

Jani Räisänen

Lämpökäsittelylaitteiston modernisointi

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

2023



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Jani Räisänen
Työn nimi	Lämpökäsittelylaitteiston modernisointi
Toimeksiantaja	Jartek Invest Oy
Vuosi	2023
Sivut	45 sivua
Työn ohjaaja(t)	Risto Kuitunen

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa lämpökäsittelykamarin automaatiolaitteiston modernisointi, opinnäytetyön toimeksi antaja on Jartek Invest Oy. Jartek Invest on keskittynyt toimittamaan laitteistoja puun lämpökäsittelyyn sekä sahateollisuuden tarpeisiin. Lämpökäsittelykamarin modernisoinnin toimeksianto tuli Jartek Investin asiakasyritykseltä Japanista. Koska kohteessa suoritettava osamodernisointi oli ensimmäinen Jartek Investin historiassa, opinnäytetyön oli tarkoitus toimia myös organisaation oppitapahtumana. Vastaavanlaisia lämpökäsittelykamarin osamodernisointeja on tiedossa vielä tulevaisuudessakin.

Päättötyön alussa perehdytään lämpökäsittelylaitoksen toimintaan, lämpökäsittely prosessiin, sekä lämpökäsittelylaitokseen kokonaisuutena. Käsittelylaitoksen ja kokonaisprosessin tuntemus on erittäin tärkeää toimilaitteiden ohjauksia suunniteltaessa ja säädettäessä. Näiden syvällinen tutkielma on rajattu pois, koska työn pääpaino oli itse lämpökäsittelykamarin modernisoinnissa, PLC laitteiston päivityksessä, sekä päivityskokonaisuuden määrittämisessä.

Päättötyössä verrataan Jartek Investin lämpökäsittelykamarin vakiotoimituksen kokonaisuutta asiakkaalle toimitettavaan kokonaisuuteen, sekä suoritetaan vertailua toimilaitteiden ohjauksen osalta. Päivitystyön suunnittelu ja vertailu suoritetaan kahdessa osassa. Ensimmäinen osa suunnittelusta suoritetaan asiakkaan toimittamien ennakkotietoina perusteella. Toinen vaihe suunnittelusta toteutetaan asiakasyrityksessä tapahtuvan vierailun aikana kerätyn tiedon perusteella. Näiden saatujen ja kerättyjen tietojen perusteella ”räätälöidään” vakiotoimituksena käytettävästä lämpökäsittelykamarin kokonaisuudesta asiakkaan toiveita noudattava päivityskokonaisuus.

Päivitystyössä onnistuttiin lähes odotusten mukaisesti niin aikataulullisen, kuin rahallisen budjetoinnin osalta. Suurimmat haasteet olivat varsinaisen päivityskohteen sijainti Japanissa (välimatka ja aikaero) sekä pienet kulttuurilliset erot maiden välillä. Lämpökäsittelykamarin ohjausjärjestelmän päivitystyön tilannut asiakasyritys oli erittäin tyytyväinen suoritettun päivitystyön lopputulokseen.

Asiasanat: lämpökäsittely, päivitys, PLC, Siemens

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Jani Räisänen
Thesis title	Modernization of thermowood kiln control system
Commissioned by	Jartek Invest
Time	2023
Pages	45 pages
Supervisor	Risto Kuitunen

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to implement the modernization of the automation equipment of a heat treatment chamber. This thesis was commissioned by Jartek Invest Oy. Jartek Invest focuses on supplying equipment for the heat treatment of wood and machinery of the sawmill industry. The order for the modernization of the heat treatment chamber came from Jartek Invest's customer company from Japan. Since the partial modernization to be carried out at the site was the first in Jartek Invest's history, the thesis was also intended to serve as a learning process for the organization. There will be more similar partial modernizations of the heat treatment chamber in the future.

At the beginning of the thesis, the heat treatment plant and its operation and the heat treatment process are discussed. Knowledge of the processing plant and the overall process is very important when planning and adjusting actuator controls. Their in-depth analysis is beyond the scope of this thesis, because the focus of the work was on the modernization of the heat treatment chamber itself, the update of the PLC equipment, and the specification of the update package.

In this thesis, the standard delivery of Jartek Invest's heat treatment chamber is compared with the package to be delivered to the customer, and a comparison is made regarding the control of the actuators. The planning and comparison of the update work will be conducted in two parts. In the first part, planning is carried out based on preliminary information provided by the customer. The second phase of planning is carried out based on the information collected during the visit to the customer's company. Based on this information, the heat treatment chamber unit used as a standard delivery is "customized" into an upgrade unit that complies with the customer's wishes.

The update work was successful and almost in line with expectations, both in terms of scheduling and financial budgeting. The biggest challenges were the location of the actual update destination in Japan (distance and time difference) and small cultural differences between the countries. The company that ordered the update of the heat treatment chamber's control system was very satisfied with the result of the updated work.

Keywords: thermowood, modernization, PLC, Siemens

SISÄLLYS

SANASTO.....	5
1 JOHDANTO	6
2 PUUN LÄMPÖKÄSITTELY	7
2.1 Lämpökäsittelylaitos	9
2.2 Lämmön tuotanto.....	10
2.3 Lämpökäsittelylaitoksen muut kokonaisuudet.....	12
2.4 Lämpökäsittelykamari	13
3 AUTOMAATIOLAITTEISTO	15
3.1 PLC-laitteet ja komponentit.....	17
3.2 Kenttälaitteet.....	18
3.3 Kommunikointi ja verkko	20
3.4 HMI, Human Machine interface	22
3.5 Ohjelmointi.....	24
3.6 Tietokanta ja SQL.....	26
3.7 Laitteistokokonaisuus	28
3.8 OPC UA.....	30
4 LÄHTÖTILANTEEN KARTOITUS.....	31
4.1 Selvitykset kuvien perusteella.....	32
4.2 Kartoitus asiakkaalla.....	33
4.3 Asiakkaan toiveet.....	33
5 LAITEKOKONAISUUDET.....	34
5.1 Ohjelmointi ja sähkösuunnittelu	38
6 PÄIVITYSTYÖ ASIAKKAAN LUONA.....	38
6.1 Asennustyöt.....	39
6.2 Käyttöönotto, testaus ja koulutus	39
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	41
LÄHTEET.....	43

SANASTO

Analog input AI	Analogisena tietona logiikalle tuleva mittaustulos
Analog output AQ	Analogisena tietona logiikalta lähtevä ohjaus
Beckhoff	Ohjelmoitavien logiikoiden ja toimilaitteiden valmistaja
CPU	Central Processing Unit, laitteiston suoritin = mikroprosessori
Digital input DI	Digitaalinen tilatieto (ON / OFF)
Digital output DQ	Digitaalinen ohjaustieto (On / OFF)
Ethercat	Beckhoffin kehittämä kenttäväylätekniikka
Hardware	Tietokoneen tai laitteiston fyysinen laitteisto
HMI	Human Machine interface = Ihmisen ja koneen välinen käyttöliittymä
IO	Input (tuleva) / output (lähtevä) kokonaisuus
PLC	Programmable logic controller = Ohjelmoitava logiikka
Profibus	Kenttäväylästandardin mukainen väylätekniikka
Profinet	Ethernet pohjainen kenttäväylätekniikka
Siemens	Ohjelmoitavien logiikoiden ja toimilaitteiden valmistaja
Software	Tietokoneen tai laitteiston ohjelmisto
SQL kantakone	PC laitteisto, mihin on asennettu SQL serveri ohjelmisto
SQL	Structured query language = Tietokantojen käsittely kieli
SSMS	Microsoftin julkaisema sovellus SQL Server Management Studio
Thermo D	Lämpökäsittelyn laatuluokka D
Thermo S	Lämpökäsittelyn laatuluokka S
VPN	Virtual Private Network, tietokoneen ja laitteiston välille ohjelmalla muodostettu tietoturvallinen ja suojattu etäyhteys

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheenani oli selvittää Jartek Investille lämpökäsittelykamarin automaatiolaitteiston modernisointiin liittyvät laitteiston sekä ohjelmiston muutostarpeet. Muutostyön tarve tuli Jartek Investille heidän asiakkaaltaan Japanista. Asiakkaalla on käytössä lämpökäsittelykamareita kolmella eri tehdaspaikkakunnalla ja kamareita on yhteensä viisi kappaletta. Näistä viidestä kamarista Jartek Invest on toimittanut asiakasyritykselleen kaksi, ja loput kolme kamaria ovat kilpailijan toimittamia. Nämä kolme kilpailijan toimittamaa kamaria on toimitettu asiakkaalle 2010-luvun vaihteessa. Jartek Investin saama selvitys lämpökäsittelykamarin modernisoinnista koskee juuri näistä kolmea kilpailijan toimittamaa kamaria.

Jartek Invest on maailman markkinajohtaja lämpökäsittelykamareiden toimittajana. Jartek Invest on toimittanut useiden vuosikymmenien aikana lämpökäsittelykamareita usealle eri mantereelle. Kamareita on toimitettu tähän mennessä jo reilusti yli 50 kpl. Pitkän ja menestyneen historiansa ansiosta, osaaminen ja tietotaito puun lämpökäsittelyn prosessista on hioutunut huipputasolle. Jartek Invest kehittää koko ajan lämpökäsittelynprosessia ja laitteistojaan vastaamaan kyseisen hetken vaatimuksia. Laitteiston toiminta ja toimintavarmuus, prosessin tehokkuus, ympäristöystävällisyys ja tietenkin viimeisten vuosien aikana suuresti maailman tilanteen takia esiinnoussut energiatehokkuus, ovat elintärkeitä kehityksen kohteita (Jartek 2023).

Puun lämpökäsittelykamareiden lisäksi Jartek Invest toimittaa erilaisia laitteita mekaanisen metsäteollisuuden tarpeisiin, ja toimitukset ovat painottuneet suurimmaksi osaksi sahateollisuutta. Jartek Invest pystyy toimittamaan mekaanisen metsäteollisuuden tarpeisiin laitteiston, aina yksittäisestä toimilaitteesta lähes kokonaiseen sahalaitekseen. Näiden toimintojen lisäksi, yrityksen kokonaisuuteen kuuluu osana Jartek AI, joka tarjoaa automaatiopalveluita mekaanisen metsäteollisuuden toimijoille. Jartek AI kykenee myös toimittamaan automaatiolaitteistoja ja ohjelmistoja aina yksittäisestä laitteesta kokonaiseen sahalaitekseen. Jartek AI:n käytössä on nykyaikaiset ohjelmistot ja sovellukset, joiden avulla pystytään helposti räätälöimään automaation toimintaa asiakkaan toiveiden mukaisesti. Lisäksi Jartek tarjoaa asiakkailleen erilaisia käynnissäpito ja huoltopalveluita. (Jartek 2023.)

Opinnäytetyössäni käydään läpi puun lämpökäsittelyä prosessina, tutustutaan puun lämpökäsittelyn vaatimuksiin sekä perehdytään lämpökäsittelyssä käytettävään laitteistoon ja ohjelmistoon. Puun lämpökäsittelyn prosessin tuntemus on tärkeää laitteistoa suunniteltaessa, koska puun lämpökäsittely on standardoitu ja lämpökäsittelyn puun täytyy täyttää tietyt ehdot, jotta lämpökäsittelyä puuta voidaan myydä lämpökäsittelyn puun nimellä. Näiden ehtojen tuntemus on todella tärkeää ohjaavan PLC (programmable logic controller) -laitteiston suunnittelussa ja ohjelmoinnissa.

Opinnäytetyössäni ei kerrota PLC-laitteiston modernisoinnin toteutuneita kustannuksia ja hintoja, vaan nämä halutaan pitää asiakasyrityksen suunnalta liikesalaisuutena. Samoin asiakas, jolle modernisointi on suunniteltu ja toteutettu, halutaan pitää liikesalaisuutena. Kustannuksia verrataan yleisellä tasolla, pysyttiinkö projektin osalta budjetissa ja missä onnistuttiin sekä missä olisi parannettavaa.

2 PUUN LÄMPÖKÄSITTELY

Puun lämpökäsittelyä on suoritettu maailmanlaajuisesti teollisessa mittakavassa jo viimeisten 20 vuoden ajan, ja lämpökäsittelyn puun käyttö on kasvanut voimakkaasti tänä aikana. Lämpökäsittelyllä parannetaan puun elinkaarren liittyviä ominaisuuksia ilman puuhun lisättäviä kemikaaleja, lisäksi lämpökäsittely puu on muita käsiteltyjä puumateriaaleja helpommin kierrätettävissä, koska puhtaat lämpökäsittelyt puutuotteet eivät sisällä ylimääräisiä kemikaaleja. Lämpökäsittelyllä puulla voidaan korvata myös eksoottisia kovapuulajeja, joita hakataan ja tuotetaan esimerkiksi sademetsissä kasvavista puulajeista.

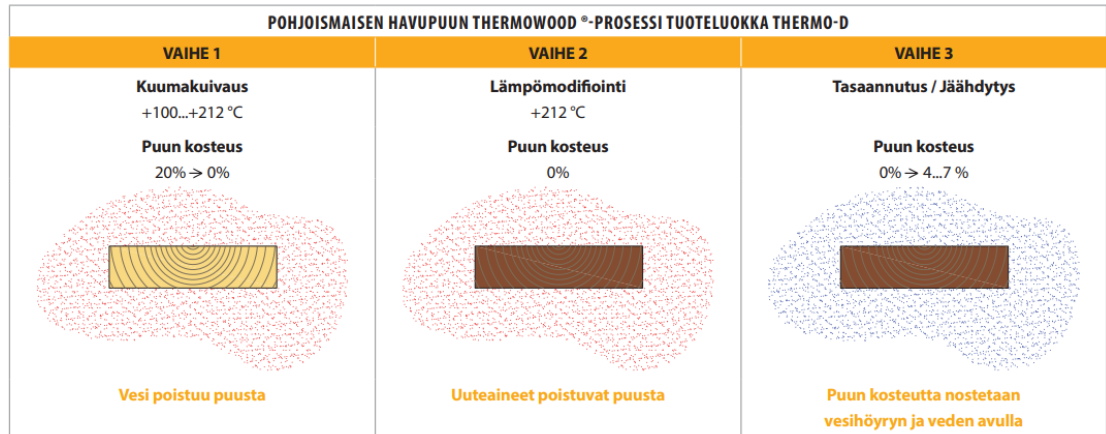
Puun lämpökäsittelyn lämpötilan alarajaksi on määritetty +160 astetta, kyseisen lämpötilan yläpuolella puun ominaisuudet alkavat muuttumaan. Puun lämpökäsittelyssä käytetään hyväksi lämpötilaa ja vesihöyryä. Lämpökäsittelyt tuotteet jaetaan kahteen tuoteluokkaan.

