



Riku Tuhkanen

# Automaatio lentoaseman asematason sulanapidossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

19.2.2023

# Tiivistelmä

Tekijä: Riku Tuhkanen  
Otsikko: Automaatio lentoaseman asematason sulanapidossa  
Sivumäärä: 22 sivua  
Aika: 19.2.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Ammatillinen pääaine: Automaatiotekniikka  
Ohjaajat: DI Juha Tikkinen  
Lehtori Matti Välikylä

---

Tämä opinnäytetyö toteutettiin yhdessä työnantajani Finavia Oyj:n kanssa. Työn tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa automaatiojärjestelmä sulanapidon hallintaan Helsinki-Vantaan lentoaseman käyttöön. Työn tavoitteena oli tehostaa sähköpäivystäjän työskentelyä ja optimoida lentoaseman konepaikkojen lämmityksen sähkönkulutusta.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan lentoasemaa ympäristönä, Siemens Step 7 -laitteiston valintaa, sen asennusta sekä Siemens TIA Portal -ohjelmointiratkaisuja.

Tämän työn lopputuloksena todetaan sähköpäivystäjän työn tehostuneen sulanapidon tehtävien osalta merkittävästi ja sähkönkulutuksen pudonneen yli puolella seurantajakson aikana.

Avainsanat: automaatio, lentoasema, lämmitys

## Abstract

Author: Riku Tuhkanen  
Title: Automation in Airport Apron Deicing  
Number of Pages: 22 pages  
Date: 19 February 2023

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering  
Professional Major: Automation Engineering  
Supervisors: Juha Tikkunen, MSc Tech  
Matti Välikylä, Senior Lecturer

---

This thesis was done in cooperation with Finavia Corporation. The purpose of the thesis work was to design and implement an automation system to control apron deicing for Helsinki-Vantaa airport. The objective was to optimize workload for the on-call electrician and to create energy savings.

In this thesis airport as an environment, selection of Step 7 -hardware and its installation, and programming solutions within Siemens TIA Portal are examined.

As result of this thesis work, it was observed that the projected reduced workload for the on-call electrician was achieved, and electricity consumption was reduced by more than half during evaluation period.

Keywords: automation, airport, heating

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lentoasema ympäristönä	1
3	Järjestelmävaatimukset	3
4	Komponenttien valinta	4
4.1	S7-1200 (PLC)	4
4.2	ET 200SP (Hajautettu IO)	5
4.3	TP1200 Comfort (HMI)	9
5	Kommunikointitapa	10
6	Laitteiston asennukset	12
7	Ohjelmointi	14
7.1	PLC	14
7.2	HMI	16
8	Käytettävyys	20
9	Yhteenveto	22
	Lähteet	23

## Lyhenteet

DB: *Database*. Siemens TIA Portalin tietopankkitoiminto.

DI: *Digital Input*. Digitaalinen sisääntulo.

DO: *Digital Output*. Digitaalinen ulostulo.

FC: *Function*. Siemens TIA Portalin funktio.

HMI: *Human-Machine Interface*. Laite tai ohjelmisto, jonka kautta ihminen voi olla vuorovaikutuksessa laitteiston kanssa. (1.)

OSI-malli: *Open Systems Interconnection Reference Model*. Seitsemänkerroksinen tietoliikennemalli.

PLC: *Programmable logic controller*. Ohjelmoitava logiikka. Järjestelmää ohjaava tietokone.

## 1 Johdanto

Tässä työssä suunnitellaan ja toteutetaan järjestelmä, joka muuntaa Helsinki-Vantaan lentoaseman lentokonepaikkojen käsikäyttöisen sulanapidon ohjauksen etänä suoritettavaksi. Työn alussa konepaikkojen sulanapitolämmittimet ovat ohjattavissa kunkin lämmittimen laitetilassa olevalla valintakytkimellä. Yksittäisten lämmittimien kytkentäkierron on paljon aikaa vaativa tehtävä lentoaseman sähköpäivystäjälle muiden tehtävien ohella. Hän joutuu lämmittimien päälle tai pois kytkemiseksi kulkemaan noin viiden kilometrin matkan lentoaseman asematasolla sekä vierailemaan yli kymmenessä laitetilassa. Tämän tehtävän tehostamiseksi on tarkoitus rakentaa automaatiojärjestelmä, jonka käyttöpäätte sijoitetaan sähköpäivystyksen valvomoon. Käyttöpäätteeltä päivystäjä näkee helposti sulanapitojärjestelmän nykyisen tilanteen sekä voi kytkeä lämmittimiä päälle ja pois tarpeen mukaan.

Koska sulanapitojärjestelmän kokonaisvaltainen uudistus automaattiseksi on pitkäkestoinen, sisältää tämä työ ensimmäisen vaiheen prosessista, kun konepaikat 12–23 muunnetaan etäkäyttöisiksi. Työhön sisältyy joitain kuvia tai tietoja, joissa viitataan kokonaisuuteen esimerkiksi laitteiden osalta, vaikka niiden käyttöönotto jää tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

## 2 Lentoasema ympäristönä

Finavia Oyj on valtio-omisteinen lentoasemayhtiö. Se ylläpitää ja kehittää Suomessa omistamiaan lentoasemia. Tällä hetkellä sen ylläpidossa on yhteensä kaksikymmentä lentoasemaa. (2.)

Tämän työn osalta on tarpeellista ymmärtää lentoasemaa toimintaympäristönä. Ilmailulaki (3, 75. §) määrittelee asematason lentopaikan osaksi, ”joka on tarkoitettu ilma-alusten matkustajien, postin ja rahdin lastausta tai purkamista sekä ilma-alusten tankkausta, paikoitusta tai huoltoa varten”. Jotta asematasolla olisi mahdollista suorittaa edellä mainittua toimintaa, tulee koneiden pystyä

saapumaan haluttuun sijaintiin sekä poistumaan haluttuna aikana. Tällaista tiettyä sijaintia lentokoneen paikoituksessa kutsutaan konepaikaksi. Konepaikan tulee mahdollistaa turvallinen ja tehokas toiminta. Lentokoneen pois työntäminen konepaikalta tapahtuu ajoneuvolla, jota kutsutaan pushback-traktoriksi. Jotta pushback-traktori voi tehdä työnsä talvella, tulee sen alustalla olla riittävästi kitkaa, muutoin lentokonetta ei saa liikkeelle eikä pysähtymään. Tämän kitkan varmistamiseksi työntöalueille muodostunut jää poistetaan sähköllä lämmitämällä osalta konepaikoista. Kuvassa 1 näytetään tämä lentokoneen pois työntö, jossa lämmitettävä alue jää pushback-traktorin alle.

