



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PAPERITEOLLISUUDEN RULLAUSKONEEN TURVALLISTAMINEN

Aake Hämäläinen

Opinnäytetyö
Tammikuu 2016
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

HÄMÄLÄINEN, AAKE:
Paperiteollisuuden rullauskoneen turvallistaminen

Opinnäytetyö 67 sivua, joista liitteitä 24 sivua
Tammikuu 2016

Koneturvallisuus ei ole koskaan ollut niin korkealle arvostettua Suomessa kuin nykypäivänä. EU-jäsenyys ja ETA-sopimus ovat tuoneet Suomelle noudatettavaksi monia direktiivejä turvallisuuteen liittyen. Nykypäivänä voimassa on EU:n konedirektiivi 2006/42/EY, jossa määritellään termi ”kone” hyvin yleisesti. Konedirektiivin alaisia koneita ovat miltei kaikki Suomessa valmistettavat sekä myytävät koneet.

Koska direktiivejä on alettu noudattaa vasta noin kymmenen vuotta sitten, on yhä lukuisia tuotantolaitoksia ja koneita, jotka kaipaavat nykyaikaista uudistamista turvallisuuden osalta. Lukuisat vanhat koneet ovat lisäksi vaarallisia, minkä tähden turvallisuuden modernisointi on paikallaan myös vanhempien koneiden osalta.

Tämän opinnäytetyön kohteena oli paperiteollisuudessa toimiva rullauskone, joka on ollut toiminnassa 1980-luvun alusta lähtien ilman turvallisuutta edistäviä laitteita. Käytännössä koneessa oli ainoastaan muutama matala aita, jotka lähinnä osoittivat vaaralliset alueet. Koneelle suoritettiin modernisointi turvallisuuden osalta EU:n konedirektiivin 2006/42/EY sekä käytännössä samat asiat sisältävän suomalaisen valtioneuvoston asetuksen 400/2008 koneiden turvallisuudesta mukaan.

Työn alussa käydään läpi turvallistamisen periaatteita ja tutustutaan turvallistettavana olevaan koneeseen. Keskiosassa koneen sisältämät riskit käydään läpi yksityiskohtaisesti sekä esitellään käytetyt mekaaniset sekä sähköiset turvakomponentit. Loppuosassa käsitellään lisättyjen turvakomponenttien liittäminen olemassa olevaan järjestelmään, turvalogiikkaan ladatun automaatio-ohjelman toimintamalli, koneen turvajärjestelmien toiminnan testaaminen sekä koneen turvallistamisen jälkeinen tila.

Asiasanat: koneturvallisuus, konedirektiivi, rullauskone, modernisointi, turvallistaminen, turvakomponentti, turvalogiikka, automaatio-ohjelma

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Option of Electrical Power Engineering

HÄMÄLÄINEN, AAKE:
A Safety Programme for a Coil Slitting Machine in Paper Industry

Bachelor's thesis 67 pages, appendices 24 pages
January 2016

Machine safety has never been as recognized in Finland as it is today. The membership of the EU and the ETA contract have brought numerous directives considering machine safety to follow in Finland. Today the directive, which is effective, is EU directive 2006/42/EY that defines the term “machine” very roughly. The machine directive includes nearly every machine manufactured or sold in Finland.

Since directives have been active approximately only ten years there are still many factories and machines, which need modern restructuring as far as safety is concerned. Many old machines are also dangerous to work with and that is why the modern reconstructing of safety procedures is also relevant for older machines.

This thesis deals with a coil slitting machine that is used in paper industry. The machine has been in action from the early 1980's without almost any safety instruments. Before modernizing machine had only a few fences that primarily showed where the hazardous areas were. The safety modernization of the machine was done by following the EU directive 2006/42/EY and practically the same safety requirements including Finnish Council of State act of machine safety 400/2008.

The beginning of this thesis contains the principle of the safety program and familiarizing with the machine that is under modernization. The middle section deals with hazards of the machine and presents used mechanical and electrical safety instruments. The final part of the thesis focuses on adding the safety instruments to the enclosure of the machine, and on the downloaded automation program of the safety logic. The final section also addresses the issues how the added safety instruments were tested and how the machine works after the safety program.

Key words: machine safety, machine directive, coil slitting machine, modernization, safety program, safety instrument, safety logic, automation programme

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	REJLERS OY	8
3	TURVALLISTAMINEN	9
	3.1 Yleiset periaatteet	9
	3.2 Turvallistamisen periaatteet	9
	3.3 Suojuksilta ja turvalaitteilta vaadittavat yleiset ominaisuudet.....	10
	3.3.1 Kiinteitä suojuksia ja turvalaitteita koskevat erityisvaatimukset..	10
4	RULLAUSKONE	11
	4.1 Yleiset ominaisuudet.....	11
	4.2 Koneen toiminta.....	12
5	ALKUTILANNE.....	13
	5.1 Riskit.....	13
	5.2 Toimintasuunnitelma	18
6	TURVAKOMPONENTIT	21
	6.1 Turva-aidat ja nosto-ovi.....	21
	6.2 Sähköiset turvakomponentit	22
	6.2.1 SICK FX3-CPU3	24
	6.2.2 SICK FX3-XTIO.....	25
	6.2.3 SICK MOC3SA	26
	6.2.4 SICK Flexi Loop -väylä.....	27
	6.2.5 Muut turvakomponentit.....	29
7	TURVAKOMPONENTTIEN LIITTÄMINEN OLEMASSA OLEVAAN JÄRJESTELMÄÄN	31
	7.1 Tulot ja lähdöt (I/O).....	31
	7.1.1 Hätäseis-piirin tilatieto ja ohjaus turvalogiikalta	32
	7.1.2 Karusellin kääntämisen tilatieto ja kääntölukitus turvalogiikalta .	33
	7.1.3 Ajolukitus.....	34
	7.1.4 Flexi Loop –väylän tilatieto ja nosto-oven ohjaus	35
	7.1.5 Valvontamaton tilatieto.....	35
	7.1.6 MOC3SA tilatieto	35
	7.1.7 SICK Flexi Soft Designer –sovellus ja ladattu automaatio- ohjelma	36
8	LOPPUTILANNE.....	39
9	POHDINTA.....	41
	LÄHTEET.....	42
	LIITTEET	44

Liite 1. Turvalogiikkakaapin layout	44
Liite 2. Hätäseis-piiri ennen muutoksia.....	45
Liite 3. Hätäseis-piiri turvallistamisen jälkeen.....	46
Liite 4. Kaapeliluettelo	47
Liite 5. FX3-XTIO-korttien johdotuskaavio	48
Liite 6. Turvalogiikan ja koneen ohjauksen välinen hätäseis-piirikaavio	49
Liite 7. Karusellin ohjaus ennen muutoksia	50
Liite 8. Karusellin ohjaus turvallistamisen jälkeen	51
Liite 9. Turvalogiikan ja karusellin kääntömoottorin välinen piirikaavio.....	52
Liite 10. Ajolukitus ennen muutoksia	53
Liite 11. Ajolukitus turvallistamisen jälkeen	54
Liite 12. Turvalogiikan ja ajolukituksen välinen piirikaavio	55
Liite 13. Flexi Loop –väylä	56
Liite 15. Nosto-oven piirikaavio	58
Liite 16. Valvontamaton piirikaavio.....	59
Liite 17. MOC3SA-kortin johdotuskaavio	60
Liite 18. Nollanopeusanturin piirikaavio.....	61
Liite 19. Ryömintänopeusanturin piirikaavio.....	62
Liite 20. SICK Flexi Soft Designerillä luotu automaatio-ohjelma.....	63

LYHENTEET JA TERMIT

DIN-kisko	Saksalaisen standardointitoimiston (Deutsches Institut für Normung) standardoima asennuskisko
EMC	Sähkömagneettinen yhteensopivuus (Electromagnetic compatibility)
Flexi Loop –väylä	SICK AG:n kehittämä turvakomponenteille tarkoitettu väylä-ratkaisu, johon saa kytkettyä useita erilaisia komponentteja
Flexi Soft Designer	SICK AG:n kehittämä turvakomponenttien ohjelmointiohjelmisto
FX3-CPU3	SICK AG:n valmistama turvaluokiteltu CPU-ohjausyksikkö
FX3-XTIO	SICK AG:n valmistama turvaluokiteltu I/O-yksikkö
Karuselli	Rullauskoneen kääntyvä akseli kiinnirullauspäässä
Konedirektiivi	Euroopan Unionin säätämä direktiivi koneturvallisuuden liittyen. Tällä hetkellä käytössä on direktiivi 2006/42/EY. Valtionneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008) sisältää konedirektiivin ja sen käyttöönoton Suomessa
Magneettirajakytin	Magnetismiin perustuva kytkinlaite
MOC3SA	SICK AG:n valmistama turvaluokiteltu nopeudenvälvontayksikkö
Nippi	Rullauskoneen telojen välinen puristuskohta
Node	SICK AG:n valmistama Flexi Loop –väylään soveltuva jakorasia, joka jatkaa väylää ja haarauttaa sen turvakomponentille
Pituusleikkuri	Paperia pitkittäissuunnassa leikkaava leikkuri
PL	Saavutettava suoritustaso (Performance level)
SIL	Turvallisuuden eheystaso (Safety integrity level)
Turvakomponentti	Turvaluokiteltu komponentti, joka edistää turvallisuutta
Turvalogiikka	Turvaluokiteltu logiikkaohjattu yksikkö
Turvapiiri	Turvalogiikan tulot ja lähdöt käsittävä piiri

1 JOHDANTO

Työssä käydään läpi paperiteollisuuden rullauskoneen turvallisamistimenpiteet esisuunnittelusta aina lopullisiin asennuksiin ja käyttöönottotarkastukseen asti. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä työn teettäjän sekä paperitehtaan, jonka nimi on asiakasyrityksen pyynnöstä jätetty mainitsematta, kanssa.

Työn kohteena oleva rullauskone oli alussa toiminnassa käytännössä täysin ilman turvallisuutta edistäviä turvakomponentteja. Tavoitteemme oli estää koneen vaarallisiin osiin pääseminen niin mekaanisin aidoin kuin sähköisiä turvakomponenttejakin käyttäen. Saimme henkilöstöltä tarkan kuvauksen koneen toiminnasta, jotta voisimme suunnitella koneen turvakomponenttien toiminnan mahdollisimman turvallisiksi, ottaen kuitenkin huomioon koneen ajettavuuden. Kone oli puoliautomaattinen ja sen operointi vaatii linjan läheisyydessä työskentelemistä koneen ollessa ryömintänopeudessa.

Koneelle suoritettiin modernisointi turvallisuuden osalta EU:n konedirektiivin 2006/42/EY sekä käytännössä samat asiat sisältävän suomalaisen valtioneuvoston asetuksen 400/2008 koneiden turvallisuudesta mukaan. Konedirektiivi kattaa lähes kaikki Suomessa valmistetut ja myytävät koneet.

Rullauskoneen turvallisamistamisprosessin käytännön osuuden voi jakaa pitkälti kahteen osaan: turvakomponenttien mitoitus, suunnittelu ja liittäminen olemassa olevaan järjestelmään sekä turvalogiikan toiminnan suunnittelemiseen. Opinnäytetyössä keskitytään lähinnä turvakomponenttien mitoitus-, suunnittelu- ja liittämisprosessiin, sillä se oli opinnäytetyön tekijän käytännön osuus projektissa. Lisäksi työssä käydään turvalogiikan toimintaperiaate, käyttöönottotestaukset sekä käyttöönottotarkastukset läpi pääpiirteittäin.

2 REJLERS OY

Rejlers on vuonna 1942 perustettu asiantuntijaorganisaatio, jonka päätoimialat ovat suunnittelu- ja konsultointipalveluissa sekä projektitoimituksissa monialaiselle teollisuuden, energian, rakentamisen ja kiinteistöjen sekä infran asiakaskunnille (Rejlers Oy 2015).

Rejlers toimii Suomessa 17 paikkakunnalla. Toimistot sijaitsevat Hyvinkäällä, Hämeenlinnassa, Joensuussa, Jyväskylässä, Kotkassa, Kouvolassa, Kurikassa, Lohjalla, Mikkelissä, Porissa, Porvoossa, Salossa, Savonlinnassa, Tampereella, Turussa, Vantaalla ja Varkaudessa. Lisäksi monet työntekijät työskentelevät asiakkaiden tiloissa eri puolilla Suomea. Suomen Rejlers on osa pohjoismaista Rejlerkoncernen-yhtiötä. Rejlers-konsernin Suomen yhtiöiden liikevaihto vuonna 2014 oli noin 34 miljoonaa euroa. (Rejlers Oy 2015.)

Toiminta Suomessa alkoi vuonna 1980 Mikkelissä. Yritys on kasvanut tasaisesti ja tällä hetkellä Suomessa on 500 työntekijää. Suomen Rejlersin henkilöstötavoite vuonna 2020 on noin 700 työntekijää. (Rejlers Oy 2015.)

Työ suoritettiin yhteistyössä Rejlers Oy:n Tampereen, Hyvinkään sekä Hämeenlinnan konttoreiden kanssa. Tampereen konttori oli vastuussa sähkö- ja automaatio suunnittelusta, jolle työ pääsääntöisesti painottuu. Yritys tarjosi hyvä tuen ja avun opinnäytetyön tekemiseen.

3 TURVALLISTAMINEN

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008) säättää koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvistä olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista sekä niiden vaatimuksenmukaisuuden osoittamisesta, markkinoille saattamisesta ja käyttöön otosta.

Tällä asetuksella pannaan täytäntöön koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta annettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY (400/2008).

3.1 Yleiset periaatteet

Riskinarvioinnissa määritetään koneeseen sovellettavat tarvittavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Kone on sen jälkeen suunniteltava ja rakennettava ottaen huomioon riskin arvioinnin tulokset. (400/2008.)

Riskin arviointi ja riskin pienentäminen on iteratiivinen prosessi, jonka aikana on määriteltävä koneen toimintaan liittyviä riskejä. Riskejä arvioitaessa on määritettävä koneen tarkoitetusta käytöstä sekä kohtuudella ennakoitavasta väärinkäytöstä syntyvät riskit ja tunnistettava koneen mahdollisesti aiheuttamat vaarat ja niihin liittyvät vaaratilanteet. Lisäksi tulee arvioida riskin suuruus, vakavuus ja todennäköisyys. (400/2008.)

Esille tulleita riskejä täytyy poistaa tai pienentää soveltamalla kohdassa 3.2 määriteltyjä suojaustoimenpiteitä. Tähän työhön liittyviä riskejä käsitellään kohdassa 5.1.

3.2 Turvallistamisen periaatteet

Kone on suunniteltava ja rakennettava niin, että se soveltuu tarkoitukseensa ja sitä voidaan käyttää, säätää ja huoltaa henkilöitä vaarantamatta ottaen huomioon myös sen kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö (400/2008).

Toteutettavien toimenpiteiden tarkoituksena on oltava riskin poistaminen koneen koko ennakoitavana käyttöaikana, mukaan lukien kuljetus-, kokoonpano-, purkamisvaiheet (400/2008).

Turvallistamisprosessissa on pyrittävä poistamaan riskejä mahdollisimman paljon, toteutettava tarvittavat suojaustoimenpiteet sellaisten riskien osalta, joita ei voida poistaa sekä tiedotettava koneen käyttäjälle jäännösriskeistä, jotka johtuvat toteutettujen suojaustoimenpiteiden mahdollisista vajavaisuuksista tai on jätetty poistamatta, jotta koneella toimiminen olisi mahdollista. (400/2008.)

Turvallistamista suunniteltaessa on otettava huomioon myös koneen tarkoitetun käytön lisäksi kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. Kone on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei sitä voida käyttää epätavallisella tavalla, jos tällaisesta käytöstä voi aiheutua riskejä. (400/2008.)

3.3 Suojuksilta ja turvalaitteilta vaadittavat yleiset ominaisuudet

Suojausten ja turvalaitteiden tulee olla rakenteeltaan kestäviä, pysyvästi paikallaan sekä vaikeasti ohitettavia tai toimintakyvyttömäksi tehtäviä. Ne eivät saa myöskään aiheuttaa lisävaaraa, oltava riittävän kaukana vaara-alueesta sekä estettävä mahdollisimman vähän työprosessin tarkkailua. (400/2008.)

3.3.1 Kiinteitä suojuksia ja turvalaitteita koskevat erityisvaatimukset

Kiinteiden suojuksien kiinnitysjärjestelmän avaaminen tai irrottaminen saa olla mahdollista vain työkaluilla (400/2008).

Turvalaitteet tulee suunnitella ja liittää ohjausjärjestelmään siten, että liikkuvat osat eivät voi käynnistyä, kun ne ovat käyttäjän ulottuvilla ja käyttäjä tai muu henkilö ei voi ylettyä liikkuviin osiin niiden ollessa liikkeessä. Turvalaitteen yhdenkin komponentin puuttumisen tai vikaantumisen on estettävä käynnistyminen tai pysäytettävä liikkuvat osat. Turvalaitteiden on oltava säädettävissä vain tarkoituksellisella toimenpiteellä. (400/2008.)

4 RULLAUSKONE

Tarkastelussa oleva rullauskone on Quattroll Oy:n valmistama, 1980-luvulla valmistunut kone. Koneessa ei alkutilanteessa ollut käytännössä mitään turvallisuutta edistäviä komponentteja ja vain muutamia vaara-alueelle pääsyä rajoittavia aitoja. Kone oli puoliautomaattinen, jonka tähden sen ajaminen sisältää työvaiheita, joita ihmisen on tehtävä koneen vaara-alueella.

