

Jari Karhula

**VILJANLAJITTELULAITTEISTON OHJAUSKESKUKSEN
SUUNNITTELU JA TOTEUTUS**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Tammikuu 2020**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Tammikuu 2020	Tekijä/tekijät Jari Karhula
Koulutusohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
Työn nimi VILJANLAJITTELU-LAITTEISTON OHJAUSKESKUKSEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS		
Työn ohjaaja Jari Halme		Sivumäärä 46 + 47
Työelämäohjaaja Jouni Huhtala		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa olemassa olevaan siemenviljanlajittelulaitteistoon ohjauskeskus, joka korvaa vanhan epäkäytännölliseksi todetun ohjauslaitteiston. Tilaajan kanssa yhteistyössä ohjauskeskukselle asetettiin tiettyjä vaatimuksia ja näiden vaatimusten toteuttaminen asetettiin tämän työn tavoitteeksi.</p> <p>Ohjauskeskuksen suunnittelun ohessa pyrittiin huomioimaan kaikki mahdolliset turvallisuustekijät mahdollisimman hyvin ja tästä syystä laitteistolle päädyttiin tekemään erillinen turvallisuusselvitys. Turvallisuusselvityksen tuloksien perusteella laitteiston omistajia voidaan ohjeistaa, kuinka laitteiston turvallisuutta voidaan parantaa erillisillä mekaanisilla suojuuksilla. Laitteistoon päädyttiin toteuttamaan myös hätäpysäytystoiminto mahdollisten jäännösriskien pienentämiseksi.</p> <p>Valmiin ohjauskeskuksen toiminta testattiin mahdollisimman kattavasti, jotta voitiin varmistua, että ohjauskeskus täyttää sille asetetut vaatimukset. Toimintakokeiden ja laitteiston käyttäjille pidetyn käyttökoulutuksen jälkeen voitiin todeta laitteiston täyttävän kaikki sille asetetut vaatimukset.</p> <p>Työn kirjallisen osan alussa perehdytään Horsma-viljanlajittelijan toimintaan. Lajittelijan toiminnan esittelyn jälkeen käsitellään ohjauskeskuksen suunnitteluun vaikuttaneiden tekijöiden kuten koneturvallisuuden, taajuusmuuttaja käyttöjen, ohjelmoitavien logiikoiden ja vikasuojauksen teoriaa ja samalla kerrotaan, kuinka tätä teoriaa on hyödynnetty ohjauskeskuksen suunnittelussa.</p> <p>Kirjallisen osion lopussa pohditaan projektin kulkua ja valmiin työn tuloksia.</p>		
Asiasanat Koneturvallisuus, ohjauskeskus, ohjelmoitava logiikka, taajuusmuuttaja, vikasuojaus		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date January 2020	Author Jari Karhula
Degree programme Electrical and automation engineering		
Name of thesis DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A GRAIN SORTING EQUIPMENT CONTROL UNIT		
Instructor Jari Halme	Pages 46 + 47	
Supervisor Jouni Huhtala		
<p>The subject of this thesis was design and implement a control unit for grain sorting equipment. The new control unit is designed to replace the old control unit that has been found to be impractical. In cooperation with the customer, certain requirements were set for the control unit and the implementation of these requirements was set as the goal of this thesis.</p> <p>In addition to designing the control unit, all possible safety factors were taken into account and therefore a separate safety report was made for the equipment. Based on the results of the safety study, the owners of the equipment could be instructed on how to improve the security of the equipment through separate mechanical protection. In addition, it was decided to implement an emergency stop function to reduce the remaining risk.</p> <p>The operation of the complete control unit was tested to the fullest extent possible to ensure that the control unit met its requirements. After function tests and user training for the equipment, it was found that the equipment met all the requirements.</p> <p>The beginning of the thesis introduces the function of the Horsma grain sorter machine. After function introduction is explained the theory of control unit design factors. These factors are for example machine safety, frequency converter drives, programmable logic and fault protection. Thesis also contains how the theory has been used in control unit design.</p> <p>At the end of the thesis, there is some reflection on the progress of the project. There is also a review of the completed work.</p>		

<p>Key words Control unit, fault protection, frequency converter, machine safety, programmable logic</p>

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

Amplitudi	Värähdyslaajuus, joka ilmaisee värähdysliikkeen laajuutta
Induktiivinen anturi	Metallisten kappaleiden tunnistamiseen käytetty anturityyppi
Perussuojaus	Suojaus sähköiskulta ilman vikaa
Ruuvikuljetin	Kuljetin, jossa kourun tai putken sisällä pyörivä ruuvi työntää kuljetettavaa ainesta eteenpäin, kierukkakuljetin
Seula	Väline, jossa on reiällinen tai verkkopohja ja jolla rakeinen aine lajitellaan raekoon mukaan tai karkea aines erotetaan nesteestä
Taajuus	Jaksollisen ilmiön jaksojen määrä aikayksikössä, yksikkö hertsi [Hz]
VAC	Vaihtojännitteen tunnus (Alternating Current)
VDC	Tasajännitteen tunnus (Direct Current)
Ω	Sähkötekniikassa käytetty resistanssin yksikkö ohmi

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 LAITTEISTON TOIMINTA	3
3 KONE- JA LAITETURVALLISUUS	6
3.1 Toiminnallisen turvallisuuden luokittelu	7
3.2 Koneen riskien arviointi ja pienentäminen.....	7
3.3 Turvallisuuteen liittyvien toimintojen suunnittelu	11
3.3.1 Turvatoiminnon vaaditun suoritustason (PL_r) määrittäminen	11
3.3.2 Häätäpysäytystoiminnon suunnittelu.....	12
3.4 Saavutetun suoritustason PL arviointi ja todentaminen	15
3.5 Kelpuutus	20
3.6 Odottamattoman käynnistyksen estäminen	21
4 TAAJUUSMUUTTAJAT	23
4.1 Taajuusmuuttajien ohjaus.....	23
4.2 Taajuusmuuttajan käyttöönotto	24
4.3 Pyörimisnopeuden säätö.....	25
4.4 Taajuusmuuttajan jäähdytys	25
5 VIKASUOJAUS.....	27
5.1 Syötön vikasuojaus.....	27
5.2 Moottorilähtöjen vikasuojaus	28
5.3 Ohjausjännitepiiri	29
5.4 Käyttöönottotarkastus	30
6 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT	32
6.1 I/O-liitännät	33
6.2 Logiikkaohjelmointi.....	33
6.2.1 Sähkömoottorien ohjaus.....	36
6.2.2 Roskaruuvien katkokäyttö.....	37
6.2.3 Käyttötilan ja häiriöiden ilmaisu	39
6.2.4 Pyörinnänvartija	40
7 ARVIOINTI JA POHDINTA	42
LÄHTEET	44
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. Riskien arvioinnin ja pienentämisen prosessi	9
KUVIO 2. Turvatoimintojen aikaansaama riskin pienentäminen on riippuvainen kokonaisriskistä ja turvatoimintojen osuudesta riskin pienentämiseen	10
KUVIO 3. Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien suunnittelun iteratiivinen prosessi.....	11
KUVIO 4. Riskigraafi vaadittavan suoritustason PL_r määrittämiseksi.....	13

KUVIO 5. Luokan 1 mukainen rakenne	14
KUVIO 6. SISTEMA-ohjelmiston hierarkiatasot.....	18

KUVAT

KUVA 1. Lajittelulaitteisto.....	4
KUVA 2. Lajittelija.....	5
KUVA 3. Lajittelijan virtausten kulku.....	6
KUVA 4. Lajittelija ja ruuvikuljettimet.....	6
KUVA 5. Carlo Gavazzi NES13DB24SA -turvarele	16
KUVA 6. Alajärjestelmän luokan määrittäminen SISTEMA-ohjelmistossa.....	19
KUVA 7. Lohkon MTTFd-arvon määrittäminen SISTEMA-ohjelmistossa.....	20
KUVA 8. SISTEMA-projektin puustorakenne ja laskennan tulokset	21
KUVA 9. Ohjauskeskukseen asennettu kojeistotuuletin	27
KUVA 10. Moottoreiden liittämiseen tarkoitettut 3-vaihepistorasiat.....	30
KUVA 11. PELV-pienoisjännitejärjestelmä.....	31
KUVA 12. Magelis SCU HMISCU6A5 -ohjelmoitava logiikka.....	33
KUVA 13. Instruktiolista esimerkki	35
KUVA 14. Relekaavio esimerkki	35
KUVA 15. Logiikkakaavio esimerkki	36
KUVA 16. Sekvenssikaavio esimerkki.....	36
KUVA 17. Strukturoitu teksti esimerkki	36
KUVA 18. Viljanlajittelijan käynnistämiseen ja pysäyttämiseen luotu ohjelma.....	38
KUVA 19. Kosketusnäyttöön tehty roskaruuvien asetukset-välilehti	38
KUVA 20. Roskaruuvien käynti- ja pysähdysajan ohjaus	40
KUVA 21. Pyörinnanvartijan häiriön aiheuttama ilmoitus	41
KUVA 22. Pyörinnanvartijan logiikkaohjelma	42

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Taajuusmuuttajiin asetellut parametrit.....	25
---	----

LIITTEET

Modernisoinnin turvallisuusselvitys	LIITE 1
SISTEMA-raportti	LIITE 2
Laskelmat: Nopean poiskytkennän toteutuminen	LIITE 3
Käyttöönottotarkistuspyötkirja.....	LIITE 4
Jännitteenaleneman laskenta	LIITE 5
Piirikaaviot.....	LIITE 6
Laiteluettelo	LIITE 7
Logiikkaohjelma: Main-pääohjelma	LIITE 8
Logiikkaohjelma: Lajittelija.....	LIITE 9
Logiikkaohjelma: Roskanpoistoruuvi	LIITE 10
Logiikkaohjelma: Pyörinnanvartija ja siemenruuvi.....	LIITE 11
Viljanlajittelijan käyttöohjeet.....	LIITE 12
Kuva: Ohjauskeskuksen kytkimet, painikkeet ja logiikan näyttö	LIITE 13
Kuva: Ohjauskeskus sisäpuolelta.....	LIITE 14
Kuva: Ohjauskeskuksen logiikan, kytkinten ja painikkeiden johdotukset	LIITE 15
Kuva: Horsma-lajittelija ja ohjauskeskus	LIITE 16
Kuva: Ohjauskeskus asennettuna paikalleen	LIITE 17
Kuva: Häätäpysäytyspainike ja kytkentäkotelo	LIITE 18
Kuva: Pyörinnanvartijan-anturi.....	LIITE 19

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe saatiin, kun kolme maatilaa hankki yhdessä siemenviljan lajitteluun tarkoitetun laitteiston, jolla kuivatusta viljasta kunnostetaan kylvökelpoista siementä. Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa siemenviljan lajittelulaitteiston ohjauskeskus vanhan, epäkäytännölliseksi todetun keskuksen tilalle. Lajittelulaitteistoa käytetään siemenviljan lajitteluun ennen kevään kylvöitä. Yleensä lajittelu kestää noin kaksi viikkoa tarvittavasta siemenmäärästä riippuen. Laitteistoon kuuluu sähkömoottorikäyttöiset 1960-luvulla valmistettu Horsma-viljanlajittelija sekä kaksi ruuvikuljetinta, joilla puhdas siemenvilja sekä lajittelussa syntyvä roska siirretään suursäkkeihin (Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos 1967).

Siementen kunnostuksella tarkoitetaan kuivatun viljan lajittelua, jossa viljasta poistetaan rikkaruohon ja muiden kasvien siemenet sekä roskat. Peittaus on siemenen kunnostuksen toinen osa, jossa siemenvilja käsitellään peittausaineella, jonka tarkoituksena on poistaa taudinaiheuttajia siemenistä. Kylvösiementen kunnostaminen on todettu kannattavaksi, sillä sen on todettu parantavan siementen orastavuutta, elinvoimaa sekä sadontuotantokykyä. (Saarinen, Suomela, Rajala, Peltonen-Sainio, Högnäsbacka, Lötjönen & Kässi 2011, 18; Peltola, MTK & Nordman 2014, 24.)

Uuteen hankittuun laitteistoon haluttiin ruuvikuljettimien pyörimisnopeuden säätö vaihtelevan siemen- ja roskamäärän takia, joten oli hankittu sähköasentaja toteuttamaan tähän tarkoitukseen sopiva ohjauskeskus. Ohjauskeskukseen oli asennettu taajuusmuuttajat ohjaamaan ruuvikuljettimia ja pyörimisnopeutta voitiin säätää keskuksen kannessa olevilla potentiometreillä. Itse viljanlajittelijan sähkönsyöttö saatiin suoraan 3-vaihepistorasiasta ja laitetta ohjattiin PÄÄLLE- ja POIS-painikkeista. Jo ensimmäisellä lajittelukerralla havaittiin, ettei laitteistolle tehdyn ohjauskeskuksen toiminnot olleet riittävät. Lajittelun aikana havaittiin, että roskan siirtoon käytettävä ruuvikuljetin täytyi välillä pysäyttää vähäisen ja vaihtelevan roskamäärän vuoksi. Tästä syntyi tarve suunnitella laitteistolle uusi ohjauskeskus, joka täyttäisi käyttäjien vaatimukset.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa viljanlajittelulaitteistolle ohjauskeskus, jolla lisätään laitteiston käyttäjystävällisyyttä sekä turvallisuutta. Ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista keskusteltiin mahdollisista ominaisuuksista, joita valmiissa ohjauskeskuksessa tulisi olla. Keskustelun tuloksena ohjauskeskuksen toivottiin täyttävän tietyt ominaisuudet ja näiden ominaisuuksien toteuttaminen asetettiin myös tämän opinnäytetyön tavoitteeksi. Tavoitteeksi asetettiin:

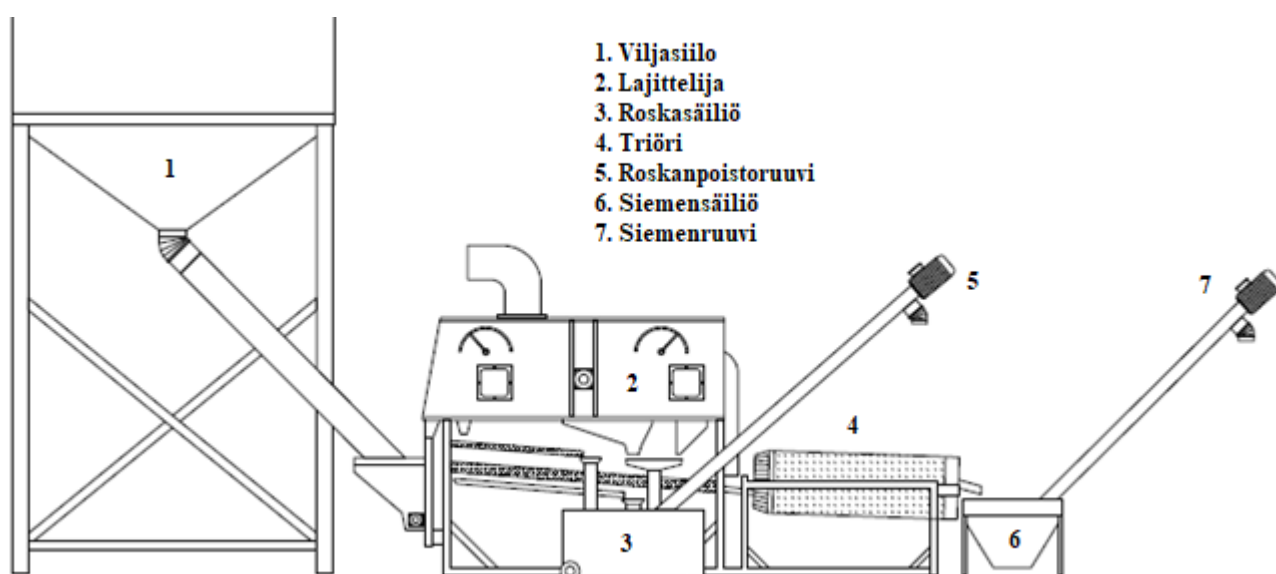
- laitteiston suunnittelu helppokäyttöiseksi
- roska- ja siemenruuvien nopeudensäädön toteuttaminen
- roskaruuvien säädettävän katkokäytön toteuttaminen
- lajittelijan pyörinnänvartijan toteuttaminen
- mahdollisuus laitteiston manuaaliseen käyttöön ohjelmoitavan logiikan rikkoutuessa
- suunnitella keskus siirrettäväksi.

Ennen ohjauskeskuksen suunnittelua laitteistolle tehtiin turvallisuusselvitys koneturvallisuus-standardien ISO 12100 (Koneturvallisuus: Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen), ISO 13849-1 (Koneturvallisuus: Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Yleiset suunnitteluperiaatteet), ISO 13850 (Koneturvallisuus: Hätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet), ISO 14120 (Koneturvallisuus: Suojaukset. Kiinteiden ja avattavien suojausten suunnittelun ja rakenteen yleiset periaatteet) ja SFS-ISO/TR 14121-2:2013 (Koneturvallisuus: Riskin arviointi. Osa 2 käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä) perusteella, jotta voitiin varmistua, että laitteisto on nykyaikaisten säännösten mukaan turvallinen. (LIITE 1.) Turvallisuusselvityksen tuloksena päädyttiin ohjeistamaan laitteiston omistajia asentamaan vaarallisten osien suojaksi mekaaniset suojaukset tapaturmariskin pienentämiseksi. Jäljellejäävän riskin pienentämiseksi laitteistoon päätettiin toteuttaa hätäpysäytystoiminto standardien ISO 13849-1, ISO 13849-2 ja ISO 13850 mukaisesti. Tässä työn kirjallisessa osassa käsitellään kone- ja laiteturvallisuutta yleisemmin ja tarkemmin hätäpysäytystoiminnon suunnittelua ja toteutusta.

Ohjauskeskuksen suunnittelussa otettiin huomioon standardien SFS 6000 (Pienjännitesähköasennukset) ja EN 60204-1 (Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteistot. Osa 1: Yleiset vaatimukset) keskukselle asettamat vaatimukset, kuten suojausheitojen toteutumien ja odottamattoman käynnistyksen estäminen. Lajittelijan moottoria päädyttiin ohjaamaan kontaktori-lämpöreleyhdistelmällä ja ruuvikuljettimien ohjauksessa hyödynnettiin aiemmin hankitut taajuusmuuttajat. Keskuksen toteuttamiseen saatiin myös käyttöön ohjelmoitava logiikka, joka sisältää pienen kosketusnäytön. Kosketusnäyttöön luodun ohjelman avulla on mahdollista ohjata laitteiston toimintaa ja saada informaatiota mahdollisista häiriöistä. Näytön avulla voidaan esimerkiksi säätää roskaruuvien käynti- ja pysähdyksissäoloaikoja. Kirjallisessa osiossa perehdytään tarkemmin viljanlajittelulaitteiston toimintaan ja koneturvallisuuteen sekä taajuusmuuttajiin, ohjelmoitaviin logiikoihin ja vikasuojaukseen sekä niiden vaikutukseen ohjauskeskuksen suunnittelussa.

2 LAITTEISTON TOIMINTA

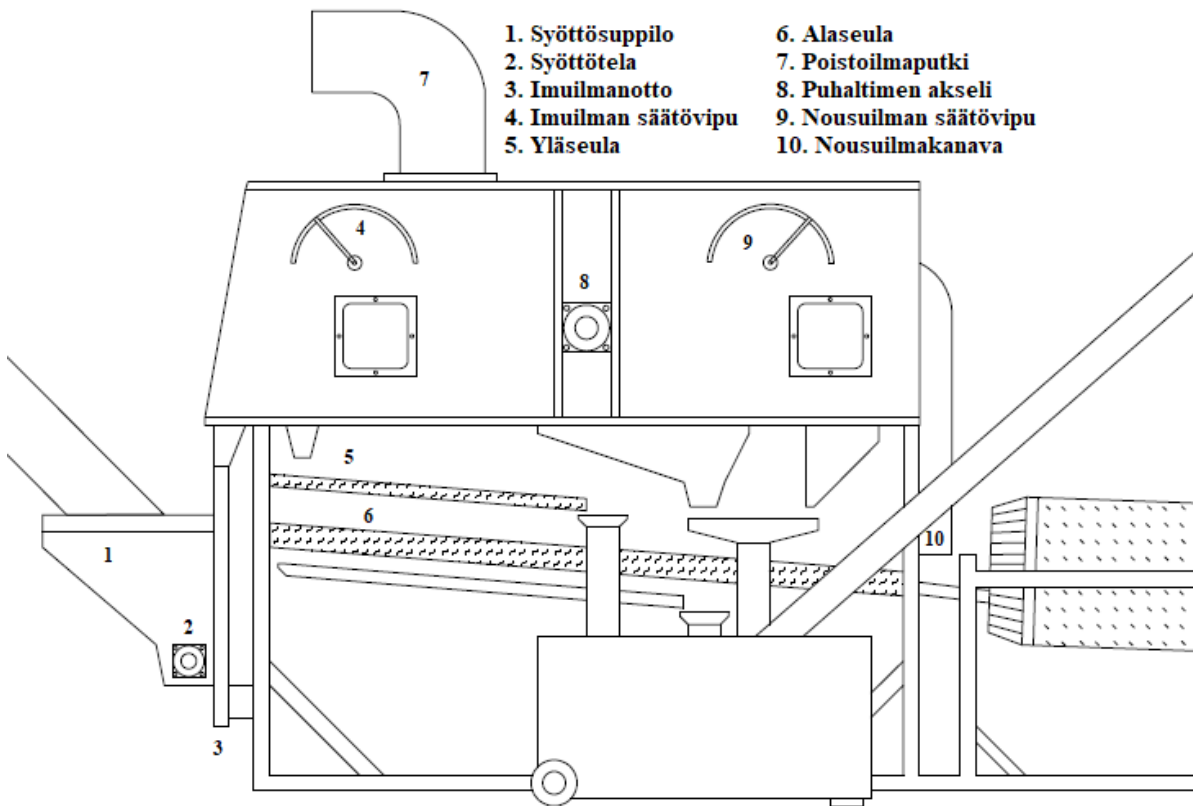
Viljanlajittelulaitteistoon kuuluu Horsma-merkkinen lajittelija sekä kaksi ruuvikuljetinta (KUVA 1). Lajittelijan tehtävä on poistaa kuivatusta viljasta epäpuhtaudet kuten rikkaruohon ja muiden kasvien siemenet sekä roskat kuten aiemmin kerrottiin. Lajittelija toimii 4,0 kW:n sähkömoottorilla ja voimansiirto tapahtuu kiilahihnojen avulla. Horsma-lajittelijan toiminta perustuu siementen painoon sekä läpimittaan. Siemenen painoon perustuva lajittelu tapahtuu ilmavirran avulla, kun taas seulojen avulla hoidetaan läpimittaan perustuva lajittelu. (Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos 1967, 2.)



KUVA 1. Lajittelulaitteisto

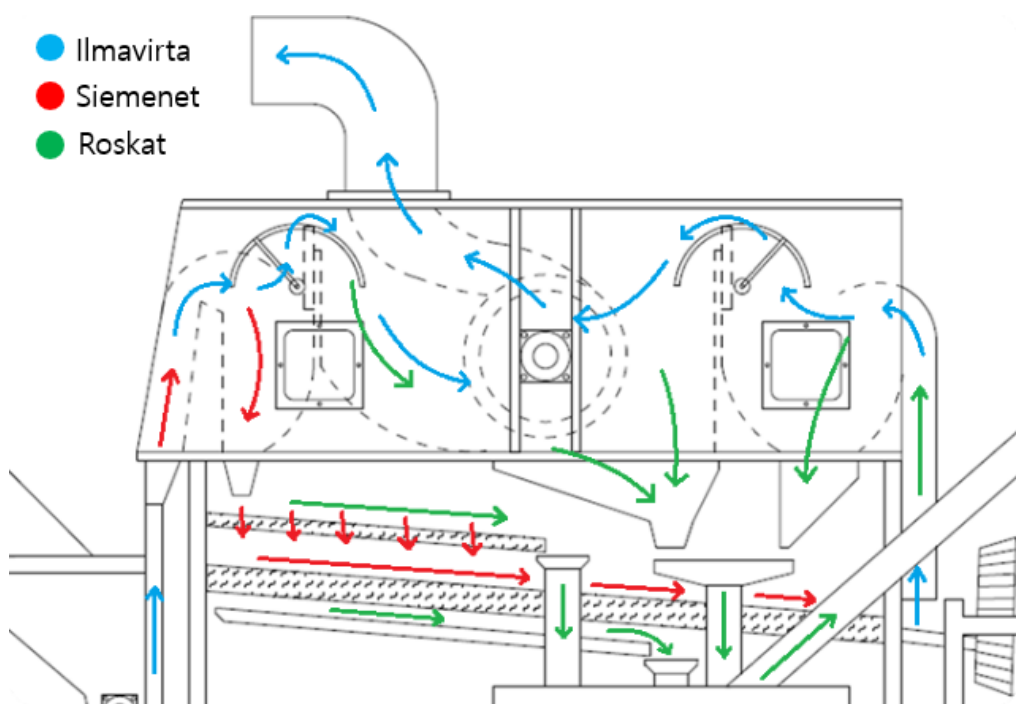
Viljaa lajiteltaessa annetaan viljan virrata siilosta vapaasti lajittelijan syöttösuppilon. Kun syöttösuppilon pohjalla oleva säätöpelti avataan, alkaa syöttötela syöttää viljaa lajittelijan imuputkeen. Puhaltimen aikaansaama imuilma nostaa viljan lajittelijan sisään imuputkesta ja samalla viljasta poistuu kevyitä roskia poistoilman mukana. Imuilman määrää on mahdollista säätää lajittelijan kyljessä olevasta kahvasta. Liian voimakas imuilma saattaa johtaa siementen kulkeutumisen roskasäiliöön. Kun imuilma on sopivan voimakasta, viljan siemenet putoavat lajittelijan sisältä ylemmän seulan päälle. Yläseulan avulla viljasta poistetaan ylisuuret partikkelit siten, että siemenet putoavat seulan lävitse alemmalle seulalle ja suuri-kokoiset roskat kulkeutuvat seulan päältä roskasäiliöön. Alemman seulan aukot ovat ylempää seulaa pienemmät, joten ainoastaan pienet roskat putoavat seulan läpi ja kulkeutuvat roskasäiliöön. Siemenet kulkeutuvat seulan päällä eteenpäin nousuilmapuhdistukseen. Nousuilman voimakkuus on säädettävissä

samaan tapaan kuin imuilman määrä. Nousuilmalla tapahtuvassa puhdistuksessa kevyet roskat imetään pois siementen joukosta ennen kuin siemenet menevät triöriin. Laitteiston osat esitetty kuvissa 1 ja 2.



KUVA 2. Lajittelija

Triöri on eräänlainen pyörivä rumpu, jonka sisäpinnalla on pyöreitä koloja. Triörin avulla siementen joukosta saadaan eroteltua vieraat ja rikkoutuneet siemenet. Triörin jälkeen puhdas vilja putoaa siemensäiliöön, josta se siirretään ruuvikuljettimen avulla peittauslaitteistolle. Ilman avulla suuremmat poistettavat roskat päätyvät roskasäiliöön ja pienemmät roskat menevät poistoputken kautta ulos kuivaamoraennuksesta poistoilman mukana. Tämä erottelu tapahtuu puhaltimessa olevan tiheäilmäisen verkon avulla. Roskasäiliöön päätyneet roskat saadaan siirrettyä suursäkkiin ruuvikuljettimen avulla. Kuvassa 3 on esitetty niin ilmavirran kuin roskien ja siementenkin kulku lajittelijassa. Kuva 4 on otettu kuivaamoraennuksesta, jossa lajittelulaitteisto sijaitsee. Kuvassa laitteisto ei ole toimintakuntoinen, koska ruuvikuljettimet eivät ole asennettuna paikoilleen.



KUVA 3. Lajittelijan virtausten kulku



KUVA 4. Lajittelija ja ruuvikuljettimet

3 KONE- JA LAITETURVALLISUUS

Koneita ja koneen ohjausjärjestelmiä suunniteltaessa turvallisuus on yksi tärkeimmistä tekijöistä. EU:n konedirektiivi 2006/42/EY ja sen mukaan tehty valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (VNa 400/2008) koskevat koneiden valmistajia ja vain uusia koneita, eli koneita, joita ei ole vielä käyttöön otettu Euroopan talousalueella. Tällä perusteella käytössä olevat koneet sekä niiden modernisoinnit, johon tämäkin opinnäytetyö keskittyy, eivät kuulu konedirektiivin soveltamisalaan, vaan modernisoinneissa sovelletaan työturvallisuuslakia (738/2002). Työturvallisuuslakia sovelletaan niin koneen muu-
tostöissä kuin modernisoinneissakin. (Sundquist 2010a, 2.) Koneasetuksen 400/2008 liitteessä yksi kerrotaan tarkemmin koneen suunnittelua ja rakentamista koskevat keskeiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset.

Työturvallisuuslaissa on säädetty koneen turvalliselle käytölle yleiset, periaatteelliset vaatimukset. Työturvallisuuslain mukaan vastuu koneiden turvallisuudesta on työpaikan työnantajalla (Sundquist 2010a, 2). EU:n työvälaineitä koskevassa direktiivissä (89/665/ECC) ja sen lisäyksissä (95/63/EC, 2001/45/EC) on annettu yksityiskohtaisemmat vaatimukset koneiden turvalliselle käytölle. Suomessa käyttöasetus (VNa 403/2008) kattaa nämä vaatimukset. Käyttöasetus antaa koneasetusta enemmän harkinnanvaraa suunnittelijalle koneen turvallisuustekijöiden suunnitteluun modernisointia tehtäessä. Käyttöasetus astui voimaan vuoden 2009 alussa. (Malm, Venho-Ahonen & Vanhala 2010, 5–6.)