Sulana pidettävän alueen lämmitystä hoitavat betoniin upotetut itsesäätyvät lämmityskaapelit. Kaapelit on upotettu betoniin 90-luvun alkupuoliskolla, eikä niiden tekniset yksityiskohdat ole enää tiedossa. Ne kuitenkin edelleen toimivat, ja niitä käytetään kausittain. Sähköisesti vastukset ovat kolmiokytkennässä, ja näin ollen käyttöjännite niillä on 400 V.



Kuva 1. Pushback-traktori ja lentokone.

### 3 Järjestelmävaatimukset

Järjestelmävaatimusten määrittely tehtiin työn alussa. Vaatimuksia järjestelmälle oli toimeksiantajan puolelta vähän, ja ne on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Järjestelmävaatimukset

1.	Järjestelmän tulee mahdollistaa konepaikkojen lämmittimien käyttö ja tilatietojen näkyminen ilman poistumista lentoaseman sähkövalvomosta.
2.	Laajennusvaraa järjestelmältä ei edellytetä, mutta toiveena se voidaan täyttää, mikäli se on mahdollista ilman lisäinvestointeja.
3.	Käyttöliittymän tulee olla siinä määrin ohjaava, ettei lämmittimien kytkentä vaadi erillistä ohjeistusta.

Koska järjestelmä on pieni ja yksinkertainen, ei vaatimustaulukkokaan ole kovin iso. Vaatimuslistan pituuden takia siinä ei ole tärkeysjärjestystä, koska näin pienellä listalla ei ole pelkoa vaatimusten välisistä ristiriidoista. Vaatimuslistalta löytyvät kaikki oleellisesti järjestelmään vaikuttavat elementit eli siltä haluttu toiminta, sekä kuinka sen tulee olla hallittavissa.

Avattuna esimerkiksi taulukon 1 ensimmäisen vaatimuksen toteuttamiseksi järjestelmän PLC:n tulee sisältää tuki hajautettujen tulojen ja lähtöjen käyttöön sekä mahdollisuus yhdistää käyttöliittymään eli käytännössä HMI-laitteeseen.

Kokonaisuudessaan kun vaatimuksia tarkistellaan ja lähdetään ajattelemaan laitteistoa, järjestelmässä tulee olemaan siis vähintään PLC, HMI sekä 12 tai 13 hajautettua IO:ta, riippuen siitä, sisältääkö PLC itsessään tuloja ja lähtöjä. Jokaisella hajautetulla IO:lla tulisi olla yksittäisiä digitaalisia tuloja ja lähtöjä. Kuitenkin kustannustehokkainta on ajatella kaikissa käytettävän standardiosia, mikä tarkoittaa sitä, että kaikissa tulee olemaan vähintään kahdeksan tuloa ja lähtöä.

Vaatimusten lisäksi tehtiin järjestelmää koskeva riskiarvio. Jo olemassa olevat sulanapitolämmittimet on suojattu sähköalan standardien vaatimalla tavalla sekä ne tarkistetaan säännöllisin määräajoin. Koska kytkettävät lämmittimet



ovat upotettuina maahan ja suojattu maanpäällisin osin kosketukselta, ei niiden etänä suoritettavasta päälle kytkennästä aiheudu vaaraa ympäristölle taikka käyttäjälle. Tästä johtuen laitteistoa ei pidetä turvakriittisenä järjestelmänä.

## 4 Komponenttien valinta

Komponentteja valitessa harkittiin useiden eri valmistajien tarjoamia ratkaisuja, muun muassa ABB:n, Beckhoffin, Phoenixin sekä Omronin. Muutostöiden ensimmäisen vaiheen oli kuitenkin valmistuttava talvikaudelle 2022–2023, ja kävi ilmi, ettei näiltä laitetoimittajilta saataisi komponentteja kyseisellä aikataululla. Siemens oli ainoa toimittaja, jonka ratkaisua oli mahdollista käyttää aikataulun sallimissa rajoissa. Siemensin komponenttivalikoima oli hyvin suppea johtuen koronapandemiasta, Venäjä-Ukraina konfliktista sekä yleisestä komponenttipulasta.

Tähän automaatiojärjestelmään valittujen komponenttien on tärkeää muodostaa toimiva kokonaisuus, jossa PLC toimii keskipisteenä ja pystyy yhdistämään useisiin hajautettuihin IO:ihin. Tämän lisäksi järjestelmässä tulee olla jokin käytöpääte, josta käyttäjä voi määrittää haluamansa toiminnot. Tämän järjestelmän rakentamiseksi pystyttiin hyödyntämään Finavian käytöstä poistuvia järjestelmiä, joista saatiin otettua uusiokäyttöön PLC ja HMI. Uusien vastaavien laitteiden toimitusajat olisivat olleet kuukausia. Hajautettuun IO:hon otettiin ne osat, mitä laitetoimittajilta oli saatavilla.

Seuraavaksi esitellään työhön valikoituneet komponentit ja niiden tarkoitus.

### 4.1 S7-1200 (PLC)

S7-1200 on kaiken työssä käytetyn älyn keskipiste, ohjelmoitava logiikka eli PLC. PLC:n tehtävä on suorittaa tarvittavia laskutoimituksia, käskyjä ja tulkita vastaanotettua tietoa ohjelmointinsa mukaisesti. PLC toimii tässä työssä ohjajainena myös useille eri hajautetuille IO:lle, jotka eivät sisällä omaa ohjainkapasiteettia. Tässä työssä PLC:ltä vaadittiin kykyä hallinnoida hajautusasemia sekä

muodostaa yhteys HMI-laitteeseen, joten RJ45-liitin oli ehdoton vaatimus. Työssä käytetty PLC purettiin käytöstä poistuvasta järjestelmästä. Käytettävä S7-1214C laite on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Siemens S7-1214C Ohjelmoitava logiikka (4).

