessa lohkon 1, 2 tai 3 PID:iä päänäytöllä. Painamalla avautuu ikkuna, jossa PID:in arvoja voidaan muuttaa (PID ohjausikkuna esitetty kuvassa 24). PID-ohjauksen tehtävä on pyrkiä pitämään lämpötila asetetussa arvossa käyttämällä lämmitysvastusta päälle/pois. Lohkossa on ympyrä, joka esittää ohjauksen tilaa. Ympyrä vaihtaa väriään harmaasta vihreäksi, sen mukaan kuinka PID ohjaa lämmittimiä päälle/pois. Kun ympyrä on vihreä, on lämmitin silloin päällä (tämä esitetty kuvassa 19 PID ohjaimien alla). Siemens tarjosi TIA Portaaliin valmiin PID ohjauslohkon, jota tässä työssä käytettiin. PID lohko esitetty seuraavassa kuvassa 23.



Kuva 23. PID ohjauslohko (Neuvonen, 2023.)

Kuva 24. PID ohjaus ikkuna (Neuvonen, 2023.)

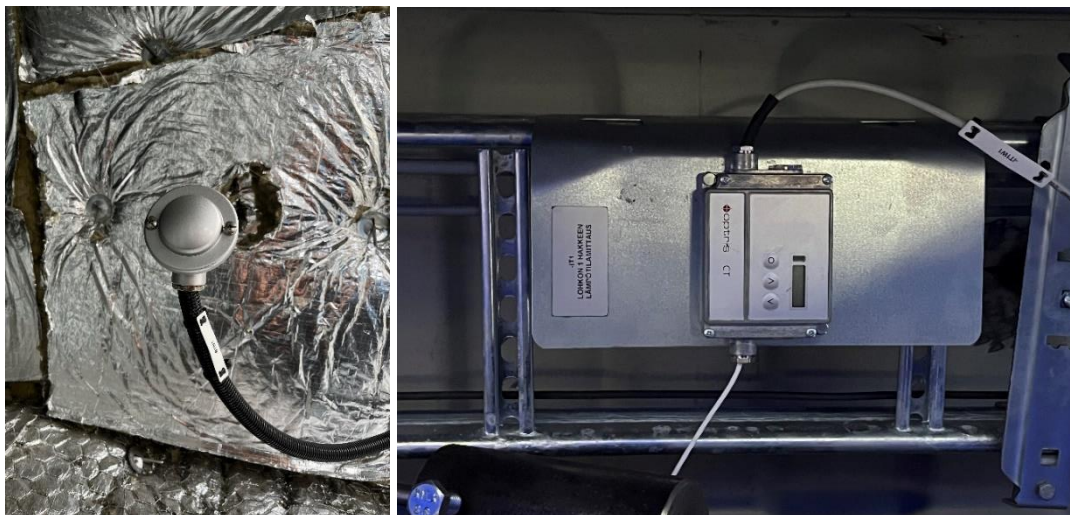
Taulukko 1. PID ohjaus

Asetusarvo	= Lämpötila arvo; Lämpötila, jossa PID pyrkii pysymään
Vahvistus (P)	= Vahvistus arvo; PID:in P arvo
Ti (I)	= Integrointi aika; PID:in I arvo
Td (D)	= Derivointi aika; PID:in D arvo
Manuaali arvo	= Päällä aika; Arvo, jolla määritetään prosentuaalisesti, kuinka kauan PID on päällä syklin aikana.

5.6 Lämpötilat

Lohkojen lämpötiloja mitattiin kuljettimien ylä- sekä alapuolelta. Lisäksi kuljettimien yläpuolelle asennettiin infrapuna lämpötilan mittaus, joilla mitataan tuotteen lämpötilaa. Lämpötila-anturit esitetty kuvassa 25. Valvomo näytölle on tuotu jokainen lämpötilan mittaus erillisellä kentällä ja ne on asetettu paikoille, joilla ne sijaitsevat. Lohkojen lämpötiloista on mahdollista seurata myös käyrästä reaaliajassa, joka tapahtuu lohkojen yläpuolella sijaitsevasta käyrästä näppäimestä.