Käyttöasetuksen mukaan työnantajan on huolehdittava, että koneen turvallisuustaso säilyy koko työko-
neen elinkaaren ajan. Koneen turvallisuustason ylläpitämiseksi on huolehdittava koneen kunnossapi-
dosta sekä huolehdittava, että koneen turvallisuus säilyy riittävänä. Turvallisuustason on säilyttävä myös
koneelle tehtävissä muutoksissa ja modernisoinneissa. Koneiden turvallisuuden perusvaatimukset on
esitetty käyttöasetuksen momenteissa 6–11. Nämä perusvaatimukset koskevat kaikkia koneita, myös
koneiden modernisointeja, jotka on otettu käyttöön ennen konedirektiivin voimaantuloa. Koneen mo-
dernisointia suunniteltaessa on tunnettava sillä hetkellä voimassa olevat turvallisuusvaatimukset ja nou-
datettava niitä mahdollisuuksien mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että standardien noudattaminen on peri-
aatteessa vapaaehtoista, mutta ne ovat hyvänä referenssinä modernisoinnin suunnittelussa ja niiden
avulla voidaan selvittää koneelle saavutettava ajanmukainen turvallisuustaso. (Sundquist 2010a, 2–3.)
Turvallisuuteen liittyviä ohjausjärjestelmiä koskevissa standardeissa puhutaan toiminnallisen turvalli-
suuden luokituksista. Näillä luokituksilla ilmaistaan, onko ohjausjärjestelmällä toteutettu turvatoiminto
riittävä pienentämään riskiä, jota turvatoiminnolla on tarkoitus pienentää.

3.1 Toiminnallisen turvallisuuden luokittelu

Toiminnallisen turvallisuuden luokitteluun käytettäviä standardeja on nykyisin olemassa kaksi eri standardiperhettä. Toinen niistä on IEC:n 61508-standardisarja. Tähän standardisarjaan kuuluu erillisiä alakohtaisia sovellusstandardeja, kuten SFS-EN 62061 -standardi koneiden ohjausjärjestelmistä. IEC:n standardeissa toiminnallista turvallisuutta käsitellään SIL-luokituksen (safety integrity level = turvallisuuden eheystaso) avulla. (Malm ym. 2010, 14.)

IEC:n standardien lisäksi on olemassa ISO:n 13849-1-koneturvallisuusstandardi, joka käsittelee turvallisuuteen liittyviä ohjausjärjestelmiä. Tässä ISO:n standardissa turvallisuuden taso määritellään PL-tason (performance level = suorituskyvyn taso) avulla. (Malm ym.2010, 14.) PL-tasolla ilmaistaan ohjausjärjestelmän kykyä suorittaa turvatoiminto ennakoitavissa olosuhteissa. Näitä suoritustasoja on viisi. Nämä viisi suoritustasoa määritellään vaarallisen vian todennäköisyydellä tuntia kohden. (SFS-EN ISO 13849-1:2015, 7). Tässä opinnäytetyössä laitteiston ja ohjausjärjestelmän turvallisuutta päädyttiin tarkastelemaan koneturvallisuusstandardin SFS-EN ISO 13849-1 mukaisesti, jotta voidaan varmistua suunniteltavan ohjauskeskuksen nykyvaatimusten mukaisesta turvallisuudesta. Samalla voidaan varmistaa, ettei koneen käyttöön sisälly liian suuria riskejä, jotka voisivat aiheuttaa vakavaa vaaraa koneen käyttäjälle.

3.2 Koneen riskien arviointi ja pienentäminen

SFS-EN ISO 13849-1 standardissa on esitetty koneen riskien arvioinnin ja pienentämisen prosessi. Riskien arviointi tulee suorittaa standardin SFS-EN ISO 12100 mukaisesti. Tässä standardissa koneen vaarojen analysoimiseen ja riskien pienentämisprosessiin käytetään seuraavia toimenpiteitä:

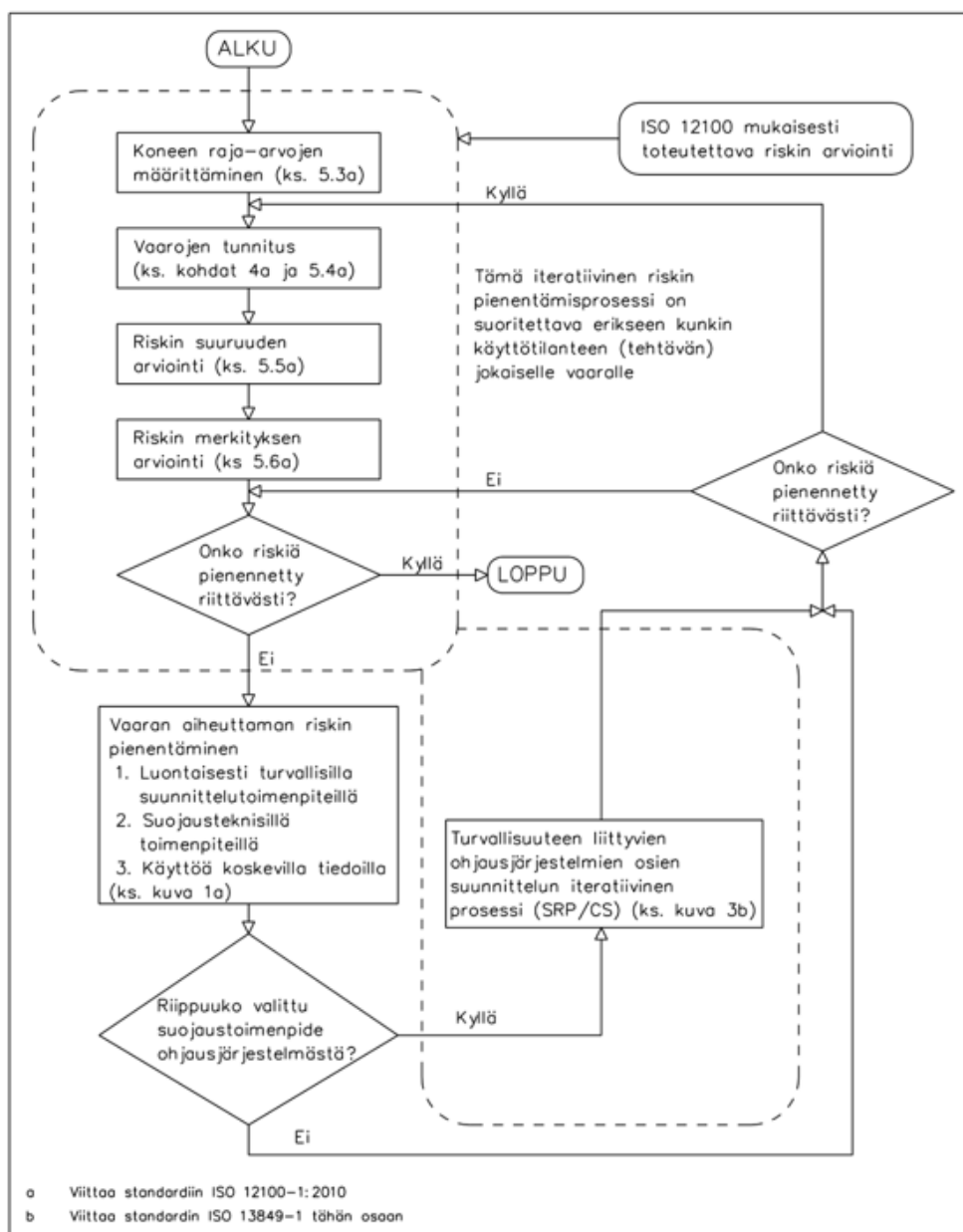
Vaaran poistaminen tai riskin pienentäminen luontaisesti turvallisen suunnittelun avulla (ks. standardin ISO 12100:2010, kohta 6.2)

Riskin pienentäminen suojausteknisten toimenpiteiden ja mahdollisten täydentävien suojaustoimenpiteiden avulla (ks. standardin ISO 12100:2010, kohta 6.3)

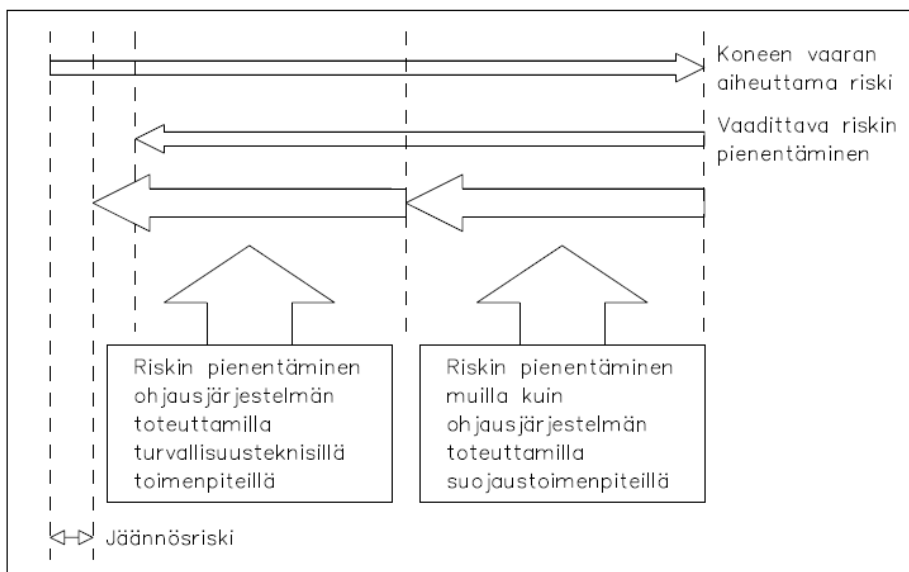
Riskin pienentäminen toimittamalla käyttöä koskevia tietoja jäännösriskeistä (ks. standardin ISO 12100:2010, kohta 6.4) (SFS-EN ISO 13849-1, 18-19.)

Kuviossa 1 on esitetty SFS-EN ISO 13849-1 -standardin mukainen riskien arvioinnin ja pienentämisen prosessi. Suunniteltaessa turvallisuuteen liittyviä ohjausjärjestelmiä tai niiden osia on suunnittelijan

määritettävä riskin pienentämiseen vaadittava suoritustaso, joka tämän turvatoiminnon tulee vähintäänkin täyttää. Vaihetta, jossa vaadittu suoritustaso määritetään ja suunnitellaan sitä vastaava turvatoiminto, kutsutaan standardissa turvallisuuden liittyvien ohjausjärjestelmän osien suunnittelun iteratiiviseksi prosessiksi (KUVIO 3). (SFS-EN ISO 13849-1, 18-19.) Koneen kokonaisriskin pienentäminen toteutetaan yleensä käyttäen sekä suojuksia (esim. aitaukset, koteloinnit) että erilaisia turvatoimintoja. Riskiä on mahdollista pienentää sekä ohjausjärjestelmästä riippumattomilla että siitä riippuvilla toimenpiteillä. Turvatoiminnon vaatimustaso on riippuvainen vain sen riskin suuruudesta, jota turvatoiminnolla on tarkoitus pienentää. (KUVIO 2.) (Sundquist 2010b, 7.)

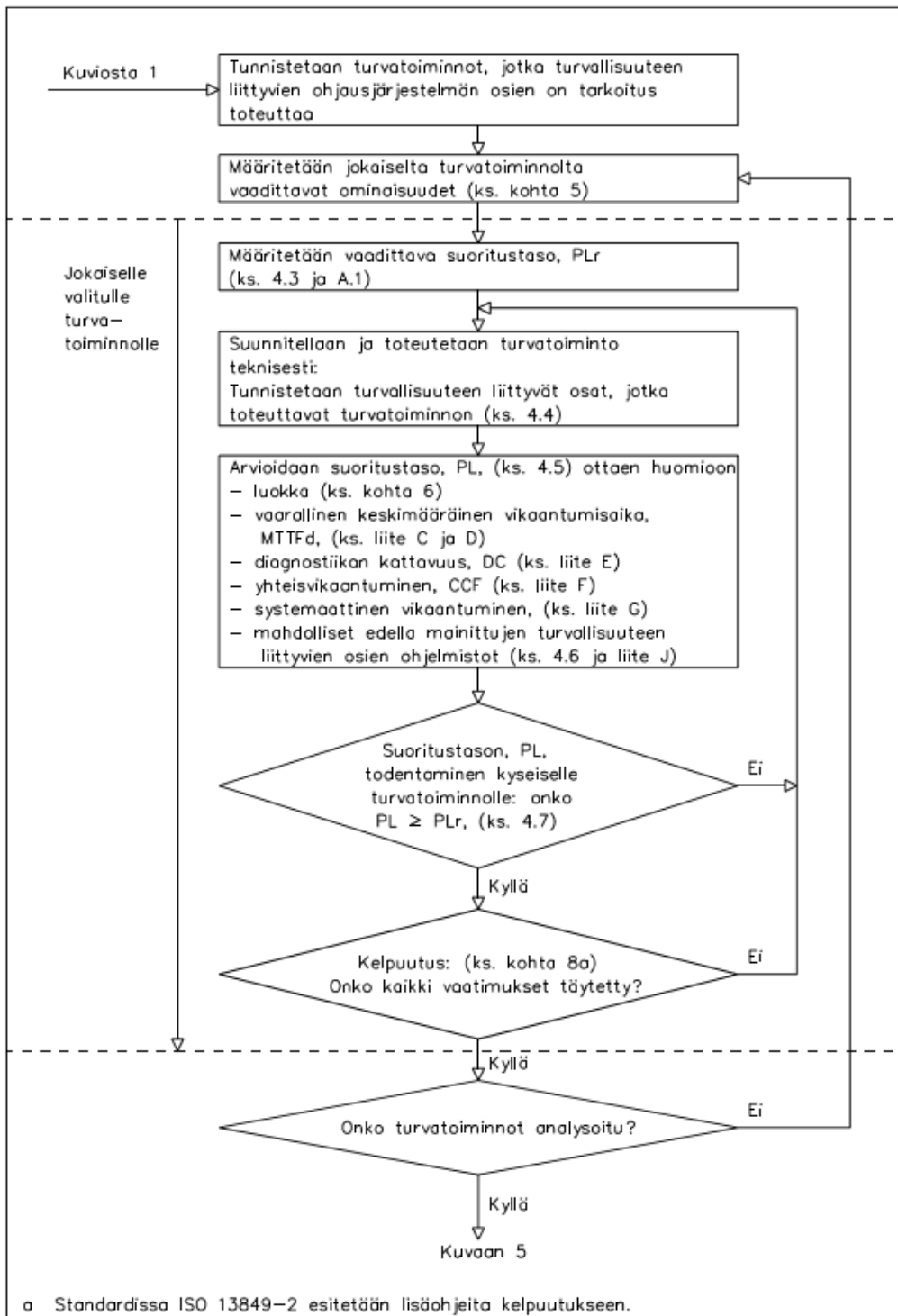


KUVIO 1. Riskien arvioinnin ja pienentämisen prosessi (mukaillen SFS-EN ISO 13849-1, 18)



KUVIO 2. Turvatoimintojen aikaansaama riskin pienentäminen on riippuvainen kokonaisriskistä ja turvatoimintojen osuudesta riskin pienentämiseen (mukailten SFS-EN ISO 13849-1, 20)

Laitteiston riskien arvioinnissa käytettiin apuna Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys METSTARy:n riskinarviointilomakepohjaa (Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry, 2017). Riskinarviointi toteutettiin standardin ISO 12100:2010 mukaisesti ja riskinarvioinnissa hyödynnettiin teknisen raportin SFS-ISO/TR 14121-2:2013 riskin suuruuden arviointiin tarkoitettua riskigraafia. Riskinarvioinnissa pyrittiin ottamaan huomioon kaikki mahdolliset laitteiston riskit, jotka voivat aiheuttaa vaaraa koneen käyttäjille tai muille laitteiston vaikutusalueella toimiville henkilöille. Vakavimmaksi riskiksi arvioitiin koneen suojaamattomat hihnapyörät sekä kiilahihnat. Riskin toteutuessa laitteiston käyttäjälle aiheutuneet vammat voisivat olla pahimmillaan pysyviä, kuten sormen katkeaminen. Koneen lyhyen käyttöajan takia riski arvioitiin kuitenkin vähäiseksi, mutta riskin olemassaolon vuoksi päätettiin suositella laitteiston omistajia rakentamaan kiinteät mekaaniset suojat hihnapyörien ja kiilahihnojen ympärille. Riskin arvioinnin tuloksena laitteiston riskit todettiin pieniksi ja tämän takia voitiin todeta, että kone on nykyaikais- tenkin säädösten ja standardien mukaan turvallinen ja koneen jäännösriskit todettiin riittävän pieniksi. Mahdollisten jäännösriskien takia laitteistoon päätettiin kuitenkin toteuttaa hätäpysäytystoiminto.



KUVIO 3. Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien suunnittelun iteratiivinen prosessi (mukaan SFS-EN ISO 13849-1, 21)

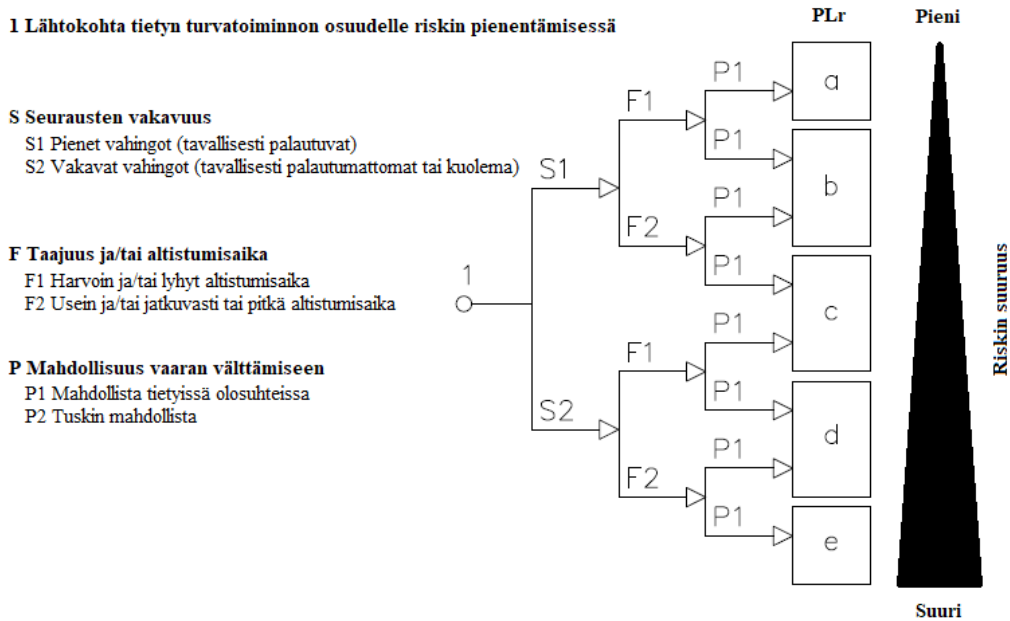
3.3 Turvallisuuden liittyvien toimintojen suunnittelu

Yksittäisen turvatoiminnon on tarkoitus pienentää koneesta aiheutuvaa riskiä. Turvatoiminnon toteuttamiseen voidaan käyttää yhtä tai useampaa turvallisuuden liittyvää ohjausjärjestelmän osaa. Näitä osia on mahdollista käyttää hyödyksi yhdessä tai useammassa turvatoiminnossa. Yksittäisen turvallisuuden liittyvän ohjausjärjestelmän osan on myös mahdollista suorittaa tavallisia ohjaustoimintoja turvatoimintojen lisäksi. Turvatoiminnon suunnittelussa on tyypillistä, että turvallisuuden liittyvän ohjausjärjestelmän osat esitetään yhdistettynä lohkokaaavioksi. Kaavioissa esitetään järjestelmän tulot, logiikat, signaalien käsittelyt, lähdöt sekä liitännäsvälineet kuten sähköiset ja optiset johtimet. Standardin SFS-EN ISO 13849-1 liitteessä B on kerrottu tarkempia ohjeita lohkokaaavion avulla toteutettavasti turvatoiminnon suunnittelusta. (SFS-EN ISO 13849-1, 22.)

3.3.1 Turvatoiminnon vaaditun suoritustason (PL_r) määrittäminen

Suunnittelijan on määritettävä suunniteltavan ohjausjärjestelmän jokaiselle valitulle turvatoiminnolle, vaadittava suoritustaso (PL_r). Standardin SFS-EN ISO 13849-1 liitteessä A on ohjeita PL_r -arvon määrittämiseen. Mitä suurempi riski halutaan ohjausjärjestelmällä pienentää, sitä korkeampaa suoritustasoa kyseiseltä turvatoiminnolta vaaditaan. (SFS-EN ISO 13849-1, 22.) Kuviossa 4 esitettävän riskigraafin avulla saadaan selvitettyä arvio vaadittavasta riskin pienentämisestä (SFS-EN ISO 13849-1, 53).

Tehdyn riskiarvioinnin perusteella kone todettiin turvalliseksi, joten erillisiä ohjausjärjestelmällä toteutettavia turvatoimintoja ei tarvittu. Laitteistoon toteutettavaa hätäpysäytystoimintoa ei lueta turvatoiminnoksi, vaan koneen on oltava turvallinen ilman hätäpysäytystäkin. Hätäpysäytystoiminnon suunnittelussa tulee noudattaa samoja periaatteita kuin erillistä turvatoimintoa suunnitellessa. (Känsälä 2019, 22.)



KUVIO 4. Riskigraafi vaadittavan suoritustason PL_r määrittämiseksi (mukaihen SFS-EN ISO 13849-1, 55)

3.3.2 Häätäpysäytystoiminnon suunnittelu

Standardin SFS-EN ISO 13849-1 sivun 37 taulukon 8 mukaan standardi SFS-EN ISO 12100 käsittelee tarkemmin häätäpysäytystoimintoja. Kyseisen standardin SFS-EN ISO 12100 kohdassa 6.3.5.2 luetteloidaan vaatimuksia, jotka on huomioitava häätäpysäytystoiminnon suunnittelussa ja toteuttamisessa (SFS-EN ISO 13849-1, 36–37). Kyseisessä standardin kohdassa esitetään seuraavanlaisia vaatimuksia:

Ohjaimien on oltava selvästi tunnistettavissa, selvästi näkyvissä sekä helposti tavoitettavissa

Vaarallinen prosessi on pysäytettävä niin nopeasti kuin mahdollista aiheuttamatta muita vaaroja; mutta jos tämä ei ole mahdollista tai jos riskiä ei voida pienentää, olisi kyseenalaistettava se, onko häätäpysäytystoiminnon käyttöönnotto paras ratkaisu

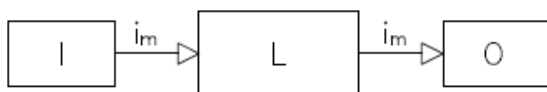
Häätäpysäytysohjain tarvittaessa käynnistää tai sallii käynnistää tiettyjä ohjausliikkeitä (SFS-EN ISO 12100, 90.)

Näiden lisäksi vaatimuksissa todetaan, että häätäpysäytyslaitteella annetun häätäpysäytyskäskyn on jäätävä voimaan siihen asti, että se kuitataan. Kuittaus tulee olla mahdollista suorittaa vain siitä paikasta, josta häätäpysäytyskäsky annettiin. Tämä kuittaus ei kuitenkaan saa käynnistää konetta, vaan sen tulee vain mahdollistaa koneen uudelleen käynnistäminen. (SFS-EN ISO 12100, 90.)

Tarkemmin hätäpysäytystoiminnon suunnittelusta kerrotaan omassa standardissaan EN ISO 13850. Kyseisessä standardissa määritellään hätäpysäytystoiminnon yleiset turvallisuusvaatimukset ja ohjeistetaan, kuinka nämä vaatimukset täyttävä hätäpysäytystoiminto suunnitellaan. Standardissa on myös määritelty, että hätäpysäytystoiminnon suoritustason vähimmäisvaatimus on $PL_r C$ tai SIL 1 standardien ISO 13849-1 ja IEC 62061 mukaisesti. (SFS-EN ISO 13850, 8–11.)

Aloittaessa hätäpysäytystoiminnon suunnittelua on kokemattoman suunnittelijan vaikea arvioida, millainen suunniteltavan toiminnon tulisi olla, jotta se täyttää kyseiselle toiminnolle asetetun suoritustaso-vaatimuksen. Tähän apua tarjoaa SFS-EN ISO 13849-1 -standardin kohta 4.5.4, jossa kerrotaan yksinkertaistettu menetelmä suoritustason arviointiin. Tämä arviointitapa perustuu nimettyihin rakenteisiin eli lohkoihin, jotka kootaan lohko-kaavioiksi. Eri luokat on esitelty tarkemmin standardin kohdassa 6.2. (SFS-EN ISO 13849-1, 28.)

Nämä kohdan 6.2 luokat jakavat turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmät viiteen eri luokkaan rakenteensa mukaan. Tällä rakenteella on suuri merkitys suoritustasoon. Luokat ovat B, 1, 2, 3 ja 4, joista B on matalin luokka. Alin luokka, joka täyttää opinnäytetyön hätäpysäytystoiminnolle asetetun PLC-suoritustaso-vaatimuksen, on luokka 1 (KUVIO 5). Tämä kuitenkin edellyttää, että sovelluksessa käytetään hyvin koeteltuja komponentteja. Tällä tarkoitetaan, että komponenttien tulee joko olla käytetty aiemmin laajasti vastaavissa sovelluksissa hyvin kokemuksiin tai komponenttien tulee olla valmistettu ja todennettu siten, että ne noudattavat periaatteita, joilla osoitetaan komponentin sopivuus ja luotettavuus turvallisuus sovelluksiin. Komponentin luokittelu hyvin koetelluksi riippuu kuitenkin sovelluksesta, jossa sitä käytetään. (SFS-EN ISO 13849-1, 43–47.)

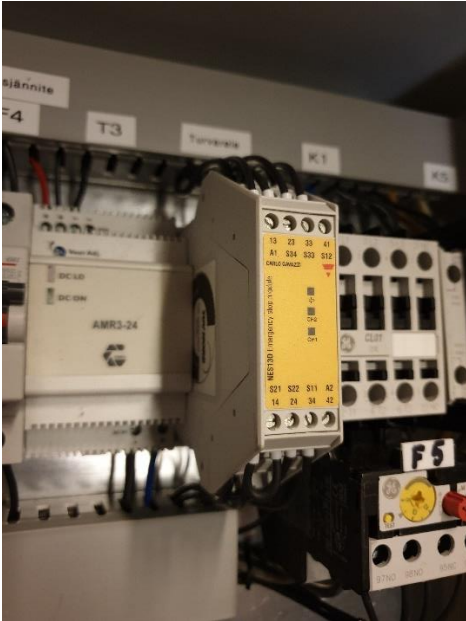


- i_m Liitännävalineet
- I Tuloyksikkö (esim. anturi)
- L Logiikka
- O Lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)

KUVIO 5. Luokan 1 mukainen rakenne (mukaillen SFS-EN ISO 13849-1, 45)

Tässä järjestelmässä hätäpysäytystoiminto päätettiin toteuttaa hätäpysäytyspainikkeen, turvareleen ja kontaktorin avulla luokan 1 mukaisesti. Tähän päädyttiin, koska kyseiset komponentit ovat kohtuullisen edullisia, mutta oikein suunniteltuna turvareleen ja ylimitoitettun kontaktorin ansiosta piiri on todella luotettava. Suunnitellussa piirissä oleva kontaktori on tarkoitus sijoittaa katkaisemaan ohjauskeskuksen syöttämien sähkölaitteiden energiansyöttö. Kontaktori ylimitoitetaan ohjauskeskuksen ottamaa maksimivirtaa suuremmaksi, jotta vältetään kontaktorin koskettimien kiinnihitsautumiselta. Kontaktoria ohjataan turvareleellä, joka täyttää PLe-luokan vaatimukset. Kyseinen turvarele sisältää kaksi erillistä relettä, joiden pakko-ohjatut koskettimet on kytketty sarjaan luotettavan turvatoiminnon aikaansaamiseksi (KUVA 5) (Carlo Gavazzi, 9–16). Turvarelettä ohjataan lukkiutuvan hätäpysäytyspainikkeen painalluksella. Hätäpysäytyspainikkeen koskettimen avautuminen tai piirin johtimen katkeaminen saa aikaan sen, että releiden kelat päästävät, jolloin releiden koskettimet avautuvat. Tämä saa aikaan sähkölaitteiden energiansyöttöä ohjaavan kontaktorin koskettimien avautumisen, jonka seurauksena sähkömoottoreiden energiansyöttö katkeaa ja moottorit pysähtyvät. Hätäpysäytyspainike päädyttiin asentamaan kiinni lajitteijan runkoon ja kaapelointi suojattiin alumiinisella asennusputkella (LIITE 18). Keskukselta vaaditun siirrettävyyden vuoksi hätäpysäytyspainikkeen kaapeli liitetään keskukseseen seitsemän napaisella pistoliittimellä. Mikäli liitintä ei ole kytketty, eivät lajitteija ja ruuvikuljettimet käynnisty.