- Thermo S Käsittelylämpötila 190 °C (+/- 3°C)
S = stability (muotopysyvyys)
- Thermo D Käsittelylämpötila 212 °C (+/- 3°C)
D = durability (muotopysyvyyden lisäksi lahon- ja säänkestävyys)

Lämpökäsittelyprosessi voidaan jakaa karkeasti kolmeen vaiheeseen:

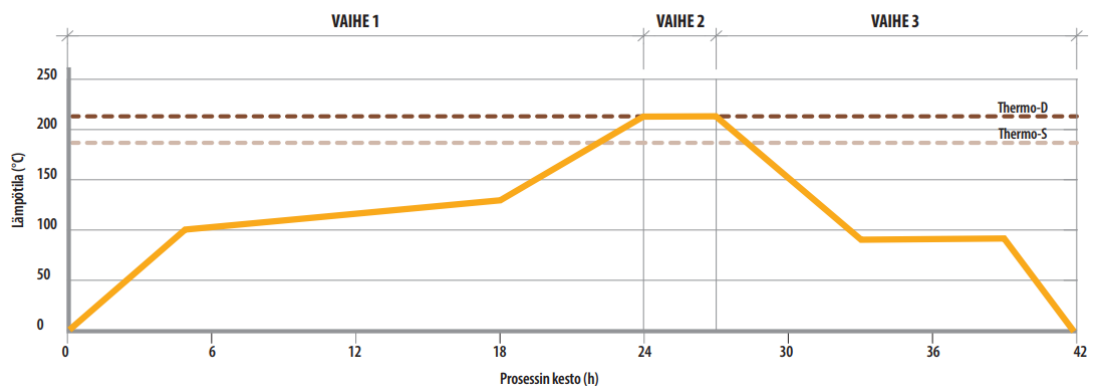
1. Kuumakuivaus
2. Lämpömodifiointi
3. Tasaannutus / jäähdytys

Kuvassa 1 on havainnollistettu pohjoismaisen havupuun Thermo-D-lämpökäsittelyn vaiheet (Lämpöpuuyhdistys 2023).



Kuva 1. Pohjoismaisen havupuun Thermo-D-vaiheet (Lämpöpuuyhdistys 2023)

Käsittelyprosessin aika on riippuvainen käsiteltävän materiaalin raaka-aineesta (havu- / lehtipuu), puutavaran paksuudesta, puutavaran lähtökosteudesta ja muutamista muista tekijöistä. Kuvassa 2 on esitetty esimerkki pohjoismaisen havupuun käsittelyvaiheista suhteutettuna aikaan ja lämpökäsittelykamarin lämpötilaan. (Lämpöpuuyhdistys 2023.)

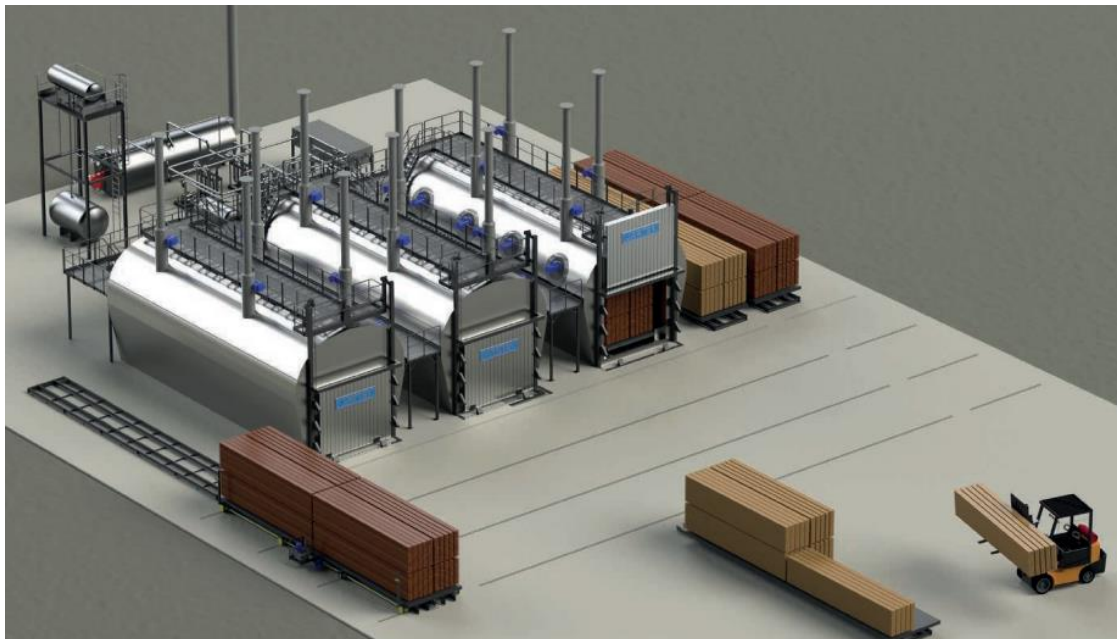


Kuva 2. Esimerkki pohjoismaisen havupuun Thermo-D käsittelyn vaiheista (Lämpöpuuyhdistys 2023)

2.1 Lämpökäsittelylaitos

Lämpökäsittelylaitoskokonaisuus muodostuu yleensä vähintään seuraavista kokonaisuuksista (kuva 3):

1. Lämpökäsittelykamari / -t
Esimerkkikuvassa kamareita 3 kpl
2. Kuormien käsittelylaitteisto
Esimerkkikuvassa traverssi
3. Lämmöntuottolaitteisto
Esimerkkikuvassa kamareiden takana oma kattilalaitos
4. Vedenkäsittelylaitteisto
Ei esimerkkikuvassa



Kuva 3. Esimerkkikokonaisuus lämpökäsittelylaitteistosta

Lämpökäsittelykamareiden koko vaihtelee asiakkaan vuosikapasiteetin tarpeiden mukaan, kamareiden koot vaihtelevat pääsääntöisesti 20 m^3 – 80 m^3 välillä. Kuvassa 4 on esimerkkilaskelmia kamarin koon vaikutuksesta vuosituotannon määrään. Lämpökäsittelykamarin koko ja tuotantolaitoksen kapasiteetti on määritetty asiakkaiden tarpeiden muka (Lämpökäsittely 2023).

Size of load 20 m ³		Size of load 60 m ³	
Width	2400 mm	Width	2400 mm
Height	2400 mm	Height	4000 mm
Length	6000 mm	Length	9000 mm
Slabs	25 mm	Slabs	25 mm
Energy and power		Energy and power	
Heat	500 kW	Heat	1500 kW
Steam	100–300 kg/h	Steam	600–900 kg/h
Electricity	40 kW	Electricity	120 kW
Total capacity	1600–3300 m ³ /y	Total capacity	5000–10000 m ³ /y
(Depends on wood species and dimensions)			

Kuva 4. Esimerkkilaskelmia lämpökäsittelykamarin kapasiteetin vaikutuksesta vuosituotantoon (Lämpökäsittely 2023)

2.2 Lämmön tuotanto

Lämpökäsittelykamareiden tarvitsema lämpöenergia voidaan tuottaa kuvan 3 mukaisesti erillisellä kattilalaitoksella, ja kattilalaitoksen energian lähteenä voidaan käyttää seuraavia:

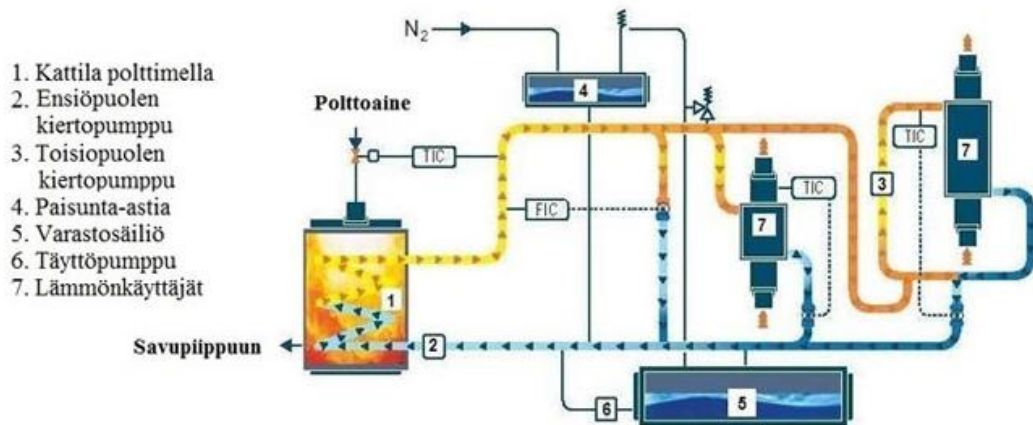
- Hake ja muut puupohjaiset tuotteet
- Öljy
- Maa- ja nestekaasu
- Geoterminen lämpö
- Sähkö.

Itse lämpökattila on suunniteltu yhdelle energiamuodolle, esimerkiksi kaasulle, ja tässä samassa kattilassa ei voida käyttää vaihtoehtoisena energiamuotona haketta. Pienemmillä tuotantolaitoksilla on yleensä käytössä vain yksi energiamuoto. Suurempien tuotantolaitosten energiantuotantoa on optimoitu varustamalla kattilalaitoskokonaisuus useammalla lämpökattilalla, esimerkiksi kaasu-, öljy- ja sähkökattiloilla. Näitä kolmea eri energiamuodon kattilaa optimoidaan ja käytetään aina kyseisen hetken tilanteen vaatimalla tavalla. Halvan pörsisähkön aikana lämpö tuotetaan sähköllä ja taas kalliina hetkinä lämpö tuotetaan kaasulla tai öljyllä riippuen niiden sen hetkisestä hinnasta.

Jos lämpökäsittelylaitoksessa on käytössä erillinen kattilalaitos, voidaan lämpökäsittelykamarin tarvitsema lämmitysenergia johtaa kamarille käyttämällä hyväksi kuumaöljytekniikkaa. Kuumaöljytekniikassa kattilalla tuotetulla läm-

möllä kuumennetaan lämmitysöljyä, joka kierrätetään lämpökäsittelykamareiden pattereissa. Kuumaöljykattilalla pystytään helposti toimimaan 250 °C – 270 °C öljyn lämpötilan välillä. Tämä lämpötila-alue riittää hyvin lämpökäsittelykamarin tarpeisiin, ilman että kuumaöljylinjan painetasoa tarvitsee nostaa kovin korkealla, verraten kattilalaitoksiin, joissa lämmönsiirto suoritetaan veden tai höyryn välityksellä.

Kuvassa 5 on prosessikaavio kuumaöljylaitoksen kokonaisuudesta. Periaate lämpökäsittelylaitosten kattilalaitoksissa on vastaava, kuin esimerkkikuvan Hansa Power Oy:n prosessikaaviossa. Jartekin yhteistyökumppanin toimittamat kuumaöljylaitokset ovat toimintaperiaatteeltaan vastaavia, kattilalaitosta on ajan saatossa modifioitu vastaamaan lämpökäsittelyn tarpeita. Nämä muutokset ja lisäykset kuumaöljylaitokseen ovat liikesalaisuuksia ja kehitetty pitkän yhteistyökumppanuuden aikana. Näiden avulla pystytään parantamaan lämpökäsittelylaitoksen tehokkuutta, energiankulutusta sekä ekologisuutta (Hansa power 2023).



Kuva 5. Kuumaöljylaitoksen prosessikaavio (Hansa Power 2023)

Kuumaöljytekniiikan lisäksi toinen yleisesti käytetty lämpökäsittelykamarin lämmitysmuoto ovat sähköpatterit. Näissä lämpökäsittelykamarin lämmitys toteutetaan kamarissa olevilla sähköpattereilla tai -vastuksilla. Näissä kohteissa ei tuotantolaitoksella ole erillistä lämpövoimalaa tai -kattilaa, vaan lämmitysvastukset ovat sijoitettuna suoraan lämpökäsittelykamarin sisälle (kuva 6).



Kuva 6. Kamarin sisälle sijoitetut lämmitysvastukset

2.3 Lämpökäsittelylaitoksen muut kokonaisuudet

Lämpökäsittelykamarin sekä mahdollisen kuumaöljykattilan lisäksi lämpökäsittelylaitoksen kokonaisuuteen sisältyy tärkeänä toimintona höyryntuotanto. Höyryntuotanto voi olla oma itsenäinen toimilaitteensa tai höyryntuotanto voi olla osa kuumaöljykattilalaitosta. Lämpökäsittelylaitoksessa käytettävän höyrynpaine vaihtelee 3–7 bar välillä, paineasetus riippuu höyryntuotannosta ja laitteistosta.

Höyryntuotannon lisäksi tuotantolaitoksessa voidaan varustaa erillisellä vedenkäsittelyn laitteistolla. Vedenkäsittelylaitteistolla varmistetaan prosessissa käytettävän veden riittävä puhtaus. Vedenkäsittelyssä vedestä poistetaan yleisimmin kalkki, rauta sekä muut epäpuhtauspartikkelit. Vedenkäsittelylaitteisto voidaan varustaa suurella varastosäiliöllä, näin voidaan varmistaa veden riittävyys myös poikkeavissa tilanteissa. Veden riittävyyden varmistaminen prosessin erivaiheissa on erittäin tärkeää, jotta tuotantolaitoksen kokonaisturvallisuus voidaan varmistaa.

Puunlämpökäsittelyprosessin ollessa korkean lämpötilan vaiheessa, puusta irtoavista ainesosista muodostuu prosessikaasuja. Tuotantolaitoksen prosessikaasujen käsittely voi vaatia oman jatkokäsittelylaitteiston. Prosessikaasujen käsittely voidaan suorittaa erillisellä käsittely- ja polttolaitteella tai prosessikaasujen käsittely voidaan integroida osaksi lämpökäsittelyn kokonaisprosessia. Jartek Invest on kehittänyt yhteistyötahojensa kanssa, erittäin kustannus- ja energiatehokkaan prosessikaasujen käsittely menetelmän.