Lämpötiloja mitattiin prosessin seurantaan varten, sekä jäädytyksen ohjausta varten. Laitteeseen on sijoitettu korkeapainelinjasto ja jokaiselle lohkolle on oma magneettiventtiili. Magneettiventtiilin aue- tessa suihkuttaa se vettä prosessiin. Venttiilien ohjaus tapahtuu lämpötilojen mukaan.



Kuva 25. PT100 lämpötila-anturi ja infrapuna-anturi (Neuvonen, 2023.)

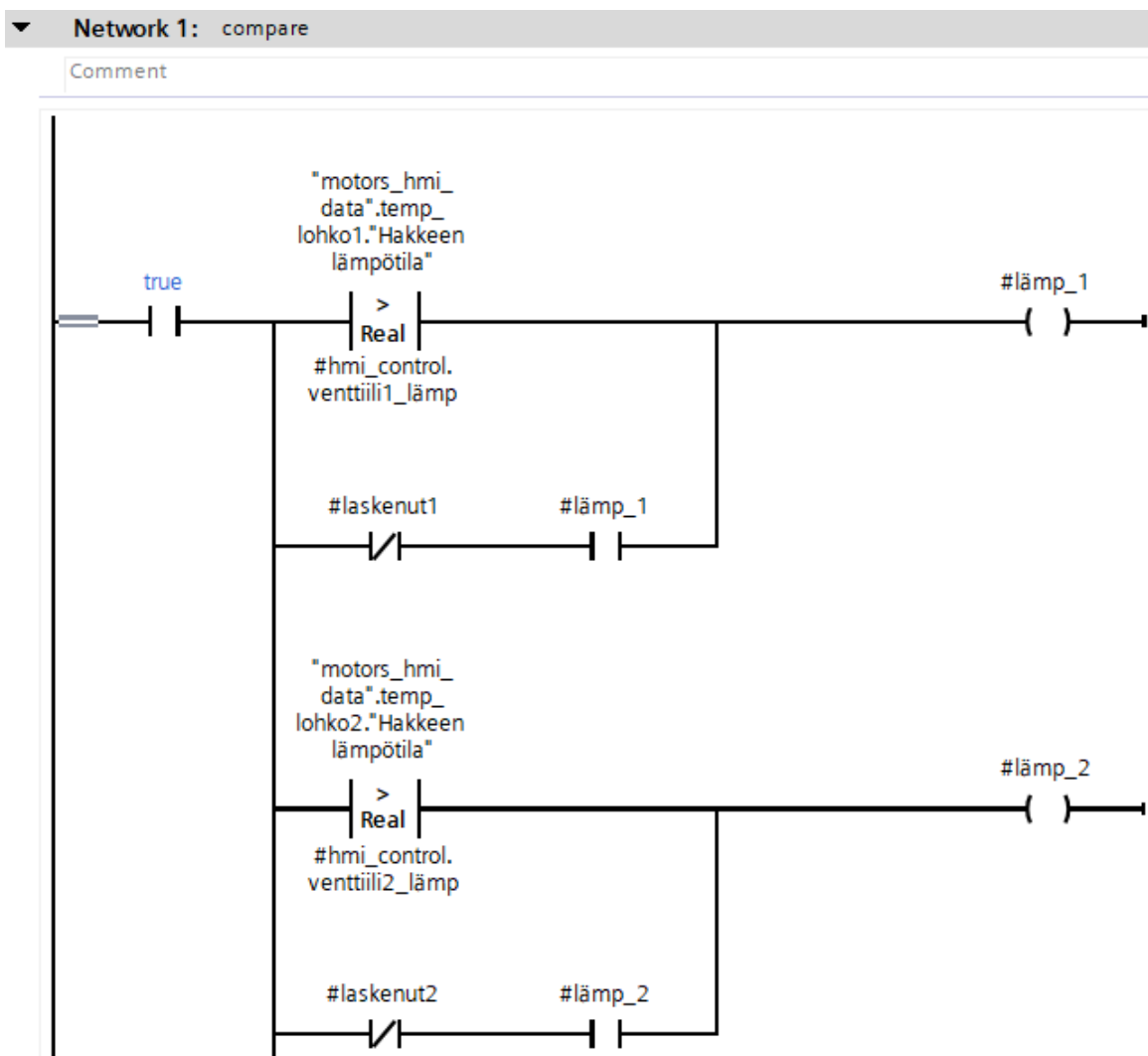
5.7 Magneettiventtiilien ohjaus

Käyttäjä voi itse asettaa lämpötilan, jossa vesisuihku halutaan ohjata lohkoon. Vesisuihkun sykliä voidaan säätää päällä ja pois ajalla. Venttiilien ohjauksena esitetty kuvassa 26. Lohkon saavuttaessa asetettu lämpötila, magneettiventtiilit aukeavat ja