Turvallisuuden lisäämiseksi ohjauskeskuksen etulevyyn lisättiin merkkivalo osoittamaan hätäpysäytystoiminnon aktivoituminen sekä erillinen kuittauspainike turvareleen valmistajan ohjeiden mukaisesti (LIITE 13). Tästä syystä pelkkä hätäpysäytyspainikkeen vapauttaminen ei salli koneiden uudelleenkäynnistymistä, vaan se on mahdollista vasta erillisen kuittauspainikkeen painamisen jälkeen. Hätäpysäytystoiminnon pysäytysluokka on nolla, joka tarkoittaa, että koneen toimilaitteiden energiansyöttö katkaistaan välittömästi, kun hätäpysäytyspainiketta painetaan (SFS-EN ISO 13850, 10). Suunnittelussa ja komponenttien valinnassa otettiin huomioon standardin ISO 13849-2 liitteen D hyvin koetellut turvallisuusperiaatteet ja hyvin koetellut komponentit, kuten pakkotoimisuus ja kontaktorin ylimitoitus. Kontaktori katsotaan ylimitoitetuksi, kun kontaktorin koskettimien läpi kulkema virta on alle puolet kontaktorin nimellisvirrasta. (SFS-EN ISO 13849-2, 86–94.)



KUVA 5. Carlo Gavazzi NES13DB24SA-turvarele

3.4 Saavutetun suoritusosan PL arviointi ja todentaminen

Standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukaan turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän jokaiselle valitulle osalle ja/tai niiden yhdistelmälle, joka toteuttaa turvatoiminnon, on arvioitava suoritusosa (SFS-EN ISO 13849-1, 25). Standardissa 13849-1 esitetään yksinkertaistettu menetelmä, jonka avulla saavutettu turvatoiminnon suoritusosa voidaan arvioida ilman haastavaa todennäköisyyslaskentaa. Kun suoritusosan arviointiin käytetään yksinkertaistettua menetelmää, keskeisessä asemassa ovat kaksi parametria $MTTF_d$, DC_{avg} , sekä yhteisvikaantumisten CFF-tarkistaminen ja yleiset rakenteet (nimetyt rakenteet, luokat, Cat), joita turvatoiminnoissa käytetään. Edellä on listattu kaikki seikat, joita tulee tarkastella järjestelmän suoritusosaa arvioidessa. (Sundquist 2010b, 8.)

Turvatoiminnon suoritusosan arviointiin tarvittavat tiedot:

- vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika (Mean Time To Dangerous failure, $MTTF_d$) jokaiselle yksittäiselle komponentille (ks. standardin liitteet C ja D)
- keskimääräinen diagnostiikan kattavuus (Average Diagnostic Coverage, DC_{avg}), (ks. standardin liite E)
- yhteisvikaantuminen (Common Cause failure, CCF) kahden tai useamman kanavan järjestelmässä, (ks. standardin liite F)

- nimetyt rakenteet (luokat, Cat), (ks. standardin kohta 6)

Muita huomioitavia tekijöitä:

- turvatoiminnon käyttäytyminen vikatilanteessa (-tilanteissa), (ks. standardin kohta 6)
- turvallisuuteen liittyvä ohjelmisto (ks. standardin kohta 4.6 ja liite J)
- systemaattinen vikaantuminen (ks. standardin liite G)
- kyky toteuttaa turvatoiminto ennakoitavissa olevissa ympäristöolosuhteissa.

(SFS-EN ISO 13849-1, 25; Sundquist 2010b, 8.)

Hätäpysäytystoiminnon suoritustason arviointi ja todentaminen toteutettiin SISTEMA-ohjelmistotyökälun avulla. SISTEMA on Saksan työturvallisuuden tutkimuslaitoksen eli IFA:n (Institut für Arbeitsschutz) kehittämä ja ylläpitämä ohjelmisto, joka on tarkoitettu helpottamaan koneiden turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnittelua. Ohjelma perustuu kaikilta osin standardiin ISO 13849-1. SISTEMA:n avulla tehtävässä turvajärjestelmän suunnittelussa voidaan kesken suunnittelun vertailla erilaisia ohjausjärjestelmäratkaisuja ja ohjelman palautteen perusteella voidaan tehdä muutoksia suunniteltavaan järjestelmään. Työkälun avulla on myös helppo tunnistaa järjestelmän epäluotettavimmat kohdat. (Sundquist 2010b, 3.)

SISTEMA:n käyttöä helpottamaan on tehty kuusiosainen kirjasarja The SISTEMA Cookbook, jonka ensimmäistä osaa (From the schematic circuit diagram to the Performance Level – quantification of safety functions with SISTEMA) hyödynnettiin hätäpysäytystoiminnon suunnittelussa. Kirjassa neuvotaan vaihe vaiheelta, kuinka suunnitellun turvatoiminnon standardin vaatimuksenmukaisuustarkistus tehdään ohjelman avulla. Ensimmäiseksi kirjan luvuissa kaksi ja kolme opastetaan kuinka suunnitellun turvatoiminnon piirikaaviosta muodostetaan lohkokaavio, joka muodostuu turvatoiminnon komponenteista samaan tapaan kuin standardin SFS-EN ISO 13849-1 nimetyt rakenteet. Tässä vaiheessa myös määritellään jokaiselle komponentille omat luokat. Kirjan viimeisessä luvussa neljä käydään läpi vaiheittain turvatoiminnon analyysi aina projektin luomisesta yksittäisen komponentin arvojen asetteluun. (Apfeld, Hauke, Schaefer, Rempel, & Ostermann 2010, 6–23.)

Suunniteltaessa koneen tai laitteen turvatoimintoja SISTEMA-ohjelmistotyökälulla kootaan kaikki erilliset turvatoiminnot projektiksi (Project, PR). Projektiin voi sisällyttää halutun määrän erilaisia turvatoimintoja (Safety Function, SF), jotka koostuvat alajärjestelmistä (Sub System, SB). Ohjelman alajärjestelmät vastaavat standardin ISO 13849-1 nimettyjä rakenteita eli luokkia. Nämä nimetyt rakenteet muodostuvat kanavista (Channel, CH), jotka vastaavat yksittäisten turvasignaalien kulkureittejä järjestelmässä. Näiden kanavien kanssa samalle hierarkiatasolle asettuvat myös testikanavat (Test Channel, TE).

Kanavat taas muodostuvat sarjaan yhdistetyistä lohkoista (Block, BL), jotka ovat tavallisimmin erilaisia laitteita. Näiden lohkojen sisällä voi olla eri tavoin yhdistettyjä elementtejä (Element, EL). Elementit ovat tavallisimmin erityyppisiä komponentteja. (KUVIO 6.) (Apfeld ym. 2010, 15–16; SISTEMA-ohje; Sundquist 2010b, 10–11.)




KUVIO 6. SISTEMA-ohjelmiston hierarkiatasot (mukaihen Sundquist 2010b, 11)

Luotaessa turvatoimintoa projektiin määritellään turvatoiminnon vaadittava suoritustaso, joko suoraan tai riskigraafin avulla kuten edellä. Kun turvatoimintoon lisätään alajärjestelmä, tulee sille määrittää luokka. Luokkaa määriteltäessä MTTFd-välilehdeltä valitaan, kuinka alajärjestelmän MTTFd-arvo määritellään. Arvo määritellään järjestelmän lohkojen mukaan, mikäli kyseessä ei ole kapseloitu alajärjestelmä, jolle järjestelmän valmistaja antaa suoraan alajärjestelmän suoritustason. Mikäli luokaksi valitaan 2 tai sitä suurempi, kysyy ohjelma myös DC_{avg} - ja CCF-arvoja alajärjestelmälle. (KUVA 6.) (Apfeld ym. 2010, 17–20.)

Alajärjestelmä IFA

Dokumentaatio PL Luokka MTTFD Lohkot

Alajärjestelmän luokka

1	Luokan B vaatimuksia on sovellettava. Hyvin koeteltuja komponentteja on sovellettava ja hyvin koeteltuja turvallisuusperiaatteita on noudatettava.	Vian esiintyminen voi johtaa turvatoiminnon menettämiseen, mutta sen todennäköisyys on pienempi kuin luokassa B.	Pääasiassa luonnehdittavissa komponenttien valinnalla	
---	--	--	---	---

Luokan vaatimukset

- Asiaan kuuluvien standardien mukaisesti kestävä odotettavissa olevat vaikutukset. .
- Turvallisuuden peruseriaatteita on käytetty.
- Hyvin koeteltuja komponentteja on käytetty.
- Hyvin koeteltuja turvallisuusperiaatteita on käytetty.
- MTTFD on vähintään Korkea. [100 (Korkea)].

KUVA 6. Alajärjestelmän luokan määrittäminen SISTEMA-ohjelmistossa

Kun alajärjestelmään syötetään lohko, eli yleisimmin laite, kysyy ohjelma, miten lohkon MTTFd-arvo määritetään. Mikäli lohko sisältää elementin, tulee lohkon MTTFd-arvo määrittää elementin avulla. Muuten arvo määritellään suoraan lohkon tietoihin. Arvon määrittämisessä tulisi ensisijaisesti käyttää laitteen tai komponentin valmistajan antamia tietoja. Mikäli valmistaja ei ole näitä tietoja määrittellyt, tulisi käyttää vakiintuneita tietokokoelmia, joita esitetään standardin ISO 13849-1 liitteessä D tai vaihtoehtoisesti standardin liitteen C taulukoiden arvoja. Standardin liitteen C taulukoiden arvot löytyvät SISTEMA:ssa painamalla ”Komponenttien tyypilliset arvot”-painiketta (KUVA 7). (Apfeld ym. 2010, 21–22; SFS-EN ISO 13849-1, 59–66.) Mikäli taulukoissakaan ei laitteen tai komponentin arvoa mainita, valitaan MTTFd-arvoksi kymmenen vuotta (SFS-EN ISO 13849-1, 26).

Esimerkiksi tähän järjestelmään valitulle turvareleelle releen valmistaja ilmoittaa laitteen ohjekirjassa MTTFd-arvoksi 391 vuotta, joten tämä luku voidaan suoraan syöttää ohjelmaan turvarele-lohkon MTTFd-arvoksi. (Carlo Gavazzi, 16). Häätäpysäytyspainikkeen ja kontaktorin lohkojen arvot saatiin käyttämällä SISTEMA-ohjelman ”Komponenttien tyypilliset arvot”-taulukkoa. (KUVA 7.)

Mikäli ohjelmaan syötetyt lohkon arvot täyttävät turvatoiminnon suoritustasolle ja luokalle asetetut vaatimukset, muuttuu projektin puustossa olevan lohkon edessä oleva symboli vihreäksi. Puuston alapuolella on nähtävissä valitun lohkon vaatimukset ja sille lasketut arvot. Kun alajärjestelmän kaikki lohkot

ja elementit täyttävät vaaditun tason, täyttyvät myös alajärjestelmälle asetetut vaatimukset. Mikäli PL-arvo ei ole vähintään yhtä suuri kuin vaadittu suoritustaso PL_r, on alajärjestelmille valittava paremmat luokat ja/tai käytettävä komponentteja, joilla on parempi MTTFd-arvo ja/tai parannettava vikaantumisen havaitsemista luokissa 2, 3 ja 4. (KUVA 8.) (Apfeld ym. 2010, 23.) Tässä opinnäytetyössä hätäpysäytystoiminnolla oli vain yksi alajärjestelmä ja SISTEMA-ohjelmistotyökalun avulla tehdyn suoritustason arvioinnin mukaan alajärjestelmän suoritustasoksi saatiin C. Tämän seurauksena koko hätäpysäytystoiminnon todetaan täyttävän sille asetettu määräykset, koska alajärjestelmän suoritustaso on vähintään yhtä suuri kuin hätäpysäytystoiminnolta standardin EN ISO 13850 vaatima suoritustaso. SISTEMA-ohjelmistotyökalulla tehdyn arvioinnin raportti on esitetty liitteessä 2.

The screenshot shows the 'Lohko' (Block) configuration window in the SISTEMA software. The 'Dokumentaatio' (Documentation) tab is active, showing the 'MTTFD' configuration section. The interface includes the following elements:

- Radio buttons for selection:**
 - Määritä MTTFD-arvo elementtien avulla
 - Syötä MTTFD-arvo suoraan
 - Määritä MTTFD-arvo B10D- / B10-arvon avulla
 - Määritä MTTFD-arvo Lamda-arvon / MTTF / MTBF ja RDF -arvojen avulla
- Input fields:**
 - MTTFD: 391 a
 - MTTFD-taso: Korkea
 - Vaarall. vikaantumisten taajuus (AD): 292 FIT [1/E9h]
 - Vikojen poissulkeminen
- Section header:** Komponenttien tyypilliset arvot (hyvät insinöörikäytännöt -menetelmä)
- Documentation field:** Dokumentaatio: Luokan 4, PLe turvarele
- Operating time section:**
 - Toiminta-aika: 20 a
 - Lyhin toiminta-aika: 20 a

KUVA 7. Lohkon MTTFd-arvon määrittäminen SISTEMA-ohjelmistossa

▼	Projektit
▼	✓ PR Viljanlajittelija
▼	✓ SF Häätäpysäytystoiminto
▼	✓ SB Häätäpysäytystoiminto
▼	✓ CH Kanava 1
	✓ BL [S12] Häätäpysäytyspainike
	✓ BL [K6] Turvarele
	✓ BL [K5] Kontaktori
Asiayhteys	
✓ SF	Häätäpysäytystoiminto
PLr	c
PL	c
PFHD [1/h]	1,1E-6
✓ SB	Häätäpysäytystoiminto
PL	c
PFHD [1/h]	1,1E-6
Luokka (...)	1
MTTFD [v]	100 (Korkea)
DCavg [%]	<i>ei asiaankuuluva</i>
CCF	<i>ei asiaankuuluva</i>
✓ BL	Kontaktori
MTTFD [v]	3 333 333,3 (Korkea)
DC [%]	<i>ei asiaankuuluva</i>
✓ EL	-
MTTFD [v]	-
DC [%]	-

KUVA 8. SISTEMA-projektin puustorakenne ja laskennan tulokset

3.5 Kelpuus

Kaikki turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien osien toteutukset, mukaan lukien häätäpysäytystoiminnot, on kelpuutettava, jotta pystytään osoittamaan kaikkien näiden osien ja niiden yhdistelmien täyttävän standardin ISO 13849-1 vaatimukset. Standardi ISO 13849-2 käsittelee kelpuutusta tarkemmin. (SFS-EN ISO 13849-1, 50.)

Standardin ISO 13849-2 mukaan kelpuutuksella vahvistetaan, että ohjausjärjestelmän turvallisuuteen liittyvät osat ja niiden kokonaisuuden toteutus tukevat turvallisuuden vaatimusmäärittelyä. Kelpuutuksella osoitetaan, että kaikki turvallisuuteen liittyvät osat vastaavat standardissa ISO 13849-1 esitettäviä vaatimuksia sekä erityisesti seuraavia neljää vaatimusta:

- a) kyseisen osan toteuttamille turvatoiminnoille määritettyjen ominaisuuksien vaatimukset siten, kuin ne on määritetty suunnitteluperusteissa
- b) määritetyn suoritustason vaatimukset (ks. standardi ISO 13849-1, kohta 4.5):
 - 1) määritetyn luokan vaatimukset (ks. standardi ISO 13849-1, kohta 6.2)

- 2) systemaattisten vikojen hallinta ja välttämisten toimenpiteet (ks. standardi ISO 13849-1, liite G)
- 3) soveltuvin osin ohjelmiston vaatimukset (ks. standardi ISO 13849-1, kohta 4.6) ja
- 4) kyvykkyydelle suorittaa turvatoiminto odotettavissa olevissa ympäristöolosuhteissa

c) käyttöliittymän ergonomiset suunnitteluvaatimukset, esimerkiksi siten, että operaattorilla ei ole houkutusta toimia vaarallisella tavalla kuten esimerkiksi ohittaa turvallisuuteen liittyvää ohjausjärjestelmän osaa (ks. standardi ISO 13849-1, kohta 4.8). (SFS-EN ISO 13849-2, 10.)

Laitteistoon suunnitellun hätäpysäytystoiminnon kelpuuttamiseksi tarkastettiin seuraavia asioiden täyttymistä standardin ISO 13849-2 avulla:

- Turvallisuuden peruseriaatteet
 - Käytetään energiattomaksi tekemisen periaatetta
 - Toimenpiteet yli-/alijännitteiden ja jännitekatkosten varalta
 - Toimenpiteet fyysisen ympäristön hallintaan (vesi, lämpötila, pöly)
 - Pakkotoiminen toimintatapa
 - Sopivien valmistusmenetelmien ja materiaalien käyttö
- Hyvin koetellut turvallisuusperiaatteet
 - Koskettimet ovat mekaanisesti pakkotoimisia
 - Komponenttien ja rakenteiden ylimitoittaminen
 - Ohjauspiirin maadoittaminen
- Hyvin koetellut komponentit
 - Pakkoavautuva kosketin, ylimitoitettu kontaktori

Tarkastelun tuloksena kaikkien edellä mainittujen ehtojen todettiin täyttyvän, joten hätäpysäytystoiminto voidaan katsoa kelpuutetuksi kyseisen tarkastelun ja SISTEMA-ohjelmistolla tehdyn suoritustason todentamisen ansiosta.

3.6 Odottamattoman käynnistyksen estäminen

Standardin EN 60204-1 kohdan 5.3 mukaan jokaisella koneen syötöllä on oltava vaatimusten mukainen syötönerotuslaite, jolla voidaan estää odottamaton tai tahaton koneen käynnistyminen esimerkiksi ko-

neen huollon aikana. Standardin kohdissa 5.3.2 ja 5.3.3 on listattu syötönerotuslaitteeksi hyväksytyt laitteet ja syötönerotusta koskevat vaatimukset. Standardissa esitetään myös vaatimus suljettujen sähkötilojen ulkopuolella sijaitseville erotuslaitteille. Mikäli erotuslaitteet eivät sijaitse lukitussa sähkötiloissa on niissä oltava mahdollista lukita erotin AUKI-asentoon riippulukolla tai muulla avaimella tapahtuvalla lukituksella. Tästä voidaan kuitenkin poiketa, mikäli laitetta syötetään taipuisalla kaapelilla ja erotuslaitteena käytetään pistokytöntä standardin kohdan 5.6 mukaan. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että pistokytin on esimerkiksi koneen huoltoa suorittavan henkilön välittömässä valvonnassa. (SFS-EN 60204-1.) Tämä edellä mainittu poikkeus koskee suunniteltua järjestelmää, sillä laitteiston koneita syötetään taipuisilla kaapeleilla ja erotuskytkiminä käytetään pistokytimiä. Tämän lisäksi kaikki laitteiston osat sijaitsevat niin lähellä ohjauskeskuksen pistokytimiä, että ne voidaan lukea sijaitsevan pistokytimien välittömässä läheisyydessä ja koneen käyttäjällä on näköyhteys pistokytimiin laitteiston joka puolelta.

4 TAAJUUSMUUTTAJAT

Taajuusmuuttaja on laite, jota käytetään pyörivien sähkökoneiden, kuten oikosulkumoottorin pyörimisnopeuden säätöön. Pyörimisnopeuden säätö tapahtuu muuttamalla moottorille syötettävän jännitteen taajuutta ja amplitudia. Taajuusmuuttajat koostuvat yleensä tasasuuntaajasta, välipiiristä ja vaihtosuuntaajasta sekä ohjausyksiköstä. (Teknisiä tietoja ja taulukoita 2000, 17.) Taajuusmuuttaja suojaa myös moottoria erilaisissa vikatilanteissa. Tällaisia vikatilanteita voivat olla esimerkiksi moottorin ylikuormitus tai jumiutuminen. (Hietalahti 2011, 107.)

Taajuusmuuttajassa tasasuuntaajan tehtävä on muuntaa sähköverkon kolmivaiheinen vaihtojännite sykkiväksi tasajännitteeksi. Tasasuunnattu sykkivä tasajännite ohjataan taajuusmuuttajan välipiirille. Välipiirejä on kahta eri tyyppiä. Tasavirtavälipiirin tasoituskuristimen tehtävä on pienentää tasavirran aaltoisuutta, kun taas tasajännitevälipiirissä olevan kuristimen ja kondensaattorin yhdistelmän muodostaman LC-alipäästösuodattimen tehtävä on pienentää sykkivän tasajännitteen aaltoisuutta. Välipiirin jälkeen jännite ohjataan vaihtosuuntaajalle, jossa ohjatut puolijohteet kuten tyristorit muuttavat tasajännitteen takaisin halutun suuruiseksi ja taajuiseksi vaihtojännitteeksi. Tämän jälkeen jännite voidaan ohjata moottorin käämien napoihin. Ohjausyksikön tehtävä on säädellä molempien suuntaajien puolijohteiden toimintaa sekä ottaa vastaan ja välittää viestejä, kuten ohjata moottori käyntiin saadun käyntikäskyn perusteella. (Teknisiä tietoja ja taulukoita 2000, 17.) Suunnitellussa laitteistossa hyödynnettiin jo aiemmin hankittuja Vacon 20 -sarjan taajuusmuuttajia roska- ja siemenruuvikuljettimien ohjaukseen ja nopeuden säätöön. Taajuusmuuttajat ovat nähtävissä liitteen 14 kuvassa.

4.1 Taajuusmuuttajien ohjaus

Opinnäytetyön siemenruuvia ohjaavaa taajuusmuuttajaa ohjataan pelkästään päälle–pois-kytkimellä (0–1-kytkin). Sen sijaan roskaruuvia voidaan ohjata painonapeista ohjelmoitavan logiikan avulla sekä käsin 0–1-kytkimestä. Moottorin käynnistys käsiohjaus-tilassa tapahtuu kääntämällä auto–0–käsi-kytkin käsi-asentoon, minkä jälkeen moottori käynnistetään ja pysäytetään 0–1-kytkimestä kääntämällä. Käsiohjauksen ollessa käytössä ohjelmoitavan logiikan toiminnot ovat rajoitetusti käytössä. Tämä tarkoittaa, että pyörinnänvartija ja katkokäyttötoiminto eivät ole käytössä. Sen sijaan viantunnistus ja merkkivalojen ohjaus toimivat normaalisti. Kun käyttötila-valintakytkin on käännetty auto–asentoon, moottori voidaan käynnistää ja pysäyttää automaattiohjauksen painonapeista sekä kosketusnäytöstä. Auto-tilassa

kaikki logiikan toiminnot, kuten roskaruuvin katkokäyttö toimivat. Myös viljanlajittelijan kontaktorin ohjaus toteutettiin siten, että valittavissa on käsi- ja automaattiohjausvaihtoehdot.

4.2 Taajuusmuuttajan käyttöönotto

Ennen taajuusmuuttajan käyttöönottoa on varmistettava, että taajuusmuuttaja on asennettu ja maadoitettu valmistajan ohjeiden mukaisesti, sekä varmistuttava, että taajuusmuuttaja saa riittävän määrän jäähdytysilmaa (Vacon, 42). Kun taajuusmuuttaja otetaan käyttöön, syötetään muuttajalle käytettävän moottorin ominaisarvot. Tällaisia ominaisarvoja ovat moottorin nimellisaajuus, nimellisaajuus, nimellisaajuus ja nimellisteho. Taulukossa 1 on esitetty tässä työssä käytettyihin taajuusmuuttajiin asetellut ominaisarvot eli parametrit. Joissakin taajuusmuuttajissa voidaan suorittaa ns. moottorin identifiointi, jossa taajuusmuuttaja tunnistaa siihen kytketyn moottorin parametrit. Näiden tunnistettujen parametrien avulla taajuusmuuttaja luo itselleen moottorin sijaiskytkennän mukaisen mallin, jonka mukaan se ohjaa moottoria. (Hietalahti 2011, 107.) Moottorin nimellisarvot löytyvät moottorin tyyppikilvestä ja arvojen syöttämisestä taajuusmuuttajaan kutsutaan yleisemmin parametroinniksi (Vacon, 42).

TAULUKKO 1. Taajuusmuuttajiin asetellut parametrit

Parametri	Siemenruuvi	Roskaruuvi
Nimellisaajuus	380 V	420 V
Nimellisaajuus	50 Hz	50 Hz
Nimellisaajuus	1420 rpm	1425 rpm
Nimellisaajuus	3,7 A	4,6 A
Tehokerroin $\cos\phi$	0,8	0,8
Virtaraja ($I_{MAX}=1,5*I$)	5,55 A	6,9 A
Minimitaajuus	10 Hz	10 Hz
Maksimitaajuus	50 Hz	50 Hz

Parametrien asetteluun jälkeen taajuusmuuttajalle tehdään käyttökoe ilman moottoria. Käyttökokeessa taajuusmuuttajan ohjataan käy-tilaan, minkä jälkeen muuttajan antamaa syöttötaajuutta muutetaan. Tämän muutoksen pitäisi näkyä taajuusmuuttajan valvontaparametreista, joista voidaan seurata taajuusmuuttajan eri arvoja. Mikäli taajuusarvo muuttuu, voidaan jatkaa seuraavaan vaiheeseen. Seuraavaksi

jos mahdollista, edellinen koe uusitaan kuormittamattomalla moottorilla, jota ei ole kytketty prosessiin. Suurta käynnistysmomenttia vaativissa sovelluksissa tulee kyseisellä Vacon 20 -taajuusmuuttajalla suorittaa ns. tunnistusajo. Tunnistusajo vastaa edellä mainittua identifiointia. Kun edellä mainitut testaukset on suoritettu, voidaan moottori kytkeä prosessiin ja suorittaa samainen käyttökoe kuormitetulle moottorille. (Vacon, 43.)

4.3 Pyörimisnopeuden säätö

Taajuusmuuttajien nopeudensäätö on mahdollista toteuttaa kytkemällä taajuusmuuttaja johonkin ohjainlaitteeseen, kuten ohjelmoitavaan logiikkaan tai PID-säätimeen. Tällaisissa tilanteissa pyörimisnopeutta säädetään standardin mukaisilla virta- ja jänniteviesteillä. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 161, 210–211.) Nykyaikaisissa taajuusmuuttajissa voidaan valita, käytetäänkö säätöön virta- vai jänniteviestiä. Mikäli käyttäjä haluaa säätää moottorin pyörimisnopeutta paikallisesti, voidaan pyörimisnopeutta säätää potentiometrin avulla. (Vacon, 53–55.) Tässä opinnäytetyössä pyörimisnopeudensäätö toteutettiin 10 k Ω :n potentiometriä avulla, jotka asennettiin ohjauskeskuksen kanteen. Tällöin käyttäjän on mahdollista nopeasti säätää ruuvikuljettimien nopeutta tarpeen mukaan. Potentiometrin avulla moottorin nopeutta on mahdollista säätää parametreihin aseteltujen pienimmän ja suurimman lähtötaajuuden välillä. Tässä tapauksessa pienimmäksi lähtötaajuudeksi aseteltiin 10 Hz, jotta moottorin akselille sijoitettu tuuletin kykenee jäähdyttämään moottoria tarpeeksi. Suurimmaksi lähtötaajuudeksi aseteltiin 50 Hz, jolloin moottori pyörii nimellisa nopeudella.

4.4 Taajuusmuuttajan jäähdytys

Taajuusmuuttajan asennuksessa on huomioitava, että taajuusmuuttajan ympärille jää riittävästi tyhjää tilaa, jotta riittävä jäähdyttävän ilman virtaus taajuusmuuttajan läpi on mahdollista. Vacon 20 -taajuusmuuttajan käyttöohjekirjassa on kerrottu muuttajan rungon koon perusteella taajuusmuuttajan vähimmäisetäisyydet sivusuunnassa niin kotelon seinään kuin toiseen taajuusmuuttajaankin. Ohjekirjassa kerrotaan myös mitat, miten paljon taajuusmuuttajan ylä- ja alapuolelle on jätettävä tyhjää tilaa riittävän ilmankierron varmistamiseksi. (Vacon, 16.)

Mikäli taajuusmuuttaja sijoitetaan muualle kuin vapaaseen tilaan, esimerkiksi suljetun kotelon sisälle, on varmistettava, että koteloon saadaan tarpeeksi viileää taajuusmuuttajia jäähdyttävää ilmaa. Riittävä ilmansaanti voidaan toteuttaa esimerkiksi suodatintuulettimilla, jotka asennetaan kotelon seinään puhaltamaan ilmaa kotelon sisään. Tämän lisäksi koteloon voidaan asentaa poistoilmasuodattimet, joiden kautta lämmennyt ilma pääsee vapaasti virtaamaan ulos kotelosta. Tässä järjestelmässä taajuusmuuttajien tarvitsema jäähdytysilman määrä on $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ja taajuusmuuttajat asennettiin umpinaiseen metallikoteloon (Vacon, 17). Tästä syystä koteloon alaosaan asennettiin kaksi suodatintuuletinta, joiden tuottama ilmavirta on $25 \text{ m}^3/\text{h}$ ja kotelon yläosaan asennettiin poistoilmasuodattimet varmistamaan hyvä ilmanvirtaus kotelon läpi (KUVA 9). Suodatintuulettimet ylimitoitettiin, jottei tuulettimien tarvitsisi käydä koko ajan, ja tästä syystä tuulettimia asennettiin ohjaamaan kojeistotermostaatti, joka ohjaa tuulettimet päälle, kun kotelon ilman lämpötila ylittää termostaattiin asetetun lämpötilan.



KUVA 9. Ohjauskeskukseen asennettu kojeistotuuletin

5 VIKASUOJAUS

Sähkölaitteiston vikasuojauksen tarkoituksena on estää ihmistä tai kotieläintä koskettamasta johtavia osia, jotka ovat vian seurauksena tulleet jännitteisiksi ja aiheuttavat vaaraa. Vikasuojaus voidaan toteuttaa:

- estämällä vikavirran kulku ihmisen tai kotieläimen kautta tai
 - rajoittamalla ihmisen tai kotieläimen kautta kulkeva virta vaarattomaan arvoon tai
 - rajoittamalla viasta johtuvan kehon kautta mahdollisesti kulkevan virran kesto-aika vaarattoman lyhyeksi.
- (SFS 6000-1, 8.)

