



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

NOSTO-OVEN OHJAUSJÄRJESTELMÄN TO- TEUTUS OHJELMOITAVALLA LOGIIKALLA

Esa Vesalainen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2018
Konetekniikka
Koneautomaatio



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Koneautomaatio

VESALAINEN, ESA:

Nosto-oven ohjausjärjestelmän toteutus ohjelmoitavalla logiikalla

Opinnäytetyö 33 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Marraskuu 2018

Opinnäytetyön kohteena oli jousiavusteisesti toimiva nosto-ovi, joka avattiin käsin nostamalla. Tarkoituksena oli muuttaa tämä nosto-ovi automaattiseksi. Opinnäytetyössä selvitettiin, voidaanko nosto-oven automatisointi toteuttaa ohjelmoitavalla logiikalla.

Opinnäytetyössä tutustuttiin lähemmin logiikka- ja automaatiokäsitteisiin sekä tutkittiin nosto-oveen ja ohjausjärjestelmään vaikuttavia standardeja. Nosto-oven ohjausjärjestelmän toiminnan perusteella tutkittiin, täyttääkö ohjausjärjestelmä standardien vaatimuksia.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi ratkaisu, josta selvisi, täyttääkö ohjelmoitava logiikka standardien vaatimukset nosto-oven ohjausjärjestelmän. Työn aikana suunniteltiin ohjausjärjestelmän toiminta ja piirrettiin sen vaatimat sähkökuvat ja luotiin ohjelmoitavalle logiikalle ohjelmakoodi.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Machine Automation

VESALAINEN, ESA:
Designing a Hall Door Controlling Circuit with Programmable Logic

Bachelor's thesis 33 pages, appendices 2 pages
November 2018

The purpose of this thesis was to find out whether it would be possible to design a hall door controlling circuit with programmable logic. The controlling system was required to fulfill the criteria outlined in the standards for automatically working hall doors.

This thesis discusses the concepts of automation and logic controlling systems, and the standard criteria for controlling systems in hall door use. Using the criteria given in the standards, an assessment was done on whether it is possible to use programmable logic as the controlling system of the hall door. Electrical schematics were made for controlling system to make calculations.

According to the results of this study, it is not possible to use programmable logic for the hall door controlling system. Also, electrical schematics and code for programmable logic were made.

Key words: Automation, Controlling system, Hall-door, Programmable logic

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TEORIA	6
2.1	AUTOMAATIO	6
2.2	OVIAUTOMAATIO	7
2.3	STANDARTOINTI	8
2.4	OHJELMOITAVA LOGIIKKA (PLC).....	9
3	VAATIMUKSET	12
3.1	KONEKÄYTTÖISEN NOSTO-OVEN VELVOITTEET	12
3.2	OHJAUSJÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET	15
4	JÄRJESTELMÄN TOTEUTUS	19
4.1	KOHDE	19
4.2	TOTEUTUSSUUNNITELMA.....	21
4.3	PL _r	22
4.4	MTTF _D	23
4.5	PL.....	26
5	TULOKSET	28
6	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET	31
	Liite 1. Logiikkaohjauksen pää- ja ohjausvirtapiiri.....	31
	Liite 2. Logiikan ohjelmakoodi	33

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus selvittää nosto-oven automaattisen toiminnan kannalta, voidaanko sen ohjaus toteuttaa ohjelmoitavalla logiikalla. Nosto-ovi toimii tällä hetkellä jousiavusteisesti käsin nostaen, joten tavoitteena on muuttaa sen toiminta automaattiseksi logiikka ohjauksella. Tätä varten tarvitsee tutkia ohjausjärjestelmää koskevia standardeja ohjelmoitavasta logiikasta. Tutkittujen standardien perusteella varmistetaan voiko ohjelmoitavalla logiikalla toteuttaa nosto-oven automatisoinnille suunnitellun ohjauksen.

Kiinnostukseni aiheeseen syntyi oman koulutusohjani puolesta sekä kiinnostuksesta toteuttaa ohjausjärjestelmiä. Automaatiota on havaittavissa niin kotitalouksissa kuin teollisuudessakin erittäin paljon. Sillä voidaan luoda vapaamielisesti ajateltuna melkein mitä vain, mutta itseäni kiinnostaa myös selvittää mitä se lain puitteissa vaatii, jotta automatisointi on laillinen.

Opinnäytetyön alkupuolella tutustutaan tarkemmin automatisointiin, logiikkaohjaukseen ja standardeihin. Näiden perusteella lähdetään tutkimaan logiikkaohjauksen toteuttamista nosto-oven ohjausjärjestelmänä ja onko se mahdollista. Opinnäytetyössä luodaan sähkösuunnitelmat logiikkaohjauksen toteutukselle ja tutkitaan standardien perusteella täyttääkö se vaaditut kriteerit. Teoriaosuuksien lähteinä hyödynnetään pääasiassa standardeja ja lakeja.

2 TEORIA

2.1 AUTOMAATIO

Automaatio tulee kreikankielisestä sanasta automatos, joka tarkoittaa itsetoimivaa. Automaatiossa toiminta tapahtuu ilman ihmisen ohjaavaa tai suorittavaa osuutta. Automaatti on automaattisesti eli itsestään toimiva kone tai laite. Automaatio käsitetään usein vain teollisuuden koneistojen ja prosessien automaatioksi, mutta itsestään toimivia laitteita ja järjestelmiä on myös kodeissa, liikenteessä, maanviljelyssä, luonnossa - miltei kaikkialla. (Suomen automaatioseura ry, 2013)

Automaatiotekniikka siis käsittelee laitteiden, prosessien ja koneiden ohjaamista automaattisesti. Automaatiotekniset järjestelmät ovat usein toteutettu tietotekniikalla, mutta yksittäisillä koneilla tai osajärjestelmillä on yleensä erilliset automaatio-ohjaimet. Nämä ohjaimet liitetään yhteen muiden automaation osatoiminnoista huolehtivien yksiköiden kanssa toimivaksi kokonaisuudeksi, mutta automaatio-ohjaimet voivat myös toimia erillisinä yksiköinä muista riippumatta. Automaatiojärjestelmä voi koostua useista eri automaatiolaitteista, esim. antureista, ohjaimista, toimi-, käyttöliittymä- ja tiedonsiirtolaitteista. Automaatiotekniikan on tarkoitus parantaa tuotannon tehokkuutta ja toimintavarmuutta, tuotteiden laatua ja eliminoida tehtäviä, joissa on työturvallisuusriski. (Suomen automaatioseura ry, 2007)

Automaatiossa käytetään paljon ohjelmoitavia pienoishausjärjestelmiä. Ne soveltuvat hyvin talo-, maatalous- ja teollisuusautomaation pientoimintojen ohjaukseen ja valvontaan. Pienohausjärjestelmillä korvataan aikaisemmin käytettyjä kellokytkimiä, aika-, las-kuri- ja ohjausreleitä. Pienohausjärjestelmien myötä johdotustyö yksinkertaistuu, tilan tarve keskuksissa pienenee ja ohjausmuutoksia voidaan tehdä helposti ohjelmaa muuttamalla. (Ahoranta, 2013)

Teollisuuden käyttämä automaatio voidaan jakaa neljään automaation osa-alueeseen, tuotanto-, toimisto-, kunnossapito- ja kiinteistöautomaatioon. Tuotantoautomaation voidaan katsoa sisältävän toimintoja, jotka mahdollistavat tuotteiden varsin kehittyneen automaattisen valmistuksen. Tällaisia toimintoja ovat mm. tietotekniikan hyväksikäyttö tuotteiden suunnittelussa, tietokonepohjainen varastointi, ja materiaalin tai kappaleiden kuljetukset

sekä automatisoitu valmistus, laadunvalvonta ja pakkaaminen. Toimistoautomaatio puolestaan käsittää tietokoneen avulla suoritettavat toimistorutiinit, kuten markkinoinnin ja myynnin seuraamisen, tilausten käsittelyn, materiaalinoston ja alihankinnan valvonnan, toimitusten ja laskutuksen valvonnan, kirjanpidon sekä henkilöstö- ja palkkausasioiden hoidon. (Anttila ja Santala 1990 s. 10)

Kunnossapitoautomaation tärkein tehtävä on pitää tuotantolaitos täydessä toimintakunnossa, mahdollisimman pienin huolto- ja korjausajoin. Tähän päästään käyttämällä tuotantolaitteiden ja laitekokonaisuuksien huoltotarveilmoitus- ja vianilmoitusautomaatiikkaa. Sitä ei pidä sotkea kiinteistöautomaatioon, jolla tarkoitetaan tuotantokiinteistön lämmitys-, ilmastointi-, vesihuolto-, sähkönsaanti- ja vartiointitoimintojen automaattista ohjausta. (Anttila ja Santala 1990 s. 10)