sulkeutuvat syklin mukaisesti. Kun lämpötila laskee 5 % asetetusta arvosta, lopettaa se syklin. Sykliin tekoon käytettiin TOF ja TON ajastimia. TOF tulee sanoista Timed Off ja TON Timed On. TOF lohkolle asetetaan ensiksi aika, jonka ajan se on päällä. TON toimii päinvastoin, eli se menee päälle asetetun ajan jälkeen. Ajastimet esitetty kuvissa 28 ja 29.

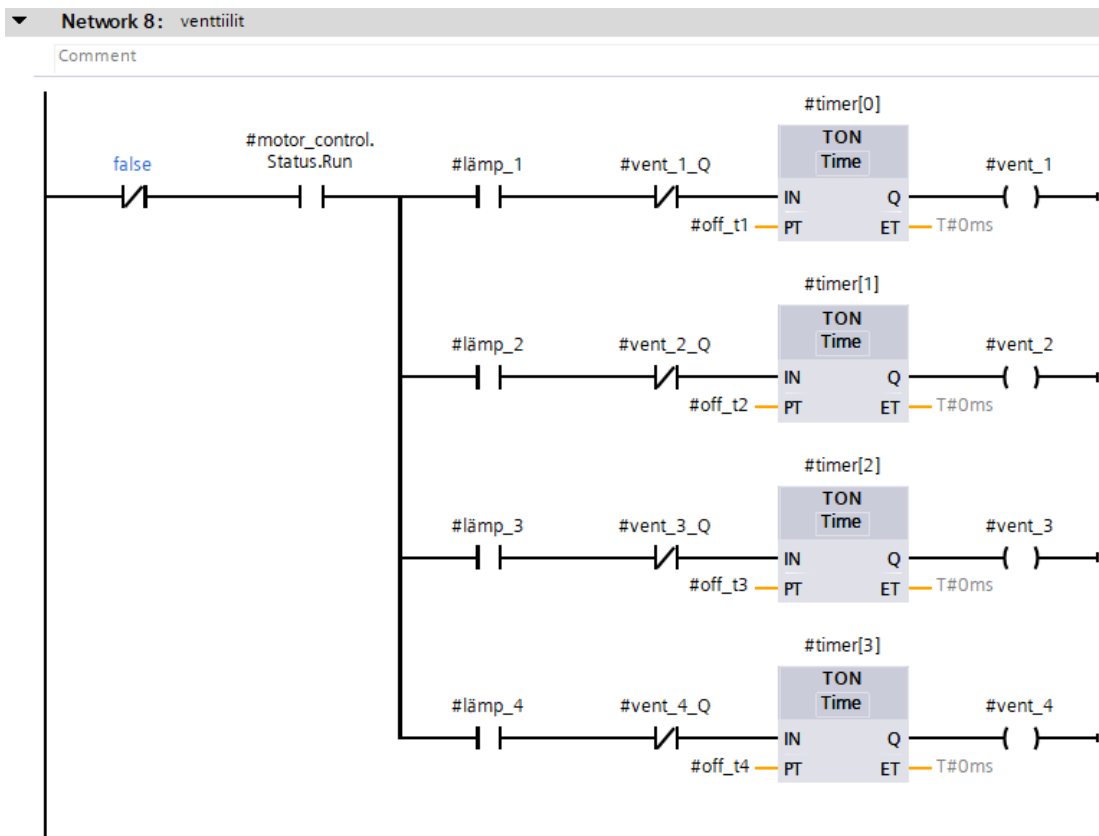
Venttiilien ohjaus			✕
Päällä aika	0 s	PÄÄLLÄ	
Pois aika	0 s	POIS	
Lämpötila	0 °C	Lohko 1	
Päällä aika	0 s	PÄÄLLÄ	
Pois aika	0 s	POIS	
Lämpötila	0 °C	Lohko 2	
Päällä aika	0 s	PÄÄLLÄ	
Pois aika	0 s	POIS	
Lämpötila	0 °C	Lohko 3	
Päällä aika	0 s	PÄÄLLÄ	
Pois aika	0 s	POIS	
Lämpötila	0 °C	Lohko 4	

