SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Rosaliina Vähäpesola

Huvipuistolaitteen ohjauksen modernisointi

Lillbacka Powerco Oy

Opinnäytetyö
Syksy 2020
SeAMK Tekniikka
Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Rosaliina Vähäpesola

Työn nimi: Huvipuistolaitteen ohjauksen modernisointi

Ohjaaja: Heikki Rajala

Vuosi: 2020 Sivumäärä: 44 Liitteiden lukumäärä: 4

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lillbacka Powerco Oy:lle ja sen ohessa toimivalle huvipuisto Power Parkille. Työn tarkoituksena oli uusia huvipuistolaitteen tasavirtamoottorin vanhentunut kellokytkinohjaus logiikkaohjaukseksi, ja parantaa sitä kautta kyseisen laitteen vikasietoisuutta, pienentää korjauskustannuksia ja parantaa asiakastyytyväisyyttä.

Teoriaosuuden alussa käydään läpi huvipuistojen turvallisuusasioita, sekä huvipuistoja koskevia standardeja ja määräyksiä. Teoriaosuus jatkuu ohjausjärjestelmillä, ohjelmoitavilla logiikoilla sekä erilaisilla ohjelmointikielillä. Lopuksi käydään läpi työn toteutus ja yhteenveto työn tuloksista.

Työn lopputuloksena saatiin suunnitelmien mukainen uudistus, joka poistaa useita vanhassa laitteistossa esiintyneitä ongelmia. Tässä työssä toteutettua modernisointia tullaan todennäköisesti soveltamaan myös muissa vastaavan ikäluokan huvipuistolaitteissa Power Parkissa.

[1] Asiasanat: huvipuisto, huvipuistolaitteet, ohjelmoitava logiikka, standardi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electrical Automation

Author: Rosaliina Vähäpesola

Title of thesis: Modernisation of an Amusement Ride

Supervisor: Heikki Rajala

Year: 2020 Number of pages: 44 Number of appendices: 4

The objective of the thesis was to modernise the outdated clock switch control system of an amusement ride by making it logic controlled. The work included planning of the new logic control, designing of the logic programs, and installation of the new system. The thesis was made for Lillbacka Powerco Oy and the amusement park Power Park.

In the beginning of the theoretical part, the safety issues of amusement parks are discussed, as well as the standards and regulations concerning amusement parks. The theoretical part continues with control systems, programmable logics and programming languages. Finally, the implementation of the work is reviewed, and a summary of the results of the work is provided.

As the result of the work there was an updated system that eliminates several problems that have occurred with the old hardware. The modernization implemented in this work is likely to be applied to other amusement rides of the same age in Power Park.

[2] Keywords: amusement park, amusement rides, programmable logic, standard

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä 2
Thesis abstract 3
SISÄLTÖ 4
Kuvaluettelo 6
Käytetyt termit ja lyhenteet 8
1 JOHDANTO 9
1.1 Työn tausta 9
1.2 Työn tavoitteet 9
1.3 Työn rakenne 10
1.4 Yrityksen esittely 10
2 HUVIPUISTOT TOIMINTAYMPÄRISTÖNÄ 12
2.1 Turvallisuuden valvonta 12
2.2 Muut turvallisuusasiat 12
2.3 Standardit 13
2.4 Huvipuistoja koskevat standardit 14
2.4.1 SFS-EN 13814:2004 14
1.4.1 ISO 17842-1-3:2015 15
1.4.2 SFS-EN ISO 12100 17
1.4.3 Sähköasennuksia koskevat lait ja standardit 17
3 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT 18
3.1 Ohjausjärjestelmät 18
3.2 Ohjelmoitavat logiikat 18
3.3 Ohjelmoitavan logiikan toiminta 19
3.4 Kenttälaitteet 20
4 OHJELMOINTIKIELET 21
4.1 Instruction List, IL 22
4.2 Structured Text, ST 22

4.3 Sequential Function Chart, SFC 23
4.4 Ladder Diagram, LD 24
4.5 Function Block Diagram, FBD 25
5 TYÖN TOTEUTUS 26
5.1 Kohteen esittely 26
5.2 Suunnittelu 28
5.3 Lähtötilanne ja materiaalihankinnat 30
5.4 Komponenttien valinta 31
5.4.1 Ohjelmoitavan logiikan valinta 31
5.4.2 Antureiden valinta 34
5.5 Toteutus 35
5.6 Koekäyttö 39
6 YHTEENVETO 41
LÄHTEET 42
LIITTEET 45

Kuvaluettelo

Kuva 1. Huvipuisto Power Park (Power Park, [viitattu 21.10.2020]). 11

Kuva 2. Lillbacka Powerco Oy:n valmistama puristin (Lillbacka Powerco, [viitattu 1.11.2020]). 11

Kuva 3. Standardin nimen rakentuminen (Suomen Standardisoimisliitto, [viitattu 21.10.2020].) 14

Kuva 4. SFS-EN 13814 -standardi. (SFS-EN 13814 2005). 15

Kuva 5. ISO 17842-1:2015 -standardi (ISO 17842 2015,1). 16

Kuva 6. Ohjelmoitava logiikka (Keinänen ym. 2007, 212.) 19

Kuva 7. Ohjelmoitavan logiikan toiminta (Keinänen ym. 2007, 212). 20

Kuva 8. Kenttälaitteita (Keinänen ym. 2007, 210). 20

Kuva 9. Esimerkki IL-ohjelmointikielestä. (Beckhoff, [viitattu 14.06.2020]). 22

Kuva 10. Esimerkki ST-ohjelmointikielestä. (Aalto, [viitattu 14.06.2020].) 23

Kuva 11. Esimerkki SFC-ohjelmointikielestä. (Omron, [viitattu 14.06.2020]). 24

Kuva 12. Esimerkki LD-ohjelmointikielestä. (Omron, [viitattu 14.06.2020]). 25

Kuva 13. Esimerkki FBD-ohjelmointikielestä. (Aalto, [viitattu 15.06.2020]). 25

Kuva 14. Huvipuistolaite Captain Hook. 26

Kuva 15. Tasavirtamoottori. 27

Kuva 16. Sähkökeskus ennen uudistusta. 28

Kuva 17. Crouzet Millenium 3 (Elfa Distrelec, [viitattu 21.10.2020]). 32

Kuva 18. Siemens LOGO! -logiikkamoduuli. (Elfa Distrelec, [viitattu 22.10.2020]). 33

Kuva 19. Omron Zen 10C -pienoislogiikka. (Omron, [viitattu 21.10.2020]). 33

Kuva 20. Anturit. 34

Kuva 21. Asennuslevylle rakennettu simulaattori. 35

Kuva 22. Valmis kytkentä. 37

Kuva 23. M3 soft -ohjelman aloitusnäyttö. 38

Kuva 24. I/O -kaavio. 38

Kuva 25. Ajastimen säätö M3 soft -ohjelmassa. 40

Käytetyt termit ja lyhenteet

Anturi	Automaatiotekniikassa käytettävä laite, joka on tarkoitettu suureiden mittaamiseen. Mittaustieto välitetään ohjausjärjestelmälle.
PLC	Programmable logic controller eli ohjelmoitava logiikka.
SETI	Henkilö- ja yritysarviointi SETI Oy. Arvioi sähkötöitä tekevien henkilöiden pätevyyksiä Suomessa.
Standardi	Asiakirja, joka varmistaa että tuotteet ja palvelut soveltuvat siihen käyttöön ja niihin olosuhteisiin, joihin ne on tarkoitettu.
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Valvoo muun muassa vaarallisten aineiden ja kemikaalien käyttöä sekä henkilöpätevyyksiä Suomessa.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön kohdeyrityksenä oli Lillbacka Powerco Oy, ja sen ohessa toimiva huvipuisto Power Park. Alahärmässä sijaitseva Power Park on Lillbacka Powercon alaisuuteen kuuluva elämys- teema- ja huvipuistoalan yritys. Power Parkin elämyspuiston tarkoituksena on luoda asiakkaille mahdollisimman monipuolinen ja mieleenpainuva kokemus huvipuistossa, sekä sen ympäristössä sijaitsevissa muissa oheispalveluissa, kuten kartingissa, minigolfissa ja ostoskeskuksessa.

Power Parkin alueella sijaitsee yli 40 huvipuistolaitetta, ja vanhimmat niistä on rakennettu alueelle vuonna 2002. Tämän opinnäytetyön kohteena oli vuonna 2009 rakennettu huvipuistolaite ”Captain Hook”, jonka ohjausjärjestelmä kaipasi päivitystä. Laitteen ohjauskomponentit alkoivat olla vanhentunutta tekniikkaa, ja ne aiheuttivat vikaantumisia sekä huoltokatkoja.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena oli kartoittaa asiakasyrityksessä sijaitsevan huvipuistolaitteen ohjausjärjestelmän päivitystarve. Uuden ohjausjärjestelmän tavoitteena oli päästä eroon vanhassa laitteistossa esiintyneistä ongelmista, ja tuottaa sitä kautta parempaa asiakastyytyväisyyttä sekä säästöjä kohdeyritykselle. Työn tavoitteena oli myös luoda pohja muiden vastaavan ikäluokan huvipuistolaitteiden päivittämiselle.

1.3 Työn rakenne

Työn johdannossa käydään läpi opinnäytetyön tausta, tavoitteet, rakenne, sekä esitellään kohdeyritys, jolle työ tehtiin. Johdannon jälkeen jatketaan teoriaosuuteen, jossa kerrotaan huvipuistojen turvallisuudesta ja huvipuistoalalla sovellettavista standardeista ja määräyksistä. Teoriaosuudessa tarkastellaan myös ohjelmoitavia logiikoita, sekä yleisesti käytettyjä ohjelmointikieliä. Teorian jälkeen käydään läpi työn käytännön osuus ja siihen kuuluneet asennustoimenpiteet. Lopuksi tarkastellaan työn tulosta ja tavoitteisiin pääsyä.

1.4 Yrityksen esittely

Opinnäytetyön asiakasyrityksenä on Alahärmässä sijaitseva Lillbacka Powerco Oy, ja sen alaisuudessa toimiva huvipuisto Power Park. Lillbacka Powerco Oy:n juuret juontavat 1960-luvulle, jolloin yritys alkoi valmistaa teollisuuskäyttöön soveltuvia hydraulisia puristimia. Vuosien myötä yrityksen toiminta on laajentunut, ja puristintehtaan ohella toimii nykyään myös huvipuisto ja sen oheispalvelut, kuten majoitusalue, hotelli, kartingrata, ratsastuskeskus, ravirata sekä ostoskeskus. (Talvitie 29.6.2019.)

Kuva 1. Huvipuisto Power Park (Power Park, [viitattu 21.10.2020]).

Kuva 2. Lillbacka Powerco Oy:n valmistama puristin (Lillbacka Powerco, [viitattu 1.11.2020]).

2 HUVIPUISTOT TOIMINTAYMPÄRISTÖNÄ

2.1 Turvallisuuden valvonta

Huvipuistojen toiminta perustuu lähtökohtaisesti turvallisuusstandardien sekä -vaatimusten noudattamiseen. Huvipuistojen turvallisuutta on valvonut vuodesta 2016 alkaen Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Tukes valvoo huvipuistoja valvontakäyntien sekä asiakirjavalvonnan kautta, ja ottaa huvipuistoilta vastaan vaaratilanneilmoituksia. Kuluttajaturvallisuuslaki määrittelee, että huvipuistoilla on lakisääteinen velvollisuus ilmoittaa kaikista vaara- ja läheltä piti -tilanteista Tukesille. (Mäenpää 8.7.2019.)

