

Sitomon koneturvallisuuden parantaminen



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikan insinööri (AMK), Valkeakoski

Syksy 2021

Tatu-Oskari Maalo

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö tehtiin Versowood Oy:lle. Versowood on Suomen suurin yksityinen sahatavaran tuottaja ja jalostaja. Riihimäen yksikössä valmistetaan sahatavaran lisäksi erilaisia puupakkauksia. Työn yksi keskeisin tavoite oli päivittää Riihimäen yksikön sitomon koneturvallisuus nykypäivän tasolle.

Teoriaosuudessa tuotiin esille koneturvallisuuden lait ja asetukset. Siinä on myös avattu riskiarviointiin, turvalaitteiden valintaan sekä turvajärjestelmän suunnitteluun liittyviä asioita. Sahateollisuudessa koneiden turvallisuus on usein puutteellista ja pääsy vaarallisiin liikkuviin osiin on esteetöntä. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan koneturvallisuuden asiakirjoja, joiden pohjalta turvallistamista lähdettiin suunnittelemaan.

Opinnäytetyössä muodostettiin suoritettujen riskiarvioinnin perusteella suunnitelma, kuinka sitomon turvallisuutta voidaan parantaa automaation keinoin. Suunnitelma kattaa sähkö- ja automaatio suunnittelun. Turvallistamisessa käytettiin turvalogiikkaa ja siihen liitettviä erilaisia turvalaitteita. Uusi turva-automaatio parantaa merkittävästi työskentelyn turvallisuutta.

Vanhan koneen turvaominaisuuksien päivittäminen on pitkä ja välillä myös haastava prosessi. Huomioitavia asioita on paljon. Valmistunut työ toimii hyvänä suunnitelmana toteutettavalle turvajärjestelmälle sekä mahdollisena pohjana myös tuleville järjestelmille.

Avainsanat Koneturvallisuus, ohjausjärjestelmä, riskienarviointi, sahalaitos

Sivut 42 sivua ja liitteitä 50 sivua

Author Tatu-Oskari Maalo

Year 2021

Subject Improving machine safety at packaging line

Supervisors Mika Oinonen

ABSTRACT

This thesis was commissioned by Versowood Oy. Versowood is the largest private producer of sawn timber and further processed goods in Finland. The unit of Riihimäki also makes various wooden packages along with sawn timber. The main goal of this thesis was to update machine safety to today's level in the packaging line.

The theoretical part of this thesis focuses on the standards and legislation related to machine safety. It also contains information on how to do risk assessment and how to correctly design a safety system. In the sawmill industry machine safety is often deficient and access to dangerous moving parts is unobstructed. Planned safety improvement was in this project based on different safety documents and standards.

Based on the performed risk assessment, a plan was developed on how machine safety could be improved by the means of automation. The plan contained electrical and automation design. The idea was to use a safety PLC and different safety devices and sensors. The new safety system will significantly improve work safety.

Upgrading the safety features of an old machine is a long and sometimes challenging process. There are many issues to consider. The completed work serves as a good plan for the safety system to be implemented by the commissioner and for future systems as well.

Keywords Machine safety, control system, risk assessment, sawmill

Pages 42 pages and appendices 50 pages

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Koneturvallisuus	2
2.1	Työturvallisuuslaki.....	2
2.2	Konelaki.....	3
2.3	Käyttöasetus.....	4
2.4	Koneasetus.....	5
2.5	Standardit.....	7
3	Käytössä olevan koneen muuttaminen.....	9
4	Riskien arviointi ja hallinta	11
4.1	Riskien arviointi työsuojelun näkökulmasta	11
4.2	Kolmen askeleen menetelmä riskien hallinnassa	13
4.3	Käytössä olevan koneen riskiarviointi.....	14
5	Turvajärjestelmän suunnittelu	15
5.1	Ohjausjärjestelmän turvallinen suunnittelu	15
5.2	Turvallisuuden eheyden taso	16
5.3	Turvatoiminnon suoritustaso.....	17
5.4	Ohjausjärjestelmän turvatoiminnot.....	19
5.4.1	Käynnistäminen.....	19
5.4.2	Pysäyttäminen.....	20
5.4.3	Hätäpysäytys	20
5.4.4	Pysäytysluokat.....	21
5.4.5	Turvalaitteiden passivointi	22
5.5	Suojukset ja turvalaitteet.....	22
5.5.1	Turvalaitteiden vikaantumisen hallinta	23
5.5.2	Valoverho	24
5.5.3	Valopuomi	24
5.5.4	Laserskanneri	25
5.5.5	Kameraturvalaite.....	25
5.5.6	Tuntomatto	26
5.5.7	Turva-aidat	26
5.5.8	Toimintaan kytketyt turvalaitteet.....	27
5.5.9	Paikkaan sitovat turvalaitteet	27
6	Tilannekartoitus.....	29

6.1	Huomiot riskiarvioinnissa.....	31
6.2	Parannusehdotukset	31
6.3	Riskiarvioinnin tarkastelu.....	33
7	Turvallistamisen suunnittelu	35
7.1	Ohjausjärjestelmän ja turvalaitteiden valinta.....	36
7.2	Turva-alueet	37
7.3	Sähkö- ja automaatio suunnittelu.....	37
8	Yhteenveto	41
	Lähteet.....	43

Kuvat ja taulukot

Kuva 1.	Riskitaulukko.....	13
Kuva 2.	SIL-tason karkea määrittäminen.....	17
Kuva 3.	Riskitaso määrittäminen.....	18
Kuva 4.	Esimerkki riskianalyysilomakkeesta.....	30
Kuva 5.	Turvallistamistapa.....	39
Taulukko 1.	Arvioinnin tulokset eräästä arvioitavasta kohteesta.....	33

Liitteet

Liite 1	Piirikaavio
Liite 2	Keskuslayout
Liite 3	Turva-alueet
Liite 4	IO-Luettelo
Liite 5	Sistema-analyysi
Liite 6	Turvaohjelma

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tilaaja on Versowood Oy. Versowood on suomalainen sahatavaran ja siitä saatavien jatkojalosteiden valmistaja. Versowood työllistää 800 henkilöä 13 eri yksikössä. Yksiköistä 12 on Suomessa ja yksi Virossa. Versowood valmistaa vuosittain 1,35 miljoonaa kuutiota sahatavaraa. Sahatavaran osuus kattaa puolet yhtiön liikevaihdosta. Suurimmat markkina-alueet ovat Suomi sekä Kiina. (Versowood Oy, 2021) Versowoodilla turvallisuusajattelu on lisääntynyt vauhdilla ja tavoitteena onkin saavuttaa nolla tapaturmaa. Toimintoja kehittämällä sekä turvallistamalla koneita tämä on mahdollista. Turvallinen työpaikka lisää viihtyvyyttä ja osaltaan myös tehostaa tuotantoakin.

Opinnäytetyön idean kehittäminen lähti silloisen esihenkilöni ajatuksesta lisätä muutama valoverho tasaamon sitomossa olevalle paketointipisteelle. Tästä jalostui ajatus koko tasaamon turvallistamisesta ja tähän opinnäytetyöhön on rajautunut pelkästään sitomon alue. Tasaamon konekanta on vanhaa, eikä olemassa olevia turvallisuuteen liittyviä toimintoja, hätäseis-painikkeita lukuun ottamatta, juurikaan ole. Perinteisesti sahateollisuudessa onkin monia erilaisia vaaranpaikkoja ja tuotantolaitteet ovat suojattu varsin puutteellisesti. Usein vaaralliseen kohtaan on jopa esteetön pääsy.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä suunnitelma, kuinka käytössä olevaa vanhaa konetta voidaan turvallistaa automaation keinoin. Toinen keskeinen tavoite oli muodostaa itselleni käsitys koneturvallisuudesta sähkötekniikan näkökulmasta. Mitä asioita pitää osata huomioida esimerkiksi suunnitteluprosessin aikana ja miten kehittää olemassa olevia koneita turvallisemmiksi. Opinnäytetyön raportin teoriaosuudessa on käyty läpi pääpiirteittäin koneturvallisuuden lähtökohdat sekä millä keinoilla vanhan koneen turvallistamista voidaan tehdä. Käytännön osuus kattaa vaihtoehdon turvallistamiseen.