Ohjauskeskuksen vikasuojaus toteutettiin SFS 6000 standardin mukaisesti ja apuna käytettiin kyseiseen standardiin pohjautuvaa kirjaa D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Kaapeleiden mitoitus on myös tärkeä osa vikasuojauksen suunnittelua, koska käytettävien kaapeleiden on kestettävä niiden kautta kulkevan virran lämpövaikutus ja sähkömekaaninen rasitus myös vika- ja ylikuormitustilanteissa. Kaapelin suojaus voidaan toteuttaa rajoittamalla vika- ja ylivirran kesto-aika turvalliseen arvoon tai rajoittamalla virran suuruutta (SFS 6000, 9).

5.1 Syötön vikasuojaus

Suunniteltua ohjauskeskusta syötetään 32 ampeerin 3-vaihepistorasiasta, joka on suojattu 25 A:n C-tyyppin johdonsuojakatkaisijalla ja 30 mA:n vikavirtasuojakytkimellä. Keskuksen pistotulppaliitännän päädyttiin kiinteän syötön sijasta siksi, että ohjauskeskus voitaisiin tilaajien toiveiden mukaan siirtää säilytykseen lämpimään tilaan, kun ohjauskeskusta ei käytetä. Keskusta syöttävä taipuisa kumikaapeli mitoitettiin sitä suojaavan 25 A:n johdonsuojakatkaisijan mukaan. Kyseinen johdonsuojakatkaisija toimii niin keskuksen oikosulkusuojana kuin myös kaapelin ylikuormitussuojana. D1-2017 -käsikirjan taulukosta 52.5 nähdään, että poikkipinta-alaltaan 4 mm² H07RN-F-tyyppin kumikaapeli kestää 31 A:n virran, kun kaapelin kolme johdinta on kuormitettuna (D1-2017, 231). Tämän perusteella keskuksen syöttökaapeliksi voitiin valita H07RN-F-tyyppin kumikaapeli, jonka poikkipinta-ala on 4 mm². Johdonsuojakatkaisijan oikosulkusuojauksen toteutuminen tarkistettiin mittaamalla oikosulkuvirta keskusta syöttävältä 3-vaihepistorasialta kaikilta kolmelta vaiheelta ja laskemalla oikosulkuvirta keskuksen syöttökaapelin loppupäässä ja vertaamalla saatua arvoa pienimpään vaadittuun arvoon, jotta nopea jännitteen poiskytkentä toteutuu riittävän nopeasti. Laskut on esitetty liitteessä 3. Pienimmäksi oikosulkuvirraksi mitattiin

279 A. Lasketuksi arvoksi kaapelin päässä saatiin 264,3 A ja D1-2017-käsikirjan taulukosta 41.4a tarkistettiin, että nimellisvirraltaan 25 A:n C-tyypin johdonsuojakatkaisija tarvitsee 250 A:n virran, jotta johdonsuojakatkaisija kykenee katkaisemaan jännitteen vaaditussa 0,4 sekunnissa, joten kyseinen johdonsuojakatkaisija täyttää oikosulkusuojauksen vaatimukset (D1-2017, 93).

5.2 Moottorilähtöjen vikasuojaus

Viljanlajittelijaa pyörittävän oikosulkumoottorin suojaus toteutettiin johdonsuojakatkaisijan ja lämpöreleen yhdistelmällä. Johdonsuojakatkaisija toimii oikosulkusuojana ja lämpörele ylikuormitussuojana. Johdonsuojakatkaisija valittiin moottorin ottaman virran perusteella. Moottorin arvokilvessä lukee moottorin ottamaksi virraksi 8,7 A:n nimelliskuormalla ja 380 V:n jännitteellä. Nykyaikaisen sähköverkon pääjännite on kuitenkin 400 V, joten moottorin ottama virta on hieman ilmoitettua suurempi. Moottorin todellisesti ottamaksi virta-arvoksi laskettiin 9,16 A ja tämän perusteella moottorin oikosulkusuojaksi olisi riittänyt 10 A:n johdonsuojakatkaisija, mutta oikosulkusuojaksi kuitenkin valittiin 16 A:n C-tyypin johdonsuojakatkaisija, koska tämä mahdollistaisi lajittelijan moottorin vaihtamisen hieman suurempaan moottoriin, mikäli vanha rikkoutuisi. Ylikuormitussuojaksi valittiin kontaktorin yhteyteen asennettava General Electric Oy:n LR 12 -lämpörele, joka on tarkoitettu moottoreille, joiden nimellisvirta on välillä 8–12 A. Haluttu tarkempi virta-arvo, jolla lämpörele laukeaa, on aseteltavissa lämpöreleestä ruuvimeisselin avulla. Moottoria syöttäväksi kaapeliksi oli jo aiemmin asennettu yhdeksän metriä pitkä 5x2,5 mm² kumikaapeli, jonka kuormitettavuus on D1-2017-taulukon 52.4 mukaan 21 A, joten kyseistä kaapelia ei tarvinnut vaihtaa uuteen (D1-2017, 231). Oikosulkuvirraksi moottorin navoissa laskettiin 218,2 A, joka on huomattavasti suurempi kuin 16 A:n johdonsuojakatkaisijalta vaadittu 160 A:n oikosulkuvirta, jotta nopea poiskytkentä toteutuu alle vaaditun 0,4 sekunnin (D1-2017, 93). Viljanlajittelijaa syöttävän piirin keskuksen sisäiset johdotukset toteutettiin myös 2,5 mm²:n johtimia käyttäen.

Roska- ja siemenruuvien moottoreiden ylikuormitus- ja oikosulkusuojauksen hoitavat taajuusmuuttajat kuten taajuusmuuttajia käsiteltävässä osassa kerrottiin. Itse taajuusmuuttaja on kuitenkin suojattava oikeankokoisella johdonsuojakatkaisijalla ja tässä järjestelmässä käytettävien Vacon 20 -taajuusmuuttajien ohjekirjan mukaan taajuusmuuttajaa suojaavat sulakkeet toimivat myös kaapeleiden ylikuormitussuojana (Vacon, 39). Taajuusmuuttajia ja moottorilähtöjen kaapeleita suojaamaan valittiin 10 A:n C-tyypin johdonsuojakatkaisijat taajuusmuuttajien ohjekirjan taulukon 3.11 mukaisesti. Saman taulukon mukaan kaapeliksi riittäisi 5x1,5 mm²:n kaapeli, mutta moottoreissa oli valmiiksi asennettuna 2,5 mm²:n

kaapelit, joten keskuksen sisäisetkin johdotukset toteutettiin vastaavan poikkipinta-alan johtimilla. (Vaccon, 41.) Oikosulkuvirta ruuvikuljettimien moottorien navoissa on sama kuin lajittelijan tapauksessa, koska kaikkien kolmen moottorin kaapelit ovat pituudeltaan ja poikkipinta-alaltaan samanlaiset.

Moottorit ovat liitettävissä ohjauskeskukseen niille tarkoitettuihin 16 A:n pistorasioihin, koska niitä ei voitu toteuttaa kiinteällä kaapeloinnilla, jotta keskuksen siirtäminen on mahdollista. Normaalisti alle 32 A:n pistorasiat on suojattava enintään 30 mA:n vikavirtasuojakytkimellä, mutta tästä voidaan poiketa, mikäli pistorasia on tarkoitettu erityisen laitteen liittämiseen tai käyttäjä on ammattihenkilö tai opastettu henkilö. (D1-2017, 113) Tästä syystä ohjauskeskuksen moottorien pistorasiat merkittiin selkeästi, jotta käyttäjät eivät erehdyksissä liittäisi väärää laitetta väärään pistorasiaan, jotta vikavirtasuojakytkimet voitiin jättää asentamatta. Keskus varustettiin myös tekstillä, jossa kerrotaan, että pistorasioihin saa liittää vain niille tarkoitetun koneen. (KUVA 10.) Käyttäjät ovat myös opastettuja henkilöitä heille pidetyn käyttökoulutuksen ansiosta.

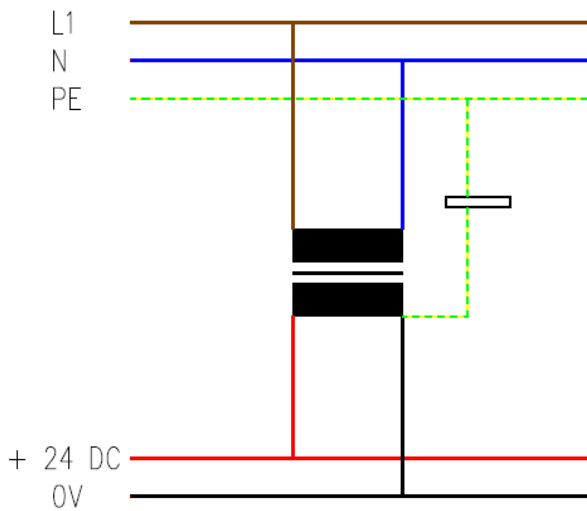


KUVA 10. Moottoreiden liittämiseen tarkoitetut 3-vaihepistorasiat

5.3 Ohjausjännitepiiri

Keskuksen ohjauspiiri toteutettiin 24 VDC -pienoisjännitteellä toimivalla PELV-järjestelmällä (Protective Extra Low Voltage) (KUVA 11). PELV-järjestelmää käytettäessä ei muita vikasuojausmenetelmiä tarvita, ja mikäli jännite on riittävän pieni, voidaan myös perussuojaus jättää pois. (D1-2017, 155–156.)

Ohjauskeskuksessa 24 V:n tasajännite saatiin aikaan säädettävän hakkuriteholähteen avulla, jossa on sisäänrakennettuna ylikuormitus ja oikosulkusuojaus.



KUVA 11. PELV-pienoisjännitejärjestelmä (mukaillen D1-2017, 116)

5.4 Käyttöönottotarkastus

Ennen laitteiston käyttöönottoa laitteistolle tehtiin standardin SFD 6000 mukainen käyttöönottotarkastus ja tarkastuksesta tehtiin käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Käyttöönottotarkastukseen sisältyi aistinvarainen tarkastelu ja erilaisia testauksia. Aistinvaraisessa tarkastelussa silmämääräisesti tarkastetaan, että asennukset on tehty turvallisesti ja oikeita asennusperiaatteita käyttäen. Käytännössä aistinvarainen tarkastus tehdään laitteiston rakentamisen aikana. Tarkemmin aistinvaraisessa tarkastuksessa läpikäytävistä kohdista löytyy tietoa standardin SFS 6000 kohdasta 6.4.2. Käyttöönottotarkastuksen yhteydessä tehdyistä asennuksesta mitattiin erillisellä käyttöönottotesterillä suojajohtimen jatkuvuus sekä asennuksen eristysresistanssi. Eristysresistanssi mitattiin myös ohjausjännitepiiristä. Mittaukset jouduttiin toteuttamaan pienemmissä osissa taajuusmuuttajien ja herkkien elektronisten laitteiden vuoksi. Mittauksen ajaksi taajuusmuuttajat, ohjelmoitava logiikka ja turvarele kytkettiin irti niiden vaurioitumisen estämiseksi. Taajuusmuuttajien jälkeisistä moottorilähdöistä mitattiin eristysresistanssi erikseen.

Näiden testien lisäksi tarkistettiin keskuksen kiertosuunta, jolla varmistetaan moottorien pyörimissuunnan oikeellisuus ja keskukselle tehtiin vaadittavat toimintatestit. Vaadittua syötön automaattisen poiskytkennän testausta ei ollut mahdollista toteuttaa ilman vaaraa taajuusmuuttajien vaurioitumisesta.

Standardin SFS 6000 mukaan kyseinen syötön automaattinen poiskytkentä voidaan kuitenkin todentaa laskemalla vikavirtapiirin impedanssi (SFS 6000-6, 11). Impedanssien laskenta toteutettiin keskuksen vikasuojasta suunniteltaessa ja laskut on esitetty liitteessä 3. Käyttöönottotarkastuksen tuloksen todettiin, että laitteisto täyttää tarkastuksen vaatimukset ja on muutenkin turvallinen käyttöönotettavaksi. Käyttöönottotarkistuspöytäkirja ja siihen liittyvät mittaustulokset ovat nähtävissä liitteessä 4 ja tarkastukseen liittyvä jännitteenaleneman laskenta liitteessä 5. Tilaajalle toimitettuun käyttöönottotarkistuspöytäkirjaan liitettiin myös laitteiston piirikaaviot ja laiteluettelo (LIITE 6; LIITE 7).

6 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT

Ohjelmoitava logiikka (PLC, Programmable Logic Controller) on laite, joka tarkkailee logiikan tuloja ja asettaa näiden viestien perusteella logiikan lähdöt logiikan muistiin luodun ohjelman mukaisesti. Ohjelmoitavat logiikat voidaan jakaa rakenteeltaan modulaarisiin ja kompakteihin logiikoihin. Kompakteissa logiikoissa kaikki komponentit ovat yksien kuorien sisässä ja ne ovat rajallisesti laajennettavissa. Näissä kompakteissa logiikoissa on yleensä noin 10–30 tuloa ja lähtöä (input ja output). Modulaariset logiikat koostuvat yhteen kytkettävistä virtalähteestä, keskusyksiköstä sekä erilaisista tulo- ja/tai lähtöyksiköistä, joita voidaan valita haluttu määrä tarpeen mukaan. Näitä tulo- ja lähtöyksiköitä kutsutaan myös nimellä I/O-liitäntäyksikkö. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 248–249.)

Tähän opinnäytetyöhön saatiin käyttöön Schneider Electric Oy:n valmistama Magelis SCU HMISCU6A5 -ohjelmoitava logiikka. Logiikkaan kuuluu myös 3,5 tuuman kosketusnäyttö, johon voidaan ohjelmoida logiikan käyttöliittymä. (KUVA 12.) Logiikan näyttö näkyy liitteen 13 kuvassa. Logiikassa on yhteensä 16 digitaalituloa ja 8 digitaalilähtöä.



KUVA 12. Magelis SCU HMISCU6A5 -ohjelmoitava logiikka

6.1 I/O-liitännät

Logiikoiden tuloja ja lähtöjä on olemassa kahta perustyyppiä. Digitaaliset tulot ottavat vastaan antureilta tai muilta ohjauslaitteilta tulevat PÄÄLLÄ/POIS-tyyppiset signaalit ja välittävät tiedon logiikan keskusyksikölle. Digitaaliset lähdöt ovat ns. kytkeviä lähtöjä. Näillä lähdöillä ohjataan erilaisia laitteita, kuten kontaktoreja, magneettiventtiilejä ja merkkilamppuja päälle ja pois. Digitaalinen lähtö voi esimerkiksi olla relekosketin, jonka kautta laitetta ohjaava jännite kulkee. Tällainen relelähtö toimii siten, että kun logiikan keskusyksikkö ohjaa lähdön päälle, relekosketin sulkeutuu, jolloin sähkövirta pääsee kulkemaan koskettimen läpi ja esimerkiksi lähdöllä ohjattava merkkivalo syttyy. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 251–252.)

Analogiset tulot vastaanottavat erisuuruisia virta- ja jänniteviestejä. Tavallisimmat käytetyt analogiasignaalit ovat 0–20 mA ja 4–20 mA virtaviesteillä ja 0–10 V ja -10+10 V jänniteviesteillä. Analogiselle signaalille tehdään logiikassa analogia-digitaalimuunnos (A/D-muunnos), jossa esimerkiksi 0–10 V:n jänniteviesti muutetaan logiikan keskusyksikön ymmärtämäksi 16 bitin digitaalisena. Analogiset lähdöt toimivat päinvastoin kuin analogiset tulot. Niissä keskusyksikön ohjelman perusteella luotu digitaalisena muutetaan analogiasignaaliksi (D/A-muunnos) ja tämä signaali ohjataan lähdön kautta säädettävälle laitteelle. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 206 ja 252–253.) Analogialähtöjen avulla on mahdollista ohjata esimerkiksi säätöventtiilin moottoritoimilaitetta, jonka avulla säädetään venttiilin avautumaa (Sivonen 2006, 156).

6.2 Logiikkaohjelmointi

Toimiakseen ohjelmitava logiikka tarvitsee ainakin yhden ohjelman, jota kutsutaan yleensä pääohjelmaksi. Pääohjelma voi itsessään sisältää logiikkaan ohjelmoidut toimintalohkot ja funktiot tai pääohjelman on myös mahdollista kutsua muita ohjelmia. Logiikkaohjelman luomiseen käytetään normaalisti tietokoneelle asennettavaa ohjelmointiohjelmistoa. Valmis ohjelma voidaan ladata logiikkaan samaa ohjelmaa käyttäen. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 259.)

Logiikoiden ohjelmointitapoja on useita erilaisia logiikkatyyppistä ja valmistajasta riippuen. Yleisesti käytettyjä tapoja ovat instruktiolista, relekaavio, logiikkakaavio, sekvenssikaavio sekä strukturoitu teksti. Instruktiolista (IL) on hieman suppea ohjelmointikieli. Ohjelmalla tehtävät päälle–pois-ohjaukset

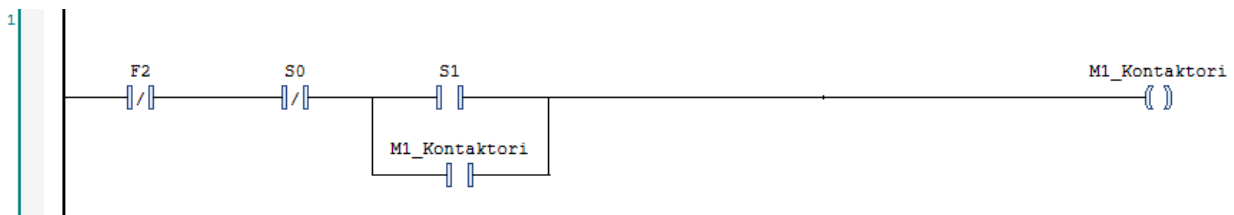
sekä laskennat ovat helposti toteutettavissa, mutta monimutkaisemman ohjelman luominen on hankalaa. (KUVA 13.) Relekaavio-ohjelmointikieli (LD, Ladder) eli ns. tikapuukaavio muistuttaa releohjauksen piirikaaviota. Relekaaviossa avautuvat ja sulkeutuvat koskettimet asetellaan muodostamaan haluttu ehtolista, jonka mukaan lähtö tai muistibitin tila ohjautuu tilaan TOSI (true) tai EPÄTOSI (false). (KUVA 14.)

```

1 LD 2
2 MUL 2
3 ADD 3
4 ST Tulos
5
6 LD I_Start_Painike
7 AND TRUE
8 S O_Moottori_On
9
10 LD Tulos
11 GT 5
12 R O_Moottori_On

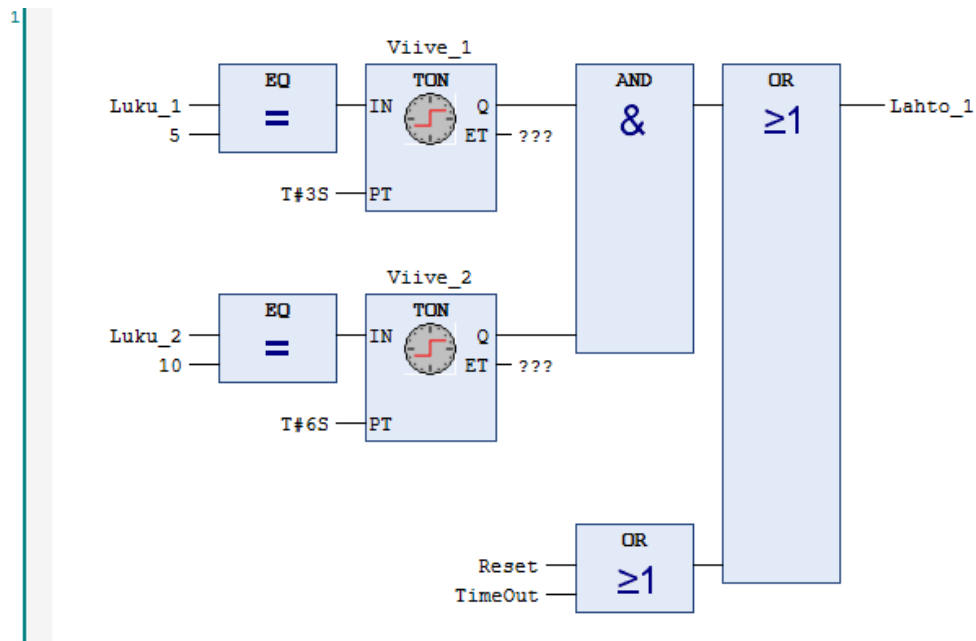
```

KUVA 13. Instruktiolista esimerkki (Keinänen & Sumujärvi 2019, 259)

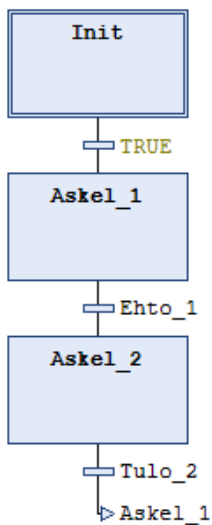


KUVA 14. Relekaavio esimerkki (mukaiillen Keinänen & Sumujärvi 2019, 259)

Logiikkakaavio (FBD, Funktion Block Diagram) on paljon käytetty ohjelmointitapa, koska siinä lohkojen välinen vaikutus on selkeästi nähtävissä ja käytettävissä ovat kaikki ohjelmoinnissa käytettävät logiikkasymbolit. Ohjelman ehtojen toteutumista on myös helppo seurata reaaliaikaisessa online-testauksessa. (KUVA 15.) Sekvenssikaavio (SFC) soveltuu sekvenssien tekemiseen. Sekvenssikaavio muodostaa sekvenssin rungon. Ehto- sekä toimenpideohjelmat toteutetaan, jolloin muulla ohjelmointikielillä tai toteutetaan yksinkertaisesti ehdoilla. (KUVA 16.) Strukturoitu teksti (ST) on lausekielinen ohjelmointitapa. Se muistuttaa Basic- ja Pascal-ohjelmointikieliä. Lausekielinen ohjelmointitapa soveltuu hyvin, kun halutaan suorittaa monimutkaisia laskentaoperaatioita tai ohjelma sisältää monimutkaisia silmukkarakenteita. Strukturoidun tekstin etuna on, että se voidaan helposti siirtää eri logiikoiden välillä ja kommenttien lisääminen ohjelmaan on muita ohjelmointitapoja joustavampaa. (KUVA 17.) (Keinänen & Sumujärvi 2019, 259–260.)



KUVA 15. Logiikkakaavio esimerkki (mukaiillen Keinänen & Sumujärvi 2019, 259)



KUVA 16. Sekvenssikaavio esimerkki (mukaiillen Keinänen & Sumujärvi 2019, 260)

```

1 IF Tulo_1 AND (NOT Tulo_2) THEN
2   Moottori:=TRUE;
3 ELSE
4   Moottori:=FALSE;
5 END_IF

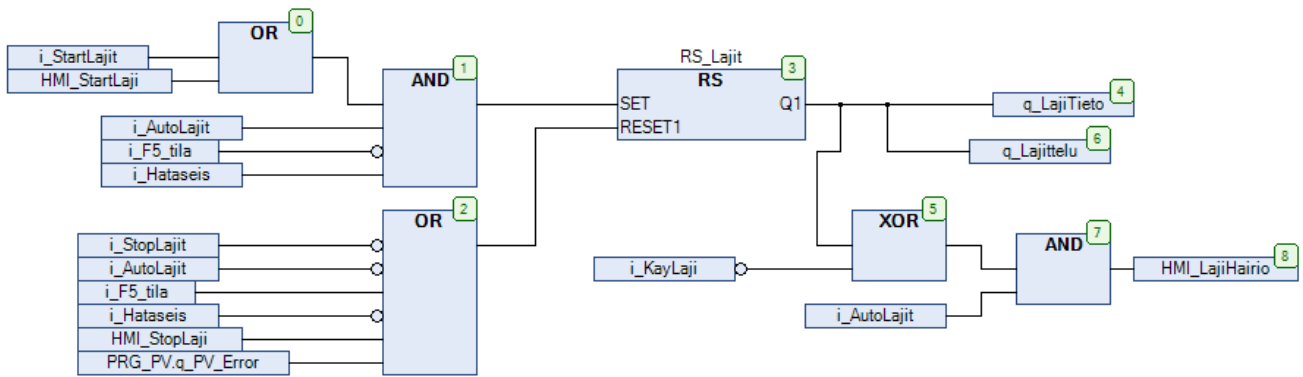
```

KUVA 17. Strukturoitu teksti esimerkki (mukaiillen Keinänen & Sumujärvi 2019, 260)

Tässä järjestelmässä ohjelmointi tehtiin Schneider Electric Oy:n SoMachine-ohjelmistolla ja kosketusnäytön käyttöliittymä tehtiin kyseisen ohjelman Vijeo-Designer-lisäosalla. Strukturoidulla tekstillä luotiin logiikan pääohjelma, joka kutsuu kolmea logiikkakaaviotyypistä aliohjelmaa (LIITE 8). Lajittelijan ja roskaruuvin ohjaukseen luotiin omat ohjelmat, joiden on tarkoitus ohjata molemmat laitteet päälle ja pois tietyissä tilanteissa sekä antaa käyttäjälle informaatiota laitteiden toiminnasta (LIITE 9; LIITE 10). Kolmas ohjelma sisältää lajittelijan pyörinnanvartijan toimintaan vaikuttavat lohkot sekä siemenruuvien toiminnan tilan välittämisen käyttäjälle (LIITE 11). Lajittelijan pyörinnanvartijan tila välitetään lajittelijan ohjelmalle kahden ohjelman välillä. Logiikan ohjelmien toimivuus testattiin tekemällä valmiille ohjauskeskukselle käyttökoe, jossa pyrittiin simuloimaan mahdollisia laitteistosta tai käyttäjästä johtuvia vika ja virhetilanteita ja katsottiin, miten tehty ohjelma käyttäytyy näissä tilanteissa. Laitteiston käyttöä helpottamaan tehtiin myös erillinen käyttöohje, josta käyttäjä voi tarkistaa kuinka laitetta käytetään ja sekä ohjeessa kerrotaan yleisimpien vikojen aiheuttajat sekä kuinka vikatilanteissa tulee toimia (LIITE 12).

6.2.1 Sähkömoottorien ohjaus

Lajittelijan ja roskaruuvien sähkömoottorien logiikkaohjaukset toteutettiin käyttäen RESET–SET-kiikkuja (RS). RS-kiikussa on kaksi tuloa, SET ja RESET, joihin liitetään halutut ehdot koneen käynnistämiseksi ja pysäyttämiseksi haluttujen toimintaehtojen mukaisesti. Kuvassa 18 on viljanlajittelijan ohjelmasta kohta, jolla lajittelija käynnistetään ja pysäytetään. Kuvasta voidaan nähdä, että lajittelijan käynnistymiseen vaaditaan, että lajittelijan käyttötilaksi on oltava valittu automaatti (AUTO), lämpörelle F5 ei saa olla lauenneena ja hätäpysäytyspainikkeen tulee olla yläasennossa. Kun nämä kolme ehtoa toteutuvat, voidaan lajittelija käynnistää painamalla keskuksen etulevyyn asennettua käynnistyspainiketta tai vaihtoehtoisesti lajittelija voidaan käynnistää kosketusnäytön käynnistyspainikkeesta. Painikkeiden painallus muuttaa AND-lohkon tilaksi TOSI, jonka seurauksena SET-tulo asettaa RS-kiikun lähdön Q1 tilaksi TOSI, jolloin lajittelija käynnistyy. Lajittelijan pysäyttämiseksi riittää, että mikä tahansa kuudesta OR-lohkon ehdosta toteutuu, jolloin RESET-tulo asettaa RS-kiikun tilaksi EPÄTOSI ja lajittelija sammuu. Tilanteessa, jossa SET- ja RESET-tulot saavat kumpikin arvokseen TOSI, RS-kiikun arvoksi tulee EPÄTOSI eli lajittelija ei käynnisty tai se pysähtyy sen ollessa käynnissä. Tämä johtuu siitä, että RS-kiikussa RESET-tulo on ns. dominoiva tulo ja SET-tulon tila jätetään tällaisissa tilanteissa huomiotta.



KUVA 18. Viljanlajittelijan käynnistämiseen ja pysäyttämiseen luotu ohjelma

6.2.2 Roskaruuvien katkokäyttö

Roskaruuviin toivottu katkokäyttötoiminto toteutettiin ohjelmoitavan logiikan ja sen kosketusnäytön avulla. Kosketusnäyttöön tehtiin asetukset-välilehti, josta voidaan valita roskaruuvin käyntitapa. Valittavissa on katkokäyttö ja jatkuva toiminta. Valinta tehdään näytöltä vihreästä painikkeesta painamalla. Samalla sivulla ovat roskaruuvin katkokäytön käymis- ja pysähdysaikojen säätöpainikkeet. Sinisellä pohjalla on näkyvissä sillä hetkellä voimassa olevat käynti- ja pysähdysajat sekunteina. Aikoja on mahdollista säätää vihreistä nuolista painamalla sekunti kerrallaan. (KUVA 19.) Kosketusnäytön asetussivun toiminnot ja osa katkokäytön-ohjelmasta on esitetty kuvassa 20. Kuvan 20 yläosassa on roskaruuvin käyttötilan valintaan ja lähdön ohjauksen liittyvä ohjelman osa ja kuvassa alempana olevassa kohdassa on roskaruuvin käyntiajan valinnan ohjelma sekä käyntiajan tallennus logiikan muistiin.