#### 4.2 ET 200SP (hajautettu IO)

ET 200 SP:n tarkoitus on toimia hajautettuna IO:na PLC:lle. Hajautettu IO ei sisällä itsessään prosessointitehoa, taikka muuta kykyä suorittaa ohjelmoituja toimintoja. Sen tehtävänä on lisätä PLC:n tuloja ja lähtöjä paikkoihin, joista niitä ei ole taloudellista tai tehokasta johdottaa suoraan PLC-laitteelle. Tämän lisäksi sitä voidaan myös käyttää PLC:n yhteydessä, mikäli kyseisen laitteen tuloja ja lähtöjä ei ole riittävästi. Hajautettu IO koostuu yleensä useista yksittäisistä komponenteista, kuten tässäkin tapauksessa.

Ensimmäinen yksittäinen komponentti on interface-moduuli (kuva 3), jonka tehtävä on hoitaa viestintää PLC:n kanssa. Tämän komponentin ominaisuudet määrittävät hajautetun IO -paikan perusominaisuudet, kuten vikasietoisuuden sekä viestintänopeuden. Tässä työssä käytetään Siemensin ET200SP IM155-6PN Basic -moduulia.



Kuva 3. Interface-moduuli, Siemens IM155-6PN Basic (5).

Kuten kuvasta 3 voi huomata, interface-moduuli itsessään ei sisällä muuta kuin yhteyden muodostamiseen vaaditut asiat. Se on modulaarinen järjestelmä, johon liitetään sitten omaan tarpeeseen sopivat moduulit. Pohjiksi siihen liitetään kaksi Siemensin A0-kytkentätavan mukaista pohjakorttia (kuvat 4 ja 5).



Kuva 4. Siemens Baseunit tyyppi A0, valkoinen (6).



Kuva 5. Siemens Baseunit tyyppi A0, harmaa (7).

Vaikka nämä pohjalevyt eli baseunitit ovatkin hyvin samanlaiset ulkoisesti, on niiden toiminnassa eroa. Valkoisen pohjalevyn tehtävä on aina aloittaa potentiaaliryhmä ja harmaan jatkaa sitä. Siksi riittää, että vain valkoiseen pohjalevyyn tuodaan 24 V:n jännite ja se siirtyy siitä seuraavaan elementtiin ilman tarvetta lisäjohtotukselle. Näihin pohjalevyihin liitetään antureiden ja ohjausten tarvitsemat johdotukset, mikä mahdollistaa esimerkiksi myöhemmin rikkoutuneen sisääntulomodulin vaihdon nopeasti ilman tarvetta kajota johdotuksiin. Kuvien 4 ja 5 pohjalevyihin lisätään siis tarvittu moduuli kytkentäpisteiden yläpuolelle. Tässä tapauksessa valkoiseen eli vasemmanpuoleisimpaan lisätään digitaalinen sisääntulomoduli. (6; 7)

Tässä työssä käytettäväksi digitaaliseksi sisääntulomoduliksi saatiin hankittua ET200SP-linjaston DI 8 x 24V DC Basic. Kyseinen moduuli on linjaston vähiten varusteltu ja sisältää vain perusominaisuudet. Se on kuitenkin riittävä tähän työhön. (8.)



Kuva 6. Siemens ET200SP digitaalinen sisääntulomoduuli (8).

Ulostuloksi lämmityksen releitä ja sitä kautta kontakteita ohjaamaan valikoitui vastaavasti vain perusominaisuudet sisältävä DQ 8x 24V DC/0,5A Basic.



Kuva 7. Siemens ET200SP digitaalinen ulostulomoduuli (9).

Nämä komponentit koottiin yhteen ja asennettiin jo olemassa oleviin paikkoihin valmiille DIN-kiskoille. Kuvassa 8 näkyy hajautettu IO kokonaisuutena.



Kuva 8. Koottu hajautettu IO asennuksessa.

Hajautetussa IO:ssa on kytkettynä pisteisiin A1.0 kärkitieto sulakkeiden tilasta ja A1.1 on vetotieto lämmityksen kontakteista. A2.0 on ulostulo lämmittimien kontaktorien apureleelle. Näin ollen kahdeksanpaikkaisiin moduuleihin jää vielä runsaasti tilaa tulevaisuutta ajatellen.

#### 4.3 TP1200 Comfort (HMI)

HMI-laitteen valinta tapahtui yksinkertaisesti valitsemalla se, mitä oli saatavilla. Yksi TP1200 Comfort -laite saatiin purettua käytöstä poistuvasta järjestelmästä ja näin hyötykäytettyä uudelleen tähän toimintoon. HMI-laite on esitetynä kuvassa 9. Profinet-yhteyttä tukevassa HMI:ssa on 12 tuuman TFT-kosketusnäyttö, eikä se sisällä lainkaan fyysisiä painikkeita. (10.) HMI sijoitettiin Helsinki-Vantaan lentoaseman sähköpäivystyksen valvomoon.



Kuva 9. Siemens HMI TP1200 Comfort (10).

## 5 Kommunikointitapa

Järjestelmän keskinäinen kommunikointi tapahtuu lentoaseman nykyisen IT-infrastruktuurin päälle muodostetussa Profinet-verkossa. Automaatiojärjestelmälle on luotu oma IP-avaruus ja sen käyttämä verkko on suljettu kaikelta muulta liikenteeltä.