2.2 OVIAUTOMAATIO

Oviautomaatiikalla avustetaan jokapäiväistä elämää, silloin kun oven avaaminen olisi työlästä tai hankalaa. Myös hygieniä syistä voidaan asentaa oviautomaatiikka, välttääkseen kosketuksen aiheuttamia hygieniä ongelmia. Oviautomaatiikkaa on käytännöllinen myös palo-ovissa, nosto-ovissa ja monissa julkisten tilojen poistumisratkaisuissa. Oviautomaatiikalle tyypillisiä käyttökohteita on todella monet julkiset tilat kuten lento-, rautatie- ja bussiasemat, sairaalat, hotellit, ravintolat yms. sekä monet teollisuuden rakennukset, varastot ja toimisto tilat. (Abloy Oviautomaatiikka)

Oviautomaatiikkaa rakentaessa tulee huomioida automaattisiin oviin kohdistuvat lainsäädännöt. Oviautomaatiikasta löytyy kaksi huomioon otettavaa säädöstä, jotka ovat hissiturvallisuuslaki 1134/2016 ja konedirektiivi 2006/42/EY. Hissiturvallisuuslaki 1134/2016 vaikuttaa sähkökäyttöisiin nosto-oviin, josta päädytään konedirektiiviin. Konedirektiivi koskee koneiden toimivuutta ja turvallisuutta, joihin nosto-ovet luokitellaan. Hissiturvallisuuslain 1, 6, 8 ja 9 lukua sekä 53 ja 54 §:ää sovelletaan myös sellaisiin sähkökäyttöisiin nosto-oviin, joiden ovipinta ei kierry rullalle akselin ympäri ja jotka eivät ole yksityiskäytössä (www.finlex.fi, Dorma: Automaattisten ovien turvallisuus).

2.3 STANDARTOINTI

Standardisointi on toimintatapojen ja menetelmien yhtenäistämistä. Standardisoinnilla lisätään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta sekä suojellaan ihmistä ja ympäristöä. Standardisointityötä tehdään maailmanlaajuisella, eurooppalaisella ja kansallisella tasolla kolmella pääsektorilla (KUVA 1). (Suomen automaatioseura ry 2013, s.11-12)

	Sähköala	Televiestintä	Muu tekniikka
Maailma	IEC Sähköalan maailmanlaajuiset standardit	ITU Telealan suositukset	ISO Muut tekniset standardit
Eurooppa	CENELEC Sähköalan Eurooppalaiset standardit	ETSI Telealan Eurooppalaiset standardit	CEN Eurooppalaiset muut standardit
Suomi	SESKO Kansalliset sähköalan standardit	Viestintävirasto Kansalliset telealan standardit	SFS Kansalliset muut standardit

Kuva 1: Viralliset kansainväliset standardointiyhteisöt (Suomen automaatioseura ry 2013, s.11-12)

Standardien käyttö tekee mahdolliseksi mm. seuraavat toiminnot:

- Nojautumalla standardeihin voidaan arvioida tuotteen tai palvelun laatua ja näin voidaan helpottaa tuotteiden ja palveluiden pääsyä globaaleille markkinoille.
- Standardien avulla voidaan varmistaa tuotteen tai palvelun vaatimustenmukaisuus ja turvallisuus. Tämä helpottaa asioimista viranomaisten kanssa ja takaa tuotteelle vapaan liikkuvuuden Euroopan talousalueella
- Standardit yhdistävät yrityksiä ja organisaatioita suuremmiksi ja voimakkaammiksi toimijoiksi, esimerkiksi yhteisten tuotemäärittysten, protokollien jne. avulla. Tällöin järjestelmät ja organisaatiot (tieto, prosessit, valmistus, tuotteet ym.) voidaan sovittaa toisiinsa, mikä tekee mahdolliseksi erityisosaamisen ja osaamiskeskittymien kehittämisen.
- Standardit mahdollistavat verkottuneen alihankinnan. Tuotteen osat voidaan valmistaa hajautetusti, kun kaikilla on käytössä samat standardit ja tuotteen tai sen osien valmistukseen voidaan käyttää eri valmistajia.

- Kun yhteistyökumppaneilla on tietyt standardit käytössä, esimerkiksi laitetoimittajien tai alihankkijoiden laadunvarmistuksessa, yhteistyökumppania voidaan arvioida ja sen toimintaa voidaan ennakoida. Tuotteen käyttäjät puolestaan voivat kilpailuttaa tuotteiden toimittajia ja siten edistää toimitusvarmuutta.
- Näiden eri tekijöiden yhteisvaikutuksesta standardoidun tuotteen valmistamisen yksikkökustannukset voivat pienentyä ja siten vahvistaa kotimaisten yritysten kilpailukykyä ja näin tuote voi saavuttaa laajemmat markkinat. (Suomen automaatioseura ry 2013, s.11-12)

2.4 OHJELMOITAVA LOGIIKKA (PLC)

Ohjelmoitava logiikka (PLC = Programmable Logic Controller) on mikroprosessoripohjainen laite, jolla on tarkoitus ohjata prosessia tekemällä loogisia toimintoja binääristen signaalien perusteella. Logiikka vastaanottaa esim. antureilta saamansa informaation ja reagoi saamansa tiedon perusteella ohjelman määräämällä tavalla. Ohjelmoitavat logiikat kehiteltiin alun perin korvaamaan monimutkaisia relekytkentöjä. Ohjelmoitavaa logiikkaa käytetään toistuvien työjaksojen, kuten kokoonpanolinjojen, pakkaus- ja lajittelukoneiden, automatisointiin. Logiikan ohjelmointi tapahtuu usein tietokoneen avulla käyttämällä valmistajan tekemää ohjelmointi ohjelmaa. (Kippo, Tikka 2008, s. 44–56.)

Ohjelmoitavaan logiikkaan kuuluu yleensä tulo- ja lähtöliitännät, ajastimet, laskurit, muuntimet ja sovittimet sekä eri liitäntäväylät. PLC asennus- ja käyttöohjeissa annetaan tarkemmat tekniset tiedot laitteesta, kuten maksimi virta, kytkentätaajuus, kuormitettavuus, digitaalilähtöjen tyypit yms. Ohjeista löytyy myös tiedot laitteen ylivirta- ja jännitesuojauksesta. (Ahoranta 2013, s. 182–183.)

Ohjelmoitavan logiikan sisääntuloja on kahdenlaisia, analogisia ja digitaalisia. Digitaalisten sisääntulojen toimintaa voisi kuvailla kytkimen tapaiseksi. Niillä voi olla tilat päällä tai pois päältä eli 1 tai 0. Niiden signaalina käytetään jännitettä tai virtaa, jossa määritelty suuruus toteuttaa 1 ja muuten 0. Ohjelmoitavasta logiikasta riippuen on määritelty digitaalisen tulon tilan muutoksen raja-alue. Esimerkiksi jollain logiikalla on käytössä 24 voltin tasajännite ja logiikalle on asetettu, että yli 15 voltin sisääntulojännite tilaa 1 ja alle 5v jännite on 0 tila. Välille jäävä jännite alue on vyöhykettä, jossa logiikka ei huomioi tilan muutosta virhemahdollisuuksien minimoiseksi. (Fonselius ym. 1996, s 108.)

Analogiset sisääntulot suorittavat signaalille analogi/digitaali -muunnoksen. Se muuntaa esim. 0-10V signaalin 16 bitin digitaalisanaksi. Muunnoksessa käytettyjen bittien määrä vaikuttaa anturilta saavutettavaan erottelukykyyneen. Suurempi bittimäärä muunnoksessa, tarkoittaa parempaa erottelukykyyneen. Yleensä käytetään 8-16 bitin muuntimia. Muuntimissa voidaan monesti valita, käytetäänkö virta- vai jänniteviestiä. Analogiaviestit voi tyypistä riippuen olla 0–20 mA, 4–20 mA, 0-5 V, 0–10 V, -5-5 V ja -10-10 V. (Fonselius ym. 1996, s. 110.)

Ohjelmoitavan logiikan lähdöt ovat rele-, triakki- tai transistorilähtöjä. Relelähtö on näistä yleisin, koska sillä voidaan ohjata tasa- että vaihtojännitettä 250V asti. Logiikoissa käytettävien pienoisreleiden kosketin kestää enintään n. 5A kuormituksen. Relelähtöihin verrattuna transistorilähtöjen jännite on 24 VDC ja virran kuormitettavuus 100-500mA. On myös olemassa transistorilähtöjä, joiden kuormitettavuus on useampi ampeeri. Niissä on lähdöt yleensä varustettu elektronisella oikosulkusuojauksella. Triakkilähdöllä voidaan ohjata ainoastaan 230 VAC. (Fonselius ym. 1996, s. 108–110.)