2 Koneturvallisuus

Suomessa voidaan katsoa koneiden ja laitteiden työturvallisuuslainsäädännön alkaneen vuodesta 1889. Silloin säädettiin asetus teollisuusammattissa olevain työntekijäin suojelemisesta. Vuonna 1914 tuli voimaan laajempi asetus ammatinvaaralta suojelemisesta, jossa oli jo erikseen vaatimuksia koneiden turvallisuudesta. Kyseisen asetuksen vaatimukset ovat lähes vastaavia uusienkin koneturvallisuutta koskevien säädösten kanssa. Vieläkin löytyy käytössä olevia koneita ja konejärjestelmiä, jotka eivät täytä edes näitä sata vuotta vanhoja vaatimuksia. (Siirilä & Tytykoski, 2016, ss. 25–26)

Koneiden turvallisuus ja niiden valvonta muuttuivat merkittävästi vuonna 1994, kun Suomi otti lainsäädännössään huomioon Euroopan talousyhteisön ja myöhemmin Euroopan Unionin säätämät direktiivit. Suomen lainsäädännössä direktiivit otettiin käyttöön valtioneuvoston tai kauppa- ja teollisuusministeriön päätösinä. Nykyisin uudet vahvistetut direktiivit otetaan käyttöön valtioneuvoston asetuksina. Koneiden ja konejärjestelmien turvallisuutta koskevat vaatimukset ovat samat kaikkialla EU:ssa. Tämä helpottaa vaatimusten valvontaa sekä mahdollistaa saman koneen valmistuksen, käytön, siirron ja myynnin koko EU-alueella. Tiedonkulun takia säädösten vastainen kone voidaan helposti poistaa käytöstä ja markkinoilta myös muista EU maista. (Siirilä & Tytykoski, 2016, ss. 27–29)

2.1 Työturvallisuuslaki

Koneiden ja laitteiden turvallisuutta käsitellään työturvallisuuslaissa. Laki edellyttää torjumaan ja ehkäisemään työstä aiheutuvia työtapaturmia, ammattitauteja sekä muita terveyteen liittyviä haittoja. Aktiivinen työturvallisuuden hallinta edellyttää työnantajalta vaara- ja haittatekijöiden tunnistamista sekä arviointia. Työnantaja voi käyttää ulkopuolisia asiantuntijoita, jos käytössä ei ole riittävää asiantuntemusta hoitaa tätä tehtävää. Vaara- ja haittatekijöiden uudelleenselvittäminen on tarpeellista, jos työskentely tai olosuhteet muuttuvat. (Työturvallisuuslaki 738/2002)

Työturvallisuuslaissa työnantajalla on yleinen huolehtimisvelvoite työntekijöistään. Työturvallisuuden takaamiseksi työnantajan on erinäisillä toimenpiteillä huolehdittava turvallisesta työskentelystä. Tärkeimpänä toimenpiteenä on estettävä vaaratekijöiden

syntyminen. Koska kaikkia vaaratekijöitä on mahdoton estää syntymästä, on jäljelle jäävät vaaratekijät mahdollisuuksien mukaan poistettava tai saatettava riski tarpeeksi pieneksi esimerkiksi teknisiä ratkaisuja hyödyntämällä. Vaarojen hallinnassa tekniset ratkaisut ohittavat aina henkilösuojaimet sekä erilaiset ohjeet. Turvallisuutta parantavien keinojen lisääntyminen tulee ottaa huomioon esimerkiksi koneen muutoksen yhteydessä.

(Työturvallisuuslaki 738/2002)

Työturvallisuuslaki edellyttää koneiden ja laitteiden olevan säännösten mukaisia sekä työhön ja käyttötarkoitukseen sopivia. Koneet ja laitteet eivät myöskään saa aiheuttaa haittaa tai vaaraa työpaikalla oleville henkilöille. Koneissa ja laitteissa tulee olla asianmukaiset merkinnät ja suojalaitteet. Koneiden ja laitteiden turvallisuus tulee varmistaa huolto-, säätö-, korjaus-, puhdistus- ja häiriötilanteissa. (Työturvallisuuslaki 738/2002)

2.2 Konelaki

Konelaki usein kutsutulla ”laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta” tarkoituksena on varmistaa, että valmistajan tarkoittamassa asianmukaisessa käytössä kone tai laite ei aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle. Kone tai laite tulee olla vaatimustenmukainen. Lisäksi laitteen tai koneen tulee olla suunniteltu, valmistettu ja varustettu siten, että se voidaan luovuttaa käyttöön tai markkinoille. Konelaki koskee valmistajaa, maahantuojaa, myyjää tai muuta henkilöä, joka luovuttaa teknisen laitteen käyttöön tai markkinoille. (Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta 1016/2004)

Laki edellyttää valmistajan suunnittelemaan ja valmistamaan laite siten, että se soveltuu tarkoitettuun käyttöön eikä aiheuta vaaraa tai haittaa. Jos vaaraa tai haittaa ei pystytä poistamaan, on käytettävä erilaisia suojaustoimenpiteitä. Vaaroista ja haitoista tulee varoittaa. Valmistajan tulee osoittaa teknisen laitteen olevan vaatimusten mukainen. Laitteet tulee tyyppitarkastaa ja varmistaa niiden vaatimustenmukaisuus. Vaatimustenmukaisuuden osoitukseen on koottava tekniset asiakirjat sekä asianmukaiset käyttö- ja muut ohjeet. Tekninen laite tulee merkitä, että se täyttää vaatimukset. Laite katsotaan täyttävän vaatimukset, jos valmistaja on antanut vaatimustenmukaisen

vakuutuksen ja tehnyt laitteeseen merkinnän. (Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta 1016/2004)

Jos käytössä olevaa teknistä laitetta muutetaan olennaisesti turvallisuuden tai käyttötarkoituksen osalta, tulee sitä käsitellä kuten uutta laitetta. Silloin muutoksen tekijän tulee huomioida ja varmistaa laitteen soveltuvuus ja turvallisuus käyttötarkoitukseensa. Laitteesta tulee silloin olla ajantasaiset tekniset dokumentit ja käyttö- ja muut ohjeet. (Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta 1016/2004)

2.3 Käyttöasetus

Käyttöasetusta eli ”valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta” sovelletaan koneen tai laitteen käyttöön ja tarkastamiseen. Käyttöasetuksen soveltamisala on laaja ja se koskee uusien koneiden lisäksi myös vanhoja koneita. Laki edellyttää työnantajaa arvioimaan ja selvittämään työvälineen turvallisuuden ja pitämään sen turvallisena koko käyttöiän ajan. Vaaroja tuleekin arvioida etenkin muutosten yhteydessä. Ilmenneet vaarat tai haitat tulee ensisijaisesti poistaa rakenteeseen tai sen ympäristöön tehtävillä teknisillä muutoksilla. Yleisimmät keinot ovat estää vaara-alueelle pääsy tai käyttää laitteita, jotka pysäyttävät vaarallisten osien liikkeen ennen vaara-alueelle pääsyä. Jos vaaraa tai haittaa ei voi poistaa teknisten muutosten avulla on turvallisuus varmistettava muilla keinoilla. Näitä keinoja ovat opastus, varoituslaitteet, turvamerkkit ja henkilönsuojaimet. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008)