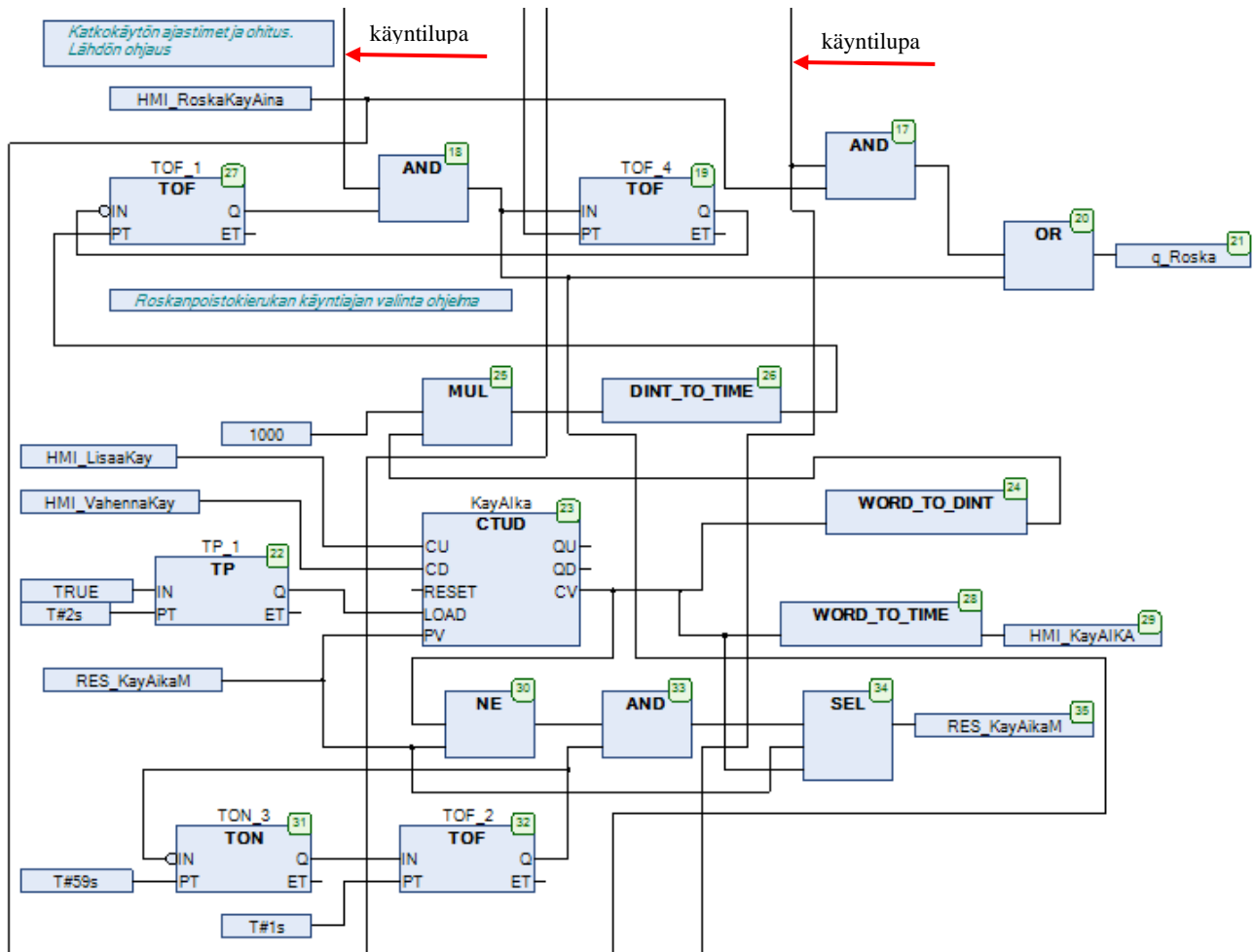


KUVA 19. Kosketusnäyttöön tehty roskaruuvin asetukset-välilehti

Roskaruuvin katkokäyttö on toteutettu kahdella päästöhidasteisella ajastimella (TOF). TOF-ajastin toimii siten, että se kytkee lähdön Q tilaan TOSI, kun sen tulo IN on TOSI. Kun tulon IN tilaksi vaihtuu EPÄTOSI, niin lähdön Q tila pysyy samana ajastimen PT-liittimeen asetetun ajan verran. Kun asetettu aika on kulunut, on lähdön tila EPÄTOSI. Katkokäyttöohjelma toimii siten, että ruuvin käyntiaikaa ohjaavan TOF_1-ajastimen tuloon laitettiin negaatio (INVERT), eli ajastimen tulo Q on lähtökohtaisesti TOSI. Tämän lähdön tila viedään AND-lohkolle, ja kun ruuvikuljetin saa käyntiluvan kyseiselle AND-lohkolle, ruuvikuljetin käynnistyy. Samaan aikaan ruuvin pysäytysaikaa ohjaava ajastin TOF_4 kytkee lähdön Q tilaksi TOSI, jonka seurauksena TOF_1-ajastimen tulon tila muuttuu tilaan EPÄTOSI ja kun ajastimeen asetettu aika on kulunut, vaihtuu lähdön Q tilaksi EPÄTOSI. Tämän seurauksena AND-lohkon arvo ei ole enää TOSI, jolloin ruuvikuljetin sammuu ja samalla ajastimeen TOF_4 asetettu aika alkaa kulua. Kun tämä aika on kulunut, ajastin TOF_4 lähtö Q saa arvon EPÄTOSI, jonka seurauksena ajastin TOF_1 saa arvon TOSI ja ruuvikuljetin käynnistyy uudelleen. Tätä edellä mainittua kiertoa jatketaan niin kauan, kunnes käyttäjä pysäyttää ruuvikuljettimen tai käyttäjä kytkee kuljettimen käymään jatkuvasti. Ohjelmassa tämä on toteutettu siten, että kosketusnäytöltä annettu jatkuva käynti -käsky ohittaa edellä esiteltyt ajastimet ja ruuvikuljettimen käyntilupa ohjaa suoraan kuljettimen päälle. (KUVA 20.)

Käynti- ja pysähdysajan valinta toteutettiin CTUD-laskureilla. Kuvassa 20 näkyvä käyntiajan KayAika-laskuri laskee kosketusnäytön nuolipainikkeiden painalluksista aiheutuvia pulsseja. Oikeanpuoleisen nuolinäppäimen painallus lisää laskurin arvoon luvun yksi, kun taas vasemmanpuoleisen nuolinäppäimen painallus pienentää laskurin arvoa yhdellä. Tämän jälkeen laskurin antama luku on muutettava oikeanlaiseen muotoon, jotta laskurin dataa voidaan käyttää ajastimen asetusarvona. CTUD-laskurilta saatava arvo on muotoa WORD, joka muutetaan aluksi muotoon DINT ja kerrotaan luvulla 1000. Luvulla 1000 kertominen tehdään siksi, että käyntiajan asettavalle ajastimelle annettu aika tulee antaa millisekunteina eikä sekunteina. Seuraavaksi kyseinen luku muutetaan muotoon TIME ja tämä luku voidaan ohjata TOF-ajastimen liittimeen PT, joka asettaa luvun ajastimen asetusarvoksi. (KUVA 20.)

CTUD-laskurin arvo tallennetaan logiikan muistiin kuvan 20 alaosassa näkyvällä ohjelmalla. Tämä tehdään siksi, ettei käyttäjän tarvitse asettaa haluamiaan käynti- ja pysähdysaikoja uudelleen joka kerta logiikan käynnistytyn jälkeen. Ohjelmassa tallennetaan uusi arvo logiikan muistiin yhden minuutin välein, mikäli laskurin arvo on eri kuin muistiin tallennettu arvo. (KUVA 20.)



KUVA 20. Roskaruuvin käynti- ja pysähdysajan ohjaus

6.2.3 Käyttötilan ja häiriöiden ilmaisu

Laitteiston helpokäyttöisyyden lisäämiseksi päädyttiin kaikkia ohjauskeskuksen merkkivaloja ohjaamaan ohjelmoitavan logiikan kautta lukuun ottamatta hätäpysäytystoiminnon merkkivaloa. Merkkivalojen ohjaus olisi voitu toteuttaa suoraan kontaktorin ja taajuusmuuttajien apukoskettimien avulla, mutta logiikkaohjaukseen päädyttiin, koska yhdellä merkkivalolla haluttiin antaa useampia eri viestejä laitteiston käyttäjälle. Punaiset merkkivalot ohjattiin palamaan, kun kyseinen moottori on pysähdyksissä, mutta kun moottorin ohjauspiirissä havaitaan häiriö, alkaa punainen merkkivalo vilkkua. Samaan aikaan kosketusnäytölle ilmestyy viesti, joka kertoo häiriön syyn tarkemmin (KUVA 21). Moottorin käydessä punainen merkkivalo sammutetaan ja vihreä merkkivalo ohjataan palamaan. Roskaruuvin ollessa katko-

käytöllä ja ruuvien ollessa pysähdyksissä haluttiin käyttäjälle antaa informaatiota siitä, että ruuvi käynnistyy itsestään hetken kuluttua. Tämä toteutettiin ohjaamalla roskaruuvien vihreä valo vilkkumaan ruuvien ollessa pysähdyksissä ja odottaessa uudelleen käynnistymistä.



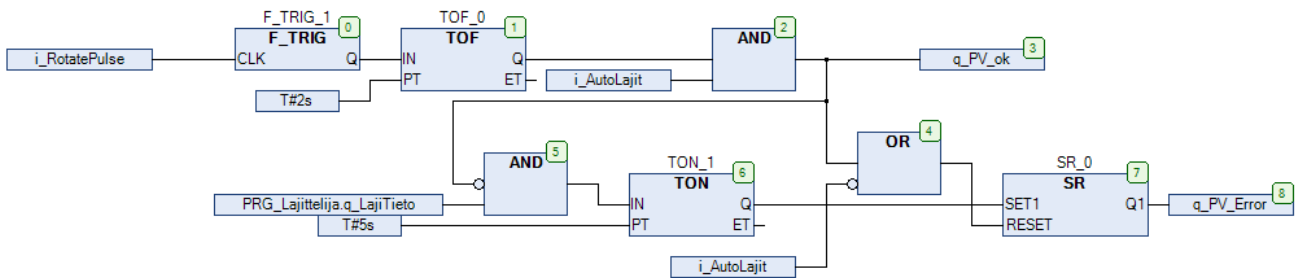
KUVA 21. Pyörinnänvartijan häiriön aiheuttama ilmoitus

6.2.4 Pyörinnänvartija

Lajittelijan pyörinnänvartija toteutettiin sijoittamalla induktiivinen anturi tarkkailemaan syöttösuppilon pohjalla sijaitsevan syöttötelan akselin pyörintää. Anturi kytkettiin ohjelmoitavan logiikan digitaalituloon FIO, joka on ns. Fast input, joka kykenee tunnistamaan erittäin lyhyitäkin digitaalisia pulsseja. Induktiivinen anturi lähettää pulssin logiikan tuloon, kun syöttötelan akselille kiinnitetty metallinen kappale ohittaa anturin jokaisella akselin pyörähdyksellä. Pyörinnänvartija oli mahdollista toteuttaa ainoastaan yhdellä induktiivisella anturilla, koska koneen kiilahihnasto on suunniteltu siten, että moottorin pyörimisliike välitetään yhdellä kiilahihnalla yhdelle akselille ja seuraava hihna välittää pyörimisliikkeen seuraavalle akselille. Mikäli siis yksikin hihnoista katkeaa, lakkaa viimeisimpänä sijaitseva syöttötelan akseli pyörimästä, jolloin logiikka pysäyttää lajittelijan. Pyörinnänvartijan kaapelointi toteutettiin samaan pistokeliittimen kautta kuin hätäpysäytyspainikkeenkin. Liitteen 19 kuvassa on nähtävissä pyörinnänvartijan anturi asennettuna paikoilleen.

Kuvassa 22 näkyvässä pyörinnänvartijan logiikkaohjelmassa induktiivisen pyörinnänvartijan pulssi ohjaa päästöhidasteinen ajastimen TOF_0 ajan alkamaan alusta. Tämä tarkoittaa sitä, että jos uusi pulssi saadaan enintään kahden sekunnin välein, ajastimen lähdön Q tila on TOSI, mikä tarkoittaa lajittelijan

pyörivän normaalisti. Jos kahden sekunnin aika ehtii kuitenkin kulua loppuun ennen uuden pulssin tuloa, muuttuu lähdön Q tilaksi EPÄTOSI, jonka seurauksena vetohidasteinen ajastin TON_1 kytkee viiden sekunnin kuluttua SR_0-kiikun lähdön Q1 tilaan TOSI. Tämä SR-kiikun tila välitetään lajittelijan ohjelmaan, joka pysäyttää lajittelijan vaihtamalla lajittelijan käyntiluvan antavan RS-kiikun tilaksi EPÄTOSI. (KUVA 22.)



KUVA 22. Pyörinnänvartijan logiikkaohjelma

7 ARVIOINTI JA POHDINTA

Viljanlajittelulaitteiston ohjauskeskuksen suunnittelutyö osoittautui oletettua haasteellisemmaksi. Haasteellisen suunnittelusta teki, ettei minulla ollut minkäänlaista aiempaa kokemusta koneturvallisuuden lainsäädännöstä eikä standardeista. Alkuperäisen suunnitelman mukaan minun ei ollut tarkoitus erityisemmin perehtyä itse laitteiston turvallisuuteen, vaan rakentaa pelkästään turvallinen ohjauskeskus. Hieman asiaa tutkittuani totesin, etten voi toteuttaa ohjauskeskusta ilman laitteiston laajempaa turvallisuus selvitystä niin, että laitteisto olisi lakien ja säännösten mukainen. Välillä laki- ja standarditekstiä lukiessa tuntuikin, ettei työ edennyt ollenkaan ja tämä vaikutti myös motivaatioon. Suunnittelu alkoi kuitenkin edetä nopeasti, kun sain hieman apua Jouni Käsälältä, joka toimii sähkö- ja koneturvallisuusosaston toimialajohtajana Apex Automation Oy:ssä. Käsälän neuvojen perusteella osasin ryhtyä etsimään tarvittavia tietoja oikeista lakipykälästä ja standardeista. Hän neuvoi myös minua käyttämään suunnittelussa apuna SISTEMA-ohjelmistotyökalua ja tämä helpotti suuresti hätäpysäytystoiminnon suunnitteluprosessia.

Toinen haasteellisuutta lisännyt seikka oli, ettei työelämäohjaajallani ollut kokemusta sähkö- ja automaatiotekniikasta tai koneturvallisuudesta. Tästä syystä minun täytyi turvautua aina opinnäytetyönohjaajan apuun, mikäli tarvitsin tukea jonkin asian selvittämiseen. Suurimmaksi osaksi ohjauskeskuksen suunnittelu ja toteutus onnistui kuitenkin ilman apua. Tämä saattoi johtua siitä, että sähkötekniinen osaamiseni on mielestäni hyvällä tasolla ja työtä tehdessä opin hakemaan sujuvasti tietoa standardeista. Tästä syystä pystyinkin perustelemaan suunnittelussa tekemäni päätökset suurimmilta osin standardeista löytyvin perustein.

Kokonaisuudessaan ohjauskeskuksen suunnittelu- ja toteutusprojekti sujui hyvin, vaikkakin tavoitteenani oli saada työ valmiiksi nopeammalla aikataululla. Työn tilaajan puolesta asetetussa aikataulussa pysyttiin hyvin. Tilaajan vaatimuksena oli, että laitteiston tulee olla käyttövalmis ennen kevään 2020 siementen lajittelua. Ohjauskeskus myös täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset sekä laitteisto on turvallinen käyttää. Asennustyön jälki on mielestäni siistiä ja keskuksen kotelon koon valinta onnistui erittäin hyvin, sillä ylimääräistä tilaa ei kovin paljoa jäänyt. Käytinkin keskuksen kotelon valinnassa apuna CADS-ohjelmistoa, jolla hahmottelin keskuksen kanteen ja sisään tulevat komponentit paikoilleen keskusvalmistajan sivuilta saatavaan mittapiirroksen.

Olisin mielelläni lisännyt keskukseen vielä joitakin pieniä toimintoja, mikäli logiikan I/O-pisteet eivät olisi loppuneet kesken, mutta en nähnyt järkevänä lähteä ostamaan logiikkaan laajennusmoduulia tai

vaihtamaan koko logiikkaa. Mielestäni keskukseen asennetun logiikan kosketusnäyttö parantaa keskukseen käytettävyyttä huomattavasti, joten logiikan vaihtaminen ei-näytölliseen malliin olisi ollut huono ratkaisu, vaikka sillä olisi saatu joitakin lisätoimintoja toteutettua.

Kirjallisen osuuden tekemisestä teki vaikeaa laadukkaiden lähteiden löytäminen varsinkin asioista, joista itselläni on jo hyvät pohjatiedot aiemman koulutukseni ansiosta. Kirjoitustyön alussa päätinkin, että pyrin löytämään lähteen kaikkiin teoriaa käsitteleviin kohtiin, vaikka itselläni olisikin aiheesta hyvä tietoperusta. Tämä osoittautui haastavaksi, koska internetistä löytyvä materiaali on melko rajallista oppinäytetyön aiheista ja kirjasto sijaitsi pitkän matkan päässä. Kirjallisuudessa monia asioita käsiteltiin myös usein vain pintapuolisesti. Eri lähteistä löytyvä teoria oli myös suhteellisen hankala kirjoittaa omin sanoin sujuvaksi tekstiksi siten, että tekstin sisältö säilyy muuttumattomana. Varsinkin standardien tekstiä oli todella vaikea kirjoittaa omin sanoin ja tästä syystä jouduinkin turvautumaan muutamassa kohtaa suoriin lainauksiin.

Jos ryhtyisin uudelleen suunnittelemaan vastaavanlaista keskusta, niin suunnittelisin vielä paremmin kaiken valmiiksi paperilla ja varmistaisin, että kaikki vaadittavat asiat on otettu huomioon. Laitteiston osia hankkiessa olin epähuomiossa tilannut yhden kontaktorin, joka toimi 230 VAC:n jännitteellä, kun oikea jännite olisi pitänyt olla 24 VDC. Ongelma saatiin kuitenkin ratkaistua lisäämällä laitteistoon yksi apurele. Tältä olisi voitu vältyä, mikäli kaikki komponenttien tiedot olisi listattu ylös, jolloin listauksesta olisi helppo varmistaa, että kaikki hankittavat komponentit soveltuvat niille asetettuun tarkoitukseen ja toimivat oikealla käyttöjännitteellä. Tästä huolimatta voin kuitenkin todeta koko projektin sujuneen erittäin hyvin pienistä vaikeuksista huolimatta ja olen erittäin tyytyväinen työn lopputulokseen. Ohjauskeskuksen suunnittelutyö sai minut myös kiinnostumaan kone- ja laiteturvallisuudesta siinä määrin, että voisin kuvitella työskenteleväni aiheen parissa tulevaisuudessa. Liitteissä 13–19 on kuvia valmiista ohjauskeskuksesta ja siihen liittyvistä komponenteista.

LÄHTEET

- ABB Oy. 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. 9. painos. Vaasa: ABB Oy. Saatavissa: http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/18_S%84hk%94moottorik%84yt%94t.pdf. Viitattu 11.11.2019.
- Apfeld, R., Hauke, M., Schaefer, M., Rempel, P. & Ostermann, B. 2010. The SISTEMA Cookbook 1: From the schematic circuit diagram to the Performance Level – quantification of safety functions with SISTEMA. Versio 1.0. Sankt Augustin, Saksa: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA).
- D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2017. 24. painos. Helsinki: Sähköinfo Oy.
- Hietalahti, L. 2011. Tehoelektroniikan perusteet. Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M & Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Keinänen, T. & Sumujärvi, M. 2019. Automaatiotekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Känsälä, J. 2019. Koneturvallisuus-luentokalvot. Akkreditoidun koneturvallisuusmestarin Jouni Känsälän luento 13.11.2019 Centria-ammattikorkeakoulussa. Apex Automation Oy. Viitattu 17.11.2019.
- Malm, T., Venho-Ahonen, O. & Vanhala, M. 2010. Automaatiouusintojen turvallisuus konejärjestelmissä. Tampere: VTT. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-04369-10.pdf>. Viitattu 1.11.2019.
- Peltola, J., MTK & Nordman, R. 2014. Siementuotanto-opas. Saatavissa: https://www.vyr.fi/document/1/90/c58ef43/oppaat_ec4eed8_Siementuotanto_opas_21_3_2014_pakattu.pdf. Viitattu 22.10.2019.
- Saarinen, E., Suomela R., Rajala, A., Peltonen-Sainio, P., Högnäsbacka, M., Lötjönen, T & Kässä, P. 2011. Kehitystä rehuviljan viljelyyn Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla. Jokioinen: MTT. Saatavissa: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/478945/mttkasvu17.pdf>. Viitattu 28.10.2019.
- Safety modules NES13DB24.../ NES02DB24... User manual. Carlo Gavazzi.
- SFS 6000-1. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Peruseriaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS 6000-6. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Tarkastukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN 60204-1. 2018. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteistot. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 13849-1. 2015. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 13849-2. 2012. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 2: Kelpuutus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 13850. 2015. Koneturvallisuus. Häätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SISTEMA-ohje. 2010. Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA). Versio 1.1.2. Viitattu 9.11.2019

Sivonen, M. 2006. Teollisuuden instrumentointi: Rakenne ja suunnittelu. Helsinki: AEL Oy.

Sundquist, M. 2010a. Turvallisuusvastuut koneiden modernisoinnissa – eurooppalaiset turvallisuusvaatimukset. Helsinki: Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry. Saatavissa: http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden_temasivut/artikkelit/2010_nro_008.pdf. Viitattu 1.11.2019.

Sundquist, M. 2010b. Ohjelmistotyökalun SISTEMA käyttö koneiden turvatoimintojen suunnittelussa. Helsinki: Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry. Saatavissa: http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden_temasivut/artikkelit/2010_nro_004.pdf. Viitattu 2.11.2019.

Vacon 20 -taajuusmuuttajat käyttöohje. 2013. Vaasa: Vacon Plc.

Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos. 1967. Koetusselostus. Helsinki: Valtion painatuskeskus. Saatavissa: <https://core.ac.uk/download/pdf/52251128.pdf>. Viitattu 29.10.2019.

Modernisoinnin turvallisuusselvitys

17.11.2019

Turvallisuusselvityksen kohteena ollut laitteisto: Viljanlajittelulaitteisto (Horsma viljanlajittelija, 2x ruuvikuljetin)

Laitteiston omistajat: [REDACTED]

Laitteiston osoite: [REDACTED]

Viljanlajittelulaitteistolle tehdyssä turvallisuusselvityksessä hyödynnettiin seuraavia standardeja:

- SFS-EN ISO 12100:2010
- SFS-EN ISO 13849-1:2015
- SFS-EN ISO 13850:2015
- SFS-EN ISO 14120:2015
- SFS-ISO/TR 14121-2:2013

Turvallisuusselvityksessä arvioitiin laitteiston turvallisuus nykytasoon nähden arvioimalla laitteistosta aiheutuvat riskit edellä mainittujen standardien avulla. Riskinarvioinnissa hyödynnettiin Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys ry:n riskinarviointi lomaketta.

Riskiarvioinnin tuloksena todettiin koneen pyörivien hihnapyörien ja kiilahihnojen aiheuttaman riskin olevan riittävän suuri aiheuttamaan vakavankin vamman. Koneen vähäisen käyttöaseteen, (noin 2–3 viikkoa vuodessa) vuoksi riski arvioitiin kuitenkin vähäiseksi.

Mahdollisen riskin toteutumisen estämiseksi suositetaan pyörivien hihnapyörien ja kiilahihnojen suojaamista kiinteillä mekaanisilla suojilla standardin SFS-EN ISO 14120:2015 mukaisesti.

Turvallisuusselvityksen tekijä:



Jari Karhula

Päiväys:

17.11.2019

SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden

Projektin nimi: Viljanlajittelija

Tiedoston päiväys: 19.11.2019 08.43.51 Raportin päiväys: 19.11.2019 Tarkistussumma: 2e1136801ec3c87602f574b064f9a510

PR Projektin nimi: Viljanlajittelija

Projektitiedoston nimi:	C:\Users\karhu\Desktop\Koulutehtäviä\Oppari\Viljanlajittelija.ssm
Valmistumisen päivämäärä:	17.08.2019 15.25.20
Projektin tila:	
Projektin numero:	
Projektin versio:	
Tekijät:	Jari Karhula
Projektista vastaavat:	Jari Karhula
Tarkastajat:	
Vaarallinen kohta/kone:	Pyörivät kiilahihnapyörät ja ruuvikuljettimet sekä seulasto
Dokumentaatio:	
Dokumentti:	
Ohjelmiston versio:	2.0.8 build 3
Standardin versio:	ISO 13849-1:2015, ISO 13849-2:2012
Tarkistussumma:	2e1136801ec3c87602f574b064f9a510
Asetukset:	<input checked="" type="checkbox"/> Käytä DC:n väliarvoja PFHD:n laskentaan (tarkempi). <input type="checkbox"/> MTTFD-arvon pienentäminen luokkaa 4 varten arvosta 2500 arvoon 100 vuotta.
Tila:	vihreä
Huomautus:	Tähän projektiin (tai siihen kuuluviin peruselementteihin) ei ole merkitty yhtään varoitusta.

Tulostusasetukset

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Näytä laitteen yksityiskohdat | <input checked="" type="checkbox"/> Näytä suoritustason PL ja luokan vaatimukset |
| <input checked="" type="checkbox"/> Näytä muuttujien SF, SB, BL ja EL dokumentaatio | <input checked="" type="checkbox"/> Näytä muuttujien PLr, PL, luokka, CCF, MTTFD ja DC dokumentaatiot |
| <input checked="" type="checkbox"/> Näytä muuttujiin CCF ja DC liittyvien toimenpiteiden yksityiskohdat | <input type="checkbox"/> Näytä viestit |

Tähän kuuluvat turvatoiminnot**SF** Nimi: Häätäpysäytystoiminto

Vaadittu: PLr c

Saavutettu: PL c

PFHD [1/h]: 1,1E-6

Tila: vihreä

SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden

Projektin nimi: Viljanlajittelija

Tiedoston päiväys: 19.11.2019 08.43.51 Raportin päiväys: 19.11.2019 Tarkistussumma: 2e1136801ec3c87602f574b064f9a510

SF Turvatoiminto: Häätäpysäytystoiminto

Turvatoiminnon tyyppi:	Hätäpysäytystoiminto
Laukaiseva tapahtuma:	Hätäpysäytyspainikkeen painallus
Reaktio ja käyttäytyminen tehonsyötön vikaantuessa:	Hätäpysäytyspainikkeen painallus katkaisee syöttöjännitteen ja ohjausjännitteen kaikilta sähkömoottoreilta
Turvallinen tila:	Kaikki sähkömoottorit ovat pysähdyksissä
Toimintatapa:	
Vaadetaajuus:	
Käyttöaika:	
Ensisijaisuus:	
Dokumentaatio:	
Dokumentti:	
<i>Vaadittava suoritustaso Turvatoiminto</i>	
PLr (suora syöte):	c
Dokumentaatio:	Hätäpysäytystoiminto
Dokumentti:	
Lähde (esim. standardi):	SFS-EN ISO13850
Tiedosto:	

Suoritustaso Turvatoiminto

Saavutettu PL: c	PFHD [1/h]: 1,1E-6
-------------------------	---------------------------

Tila / Viestit Turvatoiminto

Tila:	vihreä
--------------	--------

Alajärjestelmät (1 / 1)**SB Nimi: Häätäpysäytystoiminto**

Viitetunnus:	Inventointinumero:
<i>Laitetiedot Alajärjestelmä</i>	
Laittevalmistaja :	
Laitetunnus:	
Laiteryhmä:	
Osa numero:	Muutos:
Toiminto:	<input checked="" type="checkbox"/> Tulot <input checked="" type="checkbox"/> Logiikka <input checked="" type="checkbox"/> Lähdöt <input type="checkbox"/> tuntematon
Käyttötapaus:	
Käyttötavan kuvaus:	
<i>Dokumentaatio Alajärjestelmä</i>	

SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden

Projektin nimi: Viljanlajittelija

Tiedoston päiväys: 19.11.2019 08.43.51 Raportin päiväys: 19.11.2019 Tarkistussumma: 2e1136801ec3c87602f574b064f9a510

SF Turvatoiminto: Häätäpysäytystoiminto

Dokumentaatio:

Dokumentti:

Suoritustaso Alajärjestelmä

PL määrittäminen: Määritä PL/PFHD Luokan, MTTFD- ja DCavg-arvojen avulla

Software suitable up to PL: n.a.