Huvipuistoilla on käytössään myös onnettomuuskirjanpito, johon raportoidaan kaikista epäkohdista. Kirjanpitoon merkittyjen asioiden perusteella ryhdytään toimenpiteisiin, joilla vastaavat tapahtumat voidaan estää tulevaisuudessa. (Mäenpää 8.7.2019.)

2.2 Muut turvallisuusasiat

Huvipuistojen sekä leikkipuistojen turvallisuudesta vastaa yritys, joka kyseistä palvelua tarjoaa. Yritys vastaa siitä, että laitteet ovat turvallisia ja niitä huolletaan vaatimusten mukaan. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kaikki laitteet asennetaan turvallisesti, niitä käytetään turvallisesti, ja ne ovat käyttötarkoitukseen soveltuvia. Lisäksi yrityksen on laadittava kohteeseen turvallisuusasiakirja, sekä pidettävä kirjaa onnettomuuksista ja läheltä piti -tilanteista. (Mäenpää 8.7.2019.)

Turvallisuuteen sisältyy myös monta muuta asiaa huvipuistolaitteiden turvallisuuden lisäksi. Yksi olennainen asia on henkilökunnan riittävä perehdyttäminen, sekä asiakkaiden toiminta turvallisuusohjeiden mukaan. Myös huvipuistojen henkilöstön täytyy olla selvillä siitä, minkälaiset turvallisuusmääräykset ovat voimassa, ja miten niitä noudatetaan asianmukaisesti. (Mäenpää 8.7.2019.)

Turvallisuusriskejä saattavat tuottaa myös vanhojen huvipuistolaitteiden turvalaitteet, jotka eivät ole samalla tasolla kuin nykyisissä laitteissa. Vanhemmat laitteet on rakennettu sen aikaisten standardien ja vaatimusten mukaan, mikä saattaa olla riski nykyhetkessä. (Mäenpää 8.7.2019.)

2.3 Standardit

Standardit ovat toimintatapoja, joilla luodaan yhteinen linjaus tuotteiden ja järjestelmien välille, jotta ne voisivat toimia yhdessä, ja sopia keskenään toisiinsa. Standardoidut tuotteet ja palvelut täyttävät tietyt määräykset ja velvoitteet, mikä helpottaa esimerkiksi tuotteiden kansainvälistä kauppaa. Standardoituja tuotteita voidaan helposti yhdistellä keskenään. Kuluttajien luottamus tuotteita ja palveluita kohtaan lisääntyy, koska standardoidut tuotteet täyttävät niille ennalta asetetut määräykset. (Suomen Standardisoimisliitto, [viitattu 21.10.2020].)

Standardit eritellään kirjain- ja numeroyhdistelmästä koostuvan tunnuksen mukaan. Alussa oleva kirjainyhdistelmä kertoo organisaation, jossa kyseinen standardi on laadittu. Tunnuksessa voi olla myös useampi kirjainyhdistelmä, joka tarkoittaa sitä, että standardi on voimassa kaikissa kyseiseen organisaatioon kuuluvissa jäsenmaissa. Kirjainyhdistelmä EN tarkoittaa, että standardi on vahvistettu Euroopassa, ja siten voimassa myös kaikissa CENin jäsenmaissa. (Suomen Standardisoimisliitto, [viitattu 21.10.2020].)

Jokaisella maalla on oma tunnuksensa. Suomessa käytetään SFS-tunnusta. (Suomen Standardisoimisliitto, [viitattu 21.10.2020].)

Kuva 3. Standardin nimen rakentuminen (Suomen Standardisoimisliitto, [viitattu 21.10.2020].)

2.4 Huvipuistoja koskevat standardit

Huvipuistoja koskevat standardit antavat pohjan sille, miten laissa määriteltyihin vaatimuksiin päästään. Seuraavissa luvuissa esitellään huvipuistoja koskevia standardeja. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, [viitattu 21.10.2020].)

2.4.1 SFS-EN 13814:2004

SFS-EN 13814:2004 Fairground and amusement park machinery and structures. Safety. -standardi on jaettu kolmeen osaan:

Ensimmäisessä osassa määritellään minimivaatimukset, joilla voidaan taata huvipuistolaitteiden turvallinen suunnittelu, valmistus ja asennus. Lisäksi määritellään turvatoimet, joilla voidaan estää onnettomuusriskit, sekä käydään läpi laitteiden suunnittelussa ja valmistuksessa huomioonotettavat muutokset, joilla turvallisuutta voidaan parantaa. (European Comittee for Standardization, [viitattu 21.10.2020].)

Toisessa osassa käydään läpi huolto- ja turvatoimintoja, sekä määritellään minimivaatimukset, joilla taataan huvipuistolaitteiden turvallinen huolto, käyttö,

ohjaaminen ja testaaminen. (European Comittee for Standardization, [viitattu 21.10.2020]).

Kolmannessa osassa tarkastellaan niitä toimenpiteitä, joita täytyy tehdä laitteen asentamisen ja kokoamisen jälkeen. Näihin toimenpiteisiin kuuluvat jaksoittaiset huollot, sekä sähkölaitteiden käyttö. (European Comittee for Standardization, [viitattu 21.10.2020].)

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS | STANDARDI | SFS-EN 13814

Suomen Standardisoimisliitto
Finnish Standards Association

Vahvistettu
2005-01-24

1 (1 + 200)

COPYRIGHT © SFS. OSITTAINENKIN JULKAISEMINEN TAI KOPIOINTI SALLITTU VAIN SFS:N LUVALLA. TÄTÄ JULKAISUA MYY SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS

Tämä standardi on vahvistettu englanninkielisenä | *This standard is approved in English*

TIVOLIALUEIDEN JA HUVIPUISTOJEN LAITTEET JA RAKENTEET. TURVALLISUUS
Fairground and amusement park machinery and structures. Safety

Tämä standardi sisältää eurooppalaisen standardin EN 13814:2004 "Fairground and amusement park machinery and structures. Safety" englanninkielisen tekstin.

Eurooppalainen standardi EN 13814:2004 on vahvistettu suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi.

This standard consists of the English text of the European Standard EN 13814:2004 "Fairground and amusement park machinery and structures. Safety".

The European Standard EN 13814:2004 has the status of a Finnish national standard.

Kuva 4. SFS-EN 13814 -standardi. (SFS-EN 13814 2005).

1.4.1 ISO 17842-1-3:2015

ISO 17842-1-3:2015 : Safety of amusement rides and amusement devices -standardi on hyvin samankaltainen edellisessä luvussa esitellyn SFS-EN 13814:2004 -standardin kanssa.

Standardi on jaettu kolmeen osaan:

Ensimmäisessä osassa ”Design and manufacture” käydään läpi vähimmäisvaatimukset, joilla varmistetaan liikuteltavien, väliaikaisesti asennettujen, sekä pysyvästi asennettujen huvipuistolaitteiden turvallinen suunnittelu, valmistus ja asennus. (Safety of amusement rides and amusement devices - Part 1, [viitattu 21.10.2020].)

Toisessa osassa ”Operation and use” käydään läpi vähimmäisvaatimukset huvipuistolaitteiden turvalliselle käytölle, tarkastuksille, testauksille sekä huolloille. (Safety of amusement rides and amusement devices - Part 2, [viitattu 21.10.2020]).

Kolmannessa osassa ”Requirements for inspection during design, manufacture, operation and use” tarkastellaan vaatimuksia välttämättömille tarkastuksille ISO/IEC 17020 -standardin mukaan. (Safety of amusement rides and amusement devices - Part 3, [viitattu 21.10.2020].)

INTERNATIONAL STANDARD

ISO 17842-1

First edition
2015-07-01

Safety of amusement rides and amusement devices —

Part 1:
Design and manufacture

Sécurité des manèges et des dispositifs de divertissement —
Partie 1: Conception et fabrication

Kuva 5. ISO 17842-1:2015 -standardi (ISO 17842 2015,1).

1.4.2 SFS-EN ISO 12100

Koneturvallisuusstandardi SFS-EN ISO 12100 : Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen, on kansainvälinen standardi, joka määrittelee menetelmät, periaatteet ja käsitteet, joilla saadaan aikaan turvallisuus koneiden suunnittelussa. Standardissa määritellään myös riskien arvioinnin ja pienentämisen periaatteet, sekä menettelytavat joilla voidaan tunnistaa vaarojen ja riskien suuruudet. (Standardien verkkokauppa, [viitattu 21.10.2020].)

1.4.3 Sähköasennuksia koskevat lait ja standardit

Suomessa voimassa olevat sähköasennuksia koskevat lait ja standardit pätevät myös huvipuistojen sähköasennuksissa. Sähköasennuksia koskevat määräykset löytyvät sähköturvallisuuslaista (L1135/2016), ja Valtioneuvoston asetuksen (A1434/2016) liitteestä 1.

Vaatimusten täyttyminen on kuitenkin käytännössä helpointa toteuttaa noudattamalla voimassa olevia sähköasennuksia koskevia standardeja, joista tärkeimpiä ovat SFS 6000 -sarjan standardit. Tukes ylläpitää listaa niistä standardeista, joita noudattamalla sähköturvallisuusvaatimukset täyttyvät. (Orrberg & Tiainen 2017.)

Laissa määritellään myös se, että sähkötöitä tekevän henkilön täytyy olla riittävän pätevä tehtäviinsä. Sähkötöitä tekevien henkilöiden pätevyyksiä arvio Henkilö- ja yritysarviointi SETI Oy. (Orrberg & Tiainen 2017.)

3 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT

3.1 Ohjausjärjestelmät

Ohjausjärjestelmällä tarkoitetaan yleensä koneen, laitteen tai toiminnon ohjaamiseen tarvittavaa ohjausta. Ohjausjärjestelmiä voivat olla esimerkiksi ohjelmoitavat logiikat (PLC), työstökoneiden ohjaus (NC), robottien ohjausjärjestelmät sekä PID-säätimet. (Keinänen ym. 2007, 210.)

Ohjausjärjestelmät sisältävät paikallisen ja konekohtaisen käyttöliittymän, jonka avulla käyttäjä pääsee ohjaamaan koneen toimintaa. Ohjausjärjestelmät voivat toimia myös itsenäisesti, mutta useimmiten ne on liitetty johonkin ylempään järjestelmään. (Keinänen ym. 2007, 210.)

Ohjaimiksi voidaan lukea myös yksittäiset laitteet, jotka ovat tarkoitettu tietyn suureen seurantaan ja säätämiseen. Tällaisia laitteita voivat olla esimerkiksi omalla prosessorilla varustetut lämpötila- tai pinnankorkeuden säätimet. (Keinänen ym. 2007, 210.)

3.2 Ohjelmoitavat logiikat

Ohjelmoitavat logiikat, eli PLC:t (Programmable Logic Controller), ovat prosessien reaaliaikaiseen ohjaamiseen käytettyjä tietokoneita. Logiikkaohjauksen avulla automaatiojärjestelmään voidaan tarvittaessa tehdä muutoksia helposti ja nopeasti ilman suuria rakenteellisia muutoksia. Logiikkaohjauksilla on pystytty korvaamaan vanhat rele- ja ajastinohjaukset, sekä nopeuttamaan vianhakua ja pienentämään ohjauksen tilantarvetta. Logiikoiden sisältämä vikadiagnostiikka auttaa myös osaltaan vianhaun nopeuttamisessa, sekä tuotannon pysähtymisten lyhentämisessä. (Keinänen ym. 2007, 212.)