Näiden erilaisten laitteiden ja laitekokonaisuuksien lisäksi asiakkaan tuotantolaitokseen saattavat kuulua erilaiset puutavaran rimoitus- ja paketointilaitteistot, mahdolliset puutavaran jatkojalostuslaitteet (höyläys ja työstö) sekä puutavaran varastot. Usein lämpökäsittelyä suoritetaan tuotantolaitoksissa, joiden yritystoiminta pitää sisällään muutakin puutavaran käsittelyä, kuten sahausta, jatkojalostusta tai muuta puutuotteiden valmistusta.

2.4 Lämpökäsittelykamari

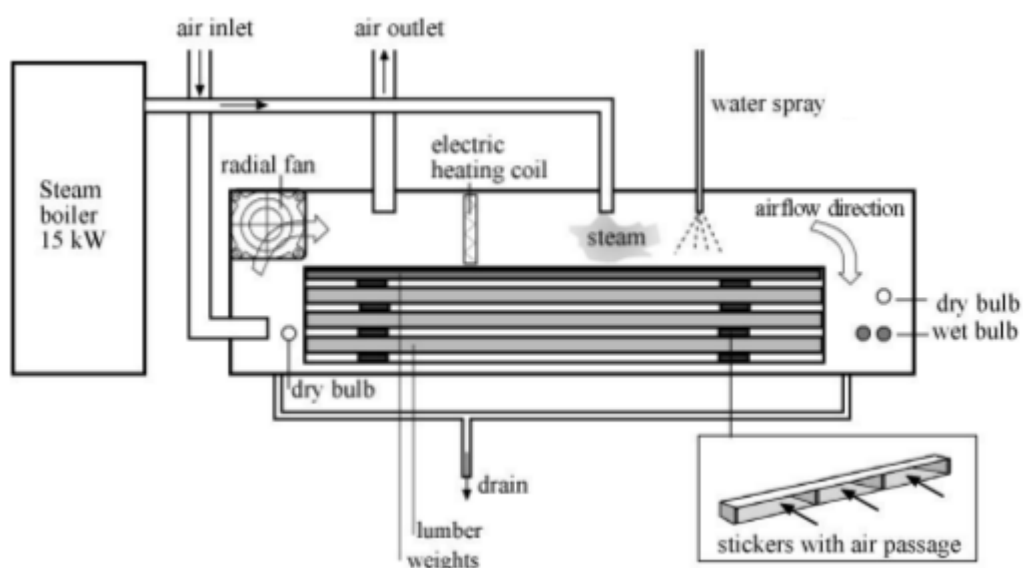
Lämpökäsittelykamari koostuu pääosin seuraavista komponenteista ja toimilaitteista, joita ohjataan ohjelmoitavan logiikan tai muiden säätimien avustuksella:

- Kiertoilmapuhaltimet
- Lämmityspatterit
- Ilman syöttö ja ulos puhallus
- Höyryn syöttö
- Veden sumutus
- Ilman lämpötilan mittaukset, kuiva- ja märkälämpötila
- Puunlämpötilamittaukset
- Puunkosteusmittaukset.

Lämpökäsittelykamarin toimintaperiaate on yksinkertaisuudessaan ja pelkistettynä lämmittää ja kuivata puutavaraa höyryn ja lämmityspattereiden avustuksella käsittelylämpötilaan. Puhaltimien tehtävä on kierrättää ilmaa kamarin sisällä. Lämpökäsittelykamarissa ilma toimii lämmön välittäjänä (lämpöpattereista -> puuhun) sekä poistaa puusta vapautunut kosteus kamarin sisältä (puusta -> ulos). Lämpökäsiteltävä puutavara täytyy olla rimoitettu (kerrosten välissä ilmatila), jotta käsiteltävä puutavara saadaan lämmitettyä ja kuivattua tasaisesti.

Yksi prosessissa käytettävän höyryn tehtävistä on lämpökäsittelykamarin ilman lämmitys ja ilman kostutus. Kamarin ilmassa olevalla kosteudella pyritään estämään puutavaran halkeilu lämpökäsittelyn kuumakuivausvaiheessa. Lämpötiloissa, joissa lähestytään veden kiehumispistettä, voidaan varomattomalla ja liian nopealla puutavaran lämmittämällä pilata käsiteltävä puuaines. Höyryllä on myös erittäin tärkeä prosessiturvallisuuteen vaikuttava tekijä. Kamariin prosessiin käynnin aikana syötetyllä höyryllä syrjäytetään kamarin sisällä oleva happi. Lämpökäsittelyprosessin korkeiden lämpötilojen vaiheissa puusta irtoaa erilaisia palavia yhdisteitä, esimerkiksi tervaa ja häkää. Nämä prosessikaasut saattavat syttyä tai pahimmassa tapauksessa aiheuttavat jopa räjähdysten, jos yhdisteiden seossuhde sekä kamarin lämpötila on epäedullinen. Lämpökäsittelyprosessin aikana kamariin syötettävällä höyryllä on siis erittäin suuri merkitys käsitellyn puutavaran laatuun sekä prosessin kokonaisturvallisuuteen.

Lämpökäsittelykamarista mitattavilla märkä- ja kuivalämpötilamittauksilla säädetään kamarin lämmitys- ja kuivausolosuhteita. Säädoilla pyritään mahdollisimman tehokkaaseen (aika ja energian kulutus) ja laadukkaaseen käsittelyprosessiin ja sitä kautta standardien mukaiseen lopputuotteeseen. Puutavaran lämpökäsittelyprosessissa onkin paljon yhtäläisyyksiä sahatavaran tai viilujen kuivausprosessien kanssa. Puutavaran lämpökäsittely onkin osittain yhdistelmä näitä kahta prosessia. (Johansson 2008.)



Kuva 7. Yleiskuvaus lämpökäsittelykamarin kokonaisuudesta (Johansson 2008)

Lämpötilamittausten lisäksi kamarin sisältä voidaan mitata muitakin prosessisuureita, käyntilämpötiloja sekä paineita. Mittaukset ja säädettävät toimilaitteet määrittävät laitetoimittajan mukaan. Kuvassa 8 on esimerkkikuva Jartek Investin toimittamasta lämpökäsittelykamarista. Tarkkoja toimilaitteiden kuvauksia, mittauskohteita ja säätölaitteita ei voida kertoa, koska nämä ovat pitkän tuotekehityksen ja testauksen tuloksia, ja tiedot halutaan pitää liikesalaisuutena. Pitkän tuotekehityksen ja testauksen avulla Jartek Invest on päässyt markkinajohtajaksi lämpökäsittelykamareiden toimittajana.



Kuva 8. Lämpökäsittelykamari

3 AUTOMAATIOLAITTEISTO

Ohjelmoitavien logiikoiden historia ei ole pitkä, kun se suhteutetaan ihmiskunnan teollistumisen ja teollisuuden kehityksen elinkaareen. Ohjelmoitavien logiikoiden ensimmäisenä kehittäjänä pidetään Richard Morley:a, joka omien töidensä ohessa kehitti ensimmäisen version tuotantolaitoksen järjestelmien ohjaukseen. Kehitystyön tuloksena syntyi ensimmäinen laitekokonaisuus, jota voitiin ohjelmoida ja sen avustuksella pystyttiin ohjamaan erilaisia toimilaitteita. Laitteiston kehityksen yhteydessä syntyi ensimmäinen logiikoiden ohjelmointikieli Ladder = Tikapuukaavio, tämä ohjelmointikieli on vieläkin yleisesti käytössä. Nykypäivänä yleisimmin käytössä olevat ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmointikielet on esitelty kohdassa 4.4 Ohjelmointi.

Morley:n työnantaja oivalsi laitekokonaisuuden mahdollisuudet, ja ensimmäinen tuotannollinen versio ohjelmoitavasta logiikasta julkaistiin 1969 Bedford Associatesin toimesta nimellä Modicon 084. Tämän jälkeen ohjelmoitavien logiikoiden kehitys on ollut erittäin nopeaa. (Erickson 2016, 8–12.)

Ohjelmoitavien logiikoiden tarjonta ja valikoima on nykypäivänä erittäin laaja. Yleisimpiä ja suurimpia valmistajia ovat Siemens, Omron, Beckhoff, Schneider, Mitsubishi. Isojen toimijoiden lisäksi markkinoille on tullut useita ohjelmoitavia ja sulautettuja logiikoita, nämä laitteet ovat kehitetty enemmän koti- ja harrastekäyttöön. Näistä laitteista puuttuvat yleisimmät teollisuusstandardien mukaiset liittymät, joten niiden suora käyttö teollisuuden PLC laitteistoina on haasteellisempaa. Muutamia yleisesti tunnettuja merkkejä ovat Arduino ja Raspberry.

Toimintamalliltaan logiikat ovat pääsääntöisesti yhtäläisiä. Logiikkaan ohjelmoidun ohjelman perusteella logiikka tulkitaan siihen liitettyjä toimilaitteita ja antureita. Mittaustulosten perusteella logiikka ohjaa erilaisia toimilaitteita ohjelmassa säädettyjen ja asetettujen asetusten mukaisesti.

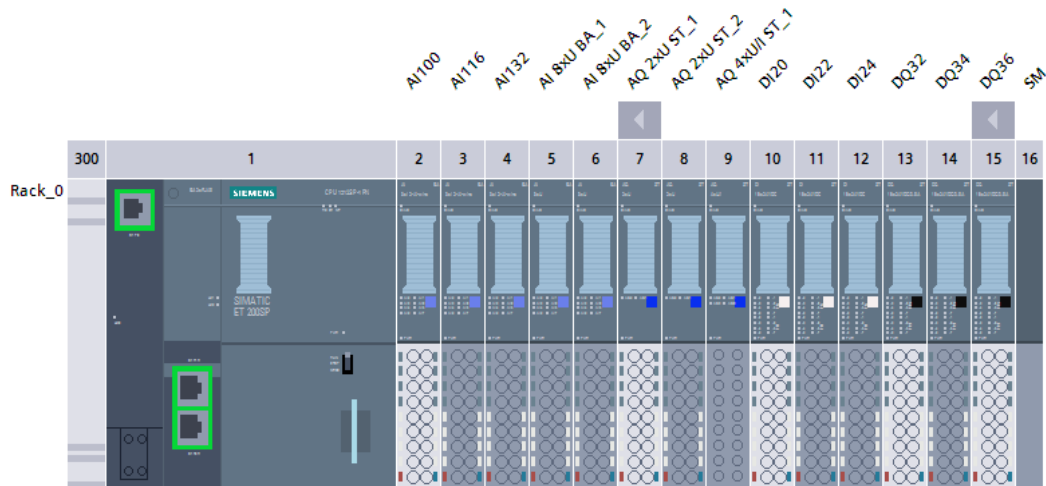


Kuva 9. Siemens 1512F (Industry mall 2023) ja Arduino Uno (Farnell 2023)

Tässä työssä keskitytään suurimmaksi osaksi Siemensin logiikkaan ja sen komponentteihin sekä Beckhoffin PC/HMI-laitteistoon.

3.1 PLC-laitteet ja komponentit

PLC:n fyysinen laitteisto (Hardware) koostuu ohjelmoitavasta keskusyksiköstä (CPU) (kuva 10, osa 1), erilaisista analogisista ja digitaalisista tuloista ja lähdöistä (kuva 10, osat 2–15) sekä mahdollisista laajennusosista. Hardwaren kokonaisuudet ovat helposti laajennettavissa ja räätälöitävissä asiakkaan ja kohteen tarpeiden mukaisesti.



Kuva 10. PLC-laitteiston hardware

Perinteisen PLC-kokonaisuuden (kuva 10) lisäksi ohjelmoitava logiikka kokonaisuus voidaan toteuttaa kuvan 11 mukaisella kokonaisuudella. Tällaisessa kokonaisuudessa logiikkaohjelma on PC-pohjaisessa yksikössä (kuvassa 2 kappaletta, molemmilla sivuilla) ja EtherCAT-väyläkommunikaatiolla yhteen liitettyissä moduuleissa. Näihin moduuleihin pystytään sijoittamaan aina toimilaitteen toimintojen vaatimat tulo- ja lähtökortit, mahdolliset moottoriohjaukset sekä monia muita toimintoja. PC-pohjainen CPU antaa mahdollisuuden tehdä visuaalisia ja helposti muunneltavia HMI-käyttöliittymiä (kuvassa 11 takana oleva näyttö).

EtherCAT on alun perin Beckhoffin kehittämä kenttäväyläteknikka. EtherCAT perustuu perinteiseen Ethernet-verkkorakenteeseen, mutta EtherCAT ja Profinet-verkoilla on joitain toiminnallisia eroja (Beckhoff 2023).

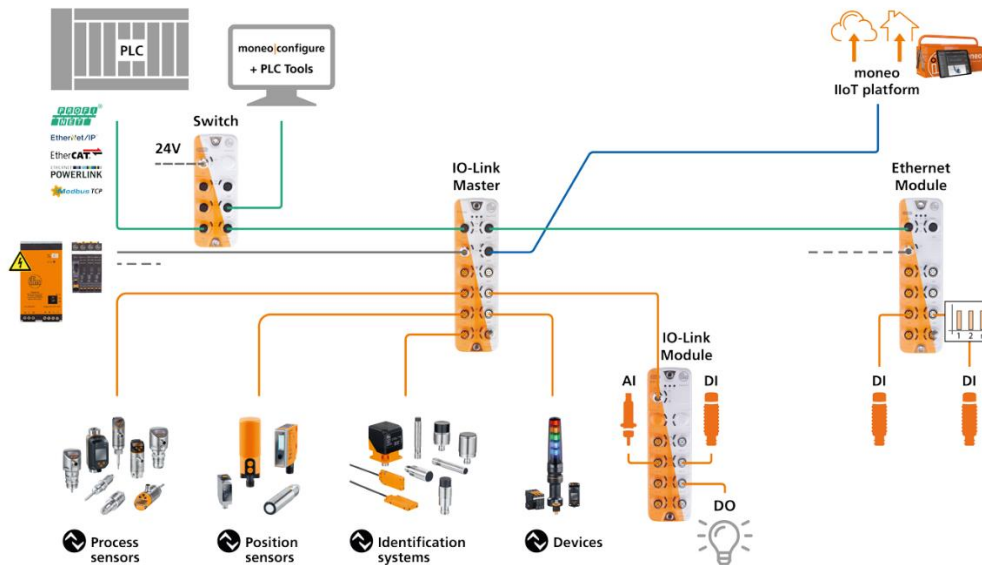


Kuva 11. Beckhoff PLC

3.2 Kenttälaitteet

Kenttälaitteet ovat yleisellä tasolla käsiteltäessä PLC-laitteistoon yhdistetyt mittaus- ja toimilaitteet. Näiden välityksellä PLC-laitteisto saa laitteesta tai prosessista sen toimintaan tarvittavat mittaustulokset ja tiedot. Kenttälaitteiden avulla prosessista voidaan mitata esimerkiksi lämpötila, paine, virtaus, asema tai muita vastaavia laitteissa ja prosesseissa tarvittavia suureita.