Kuva 26. Venttiilien ohjaus ikkuna (Neuvonen, 2023.)

Venttiileitä on mahdollista ohjata auki/kiinni myös päällä/pois napeilla. Tämä edellyttää pumpun käynnistämisen käsin. Aluksi verrataan mitattua lämpötilaa, sekä asetettua lämpötilaa venttiilin ohjaus ikkunassa. Kun lämpötila ylittyy, asettaa se lämp_1 päälle. Lämpötilojen vertailu on myös käynnistysehtona pumpun moottorille, jotta jäähdytys toimii automaattisesti. Vertailu on tehty jokaiselle neljälle lämpötilan mittaukselle. Kun lämp_1-4 on päällä, aloittaa se syklin (katso kuva 27). TON lohkon asetetaan aika, jonka venttiili on kiinni. Tämä esitetty kuvassa 28.

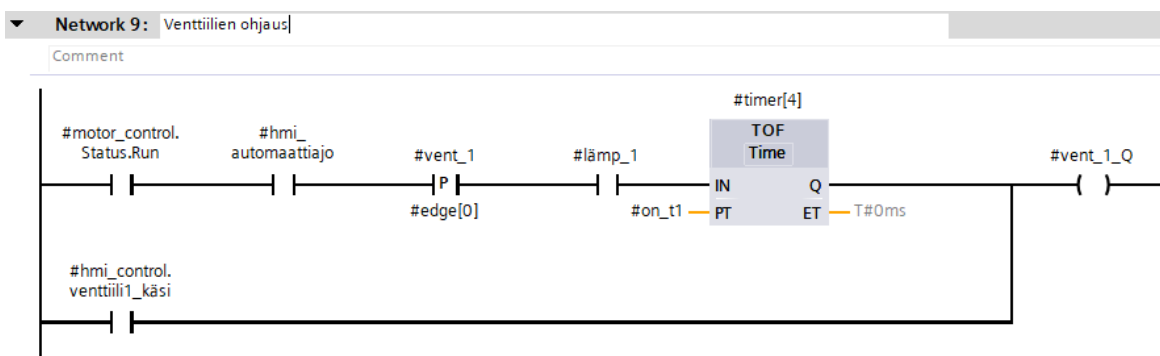


Kuva 27. Lämpötilan vertaus (Neuvonen, 2023.)