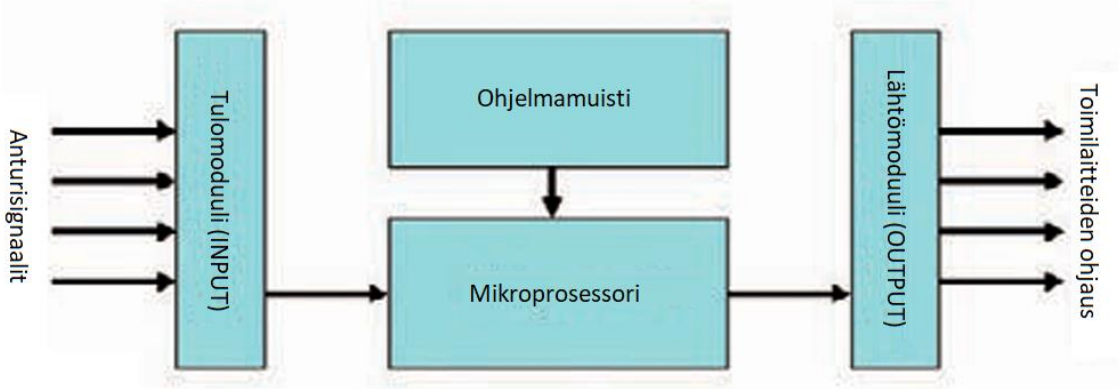
Kuva 6. Ohjelmoitava logiikka (Keinänen ym. 2007, 212.)

3.3 Ohjelmoitavan logiikan toiminta

Ohjelmoitavat logiikat ovat olennainen osa prosessin ohjausjärjestelmää, ja niiden tarkoituksena on korvata vanhat ja monimutkaiset releillä toteutetut ohjaukset. Aikaisemmin logiikkaohjaukset jaettiin kahteen eri päätyyppiin sen mukaan, pystyivätkö ne suorittamaan askeltavia vai vapaasti ohjelmoituja ohjelmakoodeja. Nykyaikaisilla ohjelmoitavilla logiikoilla pystytään kirjoittamaan sekä askeltavia, että vapaasti kiertäviä ohjelmia sen mukaan, kumpi on kyseiselle prosessille parempi vaihtoehto. (Keinänen ym. 2007, 212.)

Ohjelmoitavan logiikan tarkoituksena on ohjata siihen kytkettyjä toimilaitteita kirjoitetun ohjelman, sekä antureiden antaman informaation perusteella. Ohjelmoitavat logiikat sisältävät tulo- ja lähtöportteja, joihin kenttälaitteita voidaan kytkeä. Anturit ja lähestymiskytkimet kytketään logiikan tuloporttiin, ja toimilaitteet kuten sähkömoottorit ja merkkilamput kytketään logiikan lähtöporttiin. Näitä tulo- ja lähtöportteja kutsutaan myös englanninkielisillä nimityksillä inputs ja outputs. Tästä tulee nimitys I/O, jota käytetään yleisesti ohjelmoitavien logiikoiden yhteydessä. (Keinänen ym. 2007, 212.)

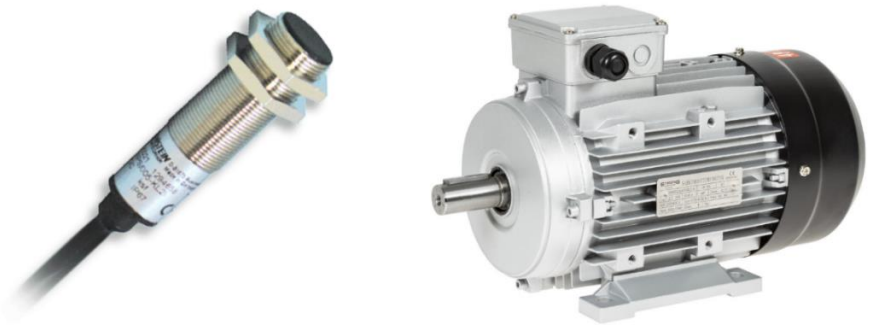
Logiikkaohjelma kirjoitetaan ohjelmoitavan logiikan muistiin, ja se valvoo prosessin tilaa reaaliaikaisesti. Kenttälaitteiden toiminnallisuudet määräytyvät sen mukaan, mitä ohjelmaan on kirjoitettu. (Keinänen ym. 2007, 212-223.)



Kuva 7. Ohjelmoitavan logiikan toiminta (Keinänen ym. 2007, 212).

3.4 Kenttälaitteet

Kenttälaitteilla tarkoitetaan antureita ja toimilaitteita. Kenttälaitteita tarvitaan, jotta ohjausjärjestelmä pystyisi ohjaamaan prosessia halutulla tavalla. Antureita tarvitaan prosessin tiedonkeruuseen ja antamaan ohjausjärjestelmälle tietoa ohjattavan laitteen tilasta. Anturit ovat välttämättömiä esimerkiksi toimilaitteen paikoittamiseksi tai robottien ohjaamiseksi. (Keinänen ym. 2007, 210.)



Kuva 8. Kenttälaitteita (Keinänen ym. 2007, 210).

4 OHJELMOINTIKIELET

Ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmointitapa vaihtelee valmistajan sekä logiikan kokoluokan mukaan. Logiikoita voidaan ohjelmoida kehitystasosta riippuen joko suoraan logiikan sisäisellä käyttöjärjestelmällä, tai nykyisin yleistyneillä tietokonepohjaisilla ohjelmistoilla, jotka mahdollistavat eri ohjelmointiperiaatteiden käytön. Ohjelmointikielten komennot eivät ole standardisoituja, jonka takia logiikkaporteista ja käskysanoista muodostuvat komennot vaihtelevat eri valmistajien välillä. (Keinänen ym. 2007, 223.)

Sen sijaan logiikkaohjelmoinnissa käytettävät ohjelmointikielet ovat standardisoituja. IEC 61131 -standardin tarkoituksena on yhtenäistää ohjelmoinnissa käytettäviä menetelmiä. Standardi tarjoaa viisi eri tyyppistä ohjelmointikieltä, joista kaksi on tekstuaalista ja kolme on graafista. (Keinänen ym. 2007, 223.)

Näistä ohjelmointikielistä tekstimuotoisia ovat:

Instruction List, IL

Structured Text, ST

Ja graafisia kieliä ovat:

Ladder Diagram, LD

Function Block Diagram, FBD

Sequential Function Charts, SFC. (Keinänen ym. 2007, 223.)

4.1 Instruction List, IL

Instruction list -ohjelmointikieli koostuu sarjaan kirjoitetuista ohjeista. Jokainen ohje sisältää operaattorin sekä yhden tai useamman puolipisteellä erotetun operandin. IL-ohjelmointi muistuttaa hyvin paljon Assembler -ohjelmointikieltä. (Beckhoff, [viitattu 14.06.2020].)

IL-ohjelmat ovat erittäin nopeita suorittaa, ne eivät tarvitse paljon muistia, ja ne ovat myös selkolukuisia. (Motion control tips, [viitattu 14.06.2020].)

```
1  PROGRAM IL
2  VAR
3      fbTimer1 : TON;
4      fbTimer2 : TON;
5      bVar : BOOL;
6      nVar : INT;
7      tIn1 : TIME;
8      tOut1 : TIME;
9  END_VAR
```

```
1   LD          bVar
    ST          fbTimer1.IN     starts timer with rising edge, resets time…
    JMP         mark1
    CAL         fbTimer1(
                PT:=tIn1,
                ET:=>tOut1)
    LD          fbTimer1.Q      gets TRUE, delay time (PT) after a rising…
    ST          fbTimer2.IN     starts timer with rising edge, resets time…
2
    mark1:
    LD          nVar
    ADD         230
```

Kuva 9. Esimerkki IL-ohjelmointikielestä. (Beckhoff, [viitattu 14.06.2020]).

4.2 Structured Text, ST

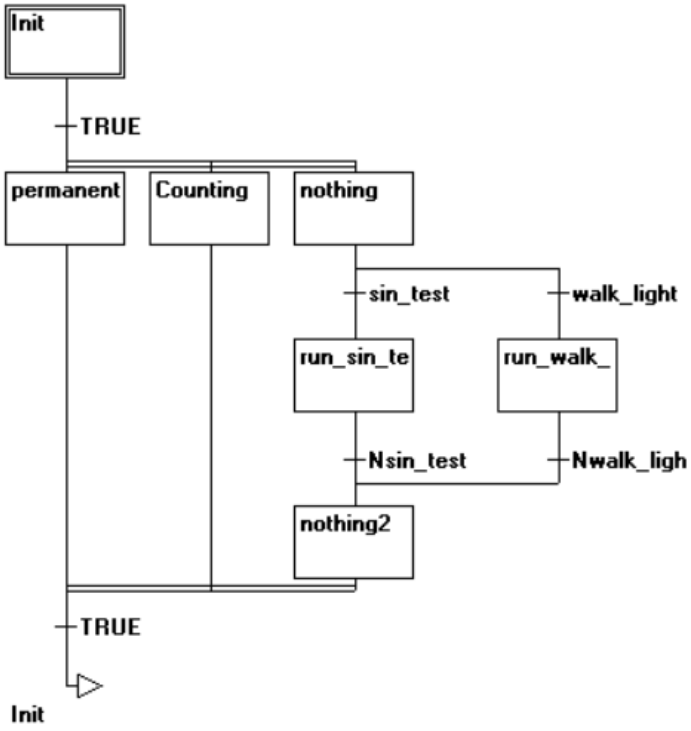
ST eli käskylista koostuu lausekkeista, jotka erotetaan toisistaan puolipisteellä. Lausekkeet sijoitetaan ehtojen program ja end_program väliin, ja ne suoritetaan järjestyksessä ylhäältä alaspäin. ST-ohjelmointi muistuttaa korkeamman tason ohjelmointikieliä, ja se on luotu toimimaan yhteistyössä muiden PLC ohjelmointikielien kanssa. (Infoplc, [viitattu 15.06.2020].)

```
PROGRAM main
VAR
        i : INT;
END_VAR
i := 0;
REPEAT
        i := i + 1;
        UNTIL i >= 10;
END_REPEAT;
END_PROGRAM
```

Kuva 10. Esimerkki ST-ohjelmointikielestä. (Aalto, [viitattu 14.06.2020].)

4.3 Sequential Function Chart, SFC

SFC-ohjelmointikielellä, eli sekvenssivuokaaviolla, voidaan toteuttaa sekvenssiohjelman runko. Sillä voidaan kuvata erilaisia toimintoja ohjelman sisällä kronologisessa järjestyksessä. Toimenpideohjelmat tehdään joko jollain muulla ohjelmointimuodolla tai sitten ne toteutetaan yksinkertaisesti ehdoilla. (Omron, [viitattu 14.06.2020].)