PL-vaatimukset: täytetty

PL on määritettävä arvioimalla seuraavat kohdat: - Turvatoiminnon käyttäytyminen vikatilassa (katso kohta 6) [täytetty]
 - turvallisuuden liittyvän ohjelmiston kohdan 4.6 mukaisesti tai mitään ohjelmistoa ei ole mukana. [täytetty]
 - systemaattiset vikaantumiset (katso liite G) [täytetty]
 - Kyvykyys suorittaa turvatoiminto odotettavissa olevissa ympäristöolosuhteissa [täytetty]

Saavutettu PL: c

PFHD [1/h]: 1,1E-6

Dokumentaatio:

Luokka (Cat.) Alajärjestelmä

Luokka (Cat.): 1

Luokan vaatimukset: täytetty

Luokan vaatimukset: - Asiaan kuuluvien standardien mukaisesti kestää odotettavissa olevat vaikutukset. [täytetty]
 - Turvallisuuden peruseriaatteita on käytetty. [täytetty]
 - Hyvin koeteltuja komponentteja on käytetty. [täytetty]
 - Hyvin koeteltuja turvallisuuseriaatteita on käytetty. [täytetty]
 - MTTFD on vähintään Korkea. [täytetty]

Dokumentaatio:

Lähde (esim. standardi) Luokka (Cat.): SFS-EN ISO 13849-1

Tiedosto:

MTTFD ja toiminta-aika Alajärjestelmä

MTTFD [v]: 100 (Korkea)

Toiminta-aika [v]: 20

Lyhin toiminta-aika [v]: 20

Tila / Viestit Alajärjestelmä

Tila: vihreä

Kanavat/testikanavat (1 / 1)

CH Nimi: Kanava 1

MTTFD [v]: 390,8

Lohkot (1 / 3)

BL Nimi: Häätäpysäytyspainike

Viitetunnus: S12

Inventointinumero:

SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden

Projektin nimi: Viljanlajittelija

Tiedoston päiväys: 19.11.2019 08.43.51 Raportin päiväys: 19.11.2019 Tarkistussumma: 2e1136801ec3c87602f574b064f9a510

SF Turvatoiminto: Häätäpysäytystoiminto*Laitetiedot Lohko*

Laitevalmistaja:	General Electric		
Laitetunnus:	S12		
Laiteryhmä:			
Osanumero: 8017018890075	Muutos:		
Toiminto:	<input checked="" type="checkbox"/> Tulot	<input type="checkbox"/> Logiikka	
	<input type="checkbox"/> Lähdöt	<input type="checkbox"/> tuntematon	
Teknologia:	mekaaninen		
Luokka (Cat.):	4		
Käyttötapaus:	Hätäpysäytyspainiketta painetaan kun laitteisto halutaan pysäyttää onnettomuuden tai muun arvaamattoman syyn vuoksi		
Käyttötavan kuvaus:			

Dokumentaatio Lohko

Dokumentaatio:	
Dokumentti:	

MTTFD ja toiminta-aika Lohko

MTTFD [v]: 1000000 (Korkea)	
Toimita-aika [v]: 20	Lyhin toiminta-aika [v]: 20
B10D [jaksoa]: 100000	Nop [toimintajaksoa/vuosi]: 1
Dokumentaatio:	Hätäpysäytyslaitteet - jos pakkotoimisen avustoiminnan vikojen poissulkeminen on mahdollista. IEC 60947, ISO 13850 B10D=100000

Diagnostiikan kattavuus Lohko

DC [%]: ei asiaankuuluva	
Dokumentaatio:	

Tila / Viestit Lohko

Tila:	vihreä
-------	--------

Lohkot (2 / 3)**BL** Nimi: Turvarele

Viitetunnus: K6	Inventointinumero:
-----------------	--------------------

Laitetiedot Lohko

Laitevalmistaja:	Carlo Gavazzi
Laitetunnus:	K6
Laiteryhmä:	

SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden



Projektin nimi: Viljanlajittelija

Tiedoston päiväys: 19.11.2019 08.43.51 Raportin päiväys: 19.11.2019 Tarkistussumma: 2e1136801ec3c87602f574b064f9a510

SF Turvatoiminto: Hätätysäytystoiminto

Osanumero: NES02DB24SA	Muutos:	
Toiminto:	<input type="checkbox"/> Tulot <input type="checkbox"/> Lähdöt	<input checked="" type="checkbox"/> Logiikka <input checked="" type="checkbox"/> tuntematon
Teknologia:	elektroninen	
Luokka (Cat.):	4	
Käyttötapa:	Ohjaa kontaktorin jännitteettömäksi kun hätätysäytyspainike on painettu	
Käyttötavan kuvaus:		
<i>Dokumentaatio Lohko</i>		
Dokumentaatio:		
Dokumentti:		
<i>MTTFD ja toiminta-aika Lohko</i>		
MTTFD [v]: 391 (Korkea)		
Toimita-aika [v]: 20	Lyhin toiminta-aika [v]: 20	
Vaarallisten vikaantumisten taajuus [FIT]: 292		
Dokumentaatio:	Luokan 4, PLe turvarele	
<i>Diagnostiikan kattavuus Lohko</i>		
DC [%]: ei asiaankuuluva		
Dokumentaatio:		
<i>Tila / Viestit Lohko</i>		
Tila:	vihreä	

Lohkot (3 / 3)

BL Nimi: Kontaktori

Viitetunnus: K5	Inventointinumero:	
<i>Laitetiedot Lohko</i>		
Laittevalmistaja:	General Electric	
Laitetunnus:	K5	
Laiteryhmä:		
Osanumero: 806109322	Muutos:	
Toiminto:	<input type="checkbox"/> Tulot <input checked="" type="checkbox"/> Lähdöt	<input type="checkbox"/> Logiikka <input type="checkbox"/> tuntematon
Teknologia:	sähkömekaaninen	
Luokka (Cat.):	-	

SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden

Projektin nimi: Viljanlajittelija

Tiedoston päiväys: 19.11.2019 08.43.51 Raportin päiväys: 19.11.2019 Tarkistussumma: 2e1136801ec3c87602f574b064f9a510

SF Turvatoiminto: Hätäpysäytystoiminto

Käyttötapaus:	Katkaisee sähkömoottorien energiansyötön kun hätäpysäytyspainiketta S12 painetaan turvareleen K6 välityksellä
Käyttötavan kuvaus:	
<i>Dokumentaatio Lohko</i>	
Dokumentaatio:	
Dokumentti:	
<i>MTTFD ja toiminta-aika Lohko</i>	
MTTFD [v]: 3333333,3 (Korkea)	
Toimita-aika [v]: 20	Lyhin toiminta-aika [v]: 20
B10D [jaksoa]: 20000000	Nop [toimintajaksoa/vuosi]: 60
Dokumentaatio:	Releet ja kontaktorit pienellä kuormituksella EN 50205, IEC 61810, IEC 60947 B10D=20000000
<i>Diagnostiikan kattavuus Lohko</i>	
DC [%]: ei asiaankuuluva	
Dokumentaatio:	
<i>Tila / Viestit Lohko</i>	
Tila:	vihreä

**SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten
turvallisuuden eheyden arviointiin**



Projektin nimi: Viljanlajittelija

Tiedoston päiväys: 19.11.2019 08.43.51 Raportin päiväys: 19.11.2019 Tarkistussumma: 2e1136801ec3c87602f574b064f9a510

VASTUUVAPAUCLAUSEKE

Ohjelmiston tuotannossa on huolehdittu, että se on tehty nykytekniikan tason mukaisesti. Ohjelmisto on tarkoitettu käyttöönnettäväksi korvauksetta. Ohjelmiston käyttö tapahtuu käyttäjän omalla riskillä. Lainsäädännön antamissa rajoissa ei hyväksytä mitään lakiin perustuvaa vastuuta ohjelmistosta.

Die Software wurde gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik sorgfältig erstellt. Sie wird dem Nutzer unentgeltlich zur Verfügung gestellt.

Die Haftung des IFAs/ DGUV ist damit auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit (§ 521 BGB) bzw. bei Sach- und Rechtsmängel auf arglistig verschwiegene Fehler beschränkt (523, 524 BGB).

IFA sitoutuu pitämään verkkosivut vapaina viruksista, mutta kuitenkin ei voida varmistaa, että ohjelmisto ja sen mukana toimitettavat tiedot olisivat viruksista vapaita. Tämän vuoksi käyttäjää suositellaan ryhtymään sopiviin tietoturvan toimenpiteisiin ja käyttämään virustutkaa ennen ohjelmiston, dokumentaation ja muiden tietojen lataamista.

YHTEYS

Saksan sosiaalisen tapaturmavakuutuksen työterveyden ja työturvallisuuden laitos (IFA)
(Institute for Occupational Health and Safety of German Social Accident Insurance (IFA))
Osasto 5 (Tapaturmien ehkäisy/tuoteturvallisuus)
Osoite: Alte Heerstr. 111, 53754 Sankt Augustin
Sähköposti: sistema@dguv.de
Verkkosivu: www.dguv.de/ifa (Webcode e561582)

Nimi suuraakkosin:

Tekijät

JARI KARHULA

Tarkastajat

Päivämäärä, allekirjoitus:

Tekijät

19.11.2019

Tarkastajat

Laskelmat: Nopean poiskytkennän toteutuminen

Oikosulkuimpedanssin laskenta:

$$Z_K = \frac{c * U}{\sqrt{3} * I_K} \quad (1)$$

missä I_K on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta, c on kerroin 0,95, joka ottaa huomioon jännitteenaleman liittimissä, johdoissa, sulakkeissa, kytkimissä jne., U on pääjännite (V) ja Z_K on virtapiirin kokonaisimpedanssi, joka muodostuu jakelumuuntajaa edeltävän verkon impedanssista, muuntajan impedanssista ja muuntajan jälkeisten johtimien impedanssista.

Kaavasta 1 johdettu oikosulkuvirran laskenta:

$$I_K = \frac{c * U}{\sqrt{3} * Z_K}$$

TAULUKKO 2. Mitatut oikosulkuvirrat liityntä pisteessä

	L1	L2	L3
I_K	282 A	279 A	279 A

Oikosulkuimpedanssi liityntä pisteessä pienimmän oikosulkuvirran mukaan:

$$Z_K = \frac{c * U}{\sqrt{3} * I_K} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 279 \text{ A}} = 0,78636 \Omega$$

Oikosulkuimpedanssi kaapelin päässä:

$$Z_{K \text{ johdon loppu}} = Z_{K \text{ johdon alku}} + 2 * l * z \quad (2)$$

missä l on johtopituus kilometreinä ja z on suojattavan johtimen impedanssi (Ω/km).

Oikosulkuimpedanssi syöttökaapelina toimivan 4 metriä pitkän 4 mm² kuparikaapelin päässä:

$$Z_K = 0,78636 \Omega + 2 * 0,004 \text{ km} * 5,48 \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,830195 \Omega$$

Oikosulkuvirta syöttökaapelin päässä:

$$I_K = \frac{c * U}{\sqrt{3} * Z_K} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 0,830195 \Omega} = 264,27 \text{ A}$$

Oikosulkuimpedanssi moottorin navoissa, 10 metriä pitkällä 2,5 mm² kaapeleilla:

$$Z_{K 2,5} = 0,787999 \Omega + 2 * 0,01 km * 8,77 \frac{\Omega}{km} = 1.0056 \Omega$$

Oikosulkuvirta moottorin navoissa, 10 metriä pitkällä 2,5 mm² kaapeleilla:

$$I_{K 2,5} = \frac{c * U}{\sqrt{3} * Z_K} = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} * 1.0056 \Omega} = 218,17 A$$

Laskuissa käytetyissä kaapelin pituuksissa on otettu huomioon myös keskuksen sisäiset johdotukset.



ST 51.21.05

1 (4)

KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Pöytäkirjan nro _____

Keskusten nimi ja tunnus

OK1

Käyttöönottotarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>		
Muu	<input type="checkbox"/>	Mikä? _____	
PERUSTIEDOT			
Sähkölaitteiston rakentaja	Yritys	Centria AMK Oy	
	Katuosoite	Vierimaantie 7	Postinumero 84100
Sähkötöiden johtaja	Nimi	Kari Saarainen	Postitoimipaikka Ylinieska
	Sähköpostiosoite	[REDACTED]	
Yhteyshenkilö	Nimi	Jari Halme	Puhelinnumero [REDACTED]
	Sähköpostiosoite	[REDACTED]	
Kohteen tiedot	Työnumero	Nimi Lajittelijan ohjauskeskus	
	Kohteen yksilöinti	[REDACTED]	
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Tilaava yritys	Nimi	[REDACTED]	
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Tilaajan yhteyshenkilö	Nimi	[REDACTED]	
	Sähköpostiosoite	[REDACTED]	
1. AISTINVARAINEN TARKASTUS			
a)	Sähköiskulta suojaus	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!	[REDACTED]	
b)	Palosuojaus	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!	[REDACTED]	
c)	Johtimet ja johtojärjestelmät	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!	[REDACTED]	
d)	Suoja- ja valvontalaitteet	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!	[REDACTED]	
e)	Ylijännitesuojat	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input checked="" type="checkbox"/>
	Huom!	[REDACTED]	

ST 51.21.05

2 (4)

f)	Erotus- ja kytkentälaitteet Huom!	Kunnossa	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>
g)	Sähkölaitteiden suojausmenetelmät Huom!	Kunnossa	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>
h)	Nolla- ja suojajohtimien tunnuksot Huom!	Kunnossa	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>
i)	Piirustukset, varoituskilvet jne. Huom!	Kunnossa	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>
j)	Tunnistettavuus Huom!	Kunnossa	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>
k)	Päätteet ja liitokset Huom!	Kunnossa	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>
l)	Suoja- ja potentiaalintasausjohtimet Maadoituselektrodin rakenne: Perustusmaadoitus <input checked="" type="checkbox"/> Muu, mikä? _____ Perustelut <u>Yhdistetty olemassaolevaan maadoitukseen PE-johtimella</u>	Kunnossa	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>
m)	Sähkölaitteiston vaatima tila Huom!	Kunnossa	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>
n)	Yksivaiheiset kytkinlaitteet Huom!	Kunnossa	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>
o)	Erikoistilat Kohdetta koskevat erikoistilat: Lääkintätila Liite _____ Räjähdyksivaarallinen tila Liite _____ Liite _____	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>

Lisätietoja:

2. SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS (PE-, PEN-, maadoitus-, pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimet)

Todettu kaikista laitteista ja pistorasioista Suurin resistanssi 0,15 Ω, ryhmässä 1, lajittelija

Jatkuvuus todettu vaatimusten mukaiseksi

Liitteet: _____

3. ERISTYSRESISTANSSI

Kohde	Ryhmä nro	R _e /MΩ	Huom
<u>Rostaruuni</u>	<u>3</u>	<u>336</u>	

Eristysresistanssit todettu vaatimusten mukaisiksi

PE- ja N-johtimien yhdistys on palautettu mittausten jälkeen entiselleen

Erikoistimenpiteet mittausten suorittamisessa:

Taajuusmuuttajien jälkeiset piirit ja ohjauksen jännitepiiri mitattiin erikseen

Liitteet: _____

4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

	I _k /A	Z _k /Ω	Suojalaite	In/A (suojalaitteet)
Keskus	<u>264,3</u>	<u>0,83</u>	<u>johdonsuojakatkaisija</u>	<u>25</u>
Epäedullisin piste (0,4 s)	<u>218,2</u>	<u>1,006</u>	<u>johdonsuojakatkaisija</u>	<u>10</u>
Epäedullisin piste (5,0 s)				

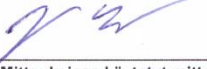
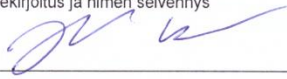
ST 51.21.05

3 (4)

Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu mittaamalla	<input type="checkbox"/>	Vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojalla	<input type="checkbox"/>		
Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu laskemalla	<input checked="" type="checkbox"/>				
Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset	<input checked="" type="checkbox"/>				
Liitteet: <u>Laskelmat liitteenä</u>					
Vikavirtasuojat					
Tyyppi ja käyttötarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/mitattu arvo		Painike- testaus	
		t/ms	IΔn/mA		
				<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
Toiminnot todettu standardien vaatimusten mukaisiksi		<input type="checkbox"/>			
		Käyttötarkoitus: VS = vikasuojaus, LS = lisäsuojaus, PS = palosuojaus			
Liitteet: _____					
5. KIERTOSUUNNAN TARKASTUS					
Keskus	<input checked="" type="checkbox"/>	3-vaihepistorasiat	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly asennukseen	<input type="checkbox"/>
6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT					
Koneet ja laitteet	<input checked="" type="checkbox"/>	Toiminnalliset kokonaisuudet	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly asennukseen	<input type="checkbox"/>
7. JÄNNITTEENALENEMA					
Suurin jännitteenalennema	<u>0,518</u>	%			
Saatu mittaamalla	<input type="checkbox"/>	Saatu laskemalla	<input checked="" type="checkbox"/>		
8. EMC-SUOJAUS					
Kohteessa on käytetty TN-S -järjestelmää	<input checked="" type="checkbox"/>				
Maadoitukset ja potentiaalitasaukset on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti	<input checked="" type="checkbox"/>				
Kaapeleiden valinta, sijoittelu ja asentaminen on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti	<input type="checkbox"/>				
Laitevalinnoissa on huomioitu asennusympäristön vaatimukset	<input checked="" type="checkbox"/>				
Asennuksissa on noudatettu laitevalmistajien ohjeita	<input checked="" type="checkbox"/>				
Muuta, mitä?	<u>Taajuusmuuttajien mottorikaapelit ei häiriösuojatut</u>				
Liitteet: _____					
Sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslain 1135/2016 ja valtioneuvoston asetuksen (1436/2016) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset					
<input checked="" type="checkbox"/>					
9. HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN TARVE					
Kohteen kunnossapito-ohjelma	vaaditaan	<input type="checkbox"/>			
	ei vaadita	<input checked="" type="checkbox"/>			
Kohteessa on huolto- ja kunnossapito-ohjelma	<input type="checkbox"/>				
Kohteessa on käyttö-, huolto- ja kunnossapito-ohjeet	<input type="checkbox"/>				
Kohteessa on poistumisreittivalaistus	<input type="checkbox"/>		Kohteessa on poistumisreittivalaistusta koskeva kunnossapito-ohjelma	<input type="checkbox"/>	
10. SEURAAVA MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS					
Tarkastus:	vaaditaan	<input type="checkbox"/>	määräaikaistarkastuksen ajankohta	_____	
	ei vaadita	<input checked="" type="checkbox"/>			
Huom! _____					
11. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA NOUDATETUT STANDARDIT					
Toteutuksessa on noudatettu standardikäsikirjoja SFS 600-1-1 ja SFS 600-1-2 ja muuta, mitä? _____					
Kohde on todettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutetuksi					
<input checked="" type="checkbox"/>					

ST 51.21.05

4 (4)

12. PALOVAROITTIMET	
<input checked="" type="checkbox"/> Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin ei sisälly palovaroittimia.	
<input type="checkbox"/> Vakuutamme, että asennetut palovaroittimet täyttävät niille säädöksissä ja määräyksissä asetetut vaatimukset (pelastustoimen laitelaki, asetus palovaroittimien teknisistä ominaisuuksista, sähköturvallisuussäädökset jne.) ja että ne on asennettu ao. suunnitelman mukaisesti.	
<input type="checkbox"/> Palovaroittimen käyttö- ja huolto-ohjeet on luovutettu.	
Selvitys kuinka palovaroittimien virran ja varavirran syöttö on toteutettu:	
Lisätietoja:	
<input type="checkbox"/> Palovaroittimien osalta on laadittu erillinen asennustodistus, jossa on mainittu edellä esitetyt asiat ja joka on tämän pöytäkirjan liitteenä.	
13. ECODESIGN ASETUKSEN 2015/1188 VAATIMUSTEN TÄYTTÄMINEN SÄHKÖLLÄ TOIMIVIEN TILALÄMMITTIMIEN OSALTA	
Mikäli käyttöönottettavaan uudisrakentamis-, korjausrakentamis- tai huoltokohteeseen on asennettu ihmisten käyttöön/lämpövihtyvyyteen tarkoitettuja sähköllä toimivia tilalämmittimiä kuten, vastuskaapeleilla toteutettuja lattialämmityksiä, kattolämmityksiä tai vastaavia rakenteeseen integroituja lämmittimiä, sähköpattereita, säteilylämmittimiä tai massavaraajia asetuksen 2015/1188 vaatimusten täyttäminen on osoitettava erillisellä pöytäkirjalla (ST 55.05.01).	
<input checked="" type="checkbox"/> Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin ei sisälly asetuksen 2015/1188 piiriin kuuluvia sähkölämmittimiä	
<input type="checkbox"/> Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin sisältyy asetuksen 2015/1188 piiriin kuuluvia sähkölämmittimiä, joiden vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi on laadittu erillinen pöytäkirja (ST 55.05.01), joka on tämän pöytäkirjan liitteenä.	
14. TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)	
Päiväys 26.9.2019	Päiväys
Allekirjoitus ja nimen selvitys  Jari Karhula	Allekirjoitus ja nimen selvitys
Mittauksissa käytetyt mittalaitteet: Ambrobe Telaris Proinstall 200	
15. LUOVUTUSMERKINTÄ	
a) Ilmoitus kohteen valmistumisesta tehty: Verkkoyhtiö <input type="checkbox"/> Verkkoyhtiön nimi _____	
b) Käytön opastus <input checked="" type="checkbox"/> Sovittu pidettäväksi pvm _____	
c) Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutettu liitteineen <input checked="" type="checkbox"/> Liitteet: Jänniteenalenema ja oikosuikkurin alaskelmat, Mittauspöytäkirja	
d) Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu <input checked="" type="checkbox"/>	
Luettelo piirustuksista ja dokumenteista: Piirikaanot 3kpl	
Lisätietoja:	
Päiväys 27.12.2019	Allekirjoitus ja nimen selvitys  Jari Karhula
16. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS	
Olen vastaanottanut kohdassa 15, Luovutusmerkintä, ilmoitetut suoritukset. Pöytäkirja säilytettävä ja tarvittaessa esitettävä koko sähkölaitteiston käyttöajan ajan.	
Päiväys 27.12.2019	Allekirjoitus ja nimen selvitys [Redacted signature]
Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan täyttöohje, ks. liite 1. Mittauksissa tarvittavaa perustietoa, ks. liite 2.	

Käyttöönottomittaukset

Taulukko 1. Mitatut suojajohtimen jatkuvuudet

Kohde	Ryhmä nro	Ω
Lajitteliija	1	0,15
Siemenruuvi	2	0,14
Roskaruuvi	3	0,13

Taulukko 2. Mitatut eristysresistanssit

Kohde	Ryhmä nro	$R_e/M\Omega$
Lajitteliija	1	351
Siemenruuvi	2	349
Roskaruuvi	3	336
Ohjausjännitepiiri (PELV)	4	104

Jännitteenaleneman laskenta

Absoluuttinen jännitteenalenema (V) kolmivaihejärjestelmällä:

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3} * (r * \cos\varphi \pm x * \sin\varphi) \quad (3)$$

missä I on kuormitusvirta (A), l on johdon pituus (m), r on johdon ominaisresistanssi (Ω/m), x on johdon ominaisreaktanssi (Ω/m) ja φ on jännitteen ja virran välinen vaihekulma. Kaavassa plusmerkkiä käytetään induktiivisella kuormalla ja miinusmerkkiä kapasitiivisella kuormalla.

Suhteellinen jännitteenalenema (%):

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} * 100\% \quad (4)$$

missä U_n on nimellisjännite.

Absoluuttinen jännitteenalenema pääkeskuksen ja ohjauskeskuksen välillä:

$$\Delta U = 17,5 \text{ A} * 7 \text{ m} * \sqrt{3} * \left(0,00548 \frac{\Omega}{\text{m}} * 0,8 + 0,000107 \frac{\Omega}{\text{m}} * 0,6 \right) = 0,94 \text{ V}$$

Absoluuttinen jännitteenalenema ohjauskeskuksen ja lajittelijan moottorin napojen välillä:

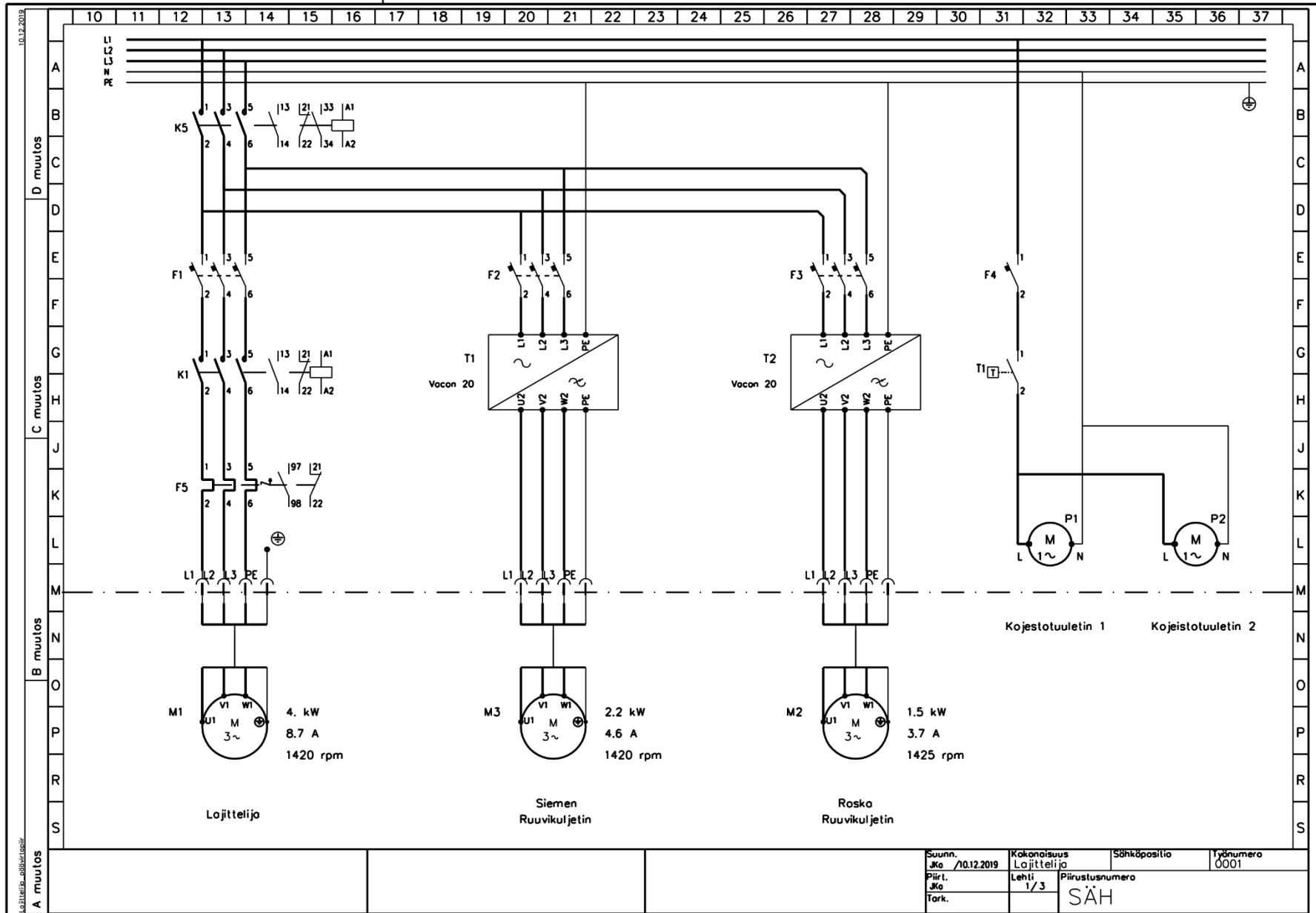
$$\Delta U = 9,16 \text{ A} * 10 \text{ m} * \sqrt{3} * \left(0,00877 \frac{\Omega}{\text{m}} * 0,8 + 0,00011 \frac{\Omega}{\text{m}} * 0,6 \right) = 1,12 \text{ V}$$

Yhteenlaskettu absoluuttinen jännitteenalenema:

$$\Delta U = 0,94 \text{ V} + 1,12 \text{ V} = 2,07 \text{ V}$$

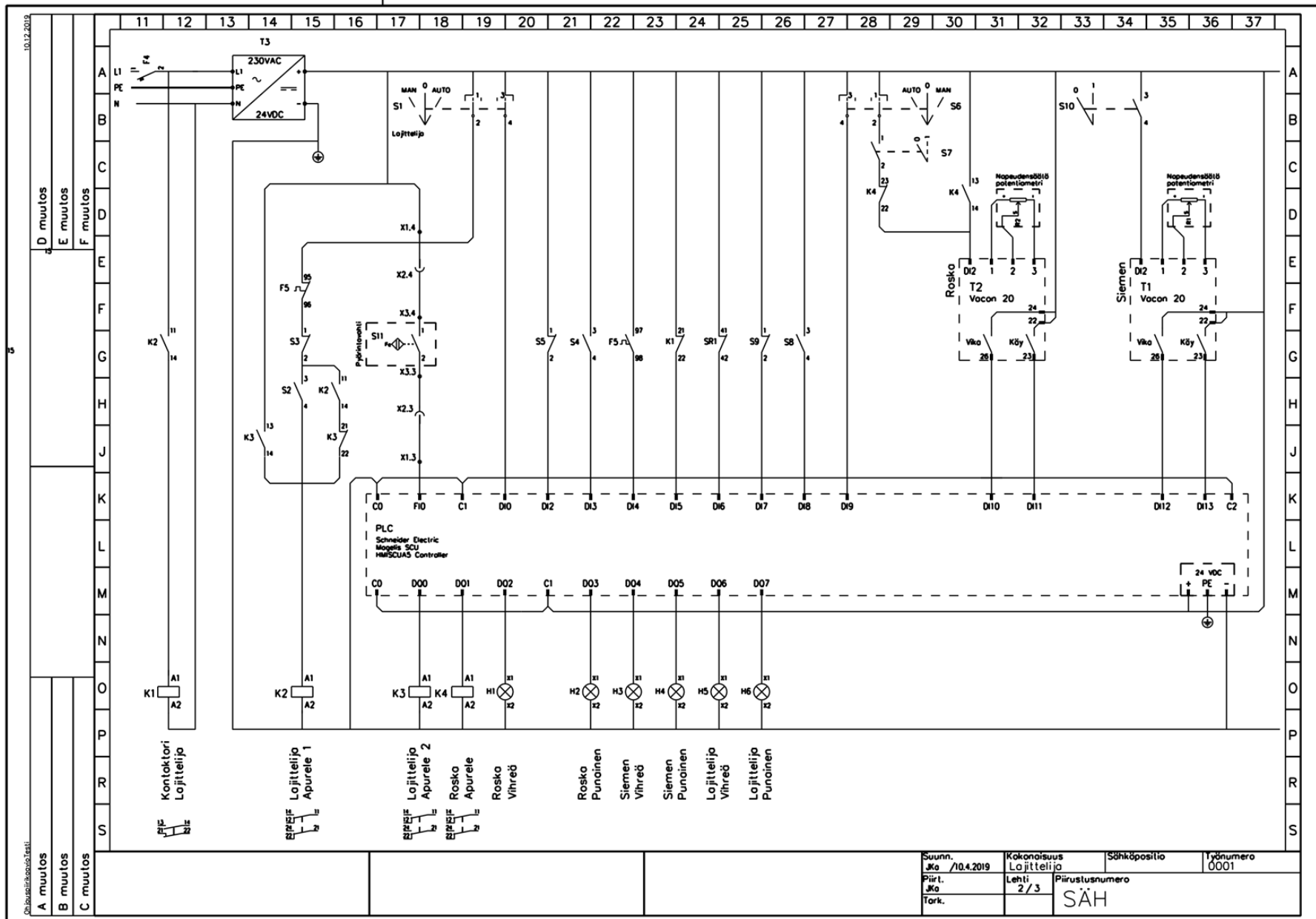
Suhteellinen jännitteenalenema moottorin navoissa:

$$\Delta u = \frac{2,07 \text{ V}}{400 \text{ V}} * 100\% = 0,518 \%$$



10.12.2019
A muutos
B muutos
C muutos
D muutos

Suunn. № /10.12.2019	Kokonaisuus Lojittelija	Sähköpositio	Työnumero 0001
Piirt. №	Lehti 1/3	Piirustusnumero	
Tark.	SÄH		