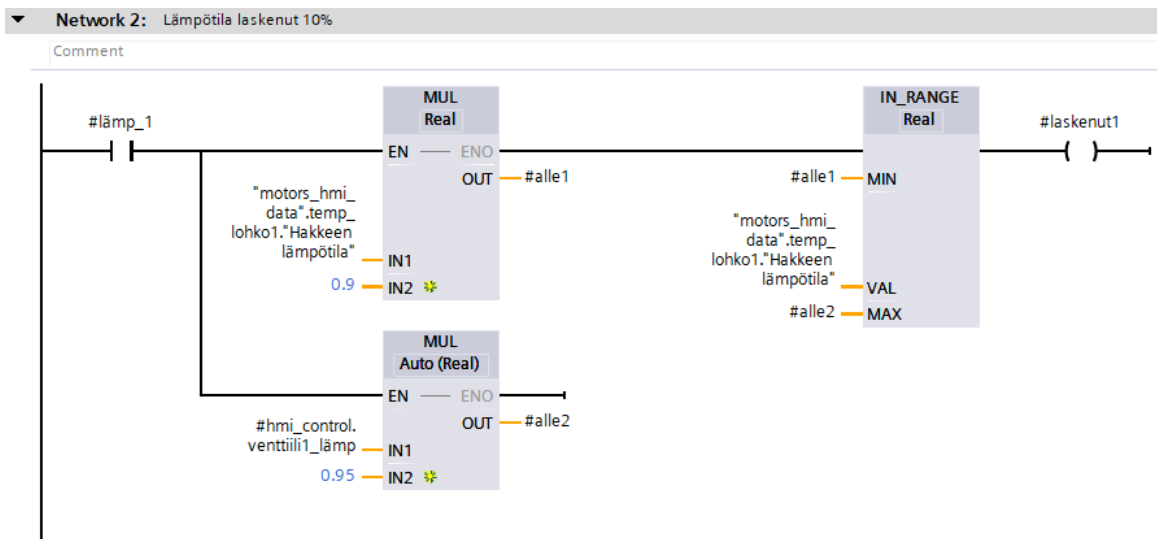
Kuva 28. Venttiili off sykli (Neuvonen, 2023.)

TOF lohkolle asetetaan suihkun pituus ja tämä ohjaa venttiilin auki vent_1_Q kautta. Tämä on suora ohjaus venttiilille. Kun venttiiliä ohjataan, aukeaa kärki ennen TON:ia, joka käynnistää syklin uudelleen (kuva 29).



Kuva 29. Venttiilin ON sykli (Neuvonen, 2023.)

Lopuksi verrataan venttiilin ohjaukseen asetettua- sekä todellista lämpötilaa. Kun lämpötila on laskenut 5-10 %, asettaa se #laskenut1 päälle, joka pysäyttää kuvan 16 lämpötilan noususta johtuvan ohjauksen (kuva 30).

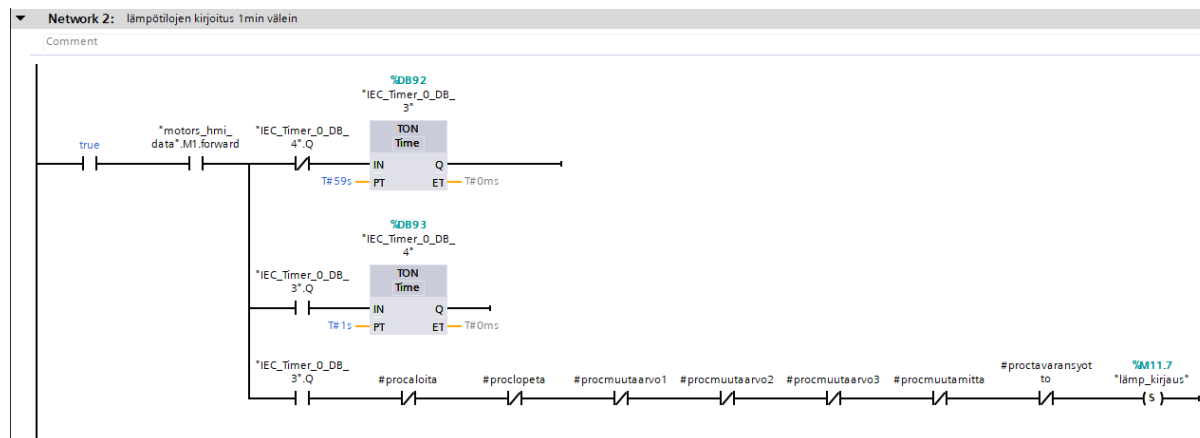


Kuva 30. Lämpötilan muutoksen vertailu (Neuvonen, 2023.)