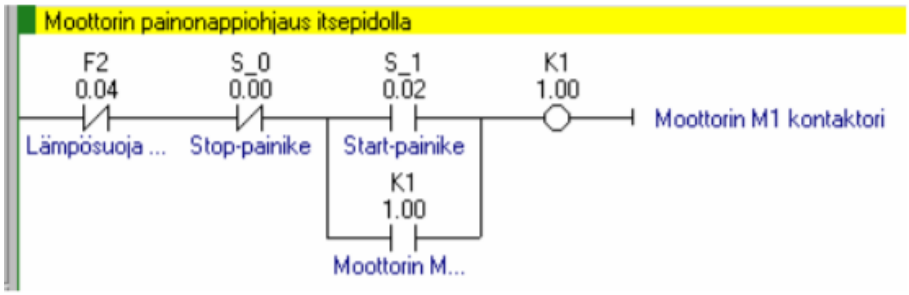


Kuva 11. Esimerkki SFC-ohjelmointikielestä. (Omron, [viitattu 14.06.2020]).

4.4 Ladder Diagram, LD

LD-ohjelmointi, eli tikapuu- tai relekaavio, muistuttaa ohjauspiirikaaviota. Ehtologiikka toteutetaan avautuvilla ja sulkeutuvilla koskettimilla. LD-ohjelma on selkeä ja sillä voidaan luoda myös monimutkaisia logiikkaohjelmia. (Omron, [viitattu 14.06.2020].)

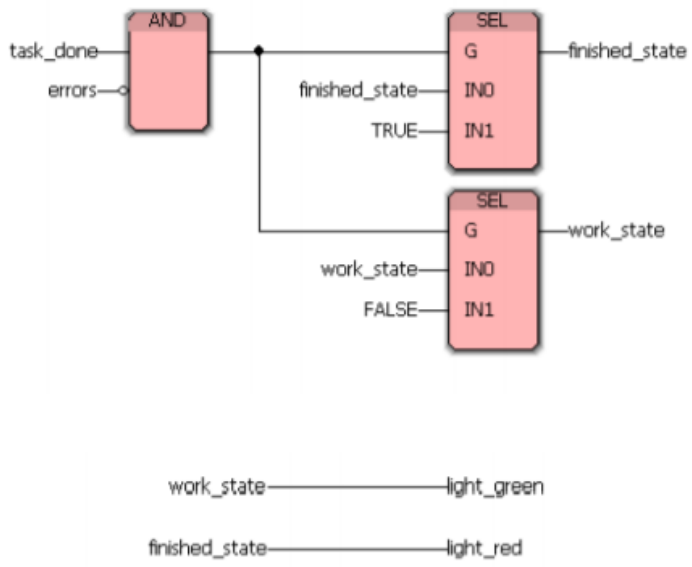
Tikapuukaavion vasen reuna vastaa piirikaaviossa olevaa virtakiskoa ja oikea reuna vastaa nollakiskoa (Keinänen ym. 2007, 224).



Kuva 12. Esimerkki LD-ohjelmointikielestä. (Omron, [viitattu 14.06.2020]).

4.5 Function Block Diagram, FBD

FBD-ohjelmointi perustuu graafisiin toimilohkoihin. Toimilohko koostuu sisääntuloista, ulostuloista, sekä itse lohkosta, jonka toiminta määräytyy valitun lohkon mukaan. Sisääntulot merkitään lohkon vasemmalle puolelle ja ulostulot sen oikealle puolelle. Toimilohkolla voi olla myös useampi ulostulo. Ohjelmaa suoritetaan ylhäältä alaspäin ja vasemmalta oikealle. (Aalto, [viitattu 15.06.2020].)



Kuva 13. Esimerkki FBD-ohjelmointikielestä. (Aalto, [viitattu 15.06.2020]).

5 TYÖN TOTEUTUS

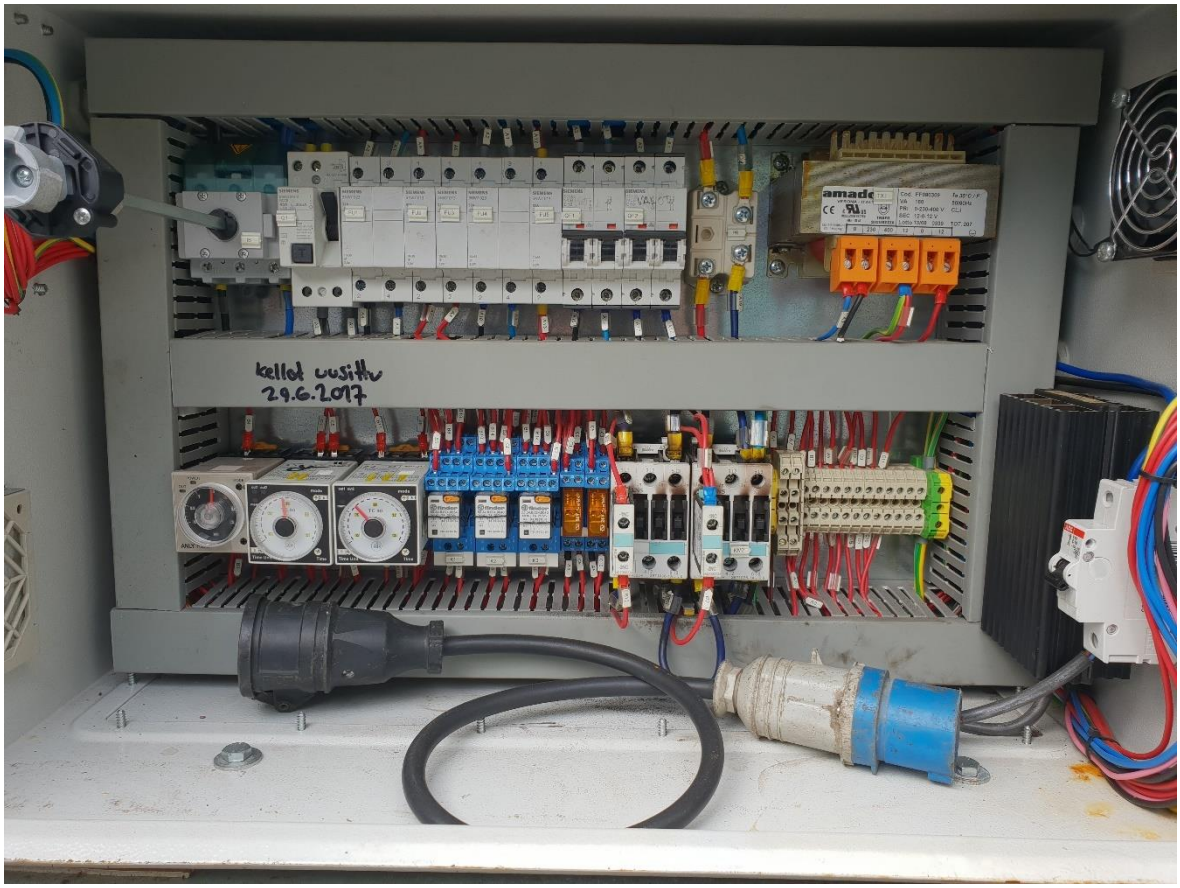
5.1 Kohteen esittely

Tämän opinnäytetyön kohteena oli huvipuisto Power Parkissa sijaitseva huvipuistolaite Captain Hook. Laite on otettu käyttöön Power Parkissa vuonna 2009.

Kuva 14. Huvipuistolaite Captain Hook.

Laivan keinuttamiseen tarkoitettu 110V:n tasavirtamoottori on sijoitettu laitteen alla oleviin rakenteisiin. Tasavirtamoottorin akseliin kiinnitetty rengas on kosketuksissa laivan pohjaan, jolloin laiva liikkuu haluttuun suuntaan moottorin ohjauksen mukaisesti. Ohjaus on toteutettu siten, että molemmissa ylärajoissa olevat anturit ohjaavat releitä, releet ohjaavat kellokytkimiä, ja kellokytkimet ohjaavat kontaktoreiden kautta moottoria. Kyseessä on siis kellokytkimillä toteutettu suunnanvaihtokytkentä.

Kuva 15. Tasavirtamoottori.



Kuva 16. Sähkökeskus ennen uudistusta.

5.2 Suunnittelu

Työn suunnittelu toteutettiin yhteistyössä kohdeyrityksen kanssa, sillä heillä oli paras tietämys laitteen uudistamistarpeesta ja siihen johtaneista syistä. Suunnittelun alkuvaiheessa todettiin, että logiikkaohjaus olisi paras ratkaisu ongelmaan, ja sillä saataisiin päivitettyä laite nykyaikaan. Ohjelmoitavalla logiikalla toteutettu ohjaus olisi myös pienillä muutoksilla kopioitavissa muihin uudistusta vaativiin laitteisiin.

Työn aloitusvaiheessa kävi ilmi, että kaikki työhön tarvittavat materiaalit olivat yrityksessä valmiiksi saatavilla. Näin ollen kustannusarviota ei tarvinnut laatia.

Kytkentäkaaviot saatiin tilattua sähköisesti laitteen valmistajalta, joka auttoi vanhan järjestelmän toiminnan kartoittamisessa. Alkuperäiset kytkentäkuvat löytyvät liitteistä 2–4.

Työn suunnittelun yhteydessä täytyi ottaa huomioon myös huvipuistoja koskevat standardit, jottei laitteen rakenteesta tulisi määräysten vastaista. Tässä luvussa käytettyjen englanninkielisten standardien käännökset ovat tekijän itsensä kääntämiä, koska virallisia käännöksiä ei ole saatavilla.

Standardissa SFS-EN 13814 määrätään muun muassa hätäpysäytyspainikkeesta seuraavaa:

> Laitteisto on varustettava kytkimellä sekä hätäpysäytyslaitteella, joiden avulla kuljettaja pystyy pysäyttämään kaikki ajoneuvot ohjauspisteeltään (SFS-EN 13814, 80).

Lisäksi määrätään seuraavaa:

> Turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän täytyy varmistaa että:
>
> Huvipuistolaitteen tila ei-toiminnallisissa olosuhteissa ei aiheuta missään tilanteessa vaaraa
>
> Käytön aikana tapahtuvan turvapysähdyksen, hätäpysäytyksen tai vastaavan tapahtuman jälkeen kaikki turvallisuuskriittiset parametrit ja tiedot (ennalta asetetut tai muut) on säilytettävä, kunnes laitteisto palautetaan normaaliin toimintatilaan (SFS-EN 13814, 163).

Sähköasennuksista määrätään standardissa SFS-EN 13814 seuraavasti:

> Ihmiset täytyy suojata johtimien koskettamiselta, joiden jännite on yli 25 V vaihtovirtaa tai 60 V rippelitöntä tasavirtaa käyttämällä asianmukaisesti eristettyjä kaapeleita, liittimiä ja muita laitteita, jotka on suojattu vedolta ja vaurioilta, ja sijoitettu ulottumattomiin tai koteloihin (SFS-EN 13814, 110).

sekä:

> 7.4.5.3.3 Paljaat metallipinnat on suojattava jännitteiseksi tulemiselta vikatilanteissa: vaihtovirralla maadoitetun potentiaalintasausjärjestelmän ja automaattisen irtikytkemisen avulla, ja tasavirralla maasta eristämällä. Keskeisiä kohtia ovat:
>
> - ellei laite ole kaksois- tai kokonaan eristetty, syöttö on kytkettävä paljaalle metallirakenteelle suojajohtimen kautta.
>
> - kaikki metallirakenteet ja osat on kytkettävä toisiinsa sekä vikavirtasuojaan.
>
> - syöttöön on asennettava asianmukaisesti mitoitetut suojalaitteet, kuten sulakkeet ja virrankatkaisijat, irtikytkennän varmistamiseksi oikosulkun, maasulun tai ylikuormituksen sattuessa.
>
> - julkisen tai vastaavan yksityisen virtalähteen osalta piirin suoja- ja liitosjohtimet on kytkettävä maahan tai maadoitussauvoihin virtalähteessä. (SFS-EN 13814, 110.)