Käyttöasetus antaa myös turvalaitteille ja suojuksille tiettyjä vaatimuksia. Niiden tulee suojata luotettavasti ja asianmukaisesti siltä vaaralta, mitä vastaan ne on asennettu. Suojusten ja turvalaitteiden tulee olla vankkarakenteisia, eivätkä ne saa rajoittaa tarpeettomasti näkyvyyttä toiminta-alueelle. Ne eivät myöskään saa aiheuttaa uusia vaaroja ja niiden poistaminen tai ohittaminen tulee olla perusteltua toimintaa. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008)

Käyttöasetuksessa säädetään, että työvälineen turvallisuuteen liittyvien hallintalaitteiden tulee olla asianmukaisesti merkitty ja tunnistettavissa. Hallintalaitteiden tulee sijaita turva-

alueiden ulkopuolella ja niiden tahaton käyttö tulee estää. Turva-alueen sisällä saa olla vain välttämättömät hallintalaitteet. Ohjausjärjestelmä tulee olla luotettavasti rakennettu ja mahdollisuuksien mukaan myös varmistettava, että esimerkiksi vikaantuminen tai energiatilan muutos ei aiheuta uusia vaaroja. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008)

Koneen käynnistäminen saa tapahtua vain siihen tarkoitettun hallintalaitteen avulla. Automaattinen kone saa käynnistyä uudelleen, jos tämä kuuluu sen normaaliin työjaksoon. Käyttäjän tulee varmistua käynnistyspaikalta, että vaara-alue on tyhjä henkilöistä ja kone on turvallinen käynnistää. Kaikissa tapauksissa tämä ei ole mahdollista, silloin järjestelmän on varoitettava kuultavalla tai nähtävällä varoitussignaalilla. Signaalin jälkeen tulee olla riittävä aika, jotta vaara-alueelta on mahdollisuus poistua turvallisesti. Koneen pysäyttämiseen tulee olla hallintalaitte ja sillä tulee olla aina korkeampi asema verrattuna käynnistykseen. Pysäytyslaitte tulee olla sijoitettuna jokaiseen työpisteeseen. Vaaroista ja pysähtymisajasta riippuen koneessa tulee olla myös hätäpysäytyspainike. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008)

2.4 Koneasetus

Koneasetus eli "valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta" kattaa koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät olennaiset turvallisuusvaatimukset. Asetusta sovelletaan laajasti valmiisiin sekä osittain valmiisiin koneisiin. Asetus kattaa erinäisiä vaatimuksia koneelle ennen kuin se voidaan saattaa markkinoille tai käyttöönottaa. Valmistajan on huolehdittava, että kone täyttää koneasetuksen liitteessä 1 esitetyt turvallisuusvaatimukset sekä varustaa kone asianmukaisilla ohjeilla ja tiedoilla. Valmistajan tulee myös laatia vaatimustenmukaisuusvakuus ja kiinnitettävä koneeseen CE-merkintä. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008)

Koneasetuksen liitteessä kerrotaan olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset koneen suunnittelua ja rakentamista varten. Vaatimusten täyttäminen vaatii koneen raja-arvojen tuntemista, vaaratilojen ja mahdollisten vaarojen tunnistamista sekä arvioita riskin suuruudesta ja todennäköisyydestä. Liitteessä esitetyt vaatimukset ovat pakottavia ja ne tulee täyttää mahdollisimman hyvin. Kone on suunniteltava ja rakennettava siten, että

käyttö-, huolto- ja säätötoimenpiteet voidaan suorittaa turvallisesti koneen koko käyttöiän aikana. Koneen mahdollinen väärinkäyttö tulee huomioida myös suunnitelmassa turvallistamista. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008)

Koneen turvallistaminen tulee suorittaa aina seuraavassa järjestyksessä: riskit tulee poistaa tai pienentää turvallisella suunnittelulla tai rakenteella, suojattava jäljelle jäävät vaaralliset kohteet erilaisilla suojaustoimenpiteillä ja viimeisenä varoittaa koneen käyttäjiä jäännösriskeistä sekä suojaustoimenpiteiden puutoksista. Koneesta tulee myös antaa ohjeet tarvittavista henkilösuojaimista ja koulutuksista. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008)

Ohjausjärjestelmän tulee täyttää erilaisia turvallisuusvaatimuksia ja sen tulee ehkäistä uusien vaaratilanteiden syntymistä. Ohjausjärjestelmän vikaantuminen ei saa aiheuttaa uusia vaaratilanteita. Erityisesti tulisi kiinnittää ohjausjärjestelmässä huomiota siihen, että kone ei saa lähteä käyntiin odottamattomasti sekä pysäytyskäskyn läpimeno ei saa estyä. Häiriö- tai vikatilanteissa turvalaitteiden tulee pysyä toimintakykyisenä tai antaa pysäytyskäsky. Yhteyden katketessa langattomaan ohjaukseen koneen on suoritettava automaattinen pysähdys. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008)

Koneen ohjauslaitteet tulee merkitä asianmukaisesti ja ne on oltava helposti tunnistettavia. Ohjauslaitteiden käyttö tulee olla turvallista ja ne on sijoitettava vaara-alueen ulkopuolelle. Häätöpysäyttimiä saa sijoittaa myös vaara-alueelle. Kone tulee rakentaa ja suunnitella siten, että ohjauspaikalta pystytään varmistumaan, ettei vaara-alueella ole henkilöitä. Jos tämä ei ole mahdollista on annettava koneen käynnistymisestä ääni- tai valomerkki. Varoitusmerkin jälkeen vaara-alueella olevilla tulee olla riittävästi aikaa poistua tai estää muutoin koneen käynnistyminen. Useamman ohjauspaikan omaavassa koneessa ohjaus tulee olla mahdollista vain yhdeltä käyttöpisteeltä kerrallaan. Pysäytys ja hätäpysäytyslaitteet tulee toimia aina. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008)

Koneen käynnistyminen saa tapahtua vain siihen tarkoitettulla ohjauslaitteella. Kone ei saa lähteä itsestään käyntiin pysähdysten jälkeen. Automaattitilassa kone voi käynnistyä uudelleen, jos se voidaan tehdä vaarantamatta turvallisuutta. Koneen pysäyttäminen voi tapahtua normaalina pysäytyksenä, toiminnallisena pysäytyksenä tai hätäpysäytyksenä.

Koneesta tulee löytyä aina ohjauslaite, jolla koneen voi pysäyttää turvallisesti ja sen toiminta tulee olla ensisijainen muihin toimintoihin nähden. Pysäytystilan ollessa aktiivinen tulee energiansyötön katketa toimilaitteisiin. Toiminnallisessa pysäytyksessä energiansyöttö ei katkea toimilaitteisiin, vaan niiden pysäytystilaa on valvottava ja ylläpidettävä.

Pääsääntöisesti kone tulee varustaa hätäpysäytyslaitteella ja se tulee olla selkeästi näkyvissä ja merkitty asianmukaisesti. Hätäpysäytyslaitteen tehtävänä on saattaa kone mahdollisimman nopeasti turvalliseen tilaan aiheuttamatta uusia vaaroja ja riskejä. Sen tulee olla toimintakuntoinen ja saatavissa jokaisessa koneen toimintatavassa.