Kenttälaitteet voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan, älykkäät kenttälaitteet ja ei-älykkäät kenttälaitteet. Älykkäisiin kenttälaitteisiin luetaan yleisesti ne laitteet, jotka pystyvät kommunikoimaan PLC-laitteiston kanssa kenttäväylän välityksellä. Yksi esimerkki tällaisesta älykkästä kenttäväylälaitteistosta on IFM:n IO-link (IFM 2023). Näiden kenttälaitteiden etuna on muun muassa muunneltavuus, helppo laajennettavuus, mittaustuloksen siirron virheettömyys sekä mittauslaitteiden diagnostiikka. Mittauslaite voidaan ohjelmoida ilmoittamaan viasta PLC-laitteistolle, mikä nopeuttaa vikatilanteiden diagnosoimista sekä laitteistovian selvitystä.



Kuva 12. IFM IO-link

Ei-älykkäisiin kenttälaitteisiin luetaan yleisesti perinteiset mittalaitteet ja anturit. Näitä ovat esimerkiksi lämpötila-, pulssi-, paine- sekä perinteiset kapasitiiviset ja induktiiviset anturit. Näiden antureiden tieto välitetään PLC-laitteistolle aina anturikohtaisesti.

- Digitaalisesti, 1 / 0 tilana
- Analogisena virtatietona, 0–20 mA tai 4–20 mA
- Analogisena jännitetietona, 0–10 V

Analoginen mittaustulos tulkitaan ja muutetaan yleensä PLC-laitteistolla tehtävällä skaalauksella. PLC-laitteistolle tuleva virta- tai jännitetiedon arvo PLC-laitteistolla vaihtelee asteikolla 0–27648. Tämä arvo skaalataan mittauslaitteen mukaiseen toiminta-alueeseen, esimerkiksi kuvassa 14 on skaalattu lämpötila-anturi, jonka mittausalue on 0–300 astetta. Jos mittaustulosarvo ylittää 27648, tulkitaan tämä yleensä virhetilaksi. Tällainen tilanne saattaa johtua mittausalueen ylittävstä mittauksesta tai anturin vioittumisesta.

```

1 "FC5_AnalogueSignalScaling"(i_rAnalogValue := "DryAirTemperatureAI",
2                               i_iMinAnalogValue := 0,
3                               i_iMaxAnalogValue := 27648,
4                               i_iOutMinValue := 0,
5                               i_iOutMaxValue := 300,
6                               o_rScaledValue => "Inputs".DryTemperatureA[0],
7                               o_xError => "Inputs".ScalingErrors.DryTemperatureA[0]);

```

Kuva 13. Analogisen mittaustuloksen skaalaus

Mittausten ja anturointien lisäksi kenttälaitteisiin kuuluvat erilaiset laitteistojen toimilaitteet, näitä ovat esimerkiksi:

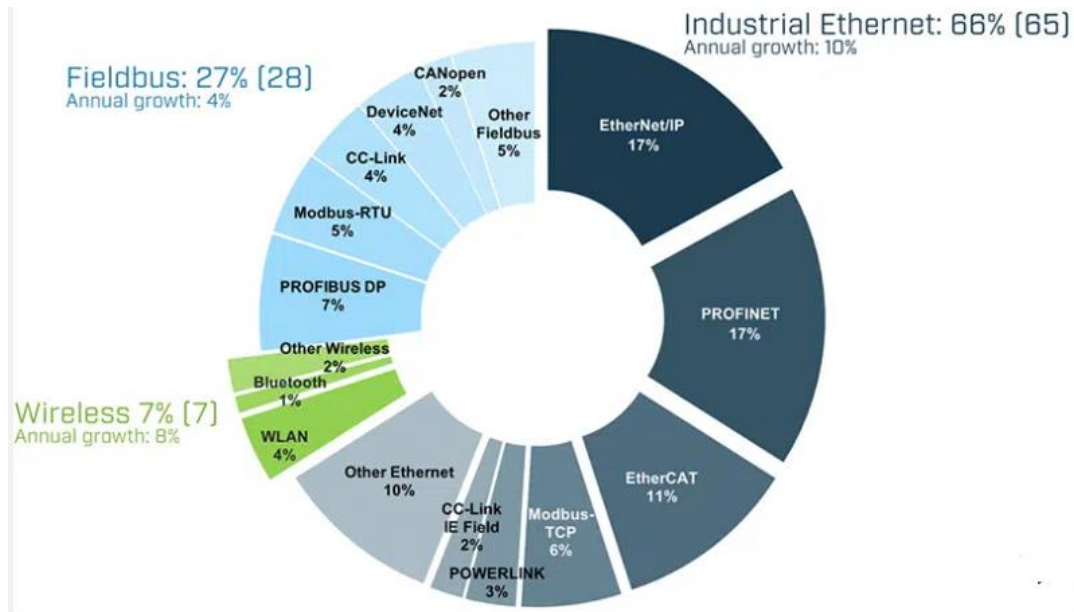
- Virtauksen säätöpellit ja -venttiilit (vesi, ilma, kaasu...)
 - o Pallo- ja läppäventtiilit ovat näistä yleisimmät mallit
- Moottorien ohjauksessa käytettävät taajuusmuuttajat ja pehmokäynnistimet
 - o Esimerkiksi puhallin, pumppu ja kuljettimien ohjaukset
- Servomoottorit
- Pneumaattiset, hydrauliset ja sähköiset sylinterit
- Kamerateit ja tutkat

Näiden toimilaitteiden avulla toteutetaan laitteiston halutut toiminnot. Toimilaitteita ohjataan PLC laitteistoon ohjelmoidulla ohjelmalla. Toimilaitteita voidaan käyttää PLC laitteiston syötettävän mittaustuloksen lähteinä (input). Toimilaite voidaan varustaa erillisellä output lähdöllä tai profinet-väylällä. Näistä muutamia esimerkkejä ovat:

- Kamaroiden avulla voidaan mitata etäisyyksiä, tai kappaleiden kokoa
 - o Mittaustiedon perusteella lajiteltava sahatavarakappale ohjataan oikeaan lajittelulokeroon
 - o Automaattisen kuormasiirtimen paikan määrittäminen, esteiden tunnistaminen kulku-, siirtoreitillä
- Taajuusmuuttajasta saadaan virta- ja momenttitieto, minkä perusteella linjastoa voidaan säätää
 - o Suuren kuormituksen alla linjaston nopeutta voidaan pienentää
 - o Laitteiston energian kulutuksen laskenta

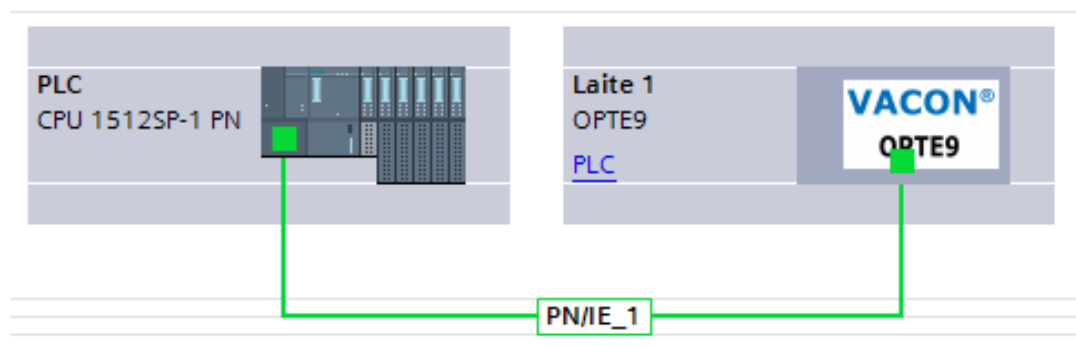
3.3 Kommunikointi ja verkko

Pääsääntöisesti logiikoiden, PC- ja toimilaitteiden välinen kommunikointi suoritetaan tänä päivänä Profinetin, EtherCATin tai muilla teollisuuden räätälöityjen Ethernet-verkojen välityksellä (kuva 13) (KEB Automation 2023).



Kuva 14. Kenttäväylät

Useat lisälaitteet, laitteistojen laajennusosat sekä toimilaitteet tukevat näitä kommunikointeja jo vakiotoimituksina. Esimerkiksi Siemens TIA -ohjelmointityökaluun on ladattavissa erilaisia GSDML-laajennuksia (kuva 15), joiden avulla PLC:n ja toimilaitteen välinen kommunikointi voidaan luoda kätevästi ohjelmointityökalun avustuksella (Siemens GSD 2023).



Kuva 15. Profinet-verkko

Teollisuudessa käytettävä Profinet-verkko vastaa kotitalouksissa yleisesti käytettävää Ethernet-verkkoa, mutta nämä eivät ole kuitenkaan sama asia. Profinet on teollisuuden Ethernet-verkon standardi, sekä Profinet-verkko on erityisesti suunniteltu teollisuuden vaativiin käyttöympäristöihin. Profinet-verkosta

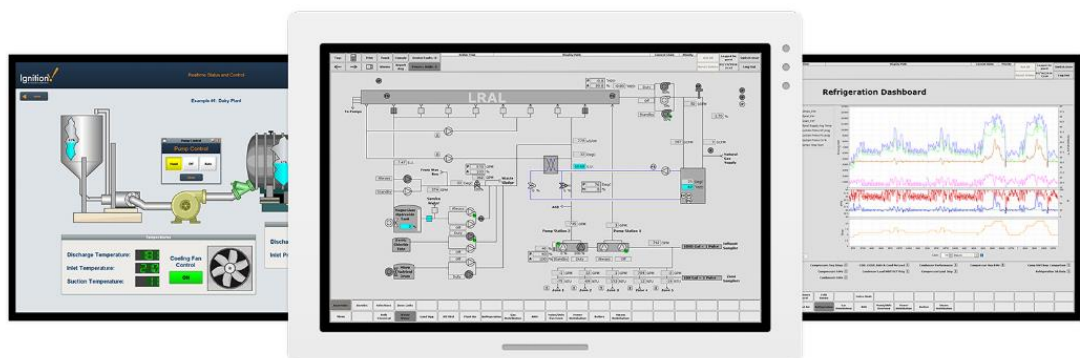
vanhempi kenttäväylästandardi on Profibus. Yksi Profibus-kenttäväylän heikkous on sen hitaus (12Mbit/s), kun esimerkiksi Profinet-kenttäväylä pystyy 1Gbit/s tai 100Mbit/s nopeuksiin (PI North America 2023).

Perinteisten kaapeleiden välityksellä suoritettavan laitteistojen kommunikoinnin rinnalle on tulossa ja kehitteillä erilaisia langattomia ratkaisuja. Langattoman kommunikoinnin ongelmana on yhteyden toimintavarmuus. Toimintavarmuudella ja yhteyden toiminnalla on suuri merkitys, kun kyseessä on turvalaitteiden toiminta. Langattomalla verkkotekniikalla on kuitenkin merkittäviä etuja verrattuna perinteiseen langalliseen tekniikkaan: langaton verkko on paljon joustavampi, laitteiden paikkaa voidaan siirtää ilman kaapelointeja ja se on laajennettavissa.

3.4 HMI, Human Machine interface

HMI = Ihmisen ja koneen välinen käyttöliittymä \approx visuaalinen käyttöliittymä, visuaalisesti toteutetun käyttöliittymän lisäksi HIM voidaan toteuttaa ääni tai tuntoaisteilla havainnoitavaksi. Käyttöliittymän tehtävä on mahdollistaa ihmiselle koneen ja laitteen käyttö. Käyttöliittymä pystyy olemaan osa logiikkaohjelmaa, tai HMI-käyttöliittymänä voidaan toteuttaa PC-laitteistoon suunnitellulla ohjelmistolla. Teollisessa käytössä HMI-käyttöliittymää käytetään yleensä prosessin seuraamiseen ja säätämiseen (kuva 16). Käyttöliittymän kautta voidaan prosessia säätää sekä prosessista voidaan tarkastella esimerkiksi:

- prosessin oloarvoja
- säätämään prosessin asetuksia
- seuraamaan prosessin läpimeno aikoja
- tarkkailemaan tulojen ja lähtöjen tiloja
- tutkimaan prosessin historioita (Inductive Automation 2023).



Kuva 16. HMI-malleja

Jartek Investin lämpökäsittelykamareissa käytetään Beckhoffin TwinCAT HMI -alustalla toimivaa HMI-käyttöliittymää, kuvassa 16 on muutamia malliesimerkkejä Beckhoff TwinCAT HMI -toteutetuista käyttöliittymistä (Beckhoff Twincat 2023). Kuvassa 17 on malliesimerkki Beckhoff Twincat HMI sovelluksella toteutetuista käyttöliittymistä. Käyttöliittymän ohjelmointi on tehty Jartek Group Oy alaisuudessa toimivan Jartek AI:n toimesta. Sama käyttöliittymän tyyppi on käytössä lämpökäsittelyssä sekä sahatavaran käsittelyn toiminnan puolella. Yhtenäisellä käyttöliittymäalustalla pystytään saavuttamaan suuriakin toiminnallisia etuja:

- Ylläpito helpompaa, vain yksi ohjelma hallittavana
- Päivitettävyyys
- Yhtenäinen visuaalinen ilme.