5.3 Lähtötilanne ja materiaalihankinnat

Opinnäytetyön kohdeyritys halusi uudistaa huvipuistolaitteen ohjausjärjestelmän. Laitteen ongelmana olivat käyttäjävirheestä johtuvat laitteen mekaanisten osien rikkoontumiset, jotka aiheuttavat huoltokatkoja, sekä suuria korjauskustannuksia.

Vikaantumisia sattui sellaisissa tilanteissa, joissa keliolosuhteet olivat huonot, eikä laite toiminut sille kuuluvalla tavalla. Sadekelillä laivaa liikuttava rengas saattoi luistaa, eikä laite päässyt ylärajalla olevalle anturille saakka. Tästä johtuen laitekuljettaja saattoi painaa stop-painiketta, ja heti sen jälkeen start-painiketta, vaikka laite oli vielä liikkeessä. Tällainen inhimillinen virhe aiheutti laitteen äkillisen suunnanvaihdon, jonka takia vaihteisto saattoi hajota.

Yhteistyössä kohdeyrityksen kanssa päätettiin, että ohjausjärjestelmä oli päivitettävä nykyaikaiseen logiikkaohjaukseen. Sillä tavoin voitaisiin estää edellä mainitut tapahtumat, sekä luoda pohja myös muiden vastaavassa tilanteessa olevien laitteiden päivitykselle. Laivan liikuttamiseen tarkoitettua moottoriyhdistelmää ei lähdetty tässä vaiheessa uudistamaan, jottei laitteen rakennetta muutettaisi liikaa.

Myöskään vanhaa sähkökeskusta ei lähdetty purkamaan, jotta laite olisi tarvittaessa palautettavissa vielä alkuperäiseen kuntoonsa. Sovittiin kohdeyrityksen kanssa, että logiikkaohjaus rakennettaisiin vanhaan keskukseen, purkamatta aikaisempia kytkentöjä.

5.4 Komponenttien valinta

Alkutilanteen kartoituksen jälkeen oli selvää, että työn tekemiseen tarvittaisiin ohjelmoitava logiikka eli PLC, jossa on vähintään kuusi tuloa ja kaksi lähtöä. Lisäksi täytyisi hankkia induktiiviset anturit, 24 V:n tasavirtalähde, sekä kaapeloinnit ja niiden suojaputket.

Lisäksi työhön tarvittaisiin liittimiä ja työkaluja, joita yrityksessä oli valmiiksi saatavilla.

5.4.1 Ohjelmoitavan logiikan valinta

Komponenttien valinta alkoi PLC:n valinnalla. Heti työn alkuvaiheessa selvisi, että yrityksessä oli saatavilla Crouzet Millenium 3 -logiikoita, joita olisi mahdollista hyödyntää opinnäytetyön tekemisessä. Kyseessä on 24 VDC:n ohjausjännitteellä toimiva logiikkaohjain, jossa on 8 digitaalista sisääntuloa ja 4 relelähtöä. Logiikkaohjaimessa on myös LCD-näyttö, jonka kautta ohjelmointi on mahdollista.

Crouzetin logiikoiden ohjelmointi perustuu sekventiaalifunktiokaavioon eli SFC-ohjelmointikieleen. Ohjelma on mahdollista luoda joko tikapuukaaviona (LD) tai toimilohkodiagrammina (FBD). Ohjelmointia varten Crouzetin kotisivuilta on ladattavissa ilmainen M3 soft -ohjelma.

Kuva 17. Crouzet Millenium 3 (Elfa Distrelec, [viitattu 21.10.2020]).

Muitakin PLC vaihtoehtoja kartoitettiin, ja hyviksi ehdokkaiksi olisivat sopineet myös Siemensin LOGO!-logiikkamoduuli tai Omronin ZEN-pienoislogiikka. Molemmat olisivat olleet kustannusten ja kokonsa kannalta hyviä vaihtoehtoja.

Tässä tilanteessa parhaaksi vaihtoehdoksi osoittautui kuitenkin Crouzetin Millenium 3 -logiikka saatavuutensa perusteella.

Kuva 18. Siemens LOGO! -logiikkamoduuli. (Elfa Distrelec, [viitattu 22.10.2020]).

Kuva 19. Omron Zen 10C -pienoislogiikka. (Omron, [viitattu 21.10.2020]).

5.4.2 Antureiden valinta

Alkuperäisessä huvipuistolaitteestossa oli käytössä kaksi induktiivista vaihtovirta-anturia, jotka toimivat laitteen ylärajoina, sekä yksi mekaaninen rajakytkin. Mekaaninen rajakytkin pystyttiin kytkemään vaihtovirran ohella myös tasavirtaan, joten sen korvaamiselle ei ollut tarvetta. Induktiiviset anturit olivat kuitenkin päässeet hankaamaan laivan yläreunaan kiinnitettyyn metallilaippaan, jonka takia ne alkoivat olla vaihtokunnossa.

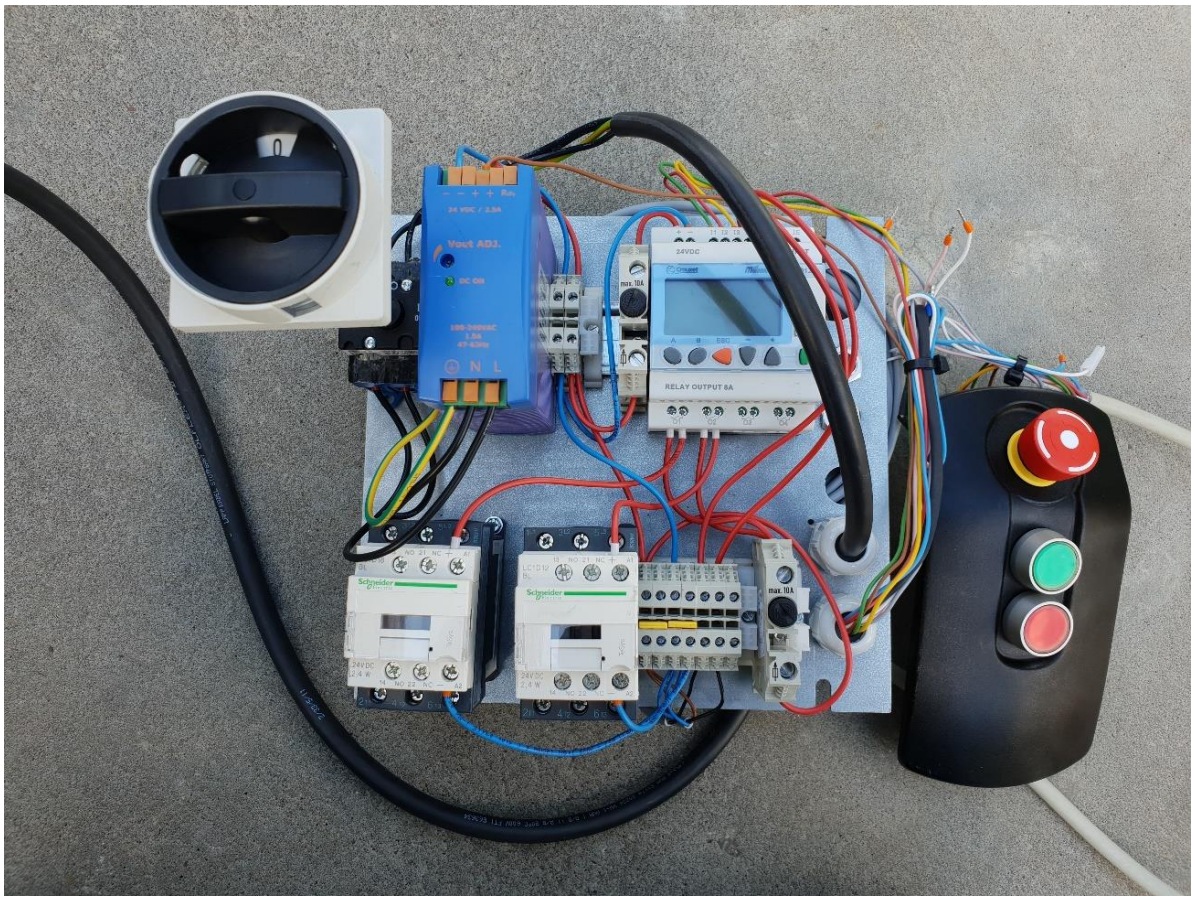
Kohdeyrityksellä oli saatavissa induktiivisia tasavirta-antureita, joiden kytkeminen onnistui suoraan logiikan tuloihin. Antureiden valinnassa vertailua ei lähdetty edes tekemään, sillä uudet toimilaitteet olivat helposti saatavissa, eikä niistä tullut kustannuksia.

Kuva 20. Anturit.

5.5 Toteutus

Työn toteuttaminen alkoi vanhan laitteiston kartoittamisella ja sen toiminnan selvittämisellä. Yhteistyössä kohdeyrityksen kanssa saatiin selville laitteen ongelmakohdat ja vikaantumiseen johtaneet syyt, joiden perusteella pystyttiin aloittamaan uuden järjestelmän suunnittelu. Työn alkuvaiheessa selvitettiin materiaalitarve ja mahdolliset tilaustuotteet, jotta niiden tilaamiseen ja kuljettamiseen kuluva aika saataisiin minimoitua. Hankintoja ei kuitenkaan tarvinnut tehdä, joten suunnittelua voitiin jatkaa.