5.8 Tietokanta

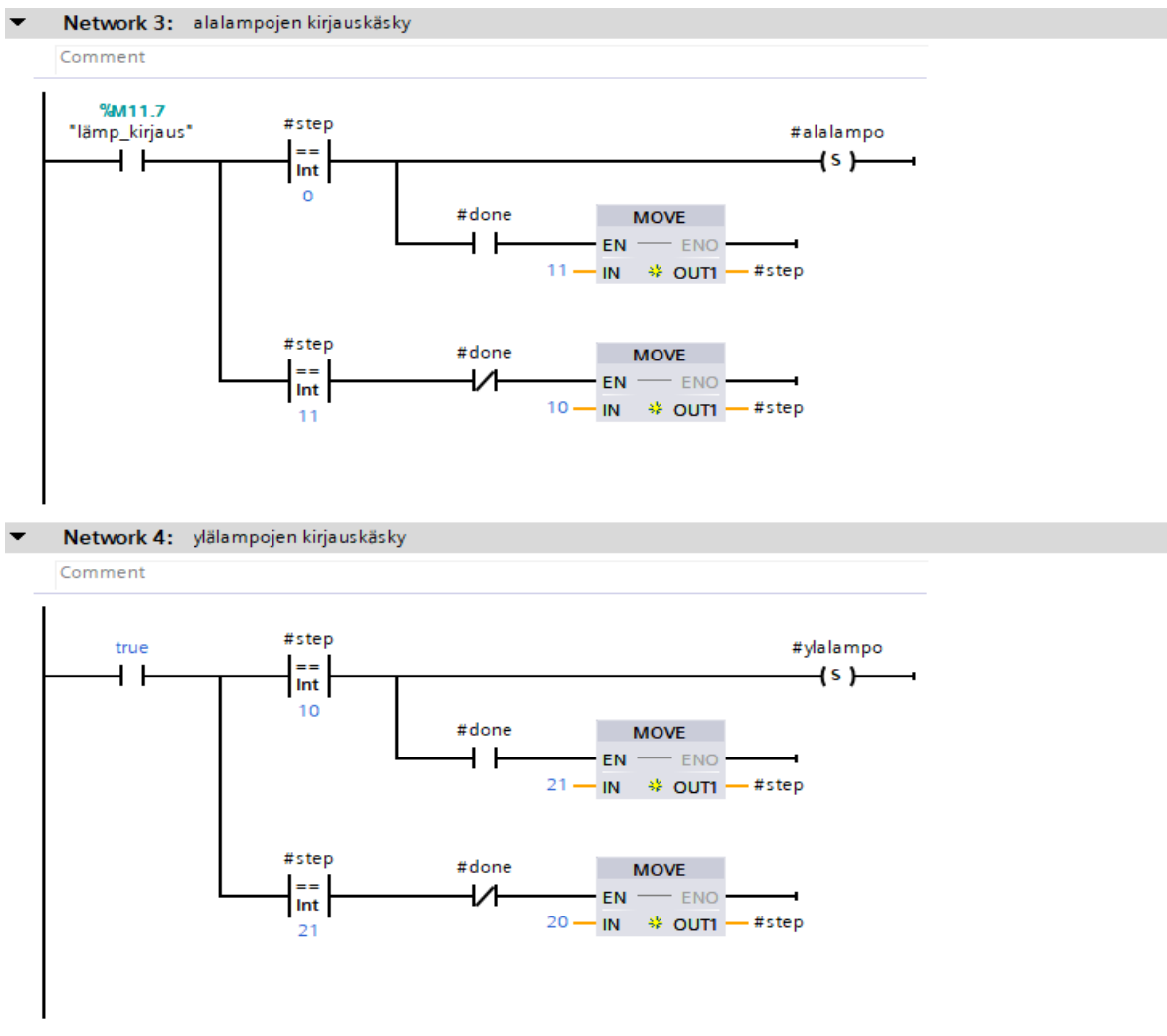
Prosessin vaiheiden seuraamiseksi tehtiin laitteelle tietokanta. Tämä tapahtui Microsoftin SQL serveriä käyttämällä. Ohjelma kirjaa tietokantaan PID ohjaukseen asetetut sekä jokaisen mitatun lämpötilan. Lisäksi kirjataan prosessin aloitus, lopetus, milloin tavaransyöttö aloitettiin sekä patjan paksuus.