Ohjelmoitavan logiikan ohjelmakierto on monesti samankaltainen logiikasta riippumatta. Kytkimet, anturit tai muut lähettimet välittävät tiedon PLC-laitteen tuloille, josta se tallentuu laitteen sisäisiin muistipiireihin. PLC-laite käsittelee saamansa tiedon sen sisälle syötetyn ohjelman mukaisesti. Käsitteilyn jälkeen PLC-laite muuttaa logiikan lähdöt ohjelman määrittelemällä tavalla. Tieto välittyy ohjausväylän kautta toimilaitteille, jotka toteuttavat määrättyt tilat. Esimerkiksi tulossignaaliin on kytketty painonappi ja digitaalilähtöön on liitetty merkkivalo, joka syttyy nappia painettaessa. Kun painonappia painetaan, tulee jännitesignaali logiikan tuloporttiin ja logiikka kirjoittaa muistiin tulon tilan muutoksen. Logiikka käsittelee tulon tilan muutoksen sille luodun ohjelman mukaisesti ja ohjaa digitaalilähdön päälle. Digitaalilähdöltä tulee virta merkkivalolle ja sytyttää sen palamaan. (Kördel ym. 1998, s. 62–65.)

Ohjelmoitavalle logiikalle on kaksi tyypillistä toiminta tapaa. Se voi olla pyyhkäisevä tai tosiaikainen logiikka. Tosiaikainen logiikka lukee tulojen tilat välittömästi ja asettaa lähtöjen tilamuutoksen heti. Tulojen ja lähtöjen tilat voivat muuttua ohjelman läpikäynnin aikana. Pyyhkäisevä logiikka toteuttaa ohjelmaa tietyin väliajoin. Pyyhkäistessään se tallentaa tulojen tilat ja suorittaa ohjelman niiden mukaan. Tämän jälkeen se muuttaa lähtöyksiköiden tilat. Pyyhkäisyneen aikana, jos tulojen tilat muuttuvat, vaikuttaa se lähtöjen

tiloihin vasta kun ohjelma aloittaa alusta lukemaan tulojen tilat ja muuttamaan lähtöjä sen mukaisesti. Ohjelmakierto on todella nopeata ja ihmissilmälle se näyttää jatkuvalta toiminnalta, vaikka on jaksoittaista. (Fonselius ym. 1996, s. 112–113.)

3 VAATIMUKSET

3.1 KONEKÄYTTÖISEN NOSTO-OVEN VELVOITTEET

Konekäyttöisille nosto-oville on listattu velvoitteet (TAULUKKO 1) SFS 5990 standardissa. Yksityiskohtaiset vaatimukset on kuvattu tarkemmin standardeissa SFS-EN 13241-1, SFS-EN 12604, SFS-EN 12453, SFS-EN 12635 ja prEN 12650-1.

Taulukko 1: Konekäyttöiset ovet; keskeiset turvavarusteet ja velvoitteet (SFS 5990)

A: Ovikoneisto	Ylöspäin avautuvat ovet A1
Mitoitettava käytön vaatimusten mukaan – liikuteltava massa – käyttötiheys – käyttöolosuhteet	A1: Jos oven jousissa ei ole katkeamissuojia, koneiston on estettävä oven putoaminen. Tasapainottamaton ovi; koneistossa tai akselistossa itsenäisesti toimiva romahdussuoja. A1-A5: Käyttölämpötila, kosteus, korrosio, räjähdysvaaralliset tilat. SFS-EN 12604/Liite B
B: Käsikäyttömahdollisuus	Ylöspäin avautuvat ovet B1
Ovi on oltava mahdollista avata ja tarvittaessa sulkea myös sähkökatkon aikana	B1: Ovet oltava avattavissa myös käsikäytöllä tai varavoimajärjestelmällä. Koneiston irti kytkeminen mahdollista vain erityistoimenpitein. B2-B5: Ovet oltava avattavissa myös käsikäytöllä tai varavoimajärjestelmällä. B1-B5: Käsikäytön ollessa kytkeytyneenä oven koneisto ei saa käynnistyä. SFS-EN 13241-1/4.2.2, SFS-EN 12453/5.3.5
C: Putoamisen tai paikoiltaan	Ylöspäin avautuvat ovet C1
Ovi ei saa normaalikäytössä pudota, kaatua tai poistua paikaltaan.	C1: Yhden kannatuselimen pettäessä ovi ei saa pudota. Ovi ei saa poistua johteiltaan. C2: Saranoilta poisnouso/kaatuminen estettävä. C3: Johteilta poistuminen/kaatuminen estettävä. SFS-EN 12604/4.1.2, SFS-EN 12064/4.3.1

<p>D: Käyntiovi</p> <p>Koneisto ei saa käynnistyä jos käyntiovi ei ole kiinni-asennossa. Kompastumisvaarasta on varoitettava.</p>	<p>Ylöspäin avautuvat ovet D1</p> <p>Käyntioveissa pakkotoiminen valvontakytin standardin SFS-EN 954-1/EN ISO 13849-1 mukaan.</p> <p>D1-D3: Käyntiovi jos ei läheisyydessä vastaavaa ovea.</p> <p>D1-D3: Yli 10 mm korkeat esteet on merkittävä varoitusraidoin. SFS-EN 12604/4.8, SFS-EN 12453/4.4.1, SFS-EN 12453/5.1.1.6</p>
<p>E: Kannattimet ja tasapainotuselimet</p> <p>Vähintään 2 erillistä kannatinta. Kannattimet eivät saa käytössä löystyä.</p>	<p>Ylöspäin avautuvat ovet E1</p> <p>E1: Kannattimien varmuuskerroin vähintään 6 (murtolujuus/staattinen kuorma). Ohjausjärjestelmä on varustettava laitteilla, jotka pysäyttävät oven jos joku kannattimista löystyy, katkeaa tai irtoaa. SFS-EN 12604/4.7, SFS-EN 12604/4.3.3</p>
<p>F: Oven ympäristö</p> <p>Kiinnitarttuminen ylösousevaan oven</p>	<p>Ylöspäin avautuvat ovet F1, F1.1, F1.2</p> <p>F1: Ylösousevat rakenteet muotoiltava niin, ettei niihin voi tahattomasti tarttua. Nosto-ovella nostovoima on rajoitettava arvoon 20 kg (julkiset tilat) tai 40 kg (ei julkiset tilat), jos on mahdollista, että ovi saattaa nostaa henkilöä. SFS-EN 12453/5.1.2, SFS-EN 12453/5.3.5</p> <p>Puristuminen avautuvan/sulkeutuvan oven ja rakenteiden väliin estettävä.</p> <p>F1.1 F2.1 F3.1 F5.1 F1.1: Jos oveen voi tarttua (kalteri tai vastaava), on oven yläpieli/rullakita varustettava laitteilla jotka pysäyttävät oven tarvittaessa.</p> <p>F2.1: Estä taittuvan oven väleihin jääminen, suurin dynaaminen/staattinen voima 400/150 N.</p> <p>F3.1: Estä kiilautuminen tukipilareiden ja portin väliin, suurindynaaminen/staattinen voima 400/150 N.</p> <p>F5.1: Suojaseinien reunat varustettava tuntoreunoilla. SFS-EN 12453/5.1.1</p> <p>Muuttuvat raot, joihin voi jäädä puristuksiin.</p> <p>F1.2 F2.2 F3.2 F1.2-F3.2: Jos alle 2 500 mm korkeudessa muuttuvia rakoja, ne on suojattava vaihtoehtoja esitetty standardin SFS-EN 12604 liitteessä C. SFS-EN 12604/4.5.1</p>

G: Pysäytyspainike	Ylöspäin avautuvat ovet G1
	G1-G5: Ovessa on oltava vähintään yksi pysäytyspainike. Laite ei saa käynnistyä ilman uutta impulssia painikkeen käytön jälkeen. SFS-EN 12453/5.2.7
H: Pakko-ohjattu ovi kiinni suuntaan	Ylöspäin avautuvat ovet H1
Ohjauslaitteilta näköyhteys ovelle/portille.	H1-H3: Näköyhteys voidaan järjestää myös peileillä, kameroilla tai vastaavalla tavalla. SFS-EN 12453/5.5
I: Impulssiohjattu ovi ilman ajastettua tai kauko-ohjattua sulkeutumista	Ylöspäin avautuvat ovet I1, I1.1
Ohjauslaitteilta näköyhteys ovelle/portille. Testaustoiminnalla tai jatkuvalla valvonnalla varustettu tunnistin sulkeutuvassa reunassa	I1-I4: Näköyhteys voidaan järjestää myös peileillä, kameroilla tai vastaavalla tavalla. SFS-EN 12453/5.5 I1.1-I4.1: Sallitut voimat esitetty standardin SFS-EN 12453 liitteessä A.
J: Impulssiohjattu ovi, jossa ajastettu tai kauko-ohjattu sulkeutuminen	Ylöspäin avautuvat ovet J1, J1.1, J1.2, J1.3
Pysäytyspainike. Testaustoiminnalla tai jatkuvalla valvonnalla varustettu tunnistin sulkeutuvassa reunassa. Varoittaminen automaattisesti toimivasta ovesta.	J1-J3: Suosituksena pysäytyspainike oven molemmille puolille. SFS-EN 12453/5.5 Valokenno tai läsnäolotunnistin ovilinjassa. J1.2-J4.2: Sallitut voimat esitetty standardin SFS-EN 12453 liitteessä A. J1.3-J4.3: Vaihtoehtoja esitetty standardissa SFS-EN 12453/5.1.3 (J3.3; muut kuin henkilöliikenneovet).
K: Virran katkaisu	Ylöspäin avautuvat ovet K1
Jokaisessa sähkökäyttöisessä ovessa on oltava katkaisija, joka katkaisee kaiken energiansyötön.	K1-K5: Vaihtoehtoiset ratkaisut esitetty standardissa SFS-EN 12453., SFS-EN 12453/5.2.9
L: Sähkönsyöttö	Ylöspäin avautuvat ovet L1
Syöttökaapeli ja etusulakkeet mitoitettava käytettävien laitteiden mukaan.	L1-L5: Sähkönsyötön kytkemisen laitteeseen saa tehdä vain työhön oikeudet omaava yritys tai henkilö. STL 410/1996, KTMP 516/1996