Hätäpysäytyslaitteen vapautuminen ei saa aiheuttaa koneen automaattista uudelleenkäynnistystä. Koneyhdistelmissä pysäytys ja hätäpysäytyslaitteet tulee pysäyttää kaikki koneet, jotka voivat toiminnan jatkuessa aiheuttaa vaaraa. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008)

Koneen suojusten ja turvalaitteiden tulee olla rakenteeltaan jyrkeviä ja niiden tulee pysyä lujasti paikallaan. Niiden tulee sijaita mahdollisimman kaukana vaarallisista osista ja peitettävä mahdollisimman vähän näkyvyyttä koneeseen. Suojusten ja turvalaitteiden ohittaminen tai toimimattomaksi tekeminen tulee olla hankalaa. Kiinteät suojuukset saa olla irrotettavissa tai avattavissa vain työkalun avulla. Toimintaan kytketyt suojuukset sisältävät toimintaan vaikuttavan kytkentälaitteen. Suojuksen avautuminen, vikaantuminen tai puuttuminen tulee antaa pysäyttämiskäsky ja estää koneen käynnistymisen, kunnes suojus on asetettu takaisin kiinni. Ohjausjärjestelmän turvalaitteiden tulee estää koneen käynnistyminen, kun käyttäjä on vaara-alueella. Turvalaitteen vikaantuminen tai yhdenkin komponentin puuttuminen tulee estää koneen käynnistyminen ja antaa pysäytyskäsky. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008)

2.5 Standardit

Lainsäädäntö antaa koneen rakentajalle vain yleiset vaatimukset koneiden ja laitteiden turvallisuudesta. Standardit auttavat suunnittelijaa ja koneen rakentajaa tekemään oikeita turvallisuuteen liittyviä ratkaisuja. Koneturvallisuuteen liittyvät standardit jaetaan kolmeen eri luokkaan. A-tyyppiset standardit eli kattostandardit määrittävät koneturvallisuuden perusajatukset, kuten riskin arvioinnin ja turvallisuussuunnittelun. B-tyyppiset standardit ovat suunnittelijoiden apuna, niissä on kerrottuna esimerkiksi turvaetäisyyksistä,

turvalaitteista ja suojuksista. C-tyyppiset standardit sisältävät yksityiskohtaisempia yksittäisten koneiden tai koneryhmien turvallisuusvaatimuksia. Rakentamalla tai suunnitelmalla kone tai laite standardien mukaan, voidaan sen todeta täyttävän koneasetuksen vaatimukset. (Metsta, 2020, s. 6)

Koneiden turvallisuutta suunnitellessa tulisi aina ensin huomioida, onko suunniteltavaa konetta varten olemassa C-tyypin standardia. C-tyypin standardin vaatimukset ovat aina ensisijaisia B-tyypin standardien vaatimuksiin nähden. Vastaavasti B-tyypin standardin vaatimukset ovat ensisijaisia suhteessa A-tyypin standardeihin. Ainoastaan konedirektiivin liitteessä 1 esitettävät vaatimukset ovat pakollisia. Direktiivissä esitetty vaatimustenmukaisuusolettamus tekee kuitenkin standardien hyödyntämisestä suunnittelun apuna kannattavaa. Standardit esittävät sellaisen turvallisuustason, joka nykytietämyksen avulla voidaan saavuttaa. Standardit voivat olla apuna niin suunnittelijalle kuin lopulliselle koneen käyttäjälle. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2016, ss. 2–5)

Yhtenä koneturvallisuuden perusstandardina voidaan pitää SFS-EN ISO 12100 -standardia. Se kattaa koneturvallisuuden yleiset suunnitteluperiaatteet sekä riskien arvioinnin ja niiden pienentämisen. Se on alun perin julkaistu vuonna 1991 ja se on kokenut useita päivityksiä. Vaikka se on eurooppalainen standardi, se on tunnustettu esimerkiksi Yhdysvalloissa. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2016, ss. 6–7)

3 Käytössä olevan koneen muuttaminen

Koneen tai konejärjestelmän käyttöaikana tulee usein tarve tehdä muutoksia joko tuotannollisiin tai teknisiin syihin perustuen. Tavallisimpia syitä muutokseen ovat koneen tai konejärjestelmän luotettavuuden parantaminen, tuotannon tehostaminen sekä laadun ja tuotantomäärän kasvattaminen. Muita muutoksen syitä voivat olla myös varaosien ja kunnossapitoon tarvittavan osaamisen vaikea saatavuus sekä tuotannon tai tuotteen muuttuminen oleellisesti. Näissä tapauksissa tulee aina huomioida koneen tai konejärjestelmän turvallisuus työturvallisuuslain ja käyttöasetuksen mukaisesti. (Siirilä & Tytykoski, 2016, s. 150)

Turvallisuuden parantaminen voi myös itsessään olla muuttamisen tai modernisoinnin syy. Muutoksen tarve voi tulla esille riskiarvioiden, tunnistettujen vaaratekijöiden, tapaturmien tai läheltä piti -tilanteiden kautta. Joskus muutos ja modernisointi lähtee liikkeelle turvallisuusajattelun tiedostamisesta tai uusista asetuksista ja säädöksistä. Muutos- ja modernisointipäätöstä voi edesauttaa erilaisten teknisten ratkaisujen saatavuus ja hinta. (Siirilä & Tytykoski, 2016, s. 151)

Suunnitellessa koneen tai konejärjestelmän muutosta ja toteuttamista kannattaa aina huolellisesti tunnistaa ja arvioida koneessa esiintyvät vaarat. Vaaroista laaditaan riskikartoitus, jonka perusteella muodostuvia riskejä ensisijaisesti poistetaan tai pienennetään hyväksyttävälle tasolle. Riskikartoitusta kannattaa suorittaa projektin monessa eri vaiheissa lopputuloksen turvallisuuden varmistamiseksi. Huolimattomasti tehty riskikartoitus voi aiheuttaa turvallisuutta vaarantavien virheiden syntymistä koneessa tai konejärjestelmässä. Käytössä olevan koneen riskienhallinnassa ja turvallisuuden riittävyyden arvioinnissa voidaan käyttää tukena standardeja. Standardeista selviää turvallisuustaso, mitä nykypäivänä pidetään tarpeellisena koneelle tai konejärjestelmälle. Jos koneen turvallisuustaso poikkeaa merkittävästi standardista, voidaan olettaa sen olevan turvallisuudeltaan vajavainen. Vanhoja, ennen vuotta 1994 hankittuja koneita, standardit eivät koske ja niiden noudattaminen on vapaaehtoista. Uudet standardit kannattaa silti huomioida muutoksen suunnittelussa vanhaan koneeseen. Suunnittelun yksi päätavoite on oltava riskien vähentäminen. (Siirilä & Tytykoski, 2016, ss. 151–155)

Turvallisuudeltaan vajavaisen koneen tai konejärjestelmän muuttaminen nykyvaatimusten mukaiseksi tulee usein kustannuksiltaan kalliiksi, minkä vuoksi muutokset jäävät usein toteutumatta. Muutoksen laajuus kannattaa huomioida, sillä se voi vaikuttaa nähdäänkö muutettu kone tai konejärjestelmä niin kutsuttuna uutena koneena. Uuteen koneeseen sovelletaan koneasetusta ja se vaikuttaa myös suoraan vastuukysymyksiin. Yleensä turvallisuuden parantaminen koneessa tai konejärjestelmässä ei automaattisesti muodosta lainsäädännössä esitettyä uutta konetta. Kuitenkin merkittävät muutokset koneen käytössä tai turvallisuudessa voivat aiheuttaa sen, että laitetta tulee käsitellä lainsäädännöllisesti uutena koneena. (Siirilä & Tytykoski, 2016, s. 153)