Profinet on avoin viestintästandardi, joka on useiden valmistajien yhteistyössä luoma kokonaisuus. Käytettävä Profinet itsessään toimii nykyisen Ethernet-standardin päällä ja käyttää samaa laiteratkaisua. Tästä syystä se on helposti integroitavissa nykyisiin verkkoratkaisuihin. Profinet-viestintä voi tapahtua sykkeissä tietyillä määrärajoilla (syklinen) tai ilman aikasidonnaisuutta tarpeen mukaan (asyklinen). (11.) Tässä työssä käytetään asyklistä viestintää, koska lämmitysten kytkentä ei ole aikakriittistä toimintaa. Asyklisen yhteyden katkeamisen rajaksi on asetettu 20 peräkkäisen viestinnän epäonnistumista ja tämä tarkoittaa noin 400 ms:n ajanjaksoa. Rajan olisi voinut asettaa korkeammallekin, mutta yli 400 ms:n katkos osoittaa jo vikaa yhteydessä.

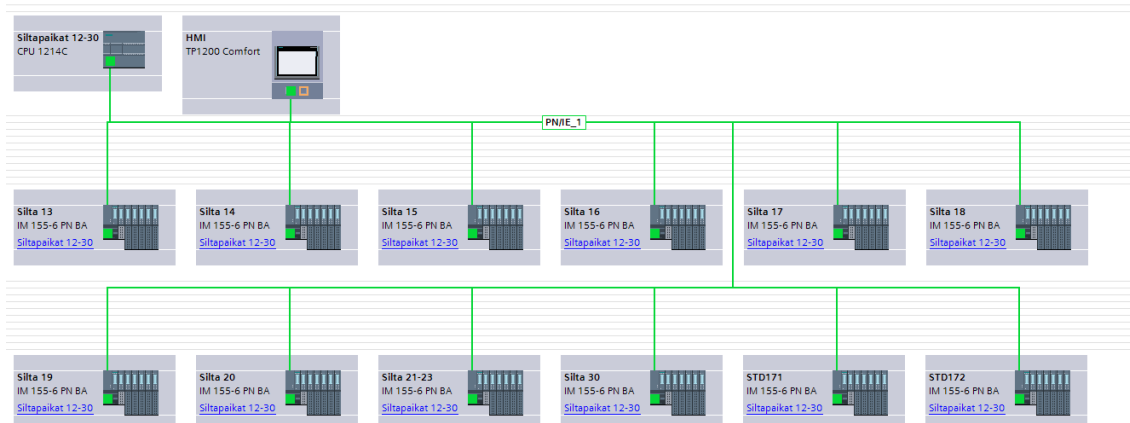
OSI-mallissa Profinet käyttää tasoja 1, 2 ja 7. Protokollana se osaa suoraan ohittaa OSI-mallin tasot 3–6. Tämä säästää aikaa sekä tekee viestinnän kestosta ennakoitavampaa. Tästä huolimatta viiveen määrän merkittävin vaikuttaja on kuitenkin olemassa oleva IT-infrastruktuuri ja sen sisäiset viiveet. (11.) Sisäisille viiveille ei ollut tehtävissä mitään ja ne täytyi hyväksyä. OSI-malli on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. OSI-malli (12).

Profinetin välityksellä koko automaatiojärjestelmä voi keskustella keskenään sekä suorittaa siltä odotetut tehtävät. Järjestelmä koostuu yhteensä kahdesta toista ET200SP- hajautetusta IO:sta, PLC:stä sekä HMI-laitteesta. Järjestelmän verkkotopologia esitetty kuvassa 11.





Kuva 11. Järjestelmän verkkotopologia.

Järjestelmän PLC on itsenäisesti yhdessä laiteilassa, jotta sen tuloja ja lähtöjä voidaan myös hyötykäyttää. Lisäksi 12 hajautettua IO:ta on muissa eri laiteiloissa. Yhteensä näin voidaan hallita 13:n eri laiteilan lämmittimiä, kaikkiaan joista Helsinki-Vantaan lentoaseman sähkölämmitteistä lentokonepaikkaa. Huomattavaa on, ettei näin ollen jokaisessa lämmitettävässä paikassa ole suoraan omaa hajautettua IO:ta, vaan kaikissa laiteiloissa, joista ohjausta suoritetaan. Osa laitteista siis ohjaa useampaa paikkaa, kuin mihin ne on sijoitettu. Tarkoituksena on myös tulevaisuudessa alkaa hyödyntämään kaikissa näissä laiteiloissa olevaa anturointia koko järjestelmän eduksi, mutta se osuus jää tulevaisuuteen.

## 6 Laitteiston asennukset

Laitteiston asennuksia varten oli heti tiedossa, ettei aika riitä niiden asennustyöhön sekä ohjelmointiin. Näin ollen päädyttiin ensimmäisenä etsimään urakoitsija suorittamaan asennustyöt. Sopivan urakoitsijan löydyttyä pidettiin aloituspalaveri, jossa käytiin asennusten sisällön ja aikataulun läpi.

Koska järjestelmä haluttiin mahdollisimman pian toimintaan, mutta kuitenkin toimintavarmasti, ensimmäisenä toteutettiin konepaikan 14 muutostyöt lokakuussa 2022. Lentoasemalla oli jo aiemmin varauduttu ulkoisen ohjauksen asentamiseen, joten käytännön muutokset itse konepaikkojen laiteiloissa olivat pieniä.

Ainoa rakennettava asia oli kahvasulakkeiden valvonta sekä ulkoisen ohjauksen käyttöönotto lämmittimiä ohjaavalle Siemens-laitteille. Sulakkeiden valvonta toteutettiin koekäyttövaiheessa Schneider Electricin RM22TR33-valvontareleellä, joka on tarkoitus vaihtaa edullisempaan malliin muiden konepaikkojen asennustöiden yhteydessä. Konepaikasta 14 tuli prototyyppi, jossa hiottiin toiminta ja kytkennät toimiviksi. Tämän paikan koekäyttöä suoritettiin noin kaksi viikkoa, jonka aikana todettiin, ettei alkuperäisessä kytkentäsuunnitelmassa tai käyttöönotossa ollut virheitä. Koekäytössä järjestelmää kytkettiin päälle ja pois satunnaisesti Siemens-laitteiston avulla ja tarkistettiin toiminta paikan päällä. Samaan aikaan tarkkailtiin myös Profinet-verkon toimintaa ja korjattiin viestinnässä tapahtuvia virheitä, kuten viestien katoamisia ja suuria viiveitä, jotka aiheuttivat yhteyden väliaikaisia menetyksiä. Koekäyttövaiheen päättyessä toimintavarmana päätettiin edetä asennuksissa.