M: Vaatimustenmukaisuus ja CE-merkintä	Ylöspäin avautuvat ovet M1
Konekäyttöiselle ovelle on tehtävä vaatimustenmukaisuusvakuutus ja siihen on kiinnitettävä CE-merkintä.	M1-M5: Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen ja CE-merkintä on esitetty standardin SFS-EN 13241-1 liitteessä ZA. Laitteen asiakirjoista/merkinnöistä pitää ilmetä: – valmistajan tai valtuutetun edustajan nimi ja yhteystiedot – tuotteen tyyppimerkintä/-merkinnät – valmistusnumero ja -vuosi – luokitustiedot tuotteen erityisominaisuuksista – testaukset suorittaneiden hyväksytyjen laboratorioiden nimet ja yhteystiedot – vakuutuksen allekirjoittajan nimi ja asema. SFS-EN 13241-1/Liite ZA
N: Turvallinen käyttö	Ylöspäin avautuvat ovet N1
Ovella on oltava – käyttöohjeet – huolto- ja kunnossapito-ohjeet – huolto-ohjelma.	N1: Konekäyttöisille ovilla on säädetty lisävaatimuksia, ks. KTMa 663/1996. N1-N5: Ovia koskee Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008. N1-N5: Ovea on huollettava valmistajan ohjeiden mukaan. N1-N5: Huoltotiheys käyttömäärien ja käyttöolosuhteiden mukaan. N1-N5: Laitteen haltijan velvollisuus varmistaa, että laite on turvallinen käyttää.

Aiemmin esitetyn taulukon vaatimusten täytyessä voidaan koneistetun nosto-oven todeta täyttävän vaaditut standardit. Taulukko on kuitenkin yleiskuva, mitä tulisi vaatimusten mukaan olla. Yksityiskohtaisempia vaatimuksia tulee tarkastella, jotta tiedetään jokaisen osa-alueen tarkemmat määritykset.

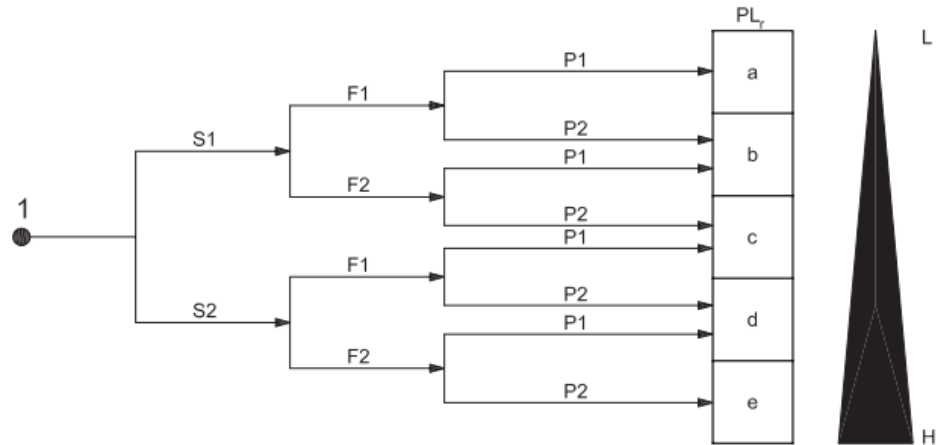
3.2 OHJAUSJÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET

Järjestelmän ohjaukseen pitää pystyä liittämään kolme anturia, ohjaukseen vaadittavat painonapit, merkkivalot ja pääkytkin. Optisen anturin kohdalla on huomioitava nosto-oven leveys, jotta anturi kykenee tunnistamaan liikkeen koko oven leveydeltä. Nosto-

oven nostoa varten moottorin ohjausjärjestelmän (esim. ohjelmoitava logiikka) tulee standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukaisesti täyttää jonkin turvallisuusluokan vaatimukset. Nämä luokat ovat B, 1, 2, 3 ja 4. Ohjausjärjestelmän turvalaite osien turvallisuusluokkien perusteella voidaan määrittää kokonaissuoritustaso (PL), mutta tänne ennen arvioidaan järjestelmän suoritustaso PL_r . Standardin SFS-EN ISO 13849 suoritustason arvo PL_r muodostuu vamman vakavuudesta, vaaralle altistumisen taajuudesta ja/tai kestosta sekä vaarallisen tapahtuman välttämisen mahdollisuudesta ja epätodennäköisyydestä (KUVA 2). Standardi SFS-EN ISO 13849 perustuu standardiin IEC 61508, jossa ohjausjärjestelmän kykyä suorittaa turvallisuustoiminto ilmoitetaan tasojen avulla. Standardien suoritustason vastaavuudet ovat nähtävissä taulukossa 2. Joidenkin ohjausjärjestelmien valmistajat saattavat ilmoittaa, jos ohjausjärjestelmä täyttää jonkin luokan vaatimukset. (SFS EN ISO 13849)

Taulukko 2. Suoritustason (PL) ja turvallisuuden eheyden tason (SIL) vastaavuus (SFS EN ISO 13849)

PL	SIL (IEC 61508-1) tiheiden vaateiden tai jatkuvan toiminnan tapa
a	Ei vastaavuutta
b	1
c	1
d	2
e	3

**Selite**

1 Aloituskohta turvatoiminnon osuudenarvioimiseksi riskin pienentämisessä

L Osuus riskin pienentämisessä pieni

H Osuus riskin pienentämisessä suuri

PL_r Vaadittava suoritustaso

Riskimuuttujat:

S Vamman vakavuus

S1 Lievä (tavallisesti palautuva vamma)

S2 Vakava (tavallisesti palautumaton vamma tai kuolema)

F Vaaralle altistumisen taajuus ja/tai kesto

F1 Harvoin...toisinaan ja/tai lyhyt altistumisaika

F2 Toistuvasti...jatkuvasti ja/tai pitkä altistumisaika

P Mahdollisuus välttää vaaraa tai rajoittaa vahinkoa

P1 Mahdollista tietyissä olosuhteissa

P2 Tuskin mahdollista

Kuva 2. Suoritustason PL_r määrittämiseksi turvatoiminnolle (EN-SFS ISO 13849)

PL_r arvo antaa vain arvion ohjausjärjestelmän vaatimasta kokonaissuoritustasosta PL. Kun ohjausjärjestelmä suunnitellaan ja toteutetaan teknisesti, tulee sitä varten tunnistaa turvallisuuden liittyvät osat. Näiden avulla arvioidaan todellinen suoritustaso PL, ottaen huomioon: vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika ($MTTF_D$) jokaiselle yksittäiselle komponentille, diagnostiikan kattavuus (DC), yhteisvikaantuminen (CCF), rakenne, turvatoiminnon käyttäytyminen vikatilanteissa (-tilanteissa), turvallisuuden liittyvä ohjelmisto, systemaattinen vikaantuminen, kyky toteuttaa turvatoiminto ennakoitavissa olosuhteissa (EN-SFS ISO 13849).

Yksi turvatoiminto voidaan toteuttaa yhdellä tai useammalla turvallisuuteen liittyvällä ohjausjärjestelmän osalla. Useampi turvatoiminto voi käyttää yhtä tai useampaa turvallisuuden liittyvää ohjausjärjestelmän osaa [esim. yhtä logiikkayksikköä, tehonohjauselementtiä (-elementtejä)]. Mahdollista on myös, että yksittäinen turvallisuuden liittyvä ohjausjärjestelmän osa toteuttaa turvatoimintoja ja tavallisia ohjaustoimintoja. Suunnittelija voi käyttää mitä tahansa saatavilla olevia teknologioita joko yksittäin tai niiden yhdistel-

mänä. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmän osat voivat toteuttaa myös käyttötoimintoja (esim. valoverho toimintajakson käynnistämisen välineenä). Ohjausjärjestelmän turvatoimintojen tunnistamisen jälkeen suunnittelijan on tunnistettava turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmän osat. Tarvittaessa niille on osoitettava tulot, logiikat ja lähdöt sekä varmennetuissa ohjausjärjestelmissä erilliset kanavat. Tämän jälkeen on arvioitava suoritustaso PL (EN-SFS ISO 13849).