Muutoksen jälkeen noudatettavat säädökset riippuvat koneen iästä ja siitä nähdäänkö kone tai konejärjestelmä lainsäädännössä esitettynä uutena koneena. Uuden koneen tapauksessa noudatetaan koneasetusta sellaisenaan. Ennen vuotta 1994 käyttöönotetun koneen tulee täyttää työturvallisuuslain ja käyttöasetuksen yleiset vaatimukset. Jos kone on otettu käyttöön 1994–2009 välisenä aikana, on sen täytettävä konepäätöksen liitteen 1 vaatimukset. Tavoitteena on kuitenkin täyttää sen korvanneen koneasetuksen vaatimukset. Jos kone on otettu käyttöön vuoden 2009 jälkeen, tulee sen täyttää koneasetuksen liitteen 1 vaatimukset. (Siirilä & Tytykoski, 2016, s. 154)

4 Riskien arviointi ja hallinta

Sahalaitoksissa turvallisuusongelmia löytyy usein sahatavaraa siirtävistä kuljettimista sekä muista kappaleenkäsittelyyn liittyvistä laitteista. Lisäksi vaaraa aiheuttaa usein sahatavaraa työstävät terät. Useat sahalaitokset ovat iäkkäitä ja niiden konekanta on vanhaa. Usein vaaralliset paikat ovat suojattu pelkästään putkikaiteen avulla. Putkikaide estää vain tahattoman horjahduksen vaara-alueelle, muttei estä mitenkään pääsyä tai kulkua sinne. Sahalaitoksissa koneiden vaarallisuus näkyy kohonneina tapaturmatilastoina. Ruotsissa tehdyn selvityksen mukaan uudetkin sahalaitokset ovat turvallisuudeltaan heikkoja. (Siirilä, 2008b, s. 369)

Koneiden riskien arviointia ja vaarojen tunnistamista vaaditaan lainsäädännössä. Koneiden suunnittelijoita ja valmistajia koskee koneasetus ja työnantajia käyttöasetus ja työturvallisuuslaki. Säädöksiin perustuvan riskienhallinnan tavoitteena on tapaturmien ja sairastumisien vähentäminen ja poistaminen. Suunnitteluvaiheessa kunnollisesti tehty riskiarviointi auttaa koneiden tuottavuuden ja käytettävyyden parantamisessa. (Siirilä & Tytykoski, 2016, ss. 162–163)

4.1 Riskien arviointi työsuojelun näkökulmasta

Riskien arviointi tarkoittaa vaarojen tunnistamista ja niiden seurausten arviointia. Riskien arvioinnin avulla voidaan ennakoivasti parantaa työturvallisuutta ja ehkäistä vahinkojen tapahtumista. Arvioinnin tulee olla suunnitelmallinen prosessi, jonka avulla voidaan tehdä oikeanlaisia toimenpiteitä turvallisuuden parantamiseksi. Turvallisuustaso saadaan parhaiten kasvamaan, kun toimenpiteet kohdistetaan suurimpiin turvallisuutta vaarantaviin riskeihin. Riskien arviointi kannattaa tehdä ryhmätöinä sisältäen yrityksen eri henkilöstöryhmiä. Työntekijöiden osaamista ja kokemusta kannattaa hyödyntää vaarojen tunnistamisessa. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015, ss. 7–8)

Riskien arvioinnin suorittamista varten kannattaa perustaa oma arviointiryhmä. Ryhmän optimaalinen koko on 3–5 henkilöä. Arviointiryhmälle kannattaa nimetä myös henkilö, joka toimii käytännön järjestelijänä sekä tarvittaessa yhteyshenkilönä työntekijöiden ja johdon välillä. Työntekijöiden kokemusten ja osaamisen hyödyntäminen on erityisen tärkeää.

Tarvittaessa arviointiryhmässä tulisi käyttää asiantuntijoita sekä työterveyshuollon edustajia. Työssä esiintyviä riskejä voi koota työntekijöitä haastatteleamalla tai käyttämällä erilaisia tarkistuslistoja. Riskien arviointiin ei ole olemassa vain yhtä tapaa, vaan yritys voi suorittaa arvioinnin parhaaksi katsomallaan tavalla. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015, ss. 16–17)

Hyvään riskien arviointiin kuuluu objektiivinen arviointiote eri arviointikohteista sekä taito tunnistaa mahdolliset haitta- ja vaaratekijät. Arvioijan tulee myös etsiä havaituille puutteille mahdollisimman hyviä parannustoimenpiteitä. Riskien arviointia voi haitata etu- ja arvoriistiriidat, pikkuasioihin takertuminen sekä haittojen ja vaarojen yli- tai aliarviointi. Ennen parannustoimenpiteiden suorittamista kannattaa keskustella arviointikohteen työntekijöiden kanssa. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015, s. 19)

Riskien arvioinnin tärkein ja ensimmäinen tehtävä on vaarojen tunnistaminen. Tässä vaiheessa on tavoitteena tunnistaa kaikki ne vaarat ja turvallisuuspuutteet, jotka voivat aiheuttaa haittaa terveydelle tai turvallisuudelle. Vaarojen tunnistamista voi helpottaa miettimällä, mitä vaaroja voi esiintyä ja miten ne voivat aiheutua. Sekä minkälaisissa tilanteissa vaara muodostuu ja ketkä ovat alttiina muodostuvalle vaaralle? Myös sellaiset vaarat tulisi osata huomioida, mitkä eivät välttämättä muodostu normaalin toiminnan aikana. Esimerkkinä huolto- ja korjaustyöt sekä viat ja häiriöt. Tarkistuslistojen avulla voi helposti käydä läpi eri aiheittain eri vaarat. Tarkistuslistaa käytettäessä kannattaa kirjoittaa ylös kaikki tarkennukset, kommentit ja kysymykset. Hyvin tehdyt muistiinpanot helpottavat asian käsittelyä. Erilaiset turvallisuusanalyysimenetelmät ovat vaihtoehto tarkistuslistalle. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015, ss. 23–24)

Seuraava tehtävä on riskien suuruuden määrittäminen. Riski tarkoittaa vahingon ja sen todennäköisyyden yhdistelmää. Riskien suuruuden määrittämisessä on tarkoitus löytää riskin vakavuutta kuvaava tunnusluku. Tunnusluvun avulla riskit osataan järjestää ja se helpottaa turvallisuuden kannalta olevien asioiden tunnistamista. Vahingon vakavuuden ja todennäköisyyden yhdistelmää voidaan arvioida useilla eri tavoilla. Yleisin tapa on käyttää BS8800 -standardissa käytettyä kolmiportaista riskitaulukkoa

Todennäköisyys	Seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1 Merkityksetön riski	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski
Mahdollinen	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski
Todennäköinen	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski	5 Sietämätön riski

Kuva 1. Riskitaulukko (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015) (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015, ss. 26–28)

Riskien arvioinnin tuloksena syntyy tieto riskeistä ja niiden suuruudesta. Tämä helpottaa tarvittavien toimien kohdistamista oikeisiin paikkoihin. Esimerkiksi käytettäessä kuvan 1. mukaista taulukkoa, voidaan toimenpiderajana pitää sellaisia riskejä, jotka ovat suurempia kuin kohtalainen riski. Tavoitteena tulee olla kuitenkin, että kaikki työntekijöiden turvallisuudelle tai terveydelle haitalliset riskit poistetaan. Turvallisuuden parantamisessa tuleekin lähteä ensiksi perusasioista ja sitten siirtyä pienempiin kokonaisuuksiin. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015, s. 29)