4.1 Yleiset ominaisuudet

Kone oli suurimmaksi osaksi releohjattu, mutta sisälsi myös hieman automaatio-ohjauksia. Konea ohjattiin ohjauspulpetilta erilaisilla painonapeilla, vivuilla ja potentiometreillä. Koneen käytöstä vastasivat koneeseen perehdytetyt operaattorit, joita oli yksi kerrallaan ajamassa kyseistä konetta.

Koneella tehdään suuresta yksittäisestä, maksimissaan 1400 mm halkaisijaltaan olevasta paperirullasta useita ohuita paperirullia erilaisiin käyttötarkoituksiin, pääsääntöisesti elintarvike- ja hygieniakäyttöön. Koneen teoreettinen maksiminopeus on 500 m/min, eli noin 8,3 m/s. Ryömintänopeudella, joka oli 50 m/min, täytyi päästä koneen vaara-alueen sisälle. Kuva 1 esittää rullauskonetta ennen turvallistamista.



KUVA 1. Rullauskone ennen turvallistamista (Kuva: Paperitehdas)

4.2 Koneen toiminta

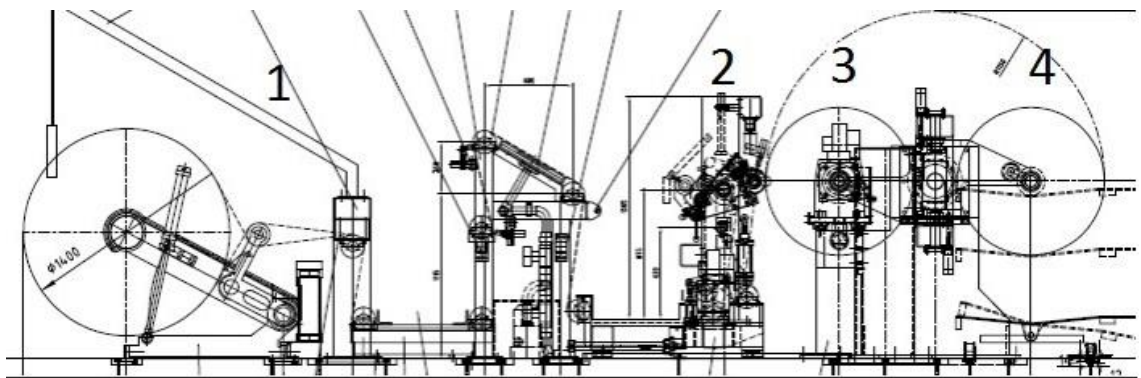
Koneen toimintaa kuvailtaessa voidaan erotella neljä erilaista työvaihetta, jotka on merkitty numeroin kuvaan 2. Ensimmäisessä työvaiheessa suuri paperirulla tuodaan aukirullaukseen liikuteltavan kelkan avulla. Rulla siirretään aukirullauksessa olevalle puolalle, josta se rullataan auki väliteloille. Välitelat pingottavat ja tasaavat paperin kireäksi, jolloin paperi on valmis siirtymään pituusleikkaukseen.

Toinen työvaihe on välitelöjen kautta paperin ajaminen pituusleikkurin läpi, jossa paperi leikataan pituussuunnassa ohuemmiksi siivuiksi. Siivujen paksuutta voidaan säätää ja se määräytyy ajettavan tuote-erän mukaan. Pituusleikkurilta paperi siirtyy kiinnirullaukseen.

Kolmas työvaihe on pituusleikattujen paperisiivujen kiinnirullaaminen, jolloin saadaan kiinnirullatut ohuemat tuoterullat karusellille. Kiinnirullatut valmiit rullat ovat sekä kaapeampia, että halkaisijaltaan pienempiä, kuin alkuperäinen rulla.

Neljännessä vaiheessa karuselli kääntää valmiit kiinnirullatut lopputuotteet kelkalle, samaan aikaan siirtäen tyhjän holkin uutta kiinnirullausta varten. Kelkka siirtää pituusleikatun tuotteen muualle jatkotoimenpiteitä varten.

Jokaisessa koneen toimintaan liittyvässä työvaiheessa oli lukuisia riskikohtia, jotka täytyi ottaa huomioon turvallisuutta parantaessa. Nämä riskikohdat on eritelty rullauskoneen eri työvaiheiden mukaan kohdassa 5.1.



KUVA 2. Rullauskoneen poikkileikkaus ja työvaiheet (Kuva: Paperitehdas)

5 ALKUTILANNE

Alussa koneen riskit oli kartoitettava, jotta niitä voitaisiin alkaa poistaa tai ainakin pienentämään, mikäli poistaminen aiheuttaisi koneen ajamiseen huomattavaa haittaa. Saimme asiakasyritykseltä kohdassa 5.2 esitellyn toimintasuunnitelman, joka sisälsi koneen ajamiseen liittyviä kriteereitä. Rullauskoneen toimintaan perehtymiseksi koneen operaattorien kanssa luotu toimintasuunnitelma käytiin huolella läpi ennen turvallistamisen aloittamista.

5.1 Riskit

Kuvissa 3 ja 4 näkyy aukirullauksessa esiintyviä riskejä. Kuvien rulla on pieni, mutta mikäli rulla olisi maksimikokoinen (halkaisija maksimissaan 1400 mm) syntyisi lattian ja rullan väliin mahdollinen puristuskohta, jonne esimerkiksi jalka voisi jäädä puristuksiin. Tämä puristuskohta on merkitty kuviin 3 ja 4 vihreillä soikioilla.

Kuvassa 3 näkyy myös, kuinka paperin ja ohjaavan telan väliin syntyy puristuskohta, johon esimerkiksi hiha voi helposti takertua. Tämä puristuskohta on merkitty kuvaan 3 sinisellä soikiolla. Ohjaavat telat eivät ole vetäviä, vaan ne liikkuvat paperin mukana kiristäen ja pitäen paperia linjassa. Tästä huolimatta koneen ollessa ajossa, paperin ja ohjaavan telan välinen puristuskohta on suurien nopeuksien vuoksi vaarallinen.



KUVA 3. Sininen soikio osoittaa välitelan ja paperin välisen puristuskohtan ja vihreä aukirullattavan rollan ja lattian välisen puristuskohtan (Kuva: Paperitehdas)



KUVA 4. Vihreä soikio osoittaa rollan ja lattian välisen puristuskohtan (Kuva: Paperitehdas)

Aukirullauksen ja pituusleikkauksen välissä olevilla väliteloilla ei ollut alkutilanteessa myöskään minkäänlaista suojausta. Välitelat eivät ole vetäviä, vaan ne ovat ohjaavia te-

loja ja pyörivät paperin mukana. Kuvista 5 ja 6 näkyy, kuinka koneen läpi kulkevien kahden sillan läheisyyksissä on siltojen ja ohjaustelojen sekä paperin ja ohjaustelojen väliin syntyviä puristuskohtia. Puristuskohdat on merkitty kuviin sinisillä soikioilla.



KUVA 5. Siniset soikiot osoittavat välitelojen läpi kulkevan sillan puristuskohtia (Kuva: Paperitehdas)



KUVA 6. Sininen soikio osoittaa välitelojen ja pituusleikkurin välissä kulkevan sillan puristuskohtaa (Kuva: Paperitehdas)

Kuvassa 7 näkyy pituusleikkurin teräsuoja. Vaikka suoja olikin paikallaan, se ei kuitenkaan ollut riittävän hyvä suojaamaan teriä, sillä teriin oli suora reitti teräsuojan sivuilta sekä alta, kuten kuvassa näkyvä sininen ympyrä osoittaa. Kuvassa 8 näkyy pituusleikkurin alapuolella olevia nippejä, jotka on ympyröity sinisellä.



KUVA 7. Sininen soikio osoittaa pituusleikkurin teräsuojan puutteellisuutta (Kuva: Paperitehdas)



KUVA 8. Sininen soikio osoittaa pituusleikkurin alla olevia nippejä (Kuva: Paperitehdas)

Kiinnirullauksessa oli yksi selkeä nippi, joka oli kiinnirullattavan lopputuotteen ja ohjaustelan välissä, kuvassa 9. Koska kiinnirullauksen tela oli vetävä (moottoroitu), oli tämä nippi huomattavan vaarallinen. Tämä nippi on merkitty kuvaan sinisellä soikiolla.



KUVA 9. Sininen soikio osoittaa kiinnirullauksen nipin (Kuva: Paperitehdas)

Kiinnirullauksen yhteydessä oleva karuselli näkyy kuvassa 10. Kyseinen karuselli kääntyy, siirtäen valmiin kiinnirullatun tuotteen pois kiinnirullauksesta ja samalla siirtäen tyhjän holkin kiinnirullaukseen. Koko karuselli siis pyörähtää käytännössä 180°, jolloin syntyy puristumisvaara, mikäli ihminen on mennyt karusellin alle tai väliin.



KUVA 10. Karuselli pyörähtää käytettäessä 180° aiheuttaen puristumisvaaran, mikäli ihminen on mennyt karusellin alle tai väliin (Kuva: Paperitehdas)

Riskien läpikäymisen jälkeen riskit päädyttiin minimoimaan aitaamalla koko vaara-alue. Erikseen jokaisen riskin kitkeminen koneen sisältä ilman vaara-aluetta kiertävää aitausta olisi ensinnäkin huomattavan haastavaa ja jättäisi todennäköisesti jälkeen huomiotta jääneitä riskitekijöitä ja toiseksi huomattavasti kalliimpi vaihtoehto, kuin alueelle kulkemisen hankaloittaminen.

5.2 Toimintasuunnitelma

Taulukossa 1 on määritelty rullauskoneen vaara-alueelle menemiseen sekä sieltä poistumiseen liittyvät säännöt. Taulukossa on myös lueteltu työvaiheet, joiden aikana koneen tulee olla pysähtyneenä tai ryöminässä.

TAULUKKO 1. Vaara-alueelle menemistä, poistumista ja työvaiheita koskevat säännöt (Taulukko: Paperitehdas)

Item	Note
Vaara-alueelle meno	Koneen tila
1. Aukirullaus laadun tarkkailu	1. Seis/Ryöm
2. Leikkaus terät/ reunanauha	2. Seis/Ryöm
3. Kiinnirullaus	3. Seis/Ryöm
Turvatoiminnot alueelle mentäessä <ul style="list-style-type: none"> • 0-nopeus <ul style="list-style-type: none"> ○ alueelle vapaa kulku • Ryömintä <ul style="list-style-type: none"> ○ alueelle vapaa kulku • Ajo <ul style="list-style-type: none"> ○ alueelle kulku estetty 	
Alueelta poistuminen <ul style="list-style-type: none"> • Edellyttää porttien sulkemista • Operaattori kuittaa alueen olevan vapaa, ei henkilöitä alueella 	
Muita huomioita <ul style="list-style-type: none"> • Porttien ohjauksen häiriö ohjaa koneen seis • Kiinnirullauksen valvonta Turvamatto <ul style="list-style-type: none"> ○ Rullain ○ karuselli 	

Taulukossa 2 on porttien ohjauksiin, karusellin toimintaan ja turvamattoon liittyvät säännöt.

TAULUKKO 2. Porttien ohjauksien, karusellin ja turvamaton säännöt (Taulukko: Paperitehdas)

Item	Note
1. RK12-LG1 (AUKIRULLAUS) 2. RK12-G1 (KÄYNTI) 3. RK12-G2 (KÄYNTI) 4. RK12-G3 (KÄYNTI) <ul style="list-style-type: none"> • 0-nopeus /ryömintä <ul style="list-style-type: none"> ○ Portin ohjaukset 	<ul style="list-style-type: none"> • Lukitus auki automaattisesti nopeuden ollessa ryömintänopeus tai alle • Rakenne sellainen, että lukituksen avautuessa "Portti kiinni" tieto jää voimaan • Alueelta poistuttaessa kuitataan alueen olevan vapaa ja siirtyy "OK"-tilaan • Ohjauksen valopainike indikoi "Lukitus auki" tilaa – Vilkkuva sininen (0.5Hz) • Ohjauksen valopainike indikoi "Portti auki" tilaa – Jatkuva sininen
<ul style="list-style-type: none"> ○ Turvareleen ohjaus 	<ul style="list-style-type: none"> • Portin lukkolaite "Lukko" auki
<ul style="list-style-type: none"> • Ajo <ul style="list-style-type: none"> ○ Portin ohjaukset 	<ul style="list-style-type: none"> • "Portti lukossa" tieto ajolukituksenä • Portin avaus laukaisee turvapiirin
<ul style="list-style-type: none"> ○ Turvareleen ohjaus nopeus > ryömintänopeus ja portti lukossa tieto puuttuu 	<ul style="list-style-type: none"> • Hätä-seis
Item	Note
RK12-Turvamatto(KIINNIRULLAUS) <ul style="list-style-type: none"> • 0-nopeus /ryömintä <ul style="list-style-type: none"> ○ Turvareleen ohjaus "henkilö turvamatolla" 	<ul style="list-style-type: none"> • Karusellin kääntö
<ul style="list-style-type: none"> • Ajo <ul style="list-style-type: none"> ○ Turvareleen ohjaus "henkilö turvamatolla" 	<ul style="list-style-type: none"> • Hätä-seis

Taulukoissa 1 ja 2 esiintyvät asiat oli konetta ajavan henkilöstön kanssa yhteistuumin tehty, jolloin saatiin paras mahdollinen kuva koneen ajamisesta ja sen vaatimuksista asennettavien turvalaitteiden kannalta. Yhdessä taulukot 1 ja 2 muodostavat toimintasuunnitelman, jota lähdimme noudattamaan.

Koneen ollessa pysähtyneenä tai ryömintänopeudessa (<50m/min), alueelle on vapaa pääsy. Alueelle täytyy päästä ryömintänopeudella, sillä kone on puoliautomaattinen ja henkilöstön tulee suorittaa paperin ajoon liittyviä toimenpiteitä kyseisellä nopeudella vaara-alueen sisällä. Koneen ollessa ajossa (>50m/min) vaara-alueelle ei saa päästä henkilöstöä ja koneen operaattorin tulee varmistua ennen turvapiirin kuittaamista, että alueella ei ole ketään.

Turvapiiriä ei voida kuitata, mikäli jokin portti tai aukirullauksen nosto-ovi on auki, häätäseis-piiriä ei ole kuitattu tai joku seisoo turvamatolla. Koneita ei voida käynnistää ajonopeuteen, jos turvapiiriä ei ole kuitattu. Onnistuneen turvapiirin kuittaamisen jälkeen

koneelle annetaan turvalogiikan kautta ajolupa ja koneella voidaan aloittaa ajaminen. Jos vauhti lasketaan ajonopeudesta ryömintänopeuteen, portit aukeavat automaattisesti ja turvapiiri pitää kuitata uudelleen, ennen seuraavaa ajonopeuteen nostoa. Mikäli nopeus nostetaan suurimman sallitun ryömintänopeuden yli ilman turvapiirin kuitaamista, turvalogiikka ohjaa koneelle hätäseis-käskyn.

6 TURVAKOMPONENTIT

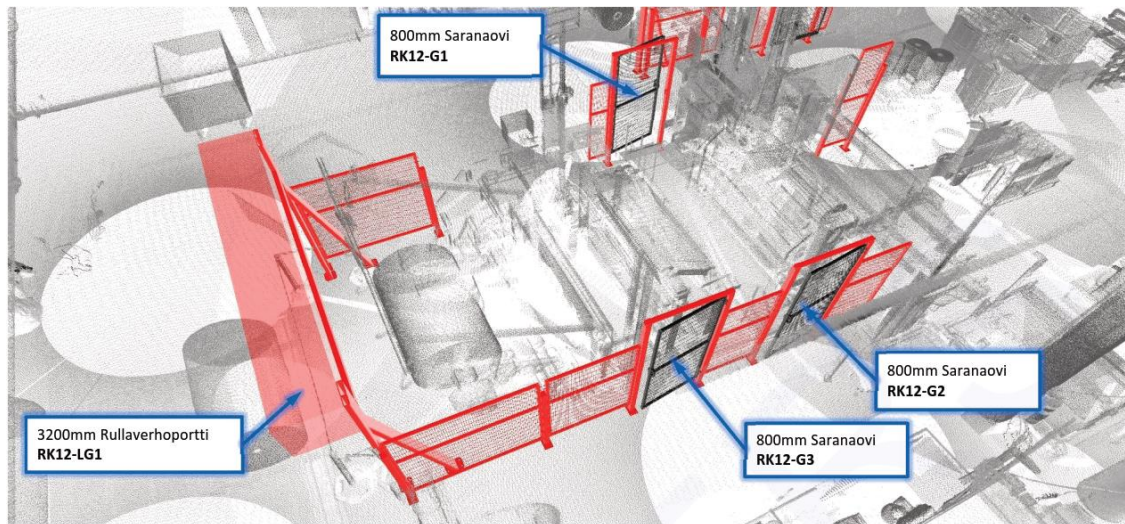
Projektissa käytettiin kiinteitä suojuksia sekä sähköisiä turvakomponentteja. Suojukset ja turvakomponentit olivat lujasti paikallaan, rakenteeltaan kestäviä, vaikeasti ohitettavia tai toimintakyvyttömäksi tehtäviä sekä olivat riittävän kaukana vaara-alueesta. Lisäksi ne eivät aiheuttaneet lisävaaraa ja estivät työprosessin tarkkailua mahdollisimman vähän.

Kiinteiden suojuksien avaaminen tai irrottaminen oli mahdollista vain työkaluilla. Turvalaitteiden liittäminen ohjausjärjestelmään hoidettiin siten, että konetta ei voitu asettaa ajoon käyttäjän ollessa liikkuvien osien läheisyydessä ja yhdenkin turvalaitteen vikaantumisen pysäytti liikkuvat osat sekä esti käynnistymisen.

Kiinteät suojukset ja sähköiset komponentit täyttivät 3.3 ja 3.3.1 vaaditut yleiset ominaisuudet sekä erityisominaisuudet.