Urakoitsija aloitti asennustyöt samanaikaisesti, kun ohjelmointia tehtiin. Tilaajan toimesta asennusvalvontaa ja toimintatarkastuksia tehtiin työn edetessä. Laitteiston asennukset aloitettiin konepaikoille 12–23 marraskuussa 2022, ja ne päättyivät joulukuun alkupuolella. Samassa yhteydessä vaihdettiin sulakkeiden valvontalaitteeksi Carlo Gavazzi DPA51. Uusi valvontalaite ei sisällä mitään säätömahdollisuuksia, kuten testivaiheen laite, vaan toimii pelkästään jännitteenvalvojana eli toteaa lämmittimien kahvasulakkeiden olevan ehjiä. Asennukset sujuivat odotetusti aikataulussa, eikä yllätyksiä tullut. Alkuperäisen asennusaikataulun mukaan odotettiin valmistuvan kaksi konepaikkaa jokaista asennuspäivää kohden. Tämä tavoite täyttyi odotuksien mukaan.

Asennustöiden aikana suoritettiin myös muutoksia tietoverkon puolella. Finavian IT-tiimi huolehti verkon toiminnasta ja tietoturvasta, jotta ohjelmoinnin sekä asennuksien valmistuessa saataisiin järjestelmä toimivalle pohjalla.

## 7 Ohjelmointi

Työssä on tavoitteena päästä ohjelmoinnin suhteen hyvin yksinkertaiseen lopputulokseen. Tarkoituksena on linkittää kaikki laitteet yhteen ja luoda HMI:lle käytettävä näyttö, josta konepaikkojen 12–23 lämmittimet saadaan päälle tai pois. Näin saavutetaan helppokäyttöisyys ja voidaan myös saada säästöä sähkön kulutukseen, kun lämmittimiä voidaan kytkeä pienellä kynnyksellä.

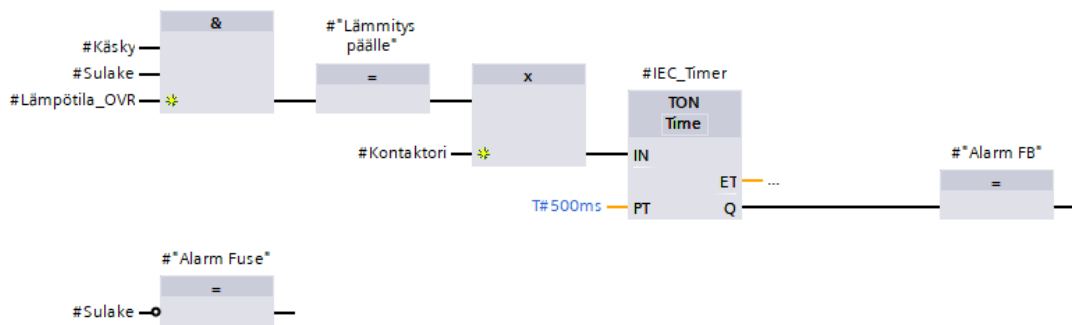
Siemens TIA Portalissa projektin alussa on määritettävä ohjelmitava laitteisto. Aluksi luotiin ohjelmaan koko laitteisto ja määritettiin laitteiden keskinäiset suhteet. Käytännössä tämä tarkoitti ensin PLC:n lisäämistä projektiin, tässä tapauksessa Siemensin Step 7 -sarjan 1214C-PLC:tä. PLC:n jälkeen lisättiin käytettävä HMI eli TP1200 Comfort. Lopuksi koottiin komponenteista yksi ET200SP-koonpano, kiinnitettiin se tietokoneeseen ja tehtiin laitteiston tunnistus TIA Portalista. Näin ET200SP:n konfiguraatio siirtyi helposti käytettäväksi TIA Portaliin. Sitten tätä konfiguraatiota kopioitiin tarvittava määrä. Lopullinen laitteistomäärittely on nähtävissä luvun 5 kuvassa 11.

### 7.1 PLC

Ohjelman perustaksi oli luotava funktio, josta käytetään ohjelmiston mukaisesti nimeä function (FC). FC:n ollessa pohjana on helppo lisätä kaikki konepaikat yksitellen ohjelmaan.

Kun ajatellaan yksittäistä paikkaa, se tuottaa tietoina sulakkeiden tilanteen sekä kontaktorien vetotiedon. Lisäksi paikan lämmitykselle on voitava antaa käsky. Näillä lähtötiedoilla voitiin luoda FC:oon kolme tuloa ja yksi lähtö. Halutaan kuitenkin varautua tulevaisuuteen ja ohjelmoida hälytyksiä. Näin jouduttiin lisäämään kaksi lähtöä, joista toinen kertoo sulakkeen palamisesta ja toinen kontaktorien toimimattomuudesta. Kontaktoreissa on mekaanista toimintaviivettä. Kokonaisviivettä lisää verkon yli tapahtuva liikennöinti. Alun perin kokonaisviive oli asetettu ohjelmassa 200 millisekuntiin, mutta koekäyttövaihe osoitti tarvittavan ainakin 500 millisekuntia aikaa kaikelle tuolle tapahtua, ennen kuin hälytys

kontaktorien toimimattomuudesta muodostetaan. Sulakkeen hälytys ei tällaista viivettä tarvitse, koska sulakkeet ovat lähtökohtaisesti aina kunnossa. Mikäli sulakkeita tarkistelevalta valvontareleeltä tulee vikatieto, voidaan suoraan olettaa sulakkeissa olevan vikaa. Kun kaikki tämä kootaan FC:oon, saadaan kuvan 12 mukainen ratkaisu.



Kuva 12. FC:n ohjelmointi.

FC:oitä luodaan myös useampi erilainen versio, kuitenkin samalla ohjelmalla toimiva, erilaisille tulo- ja lähtökonfiguraatioille.