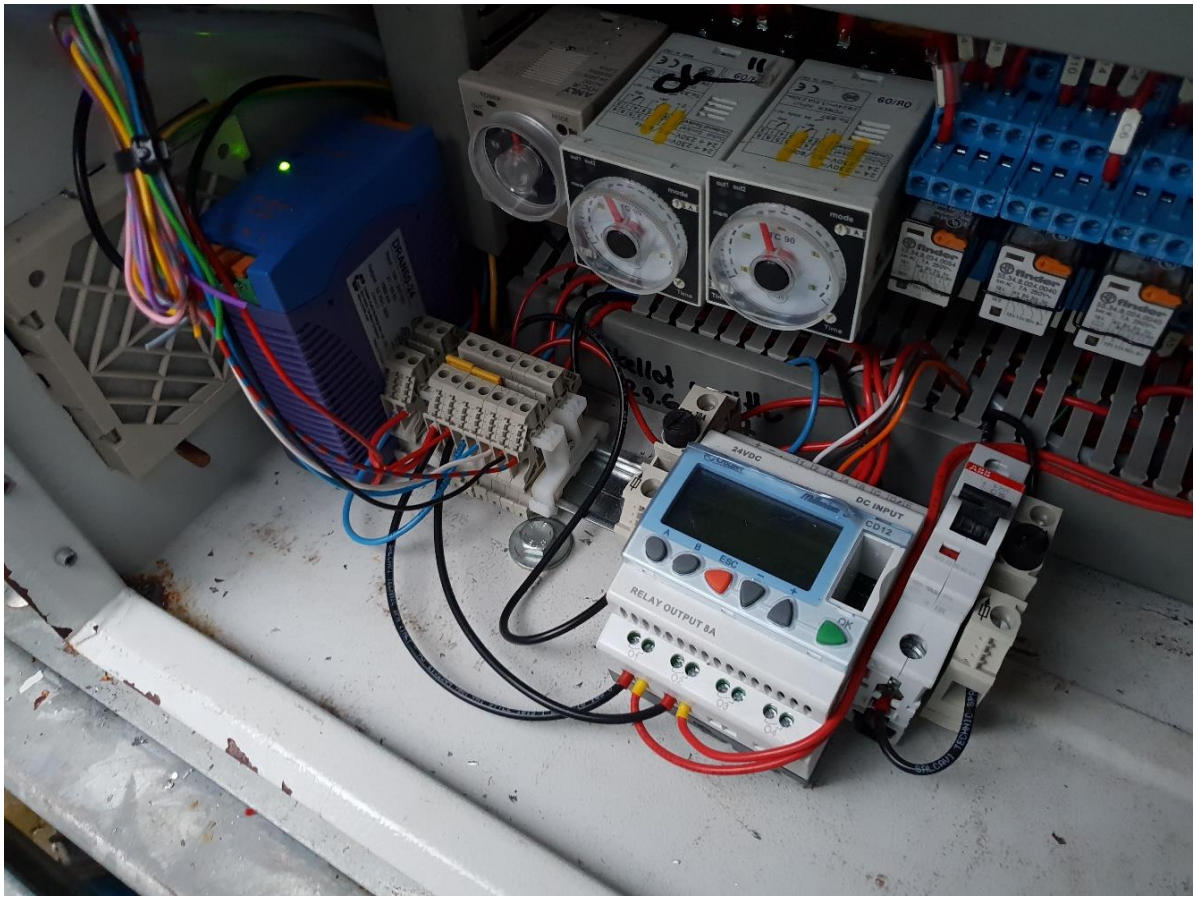
Kohdeyrityksellä oli toiveena, että työ aloitettaisiin vasta syyskuussa, kun huvipuistokausi on päättynyt. Näin vältyttäisiin siltä, että laitetta jouduttaisiin jostain syystä pitää poissa ajosta. Jotta työn suunnittelu saatiin käyntiin, rakennettiin asennuslevylle simulaattori, jolla logiikkaohjelman kirjoittaminen ja testaaminen oli mahdollista.



Kuva 21. Asennuslevylle rakennettu simulaattori.

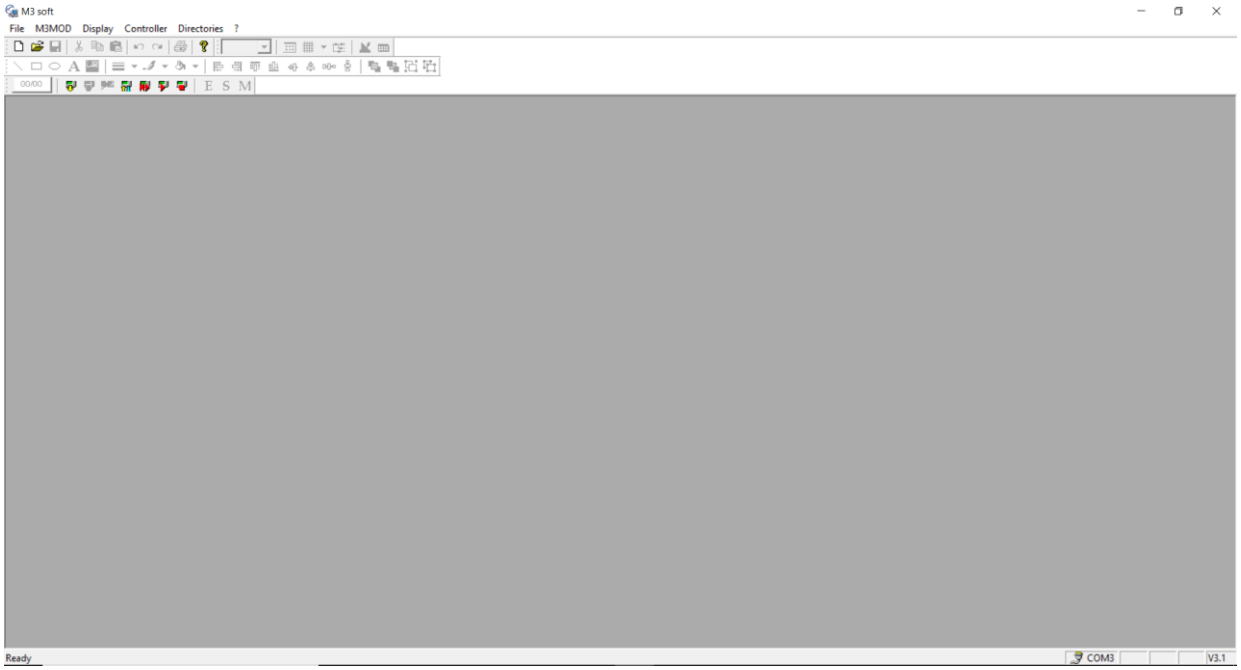
Laitteen alkuperäisessä ohjauspaneelissa oli valmiiksi kaikki standardissa määritellyt painikkeet, joten siihen ei tarvinnut tehdä muutoksia. Sen sijaan kaapelointi sähkökeskukselta antureille täytyi uusia ja sijoittaa asianmukaiseen suojaputkeen.

Vanhat induktiiviset anturit poistettiin ja tilalle asennettiin uudet induktiiviset tasavirta-anturit. Sähkökeskukseen asennettiin PLC, sekä sen syöttämiseen vaadittava 24 VDC:n virtalähde, jonka syöttö otettiin keskuksessa sijainneelta vapaalta 10 A:n johdonsuojakatkaisijalta. Myös antureiden syöttö saatiin tasavirtalähteeltä. Virtalähde suojattiin lisäksi 1,5 A:n sulakkeella, ja PLC 1 A:n sulakkeella, kuten tuotekorteissa määriteltiin. Lopuksi ohjauspaneelilta tullut kaapeli kytkettiin riviliittimille, jotta painikkeiden kytkeminen logiikan tuloihin helpottui, ja kytkennästä saatiin selkeämpi.



Kuva 22. Valmis kytkentä.

Kytkentöjen ohella valmisteltiin logiikkaohjelma. Ohjelma tehtiin M3 soft -ohjelmalla, joka on ladattavissa ilmaiseksi Crouzetin kotisivuilta. Ennen ohjelmoinnin aloittamista täytyi tutustua ohjelmaan, ja sen toimintoihin. Crouzetin logiikkaohjelmointi eroaa Siemensin ja Beckhoffin ohjelmistoista muun muassa sillä, että Crouzetissa koko ohjelma luodaan yhdelle sivulle. Tämä saattaa joskus tuoda omat haasteensa, sillä suuremmista ohjelmista tulee usein hieman sekavan näköisiä.



Kuva 23. M3 soft -ohjelman aloitusnäyttö.

Logiikkaohjelman luominen alkoi tulojen ja lähtöjen listaamisella. Aluksi suunniteltiin I/O-kaavio eli input- ja output-kaavio. Kaavioon merkittiin kaikki laitteessa tarvittavat tulot ja lähdöt, jonka jälkeen samat I/O:t lisättiin logiikkaohjelmaan. M3 soft -ohjelmassa tulot sijoitetaan kaavion vasempaan reunaan, ja lähdöt kaavion oikeaan reunaan.

I/O -KAAVIO

Input 1 = Start -painike

Input 2 = Stop -painike

Input 3 = Hätäseis -painike

Input 4 = Yläraja-anturi, vasen

Input 5 = Yläraja-anturi, oikea

Input 6 = Yläraja-anturi, mekaaninen

Output 1 = Kontaktori KM1, ajo vasemmalle

Output 2 = Kontaktori KM2, ajo oikealle

Kuva 24. I/O -kaavio.

Seuraavaksi logiikkaohjelmaa rakennettiin seuraavien ehtojen mukaan:

- Laite käynnistetään start-painikkeesta, ja pysäytetään stop-painikkeesta.
- Hätäseis-painikkeella laitteen liike vapautetaan ja ohjelma pysäytetään.
- Mekaaninen yläraja pysäyttää laitteen.
- Laite pysäytetään, mikäli se ei pääse keliolosuhteista, tai muista syistä johtuen yläraja-anturille saakka.
- Mikäli laite pysäytetään stop- tai hätäseis-painikkeesta kesken ajon, laitteen käynnistäminen tulee olla estettynä, kunnes laite on täysin pysähtynyt.
- Hätäseis-painiketta painettaessa laitteen liike vapautuu välittömästi, eikä laitetta pystytä käynnistämään uudelleen ennen painikkeen vapauttamista.
- Mikäli ajo on käynnissä, start-painikkeen uudelleen painamisella ei ole vaikutusta.

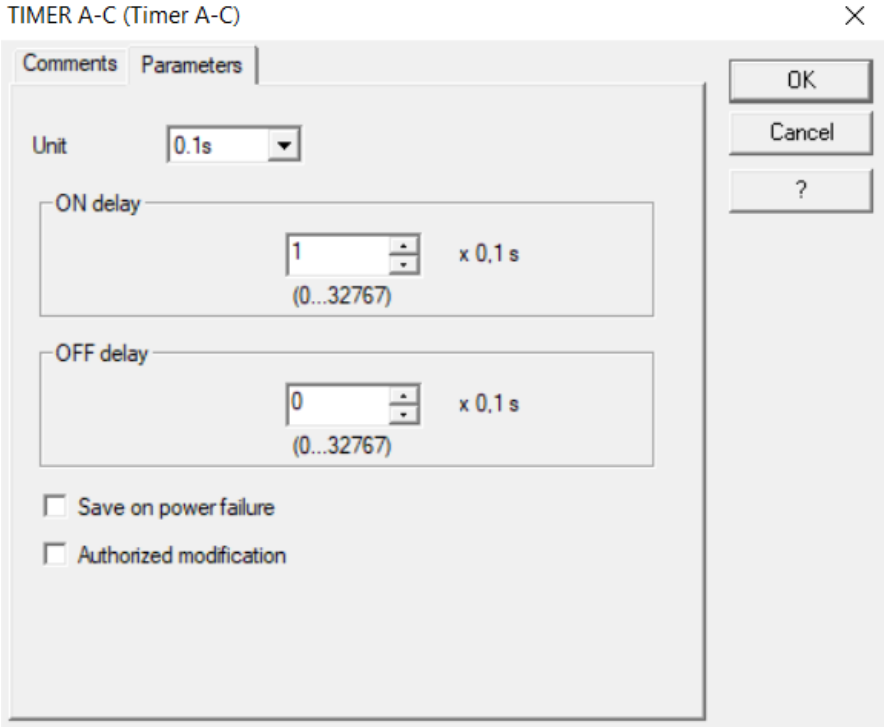
Ohjelmoinnin aikana työtä testailtiin tasaisin väliajoin, jotta ajastimet saatiin säädettyä oikeisiin asetusarvoihin. Samalla säädettiin anturit oikealle etäisyydelle tunnistuslevystä, jotta ne eivät pääse löystymään ja hankaamaan laitetta vasten.

5.6 Koekäyttö

Ohjelman valmistumisen jälkeen voitiin aloittaa koekäyttö. Valmis PLC-ohjelma löytyy liitteestä 1.