4.2 Kolmen askeleen menetelmä riskien hallinnassa

Muodostuneita riskejä pystytään pienentämään poistamalla tai pienentämällä riskien määrittäviä osatekijöitä (vahingon vakavuutta ja todennäköisyyttä) yhdessä tai erikseen. Riskin pienentämiseen käytetään kolmen askeleen menetelmää ja sitä on sovellettava askel kerrallaan. Ensimmäinen askel on käyttää luontaisesti turvallisia ratkaisuja esimerkiksi koneen rakenteessa tai henkilöiden ja koneen vuorovaikutuksessa. Toisessa askeleessa voidaan käyttää suojausteknisiä ja suojaavia toimenpiteitä. Tässä askeleessa tulee myös ottaa huomioon kohtuudella ennakoitavissa oleva laitteen väärinkäyttö. Kolmannessa askeleessa riskeistä, joita ei ole edellisissä askeleissa pystytty poistamaan muodostuu jäännösriskejä. Jäännösriskit ovat eriteltävä käyttöä koskevissa tiedoissa. (SFS-EN ISO 12100/2010, s. 27)

4.3 Käytössä olevan koneen riskiarviointi

Käytössä olevan koneen riskiarviointi tapahtuu samalla tavalla, kuin uudenkin koneen. Käytössä olevaa konetta voi olla hankala arvioida, jos kone on tuttu ja vaaralliset koneenosat eivät aiheuta mitään mielikuvaa vaarasta. Toisaalta arviointia voi helpottaa saadut käyttökokemukset, läheltä piti-tilanteet ja ulkopuolisten tarkastajien tai arvioitsijoiden huomiot. Työnantajalla on vastuu siitä, että koneet ovat turvallisia ja täyttävät niille asetetut säädökset. Riskien arviointi toimii hyvänä työkaluna korjausten suunnittelussa. Suurimmat riskit sekä helposti korjattavat vaarat tulee poistaa ensisijaisesti. Riskiarviointi kannattaa suorittaa aina, kun konetta tai tuotantoa muutetaan tai jos koneella on sattunut läheltä piti -tilanne tai tapaturma. (Siirilä & Tytykoski, 2016, ss. 170–172)

5 Turvajärjestelmän suunnittelu

Turvajärjestelmän suunnittelussa kannattaa käyttää apuna SFS-EN ISO 12100 -standardia. Standardi määrittelee koneturvallisuuden lisäksi koneen ohjaustoimintojen suunnitteluperiaatteet. Riskiarvioinnin tulokset on syytä ottaa huomioon ja käyttää niitä apuna turvatoimintojen suunnittelussa. (Sundquist, 2019, s. 29)

5.1 Ohjausjärjestelmän turvallinen suunnittelu

Ohjausjärjestelmä voi aiheuttaa arvaamattoman ja vaarallisen koneen käyttäytymisen, siksi on tärkeää jo suunnitteluvaiheessa käyttää turvallisuutta tukevia ratkaisuja. Yleisiä syitä ohjausjärjestelmän vaaralliselle käyttäytymiselle on ohjausjärjestelmän logiikan sopimaton käyttäytyminen tahattomasti tai tarkoituksellisesti, jonkin ohjausjärjestelmän komponentin vikaantuminen, tehonsyötön muutos järjestelmässä ja väärin valitut sekä sopimattomat ohjauslaitteet. (SFS-EN ISO 12100/2010, ss. 32–33)

Ohjausjärjestelmät tulee suunnitella käyttäjää ajatellen. Käyttäjän vuorovaikutuksen koneen kanssa tulee olla turvallista ja helppoa. Ohjausjärjestelmän suunnittelussa tulee huomioida erilaiset koneen toimintatavat, mitä esimerkiksi tapahtuu, jos toimintajakso keskeytyy tai hätäpysäytyspainiketta painetaan. Ohjausjärjestelmän turvallisuutta lisäävät pysyvät pysäytyskäskyt, joilla estetään tahaton uudelleenkäynnistyminen sekä odottamattomien tai epähuomiossa syntyvien käynnistyskäskyjen muodostuminen. (SFS-EN ISO 12100/2010, s. 33)

Konejärjestelmät on mahdollista jakaa eri pysäytysvyöhykkeisiin. Pysäytys voi tapahtua hätäpysäytyksenä, turvalaitteen toiminnan tai energian erottamisen seurauksena. Vyöhykkeet tulee olla selvästi eroteltavissa toisistaan ja tulkinnan varaa ei saa syntyä. Ohjaus- ja turvalaitteet tulee olla vastaavasti tunnistettavissa, mihin vyöhykkeeseen ne vaikuttavat. Pysäytysvyöhykkeiden välisten rajojen on toimittava siten, että vyöhykkeellä tapahtuva toiminto ei saa aiheuttaa vaaroja muille vyöhykkeille. (SFS-EN ISO 12100/2010, s. 33)

Ohjausjärjestelmän ulkoisen tai sisäisen tehosyötön käynnistäminen ei saa aiheuttaa automaattista käynnistystä tai liikettä koneen osissa. Jos tehosyöttö keskeytyy, on itsestään tapahtuva uudelleenkäynnistys estettävä. Tehonsyötön keskeytyksestä tulee koneen pysäytystoiminnon sekä turvallisuuteen liittyvien laitteiden, kuten lukituslaitteiden pysyä toiminnassa. Koneen pitelemät kappaleet ja sellaiset koneen osat, jotka voivat liikkua potentiaalienergian vaikutuksesta on pidettävä tehonsyötön keskeytyksessä paikoillaan. Automaattinen uudelleenkäynnistys on mahdollista, jos se voidaan suorittaa ilman vaaraa. (SFS-EN ISO 12100/2010, ss. 34–35)

Ohjausjärjestelmän turvatoimintoja voidaan toteuttaa ohjelmoitavilla elektronisilla laitteilla. Tällaisen järjestelmän käytössä tulee varmistua, että sen suorituskykyvaatimukset ovat suhteessa turvatoimintojen vaatimuksiin. Jokaisen turvatoiminnon tulisi täyttää sille määritelty toimintakyky, kuten turvallisuuden eheyden taso. (SFS-EN ISO 12100/2010, s. 35)

5.2 Turvallisuuden eheyden taso

Koneiden ohjausjärjestelmien turvallisuuden arvioinnissa voi käyttää turvallisuuden eheyden tasoja (safety integrity level, SIL). Eheystaso määritellään neljänä eri tasona ja se muodostuu vikojen todennäköisyydestä tuntia kohden. Korkeampi taso muodostaa paremman eheyden tason. Koneturvallisuussovelluksissa suurin taso on yleensä kolme ja tasoa neljä on harvoin käytössä. (Siirilä, 2008a, s. 139)

Turvallisuuden eheystaso määritellään jokaiselle turvatoiminnolle erikseen. Turvatoimintoja ovat esimerkiksi hätäpysäytys sekä turvalaitteen aiheuttama pysäytys. Riskienarvioinnin perusteella voidaan määrittää tarvittava turvallisuuden eheystaso. Eheystasoon vaikuttaa kuinka suuri merkitys turvalaitteella on riskin hallinnassa. Kuva 2. kertoo karkeasti eheystason valinnan riskin suuruuden avulla. (Siirilä, 2008a, s. 143)