6.1 Turva-aidat ja nosto-ovi

Kuvassa 11 näkyy turva-aitojen sekä nosto-oven sijoituspaikat. Kone ympäröitiin lähes täysin turva-aidoilla, jotta vaara-alueelle pääseminen hankaloituisi koneen ollessa ajossa. Koko alue päädyttiin aitaamaan, sillä koneessa havaittiin pieniä riskejä niin paljon, että aitaaminen olisi tehokkainta riskien minimoimiseksi. Jokaisen oven pieleen sijoitettiin sähkölukko ja nosto-oven alapieleen sijoitettiin magneettirajakytkin. Sähkölukot sekä magneettirajakytkin liitettiin Flexi Loop –väylään (katso 6.2.4).



KUVA 11. Turva-aitojen ja nosto-oven sijoitukset (Kuva: Rejlers Oy Hämeenlinnan toimisto)

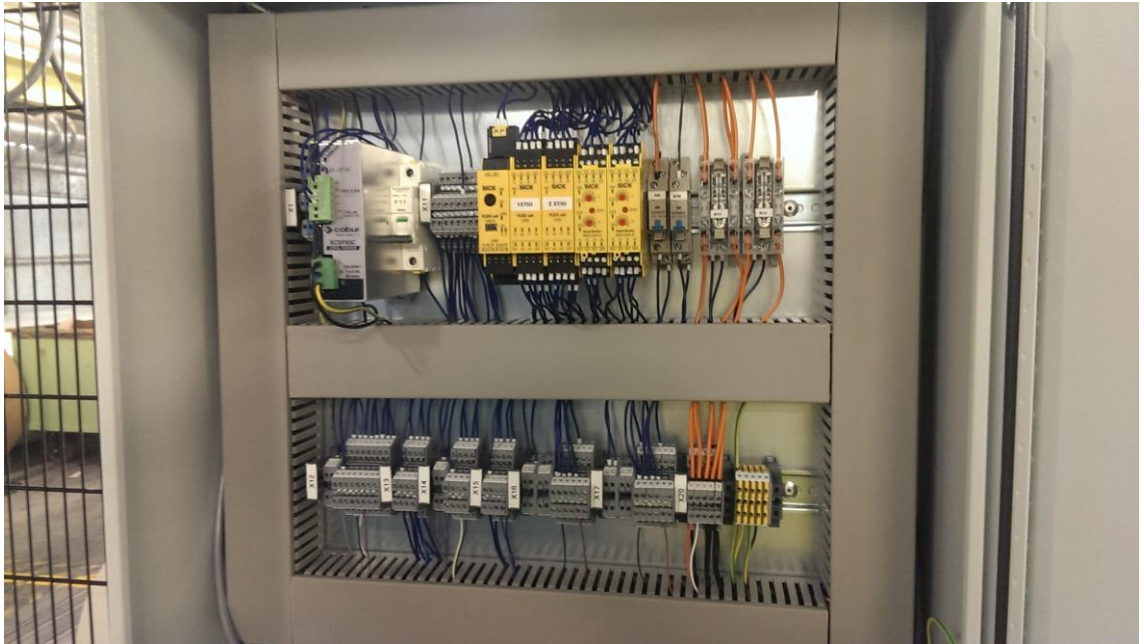
6.2 Sähköiset turvakomponentit

Projektiin valittiin käytettävien pääturvakomponenttien valmistajaksi ja toimittajaksi SICK AG. SICK on saksalainen turvakomponenttien, esimerkiksi antureiden, turvareleiden ja turvalogiikan valmistamiseen keskittyvä yritys. Muita käytettyjä valmistajia olivat Cabur, Grein, Omron sekä Schneider, jotka valittiin kilpailutuksen seurauksena.

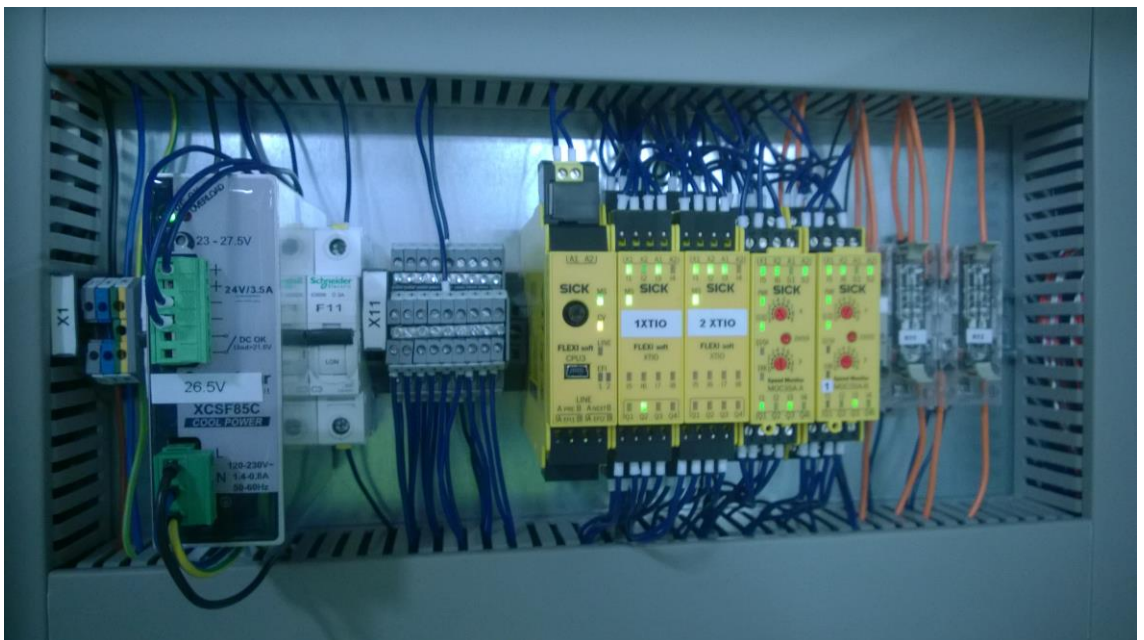
Turva-aidan pieleen lisättiin turvalogiikka sisältävä sähkökaappi. Kaappi oli merkiltään Rittal AE1060.500, IP-luokaltaan IP66 ja sen koko oli 600 mm x 600 mm x 210mm (Rittal GmbH & Co. KG 2014/2015, 46-47). Kaapelikouru mitoitettiin 60 mm leveäksi ja 60mm syväksi. Kaapin layout on esitetty liitteessä 1. Kaapista vedettiin erilaisilla kaapeleilla (24VDC ja 230VAC) yhteys koneen ohjaukset sisältäneeseen sähkökaappiin. Näin voimme ohjata turvalogiikan kautta haluamiamme asioita.

Kuvissa 12-14 näkyy turvalogiikkakaapin sisältö. Turvalogiikkakaappiin tulee 230 VAC syöttö riviliittimille, josta se johdotetaan Schneiderin johdonsuojakatkaisijan (2A, C-käyrä) kautta Cabur-merkkiselle virtalähteelle riviliitinkiskon X1 välityksellä. Virtalähde syöttää toisen Schneiderin johdonsuojakatkaisijan (3A, C-käyrä) kautta kaapin komponenteille 24 VDC tasajännitettä riviliitinkiskon X11 välityksellä. Keltaiset komponentit ovat SICK:in tuotteita ja ne ovat vasemmalta oikealle: FX3-CPU3-keskusyksikkö/turvaohjain, 2 kappaletta FX3-XTIO-turvaluokiteltuja I/O-kortteja ja 2 kappaletta

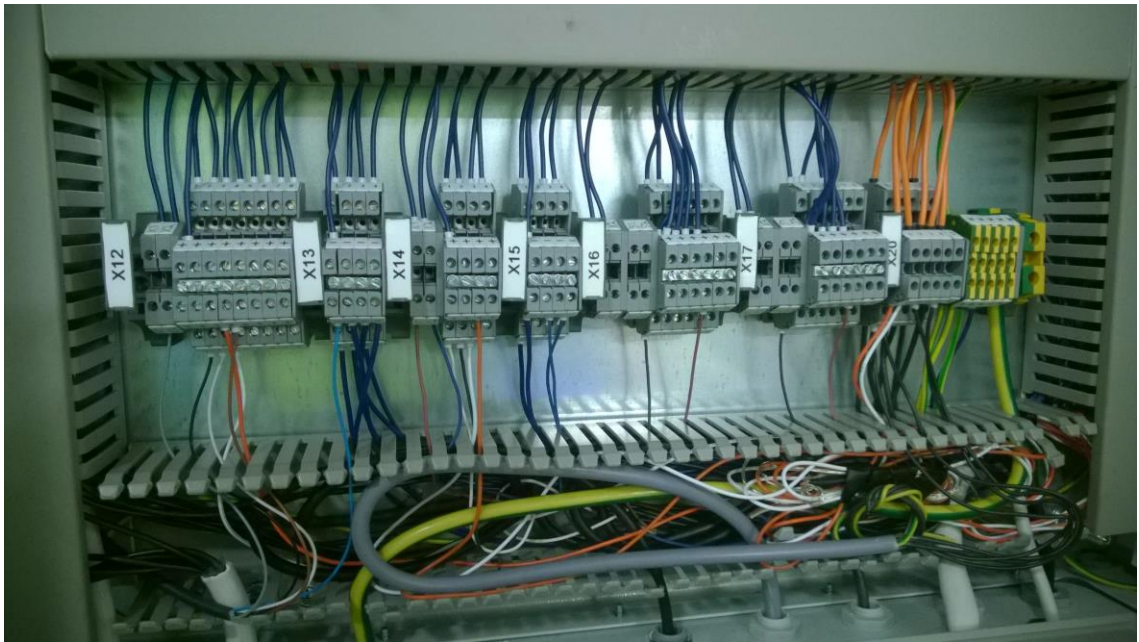
MOC3SA-nopeudenseurantakortteja. SICK:in komponenttien oikealla puolella on Omronin välireleitä. Lisäksi kaapista löytyy useita riviliitinkiskoja (kuva 14), joiden kautta kytkennät tehtiin.



KUVA 12. Lisätty turvalogiikkakaappi (Kuva: Petri Pinta 2015)



KUVA 13. Lisätyn turvalogiikkakaapin yläosa (Kuva: Petri Pinta 2015)



KUVA 14. Lisätyn turvalogiikkakaapin alaosa (Kuva: Petri Pinta 2015)

6.2.1 SICK FX3-CPU3

FX3-CPU3 (kuva 15) on DIN-kiskoon asennettavaksi suunniteltu, turvaluokiteltu prosessori/turvaohjain, joka on mahdollista linkittää toisiin FX3-CPU3-laitteisiin Flexi Line -väylän avulla. Laitteen turvallisuuden eheystaso (SIL) on SIL3 (SICK AG 2015a, 2). SIL-tasot määritellään standardissa IEC 61508-1. SIL-tasoja on 4, numero 1 on matalin taso ja numero 4 korkein.

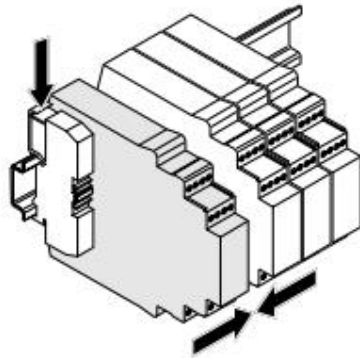
Laitteen saavutettava suoritustaso (PL) on PL e (SICK AG 2015a, 2). PL-tasot on määritetty standardissa EN ISO 13849 ja ne jakautuvat viiteen eri osaan (a-e), a-taso on matalin ja e-taso korkein. Laitteen kyky suorittaa turvatoiminto ennakoitavissa olosuhteissa on siis korkeimmalla tasolla.

Laitteen sähkömagneettinen yhteensopivuus (EMC) on A-tasolla (SICK AG 2015a, 2). EMC-tasot määritellään standardissa EN 61000-6-2, A-taso on korkein saavutettava taso.



KUVA 15. SICK FX3-CPU3 (Kuva: SICK AG 2015a, 1)

FX3-CPU3 liitetään FX3-XTIO-korttiin sisäisen väylän avulla, yksinkertaisesti painamalla laitteet toisiinsa kuvan 16 mukaisesti. Turvalogiikalle ladattava automaatio-ohjelma ladataan FX3-CPU3-ohjaimelle datakaapelin avulla, jonka jälkeen CPU-kortti kommunikoi muiden käytössä olevien korttien kanssa sisäistä väylää pitkin.



KUVA 16. FX3-CPU3 liittäminen muihin laitteisiin, esimerkiksi FX3-XTIO-korttiin (Kuva: SICK AG 2014a, 89)

6.2.2 SICK FX3-XTIO

FX3-XTIO (kuva 17) on DIN-kiskoon asennettavaksi suunniteltu, turvaluokiteltu I/O-kortti. Laitteen turvallisuuden eheystaso on SIL3 ja saavutettava suoritustaso PL e. Sähkömagneettinen yhteensopivuus on A-tasolla. Laitteessa on kahdeksan turvatuloa (I1-I8), neljä turvalähtöä (Q1-Q4) sekä kaksi testisignaaliähtöä (X1, X2). (SICK AG 2015b, 2-3.)

FX3-XTIO liitetään FX3-CPU3-ohjaimen sekä toisiin kortteihin sisäisen väylän avulla kuvan 16 mukaisesti.



KUVA 17. SICK FX3-XTIO (Kuva: SICK AG 2015b, 1)

6.2.3 SICK MOC3SA

MOC3SA (kuva 18) on DIN-kiskoon asennettavaksi suunniteltu, turvaluokiteltu nopeudenvalvontakortti. Laitteen turvallisuuden eheystaso on SIL3 ja saavutettava suoritustaso PL e. Sähkömagneettinen yhteensopivuus on A-tasolla. Laitteessa on kahdeksan turvatuloa (I1-I6, S1, S2), neljä turvalähtöä (Q1-Q4) sekä kaksi testisignaalilähtöä (X1, X2). (SICK AG 2015c, 2-3.)

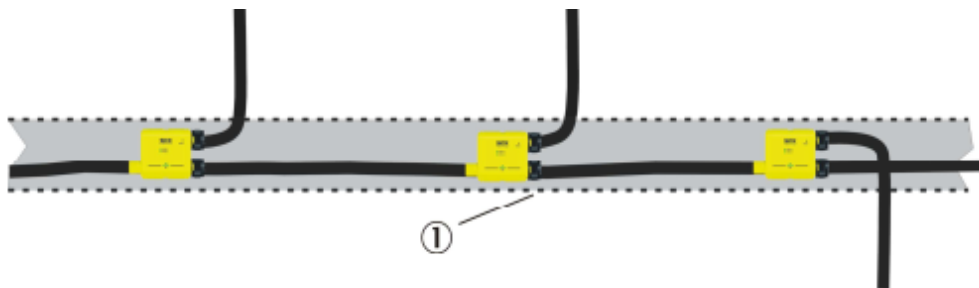
MOC3SA liitetään FX3-XTIO-korttiin sekä toisiin kortteihin sisäisen väylän avulla kuvan 16 mukaisesti.



KUVA 18. SICK MOC3SA (Kuva: SICK AG 2015c, 1)

6.2.4 SICK Flexi Loop -väylä

Flexi Loop on väyläratkaisu, johon voi liittää useita toimilaitteita, kuitenkin maksimissaan 32 kappaletta (SICK AG 2014b, 13). Flexi Loop muodostaa yhden pitkän väylän (kuva 19) komponentilta komponentille, esimerkiksi tässä projektissa väylä alkaa portilta 1, kiertäen kaikki portit ja nosto-oven päätyen portille 2 päätevastukseen.



KUVA 19. Flexi Loop –väylä, numero 1 indikoi kaapelikourua (Kuva: SICK AG 2014b, 44)

Jokaisen toimilaitteen kohdalle asennetaan kuvan 20 mukainen node, joka jakaa väylän kahteen osaan: toinen osa menee komponentille, esimerkiksi sähkölukolle, ja toinen osa jatkaa väylää seuraavalle nodelle. Nodejen välinen maksimivälimatka on 30 m jännitteenalenneman takia, mutta väylään on saatavilla jännitteenlisäajiä keskelle väylää. Väylän maksimimatka on siis yhteensä 960 m, mutta tämän saavuttamiseen tarvitaan jännitteenlisäjäkomponentteja (SICK AG 2014b, 13).

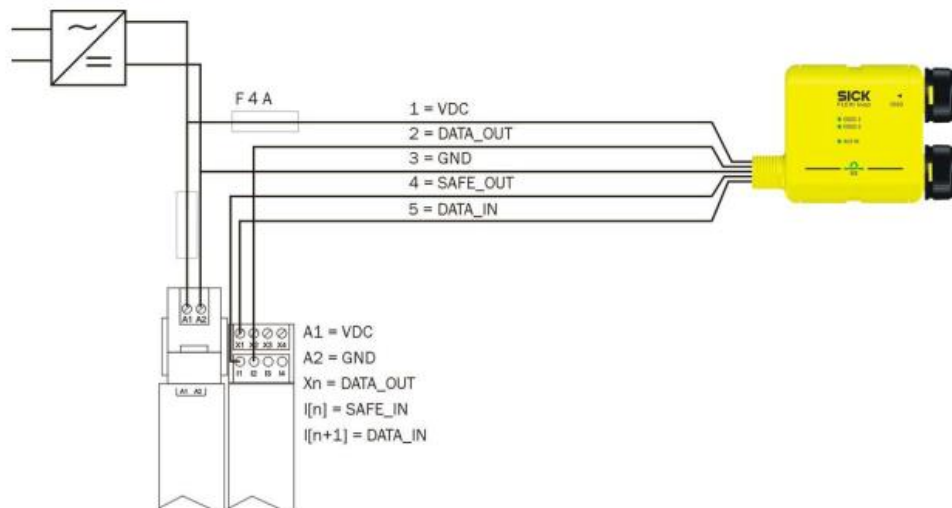


KUVA 20. Flexi Loop node (EMSS 8-pin) (Kuva: SICK AG 2014b, 23)

Nodeja on neljänlaisia: 5-pinniset EMSS (electro-mechanical safety switches) sekä OSSD (output signal switching device) nodet sekä molemmista myös 8-pinniset versiot (SICK AG 2014b, 22, 23). EMSS-tyyppiset nodet soveltuvat mm. sähkölukoille ja OSSD-tyyppiset esimerkiksi magneettirajakytkimille ja valoverhoille.