Koekäytön yhteydessä tehtiin tarkempi säätö ajastimille, joilla määrätään laitteen ajoaika kumpaankin suuntaan. Ajoaika poikkesi hieman alkuperäisessä kytkennässä olleiden kellokytkinten ajastuksista, mutta laitteen toiminta saatiin säädöillä identtiseksi alkuperäisen kanssa. Myös liikkeet pehmenivät logiikkaohjauksen mahdollistamien viiveiden myötä. Laitteen kokonaisajoajaksi

määriteltiin 1 minuutti. Työn päätteeksi laitetta testattiin erilaisten kuormien kanssa, ja erilaisissa olosuhteissa, jotta saatiin varmistus laitteiston toiminnalle.



Kuva 25. Ajastimen säätö M3 soft -ohjelmassa.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli uudistaa huvipuisto Power Parkin alueella sijaitsevan huvipuistolaitteen ohjaus, ja parantaa siten laitteen toimintaa, sekä turvallisuutta. Tavoitteena oli luoda sellainen uudistus, että käyttäjävirheiltä sekä sääolosuhteiden aiheuttamilta ongelmilta vältyttäisiin.

Suunnittelutyö aloitettiin selvittämällä alkuperäisen kytkennän rakenne, sekä laitteen toiminta. Muutosten laajuus, sekä työn aikatauluttaminen sovittiin yhteistyössä kohdeyrityksen kanssa. Työn suunnitteluvaiheen aikana perehdyttiin myös huvipuistoja koskeviin standardeihin, ja hankittiin kaikki työhön vaadittavat materiaalit.

Työn tekeminen alkoi keskuksen kalustamisella, raja-antureiden asentamisella, sekä antureiden kytkentäjohdon putkittamisella. Keskuksen asennustöiden yhteydessä kytkettiin virta myös uudelle tasajännitelähteelle. Kytkentöjen valmistuttua aloitettiin logiikkaohjelman tekeminen ja testaaminen.

Logiikkaohjelman testaamisen aikana muodostui ongelmaksi kontaktoreiden vetoaikojen säätäminen. Vanhan asennuksen kellokytkimien ajastukset eivät sopineet uudistettuun ohjaukseen, joten asetusarvoja täytyi vaihdella oikeiden vetoaikojen löytämiseksi. Lisäksi ohjelmaan täytyi lisätä ehto koskien huonompia sääolosuhteita. Ehdoksi määriteltiin, että mikäli laite ei pääse normaalin ajoajan kuluessa ylärajalle, käännetään ajosuunta päinvastaiseksi, ja tätä toistetaan kunnes normaali ajoaika saavutetaan. Tällä ehdolla pystyttiin myös poistamaan epätasaisen lastauksen aiheuttamat ongelmat, jonka seurauksena laite ei päässyt riittävän ajan kuluessa ylärajalle saakka.

Sopivien säätöjen löydyttyä voitiin siirtyä laitteiston koekäyttöön. Koekäytön aikana laitetta testailtiin kymmeniä kertoja sekä kuorman kanssa että ilman. Kohdeyritys oli tyytyväinen lopputulokseen, ja lopulliseen testiin ohjaus pääsee ensi kesänä, kun huvipuisto avataan asiakkaille.

LÄHTEET

Aalto. Ei päiväystä. Opas toimilohko-ohjelmointiin. [Pdf-julkaisu]. Aalto. [Viitattu 15.06.2020]. Saatavissa: https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/293741/mod_resource/content/2/FDB_opas2.pdf

Beckhoff. [Verkkosivu]. Ei päiväystä. [Viitattu 14.06.2020]. Saatavissa: https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tc3_plc_intro/2526631051.html&id=

Elfa Distrelec. Ei päiväystä. CD12 24 VDC - Logiikkaohjain 8DI (4D/A) 4DO 24VDC, Crouzet. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: https://www.elfadistrelec.fi/fi/logiikkaohjain-8di-4d-4do-24vdc-crouzet-cd12-24-vdc/p/12573046?q=logiikkaohjain-8di-4d-4do-24vdc-crouzet-cd12-24-vdc&pos=1&origPos=1&origPageSize=50&track=true

Elfa Distrelec. Ei päiväystä. Logiikkamoduuli LOGO, Siemens. [Verkkosivu]. [Viitattu 22.10.2020]. Saatavissa: https://www.elfadistrelec.fi/fi/logiikkamoduuli-logo-siemens-6ed1052-1cc08-0ba0/p/30115165?q=logiikkamoduuli-logo-siemens-6ed1052-1cc08-0ba0%2f&pos=1&origPos=1&origPageSize=50&track=true

European Comittee for Standardization. Ei päiväystä. The new EN 13814 series brings about safer amusement devices. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: https://www.cen.eu/news/brief-news/Pages/EN-2019-027.aspx

Infoplc. Ei päiväystä. Structured text programming. [Pdf-julkaisu]. [Viitattu 15.06.2020]. Saatavissa: http://www.infoplc.net/files/descargas/rockwell/infoplc_net_plc_st.pdf

ISO 17842-1:2015. 2015. Safety of amusement rides and amusement devices. Sveitsi: International Organization for Standardization.

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY

Lillbacka Powerco. Ei päiväystä. General Production. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.11.2020]. Saatavissa: https://powerco.lillbacka.com/products/general-production

Motion control tips. 2017. What are Instruction Lists (ILs) for PLC programming?. [Verkkosivu]. [Viitattu 14.06.2020]. Saatavissa: https://www.motioncontroltips.com/instruction-lists-ils-plc-programming/

Mäenpää, T. 8.7.2019. Mitä vanhempi laite, sitä suurempi vaara? Huvipuistoja valvova Tukes: Aina inhimillisen erehdyksen mahdollisuutta ei voida sulkea pois. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Yle. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: https://yle.fi/uutiset/3-11434676

Omron. Ei päiväystä. CX-One ja logiikkaohjelmointi: [Pdf-tiedosto]. Omron. [Viitattu 14.06.2020] Saatavissa: https://www.myomron.com/downloads/9.Local%20Material/Finnish/CX-One%20ja%20logiikkaohjelmointi%202009_2.pdf

Omron. Ei päiväystä. ZEN-10C. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: https://industrial.omron.fi/fi/products/zen-10c

Orrberg, M. & Tiainen, E. 2017. Sähköasennukset 1. Espoo: Sähköinfo Oy.

Power Park. Ei päiväystä. Kotimaan kirkkain lomakohde. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: https://www.huvivaltio.fi/kotimaan-matkailun-kirkkain-lomakohde-huvipuisto-powerpark

Safety of amusement rides and amusement devices - Part 1. 2015. Design and manufacture. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: https://www.iso.org/standard/60814.html

Safety of amusement rides and amusement devices - Part 2. 2015. Operation and use. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: https://www.iso.org/standard/60765.html

Safety of amusement rides and amusement devices - Part 3. 2015. Requirements for inspection during design, manufacture, operation and use. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: https://www.iso.org/standard/65649.html

Standardien verkkokauppa. Ei päiväystä. SFS-EN ISO 12100. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/164706.html.stx

Suomen Standardisoimisliitto. Ei päiväystä. Standardi tutuksi. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi

SFS-EN 13814. 2005. Tivolialueiden ja huvipuistojen laitteet ja rakenteet. Turvallisuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Talvitie, L. 29.6.2019. Teollisuusneuvos Jorma Lillbacka perusti huvivaltion. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Apu. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: https://www.apu.fi/artikkelit/powerpark

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Ei päiväystä. Leikki- ja huvipuistot. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/kuluttajille-tarjottavat-palvelut/leikki-ja-huvipuistot