		Seurausten vakavuus →		
← Seurausten todennäköisyys	Kohtalainen riski SIL 1	Merkittävä riski SIL 2	Sietämätön riski SIL 3	
	Siedettävä riski	Kohtalainen riski SIL 1	Merkittävä riski SIL 2	
	Vähäinen riski	Siedettävä riski	Kohtalainen riski SIL 1	

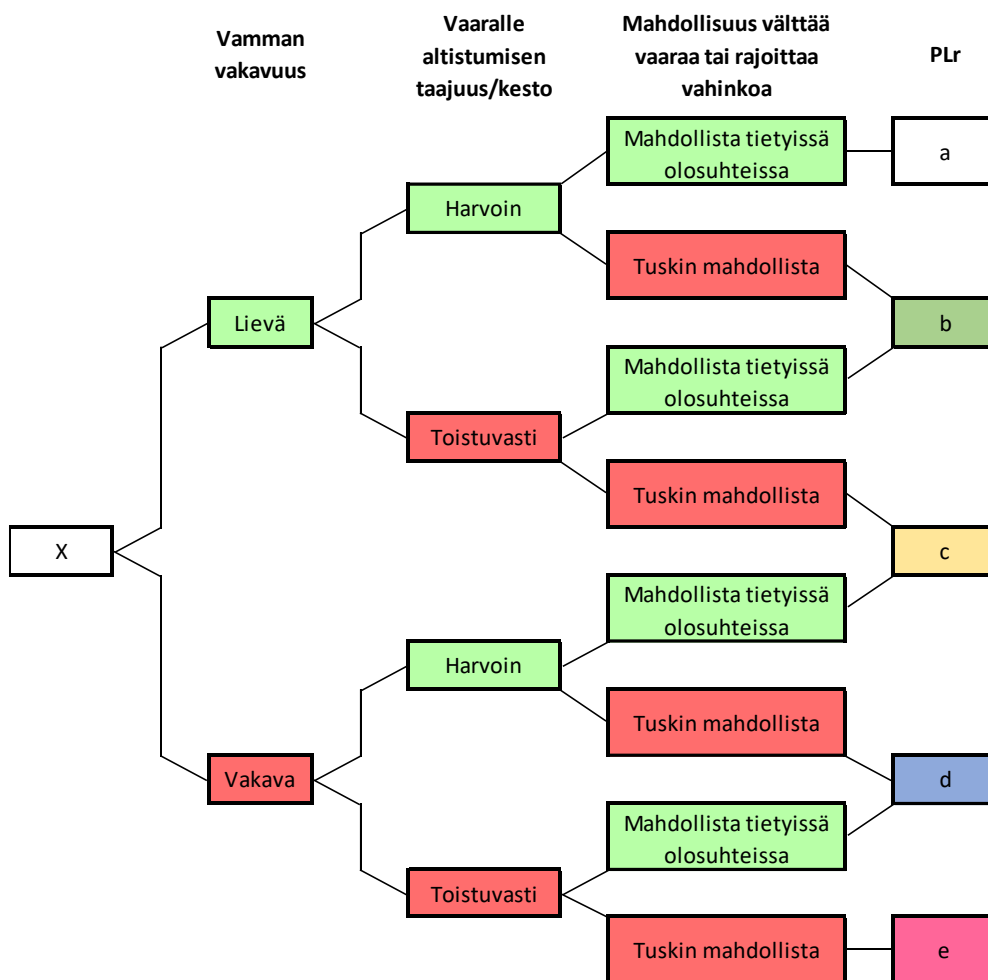
Kuva 2. SIL-tason karkea määrittely (Siirilä, 2008a, s. 144)

Turvallisuuden eheystason määrittelyyn on käytössä useita eri menetelmiä. Määrittely voi perustua riskimatriisiin, riskigraafiin tai LOPA-analyysiin (layer of protection analysis). Riskimatriisi ja riskigraafi perustuvat riskin luokitteluun ja niiden käyttö vaatii turvallisuusasiantuntemusta. LOPA-analyysissä määritellään ei-toivotulle tapahtumalle laukaisevat tekijät ja niiden muodostumisen todennäköisyys. Niitä verrataan siedettäväksi määriteltyn riskiin ja tuloksena saadaan ei-toivotun tapahtuman taajuus suhteessa siedettävään riskiin. Jos saatu riski on isompi kuin siedettävä riski, on suojauskerroksia lisättävä. Usein tämä tarkoittaa turva-automaation lisäystä. (Sundquist, n.d.a, ss. 5–13)

5.3 Turvatoiminnon suoritustaso

Vaikka turvatoiminnon suoritustaso sekä turvallisuuden eheystaso perustuvat molemmat vaarallisen vikaantumisen todennäköisyyteen, niiden vertaaminen suoraan keskenään ei ole kuitenkaan mahdollista (Siirilä, 2008a, ss. 129–130). Jokaiselle ohjausjärjestelmän osalle tai yhdistelmälle, joka hoitaa turvallisuuteen liittyviä toimintoja on määriteltävä turvatoiminnon suoritustaso (PL). Suoritustaso kertoo ohjausjärjestelmän kyvyn suorittaa turvatoiminto ennakoitavissa olosuhteissa. PL-tasoa on viisi, joista korkein on PLe. Korkeinta tasoa voidaan rinnastaa SIL-luokitukseen kolme. Turvatoiminnon suoritustaso vaatimus muodostuu ohjausjärjestelmän vaikutuksesta pienentää aiheutuvaa riskiä. Suurempi vaikutus riskinmuodostumiseen vaatii suurempaa turvatoiminnon suoritustasoa. (SFS-EN ISO 13849-1/2015, ss. 7, 22)

Yleinen lähestymistapa arvioida vaadittava suoritustaso (PLr) on käyttää esimerkiksi kuvan 3. mukaista riskitaulukkoa. Taulukko mukailee SFS-EN ISO 13849-1 liitteessä A esitettyä riskikuvaajaa. Arvioinnissa käytetään niin sanottua pahinta mahdollista tilannetta, jossa vaarallisen toiminnan todennäköisyys on 100 prosenttia. Riskitaulukkoa tulisi soveltaa jokaiselle turvatoiminnolle erikseen. Standardin mukaan jokainen vaaratekijä muodostaa omanlaisensa vaaran ja ne tulisi aina arvioida erillisinä tapauksina. Taulukon käyttäminen muodostaa vain arvion vaadittavasta riskiluokasta. (SFS-EN ISO 13849-1/2015, s. 53)



Kuva 3. Riskitason määrittäminen (SFS-EN ISO 13849-1/2015, s. 53)

Turvatoiminnon suunnittelemisen jälkeen tulisi arvioida sen suoritustaso (PL) ja verrata sitä vaadittuun suoritustasoon (PLr). Turvatoiminnon suoritustaso määritellään usean eri muuttujan avulla. Suoritustasoon vaikuttaa jokaisen komponentin keskimääräinen vaarallinen vikaantumisaika (MTTFd), diagnostiikan kattavuus (DC), yhteisvikaantuminen (CCF), koneen rakenne ja turvatoiminnon toteutuminen erilaisissa tilanteissa ja

ympäristöissä. Monimutkaisten turvajärjestelmien, kuten ohjelmoitavien turvalogiikoiden suunnittelussa, kannattaa soveltaa standardin IEC 61508 mukaista turvallisuuden eheyden tason arviointia. (SFS-EN ISO 13849-1/2015, ss. 21, 23–24)