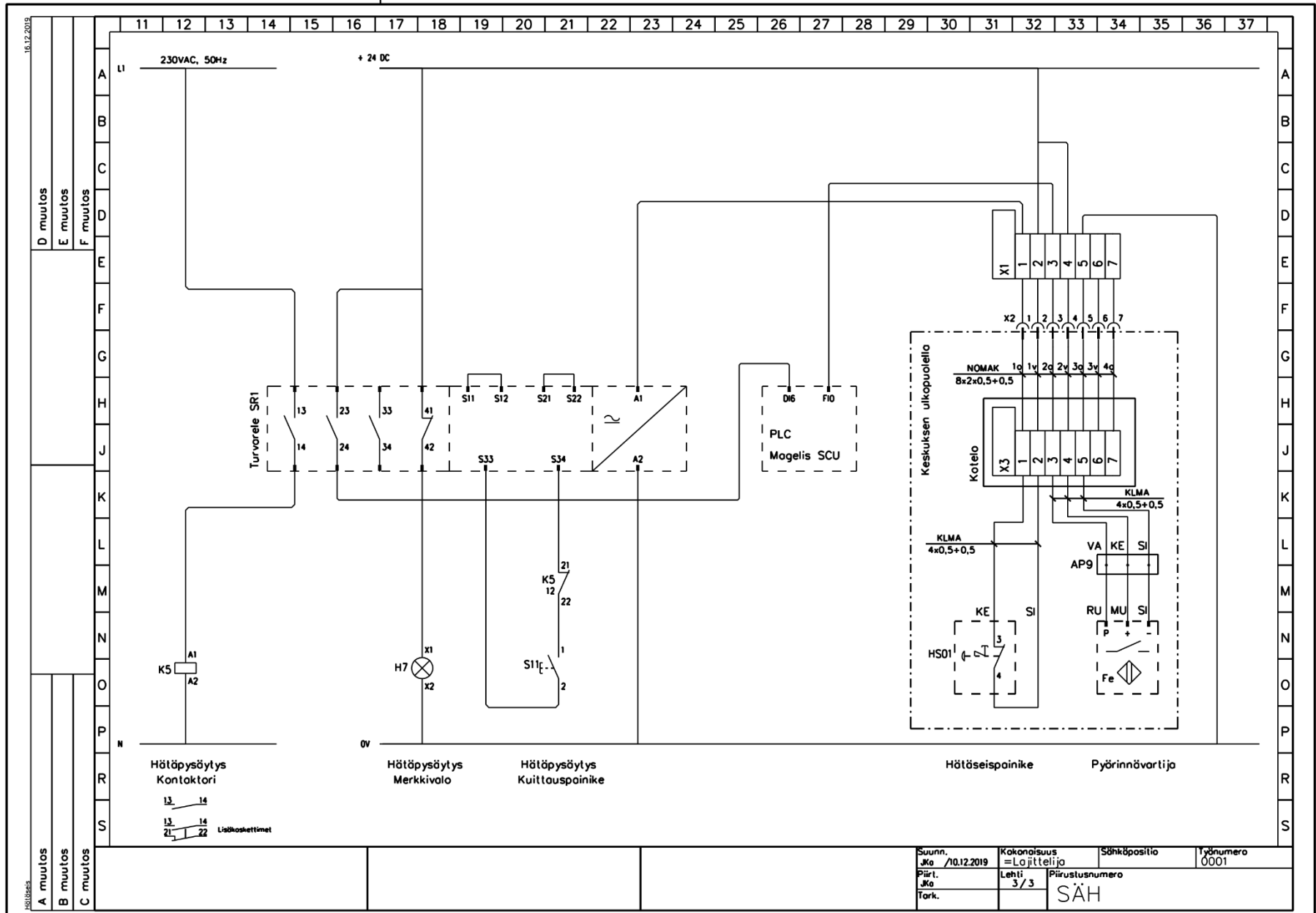
10.12.2019

D muutos
E muutos
F muutos

5

A muutos
B muutos
C muutos

Suunn. Jka /10.4.2019	Kokonaisuus Lajitteliija	Sähköpositio	Työnumero 0001
Piirt. Jka	Lehti 2/3	Piirustusnumero	
Tark.	SÄH		



16.12.2019

D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos

Hätäpysäytys
Kontaktori

Hätäpysäytys
Merkkivalo

Hätäpysäytys
Kuittauspainike

Hätäseispainike

Pyörinnävaltija

13 14
13 14
21 22 Liiskoskettimet

Suunn. Jko /10.12.2019	Kokonaisuus =Lojittelija	Sähköpositio	Työnumero 0001
Piirt. Jko	Lehti 3/3	Piirustusnumero	
Tark.	SÄH		

Laiteluettelo

1	S1	Lajittelija K-0-A-kytkin
2	S2	Lajittelija start-painike käsiohjaus
3	S3	Lajittelija stop-painike käsiohjaus
4	S4	Lajittelija start-painike automaattiohjaus
5	S5	Lajittelija stop-painike automaattiohjaus
6	S6	Roskaruuvi K-0-A-kytkin
7	S7	Roskaruuvi 0-1-kytkin käsiohjaus
8	S8	Roskaruuvi start-painike automaattiohjaus
9	S9	Roskaruuvi stop-painike automaattiohjaus
10	S10	Siemenruuvi 0-1-kytkin
11	S11	Hätäseis-kuittaus-painike

12	H1	Roskaruuvi käy-merkkivalo
13	H2	Roskaruuvi seis-merkkivalo
14	H3	Siemenruuvi käy-merkkivalo
15	H4	Siemenruuvi seis-merkkivalo
16	H5	Lajittelija käy-merkkivalo
17	H6	Lajittelija seis-merkkivalo
18	H7	Hätäseis painettu-merkkivalo

19	K1	Lajittelija pääkontaktori
20	K2	Lajittelija apurele 1
21	K3	Lajittelija apurele 2
22	K4	Roskaruuvi apurele
23	K5	Hätäseis kontaktori

24	T1	Siemenruuvien taajuusmuuttaja
25	T2	Roskaruuvien taajuusmuuttaja
26	T3	Ohjausjännitemuuntaja

27	R1	Siemenruuvien nopeudensäätöpotentiometri
28	R2	Roskaruuvien nopeudensäätöpotentiometri

29	F1	Lajittelijan johdonsuojakatkaisija
30	F2	Siemenruuvien johdonsuojakatkaisija
31	F3	Roskaruuvien johdonsuojakatkaisija
32	F4	Ohjausjännitteen johdonsuojakatkaisija
33	F5	Lajittelijan lämpörele

34	SR1	Turvarele
35	PLC	Ohjelmoitava logiikka
36	TS 1	Kojeistotuulettimien termostaatti
37	P1	Kojeistotuuletin 1
38	P2	Kojeistotuuletin 2

POU: Main_Program

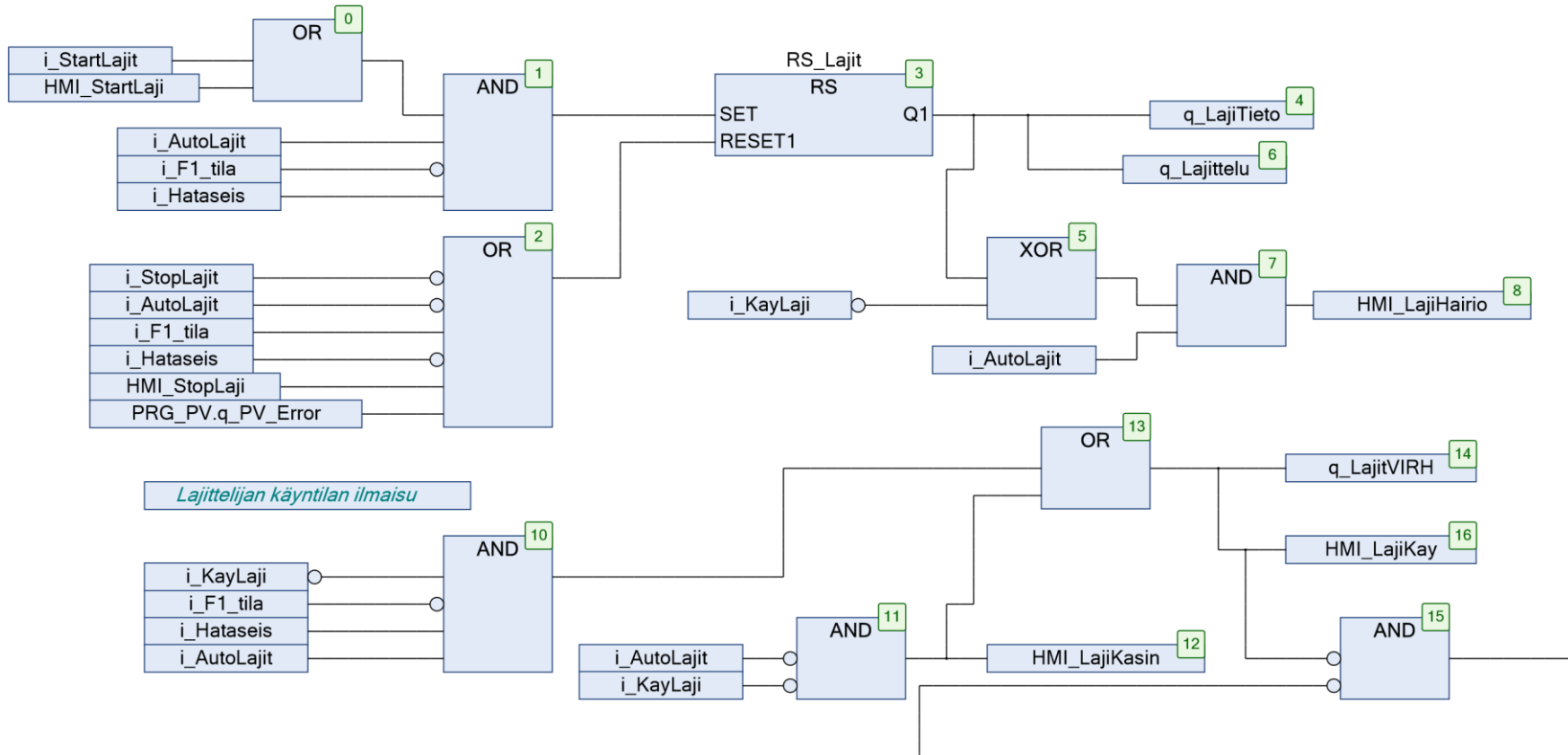
```
1 PROGRAM Main_Program
2 VAR
3 END_VAR
4
```

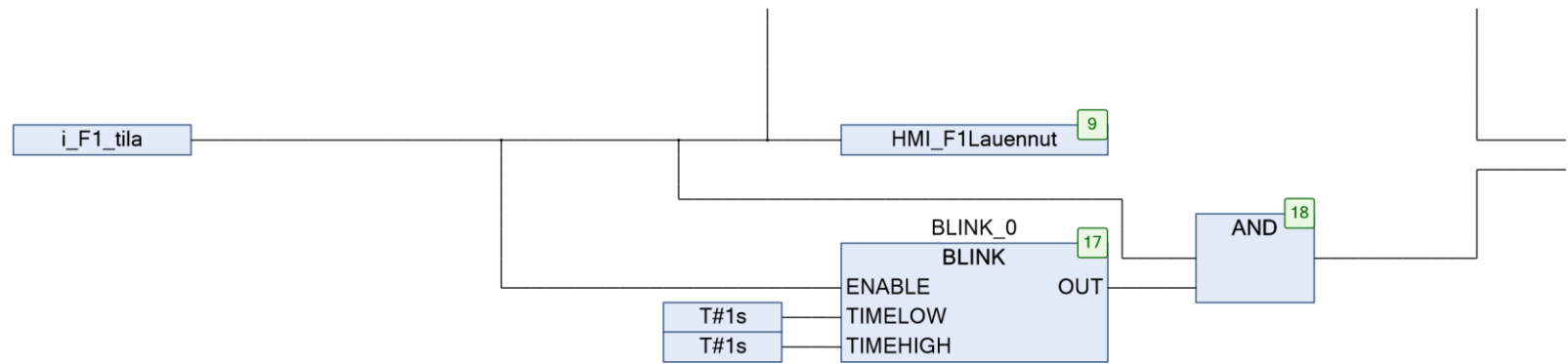
```
1 PRG_Lajittelija (); // Kutsutaan lajittelijan ohjaus ohjelmaa
2 PRG_PV(); // Kutsutaan pyörinnänvartijan ohjelmaa
3 PRG_Roska(); // Kutsutaan roskakierukan ohjelmaa
4
```

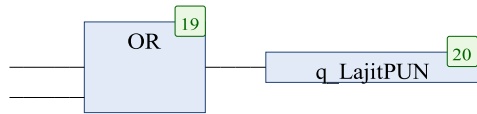


```
1      PROGRAM PRG_Lajittelija
2
3      VAR
4          RS_Lajit: RS;
5          HMI_StartLaji: BOOL;
6          HMI_StopLaji: BOOL;
7          HMI_F1Lauennut : BOOL;
8          HMI_LajiHairio : BOOL;
9          HMI_LajiKay: BOOL;
10         HMI_LajiKasin: BOOL;
11         BLINK_0: BLINK;
12         q_LajiTieto: BOOL;
13     END_VAR
14
```

Lajittelijan käyntilupa ja pysäytysehdot





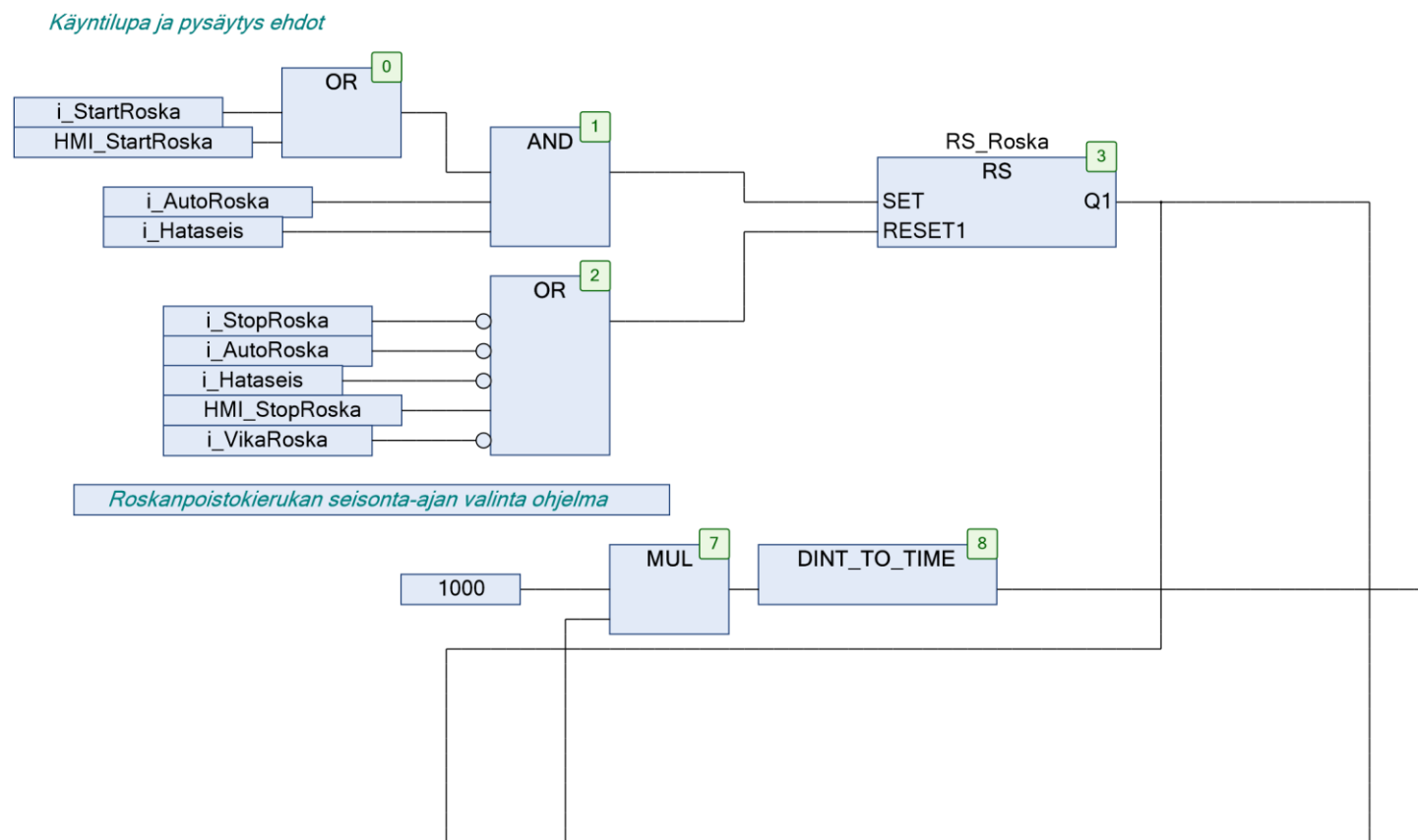


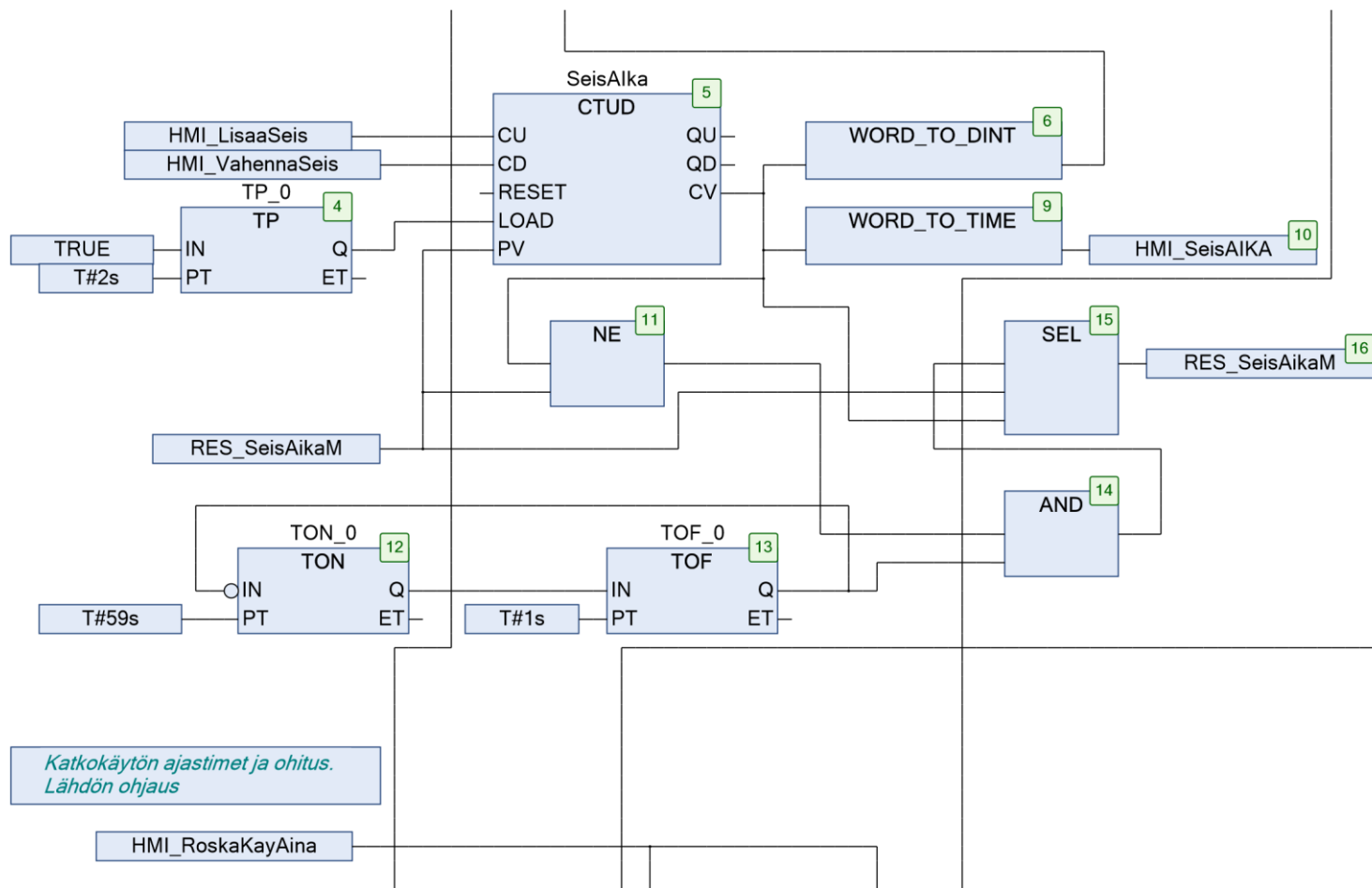
```
1 PROGRAM PRG_Roska
2 VAR
3 RS_Roska: RS;
4 TOF_1: TOF;
5 TON_1: TON;
6 RS_Roska2: RS;
7 TON_2: TON;
8 KayAlka: CTUD;
9 HMI_StartRoska : BOOL;
10 HMI_StopRoska: BOOL;
11 HMI_LisaaKay: BOOL;
12 HMI_VahennaKay : BOOL;
13 HMI_KayAIKA: TIME;
14 HMI_RoskaHairio : BOOL;
15 HMI_RoskaKay: BOOL;
16 HMI_RoskaKasin : BOOL;
17 SeisAlka: CTUD;
18 HMI_LisaaSeis: BOOL;
19 HMI_VahennaSeis : BOOL;
20 BLINK_0: BLINK;
21 HMI_SeisAIKA: TIME;
22 TON_3: TON;
23 TOF_2: TOF;
24 TP_1: TP;
25 TP_0: TP;
26 TON_0: TON;
27 TOF_0: TOF;
28 HMI_RoskaKayAina : BOOL;
29 TOF_4: TOF;
30 BLINK_1: BLINK;
31 R_TRIG_0: R_TRIG;
```