FC:sta huomaa siinä olevan IEC\_Timerin eli ajastimen. Koska jokaiselle konepaikalle tarvitsee ajastimen, sijoitetaan kaikki nämä ajastimet yhteen databaseen (DB) (kuva 13). Näin pidetään ohjelma helposti tulkittavana.

Ajastimet			
	Name	Data type	Start value
4	Silta 12	IEC_TIMER	
5	Silta 13	IEC_TIMER	
6	Silta 14	IEC_TIMER	
7	Silta 15	IEC_TIMER	

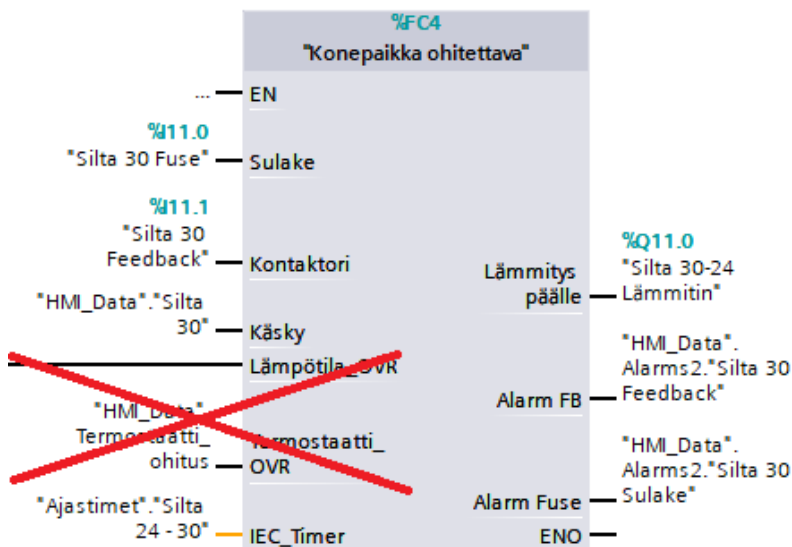
Kuva 13. Ajastimet-DB:n rakenne.

Seuraavaksi täytyy koostaa kaikki inputit ja outputit omaan tagitaulukkoon, josta niitä voidaan käyttää. Tuon taulukon nimeksi valikoitui "Konepaikat", johon on koostettuna fyysiset tulot ja lähdöt. Kuvassa 14 on pieni katsaus näistä tageista.

Konepaikat			
	Name	Data type	Address ▲
9	Silta 18 FB	*Konepaikka Fe...	%I7.0
10	Silta 19 FB	*Konepaikka Fe...	%I8.0
11	Silta 20 FB	*Konepaikka Fe...	%I9.0
12	Silta 21 Fuse	Bool	%I10.0
13	Silta 21 Feedback	Bool	%I10.1
14	Silta 22 Fuse	Bool	%I10.2

Kuva 14. Esimerkkiote Konepaikat-taulukosta.

Main-ohjelmaan koostetaan nyt FC:ista konepaikkojen ohjaus. Esimerkkinä kuvassa 15 konepaikan 30 ohjelmointi. Kuvassa on ylivedetty ominaisuudet, joita ei ole vielä käyttöön otettu ja joille ei ole valmiutta. Nämä ylivedetyt ominaisuudet odottavat ohjelmointia.



Kuva 15. Konepaikan 30 FC Main-ohjelmassa.

## 7.2 HMI

Keskustelu PLC:n kanssa tarvitsee jonkinlaiset tietopisteet, joita HMI voi manipuloida ja lukea. Tätä tarkoitusta varten luodaan PLC:hen DB nimellä "HMI\_Data". Tähän DB:een sijoitetaan kaikki HMI:n kanssa vuorovaikutuksessa

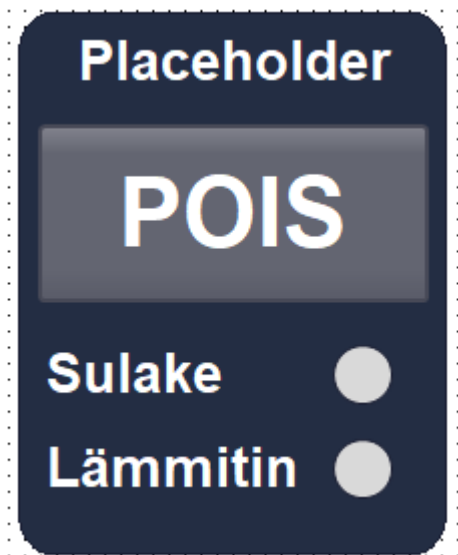
olevat tiedot. Lähtökohtaisesti kyseiseen DB:een tulee jokaiselle lämmittimelle oma käsky. Nämä käskyt on nimetty johdonmukaisesti konepaikan mukaan, esimerkiksi luvun 7.1 kuvassa 15 voi havaita tulojen ja lähtöjen kantavan nimeä ”Silta 30”. Lisäksi sinne luodaan hälytyksiä varten tietopisteet omaan STRUCT-malliin ja nämä STRUCT-mallit käännetään GATHER-toiminnolla yksittäisistä biteistä DWORD-muotoon, joihin ne välitetään HMI:lle. Hälytyksiä ei ole kuitenkaan vielä tarkoitus luoda tässä vaiheessa HMI:lle, vaan tärkeintä on saada se käyttöön lämmittimien kytkemiseksi. Kuvassa 16 on esitetty DB:n rakennetta.

HMI_Data			
	Name	Data type	Start value
1	Static		
2	Silta 12	Bool	false
3	Silta 13	Bool	false
4	Silta 14	Bool	false
5	Silta 15	Bool	false
6	Silta 16	Bool	false
7	Silta 17	Bool	false

Kuva 16. Ote HMI\_Data-DB:sta.