LIITTEET

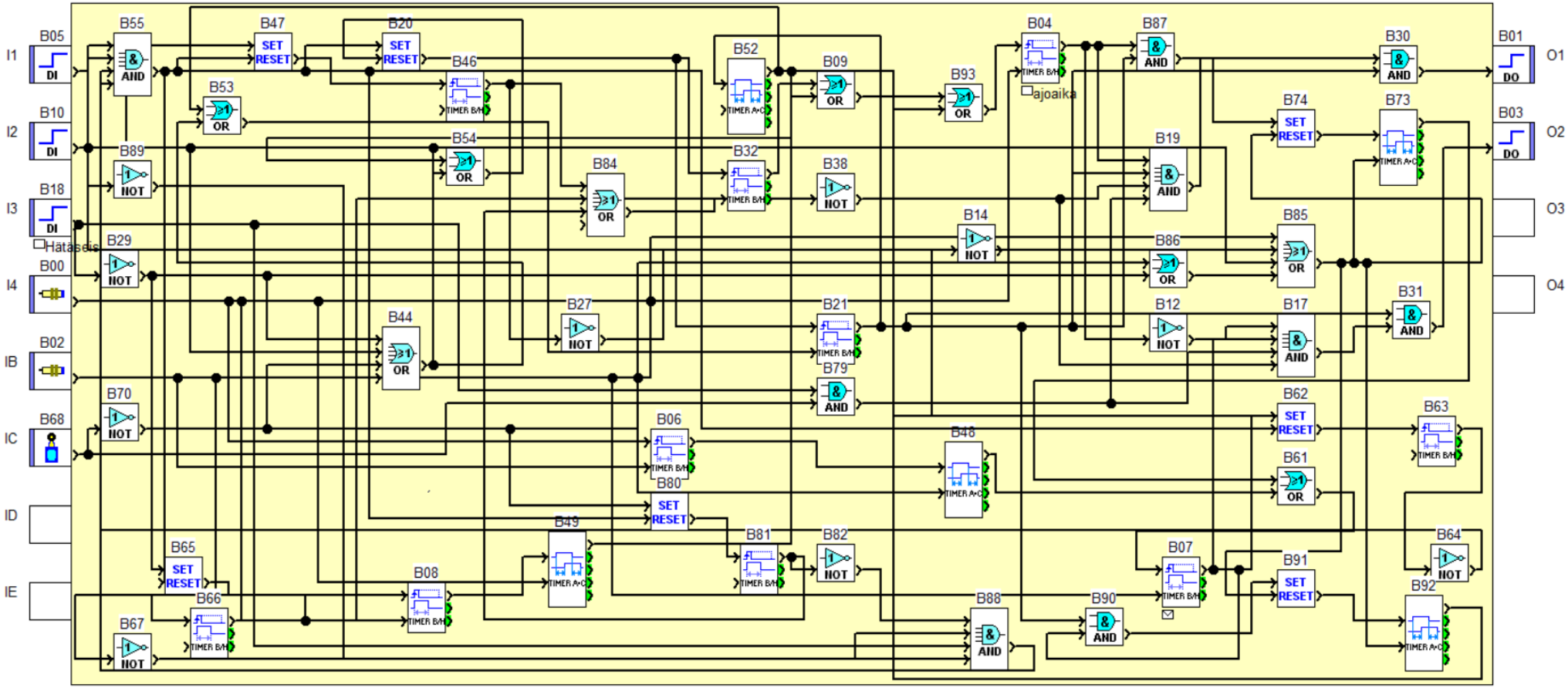
Liite 1. Valmis PLC -ohjelma

Liite 2. Alkuperäinen päävirtapiirikaavio

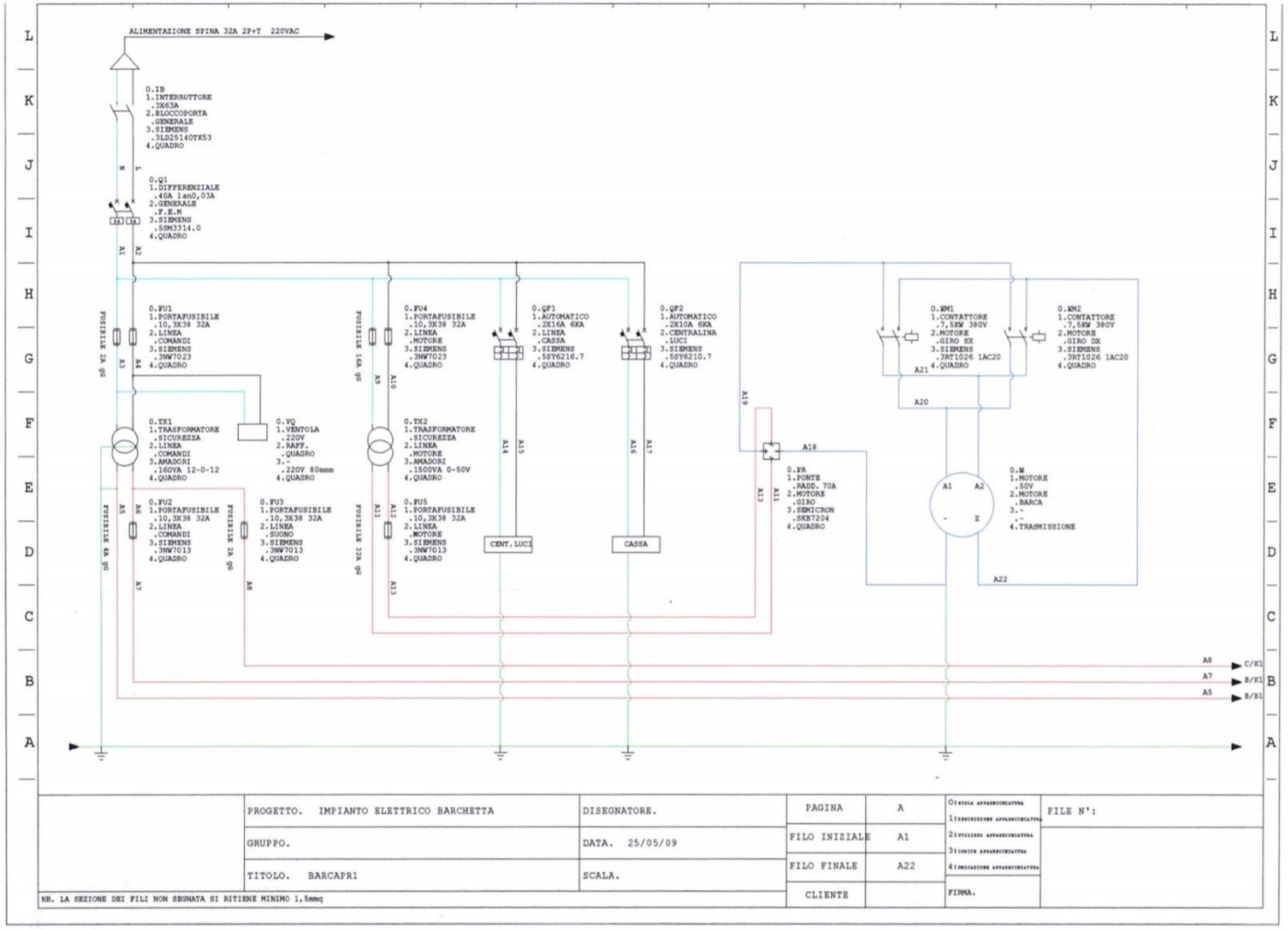
Liite 3. Alkuperäinen ohjauspiirikaavio. Kontaktorit

Liite 4. Alkuperäinen ohjauspiirikaavio. Releet

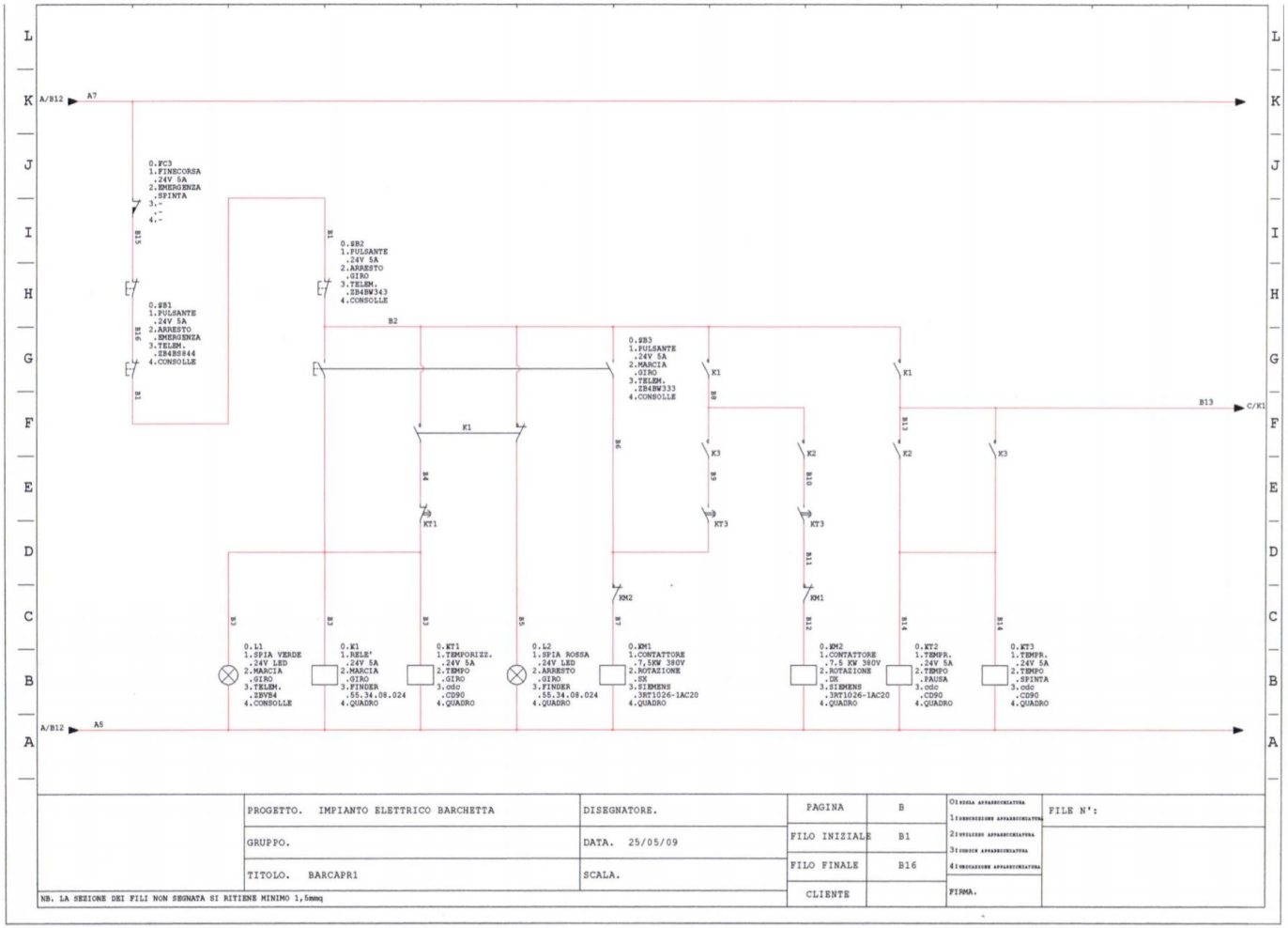
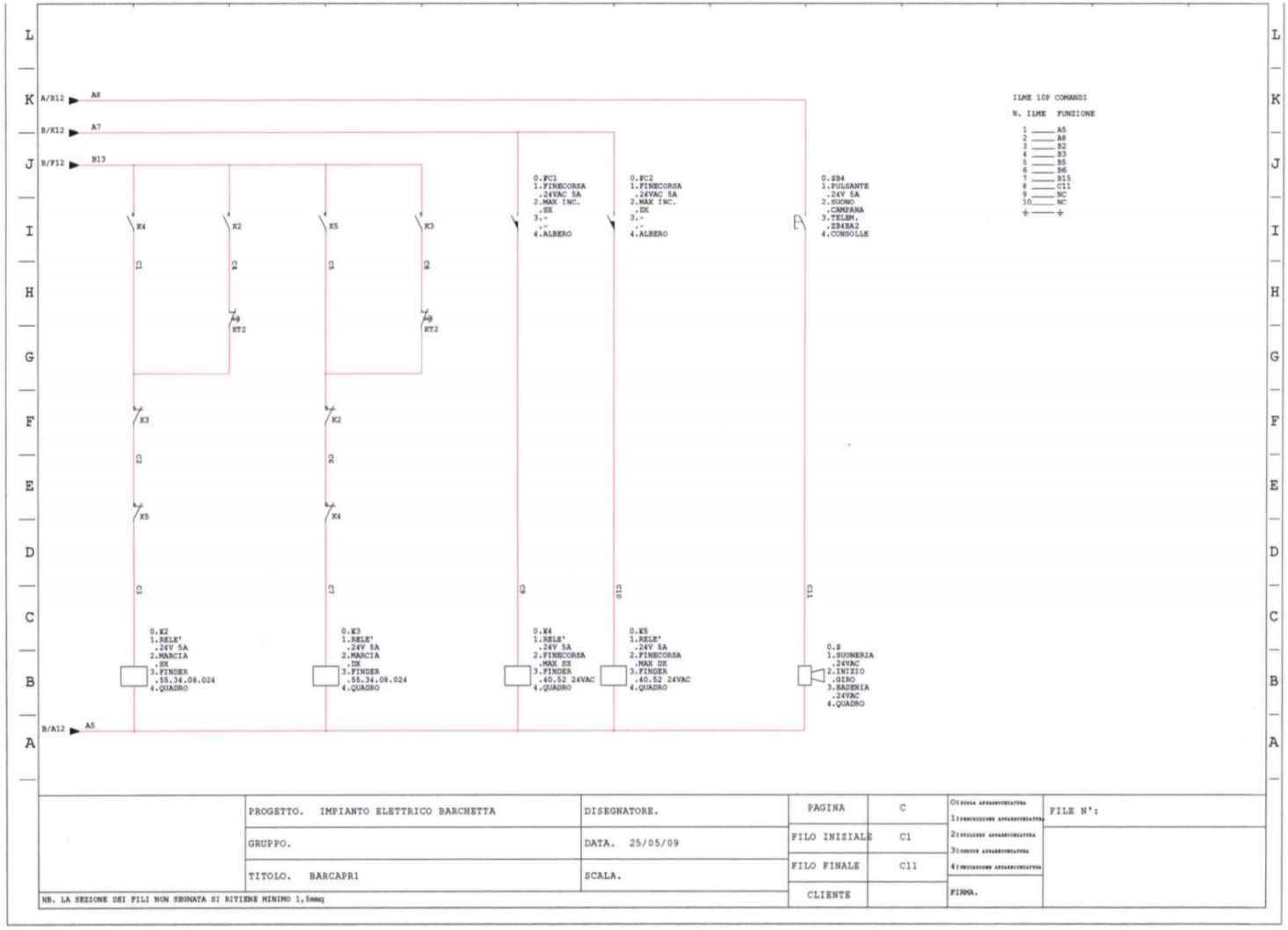
Liite 1. Valmis PLC -ohjelma.



Liite 2. Alkuperäinen päävirtapiirikaavio



Liite 3. Alkuperäinen ohjausvirtapiirikaavio. Kontaktorit.



Liite 4. Alkuperäinen ohjausvirtapiirikaavio. Releet.