4 JÄRJESTELMÄN TOTEUTUS

4.1 KOHDE

Projektin kohteena on 4,5m korkea ja 3m leveä hallin nosto-ovi (KUVA 3). Nosto-ovi on jousiavusteisesti käsin nostettavissa, mutta ovesta on tarkoitus saada automaattisesti toimiva. Tätä varten selvitetään, voidaanko nosto-oven automaattinen ohjaus toteuttaa loogikka ohjauksella. Nosto-oven automatisointiin vaikuttaa todelle moni standardi ja tarkoituksena on noudattaa näitä huomioon otettavia standardeja.



Kuva 3. Kohteena oleva nosto-ovi

Tässä työssä tarvitsee huomioida hissiturvallisuuslaki 1134/2016. Lain 1, 6, 8 ja 9 lukua sekä 53 ja 54 §:ää sovelletaan nosto-oville. Yksityiskäytössä oleville nosto-oville ei tarvitsisi soveltaa lakia, mutta opinnäytetyön kohde on osa varasto-osakekiinteistöä, jolloin hissiturvallisuuslaki on huomioitava. Laki määrittää tarkoitetun nosto-oven haltijan huolehtimaan siitä, että nosto-ovi pidetään säännöllisellä huollolla ja kunnossapidolla turvalisena sen käyttöiän ajan. Vikaantumisesta, vaurioitumisesta tai kulumisesta aiheutuva vaara tulee poistaa. Ohjausjärjestelmän ja turvalaitteiden tulee toimia virheettömästi.

Nosto-oven haltijan on varmistettava, että nosto-ovesta ei aiheudu vaaraa kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle. Yli 2,9m nosto-ovelle on tehtävä määräaikaistarkastus ensimmäisen kerran neljän vuoden aikana käyttöönotosta. Sen jälkeen nosto-ovi on tarkastettava neljän vuoden välein. Nosto-oven haltijan on huolehdittava siitä, että määräaikaistarkastus tehdään. Tarkastuksen saa suorittaa vain valtuutettu tarkastaja (1134/2016 hissiturvallisuuslaki).

Hissiturvallisuuslakia tutkimalla voidaan todeta nosto-oven kuuluvan myös konedirektiivin 2006/42/EY alaiseksi. Konedirektiiviä tulee soveltaa jokaiseen uuteen EU:n alueella markkinoille saatettavaan ja omaan käyttöön tuotavaan tai valmistettavaan koneeseen ja EU-alueen ulkopuolelta niin sanotuista kolmannesta maasta tuotaviin käytettyihin koneisiin. Konedirektiivissä on määritelty koneen valmistajan velvollisuudet, koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset, sekä menettelyt koneen vaatimustenmukaisuuden osoittamiselle ja markkinoille saattamiselle. Koneen täyttäessä direktiivin mukaiset vaatimukset, tulee koneelle hakea CE-merkintää, jotta kone on laillinen ja vaatimusten mukainen. Koneen tulee minimissään olla suunniteltu ja rakennettu koneasetuksessa määriteltyjen olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisesti. Koneessa tulee myös olla CE-merkintä ja tietyt, koneasetuksessa määritellyt muut merkinnät, kuten koneen nimi, valmistajan nimi ja osoite sekä koneen yksilöintimerkinnät. Valmiin koneen mukana tarvitsee toimittaa asianmukaiset käyttö- ja huolto-ohjeet sekä EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus, Suomessa suomen- ja ruotsinkielisinä. (<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet>)

Konedirektiivissä on määritelty standardeja, jotka koskevat nosto-ovia. Näitä ovat esimerkiksi EN 16005, SFS-EN 12604:2017, SFS 5990, SFS-EN 7501:2017, SFS-EN 12453:2017, SFS-EN 13241:2003+A2:2006, SFS-EN 12635+A1, SFS-EN 60204-1 ja SFS-EN 12978+A1. Näissä standardeissa on velvoittavia viittauksia vielä useisiin muihin standardeihin ja lakeihin, jotka määrittävät nosto-ovia koskevien standardien sisältöä. Näitä ovat esim. työturvallisuuslaki 738/2002 ja sähköturvallisuuslaki 410/1996. Käsi-käyttöisen nosto-oven koneellistamiseen löytyy SFS 5990 konekäyttöisten ovien ja porttien käyttö- ja työturvallisuus standardin kohdasta 9.2.1 jälkikoneellistaminen seuraavan lainen vaatimus: ”Kun käsikäyttöinen ovi muutetaan konekäyttöiseksi, on noudatettava Valtioneuvoston asetusta koneiden turvallisuudesta (VNa 400/2008). Keskeiset turvallisuuteen liittyvät asiat on esitetty Vna 400/2008 liitteessä B. Jälkeenpäin koneellistettaessa käsikäyttöinen ovi, siitä tulee uusi kone ja sitä koskevat senhetkiset konetta koskevat

määräykset. Laitteesta on toimitettava ajantasaiset tekniset asiakirjat ja toimintaohjeet oven haltijalle. Muutoksen tekijä laatii ovesta vaatimustenmukaisuusvakuutuksen ja kiinnittää oveen CE-merkinnän” (SFS 5990, s.13).

4.2 TOTEUTUSSUUNNITELMA

Suunnitelmassa on pyritty huomioimaan aiemmin esitettyjä standardien vaatimuksia (Taulukko 1: Konekäyttöiset ovet; keskeiset turvavarusteet ja velvoitteet). Nosto-oven ollessa jo valmiiksi käsikäyttöinen, on sen jousissa katkeamissuojat. Nosto-ovelta vaadittavat mekaaniset toimivuudet on tarkistettu ja konekäytön tuomat lisävaatimukset on pyritty huomioimaan suunnitelmassa. Suunnitelman toimivuudesta luotiin sähkökuva ohjaus- ja päävirtapiiristä (LIITE 1). Sähkökuvan virheenä on hätäseispainikkeen puuttuminen. Lisäksi suunniteltiin logiikalle ohjelma, jonka avulla se ohjaa nosto-oven toimintaa (LIITE 2).

Nosto-oven ohjauskaappi sijoitetaan nosto-oven läheisyyteen hallin sisäpuolelle, niin että hallintalaitte on turvallisen etäisyyden päässä nosto-ovesta, mutta näköyhteys oveen säilyy. Ohjaus on tarkoitus toteuttaa ohjelmoitavalla logiikalla esimerkiksi logo!, jonka hallintalaitteet ohjauskaapin pinnalla on tarkoitus pitää käyttäjälle yksinkertaisina ja nopeasti opittavina. Nosto-oven hallintalaitteina toimii kaksi erillistä painonappia, päävirtakytkin ja hätäseis- painike. Lisäksi ohjauskaapin pinnalla tulee olemaan kaksi merkkivaloa, jotka ilmoittavat käyttäjälle nosto-oven liikkeessä ylä- tai ala-asentoon. Nosto-oven olisi tarkoitus avautua napin painalluksesta ja sulkeutua itsestään tai napin painalluksesta. Painonappia ei tarvitse pitää jatkuvasti pohjassa, mutta anturin havaitessa oven alapuolella ylimääräistä liikettä tulee nosto-oven keskeyttää työ sykli. Päävirtakytkimellä ja hätäseis- painikkeella voidaan katkaista sähköt koko automaatiolta. Jotsei nosto-ovi jäisi vahingossa auki, tulee oven sulkeutua ennalta määrätyn ajan kuluttua itsestään. Toiminnan kannalta on tärkeää, ettei kukaan voi jäädä oven alle. Nosto-oven tulee tunnistaa mahdollinen ylä- ja ala-asento ja keskeyttää liike, kun joku tai jokin esine on oven alla. Vikatilanteessa nosto-ovea täytyy pystyä käyttämään manuaalisesti, eli nosto-oven tulee olla edelleen käsin nostettavissa.

Järjestelmään liitetään kaksi mekaanista rajakytkintä, optinen anturi ja kaksi kosketusanturia. Mekaanisten rajakytkinten on tarkoitus valvoa nosto-oven sijaintia. Nosto-oven ollessa ylä- tai ala asennossa, tulee rajakytkinten pysäyttää nosto-oven liike. Yläasennon rajakytkin aktivoi ajastimen, jonka tarkoitus on laskea nosto-ovi automaattisesti määrätyn ajan kuluttua. Ala-asennon rajakytkin pysäyttää nosto-oven liikkeen sen ollessa alhaalla.