Ohjelma luo stringin, jota serveri lukee. Lopuksi se kirjaa tietokantaan kellonajan sekä tapahtuman. Tietokannan luonti ei kuulu tämän työn kokonaisuuteen, vain ohjelmallinen osuus. String on merkkijono, joka vastaa tekstiä. Tämän avulla tietokantaan pystyttiin kirjoittamaan tietyn lohkon arvo esimerkiksi: Lohko 1 lämpötila = 80. Lämpötilat kirjataan minuutin välein. Kirjaukskäsky alkaa, kun lohkon 1 puhallin asetetaan päälle (katso kuva 31). Lisäksi samassa syklistä kirjoitetaan tietokantaan patjan paksuus.



Kuva 31. Lämpötilojen kirjaukskäsky (Neuvonen, 2023.)

Tietokantaan ei voi kirjoittaa kuin yksi string kerrallaan, joten kirjaaminen on toteutettu step käskyllä. Kun ensimmäinen lämpötila on kirjoitettu, asettaa se step käskyn seuraavaan lukuun, jolloin se kirjoittaa seuraavan kohdan tietokantaan. Tämä esitetty seuraavassa kuvassa 32.



Kuva 32. Lämpötilojen kirjaus sykli (Neuvonen, 2023.)

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä suunniteltiin sekä ohjelmoitiin biomassareaktori. Työssä perehdyttiin projektin kulun eri vaiheisiin. Työn tavoitteena oli suunnitella sekä toteuttaa laitteisto, jolla voidaan tuottaa biohiiltä. Laitteisto toimi pilottilaitteena ja se oli kehitystyö. Työssä toteutettiin laitteiston sähkösuunnitelma, logiikka ohjelmisto sekä käyttöönotto sekä testaus. Projektissa oli hyvät esitiedot sekä kommunikointi projektin eri vaiheissa osapuolien välillä, joka mahdollisti projektin saattamisen loppuun. Työ oli sopivan laajuinen ja siitä muodostui hyvä kokonaisuus. Se sisälsi eri osa-alueita automaatio-suunnittelussa, joihin aikaisempaa kokemusta ei vielä löytynyt.

Lopputuloksena saatiin laitteisto, jolla voidaan seurata sekä säätää prosessin kulkua, lämpötiloja sekä nähdä mitä muita aineita prosessissa syntyy. Työn jälkeen valmiuteni toimia yrityksessä suunnittelijana kasvoi suuresti. Työ vahvisti osaamistani kaikilla osa-alueilla, sekä uutta oppia tuli paljon. Erityisesti työn tekeminen alusta loppuun sekä työn laajuus antoi paljon oppia projektien kulusta. Logiikka ohjelmoinnin näkökulmasta laitteessa oli lähes kaikki laitteisto, mitä tulevaisuuden työtehtävissäni tulen tarvitsemaan.