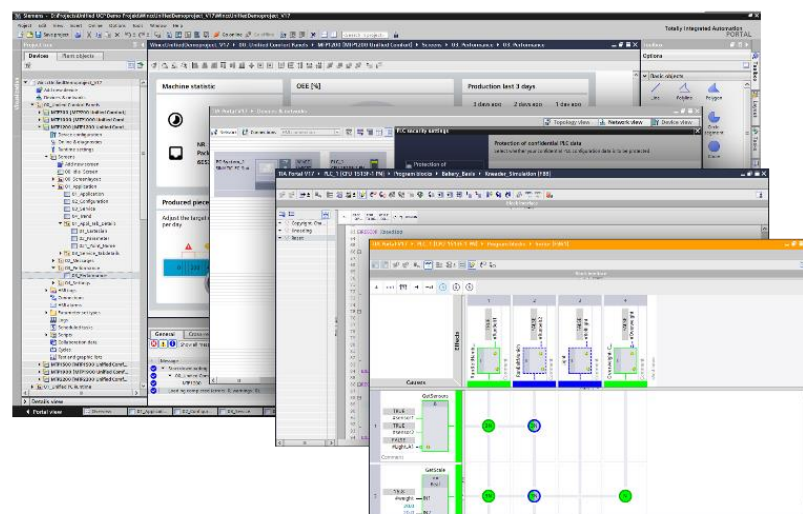


Kuva 17. HMI Beckhoff

Jartek Investin vanhemmissa lämpökäsittelykamareissa käytetään Jartek Investin kehittämää PC-pohjaista käyttöliittymää, joka on kehitetty Jartek Investin toimittamien sahatavarakuivaamoiden ohjaukseen. Jartekin lämpökäsittelykamareissa käytössä oleva PLC-ohjelma on uudistettu joitakin vuosia sitten, samalla päivitettiin lämpökäsittelykamarin käyttöliittymä vastaamaan nykypäivän tarpeita. Uuden lämpökäsittelykamarin PLC-ohjelman sekä uuden käyttöliittymän avulla on pystytty ottamaan käyttöön uusia toiminnan kehittämisessä hyväksi käytettäviä ominaisuuksia ja sekä turvataan käyttöliittymän päivitysmahdollisuus myös tulevaisuudessa.

3.5 Ohjelmointi

PLC-laitteistojen ohjelmointiin käytetään yleensä laitetoimittajan valmistamaa ohjelmaa. Tässä työssä käytettiin Siemensin PLC-laitteistoa, jonka ohjelmointiin käytetään Siemens TIA Portaali -ohjelmointityökalua. Siemens TIA-ohjelmiston peruspaketilla, pystytään suorittamaan jo monenlaisia PLC-laitteistojen ohjelmointeja, kuvassa 18 on esimerkkikuva Siemens TIA ulkonäöstä. Mutta esimerkiksi HMI tai turvalaitteiston ohjelmointi vaativat omat erillisinä hankittavat ohjelmistokomponentit.



Kuva 18. Siemens TIA Portal

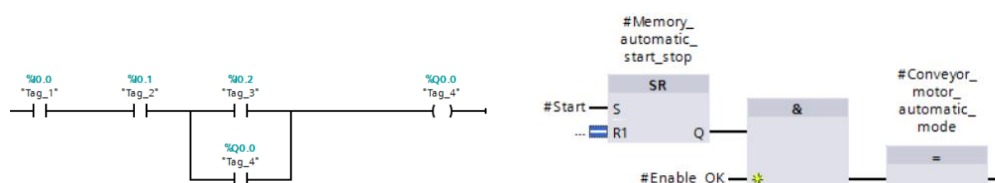
Beckhoff HMI ja PLC-laitteiston ohjelmoinnissa käytetään Twincat 3 -järjestelmää sekä esimerkiksi HMI-ohjelmistokomponentteja. Beckhoffin ohjelmointityökalut poikkeavat monesta suuresta PLC-laitteiston toimittajasta siinä, että ohjelmistot ovat kaikkien saatavilla ja käytettävissä ilmaiseksi. Ohjelmistoa ja PLC-laitteistoa voidaan käyttää 7 vuorokauden testilisensseillä ja vasta ”tuotannollisessa” käytössä laitteistoon vaaditaan virallinen lisenssi. Kuvassa 19 on perusnäkö Beckhoff Twincat 3 ohjelmasta. (Twincat HMI 2023.)



Kuva 14. Beckhoff Twincat 3 (Twincat HMI 2023)

Itse PLC-laitteistojen ohjelmoinnissa ja koodissa on mahdollisuus käyttää monia erilaisia ohjelmointikieliä. PLC-laitteistojen ohjelmointikielet ovat standardeitua maailmanlaajuisesti. PLC-laitteistojen standardit löytyvät International Standard IEC 61131 for programmable logic controllers standardeista, ja standardin IEC 61131 osa 3:ssa määritetään PLC-laitteistojen ohjelmointikielen rakenteet ja sisällöt.

Neljä yleisesti käytössä olevaa ohjelmointikieltä ovat ladder diagram (LAD), function block diagram (FBD), structured text (SCL) ja statement list (STL). Näistä LAD- ja FBD-ohjelmointikielet ovat visuaalisimpia ja perustuvat erilaisten objektien käyttämiseen ja lisäämiseen ohjelmaan, kun taas SCL ja STL ohjelmointikielinä ovat puhtaasti tekstipohjaisia PLC:n ohjelmointikieliä. Alla esimerkkikuvat näistä neljästä erilaisesta ohjelmointikielestä. Siemens TIA -portaalilla pystytään PLC-laitteistoa ohjelmoimaan kaikilla näillä neljällä eri ohjelmointikielellä. Useasti PLC-laitteiston laajempi ohjelma saattaakin pitää sisällään kaikkia näitä neljää ohjelmointikieltä, ja PLC-laitteiston ohjelman eri kohdissa käytetään hyväksi jokaisen ohjelmointikielen hyviä ominaisuuksia.



Kuva 15. Ladder diagram (LAD) ja Function blockdiagram (FBD)

IF...	CASE... OF...	FOR... TO DO...	WHILE... DO...	(*...*)	REGION			RLO	Value
1	(*								
2	The power of SCL								
3	*)								
4	REGION	Some Sample Code							
5	// Statement section	REGION							
6	IF #This THEN								
7	#That := TRUE;								
8	"Something"();								
9	ELSE								
10	"Nothing"();								
11	END_IF;								
12	END_REGION								
13									

1	A	"Motor_1_Enabled"	1	1
2	AN	"Motor_1_EmergencyStop"	0	1
3	JC	n_OK	1	
4	=	"Motor_1_Start"	1	1
5	AN	"Motor_1_SpeedOK"	0	1
6	AN	"Motor_1_BreakesEnabled"	0	0
7	=	"Motor_1_Stop"	0	0
8	JU	End		
9	n_OK: SET			
10	AN	"Motor_1_BreakesEnabled"		
11	=	"Motor_1_Stop"		
12	End: NOP	0		

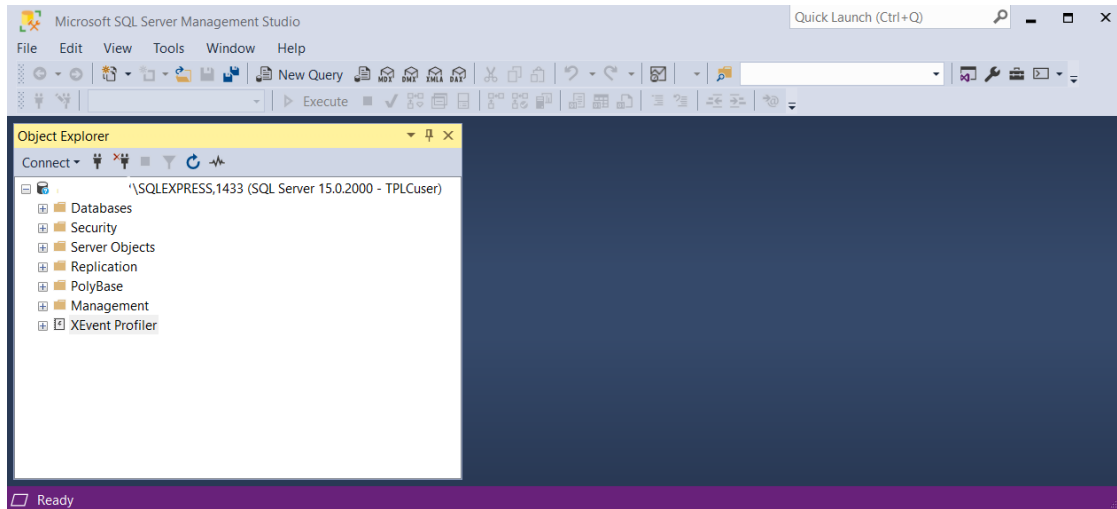
Kuva 21. Structured text (SCL) ja Statement list (STL)

3.6 Tietokanta ja SQL

Tietokanta on tiekoneohjelmapohjainen tietojen tallennusjärjestelmä. Tietokantaan voidaan tallentaa prosessista erilaisia arvoja, tietueita ja tilatietoja. Tietojen tallentaminen prosessiteollisuudessa on todella tärkeää, koska näiden perusteella pystytään prosessista luomaan esimerkiksi historia graafeja, joiden perusteella voidaan myöhemmin tarkastella laitteiston toimivuutta (Microsoft 2023).

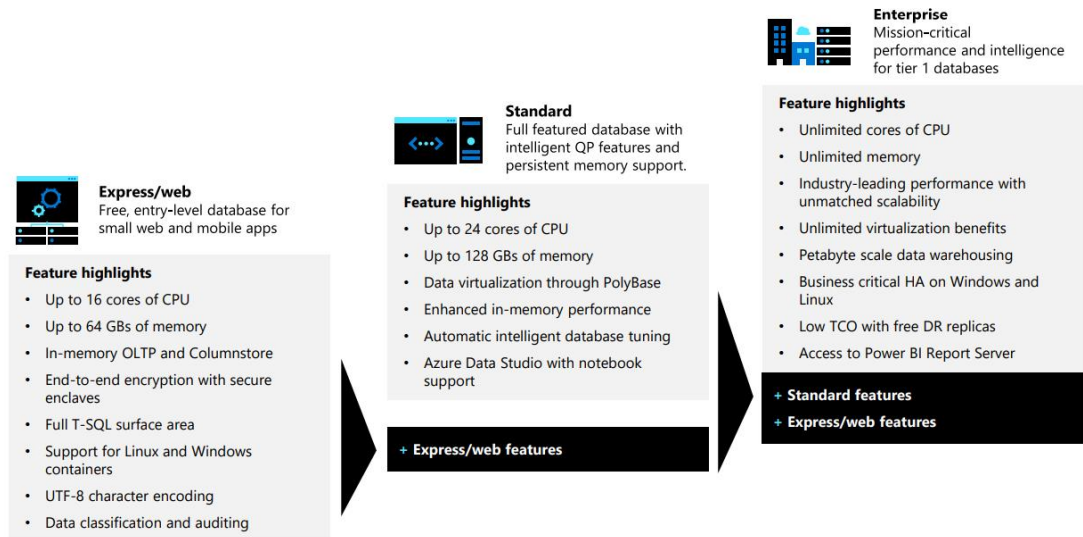
SQL (Structured Query Language) on tietokonekieli, joka on kehitetty IBM:n toimesta 1970-luvulla helpottamaan suurienkin tietokantojen käyttöä. SQL-ohjelman avulla pystytään tietokantaan viemään, hakemaan ja muuttamaan tietokannassa olevia tietoja. Prosessiteollisuudessa saattaa erilaisten prosessien aikana syntyä useita satojatuhansia tietoja ja tietueita, jotka halutaan tallentavan mahdollista myöhempää tarkastelua varten. Tähän tallennustyöhön voidaan käyttää hyväksi SQL-ohjelmointikieltä (Microsoft 2023).

Tässä työssä käytetään Microsoft SQL Server Express -ohjelmaa (SSMS), ja se on Microsoftin kehittämä ohjelmisto, jossa yhdistyvät tietokanta ja SQL. Microsoft SQL Server -ohjelmasta on tarjolla kolme versio tasoa, mutta express-ohjelma pitää sisällään riittävät tietokantaominaisuudet, joilla voidaan toteuttaa lämpökäsittelykamarin tarvitsemat tietokantatallennukset ja hakutoiminnot. Kuvassa 22 on perusnäky SSMS-sovelluksesta (Microsoft SQL 2019).



Kuva 22. Microsoft SQL Server Management Studio

SSMS-ohjelmasta on saatavilla kolme eritasoista versiota. Express / web-tason ohjelmisto pitää jo sisällään laajan sisällön, joiden avulla voidaan toteuttaa jo laajojakin toimintakokonaisuus. Express-version tallennustila on 10GB, tällä tallennustilalla pystytään asiakasyrityksen prosessin historiaa tallentamaan 7–10 vuoteen ajalta, tallennustilan riittävyys riippuen kohteen historian tallennusvälistä ja kohteen kamareiden määrästä. Kuvassa 23 on esitetty muutamia eroavaisuuksia ohjelmapakettien välillä (Microsoft SQL.2019).