Optisen anturin on tarkoitus havaita nosto-oven alapuolella tapahtuva liike ja lisätä turvallisuutta. ”Optinen anturi tulisi sijoittaa niin, että alimman valonsäteen korkeuden on oltava ≤ 300 mm havaitsemisvyöhykkeen ali pääsyn estämiseksi. Kun on ennakoitavissa, että koskettamatta tunnistavaa turvalaitetta käytetään muissa kuin teollisissa kohteissa, esimerkiksi ympäristössä, jossa voi olla lapsia, alimman säteen korkeuden on oltava <200 mm” (SFS-EN ISO 13855, s.26). Opinnäytetyön kohteessa optisen anturin tulisi havaita kolme metriä leveältä alueelta ja se olisi tarkoitus sijoittaa 20 cm korkeuteen lattiasta. Havaittaessa liikettä nosto-oven alapuolella, optinen anturi lähettää signaalin ohjausjärjestelmään ja nosto-oven toiminta pysähtyy. Automaattinen oven laskeutumisesta huolehtiva ajastin nollaantuu optisen anturin tunnistuessa ja aloittaa ajanlaskun alusta.

Turvallisuuden lisäämiseksi nosto-oven ylä- ja alareunaan asennetaan kosketusanturi. Näiden antureiden olisi tarkoitus tunnistaa, jos ovi törmää mahdolliseen esteeseen ja pysäyttää toiminnot välittömästi. Alareunan tunnistimen olisi tarkoitus havaita, jos ovi osuu henkilöön tai esineeseen jota optinen anturi ei ole havainnut. Yläreunassa sijaitsevan anturin tehtävä on pysäyttää nosto-ovi, jos mekaaninen rajakytkin ei pysäytä nosto-ovea. Antureiden tehtävänä on luoda turvallisuutta, estää mahdolliset tapaturmat ja ennalta ehkäistä materiaali vahinkoja. Järjestelmä tulee kokonaisuudessaan olemaan yksinkertainen rakenteeltaan, ettei erillistä näkyvää diagnostiikkaa nähdä tarpeelliseksi, jos standardi ei sitä vaadi.

4.3 PLr

Logiikkaohjaukselle voidaan määritellä PLr suoritustaso arvioimalla logiikkaohjauksen mahdollisen vammanvakavuuden, vaaralle altistumisen ja vaaran välttämisen perusteella. Apuna voidaan hyödyntää aiemmin esitettyä kuvaa 2 ja standardia EN-SFS ISO 13849. Logiikkaohjauksessa vamman vakavuusaste on S2 luokkaa joka tarkoittaa, että vamma on

vakava tai kuolettava. Vaaralle altistumisen taajuus tai sen kesto voidaan logiikkaohjauksessa määritellä F1 luokkaan, joka tarkoittaa harvoin tapahtuvaa tai lyhyt aikaista. Mahdollisuus välttää vaara tai rajoittaa vahinkoa on mahdollista, joten tämä luokitus menee P1 tasolle. Näin saadaan logiikkaohjaukselle vaadittavaksi suoritustasoksi, PL c. PL c suoritustason tarvitsee täyttää luokan 1 turvallisuusmääritykset, joka on määritelty seuraavasti:” Luokan 1 mukaiset turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmän osat on suunniteltava ja rakennettava käyttäen hyvin koeteltuja komponentteja ja noudattaen hyvin koeteltuja turvallisuusperiaatteita (SFS-EN ISO 13849).

Turvallisuuteen liittyvässä sovelluksessa ”hyvin koeteltu komponentti” on sellainen:

- a) jota on joko käytetty aikaisemmin laajasti ja josta on hyviä kokemuksia vastaavissa sovelluksissa, tai
- b) joka on valmistettu ja todennettu noudattamalla periaatteita, joilla osoitetaan komponentin sopivuus ja luotettavuus turvallisuuteen liittyvissä sovelluksissa.

Uudentyyppisiä komponentteja sekä turvallisuusperiaatteita voidaan pitää ”hyvin koeteltuina”, jos ne täyttävät kohdan b) ehdot. Päätös tietyn komponentin hyväksymisestä ”hyvin koetelluksi” riippuu sovelluksesta (SFS-EN ISO 13849).

Luokan 1 järjestelmillä ei ole lainkaan diagnostiikan kattavuutta ($DC_{avg} = \text{nolla (none)}$) ja kunkin kanavan keskimääräinen vaarallinen vikaantumisaika ($MTTF_D$) voi olla korkea. Tällaisissa rakenteissa (tavallisesti yksikanavainen järjestelmä) yhteisvikaantumisen tarkastelulla ei ole merkitystä” (SFS-EN ISO 13849).

4.4 $MTTF_D$

Seuraavaksi määritellään vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika ($MTTF_D$). Valmistajan teknisistä tiedoista voi löytyä $MTTF_D$ -arvo valmiiksi, mutta muissa tapauksissa se tarvitsee laskea. $MTTF_D$ -arvo voidaan laskea muuttujien B_{10D} (valmistajan ilmoittama toimintajaksojen määrä) ja n_{op} (keskimääräinen vuosittainen toimintajaksojen lukumäärä) avulla seuraavasti (KAAVA 1):

$$MTTF_D = \frac{B_{10D}}{0,1 * n_{op}} \quad (1)$$

jossa n_{op} on

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 3600s/h}{t_{toimintajakso}} \quad (2)$$

kun seuraavat oletukset tehdään komponentin sovellukselle:

h_{op} keskimääräinen toiminta-aika, tuntia päivässä

d_{op} keskimääräinen toiminta-aika, päivää vuodessa

$t_{toimintajakso}$ komponentin kahden peräkkäisen toimintajakson alkamisajankohdan välinen keskimääräinen aikaväli sekuntia per toimintajakso (esim. venttiilin avaaminen) (SFS-EN ISO 13849).

Käyttämällä standardin SFS-EN ISO 13849-1 antamia $MTTF_D$ - ja B_{10D} - arvoja toteutus-suunnitelmassa oleville komponenteille, voidaan aiemmin esitetyn kaavan avulla laskea komponenttien $MTTF_D$ -arvot. Nosto-ovelle arvioitu keskimääräinen toiminta-aika vuodessa (d_{op}) olisi 200 päivää ja (h_{op}) päivässä 1 h. Nosto-oven komponentin peräkkäisten toimintajaksojen väliseksi ajaksi arvioidaan 30 s ($t_{toimintajakso}$). Ohjelmoitavana logiikkana tarkasteltiin Logo!8, josta hyödynnettiin valmistajan antamia teknisiä tietoja (Siemens, Logo! Käsikirja). $MTTF_D$ -arvoiksi saatiin laskettu seuraavat tulokset (TAULUKKO 3):

Taulukko 3: B_{10D} - ja lasketut komponenttien $MTTF_D$ - arvot

Komponentti	B_{10D} (kytkentäkertaa)	$MTTF_D$ (vuotta)
Rele/Kontaktori	400 000	166,67
Lähestymiskytkimet	400 000	166,67
Painikkeet	100 000	41,67
Tuntokytkin	20 000 000	8333,33
Optinen kytkin	400 000	166,67
PLC (Logo!8)	200 000	83,33

Saatujen arvojen avulla voidaan määrittää järjestelmän kanaville oma $MTTF_D$ -arvo. Kanavalla tarkoitetaan tässä tapauksessa signaalin kulkureittiä esim. anturi-logiikka-rele. Kanavan $MTTF_D$ -arvo voidaan laskea kaavalla 3:

$$MTTF_{Dc1} = \frac{1}{\sum(\frac{n_j}{MTTF_{Dj}})} \quad (3)$$

Kaavassa 3 $MTTF_{Dc1}$ tarkoittaa kanavaa 1, n_j tarkoittaa tietyn komponentin määrää kanavassa esim. kaksi anturia ja $MTTF_{Dj}$ tarkoittaa komponentin $MTTF_D$ arvoa. Kaikkien kanavan komponenttien tiedot summataan keskenään ja niillä jaetaan luku 1. Näin saadaan kanavan oma $MTTF_D$ -arvo (SFS-EN ISO 13849).

Suunnitellun järjestelmän kanavat voidaan päätellä piirretystä ohjausvirtapiiristä (LIITE 1) ja logiikan ohjelmakoodista (LIITE 2), joiden avulla voidaan laskea järjestelmän kanavien $MTTF_D$ - arvot. Kanavien rakenteet perustuvat oletukseen, että redundanttisten turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien osien kaikilla eri kanavilla on samat $MTTF_D$ -arvot. Laskelmien tuloksiksi saatiin seuraavat (TAULUKKO 4):

Taulukko 4: $MTTF_D$ arvot kanavilla

Kanava	$MTTF_D$ (vuotta)
anturi-logiikka-rele	41,67
painike-logiikka-rele	23,81
tuntokytin-logiikka-rele	55,19

Jos eri kanavien vaaralliset keskimääräiset vikaantumisaajat eroavat toisistaan, on kaksi mahdollisuutta:

- pahimman tapauksen oletuksen mukaisesti olisi otettava huomioon pienin arvo
- voidaan käyttää arviointiin kaavaa 4, josta saadulla arvolla voidaan korvata kunkin kanavan $MTTF_D$ -arvo

$$MTTF_D = \frac{2}{3} \left[\frac{1}{\frac{1}{MTTF_{dc1}} + \frac{1}{MTTF_{Dc2}}} \right] \quad (4)$$

jossa $MTTF_{DC1}$ ja $MTTF_{DC2}$ ovat kahden erilaisen redundanttisen kanavan arvot, joista jokainen on rajoitettu enintään 100 vuoteen (luokat B, 1, 2 ja 3) tai 2500 vuoteen (luokka 4) ennen kuin kaavaa sovelletaan (SFS-EN ISO 13849).