Opinnäytetyö onnistui hyvin omasta mielestäni. Haastavinta työssä oli sähkösuunnittelussa sekä ohjelmoinnissa käytössä olleet ohjelmistot, koska käyttökokemusta ei vielä juuri ollut. Myös ohjelmoinnissa tuli todella paljon uusia asioita, jotka eivät ennestään olleet tuttuja. Taajuusmuuttajien sekä muutenkin käyttöönottoon olisi ollut hyvä tutustua etukäteen, koska käyttöönotossa oli vaikeuksia. Tähän vaikutti myös keskeneräinen ohjelma, jolla käyttöönottoa ei pystynyt aluksi toteuttamaan.

LÄHTEET

Keinänen T & Sumujärvi M. 2019 Automaatiotekniikka. Sanoma Pro. 2.8.2019

SFS-käsikirja 619. Sesko. 15.05.2015

D1-2022 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähköinfo Oy. 11/2022

Bio- ja kiertotalous n.d. Biochar Pilot Reactor (Jatkuvatoiminen termokemiallinen biomassareaktori). Verkkojulkaisu. <https://www.savonia.fi/yrityksille/tutkimus-ja-kehittaminen/tutkimusalat/bio-ja-kiertotalous/bio-ja-kiertotalous-paattyneet-hankkeet/>

Bioenergia. Biohiili. n.d. Verkkojulkaisu.
<https://www.bioenergia.fi/biohiili/>

CMe Solutions Oy. n.d. Tietoja yrityksestä. Verkkojulkaisu. <https://www.cmesolutions.fi/yritys/>

Harju, T & Marttinen, A. 2000. Sääätötekniikan koulutusmateriaali. Automaatioseura verkkopalvelu.
https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/pid_kirja_1-1.pdf Viitattu 29.03.2025

Huurtomaa S & Kokkonen J. 2024. Pyrolyysi mahdollistaa materiaalien kierrätyksen kasvualustoihin. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotyön verkkolehti. Nro 1/2024. Viitattu 04.05.2025. <https://read.xamk.fi/2024/metsa-ymparisto-ja-energia/pyrolyysi-mahdollistaa-materiaalien-kierrätyksen-kasvualustoihin/#:~:text=Pyrolyysi%20eli%20kuivatuslaus%20on%20menetelm%C3%A4,esimerkiksi%20type%C3%A4%20k%C3%A4ytet%C3%A4n%20syrj%C3%A4ytt%C3%A4m%C3%A4n%20happi.>

Incatools. n.d. Description of the PID parameters. Verkkojulkaisu. <https://www.incatools.com/pid-tuning/pid-tuning-parameters/>

Savonia. n.d. Bio- ja kiertotalous. Verkkojulkaisu.
<https://www.savonia.fi/yrityksille/tutkimus-ja-kehittaminen/tutkimusalat/bio-ja-kiertotalous/>

Schneider. n.d. Ladder logic programming and its importance. Verkkojulkaisu.
[https://blog.se.com/industry/machine-and-process-management/2022/08/05/ladder-logic-programming-a-detailed-insight/#:~:text=Ladder%20logic%20programming%20is%20a%20graphical%20programming%20language%20widely%20used,programmable%20logic%20controllers%20\(PLCs\).](https://blog.se.com/industry/machine-and-process-management/2022/08/05/ladder-logic-programming-a-detailed-insight/#:~:text=Ladder%20logic%20programming%20is%20a%20graphical%20programming%20language%20widely%20used,programmable%20logic%20controllers%20(PLCs).)

Sciencedirect. n.d. Function Block Diagram. Verkkojulkaisu. [https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/function-block-diagram#:~:text=A%20Function%20Block%20Diagram%20\(FBD,more%20output%20values%20when%20executed.](https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/function-block-diagram#:~:text=A%20Function%20Block%20Diagram%20(FBD,more%20output%20values%20when%20executed.)

Siemens. n.d. WinCC Unified. Verkkojulkaisu. <https://www.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/wincc-unified.html>