Kuva 16. SSMS-ohjelmaversioiden eroja

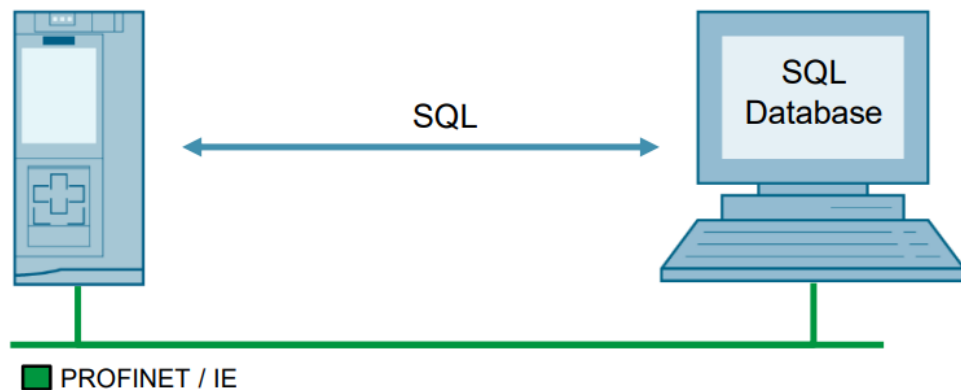
3.7 Laitteistokokonaisuus

Lämpökäsittelykamarin ohjauslaitteisto koostuu pääsääntöisesti kolmesta eri komponentista:

- Lämpökäsittelykamarin ohjaavasta Siemensin PLC-laitteistosta
- Beckhoff PC:stä, jolla käytetään Wintek-käyttöliittymää (HMI)
- Tietokanta PC, jolla operoidaan tietokantaa SSMS-sovellusta käyttäen

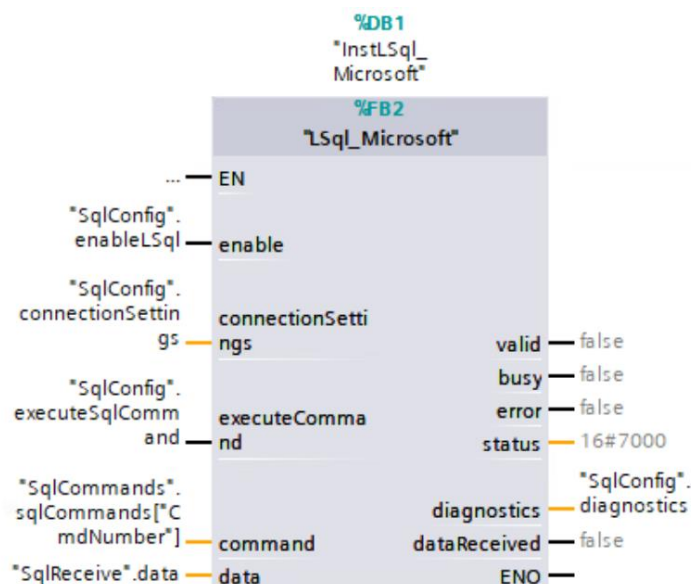
PLC-laitteisto suorittaa toimiessaan toimilaitteiden ohjaukset ja säädöt sekä lähettää SQL-historiakantaan erilaisia mittaus- ja säätöarvoja myöhempää tarkastelua varten.

SIMATIC S7-1500



Kuva 24. PLC <> SQL kommunikointi

Tietojen siirtoon lämpökäsittelykamarin PLC:ltä SQL-tietokantaan suoritetaan Siemens TIA -ohjelmointityökaluun ladattavilla ohjelmablokeilla. Näihin ladattaviin lisäosiin on valmiiksi ohjelmoitu kaikki tärkeät ohjelmakomponentit, joiden avulla PLC:n ja SQL-tietokannan välinen kommunikointi voidaan suorittaa. Perus-FB-blokin kutsua ja sisältöä on lämpökäsittelykamarin PLC-ohjelmassa muokattu vastaamaan käytön tarpeita, esimerkiksi historiadataa kirjoitetaan SQL-kantaan vain prosessin käydessä, mutta lämpökäsittelykamarin toiminnoissa ja toimilaitteissa mahdollisesti olevat häiriöt tallennetaan aina SQL-kantaan. Kantaan tallennuksen lisäksi häiriötiedot esitetään aina heti Wintek-käyttöliittymässä vika- tai häiriöilmoituksena.

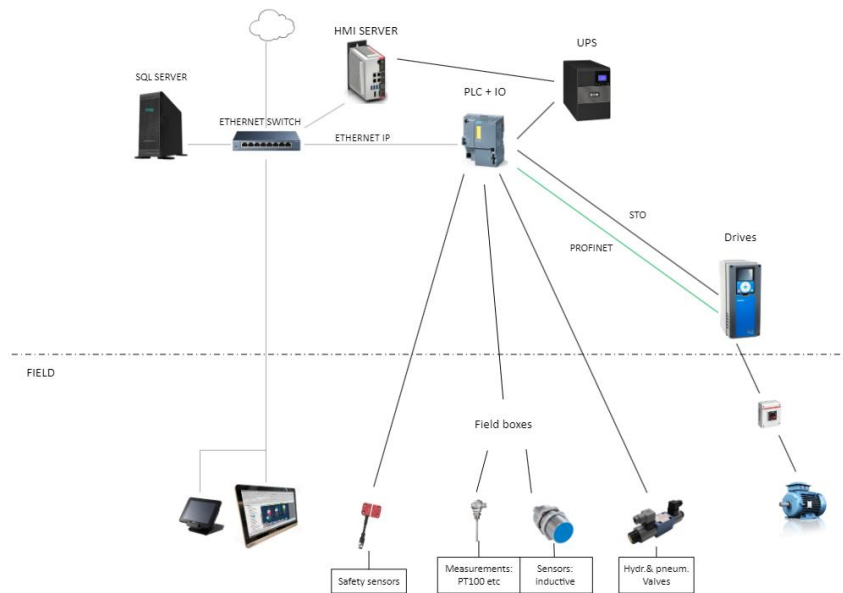


Kuva 175. FB2 LSqL_microsoft block

Wintek-käyttöliittymän (Beckhoff HMI / PC) avulla esitetään PLC-laitteiston keräämiä mittaus- ja säätöarvoja. Käyttöliittymän kautta voidaan tarvittaessa säätää lämpökäsittelykamarin toimilaitteita manuaalisesti. Käyttöliittymän kautta luoda ja muokata puun lämpökäsittelyssä käytettäviä reseptejä ja kaavoja, reseptien avulla säädetään lämpökäsittelyprosessin puulaji- ja dimensiokohtaisia lämpö- ja aika-asetuksia.

Käyttöliittymän kautta operaattorit pystyvät tutkimaan ja havainnoimaan tietokantaan tallennettuja prosessin parametrejä esimerkiksi graafisessa viivadiagrammin muodossa. Visuaalisessa muodossa oleva historiadata on paljon selkeämpi ja nopeampi tulkittava kuin esimerkiksi 10 000 rivin ja 20 sarakkeen Excel-taulukkokokonaisuus.

Näiden kolmen pääkokonaisuuden lisäksi lämpökäsittelykamarin kokonaisuus sisältää erilaisia mittalaitteita, antureita, taajuusmuuttajia, moottoreita, venttiileitä sekä monia muita toimilaitteita. Lämpökäsittelykamarin toiminnan osalta ”sydän” ja ydin muodostuu Siemensin PLC-laitteistosta, Beckhoff PC:n ja SQL-PC:n kokonaisuudesta.



Kuva 26. Laitteistokokonaisuus

3.8 OPC UA

Siemensin PLC:n, Beckhoff PC:n ja SQL-PC:n välinen reaaliaikainen ja toimiva kommunikointi on erittäin tärkeää kokonaisuuden toimivuuden kannalta. Tähän toimilaitteiden väliseen kommunikointiin käytetään OPC-kommunikointia. OPC on kehitetty Microsoftin 1990-luvulla luoman COM- ja DCOM-tiedonjako teknologian pohjalta. Ennen OPC-tiedonjaon kehittämistä laitteistokokonaisuuksissa, joissa käytettiin eri valmistajien PLC-laitteistoja, jouduttiin jokaisella laitteistolla käyttämään omia ajureita ja ohjelmistoja, jotta tietoja voitiin esittää esimerkiksi yhdessä käyttöliittymänäkymässä.

OPC-kommunikoinnin avulla pystytään luomaan helposti ja tietoturvallisesti kommunikointiyhteyksiä eri toimittajien laitteistojen välille, lisäksi OPC-kommunikoinnin avulla pystytään yhdistämään erilaisia alustoja, joilla laitteistoja käytetään ja hallitaan. OPC-kommunikointi on maailmanlaajuisesti standardoitu, mikä helpottaa tämän kommunikoinnin käyttöä esimerkiksi Windows-, Linux- ja Android-alustojen välillä.

4 LÄHTÖTILANTEEN KARTOITUS

Automaatiolaitteiston vaihdon ja kamarin ohjelmiston päivitystyön ensimmäinen vaihe oli alkukartoitus ja alkukartoituksessa selvitettiin ja määritettiin päivitettävän lämpökäsittelykamarin lähtötilanne. Alkukartoituksessa selvitettiin asiakkaan toiveet päivitystyön laajuudesta, sekä tutustuttiin asiakasyritykseen toimitettuihin sähkökuviin ja asiakkaan kohteesta ottamiin valokuviin. Koska kohdeyritys sijaitsi Japanissa, alkukartoitus suoritettiin näiden tietojen perusteella. Lähtötietojen avulla pystyttiin määrittämään ensimmäinen arvion vaihto- ja ohjelmointityöhön käytettävästä ajasta, työstä aiheutuvista kustannuksista, sekä laatimaan alustavaa arviota projektin kokonaisbudjetista.

Jartek Invest on suorittanut aikaisemminkin lämpökäsittelykamareiden modernisointeja. Näiden toteutettujen modernisointien laajuudet ovat olleet tätä päivitystyötä laajempia kokonaisuuksia. Aikaisemmissa modernisoinneissa laitteistoille on suoritettu ”täydellinen” modernisointi, eli modernisoitavaan lämpökäsittelykamariin on vaihdettu uudet toimilaitteet, sekä uusi sähkökeskus. Samalla kokonaisuuteen on pystytty lisäämään mahdollisia puuttuvia toimilaitteita tai mittauksia. Vanhoista kamareista on hyödynnetty vain mekaaniset osat sekä joitakin sähkömoottoreita.

Lähtötilanteen kartoitusta ja toteutuksen suunnittelua varten alkutilanteessa pidettiin suunnittelupalaverin Asko Siparin kanssa. Asko Siparin yritys Select System on toiminut aikaisemmin Jartek Investin alihankkijayrityksenä. Siparilla on tämän yhteistyön kautta laaja kokemus aikaisemmin toteutetuista lämpökäsittelykamareiden sekä puutavarakuivaamoiden modernisoinneista. Siparin kanssa pidetystä palaverista saatiin käyttöön tärkeää pohjatietoa päivitysprojektin kokonaisuuden suunnittelua varten (Sipari 2022).

Alkukartoituksen perusteella lähtötilanne oli suhteellisen selkeä. Asiakkaalta saatujen tietojen perusteella pystyttiin analysoimaan kamarin toimintamallin olevan lähes yhtäläinen, verrattaessa Jartekin toimittamiin lämpökäsittelykamareihin. Alkukartoituksessa havaittiin asiakkaan lämpökäsittelykamarista puuttuvan joitakin Jartekin käyttämiä toimilaitteita, joiden avulla pystytään parantamaan lopputuotteen laatua, nopeuttamaan käsittelyprosessia sekä parantamaan prosessin turvallisuutta. Kävimme asiakkaan kanssa keskusteluja

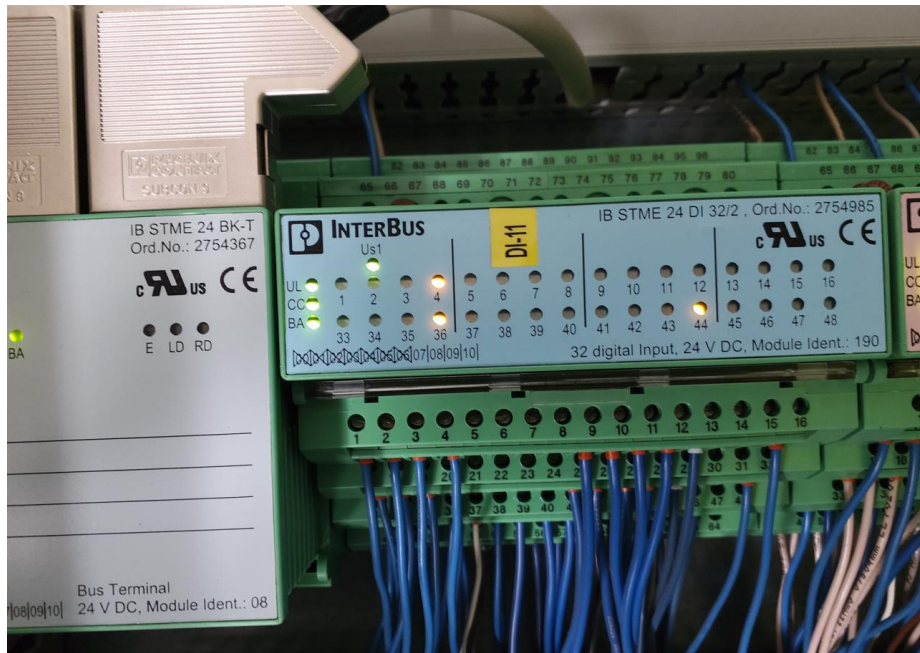
näiden toimilaitteiden puuttumisesta, sekä niiden vaikutuksesta prosessin ja lopputuotteen laatuun.

4.1 Selvitykset kuvien perusteella

Seuraavassa vaiheessa perehdyttiin syvällisemmin asiakasyrityksen toimittamien valokuvien sekä lämpökäsittelykamarin sähkökeskuksen sähkö- ja kytkentäkuviin. Näiden perusteella laadittiin päivitettävän lämpökäsittelylaitteiston IO-listaus. IO-listauksessa käytiin läpi kaikki lämpökäsittelykamarin digitaaliset ja analogiset input- ja output-tiedot. Näiden listausten perusteella saatiin hyvä näkemys päivitettävästä kokonaisuudesta.

Seuraavaksi suoritettiin vertailu, jossa verrattiin päivitettävän lämpökäsittelykamarin IO-listauksia Jartekin toimittamien lämpökäsittelykamareiden vastaaviin IO-listauksiin. Tämän vertailun avulla pystyttiin alustavasti selvittämään ohjelmointityön tarve ja laajuus, sekä suunnittelemaan mahdolliset muutostarpeet PLC-laitteiston Hardware-kokonaisuuteen.

Päivitettävä kokonaisuus on toteutettu aikanaan Pheonix Interbus -PLC-laitteistolla sekä siihen liitetyllä PC-ohjauksella. Pheonix Interbus on Pheonix:n 1980-luvulla kehittämä kenttäväyläteknikka. Tämä kokonaisuus tulisi pois-tamaan käytöstä kokonaisuudessa, koska näitä komponentteja ei voida hyödyntää Siemensin PLC-laitteistolla toteutettavassa kokonaisuudessa. (Pheonix 2023.)



Kuva 27. Phoenix Interbus

4.2 Kartoitus asiakkaalla

Seuraava suurempi päivitystyön konkreettinen vaihe oli asiakkaan luona suoritettava kartoituskäynti. Tässä vaiheessa päästiin tutustumaan päivitettävään laitteistoon ja kokonaisuuteen toden teolla. Asiakaskäynnin aikana kuvattiin ja dokumentoitiin kaikki mahdolliset toimilaitteet, johdot, PLC-laitteistot, riviliittimet ja vanha PC-pohjainen ohjausjärjestelmän. Käynnin aikana asiakasta haastateltiin, jotta heidän toiveensa päivitystyön laajuudesta saataisiin kartoitettua.