Väyläratkaisu säästää kaapelointia, kun jokaista toimilaitetta ei tarvitse johdottaa sähkökaapilta erikseen, vaan kaikki toimivat yhden väylän kautta. Väylää voidaan käyttää vain, jos kaikki komponentit toimivat samalla periaatteella ja säännöllä, eli niiden toimintamalli on identtinen. Mikäli esimerkiksi jokin portti halutaan auki ajossa, mutta toisen pitää pysyä lukossa, ei voida käyttää samaa väylää.

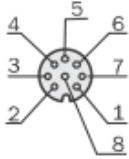
Väylään on kytkettävissä lukuisia erilaisia komponentteja ja toimilaitteita eri valmistajilta. Fyysinen väylä nodejen välillä on 5x0,34 mm² M12-kaapelia. Väylä alkaa FX3-XTIO-kortista kuvan 21 mukaisesti ja päättyy viimeisen noden kohdalla pätevastukseen.



KUVA 21. Flexi Loop –väylän kytkentäkuva (Kuva: SICK AG 2014b, 47)

Väylään tulevat komponentit johdotetaan nodelta komponentille 5x0,34² tai 8x0,25 mm² M12-kaapelilla, tässä projektissa käytimme 8x0,25 mm² -kaapelia. Taulukossa 3 on esitetty noden ja toimilaitteen välisen väylän signaalit, kun käytetään 8-johtimista kaapelia sekä naarasliittimen liitinjärjestys. Kaapelin värikoodit noudattavat saksalaisen DIN-standardin DIN 47100 värikoodeja (OEM AUTOMATIC 2015a, 2).

TAULUKKO 3. 8-johtimisen kaapelin naarasliittimen liitinjärjestys ja väylän signaalit (Taulukko: SICK AG 2014b, 50)

Female connector	Pin	Signal	Meaning	Color ¹⁾
	1	VDC	24 V supply voltage	White
	2	AUX_IN	Non-safe input	Brown
	3	EMSS1_A	Switch 1, connection A	Green
	4	EMSS1_B	Switch 1, connection B	Yellow
	5	AUX_OUT	Non-safe output	Gray
	6	GND	GND supply voltage	Pink
	7	EMSS2_A	Switch 2, connection A	Blue
	8	EMSS2_B	Switch 2, connection B	Red

6.2.5 Muut turvakomponentit

Turvalogiikkakaapista löytyvien pääkomponenttien lisäksi projektissa käytettiin Cabur-merkkistä virtalähdettä, Grein-merkkistä valvontamattoa, induktiivisia antureita, sähkölukkoja ja magneettirajakytkintä.

Virtalähde oli Cabur-merkinen XCSF85C –tyyppinen virtalähde. Virtalähteeseen syötettiin 230 VAC vaihtojännitettä ja se syötti 24 VDC tasajännitettä 3,5 A nimellisvirralla. Turvalogiikkaa tulee syöttää joko SELV- tai PELV-tyyppisellä virtalähteellä. XCSF85C oli suunniteltu SELV- ja PELV-käyttöön. (Cabur 2013.)

Valvontamattona käytettiin 24 voltin tasajännitteellä toimivaa Grein-merkkistä mattoa. Matto oli IP-luokaltaan IP65 ja se oli valmistettu iskun- ja kemikaalinkestävästä, PVC-pohjaisesta materiaalista. Turvamaton sisällä kiertää kupariset kontaktiliuskat (2 NO kontaktia), joiden läpi turvarele syöttää jännitettä. Kun turvamatto aktivoidaan, NO-koskettimet sulkeutuvat ja turvareleen NO-koskettimet aukeavat, jolloin vaaralliset liikkeet pysähtyvät. (OEM AUTOMATIC 2015b, 1-3.)

Induktiiviset anturit olivat SICK:in valmistamia IM12-04NPS-ZW1 –tyyppisiä antureita. Anturi toimii 4 mm päässä mitattavasta kohteesta, kytketään suoraan M12 kaapelilla ja on IP-luokaltaan IP67. (SICK AG 2015d, 2.)

Sähkölukot olivat SICK:in valmistamia i110-M0454 –tyyppisiä lukkoja. Lukot olivat sähköllä lukittavia ja niistä voitiin valvoa lukon salvan sekä lukitsevan solenoidin tilatietoja. Kytkennät tehtiin 8x0,25 mm² M12-kaapelilla Flexi Loop -väylään ja lukkojen IP-luokitus oli IP67. (SICK AG 2015e, 2-3.)

Magneettirajakytkin oli niin ikään SICK:in valmistama TR4-SEM01C –tyyppinen magneettirajakytkin. Laitteen turvallisuuden eheystaso on SIL3 ja saavutettava suoritustaso PL e. TR4 kytketään suoraan M12-liittimellä Flexi Loop –väylään. (SICK AG 2012, 3.)

7 TURVAKOMPONENTTIEN LIITTÄMINEN OLEMASSA OLEVAAN JÄRJESTELMÄÄN

Rullauskone oli pääsääntöisesti releohjattu korkean ikänsä vuoksi. Tämän vuoksi projektissa käytettiin välireleitä, jotta saataisiin tarvittavat tilatiedot ja ohjaukset liitettyä turvalogiikan ja koneen ohjauksien välille.

Kun uusia komponentteja lähdettiin liittämään olemassa olevaan järjestelmään, tuli ottaa huomioon kaksi erillistä asiaa. Ensimmäinen asia oli olemassa olevista koneen toimintaa kuvaavista sähkökuvista oikeiden muokattavien kohtien etsiminen. Toinen asia oli turvalogiikkaan ladattavan sovelluksen suunnitteleminen ja toteuttaminen sekä sen lataaminen prosessorille. Mikäli turvakomponentit kytkettäisiin järjestelmään ja sovellus ei olisi valmis tai se olisi puutteellinen, koneesta tulisi käytännössä mahdoton ajaa. Tämän takia kaiken tuli olla tarkoin suunniteltu, ennen turvakomponenttien liittämistä järjestelmän ohjauksiin. Tuotantoajon tuli olla mahdollista niille määrätyillä päivillä, joten työskentely pyrittiin järjestämään tuotannon välipäivinä ja kone jätettiin aina ajokuntoon, mikäli työ jäi kesken.

Turvalogiikkaan tuli määrittää tulot ja lähdöt, joiden avulla konetta ohjattaisiin tilanteesta riippuen halutulla tavalla turvalogiikan kautta. Turvalogiikkaan oli kytkettynä yhteensä kuusi tuloa ja neljä lähtöä.

7.1 Tulot ja lähdöt (I/O)

Tuloja oli yhteensä kuusi kappaletta, joista kaksi oli kytkettynä turvalogiikkaan koneen ohjauskaapista: hätäseis-piirin ja karusellin kääntämisen tilatiedot. Näillä kytkennöillä turvalogiikkaan saatiin tiedot, ovatko kyseiset releet vetäneinä, eli onko hätäseis päällä tai karuselli kääntymässä. Neljä muuta tuloa olivat ohjauskaapista riippumattomia: Flexi Loop -väylän, valvontamaton sekä molempien MOC3SA-nopeudenvälontareleiden tilatiedot.

Lähtöjä oli yhteensä neljä kappaletta, joista kolme oli välireleiden kautta kytkettyinä suoraan koneen ohjauksiin: ajolukitus, hätäseis-ohjaus ja karusellin kääntölukitus. Neljäs lähtö hallinnoi nosto-ovea, lukiten tai vapauttaen sen ohjauksen tilanteesta riippuen.

7.1.1 Hätäseis-piirin tilatieto ja ohjaus turvalogiikalta

Liitteessä 2 on esitetty rullauskoneen alkuperäinen hätäseis-piiri ja liitteessä 3 hätäseis-piiri turvallistamisen jälkeen. Liitteissä näkyvä OK11 (PZE5) on turvarele, jonka kosketintiedoista 51 ja 52 saimme hätäseis-piirin tilatiedon turvalogiikkaamme. Hätäseis-piirin tilatieto on johdotettu kaapelin KK-952-W1 1-parilla, kaapelin tarkemmat tiedot ovat kaapeliluettelossa, liitteessä 4. Kaapelointi sekä sen riviliitinpositioidinnit näkyvät liitteen 3 oikeassa alakulmassa. Kyseinen kaapeli vedettiin turvalogiikkakaapilta koneen ohjaus-kaappiin.

Hätäseis-piirin ohjaus lisättiin samaan liitteeseen 3, kuin hätäseis-piirin tilatietokin. Liitteessä näkyvä OK10 (PNOZV) on hätäseisrele, johon on kytketty hätäseispainikkeet (esim. S05) sarjaan, joten lisättävän turvalogiikan tulisi linkittyä tähän ketjuun. Liitteeseen 2 on merkitty vihreällä kohta riviliittimien 451 ja 452 alapuolelle, johon lisättiin hätäseis-piirin ohjaus turvalogiikalta välireleen välityksellä.

Liitteessä 3 näkyy tehdyt lisäykset. Turvalogiikalta lisättiin hätäseis-piirin ohjaus kahdennettuina riviliittimien 451, 461 ja 452, 462 väleille välireleen avulla. Hätäseis-ohjaus on suunniteltu siten, että mikäli esimerkiksi sähkökatkeavat turvalogiikkakaapistamme, hätäseis aktivoituu koneella. Liitteen 3 oikeassa laidassa näkyy myös ohjaukseen käytetty kaapeli KK-513.2-W34 (johtimet 1-4) sekä sen johdotus riviliittimille. Kaapelin tarkemmat tiedot löytyvät kaapeliluettelosta, liitteestä 4.

Hätäseis-piirin tilatieto turvalogiikalta on kuvattu liitteessä 5. Liite pitää sisällään molempien FX3-XTIO-korttien johdotuskaaviot. Hätäseis-piirin tilatieto on liitteessä releen OK11 kosketintieto, joka kulkee koneen ohjauskaapista riviliittimien 02/24 550 ja 02/24 551 kautta kaapelin KK952-W1 1-parilla (liite 4) turvalogiikkakaappiin riviliittimiin X12/3+ ja X12/3. X12 riviliittimet on johdotettu FX3-XTIO-kortin tuloihin liitteen 5 mukaisesti. Käytännössä mikäli tulo I3 ei saa virtaa, on hätäseis-piiri lauenneena.

Samaan tapaan, kuin tilatieto, on hätäseis-piirin ohjauksen johdotus kuvattu liitteessä 5. Käytännössä mikäli välirele KK952K11 ei saa virtaa (vedä), hätäseis-piirin ohjaus laukeaa ja ohjaa koneen hätäseis-tilaan. Hätäseis-piirin ohjaus on rakennettu sähköttömänä laukeavaksi, sillä sähköllä laukeava piiri ei olisi mahdollisen vikatilanteen kannalta turvallinen.

Liitteessä 6 on kuvattu turvalogiikan ja koneen ohjauksen välisen hätäseis-piirin piirikaavio. Tässä liitteessä näkyy samat asiat hätäseis-piirin osalta, kuin liitteessä 5, mutta hie-man selkeämmässä muodossa. Vasemmassa laidassa on FX3-XTIO-kortti, jonka lähtö Q3 on kytketty välireleeseen KK952K11. Saadessaan virtaa välirele vetää, jolloin sen koskettimet sulkeutuvat ja hätäseis-piiri on OK-tilassa. Oikeassa laidassa on kuvattu hätäseis-piirin tilatieto.

7.1.2 Karusellin kääntämisen tilatieto ja kääntölukitus turvalogiikalta

Liitteessä 7 on esitetty rullauskoneen alkuperäinen karusellin kääntömoottorin piirikaavio ja liitteessä 8 piirikaavio tehdyillä muutoksilla. Liitteessä 7 näkyvä kontaktori 13K1 on ennen lisäksi ollut ainoa karusellin kääntömoottoria ohjaava kontaktori (koskettimet 13K1 taajuusmuuttajan jälkeen). Liitteessä 8 näkyy turvallistamisessa paperitehtaan puolesta lisätty kontaktori 13K2, jonka kosketintiedoista 21 ja 22 saimme karusellin kääntömoottorin tilatiedon turvalogiikalle. Karusellin kääntömoottorin tilatieto on johdotettu samalla kaapelilla (KK-952-W1 2-pari) kuin hätäseis-piirin tilatieto ja sen tiedot ovat kaapeliluettelossa liitteessä 4. Kaapelointi sekä sen riviliitinpositioinnit näkyvät liitteen 8 oikeassa alakulmassa. Kyseinen kaapeli vedettiin turvalogiikkakaapilta koneen ohjauskaappiin.

Karusellin kääntölukitus lisättiin samaan liitteeseen 8, kuin kääntämisen tilatietokin. Liitteessä näkyvä paperitehtaan lisäämä 13K2 on karusellin kääntöä ohjaava kontaktori. Sekä 13K1 että 13K2 täytyy olla vetäneinä, jotta moottorin on mahdollista käynnistyä. Lisäsimme kahdennettuna välireleen koskettimet riviliittimien 412 ja 411 väliin. Välireleen kautta voimme ohjata koskettimet auki tilanteen mukaan, ja täten kontaktori 13K2 ei saa virtaa eikä karusellin kääntömoottori voi käynnistyä. Käyttämämme kaapeli (KK-513.2-W34 johtimet 5 ja 6) on sama kuin hätäseis-ohjauksessakin ja sen tarkemmat tiedot ovat kaapeliluettelossa, liitteessä 4.

Karusellin kääntölukitus on kuvattu liitteessä 5, joka sisältää FX3-XTIO-korttien johdotuskaaviot. Karusellin kääntölukitus on toteutettu välireleen K952K12 avulla. Kun välirele saa virtaa (vetää), koskettimet sulkeutuvat ja liitteen 8 kontaktori 13K2 saa virtaa. Välireleen KK952K12 kosketintiedot kulkevat turvalogiikkakaapin riviliittimien X20/9 ja X20/10 kautta kaapelin KK513.2-W34 2-parilla (liite 4) koneen ohjauskaappiin riviliittimiin X13/412 ja X13/411.

Liitteessä 9 on kuvattu turvalogiikan ja karusellin kääntömoottorin välinen kommunikointi piirikaaviona. Tässä liitteessä on sekä karusellin kääntölukituksen, että karusellin kääntömoottorin tilatieto. Vasemmassa laidassa on FX3-XTIO-kortti, jonka lähtö Q1 on kytketty välireleeseen KK952K12. Saadessaan virtaa välirele vetää, jolloin koskettimet sulkeutuvat ja karuselli voidaan kääntää. Oikeassa laidassa on kuvattu karusellin kääntömoottorin tilatieto.

7.1.3 Ajolukitus

Liitteessä 10 on esitetty alkuperäinen koneen ohjauksen ja tilatietojen piirikaavio. Ohjaukset ja tilatiedot on hoidettu Siemensin Simatic S5 115U -ohjaimen avulla. Ohjaimessa tuloja ovat E-kirjaimella merkityt portit ja lähtöjä A-kirjaimella merkityt. Kuvaan on merkitty vihreällä kohta, johon lisättiin ohjaus turvalogiikalta välireleen välityksellä.

Liitteessä 11 on kuvattu turvallistamisen jälkeinen ohjauksien piirikaavio. Ajolukituksen ohjaus lisättiin Siemensin Simatic S5 115U -ohjaimen porttiin E17.1. Turvalogiikan välireleen kosketin kytkeytyy kiskon E16-E19 1+ ja riviliittimen E16-E19 B1.1 välille, vaikka kuvassa kisko onkin nimetty virheellisesti E12-E15 1+. Siemensin ohjain asetettiin estämään ajo, mikäli portti E17.1 ei saa virtaa.

Ajolukitus on kuvattu liitteessä 5, joka sisältää FX3-XTIO-korttien johdotuskaaviot. Ajolukitus on toteutettu välireleen K952K9 avulla. Kun välirele vetää, koskettimet sulkeutuvat ja liitteen 11 Siemens Simatic S5 115U tulo E17.1 saa virtaa, sallien ajon. Välireleen KK952K9 kosketintiedot kulkevat turvalogiikkakaapin riviliittimien X20/1 ja X20/2 kautta kaapelin KK952-W1 3-parilla (liite 4) koneen ohjauskaappiin jännitekiskoon E16-E19 1+ ja riviliittimeen E16-E19 B1.1.

Liitteessä 12 on kuvattu turvalogiikan ja ajolukituksen välinen kommunikointi piirikaaviona. Vasemmassa laidassa on FX3-XTIO-kortti, jonka lähtö Q1 on kytketty välireleeseen KK952K9. Saadessaan virtaa välirele vetää, jolloin koskettimet sulkeutuvat ja koneella voidaan ajaa.

7.1.4 Flexi Loop –väylän tilatieto ja nosto-oven ohjaus

Liitteessä 13 on esitetty koko väylän reitti ja nodejen välinen kaapelointi. Liite 14 sisältää nodeilta komponenteille lähtevän osuuden ja niiden kytkennät. Flexi Loop –väylään oli kytkettynä yhteensä kolme SICK i110-lukkoa ja yksi SICK TR4-magneettirajakytkin. Lukot oli kytketty siten, että väylän tilatieto oli OK-tilassa vain ovien ollessa kiinni sekä lukittuna ja magneettirajakytkin oli OK-tilassa vain nosto-oven ollessa ala-asennossa. Tämä varmistaa, että kaikki ovet ovat kiinni ja lukossa sekä nosto-ovi on ala-asennossa, ennen kuin alueen voi kuitata onnistuneesti.