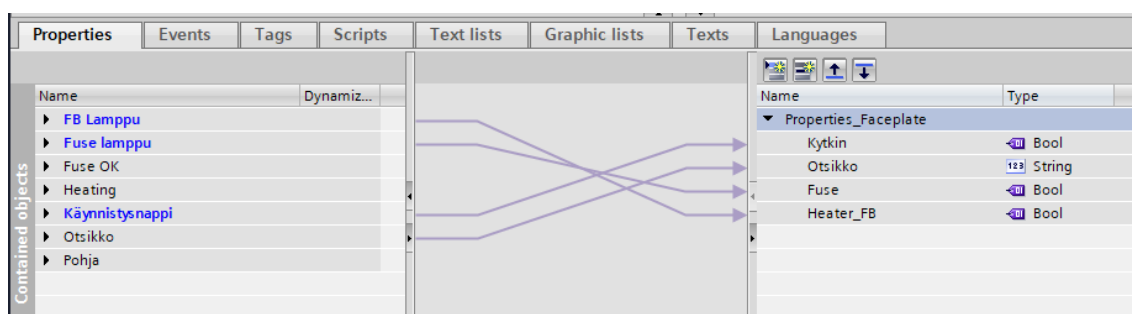
Koska Finavialla on käytössään jo useita eri järjestelmiä sekä omia mieltymyksiä ulkoasun suhteen, pyrittiin tämän työn ulkoasu yhdenmukaistamaan jo olemassa oleviin järjestelmiin suoraan kuitenkaan mitään kopioimatta.

Seuraavaksi luodaan lämmittimien kytkentään liittyvä grafiikka HMI:n päänäytölle. Kaikista helpoin tapa tähän on luoda Faceplate-malli ja käyttää sitä kaikkien paikkojen linkittämiseen näytöllä. Ensin luodaan grafiikka, johon voidaan linkittää eri muuttujat. Grafiikka on esitelty kuvassa 17.



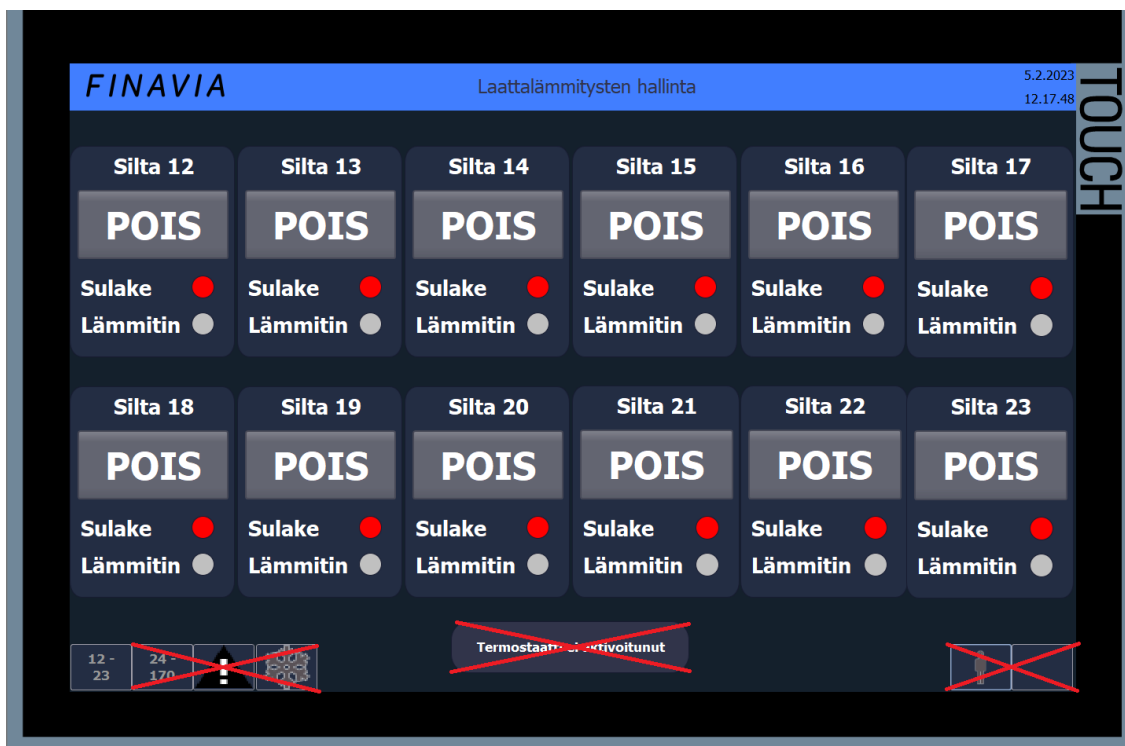
Kuva 17. Faceplate-grafiikka.

Kun grafiikka on valmis, siihen linkitetään käytettäviä muuttujia. Kuvassa 18 esitetään tätä linkitystä.



Kuva 18. Faceplateen linkitettävät muuttujat.

Kun Faceplatet kootaan yhteen näyttöön ja liitetään niihin tarvittavat tietopisteet, saadaan kuvan 19 mukainen asettelu. Kuvassa 19 on punaisella merkitty ominaisuudet, joita ei vielä oteta käyttöön.



Kuva 19. HMI:n päänäkymä sähkövalvomossa, punaisella merkitty ominaisuudet, jotka eivät tule tämän opinnäytetyön aikana käyttöön.

Jokaisen konepaikan muuttujat on kytketty HMI\_Databasen kautta kytkentämään ohjelmaan. PLC:n ohjelma käsittelee näitä muuttujia tarvitsemallaan tavalla saavuttaakseen halutun lopputuloksen. HMI:n ja PLC:n muuttujat eivät ole suoraan yhteydessä toisiinsa. Kuvassa 20 on esitetty konepaikan 20 Faceplateen linkitetyt muuttujat.

Properties		Interface		Animations		Events		Texts	
Name		Static value		Dynamization					
▼ Properties_Faceplate									
Fuse				Silta 21 Fuse					
Heater_FB				Silta 21 Feedback					
Kytkin				HMI_Data_Silta 21					
Otsikko		Silta 21							

Kuva 20. Faceplate-linkitys.