Asiakkaan luona tapahtunut kartoitus oli todella tarpeellinen kokonaisuuden onnistumisen kannalta, ilman tätä kartoituskäyntiä olisi aikataulutukset epäonnistunut ja sitä kautta rahallinen budjetointi ei olisi onnistunut suunnitellusti.

4.3 Asiakkaan toiveet

Asiakasyrityksen toiveena oli, että päivitystyö tehtäisiin pienin toimilaitemuutoksien, sekä mahdollisimman lyhyellä tuotannollisella katkosajalla ja tietenkin mahdollisimman pienin kustannuksin. Päivitettäväksi valitun lämpökäsittelykamarin toimivuuden kanssa oli asiakkaalla ollut ongelmia. Lisäksi asiakkaalla oli tuotannollisia haasteita, joten paineet päivitystyön onnistuneelle toteutukselle

olivat suuret. Tuotannollisten haasteiden ja lämpökäsittelykamarin toimintaongelmien vuoksi, päivitystyön aikataulun toivottiin olevan mahdollisimman nopea.

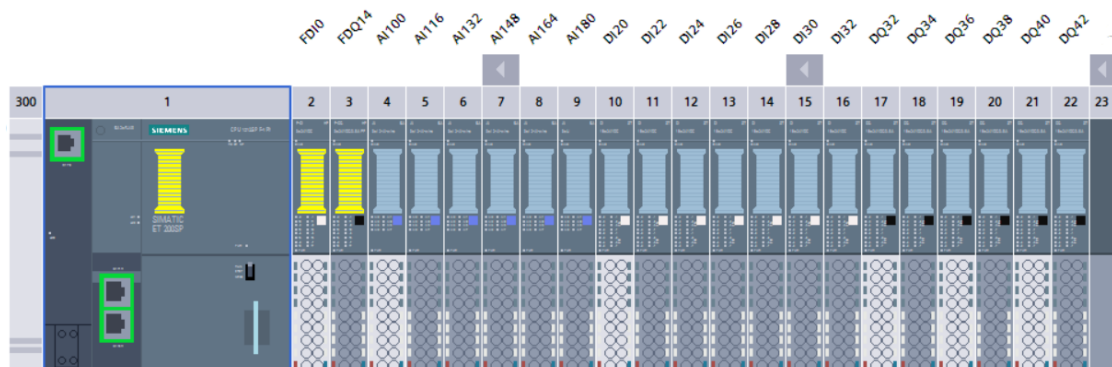
Asiakkaan kanssa käytyjen keskustelujen perusteella päädyttiin kokonaisuuteen, jossa lämpökäsittelykamarin vanhat toimilaitteet pyrittiin pitämään käytössä ja hyödyntämään mahdollisuuksien mukaan. Suuriin toimilaitteiden lisäyksiin ja muutoksiin ei päädytty, vaan laitteisto pyrittiin pitämään alkuperäisen mukaisena. Yhden toimilaitteen lisäyksen asiakas hyväksyi keskustelujen perusteella, ja tämä toimilaite lisättiin päivitettävään kokonaisuuteen. Tämän toimilaitteen lisäyksellä, pystytään parantamaan lopputuotteen laatua sekä lämpökäsittelyprosessin kokonaiskestoa saadaan lyhennettyä.

5 LAITEKOKONAISSUUDET

Jartek Investin lämpökäsittelykamareissa käyttämä Hardware-kokonaisuus koostuu Siemensin CPU 1512SP F-1 PN -ohjelmoitavasta logiikasta ja siihen liitettävistä analogisista ja digitaalisista input- ja output-korteista. Uudet lämpökäsittelykamarit on varustettu turvaominaisuuksilla, joten käyttöön on valittu lojiikkakokonaisuus, joka tukee turvakomponentteja.

Normaali lämpökäsittelykamarin PLC Hardware seuraavista komponenteista:

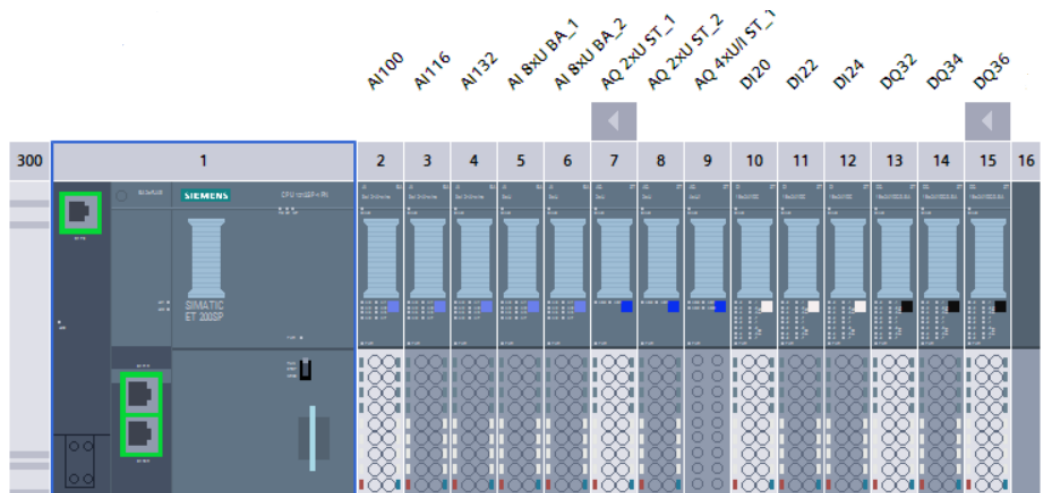
- 1 kpl CPU 1512SP F-1 PN
- 1–2 kpl digitaalinen input (Safety)
- 2 kpl digitaalinen output (Safety)
- 5 kpl analoginen input
- 7 kpl digitaalinen input
- 6 kpl digitaalinen output



Kuva 28. Lämpökäsittelykamarin hardware

Kartoituskäynnin, sekä hardware- sekä ohjelmasuunnittelun jälkeen päädyttiin tämän päivityskohteen osalta seuraavaan hardware laitekokonaisuutta:

- CPU 1512SP-1 PN
- 4 kpl analoginen input
- 2 kpl analoginen output
- 3 kpl digitaalinen input
- 3 kpl digitaalinen output



Kuva 29. Päivityskokonaisuuden hardware

Päivityskokonaisuudessa pystyttiin hyödyntämään Siemensin perusmallin logiikkaa, koska päivitettävän lämpökäsittelykamarin toimilaitteet ja toiminnot eivät vaatineet turvalogiikan ja turvaohjelman käyttöä. Pystyimme poistamaan Hardware-kokonaisuudesta useita input- ja output-ohjainkorttia, koska päivitettävässä lämpökäsittelykamarissa oli normaalia toimitusta vähemmän ohjattavia toimilaitteita ja mittauksia.

Osa vakioitoimituksen toimilaitteiden ohjauksesta toteutetaan PLC:n ja toimilaitteen välisellä Profinet-kommunikoinnilla tai toimilaitetta ohjataan releillä toteutettavalla pulssiohjauksella. Pulssiohjauksessa toimilaitetta ohjataan auki / kiinni releiden avulla tapahtuvilla pulsseilla haluttuun suuntaan. Pulssien tiheydellä ja pulssiajalla toimilaitte saadaan reagoimaan nopeammin. Tämän lisäksi esimerkiksi venttiilistä voidaan saada analoginen takaisinkytkentä PLC-laitteistolle, minkä avulla pystytään määrittämään toimilaitteen asematieto.

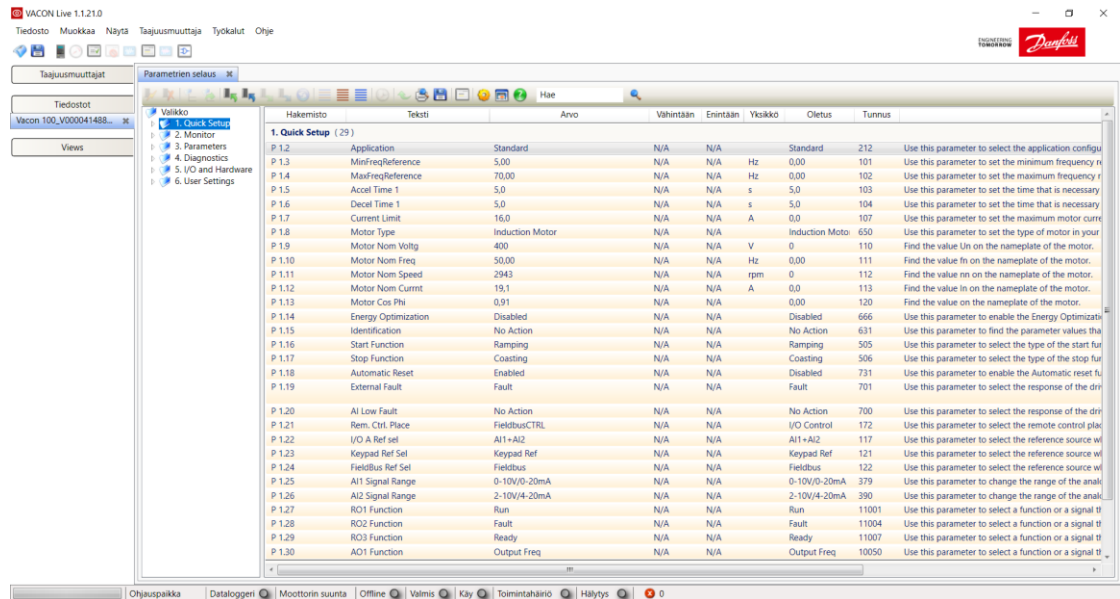
Kuvassa 30 on esitetty kaksi erilaista ilmanohjainpellin toimilaitetta, joiden toiminta-ajatukset ovat erilaiset. Vasemmanpuoleinen toimilaitte on "yksinkertaisempi", tässä toimilaitteen ohjaus toteutetaan toimilaitteelle siirrettävällä virta-

tai jännitetiedolla. Toimilaitteesta ei välttämättä ole takaisinkytkentää, minkä avulla pystytään varmistamaan toimilaitteen asematieto. Toimilaitteen asematiedon määrittäminen perustuu olettamukseen, eli oletetaan toimilaitteen saavuttaneen sille toimitetun säätöarvon. Oikeanpuoleinen toimilaitte on varustettu input- ja output-kytkennöillä. Toimilaitteelle voidaan viedä asetusarvo virta- ja jännitetietona tai toimilaitteen moottoria voidaan ohjata kiinni / auki-pulsseilla. Näiden lisäksi toimilaitteesta on PLC-laitteeseen takaisinkytkentä, jonka avulla pystytään määrittämään toimilaitteen asematieto. Näiden tietojen avulla voidaan valvoa toimilaitteen toimintaa tarkemmin, eikä esimerkiksi toimilaitteen asema perustu olettamukseen.



Kuva 30. Toimilaitteen ohjaus

Profinet-ohjauksen hyviä ominaisuuksia ovat suuremman informaation käsittely ja väylän välityksellä toimilaitteelta voidaan lukea tila- ja virhetietoja. Taajuusmuuttajaohjaukselta moottorista voidaan väylän välityksellä seurata erilaisia kulutustietoja, esimerkiksi moottorin teho ja virran kulutus. Lisäksi väylän välityksellä operoitavia toimilaitteita voidaan helpommin monitoroida ja säätää etäkäytön välityksellä. Esimerkiksi Vacon 100 -sarjan taajuusmuuttajien ohjelmointi, monitorointi ja etäkäyttö voidaan suorittaa Danfoss Vacon Live -sovelluksella.



Kuva 31. Danfoss Vacon Live

Kamarin toimilaitteiden ohjaukset oli toteutettu analogisilla virta- ja jänniteohjauksilla. Koska asiakkaan toive oli kustannustehokas toteutus, päädyttiin toimilaitteiden ohjauksen toteutuksessa tähän samaan toteutukseen. Näin pysytettiin pienentämään keskukseseen asennettavien uusien komponenttien määrää.

Lämpökäsittelykamarin Wintek-ohjausjärjestelmään jouduttiin tekemään vähän päivitystyötä, jotta ohjausjärjestelmä saataisiin vastaamaan asiakaskohteen tarpeita. Ohjausjärjestelmästä poistettiin käytöstä joitakin vakiotoimituksen ominaisuuksia sekä operaattoreille näytettäviä mittaustuloksia muokattiin, koska kaikkia vakiotoimituksen mittauksia ja toimilaitteita ei ollut käytössä. Asiakkaalle ei haluttu jättää näkyviin turhia tietoja nollariveinä, jotka saattavat sekoittaa ja hankaloittaa kamarin toiminnan tulkintaa.

Beckhoffin PC:llä toteutetun uuden lämpökäsittelykamarin ohjausjärjestelmän näkymien muokkaaminen on suhteellisen helppoa. Normaalisti pyritään välttämään näitä ”poikkeavia” ja räätälöityjä toimituksia. Mitä yhtäläisempiä kamarien PLC-ohjelmat ja ohjausjärjestelmät ovat, sitä helpompaa ja nopeampaa on ohjelmien ylläpito, päivitys ja mahdollisten vikatilanteiden selvittäminen.

5.1 Ohjelmointi ja sähkösuunnittelu

Ennen varsinaista asiakkaan luona tapahtuvaa päivitystyötä suoritettiin lämpökäsittelykamarin vakiotoimituksessa käytettävään PLC-ohjelmaan muutokset sekä muutokset pyrittiin testaamaan tehtyjen muutosten vaikutukset ohjelman toimivuuteen. Mahdollisimman laajalla ja hyvällä etukäteen suoritettulla testauksella nopeutetaan ja helpotetaan varsinaista päivitystyön käyttöönottoa. Testauksen tarkoituksena oli löytää ongelmakohdat ohjelmasta ja korjata mahdolliset viat ennen käyttöönottotestausta.

Samalla pystyttiin testaamaan SQL-tietokantaan ja Wintek-käyttöliittymään tehtyjen muutosten toimivuus sekä näiden laitteistojen välisen OPC UA -kommunikaation toimivuus. Asiakasyrityksen kaukainen sijainti Japanissa ja aika-ero kotimaan työpaikan kollegoihin saattavat hankaloittaa varsinaista päivitystyötä.