Kanavien vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika luokitellaan kolmeen suuruusluokkaan pieni, keskitaso ja suuri. Luokat määräytyvät seuraavasti

- pieni: $3 \text{ vuotta} \leq MTTF_D < 10 \text{ vuotta}$
- keskitaso: $10 \text{ vuotta} \leq MTTF_D < 30 \text{ vuotta}$
- Suuri: $30 \text{ vuotta} \leq MTTF_D < 100 \text{ vuotta}$

Kanavien luokituksilla on merkitystä kokonaissuoritustason PL määrittämisessä. Tämän opinnäytetyön kohdalla tarkastellaan pahimman tapauksen oletuksen mukaisesti ja otetaan huomioon pienin $MTTF_D$ -arvo, joka tässä tapauksessa on 23,81 vuotta eli keskitaso.

4.5 PL

Kokonaistason PL määrittämiseen huomioon otettavat määritykset oli lueteltu aiemmin kappaleessa 3.3. Nosto-ovelle suunniteltuun järjestelmään ei tulisi diagnostiikkaa, jolloin sen täytyy täyttää luokan b tai luokan 1 vaatimukset. Aiemmin järjestelmälle laadittiin PL_r -arvo, jossa järjestelmän todettiin vaativan tason PL c ja näin ollen voidaan toteuttaa vielä luokassa 1, jolloin diagnostiikkaa ei tarvita. Luokassa 1 ei huomioida PL kohdalla diagnostiikan kattavuutta DC, eikä yhteisvikaantumisen CCF arviota. CCF ja DC astuvat voimaan luokissa 2, 3 ja 4. Järjestelmälle laaditun PL_r ja $MTTF_D$ avulla voidaan nyt määrittää kokonaissuoritustaso PL käyttämällä seuraavaa taulukkoa (TAULUKKO 5).

Taulukko 5. Yksinkertainen menettelytapa turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien saavuttaman suoritustason (PL) määrittämiseksi (SFS-EN ISO 13849)

Luokka	B	1	2	2	3	3	4
DC_{avg}	nolla	nolla	matala	keski- taso	matala	keski- taso	korkea
Kunkin kanavan $MTTF_D$							
Matala	a	ei kata	a	b	b	c	ei kata
Keskitaso	b	ei kata	b	c	c	d	ei kata
Korkea	ei kata	c	c	d	d	d	e

Järjestelmän PLr:ssä määriteltiin PL c taso luokassa 1. Tämän lisäksi laskelmista selvisi järjestelmän $MTTF_D$ -arvoksi 23,81 vuotta, joka tarkoittaa keskitasoa. Taulukko tutkiessa voidaan havaita, että järjestelmä ei täytä standardin vaatimuksia. $MTTF_D$ tulisi olla korkea eli yli 30 vuotta, jotta se olisi täyttänyt vaatimukset.

5 TULOKSET

Nosto-oven automatisointia ohjelmoitavalla logiikka ohjauksella lähdettiin tutkimaan ja suunnittelemaan standardien pohjalta. Nosto-oven automatisoinnille saatiin suunniteltua ja piirrettyä ohjausratkaisu, jota lähdettiin tarkemmin tutkimaan. Järjestelmän suunnittelun tutkimisen jälkeen huomattiin, ettei ohjausjärjestelmän turvallisuuteen liittyvät standardin vaatimukset täyttyneet.

LOGO!8 logiikka ohjauksella ei voitu toteuttaa haluttua ohjausta, sillä ohjausjärjestelmä ei täyttänyt vaadittavaa turvallisuustasoa. Turvallisuustasoa tarkasteltiin matalimman $MTTF_D$ -arvon saaneen kanavan perusteella, jolloin painikkeiden, logiikan ja releiden kanava sai pienimmän arvon. Releiden ja painikkeiden toimintajakso arvot olivat standardista otettuja, jolloin valmistajien arvoilla olisi mahdollista saada $MTTF_D$ -arvo korkeammaksi ja näin ollen saada järjestelmä standardien vaatimusten mukaiseksi. Vaihtoehtoisesti logiikka yksikön tilalle pitäisi vaihtaa paremman $MTTF_D$ -arvon omaava logiikka tai jokin toinen ohjausjärjestelmä.

6 POHDINTA

Opinnäytetyössä onnistuttiin selvittämään logiikka ohjauksen toimivuus nosto-oven ohjausjärjestelmänä. Tuloksena saatiin, ettei logo!8 voitu toteuttaa suunniteltua ohjausjärjestelmää. Ongelmaksi muodostui vaarallinen keskimääräinen vikaantumisen aika $MTTF_D$. Suunnitelmaa ohjauksesta ei kuitenkaan kannata suorilta hylätä, sillä vaihtamalla ohjelmoitavaa logiikka tai järjestelmän komponentteja olisi mahdollista saada järjestelmästä standardin mukainen.

Lopullisen nosto-oven ohjauksen toteutuksen kanssa tarvitsee vielä tutustua useamman standardin sisältöön ja vaatimuksiin. Nosto-oven automatisointi kuulostaa yksinkertaiselta, mutta sen toteuttaminen on sama asia, kuin minkä tahansa uuden koneen luominen. Standardeja riittää, jotka kaikki tarvitsee ottaa huomioon ja täyttää näissä ilmenevät vaatimukset. Helpommalla pääsee, kun ostaa valmiin paketin jälleenmyynti firmalta, joka tulee asentamaan kokonaisuuden paikanpäälle.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa kerrottiin automaatiosta ja logiikan toiminnasta. Tiedon perusteella pystyttiin ymmärtämään opinnäytetyön kokonaisuutta. Ohjelmoitavan logiikoiden teorian pohjatietona käytettyä materiaalia voidaan pitää luotettavana lähteenä kuvaamaan automaation ja ohjelmoitavan logiikan perustoimintaa, sillä käytetyt lähteet ovat 10 vuoden sisällä julkaistuja. Vanhemmat kuin 10 vuotta olevat lähteet kuten Fonselius ym. 1996, on vielä suurimmalta osin Tampereen ammattikorkeakoulun opetuskäytössä olevia kirjoja, joten niiden sisältö on näkemykseni mukaan luotettavaa lähdetietoa.

Työn laajennusmahdollisuutena voitaisiin laskelmoida ohjausjärjestelmän turvallisuusvaatimukset uudelleen valmistajien tiedoilla, kun nyt työssä käytettiin standardin yleisesti ilmoittamia tietoja komponenteista. Vaihtoehtoisesti työtä voisi laajentaa päivittämällä järjestelmän komponentteja, jotta siitä saataisiin diagnostiikkaa ja tutkia uudelleen täyttääkö se standardien vaatimukset. Kokonaan uutena työnä voisi tutustua tarkemmin standardien muihin vaatimuksiin nosto-oven osalta ja tämän jälkeen työn loppuun saattaminen standardien mukaan hyväksytyksi koneeksi.

LÄHTEET

Abloy Oy. Oviautomatiikka. Www-dokumentti. Luettu 18.7.2018
<https://docplayer.fi/835114-Abloy-oviautomatiikka.html>

Ahoranta Jukka. *Sähköasennustekniikka*. Helsinki: Sanoma pro oy, 2013.

Anttila, Juhani, Jukka-Pekka Santala. *Automaatiotekniikka: Peruskurssi*. Helsinki: WSOY, 1990.

Dorma Finland Oy. Automaattisten ovien turvallisuus. Www-dokumentti. Luettu 17.7.2018.
<http://docplayer.fi/121089-Automaattisten-ovien-turvallisuus-tietoa-eurooppalaisesta-standardista-en-16005.html>

Finlex. Hissiturvallisuuslaki 1134/2016. Www-sivu. Luettu 17.7.2018
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161134>

Finlex. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. Www-sivu. Luettu 28.9.2018
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400#L4>

Fonselius, Jaakko, Kari Pekkola, Seppo Selosmaa, Markku Ström, Taisto Välimaa. *Koneautomaatio: Automaatiolaitteet*. Helsinki: Edita, 1996.

Kippo, Asko K., Aimo Tikka. *Automaatiotekniikan Perusteet*. Helsinki: Edita, 2008.

Siemens Oy. LOGO!. Käsikirja versio 0BA4, Www-dokumentti. Luettu 19.10.2018.
http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/logo/logo-kasikirja-versio-0ba4.pdf.