Turvapiirin ollessa kuitattuna, nosto-ovea ohjattiin sen oman hätäseis-piirin avulla lukkiutumaan ala-asentoon. Tämän ohjauksen johdotus näkyy liitteessä 5 ja ohjauksen piirikaavio liitteessä 15.

7.1.5 Valvontamaton tilatieto

Liitteessä 5 on kuvattu valvontamaton johdottaminen FX3-XTIO-korttiin ja liitteessä 16 valvontamaton piirikaavio. Käytännössä matto siis toimii siten, että X1 ja X2 testisignaali- lähdöt lähettävät testisignaalia tuloihin I1 ja I2. Mikäli matolle astutaan, sulkeutuu maton kosketin S1, jolloin FX3-XTIO-kortti havaitsee tämän ja toteuttaa ohjelmassa määritetyt toimenpiteet.

7.1.6 MOC3SA tilatieto

Liitteessä 17 on kuvattu MOC3SA-nopeudenvilvontakorttien johdotuskaaviot. Yhdellä MOC3SA-kortilla voitiin valvoa vain yhtä nopeutta, jonka vuoksi kortteja tarvittiin kaksi:

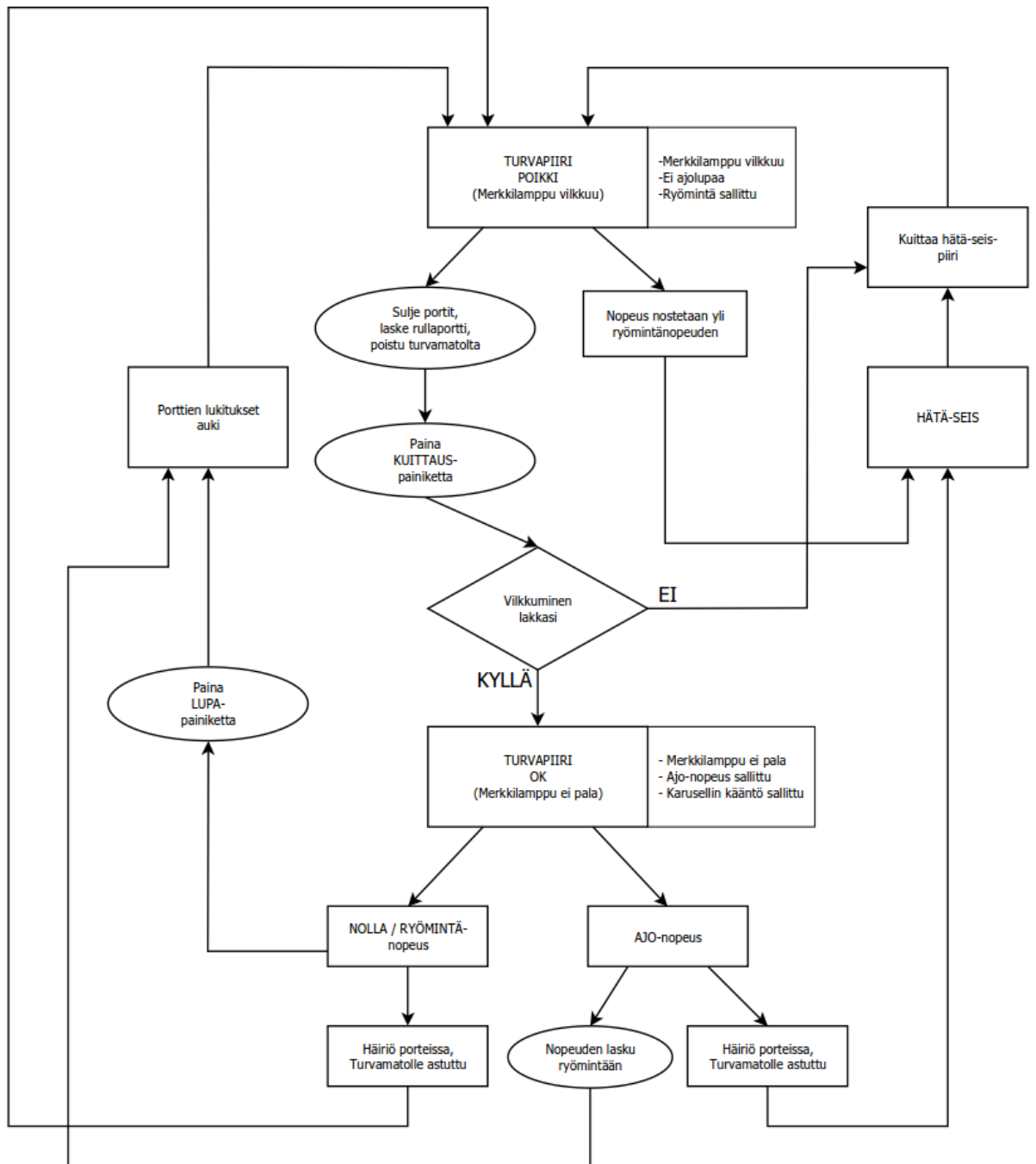
toinen nollanopeudelle ja toinen ryömintänopeudelle. MOC3SA-kortteihin liitettiin induktiiviset anturit SICK IM12-04NPS-ZW1, joiden kytkennät näkyvät liitteiden 18 ja 19 piirikaavioissa. Samoissa kaavioissa näkyvät myös MOC3SA-korttien liittynät FX3-XTIO-kortin kanssa.

MOC3SA-kortin nopeusraja määriteltiin hertseissä. Nollanopeutta mittaavaan korttiin asetimme luonnollisesti 0 Hz. Ryömintänopeutta mittaavaan korttiin asetusarvon hakeminen tehtiin käytännössä niin, että MOC3SA-korttiin asetettiin hertsimäärä, kone ajettiin ryömintänopeuteen (~50m/min) ja katsottiin, aktivoituuko anturi. Vaihdoimme hertsimäärän mittauksen mukaan ja koetimme uudestaan. Lopulliseksi arvoksi asetimme 2,4 Hz, joka vastasi noin 50 m/min nopeutta.

Nopeudenvälvontakorteilla saimme varmistettua, että alueella ei ole henkilöstöä ajon yhteydessä. Mikäli turvapiiriä ei kuitata ja koneella yritetään ajaa, ohjataan ryömintänopeuden ylittyessä koneelle hätäseis turvalogiikasta. Ryömintänopeuden alapuolella pysyttäessä alueella oleminen on vapaata.

7.1.7 SICK Flexi Soft Designer –sovellus ja ladattu automaatio-ohjelma

Turvakomponenttien lisäämisen ja olemassa olevaan järjestelmään liittämisen yhteydessä turvalogiikkaan ladattiin aiemmin luotu ohjelma. SICK:llä oli tätä varten heidän laitteidensa kanssa yhteensopiva ohjelmisto, Flexi Soft Designer 1.7.0. Tällä ohjelmistolla suunniteltiin ja toteutettiin toimintasuunnitelman mukainen ohjelma turvalogiikkaan. Ohjelman loi toinen projektissa työskennellyt henkilö ja tämän opinnäytetyön tekijä oli mukana vain laatimassa ohjelman toimintaan vaikuttavia sääntöjä. Liitteessä 20 on osa Flexi Soft Designerilla luodun ja turvalogiikkaan ladatun automaatio-ohjelman raporttia, josta näkyy automaatio-ohjelman rakenne logiikkakaaviona. Kuvassa 22 on esitetty ohjelman toiminta lohkokaaaviona. Operaattorit opastettiin toimimaan koneella samaa lohkokaaaviota käyttäen.



KUVA 22. Logiikkaan ladatun automaatio-ohjelman toimintaa kuvaava lohkokkaavio (Kuva: Janne Teivonen 2015)

Kaavion yläalaidassa oleva ”TURVAPIIRI POIKKI” on niin sanottu perustila koneella. Tässä tilassa kuvassa 23 olevan ohjauksotelon merkkivalo ”overt lukkoon” vilkkuu tarkoittaen, että koneella ei ole ajolupaa, alueelle meno ja ryömintä on sallittu. Mikäli koneen nopeus halutaan nostaa ajonopeuteen, tulee varmistua, että alueella ei ole henkilöstöä, kaikki portit ovat kiinni, nosto-ovi on ala-asennossa ja turvamatolla ei ole ketään tai mitään. Mikäli alueen kuittaaminen ei tästä huolimatta onnistu, on koneen hätäseis-piiri

kuitattava. Alueen kuittaaminen on onnistunut, mikäli ohjauskotelon valon vilkkuminen lakkaa. Alue kuitataan kuvan 23 ”ovet lukkoon”-painikkeella.



KUVA 23. Rullauskoneeseen lisätyn turvalogiikan ohjauskotelo (Kuva: Petri Pinta 2015)

Turvapiirin ollessa kuitattuna (kaaviossa ”TURVAPIIRI OK”) konetta voidaan ajaa sekä karusellin kääntö on sallittu. Nyt koneella voidaan ajaa haluttu määrä paperia, mutta mikäli turvalogiikassa tai porteissa tapahtuu mikä tahansa häiriö (sähköt poikki turvalogiikalta, portti avattu väkisin tms.) koneen hätäseis aktivoidaan. Jos ajosta halutaan laskea ryömintänopeudelle, jotta jokin toimenpide voidaan suorittaa, porttien lukitukset aukeavat automaattisesti ja ohjauskotelon vilkkuvalo alkaa vilkkua. Tämä merkitsee sitä, että turvapiiri on jälleen poikki ja piiri pitää kuitata uudestaan, jos koneen nopeus halutaan nostaa jälleen ajonopeuteen. Jos nopeus nostetaan kuittaamatta yli ryömintänopeuden, koneen hätäseis aktivoidaan.

Mikäli turvapiiri on kuitattu, mutta alueelle halutaankin välittömästi sisälle, painetaan ”avauspyyntö”-painiketta kuvan 23 ohjauskotelosta. Tämä katkaisee turvapiirin, mutta ei tee muuta. Mikäli turvapiirin ollessa kuitattuna, mutta koneen ollessa ryömintänopeudessa tapahtuu jokin häiriö porteissa, tai valvontamatolle astutaan, turvapiiri katkeaa, mutta hätäseis ei aktivoidu.

8 LOPPUTILANNE

Turvakomponenttien asennus oli ulkoistettu toiselle yritykselle. Asennukset sujuivat hyvin, eikä suurempia ongelmia tullut missään kohtaa asennustyötä. Alkuun ongelmana oli saada turvapiiri kuittaantumaan, mutta tutkailuiden jälkeen päätimme vaihtaa sähkölukkoja. Ongelma ratkesi lukkojen vaihdon myötä ja turvapiiri kuittaantui normaalisti. Kävi ilmi, että alkuperäiset lukot (SICK i200) kuumenivat liikaa, sillä niitä ei ollut varsinaisesti suunniteltu käytettäväksi Flexi Loop -väylän kanssa, toisin kuin niiden tilalle vaihdetut lukot (SICK i110). Solenoidien kumentuessa liikaa i200-lukoissa esiintyi toimintaongelmia ja ne eivät esimerkiksi auenneet aina kunnolla.

Kaikki muut ongelmat, kuten asennusten yhteydessä havaitut suunnittelun ja konkreettisen asennuksen ristiriidat saatiin käyttöönottossa nopeasti ratkaistua asennukset hoitaneen yrityksen kanssa. Tämän kaltaisia ristiriitoja olivat esimerkiksi muutamien johdotuksien muuttaminen suunnitelmista poikkeaviksi, sillä ne säästivät huomattavasti aikaa asennettaessa.

Asennusten ollessa valmiit, koneelle tehtiin käyttöönottestaukset. Näissä testauksissa koetettiin, että koneen ja turvalogiikkakaapin ohjaukset todella toimivat halutulla tavalla. Koetimme jokaisen tilanteen, jossa turvalogiikan tulee ryhtyä toimenpiteisiin: portin ollessa auki, kuittaaminen ei onnistu, hätäseis aktivoituu valvontamatolle astuttaessa ja mikäli koneen nopeus nostettaisiin ajonopeuteen ilman alueen kuittausta, hätäseis aktivoituu ryömintänopeuden ylittyessä jne. Ohjelma toimi juuri niin kuin pitääkin, eikä suurempia ongelmia sen suhteen tullut.

Asennukset hoitanut yritys myös suoritti kappaletestaukset ja käyttöönottotarkastukset. Kappaletestaukset tehtiin standardin SFS-EN 61439-1 ja SFS-EN 61439-3 mukaan sekä turvalogiikkakaapille, että rullauskoneen ohjauskotelolle. Molemmat kaapit läpäisivät kappaletestauksen lopputarkastuksen hyväksytysti. Käyttöönottotarkastukset tehtiin TUKES-ohjeessa S10/2011 mainittujen standardien mukaan turvalogiikkakaapille ja nosto-oven syötölle ja todettu, että molemmat täyttävät ohjeessa mainitut standardit.

Kuvassa 24 näkyy aukirullaus ja välitelat turvallistamisprosessin jälkeen. Kuvassa porttien vieressä oleva kaappi on lisätty turvalogiikkakaappi.



KUVA 24: Aukirullaus ja väitelat turvallistamisen jälkeen (Kuva: Petri Pinta 2015)

Kuvassa 25 on karuselli turvallistamisen jälkeen. Karusellin pääty oli ainut paikka, minne ei lopulta tullut turva-aitoja lainkaan ja tästä syystä valvontamattoa käytettiin.



KUVA 25: Karuselli turvallistamisen jälkeen (Kuva: Petri Pinta 2015)

9 POHDINTA

Työ oli kokonaisuutena erittäin mielenkiintoinen ja opettavainen. Työtä tehdessä opin huomattavasti etenkin erilaisten komponenttien datalehtien tulkitsemista ja puuttuvien tietojen selvittämistä. Käytin työssä paljon CADS Planner 16 -ohjelmistoa ja nykyisin kuvien piirtäminen kyseisellä ohjelmalla on paljon luontevampaa, varmempaa ja ennen kaikkea nopeampaa. Myös SICK:n omaan ohjelmistoon, Flexi Soft Designeriin, tuli tutustuttua ja sen peruskäyttö on hallussa, vaikka en sillä tähän projektiin tarvittua ohjelmaa tehnytään. Asioista selvän ottaminen niin kysymällä henkilökohtaisesti, kuin sähköpostinkin välityksellä tuli projektin edetessä tutuksi ja mitä pidemmälle edettiin, luontevammaksi.

Työssä oli aika suuri painoarvo käytännön puolella, mikä oli mielestäni todella hyvä asia, sillä opinnäytetyötä aloittaessani käytännönkokemukseni sähkösuunnittelusta tai muistaakaan sähköalan töistä oli lähes olematon. Opin paremmin käytännön kokemuksella, kuin pelkästään teoriaan tutustumalla ja juuri tämän takia projekti oli todella hyvä oppimiseni kannalta. Projektin edetessä minun tuli olla paljon yhteydessä niin paperitehtaaseen, kuin ulkoistettuun sähköasennukset suorittavaan yritykseenkin. Oli todella opettavaista tehdä projektia alusta loppuun asti ja täten nähdä kokonaisuus paljon paremmin.

Työn suunnitteluosuus sujui kaikin puolin hyvin eikä siinä tullut vastaan suurempia ongelmia. Ongelmien ilmetessä sain hyvin apua Rejlersin työntekijöiltä. Myös asiakasyrityksien antama suora palaute oli todella opettavaista. Palautteen myötä suunnitelmieni selkeys parani huomattavasti ja ymmärsin, että jopa kaikkein yksinkertaisimmat asiat tulee merkitä selkeästi, sillä ulkopuolisen silmin ne eivät välttämättä olleetkaan yksiselitteisiä.

Käyttönoton yhteydessä tuli joitakin ongelmia, mutta ne saatiin pääsääntöisesti nopeasti ratkaistua yhteistyössä ulkoisen asennusyhtiön kanssa. Kone saatiin turvallisettua alussa annetun toimintasuunnitelman mukaan ja turvallisamisen taso täytti valtioneuvoston asetuksen koneiden turvallisuudesta (400/2008).

LÄHTEET

Cabur. 2013. XCSF85C -datalehti. Luettu 20.11.2015
http://www.cabur.it/catalogo/elettronica/i_cat_023.pdf

Janne Teivonen. 2015. Rejlers Oy. Lohkokaavio ja automaatio-ohjelma.

OEM AUTOMATIC. 2015a. Värikoodit. Luettu 16.11.2015.
http://util.oem.se/pdf/Varikoodit_1560493-314843.pdf

OEM AUTOMATIC. 2015b. Grein-valvontamaton datalehti. Luettu 14.11.2015.
http://util.oem.se/pdf/Grein_turvamatot_823790-861985.pdf

Paperitehtaan (työn tilaaja) toimittama materiaali.

Petri Pinta. 2015. Rejlers Oy. Valokuvat.

Rejlers Oy. 2015. Yritys. Luettu 15.10.2015.
<http://www.rejlers.fi/Yritys/>

Rejlers Oy Hämeenlinnan toimisto. 2015. Turva-aitojen ja nosto-oven sijoitukset.