## 8 Käytettävyys

Tärkeintä oli luoda lentoaseman sähköpäivystäjille helppo- ja nopeakäyttöinen järjestelmä, joka ei kuitenkaan menetä ominaisuuksiaan häiriötilanteessa. Läh- tökohtaisesti häiriötilanteita ratkaistiin ohjelmallisesti asettamalla lähdöt niin, ett- eivät ne muuta tilaansa, mikäli PLC lopettaa kommunikoinnin. Tämän lisäksi on jätetty mahdollisuus käyttää jokaisessa laitetilassa olevaa valintakytkintä, josta voi valita lämmittimen päälle myös ilman automaatiota. Tällainen valintakytkin (kuva 21) on helppokäyttöinen eikä vikatilanteen sattuessa vaadi erityisohjeita tai oikeastaan ollenkaan ohjeita. Valintakytkimen olemassaolosta täytyy tiedot- taa uusille työntekijöille perehdytyksessä. Kun valintakytkimet kaikissa laiteti- loissa on asetettu automaatioasentoon, toimivat kaikki paikat etäohjattavina suoraan sähköpäivystyksen valvomosta.



Kuva 21. Lämmittimen valintakytkin.

Sähköpäävystyksen valvomoon on asennettu HMI (kuva 22), josta päivystäjät voivat tarpeen mukaan ohjaila lämmityksiä. Graafisen käyttöliittämän ulkoasu on käyttäjää opastava, joten lämmittimien kytkentä ei tarvitse erillistä ohjetta. HMI:n käyttö on helppoa ja nopeaa, eikä sähköpäävystäjän tarvitse poistua valvontapaikalta ollenkaan lämmittimien käyttämiseksi. Tämä tehostaa päivystäjän ajankäyttöä ja mahdollistaa nopean reagoinnin sähkön hinnan muutoksiin. Lämmitys voidaan ottaa pois korkeiden spot-hintojen aikana ja kytkeä taas päälle haluttuna ajankohtana. Aiemmin kytkentäkierros olisi vienyt aikaa noin puoli tuntia, nyt kaikki lämmittimet saadaan kytkettyä alle minuutissa.



Kuva 22. HMI sijoitettuna valvomoon.

## 9 Yhteenveto

Lähtökohtana oli luoda Helsinki-Vantaan sähköpäävistyksen valvomoon järjestelmä, jonka avulla päävystäjät voivat kytkeä sähkökäyttöisiä asematason lämmityksiä tarpeen mukaan. Tarkoitus oli korvata päävystäjän kiertävä työ tehostavalla ratkaisulla, joka samalla parantaa päävystäjän valmiuksia sekä mahdollistaa lämmityksien käytön ilman valvomosta poistumista.

Työn alussa oli haasteita löytää yhteensopivia komponentteja, joiden toimitusaika mahdollistaa aikataulussa pysymisen. Komponentit kuitenkin saatiin hankittua ja työt käyntiin. Järjestelmän asennus sujui aikataulussa, eikä suunnitelmassa havaittu ongelmia. Asennuksiin jäi myös laajennusvaraa vähintään 10 % ja monin paikoin enemmänkin, joten tämä toiveena esitetty vaatimus saatiin myös täytettyä.

Ohjelmisto saatiin valmiiksi heti asennusten päättyessä, joten perusominaisuuksiltaan toimiva ratkaisu oli toiminnassa talvikaudelle 2022–2023.

Työn oli tarkoitus myös auttaa paremmin hallitsemaan järjestelmän kokonaiskulutusta sekä mahdollistaa kulutuksen vähentäminen kalliiden spot-hintojen aikana. Rakennetun järjestelmän avulla tässä onnistuttiin ja kyseisen lämmitysjärjestelmän kokonaiskulutusta pystyttiin vähentämään alle puoleen kuukauden vertailujakson aikana.

## Lähteet

- 1 Human-Machine Interface (HMI). Verkkoaineisto. Computer Security Resource Center.  
<[https://csrc.nist.gov/glossary/term/human\\_machine\\_interface](https://csrc.nist.gov/glossary/term/human_machine_interface)>. Luettu 21.1.2023.
- 2 Finavia yrityksenä. Verkkoaineisto. Finavia. <<https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/finavia-yrityksena/visio-ja-strategia>>. Luettu 30.1.2023.
- 3 Ilmailulaki. 2014. 384/2014.
- 4 6AG1214-1HG40-5XB0. Verkkoaineisto. Siemens Industry online support.  
<<https://support.industry.siemens.com/cs/pd/566937?pdti=pi&dl=en&lc=en-CY>>. Luettu 20.1.2023.
- 5 6ES7155-6AR00-0AN0. Verkkoaineisto. Siemens Industry online support.  
<<https://support.industry.siemens.com/cs/pd/570666?pdti=pi&dl=en&lc=en-CY>>. Luettu 21.1.2023.
- 6 6ES7193-6BP00-0DA0. Verkkoaineisto. Siemens Industry Mall.  
<<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6ES7193-6BP00-0DA0>>. Luettu 21.1.2023.
- 7 6ES7193-6BP00-0BA0. Verkkoaineisto. Siemens Industry Mall.  
<<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6ES7193-6BP00-0BA0>>. Luettu 21.1.2023.
- 8 6ES7131-6BF01-0AA0. Verkkoaineisto. Siemens Industry Mall.  
<<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6ES7131-6BF01-0AA0>>. Luettu 23.1.2023.

- 9 6ES7132-6BF01-0AA0. Verkkoaineisto. Siemens Industry Mall.  
<<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6ES7132-6BF01-0AA0>>. Luettu 23.1.2023.
- 10 6AV2124-0MC01-0AX0. Verkkoaineisto. Siemens Industry online support.  
<<https://support.industry.siemens.com/cs/pd/266052?pdte=pi&dl=en&lc=en-GB>>. Luettu 23.1.2023.
- 11 Bowne, Michael. 2021. WHAT IS PROFINET? – PROFINET EXPLAINED.  
Verkkoaineisto. Profinet. <<https://us.profinet.com/profinet-explained/>>. Julkaistu 10.2.2021. Luettu 25.1.2023.
- 12 Tiedosto: OSI-malli.jpg. Verkkoaineisto. Wikikirjasto. <<https://fi.wikibooks.org/wiki/Tiedosto:OSI-malli.jpg>>. Luettu 25.1.2023.