Lämpökäsittelykamarin vanhoista sähkökuvista pyrittiin tekemään valmiit kytkentäkaaviot ennen asiakkaan luona tapahtuvaa varsinaista päivitystyötä. Sähkösuunnittelulla ja valmiin keskuksen kytkentäkuvilla nopeutetaan varsinaisen päivitystyön suoritusta. Päivitystyön ennakoitiin sisältävän paljon keskuksen sisäistä johdotusta ja kaapelointia. Ennakkosuunnittelun avulla pystytään kartoittamaan mahdolliset sähkökeskuksiin tarvittavat lisäkomponentit ja toimilaitteiden ohjaukset, esimerkiksi sulakkeet, releet ja riviliittimet.

6 PÄIVITYSTYÖ ASIAKKAAN LUONA

Lämpökäsittelykamarin päivitystyö asiakkaan luona jakaantui karkeasti neljään osa-alueeseen:

- mekaaninen asennus
- sähkö- ja komponenttien asennus
- käyttöönotto ja testaus
- koulutus.

Näistä osa-alueista asiakas vastasi lämpökäsittelykamariin suoritettavista mekaanisista asennuksista ja muutoksista. Loput päivitystyön osa-alueet olivat Jartekin vastuulla. Kokonaisuudessaan asennustyöt etenivät suurimmaksi

osaksi suunnitellun aikataulun mukaisesti. Muutamia pieniä aikataulullisia ongelmia oli, mutta nämä johtuivat lähinnä kulttuurillisista eroista ja asioiden ymmärtämisestä. Ensimmäisten päivien ongelmat olivatkin enemmän mekaanisten ratkaisujen toteutuksessa, mutta näidenkin ongelmien osalta päästiin yhteisymmärrykseen ja asennustyöt saatiin käyntiin.

6.1 Asennustyöt

Itse asennustyöt asiakkaan luona etenivät lähes suunnitellusti ja aikataulussa, vaikka asennustyön toteutuksen suunnitelmia jouduttiinkin muuttamaan muutamana kerran asennustyön alkuvaiheessa. Suurin muutos asennustyön toteutuksen osalta oli keskuksen sisäisten vanhojen kaapelointien hyödyntäminen. Asennustyön suunnitelmissa oli, että keskuksen sisäisiä vanhoja johdotuksia hyödynnettäisiin mahdollisimman paljon. Tämä suunnitelma hylättiin heti asennustyön alkumetreillä. Keskuksen sisältä paljastuikin enemmän poistettavaa ja ylimääräistä johdotusta, kuin toteutuksen suunnitteluvaiheessa oli osattu ennakoida. Heti asennustyön alussa tehtiin suuret muutokset asennustyössä käytettäviin keskuksen johdotuksen sähkökuviin. Sähkökuviin merkittiin kaikki poistettavat johdot ja kaapelit, ja tämän jälkeen suoritettiin ylimääräisten johtojen ja kaapeleiden poiston sähkökeskuksesta.

Tällä työllä saatiin keskukseen sekä johtokouruihin huomattavasti enemmän työskentelytilaa, mikä auttoi uuden logiikan sekä lisättävien komponenttien asennuksia. Lisäksi ylimääräisten johtojen poisto paransi asennustyön työturvallisuutta, koska nyt ei ollut vaarana tilanne, jossa johtokouruun jäisi piiloon jännitteellinen johdin johtonipun alle.

6.2 Käyttöönotto, testaus ja koulutus

Laitteiston virallinen käyttöönotto päästiin aloittamaan lähes suunnitellussa aikataulussa. Asennuksille, käyttöönotolle, testaukselle ja koulutukselle oli varattu aikaa 3 täyttä työviikkoa. Purku- ja asennustyöt saatiin suoritettua lähes suunnitelmien mukaisesti kahden ensimmäisen viikon aikana ja testaukset päästiin aloittamaan viimeisellä viikolla. Aloituksessa ilmenneiden pienten viivytysten takia, oltiin aikataulullisesti hiukan myöhässä. Testausvaiheen aloitus oli aikataulutettu jo toisen viikon loppupuolelle, jotta laitteistoa ennätettäisiin

testaamaan kunnolla ennen kuin paluu kotimaahan olisi ajankohtainen. Laitteistolle suoritettiin ensimmäisenä tyhjääjo, eli kamarissa ei ollut sisällä lämpökäsikäsitteltävää puutavaraa ja käsittelyprosessi suoritettiin huomattavasti lyhennetyllä prosessikaavalla. Tyhjääjon tarkoituksena on testata kaikkien toimilaitteiden ja mittausten toiminta. Puun lämpökäsittelyssä on suuria riskitekijöitä, joiden takia on erittäin tärkeää, että kaikki toimilaitteet ja kamarin ohjelmisto toimii halutusti ja ohjelmoidun mukaisesti. Lisäksi päivitettävässä kamarissa on käytössä useita toimilaitteita, jotka ovat olleet käytössä jo kamarin alusta alkaen. Toimilaitteiden toimintavarmuus on aina hieman epävarmaa tällaisissa tapauksissa.

Viimeisen viikon aikana, laitteistoa pyrittiin testaamaan minimimäärä, jotta voidaan todeta kaikkien toimilaitteiden toimivan halutulla tavalla. Minimimääräksi määritettiin yksi kamarin tyhjääjon sekä yksi lämpökäsittelyajon puutavaralla. Normaalissa tilanteissa aina ennen asiakkaan luota poistumista seurataan tyhjääjon lisäksi vähintään kaksi lämpökäsittelyajoa puutavaralla, ennen kuin laitteisto luovutetaan asiakkaan käyttöön.

Koska testausaika jäi hieman vajaaksi, laadittiin asiakkaan kanssa muutamia testiajosuunnitelmia, ennen kuin laitteisto voitaisiin ottaa täysin tuotannolliseen käyttöön. Viimeiset testit modernisoidun lämpökäsittelykamarin kanssa onnistuivat hyvin, eikä ohjelmista ja toimilaitteista löytynyt suuria ongelmia, joten laitteisto voitiin luovuttaa asiakkaalle tuotannolliseen käyttöön. Ohjelmistoon tehdyt korjaukset ja muutokset pystyttiin tekemään VPN-etäyhteyden välityksellä kotimaasta.

asiakkaalle annettavan koulutuksen aloitettuun jo tyhjääjovaiheessa ja sitä koulutusta jatkettiin ensimmäisen testikäsittelyn aikana, koska koulutukseen käytettävää aikaa oli tarjolla rajallinen määrä. Normaalisti tyhjääjon ja ensimmäisen käsittelyajon aikana keskitytään vain laitteiston toiminnan seurantaan sekä suoritetaan mahdollisia laitteiston säätöjä. Lämpökäsittely oli asiakkaalle jo entuudestaan tuttu prosessi, joten koulutuksessa keskityttiin pääasiassa päivitystyöhön sekä kamarin uuteen ohjaukseen liittyviin asioihin.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lämpökäsittelykamarin automaatiojärjestelmän päivitys onnistui lähes tavoitteiden mukaisesti. Aikataulullisesti suunnittelu- ja päivitystyöt valmistuivat odotusten mukaisesti, haasteena oli kohdeyrityksen sijainti Japanissa. Kustannusten osalta pysyttiin lähes tavoitteessa; joitakin pieniä komponentti hankintoja ei ollut osattu laskea mukaan budjetti- ja tarjouslaskentaan, mitkä nostivat hie-
man päivitystyön kustannuksia. Maailman epävakaa tilanne vaikutti komponenttien saatavuuteen (mikrosiru pula) ja komponenttien heikko saatavuus vaikutti hintoihin todella rajusti. Lisäksi maailman tilanne vaikutti peruskomponenttienkin saatavuuteen. Esimerkiksi tavallisia ja yleisesti käytettäviä moottorisuojiakin saattoi joutua odottamaan useita viikkoja. Kaikille komponenteille toimittajat eivät pystyneet lupaamaan toimitusaikaa, ja tämä ”huutava” komponenttipula nosti tuotteiden ja toimilaitteiden hintoja korkealle.

Suurimmaksi haasteeksi työn suorituksen kannalta osoittautui kieli ja kohde-
maan kulttuurillinen eroavaisuus. Eniten hankaloitti yhteisen kielen puuttumi-
nen. Englannin kielen osaamisen heikko taso yllätti, mutta tästäkin selvitettiin
luovilla ratkaisulla ja työt saatiin suoritettua tavoitteiden mukaisesti. Asiakas-
yritys oli erittäin tyytyväinen nopeaan toimitus- ja päivitysaikatauluun, sekä
päivitysprosessin kokonaisuuden onnistumiseen.

Tästä päivitysprojektista saatiin Jartek Investille tärkeää oppia tulevaisuutta
varten. Lämpökäsittelykamareita on toimitettu jo useita vuosikymmeniä Jartek
Investin sekä muiden valmistajien toimesta, joten vastaavia päivitys- ja moder-
nisoititöitä tulee olemaan vielä tulevaisuudessakin tarjolla. Toimilaitteet ja
PLC-logiikat vanhenevat ja vanhoihin PLC logiikoihin ei ole enää välttämättä
varaosia tarjolla, eikä vanhojen PLC-laitteistojen ohjelmoijia ole enää saata-
villa. Näin ollen päivitystöitä on varmasti vielä tulevaisuudessa tarjolla uusien
lämpökäsittelykamareiden toimitusten rinnalle.

Lämpökäsittelynpuun käyttö on maailmanlaajuisessa mittakaavassa kasvavaa
liiketoimintaa sen ekoloogisuuden, sekä tuotteen monikäyttöisyyden takia.
Lämpökäsittelyllä puulla pystytään korvaamaan eksoottisia sademetsän puula-
jeja ja puun säänkeston ominaisuuksia voidaan parantaa ilman ylimääräisiä
kemikaaleja.

Lopuksi haluan esittää suuret kiitokset Jartek Investin ja Jartek AI työkaverille, jotka ovat avustaneet tämä työn suorittamisen eri vaiheissa. Erityskiitokset Jartek Investin lämpökäsittelyliiketoiminnan johtajalle Timo Tetrille ja Jartek AI:n automaatioinsinöörille Jorma Saukolle.

LÄHTEET

Beckhoff TwinCat 3. 2023. Yrityksen WWW-sivut. Saatavissa:

<https://www.beckhoff.com/en-en/products/automation/twincat-3-redundancy/>

[viitattu 20.7.2023].

Beckhoff TwinCat HMI. 2023. Beckhoff. Yrityksen WWW-sivut. Saatavissa:

<https://www.beckhoff.com/en-en/products/automation/twincat-3-hmi/> [viitattu

20.07.2023].

Erickson, K. 2016. Programmable logic controllers: An emphasis on design and application. 3. painos. Rolla: Dogwood Valley Press, LLC

Farnell Arduino Uno. 2023. Yrityksen verkkokauppa. Saatavissa: <https://fi.farnell.com/arduino/a000073/arduino-uno-smd-dev-kit/dp/2285200> [viitattu

20.09.2023].

HansaPower. 2023. Yrityksen WWW-sivut. Saatavissa: <https://www.hansapower.fi/> [viitattu 10.06.2023].

IFM, IO-link. 2023. Yrityksen WWW-sivut. Saatavissa:

https://www.ifm.com/fi/fi/shared/technologien/io-link/io-link-maailmanlaajuinen-avoin-tiedonsiirtostandardi?gclid=EAlaIQobChMI2Mmct9qxxgQMVXIW-RBR3ThwaHEAAYASAAEgK3j_D_BwE [viitattu 10.08.2023].

Inductive Automation. 2023. What is HMI. Verkkoartikkeli. Saatavissa:

<https://www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi> [viitattu

20.07.2023].

Jartek. 2023. Yrityksen WWW-kotisivut. Saatavissa: <https://www.jartek.fi/> [viitattu 15.04.2023].

Johansson, D. 2008. Heat Treatment of Solid Wood: Effects on Absorption, Strength and Colour. Väitöskirja. Luleå University of Technology. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://epubl.ltu.se/1402-1544/2008/53/LTU-DT-0853-SE.pdf> [viitattu 28.04.2023].

KEB Automation KG. 2023. Yrityksen WWW-sivut. Saatavissa:

<https://www.kebamerica.com/blog/ethernetip-vs-ethernet-machine-builders-motion-control/> [viitattu 21.07.2023].

Lämpökäsittely. 2023. Jartek. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.jartek.fi/application/files/7414/9457/7116/jartek_thermal_modification_of_wood_en.pdf [viitattu 28.04.2023].

Lämpöpuuyhdistys ry. 2023. Yhdistyksen WWW-sivut. Saatavissa: <http://thermowood.palvelee.fi/> [viitattu 20.04.2023].

Microsoft support. 2023. Yrityksen WWW-sivut. Saatavissa: <https://support.microsoft.com/fi-fi/office/accessin-sql-perusk%C3%A4sitteet-sanasto-ja-syntaksi-444d0303-cde1-424e-9a74-e8dc3e460671#bm1> [viitattu 20.07.2023].

Microsoft support. 2023. Yrityksen WWW-sivut. Saatavissa: <https://support.microsoft.com/fi-fi/office/perustiedot-tietokannasta-a849ac16-07c7-4a31-9948-3c8c94a7c204> [viitattu 20.07.2023].

Microsoft SQL 2019. 2003 Yrityksen WWW-sivut. Saatavissa: <https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-2019-comparison> [viitattu 20.07.2023].

Pheonix contact. 2023. Yrityksen WWW-sivut. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/en-in/company/geschichte> [viitattu 10.08.2023].

PI North America. 2023. Yrityksen WWW-sivut: saatavissa <https://us.profinet.com/the-difference-between-profibus-and-profinet/> [viitattu 21.07.2023].

Siemens GSD file. 2023. Yrityksen WWW-sivut. Saatavissa: [https://support.industry.siemens.com/cs/document/109762284/profinet-gsd-file-\(gsdml\)-simatic-compact-field-unit-\(cfu\)?dti=0&lc=en-US](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109762284/profinet-gsd-file-(gsdml)-simatic-compact-field-unit-(cfu)?dti=0&lc=en-US) [viitattu 12.06.2023].

Siemens Industry mall. 2023 Yrityksen WWW-sivut. Saatavissa:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7512-1SM03-0AB0> [viitattu 12.06.2023].

Sipari, A. 2022 Toimitusjohtaja. Haastattelu 20.4.2022 Select Systems Oy