Rittal GmbH & Co. KG. 2014/2015. AE-kytkentäkaapit. Rittal-kytkentäkaappi AE 1060.500. Luettu 14.11.2015.
http://www.rittal.com/fi-fi/ebook/fi_cat34/index.html?lbpag=47

SICK AG. 2012. TR4-SEM01C –magneettirajakytkimen datalehti. Luettu 16.11.2015.
<https://www.mysick.com/saqqara/im0045681.pdf>

SICK AG. 2014a. Flexi Soft -manuaali. Luettu 15.11.2015.
[SICK Operating Instructions, Flexi Soft: Modular Safety Controller Hardware](https://www.sick.com/media/pdf/3/03/903/Operating_instructions_Flexi_Soft_Modular_Safety_Controller_Hardware)

SICK AG. 2014b. Flexi Loop -manuaali. Luettu 15.11.2015.
https://www.sick.com/media/dox/3/03/903/Operating_instructions_Flexi_Loop_Safe_sensor_cascade_en_IM0051903.PDF

SICK AG. 2015a. FX3-CPU320002 -datalehti. Luettu 11.12.2015
https://www.sick.com/media/pdf/4/44/944/dataSheet_FX3-CPU320002_1059305_en.pdf

SICK AG. 2015b. FX3-XTIO84002 -datalehti. Luettu 12.11.2015.
https://www.sick.com/media/pdf/0/80/480/dataSheet_FX3-XTIO84002_1044125_en.pdf

SICK AG. 2015c. MOC3SA-AAB43D31 -datalehti. Luettu 12.11.2015.
https://www.sick.com/media/pdf/9/49/449/dataSheet_MOC3SA-AAB43D31_6034245_en.pdf

SICK AG. 2015d. IM12-04NPS-ZW1 -datalehti. Luettu 13.11.2015.
https://www.sick.com/media/pdf/2/82/482/dataSheet_IM12-04NPS-ZW1_6011975_en.pdf

SICK AG. 2015e. i110-M0454 -datalehti. Luettu 13.11.2015.

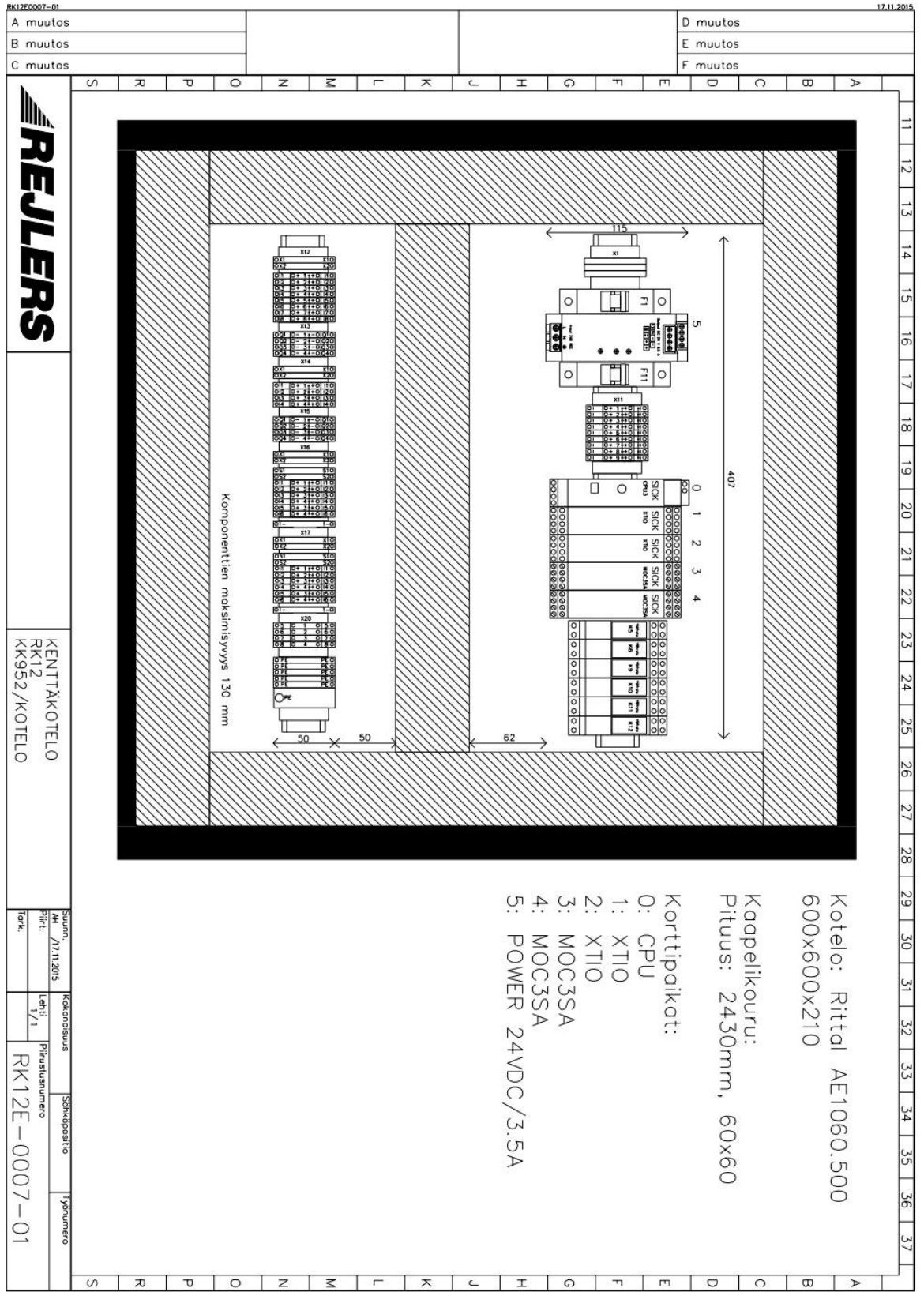
https://www.sick.com/media/pdf/2/52/852/dataSheet_i110-M0454_6051602_en.pdf

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400. Luettu 23.10.2015.

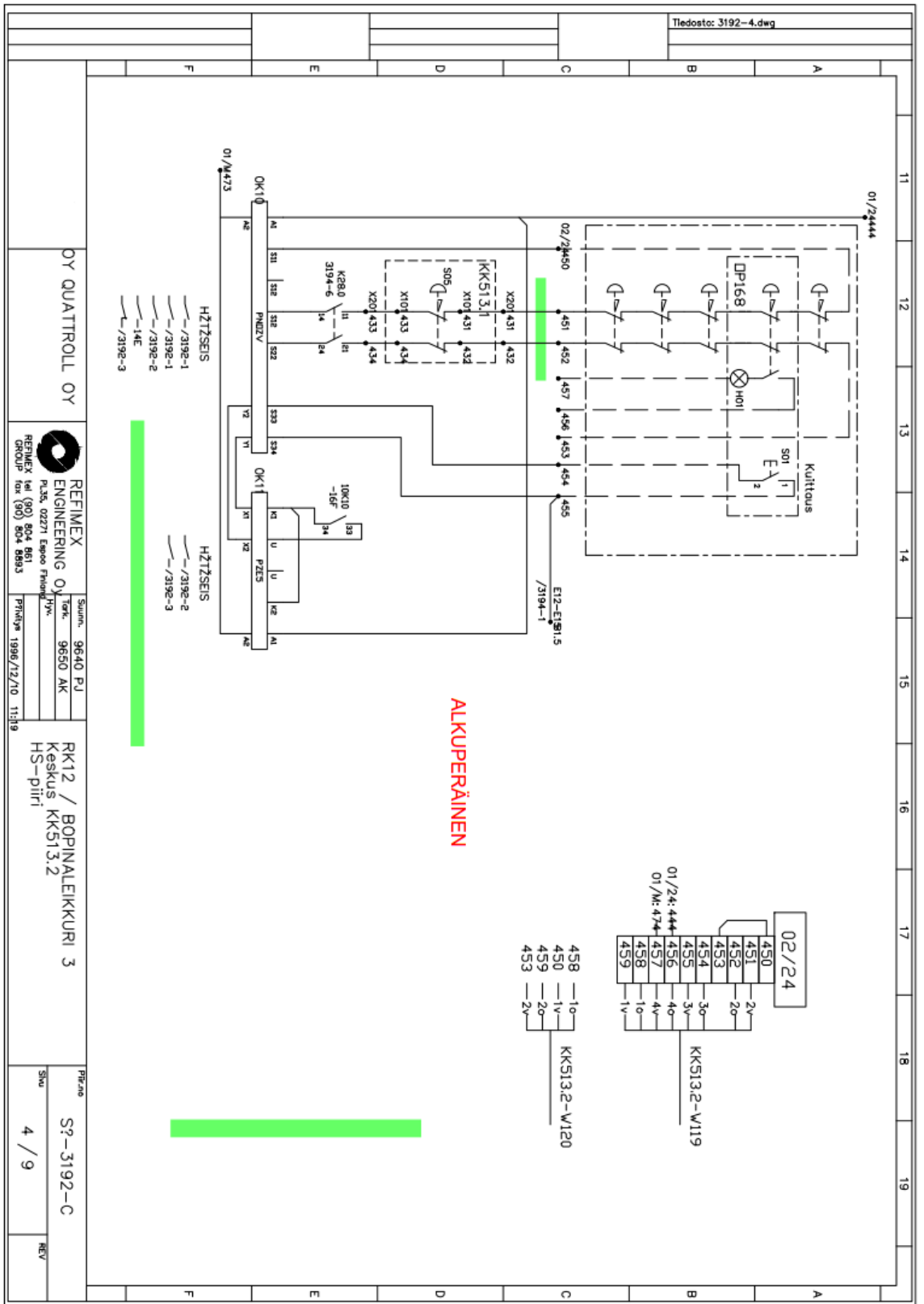
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400>

LIITTEET

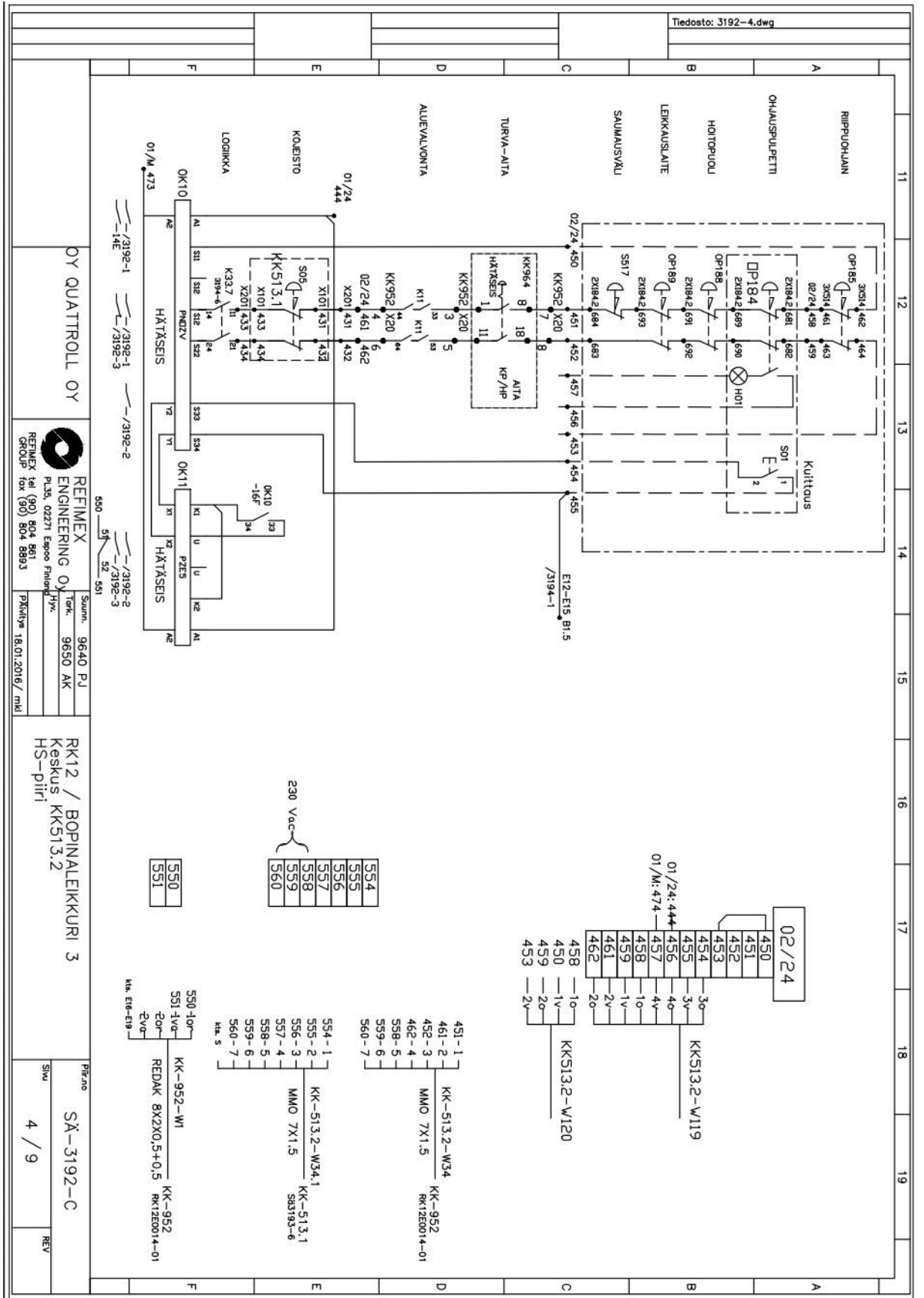
Liite 1. Turvalogiikkakaapin layout



Liite 2. Häätäseis-piiri ennen muutoksia, vihreät palkit osoittavat tulevien muutoksien sijainnit (Kuva: Paperitehdas)



Liite 3. Hätäseis-piiri turvallistamisen jälkeen (Kuva: Paperitehdas)