Suomen Automaatioseura ry. 2013. Automaation määritelmä. Www-dokumentti. Luettu 12.04.2018.
<http://www.automaatioseura.com/component/content/?start=5>.

Suomen Automaatioseura ry. 2007. Automaatiosuunnittelun prosessimalli Yhteiset käsitteet verkottuneen suunnittelun perustana. Verkkojulkaisu.

Suomen standardisoimisliitto SFS. Standardi SFS 5990. Luettu 1.10.2018.

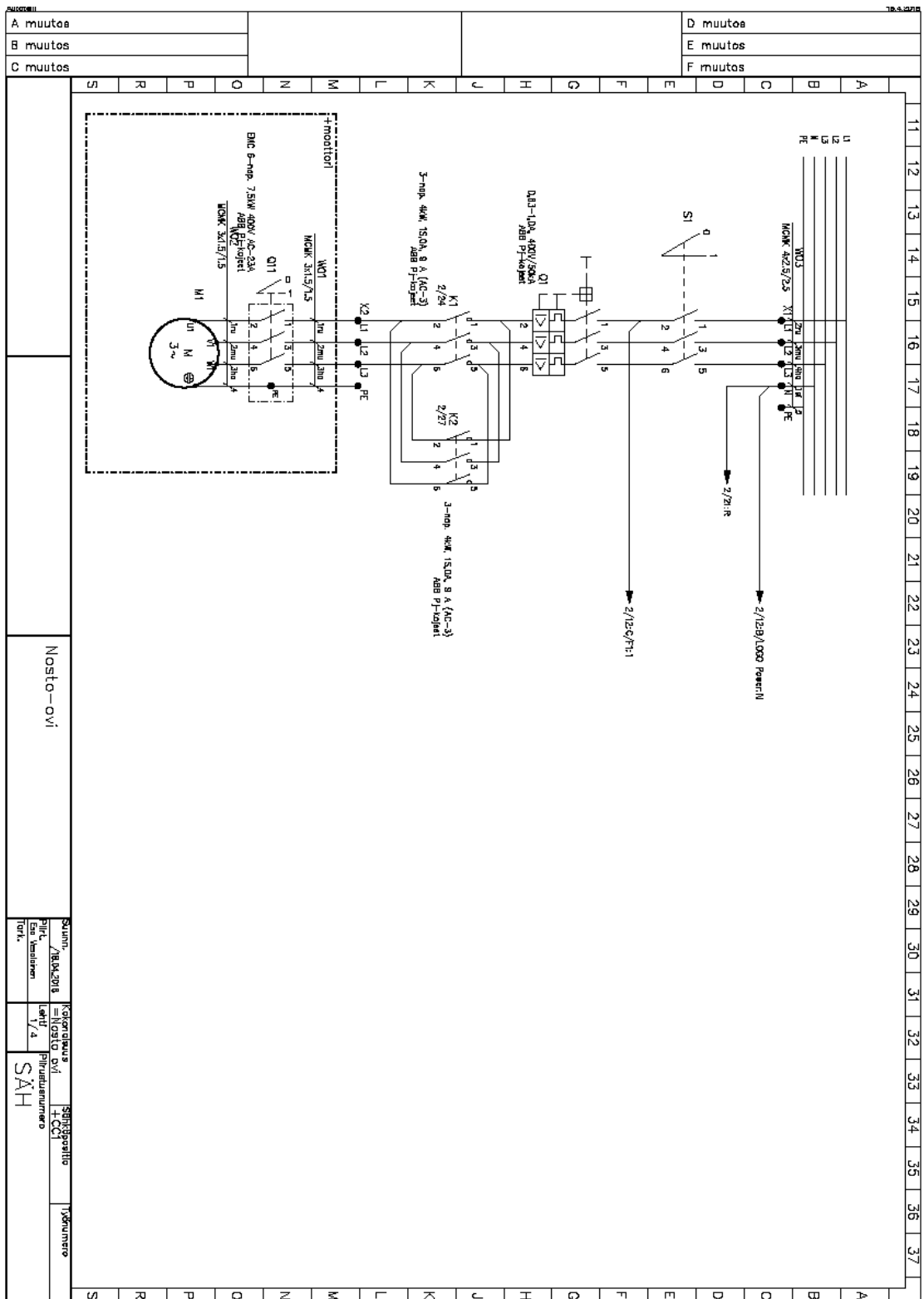
Suomen standardisoimisliitto SFS. Standardi SFS-EN ISO 13849. Luettu 1.10.2018.

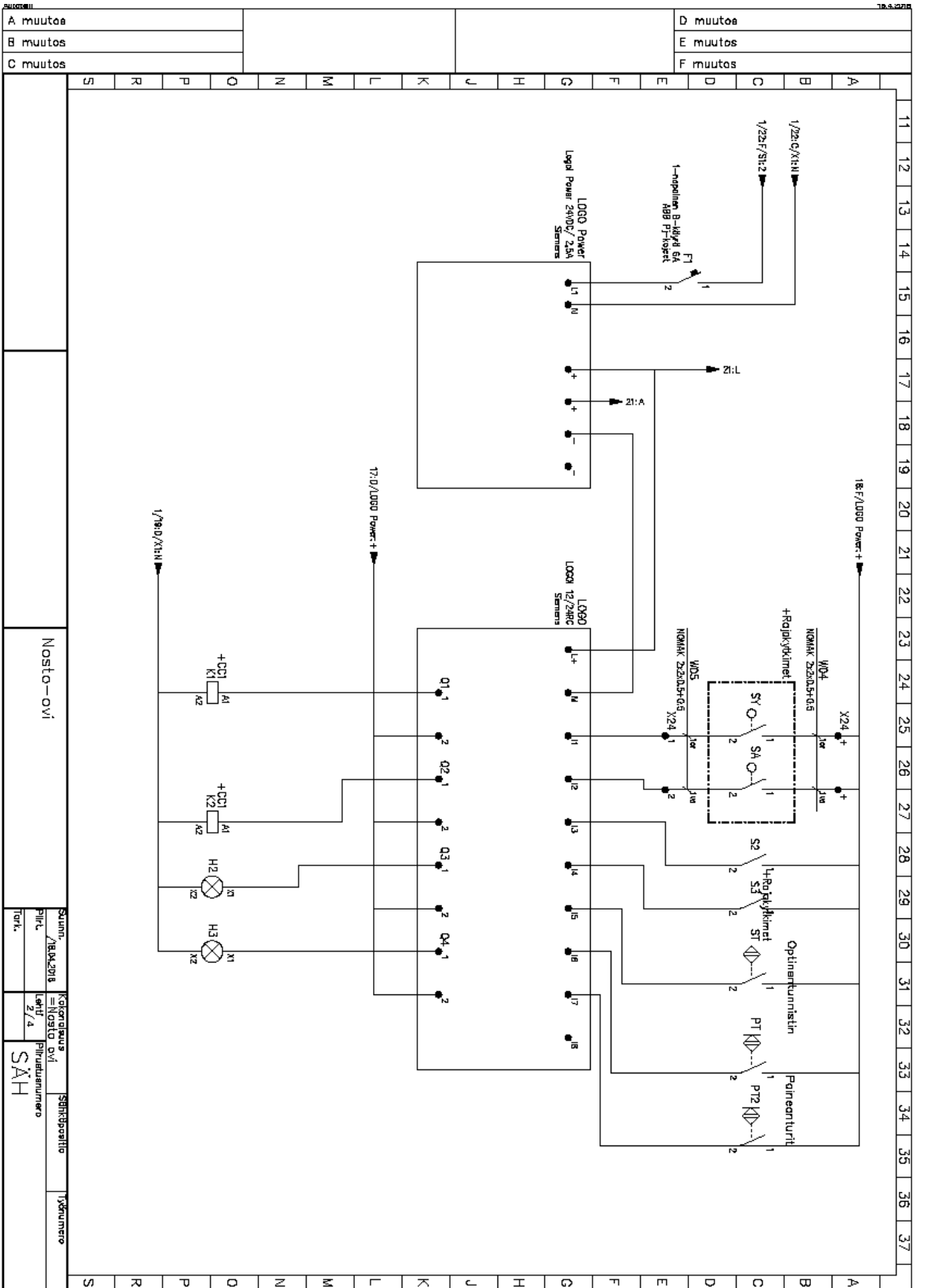
Suomen standardisoimisliitto SFS. Standardi SFS-EN ISO 13855. Luettu 1.10.2018

Tukes.fi. Koneita koskevat vaatimukset. Luettu 25.9.2018
<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet>

LIITTEET

Liite 1. Logiikkaohjauksen pää- ja ohjausvirtapiiri





Nostok-ovi		Sauna- /18k-ovib Pilt. Tori.	Koronaus =NOSTO OVI Pitvaumero 2/4	SÄH	SÄH	Yksimero
------------	--	---------------------------------------	---	-----	-----	----------

Liite 2. Logiikan ohjelmakoodi