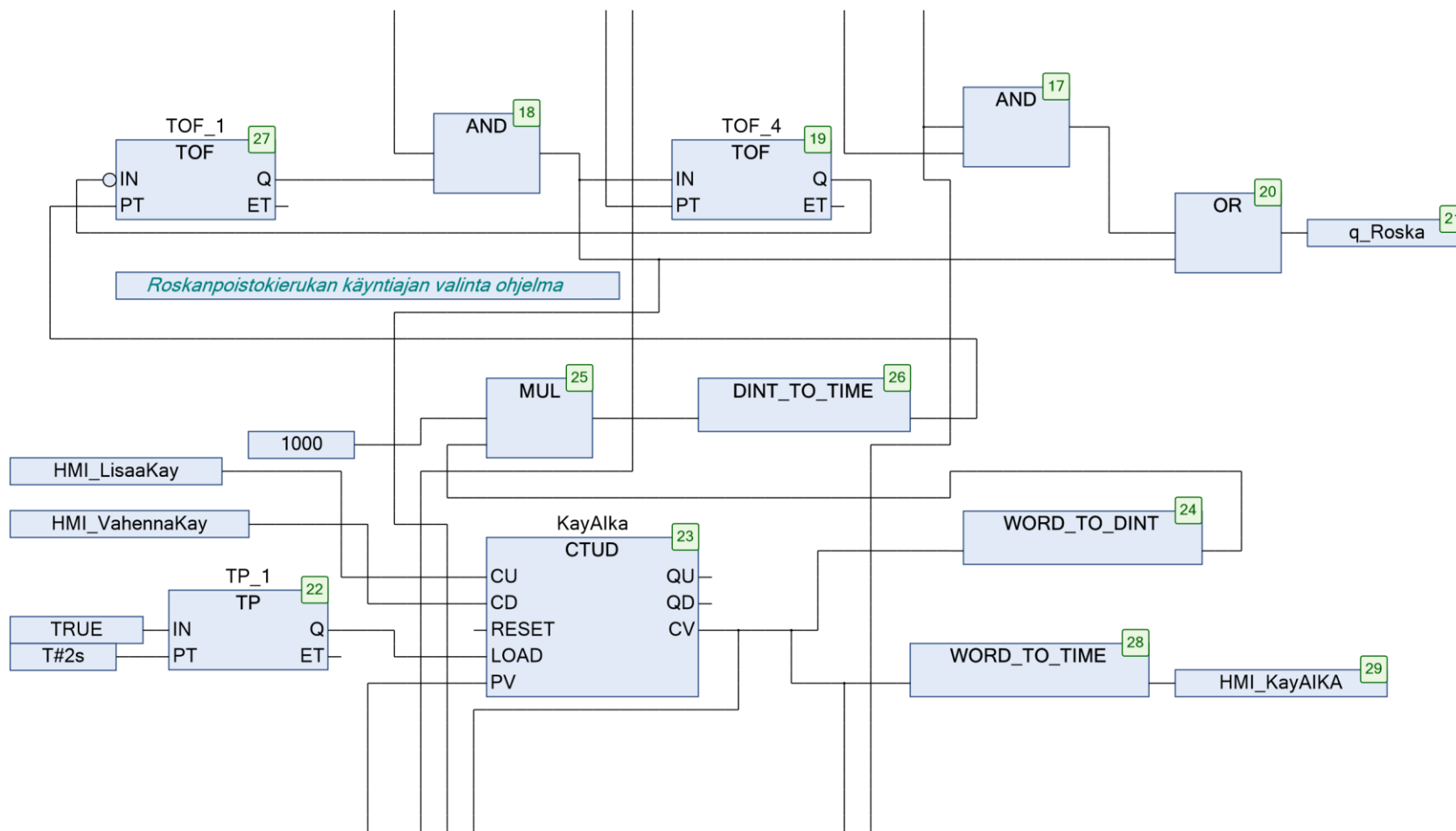
Viljan lajittelija.project

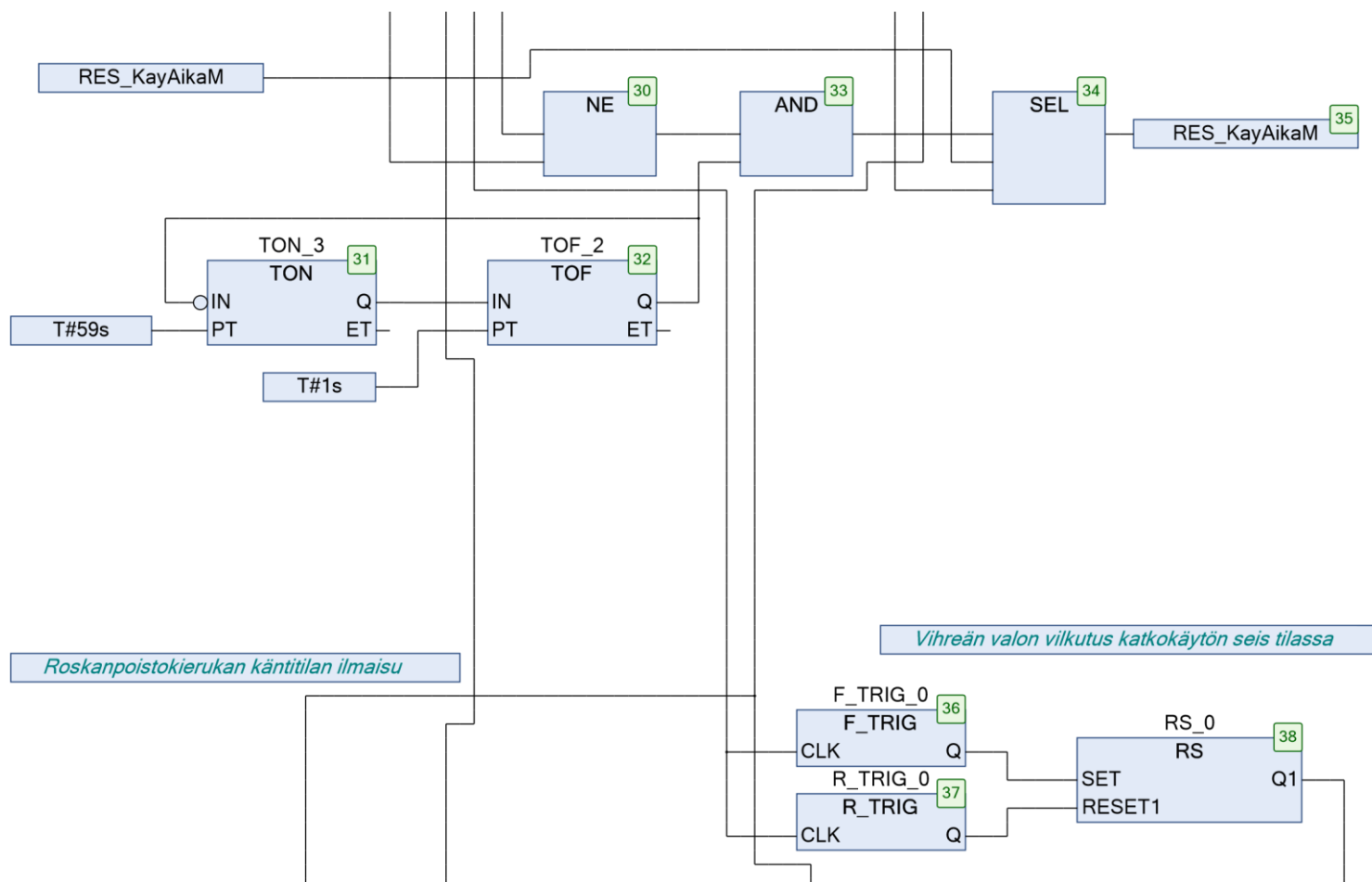
POU: PRG_Roska

32 RS_0: RS;
33 F_TRIG_0: F_TRIG;
34 TOF_3: TOF;
35 TON_4: TON;
36 END_VAR
37

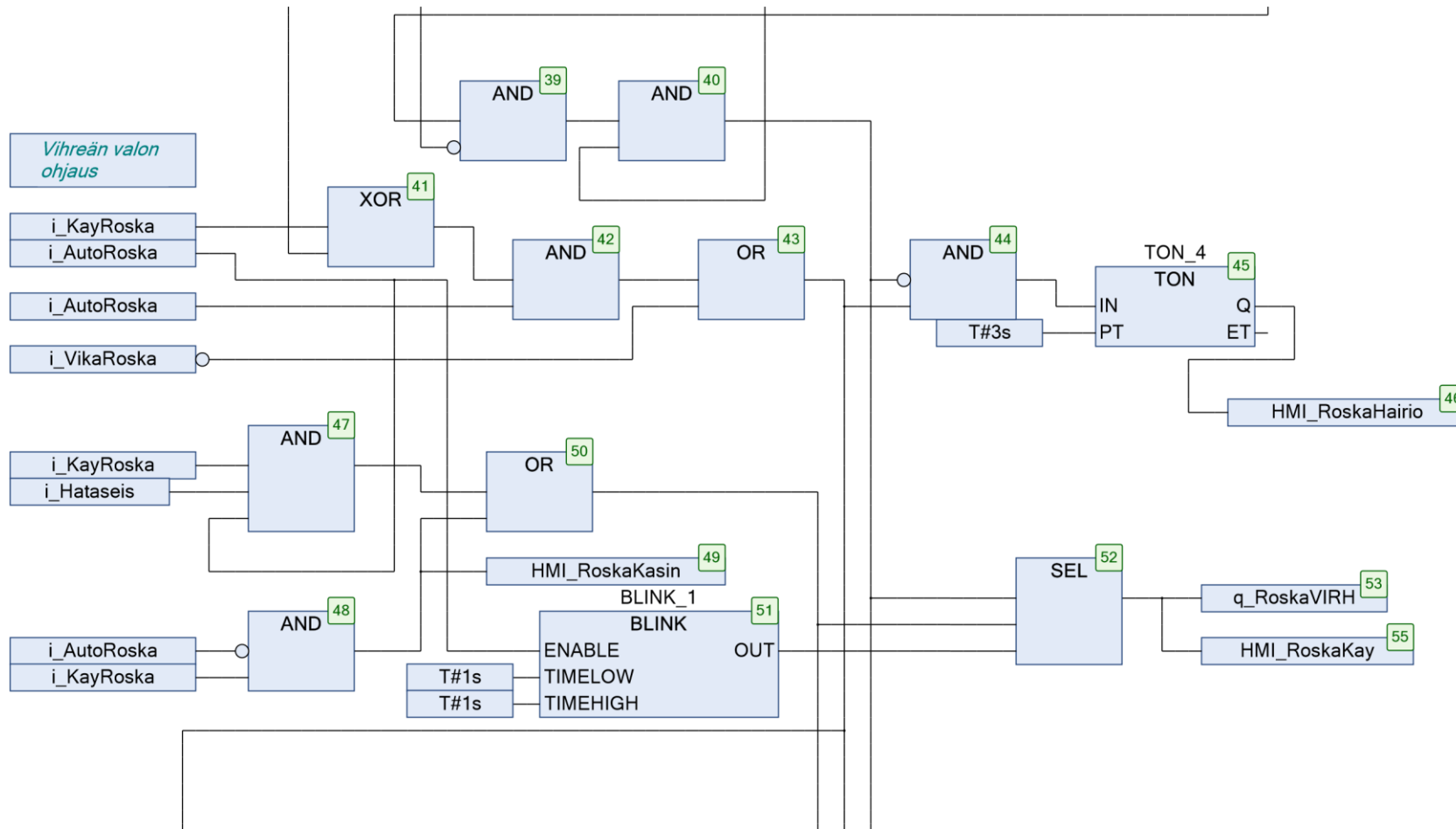


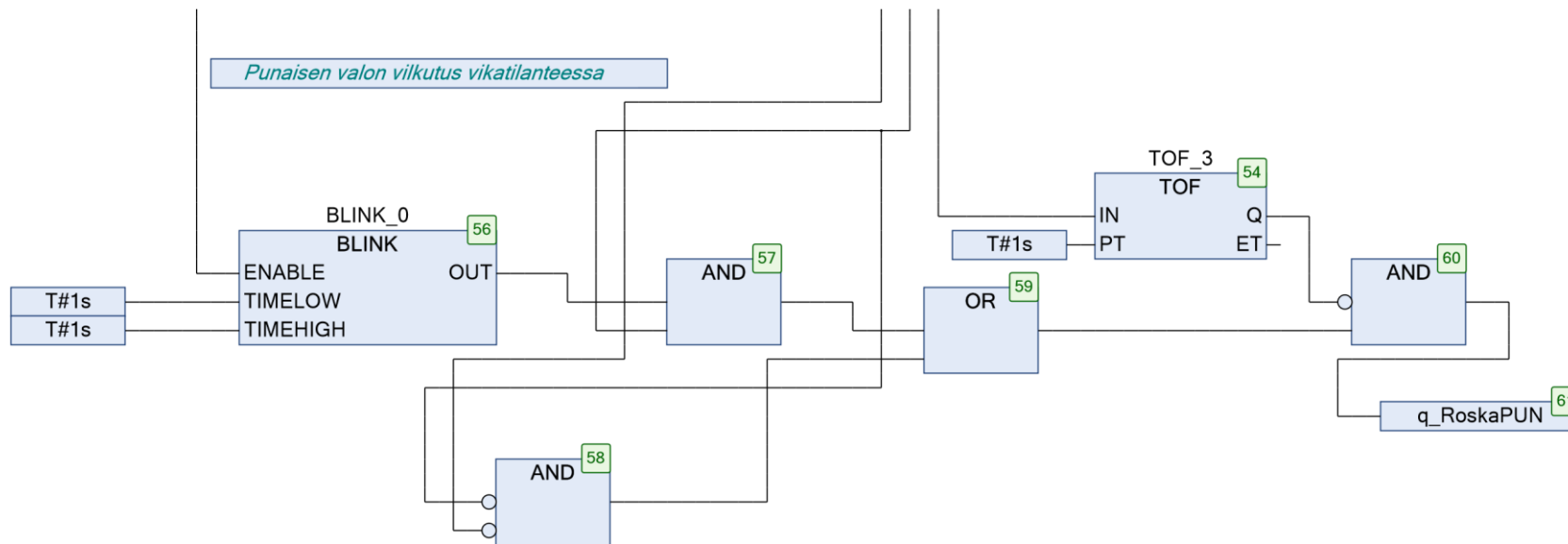






POU: PRG_Roska

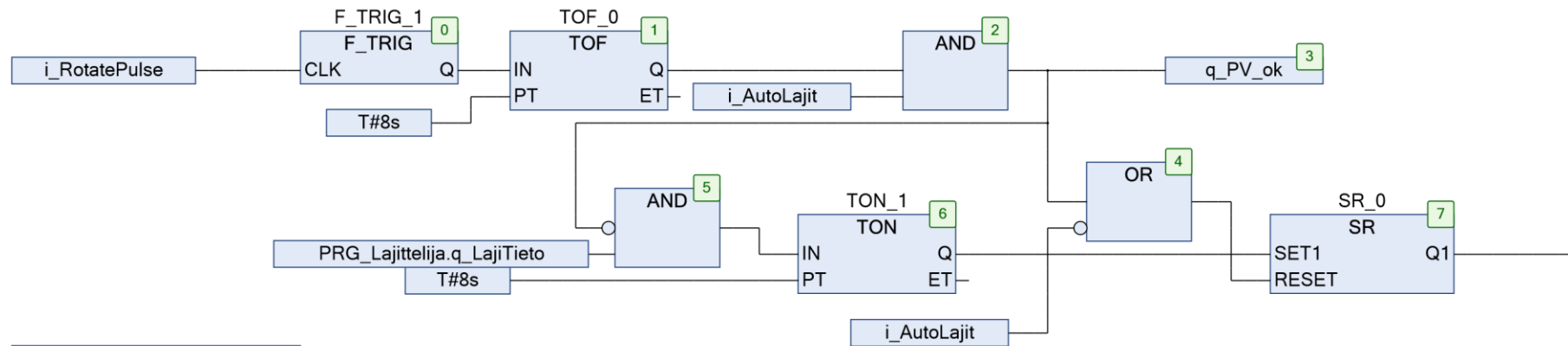




POU: PRG_PV

```
1 PROGRAM PRG_PV
2 VAR
3 F_TRIG_0: F_TRIG;
4 TOF_0: TOF;
5 q_PV_ok: BOOL;
6 q_PV_Error: BOOL;
7 SR_0: SR;
8 TON_1: TON;
9 HMI_Hataseispainettu : BOOL;
10 HMI_KaySiemen: BOOL;
11 HMI_SiemenHairio : BOOL;
12 BLINK_0: BLINK;
13 R_TRIG_0: R_TRIG;
14 F_TRIG_1: F_TRIG;
15 END_VAR
16
```

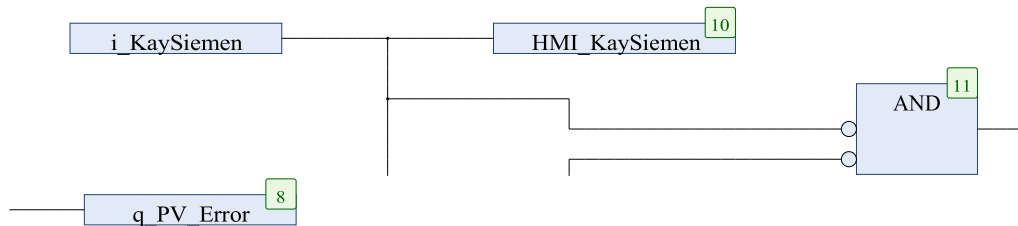
Viljanlajittelijan pyörinnänvartijan ohjelma



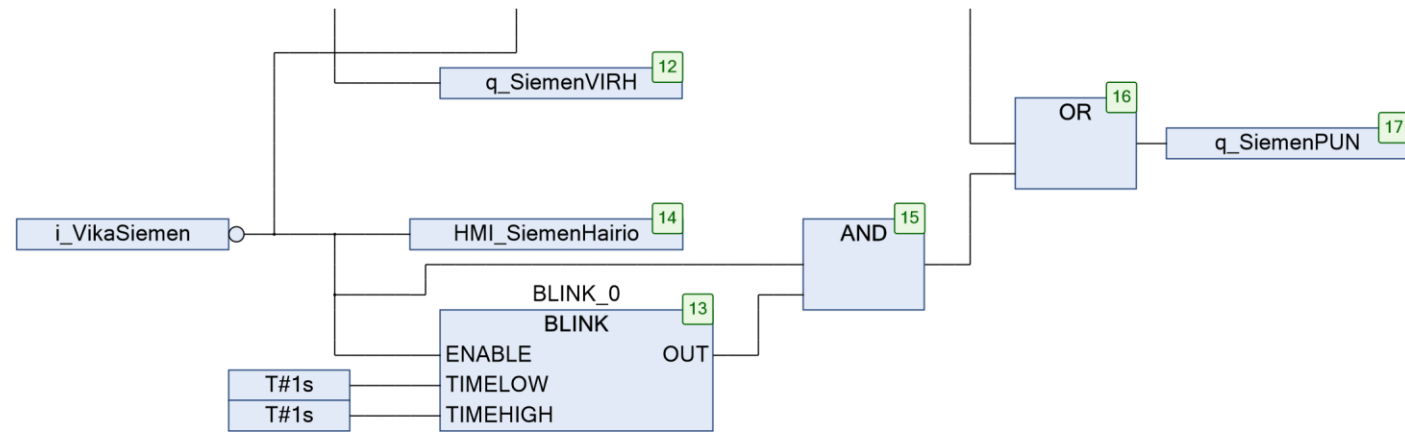
Hätäseis tilatieto näytölle



Siemenkierukan käyntitiedon ilmaisu



POU: PRG_PV



Viljanlajittelijan käyttöohjeet

1. Käytön aloittaminen

Ennen kuin lajittelu voidaan aloittaa, tulee tehdä seuraavat asiat:

- kytke lajittelijan ja ruuvikuljettimien pistotulpat niille tarkoitettuihin 3-vaihepistorasioihin
- kytke lajittelijan ohjauskaapeli keskuksen pohjassa olevaan liittimeen
- kytke keskuksen jännite liittämällä keskuksen syöttökaapeli pistorasiakeskukseen
- odota, että ohjelmoitava logiikka on kokonaan käynnistynyt
- varmista, että kaikki keskuksen nokkakytkimet ovat 0-asennossa
- paina sinistä hätäseistoiminnon kuittauspainiketta keskuksen kannessa, varmista punaisen merkkivalon sammuminen (KUVA 1)

Kun kaikki edellä mainitut vaiheet on suoritettu, voidaan aloittaa lajittelu.



KUVA 1. Hätäseiskuittaus

2. Käyttötilan valinta

Lajittelijaa ja roskaruuvia voidaan käyttää käsi- tai automaattiohjauksella. Käyttötilan valinta tehdään A–0–K-nokkakytkimestä.

Auto-käyttötilassa kaikki ohjelmoitavan logiikan toiminnot, kuten pyörinnänvartija, roskaruuvin katkokäyttö ja häiriötilanteen tunnistus ovat käytössä. Lajittelijan ja roskaruuvin pysäytys ja käynnistys voidaan hoitaa keskuksen kannessa olevista painikkeista tai kosketusnäytöstä.

Käsi-käyttötilassa logiikan toiminnot ovat rajoitetusti käytössä. Logiikan näytöltä nähdään häiriöiden syy, mutta pyörinnänvartija ei pysäytä lajittelijaa. Lajittelijaa ja roskaruuvia voidaan ohjata vain keskuksen kannen painikkeista ja nokkakytkimestä.

TAULUKKO 1. Käytettävissä olevat toiminnot eri käyttötiloilla

TOIMINTO	AUTO	KÄSI
Hätäseistoiminto	x	x
Ruuvikuljettimien nopeudensäätö	x	x
Merkkivalot	x	x
Häiriötilan tunnistus	x	x
Pyörinnänvartija	x	
Roskaruuvin katkokäyttö	x	
Ohjaus kosketusnäytöstä	x	



KUVA 2. Käyttötilan valintakytkin

3. Merkkivalojen toiminta

Keskuksen kanteen asennettuja merkkivaloja ohjataan ohjelmoitavan logiikan avulla. Näin yhdellä merkkivalolla voidaan lähettää useampi kuin yksi viesti laitteen käyttötilasta. Taulukossa 2 on esitetty merkkivalojen toiminnot.

TAULUKKO 2. Merkkivalojen toiminnot

TOIMINTO	SELITYS
PUNAINEN palaa yhtenäisesti	Laite pysähdyksissä, käynnistys valmiina
PUNAINEN vilkkuu	Laitteessa häiriö, katso häiriöviesti kosketusnäytöltä
VIHREÄ palaa yhtenäisesti	Laite on käynnissä
VIHREÄ vilkkuu (vain roskaruuvi)	Roskaruuvi pysähdyksissä, ruuvi käynnistyy asetetun ajan kulluttua automaattisesti

4. Lajittelijan käyttö

Auto-käyttötilassa lajittelija voidaan käynnistää keskuksen kannen **vihreästä** painikkeesta ja pysäyttää **punaisesta** painikkeesta sekä käynnistys ja sammutus voidaan tehdä kosketusnäytön START- ja STOP-painikkeista.

Käsi-käyttötilassa lajittelija voidaan käynnistää vain keskuksen kannen **vihreästä** painikkeesta ja pysäyttää **punaisesta** painikkeesta.

Mikäli lajittelija pysähtyy odottamattomasti, ilmestyy kosketusnäyttöön ilmoitus pysähdyksen syystä.



KUVA 3. Lajittelijan ohjauskytkimet

5. Roskaruuvien käyttö

Auto-käyttötilassa roskaruuvi voidaan käynnistää keskuksen kannen 0–1-nokkakytkimestä tai kosketusnäytön START- ja STOP-painikkeista. Roskaruuvien nopeutta voidaan säätää keskuksen kanteen asennetun potentiometrin avulla.

Kosketusnäytön **Asetukset**-välilehdeltä voidaan valita roskaruuvien toimintatavaksi jatkuva tai katkokäyttö. Toimintatapa vaihdetaan **vihreästä** pyöreästä painikkeesta painamalla. Jatkuvassa tilassa roskaruuvi käy koko ajan ja katkokäytössä roskaruuvi käy käyttäjän asettaman ajan, jonka jälkeen ruuvi pysähtyy käyttäjän asettelemaksi ajaksi ja tämän ajan kuluessa ruuvi käynnistyy uudelleen. Käynti ja pysähdys aikoja voidaan muuttaa vihreistä nuolista painamalla. Keskuksen **vihreä** valo vilkkuu, kun ruuvi odottaa automaattista käynnistymistä. **KUVA 4.**

Roskaruuvien asetukset



KUVA 5. Roskaruuvien ohjauskytkimet

6. Siemenruuvien käyttö

Siemenruuvilla ei ole erillisiä käyttötiloja. Siemenruuvi käynnistetään käynnistää keskuksen kannen 0–1-nokkakytkimestä ja ruuvien nopeutta voidaan säätää siemenruuvien potentiometristä.



KUVA 5. Siemenruuvien ohjauskytkimet

7. Toiminta vikatilanteessa

Vikatilanteissa vikaantuneen laitteen punainen merkkivalo alkaa vilkkua ja logiikan näytölle ilmestyy tarkentava viesti vian syystä. Alla olevassa taulukossa on esitetty mahdollisia vian syitä ja toimenpiteitä vian poistamiseksi.

Ohjelmoitavan logiikan rikkoutuessa lajittelua voidaan jatkaa normaalisti käyttämällä KÄSI-ohjausta.

HUOM! Irrota moottorikaapelien pistotulpat ennen laitteiden huolto- ja korjaustöitä!

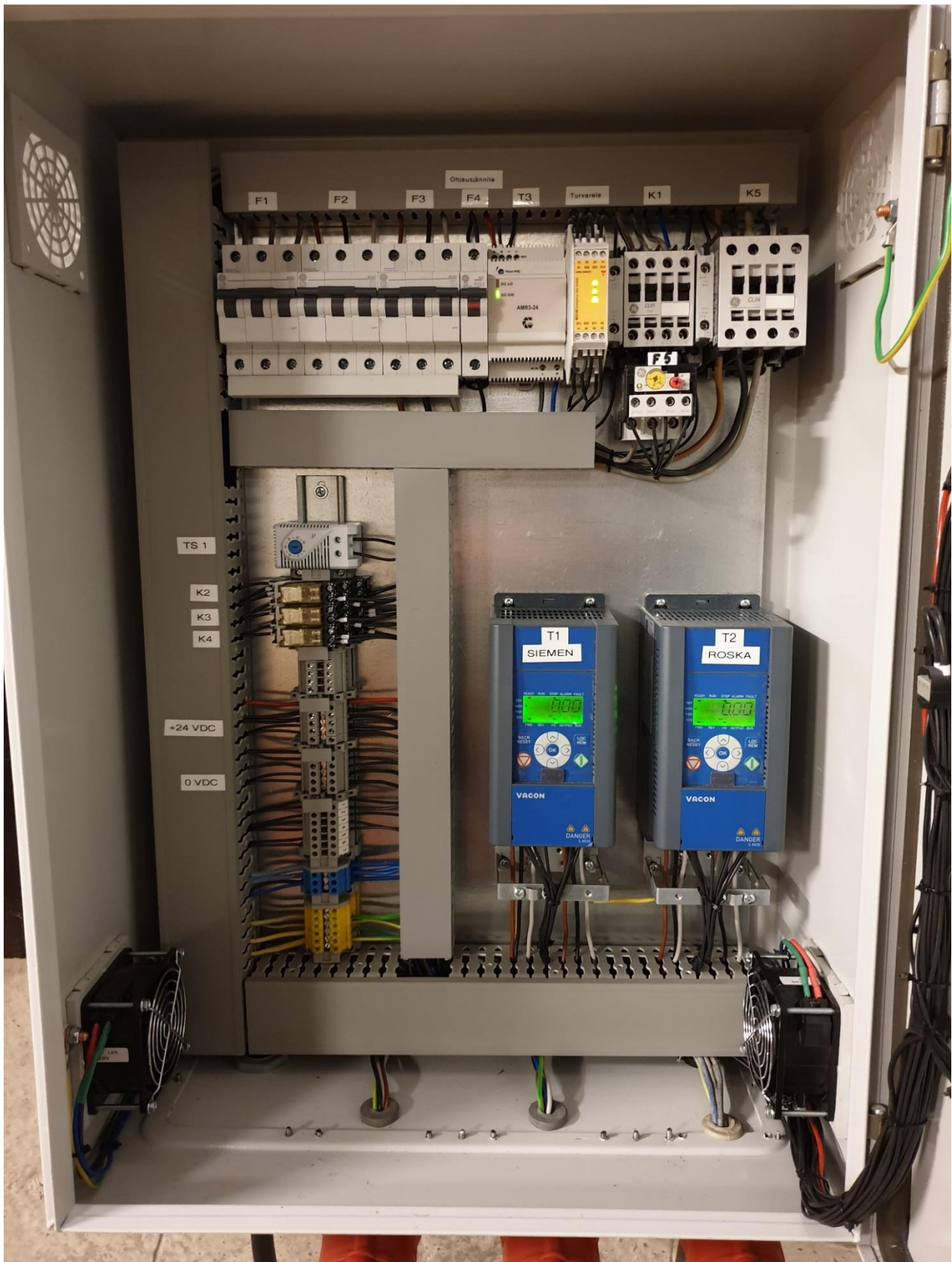
Taulukko 3. Toiminta vikatilanteissa

Virheilmoitus	Vian aiheuttaja	Toimenpiteet
Pyörintävahti pysäytti lajittelijan! Tarkista hihnat!	-Katkennut kiilahihna -Pyörinnänvartija ei tunnista pyörivää akselia -Rikkoutunut pyörinnänvartija.	-Tarkasta kiilahihnojen kunto -Käynnistä lajittelija uudelleen ja katso vilkkuuko pyörinnänvartijan anturissa valo -Mikäli valo ei vilku tarkista anturin etäisyys akselin vastakappaleesta -Mikäli etäisyys on noin 10 mm jatka lajittelua KÄSI-ohjauksella ja vaihda rikkoutunut anturi.
Hätäseis painettu!	-Hätäseispainike painettu -Hätäseistoimintoa ei ole kuitattu -Keskukseen alla olevaa ohjauskaapelia ei ole liitetty keskukseen -Hätäseispiiri vioittunut.	-Vapauta hätäseispainike kiertämällä -Tarkasta ohjauskaapelin liitin -Kuittaa hätäseistoiminto sinisestä painikkeesta
Lämpörele F5 lauennut!	-Lajittelijan moottori ylikuormittunut	-Odota hetki lämpöreleen jäähtymistä. Lämpöreleessä on automaattinen kuittaus -Vähennä lajittelijan kuormitusta pienentämällä syöttöluukun asentoa.
Lajittelija vika!	-Lajittelija ei tottele ohjausta	-Yritä käynnistää lajittelija KÄSI-ohjauksella.
Roskanpoisto vika!	-Taajuusmuuttaja ei tottele ohjausta -Roskanpoistoruuvien taajuusmuuttaja vikatilassa ylikuormituksen tai oikosulun vuoksi	-Odota hetki ja yritä käynnistää roskaruuvi uudelleen suuremmalla nopeudella -Yritä käynnistää ruuvi KÄSI-ohjauksella -Tarkasta taajuusmuuttajan mahdollinen vikailmoitus
Siemenruuvi vika!	-Taajuusmuuttaja ei tottele ohjausta -Siemenruuvien taajuusmuuttaja vikatilassa ylikuormituksen tai oikosulun vuoksi	-Odota hetki ja yritä käynnistää siemenruuvi uudelleen suuremmalla nopeudella -Yritä käynnistää ruuvi KÄSI-ohjauksella -Tarkasta taajuusmuuttajan mahdollinen vikailmoitus

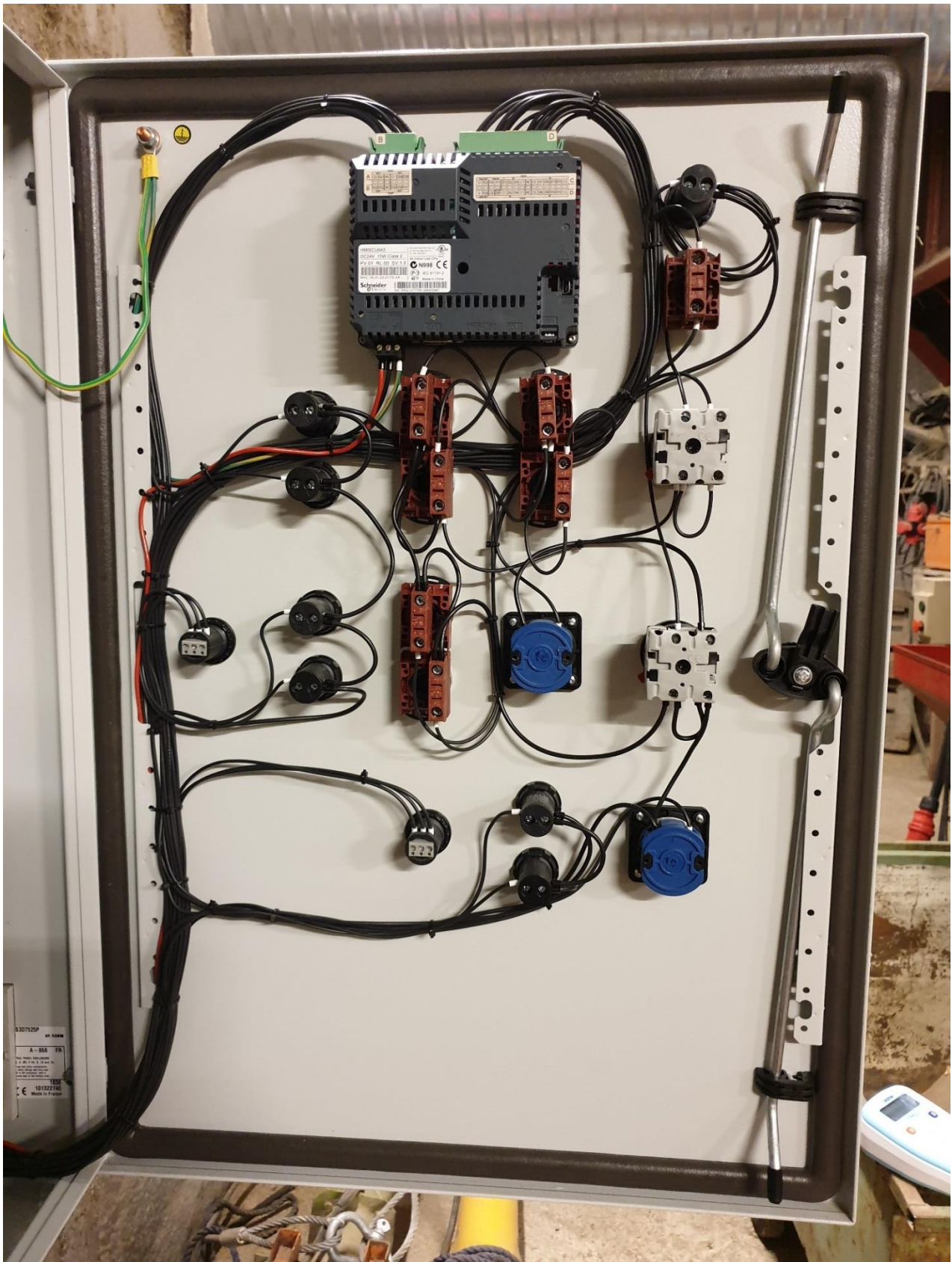
Ohjauskeskuksen kytkimet, painikkeet ja logiikan näyttö



Ohjauskeskus sisäpuolelta



Ohjauskeskuksen logiikan, kytkinten ja painikkeiden johdotukset



Horsma-lajittelija ja ohjauskeskus



Ohjauskeskus asennettuna paikalleen



Hätäpysäytyspainike ja kytkenäkotelo



Pyörinnänvartijan-anturi