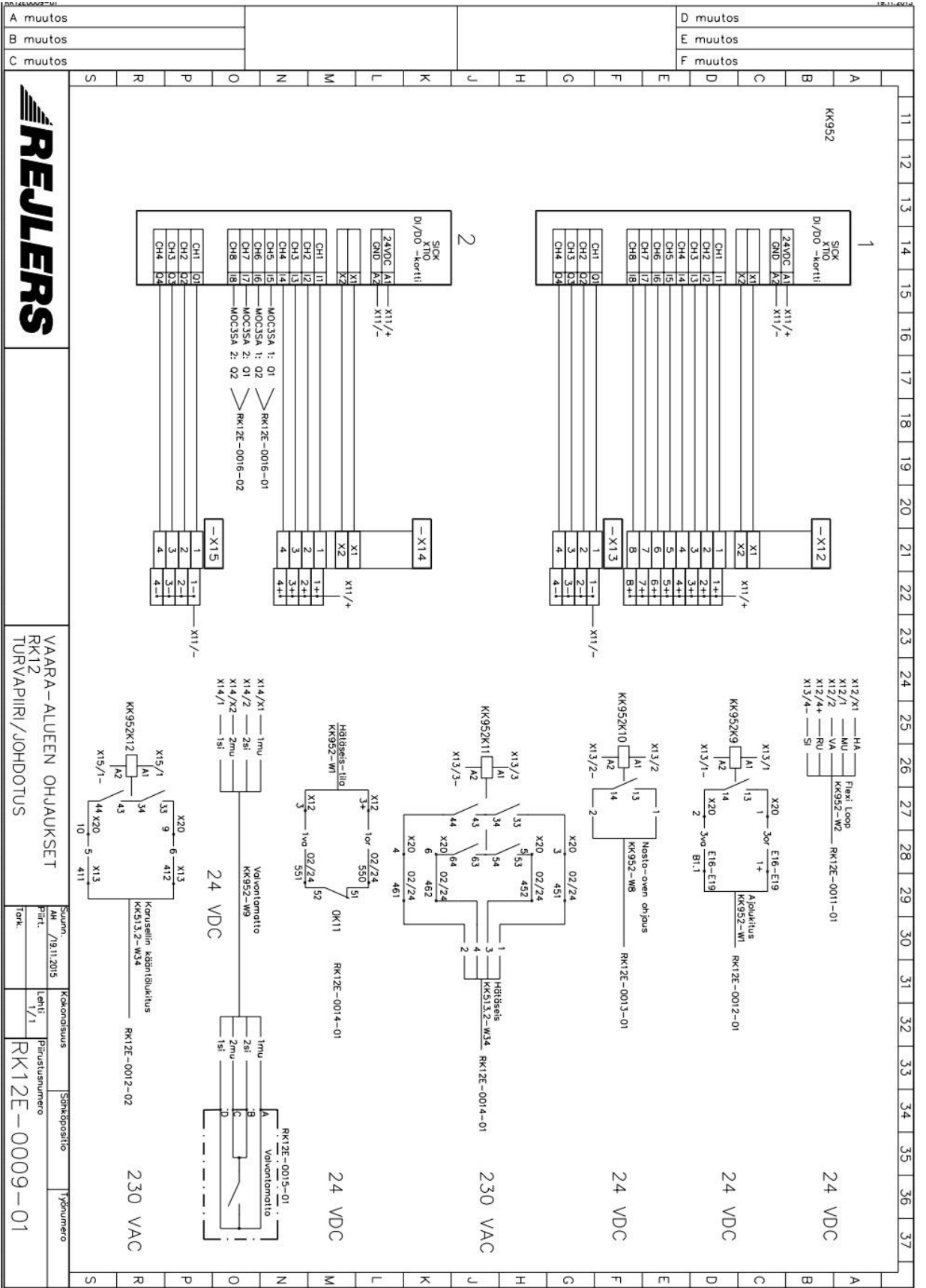
Liite 4. Kaapeliluettelo

KAAPELILUETTELO

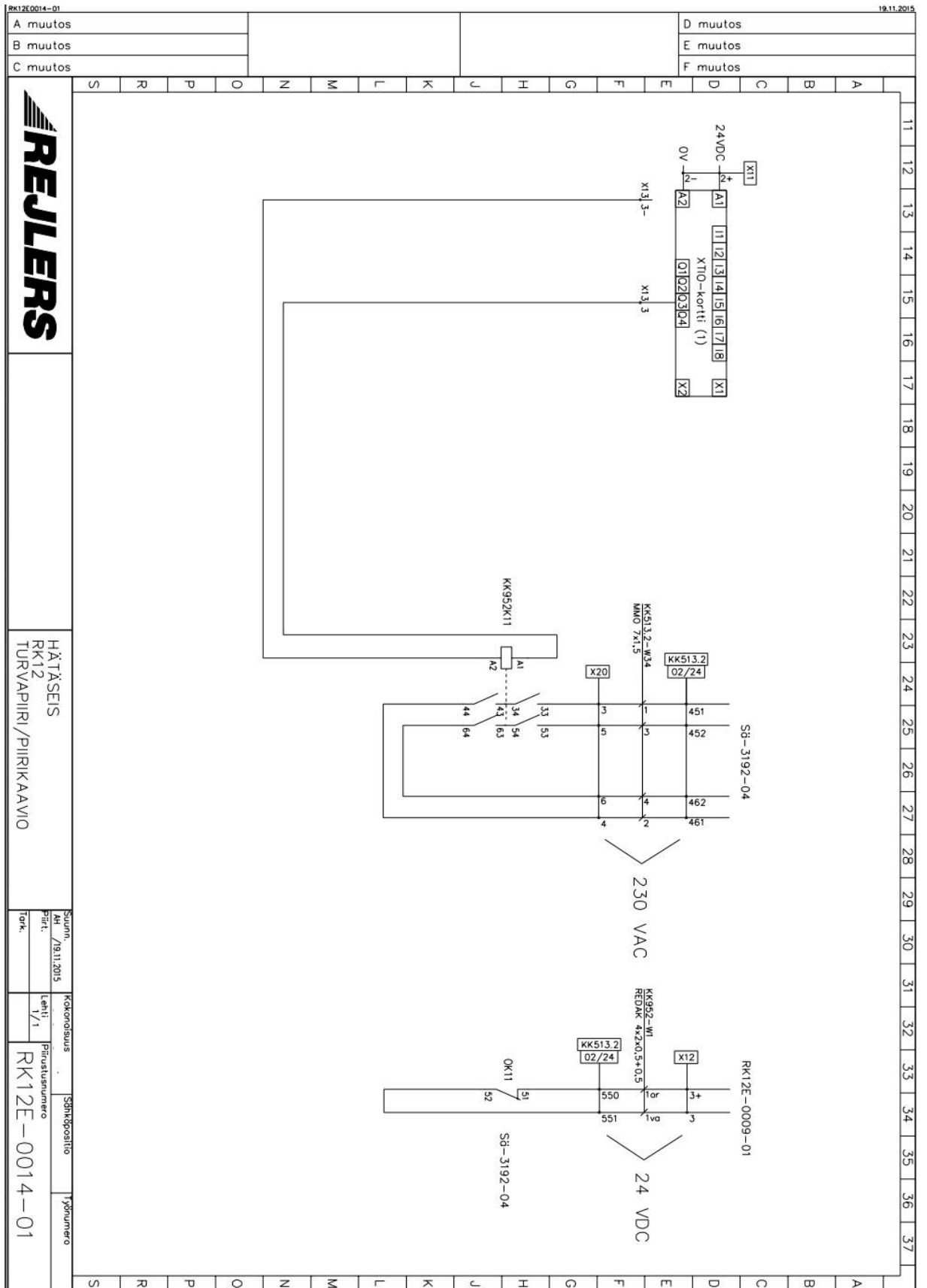
PK12E0006-01_19012016
26.1.2016RK12
KK-952
Muutos:

N:O	TYYPPI	MISTÄ	MINNE	HUOM.	MUTOS
U85-13F1-W1	MMJ 3x1.5S	U85-13F1	KK952	Syöttö 10A	
U85-13F1-W2	MK 16 KEVI	U85-13F1	KK952	SUOJAMAA	
KK952-W1	REDAK 8X2X0,5+0,5	KK952	KK513.2	JÄRJESTELMÄ LIITYNNÄT	
KK952-W1.1	REDAK 4X2X0,5+0,5	KK952	KK513.1	JÄRJESTELMÄ LIITYNNÄT	
KK952-W2	M12 5x0,34	KK952	OP1200 / node 1		
KK952-W3	M12 8x0,25	OP1200 / node1	G1 / S2	PORTTI 1 / OVIEN AUKAISU	
KK952-W3.1	M12 5x0,34	OP1200 / node1	OP1200 / node 2		
KK952-W4	M12 8x0,25	OP1200 / node 2	S1 / H1	OVET LUKKOON / MERKKILAMP PU	
KK952-W4.1	M12 5x0,34	OP1200 / node 2	Flexi loop node 3		
KK952-W5	M12 8x0,25	Flexi loop node 3	LG1	NOSTO-OVEN RAJA	
KK952-W5.1	M12 5x0,34	Flexi loop node 3	Flexi loop node 4		
KK952-W6	M12 8x0,25	Flexi loop node 4	G3	PORTTI 3	
KK952-W6.1	M12 5x0,34	Flexi loop node 4	Flexi loop node 5		
KK952-W7	M12 8x0,25	Flexi loop node 5	G2	PORTTI 2	
KK952-W8	ÖLFLEX-CLASSIC 110 2x0,5	KK952	LG1	NOSTO-OVEN PAKKO- OHJAUS	
KK952-W9	LiYCY 4x0,35	KK952	VM1	VALVONTAMA TTO	
KK952-W10	M12 3x0,22	KK952	A1	ANTURI 1	
KK952-W11	M12 3x0,22	KK952	A2	ANTURI 2	
KK513.2-W34	MMO 7X1.5	KK534.2	KK952	230Vac LIITYNNÄT	
KK513.2-W34.1	MMO 7X1.5	KK534.2	KK534.1	230Vac LIITYNNÄT	
HU92-39-W1	MMJ 5X2.5S	HU0902	JYH/L-112	RULLAOVI	

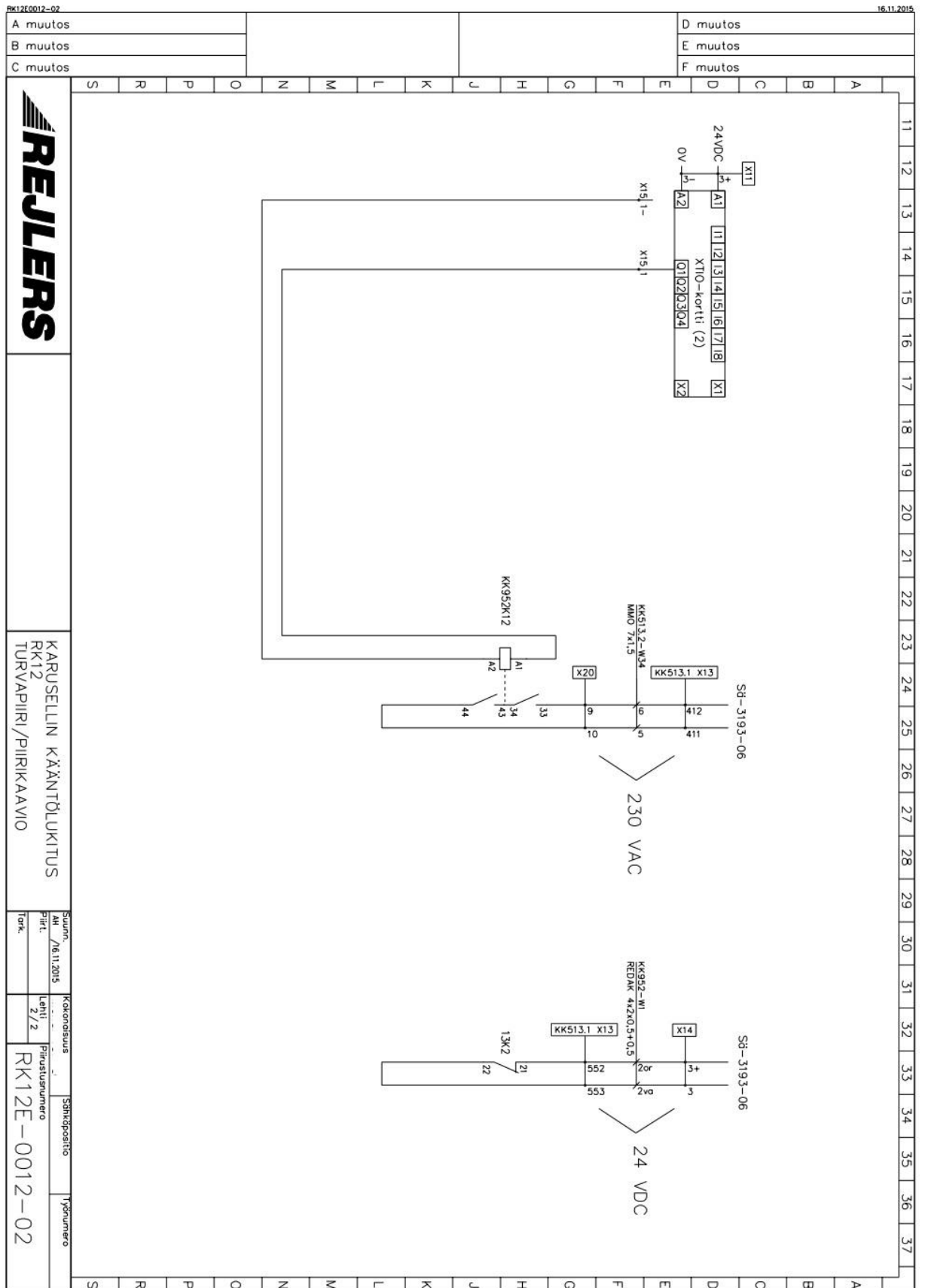
Liite 5. FX3-XTIO-korttien johdotuskaavio



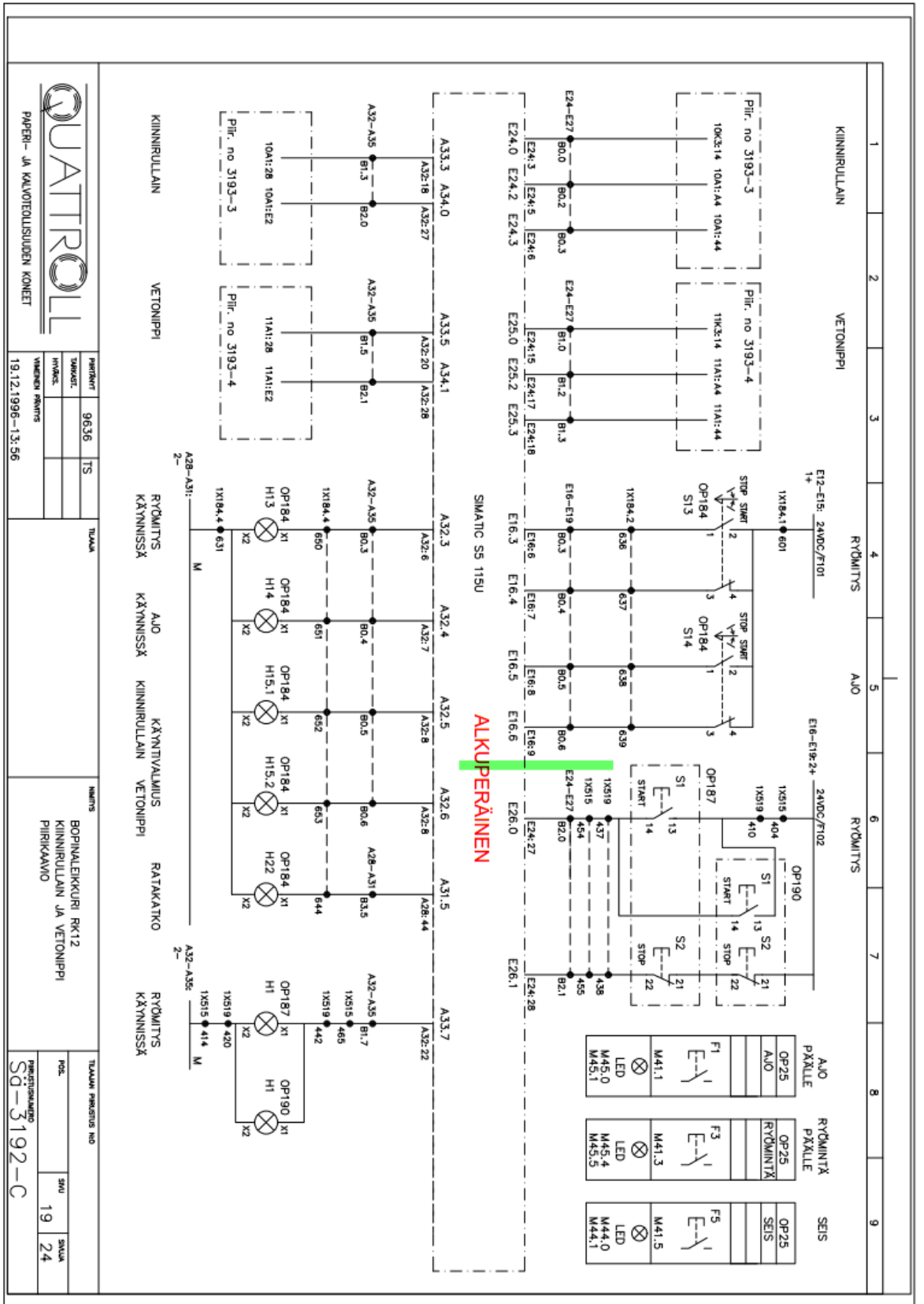
Liite 6. Turvalogiikan ja koneen ohjauksen välinen hätäseis-piirikaavio



Liite 9. Turvalogiikan ja karusellin kääntömoottorin välinen piirikaavio



Liite 10. Ajolukitus ennen muutoksia, vihreä palkki osoittaa tulevien muutoksien sijainnin (Kuva: Paperitehdas)



PAPERI- JA KALVOTEOLLISUUDEN KONEET
 PAPERI- JA KALVOTEOLLISUUDEN KONEET
 19.12.1996-13:56

PARINUM	9636	TS
TUOKA		
YHYS		
YHYS		

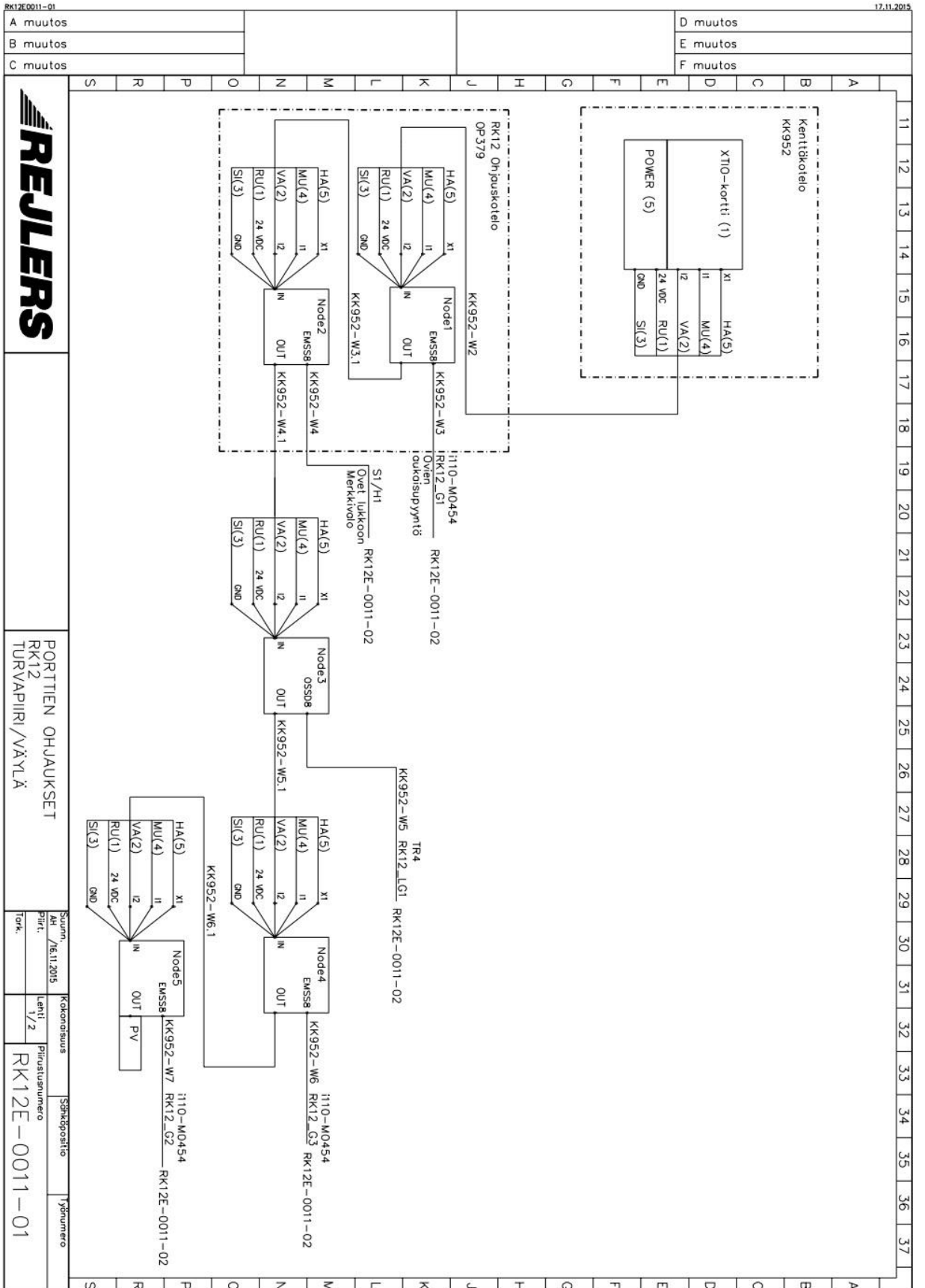
RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI
 RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI
 RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI
 RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI

RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI
 RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI
 RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI
 RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI

RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI
 RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI
 RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI
 RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI

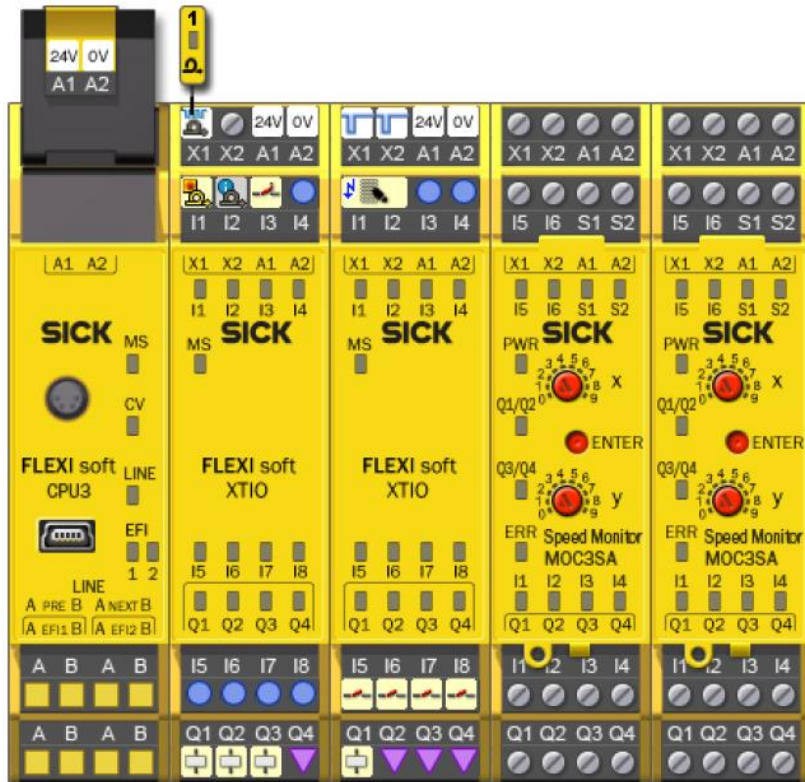
RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI
 RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI
 RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI
 RYÖMINTÄ KÄYNNISSÄ AJO KÄYNNISSÄ KIINNIRULLAIN VETONIPPI

Liite 13. Flexi Loop –väylä



Liite 20. SICK Flexi Soft Designerillä luotu automaatio-ohjelma (Ohjelma: Janne Teivonen 2015)

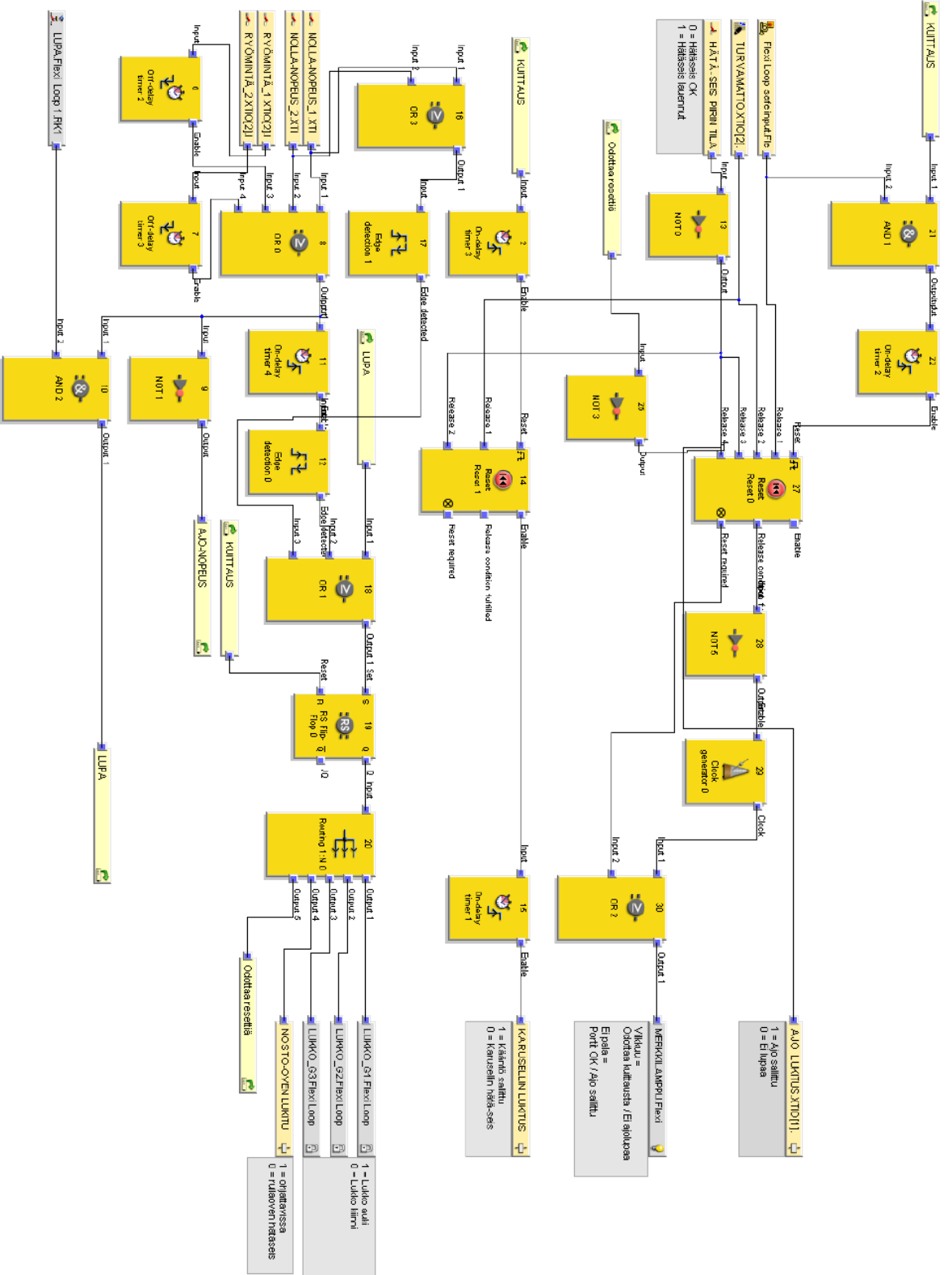
1 (5)



Module	Type code	Step	Address
CPU3	FX3-CPU320002	V 3.xx	0
XTIO	FX3-XTIO84002	V 3.xx	1
XTIO	FX3-XTIO84002	V 3.xx	2
MOC3SA	MOC3SA	-	
MOC3SA	MOC3SA	-	

3.3.2.1. Ohjelma

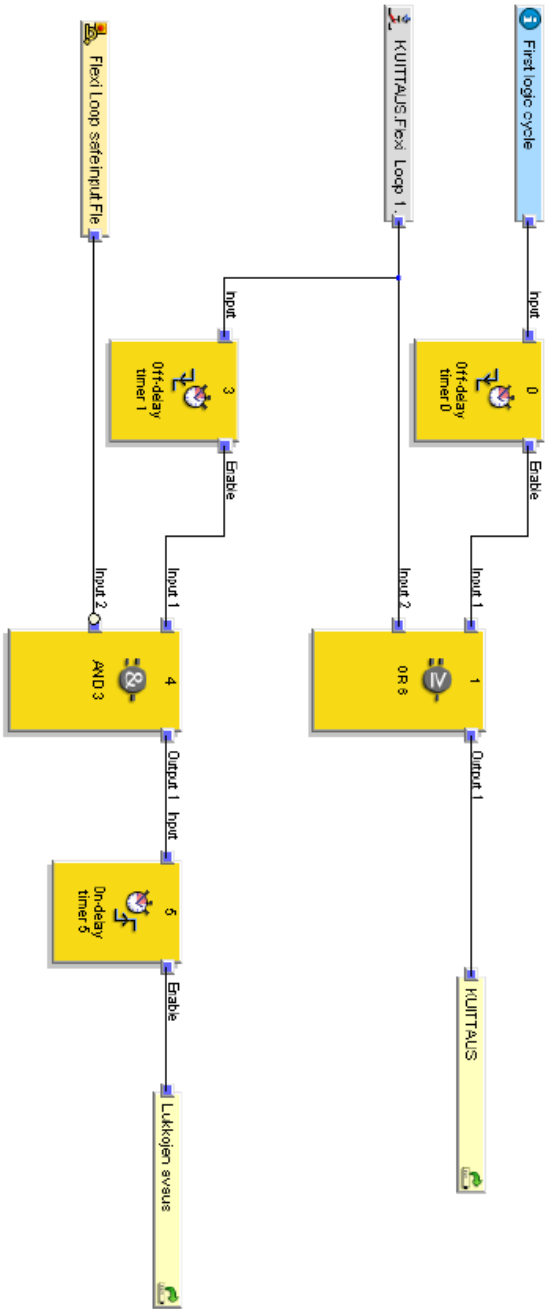
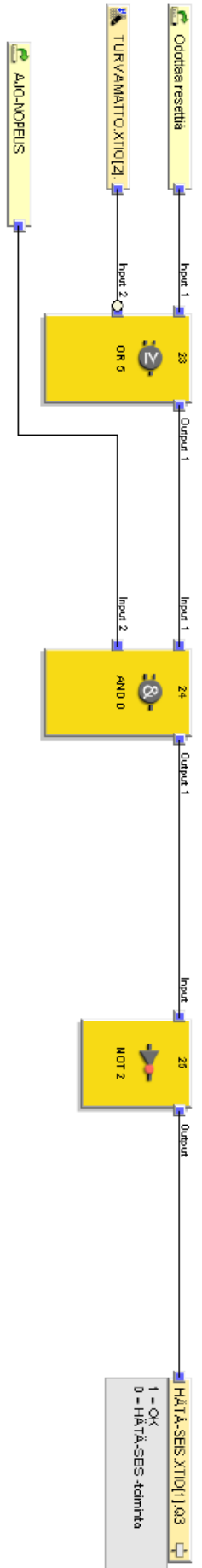
No	Name	Input	Output	Settings
2	On-delay timer	I.0 OR 6 -> O.0 -> Output 1	O.0 Reset 1 -> I.0 -> Reset	Delay time: 10 ms
6	Off-delay timer	I.0 RYÖMINTÄ_1.XTIO [2].I7	O.0 OR 0 -> I.2 -> Input 3	Delay time: 1500 ms
7	Off-delay timer	I.0 RYÖMINTÄ_2.XTIO [2].I8	O.0 OR 0 -> I.3 -> Input 4	Delay time: 1500 ms
8	OR	I.0 NOLLA-NOPEUS_1.XTIO[2].I5 I.1 NOLLA-NOPEUS_2.XTIO[2].I6 I.2 Off-delay timer 2 -> O.0 -> Enable I.3 Off-delay timer 3 -> O.0 -> Enable	O.0 NOT 1 -> I.0 -> Input O.0 AND 2 -> I.0 -> Input 1	Input 1: Not Inverted Input 2: Not Inverted Input 3: Not Inverted Input 4: Not Inverted
9	NOT	I.0 OR 0 -> O.0 -> Output 1	O.0 AND 0 -> I.1 -> Input 2	
10	AND	I.0 OR 0 -> O.0 -> Output 1 I.1 LUPA.Flexi Loop 1.RK10-G1.AUX IN	O.0 OR 1 -> I.0 -> Input 1	Input 1: Not Inverted Input 2: Not Inverted
11	On-delay timer	I.0 OR 0 -> O.0 -> Output 1	O.0 Edge detection 0 -> I.0 -> Input	Delay time: 3000 ms
12	Edge detection	I.0 On-delay timer 4 -> O.0 -> Enable	O.0 OR 1 -> I.1 -> Input 2	Edge detection: Positive
13	NOT	I.0 HÄTÄ-SEIS PIIRIN TILA.XTIO[1].I3	O.0 AJO LUKITUS.XTIO [1].Q1 O.0 Reset 0 -> I.3 -> Release 3 O.0 Reset 1 -> I.2 -> Release 2	
14	Reset	I.0 On-delay timer 3 -> O.0 -> Enable I.1 TURVAMATTO.XTIO [2].I1I2 I.2 NOT 0 -> O.0 -> Output	O.0 On-delay timer 1 -> I.0 -> Input O.1 Not connected O.2 Not connected	Min. reset pulse time: 100 ms
15	On-delay timer	I.0 Reset 1 -> O.0 -> Enable	O.0 KARUSELLIN LUKITUS.XTIO[2].Q1	Delay time: 1000 ms
16	OR	I.0 NOLLA-NOPEUS_1.XTIO[2].I5 I.1 NOLLA-NOPEUS_2.XTIO[2].I6	O.0 Edge detection 1 -> I.0 -> Input	Input 1: Not Inverted Input 2: Not Inverted
17	Edge detection	I.0 OR 3 -> O.0 -> Output 1	O.0 OR 1 -> I.2 -> Input 3	Edge detection: Positive
18	OR	I.0 AND 2 -> O.0 -> Output 1 I.1 Edge detection 0 -> O.0 -> Edge detected I.2 Edge detection 1 -> O.0 -> Edge detected	O.0 RS Flip-Flop 0 -> I.0 -> Set	Input 1: Not Inverted Input 2: Not Inverted Input 3: Not Inverted
19	RS Flip-Flop	I.0 OR 1 -> O.0 -> Output 1 I.1 OR 6 -> O.0 -> Output 1	O.0 Routing 1:N 0 -> I.0 -> Input O.1 Not connected	Set: Not Inverted Reset: Not Inverted
20	Routing 1:N	I.0 RS Flip-Flop 0 -> O.0 -> Q	O.0 LUKKO_G1.Flexi Loop 1.RK10-G1.AUX OUT O.1 LUKKO_G2.Flexi Loop 1.RK10-G2.AUX OUT O.2 LUKKO_G3.Flexi Loop 1.RK10-G3.AUX OUT O.3 NOSTO-OVEN LUKITUS.XTIO[1].Q2 O.4 NOT 3 -> I.0 -> Input O.4 OR 5 -> I.0 -> Input 1	
21	AND	I.0 OR 6 -> O.0 -> Output 1 I.1 Flexi Loop safe input.Flexi Loop 1	O.0 On-delay timer 2 -> I.0 -> Input -> Input	Input 1: Not Inverted Input 2: Not Inverted
22	On-delay timer	I.0 AND 1 -> O.0 -> Output 1	O.0 Reset 0 -> I.0 -> Reset	Delay time: 200 ms
26	NOT	I.0 Routing 1:N 0 -> O.4 -> Output 5	O.0 Reset 0 -> I.4 -> Release 4	
27	Reset	I.0 On-delay timer 2 -> O.0 -> Enable I.1 Flexi Loop safe input.Flexi Loop 1 I.2 TURVAMATTO.XTIO [2].I1I2 I.3 NOT 0 -> O.0 -> Output I.4 NOT 3 -> O.0 -> Output	O.0 Not connected O.1 NOT 5 -> I.0 -> Input O.2 OR 2 -> I.1 -> Input 2	Min. reset pulse time: 100 ms
28	NOT	I.0 Reset 0 -> O.1 -> Release condition fulfilled	O.0 Clock generator 0 -> I.0 -> Enable	
29	Clock generator	I.0 NOT 5 -> O.0 -> Output 1	O.0 OR 2 -> I.0 -> Input 1	Stopping mode: Immediately
30	OR	I.0 Clock generator 0 -> O.0 -> Clock I.1 Reset 0 -> O.2 -> Reset required	O.0 MERKKILAMPPU.Flexi Loop 1.RK10-G1.AUX OUT	Clock period: 125 (x logic execution time) = 1 s Pulse time: 62 (x logic execution time) = 496 ms Input 1: Not Inverted Input 2: Not Inverted



3.3.2.2. Kuittaus

No	Name	Input	Output	Settings
0	Off-delay timer	I.0 First logic cycle	O.0 OR 6 -> I.0 -> Input 1	Delay time: 500 ms
1	OR	I.0 Off-delay timer 0 -> O.0 -> Enable I.1 KUITTAUS.Flexi Loop 1.RK10-G1.AUX IN	O.0 AND 1 -> I.0 -> Input 1 O.0 On-delay timer 3 -> I.0 -> Input O.0 RS Flip-Flop 0 -> I.1 -> Reset	Input 1: Not Inverted Input 2: Not Inverted
3	Off-delay timer	I.0 KUITTAUS.Flexi Loop 1.RK10-G1.AUX IN	O.0 AND 3 -> I.0 -> Input 1	Delay time: 4000 ms
4	AND	I.0 Off-delay timer 1 -> O.0 -> Enable I.1 Flexi Loop safe input.Flexi Loop 1	O.0 On-delay timer 5 -> I.0 -> Input	Input 1: Not Inverted Input 2: Inverted
5	On-delay timer	I.0 AND 3 -> O.0 -> Output 1		Delay time: 3000 ms
23	OR	I.0 Routing 1:N 0 -> O.4 -> Output 5 I.1 TURVAMATTO.XTIO [2].I1I2	O.0 AND 0 -> I.0 -> Input 1	Input 1: Not Inverted Input 2: Inverted
24	AND	I.0 OR 5 -> O.0 -> Output 1 I.1 NOT 1 -> O.0 -> Output	O.0 NOT 2 -> I.0 -> Input	Input 1: Not Inverted Input 2: Not Inverted
25	NOT	I.0 AND 0 -> O.0 -> Output 1	O.0 HÄTÄ-SEIS.XTIO [1].Q3	

5 (5)



Jos kuittausta painetaan portin ollessa auki eikä turvapiiri kuittaannu kolmessa sekunnissa, porttien lukitukset säukevät uudelleen.