5.4 Ohjausjärjestelmän turvatoiminnot

Turvatoimenpiteiden toteutuminen ohjausjärjestelmässä vaatii suunnittelijalta ammattitaitoa. Turvatoimintoja ovat esimerkiksi turvallisuuteen liittyvä pysäytystoiminto, kuittaustoiminto, passivointitoiminto sekä odottamattoman käynnistymisen estämistoiminto. Koneen ohjausjärjestelmä voi toteuttaa käyttö- ja turvatoimintoja. Joissakin tapauksissa käyttötoiminnot, kuten normaali pysäyttäminen, voivat olla myös turvatoimintoja. (SFS-EN ISO 13849-1/2015, ss. 35–36)

Turvatoimintojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon riskiarvioinnin tulokset jokaisen vaaran osalta. Koneen normaalitoiminnan lisäksi tulisi huomioida mahdollinen väärinkäyttö sekä mahdolliset säätö-, puhdistus- ja korjaustoimenpiteet. Turvatoiminnon toteutuessa tulee miettiä oikeanlainen koneen toiminta, mitä tehdään esimerkiksi koneen kannattelehalle taakalle, joka voi painovoiman vaikutuksesta tulla alas. Edellä mainittu tapahtuma voi tapahtua myös tehonsyötön katkoksesta. Turvatoiminnot eivät saa myöskään aiheuttaa ristiriitaisia toimintoja. (SFS-EN ISO 13849-1/2015, ss. 37–38)

5.4.1 Käynnistäminen

Koneen käynnistäminen tulee olla mahdollista vain tarkoituksellisesti vaikuttamalla ohjauslaitteeseen. Sama vaatimus koskee myös, jos toimintaolosuhteet muuttuvat tai kone pysäytetään ja käynnistetään uudelleen. Joissakin tapauksissa automaattinen uudelleenkäynnistys pysähdyksen jälkeen on mahdollista, mikäli se ei aiheuta vaaraa. Jos käynnistysrutiini vaatii toimintojen suorittamisen oikeassa järjestyksessä, tämä on varmistettava erityisten laitteiden avulla. Useiden käyttö- ja käynnistyspaikkojen tapauksessa tulee varmistua turvallisesta toiminnasta. Esimerkiksi käyttäjä voi saattaa jonkun muun henkilön vaaraan kuittaamalla koneen käyntiin, jos tämä on vielä koneen vaara-alueella. Näiden vaatimusten tarkoituksena on ehkäistä koneen tarpeettomasta tai

odottamattomasta käynnistyksestä muodostuvat vaaratilanteet. (Euroopan komissio, 2010, ss. 180–181)

5.4.2 Pysäyttäminen

Jokainen kone tulee varustaa ohjauslaitteella, jolla kone on mahdollista vaaraa aiheuttamatta pysäyttää. Pysäytyslaite on aina ensisijainen käynnistyslaitteeseen verrattuna. Esimerkiksi päälle jäänyt käynnistyskäsky ei voi saada konetta liikkeelle, jos pysäytys on aktiivinen. Käyttäjän tulee pystyä jokaisessa tilanteessa pysäyttämään kone ehkäistäkseen toimintahäiriön tai vaaratilanteen syntymisen. Pysähdys-tilanne katsotaan päättyneen, kun vaaralliset liikkeet ovat pysähtyneet ja energian syöttö toimilaitteisiin on katkennut. (Euroopan komissio, 2010, s. 182)

Joissakin tapauksissa tarvitaan toiminnallista pysäytys toimintoa. Toiminnallinen pysäytys eroaa tavallisesta pysäyttämisestä siltä osin, että siinä energian syöttöä ei katkaista ja sen tilaa valvotaan ja ylläpidetään ohjausjärjestelmästä. Kone voidaan käynnistää tästä tilasta vain käyttämällä tarkoituksellisesti uudelleenkäynnistysohjainta. Valvontaan käytettyjen ohjausjärjestelmän osien tulee soveltua suorituskyvyltään valvontakäyttöön. (Euroopan komissio, 2010, s. 183)

Yleinen syy pysäyttämiseen on ohjausjärjestelmän suorittama pysäytystoiminto turvalaitteen vaikuttamisen jälkeen. Ohjausjärjestelmä voi antaa myös pysäytyskäskyn, jos jokin koneen järjestelmää tai laitteita valvova anturi havaitsee esimerkiksi ylikuormitusta, korkeaa lämpötilaa tai muuta epätavallista toimintaa. Turvalaitteen tai ohjausjärjestelmän palauttaminen toimintavalmiiksi ei saa aiheuttaa automaattista uudelleenkäynnistystä. Turvalaite ja ohjausjärjestelmä tulee kuitata ennen käynnistystä tapauskohtaisesti yhdessä tai erikseen. Käynnistykseen tarvitaan aina erillinen ohjainlaite. (Siirilä, 2009, ss. 264–265)

5.4.3 Hätäpysäytys

Hätäpysäytystoiminto on erityinen ohjausjärjestelmän osa, joka on tarkoitettu torjumaan todellinen tai uhkaava vaara mahdollisimman nopeasti aiheuttamatta uusia vaaroja. Koneet tulee varustaa yhdellä tai useammalla hätäpysäytyslaitteella. Hätäpysäytyslaitetta ei vaadita,

jos pysähtymisaika ei lyhene verrattuna tavalliseen pysäyttämiseen tai kyseessä on käsin käytettävä kone. Häätöpysäytystoiminto ei koskaan korvaa muita suojausteknisiä toimenpiteitä. Häätöpysäytyslaite tulee olla näkyvillä ja selkeästi tunnistettavissa. Tavallisesti häätöpysäytyspainike on punainen sienipainike keltaisella pohjalla. Häätöpysäytyspainikkeita tulee sijoittaa koneen koon ja rakenteen huomioiden siten, että ne ovat tarvittaessa nopeasti käytettävissä. Erityisesti kannattaa huomioida paikat, johon käyttäjä voi jäädä loukuun tai jonne käynnistyspaikalta ei ole kunnollista näkyvyyttä. Häätöpysäytystoiminto tulee olla käytettävissä koko ajan riippumatta koneen toimintatavasta. (Euroopan komissio, 2010, ss. 184–186)

Häätöpysäytystoiminto ei ole varsinainen turvatoiminto. Se tulee mieltää enemmänkin varalla olevana pysäytystoimintona. Häätöpysäytyslaitteita koskevat vaatimukset eroavat turvatoiminnoista. Sille ei tarvitse asettaa suoritus- tai turvallisuuden eheyden tasoja. Häätöpysäytyksessä saa käyttää vain pysäytysluokkia 1 ja 2. (Sundquist, n.d.a, ss. 24–24)

5.4.4 Pysäytysluokat

Pysäytysluokat voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan standardin SFS-EN 60204-1 mukaan. Luokan 0 pysäytyskäsky aiheuttaa välittömän energian syötön katkaisun ja koneen liikkeet pysähtyvät itsekseen tai jonkin mekaanisen jarrun avulla. Luokan 1 pysäytyskäsky aiheuttaa hallitun liikkeiden pysäyttämisen energian avulla ja liikkeiden pysähtymisen jälkeen koneen energian syöttö katkaistaan. Luokan 2 pysäytyskäsky aiheuttaa hallitun liikkeiden pysäyttämisen energian avulla, mutta liikkeiden pysähtymisen jälkeen konetta ei eroteta energian syötöstä ja pysäytystilaa jäädään valvomaan. Luokan 2 pysäytyskäsky on niin kutsuttu toiminnallinen pysäytys. (Siirilä, 2009, ss. 277-278)

Turvallisuuden kannalta oikean pysäytysluokan valinta on tärkeä asia. Pääsääntöisesti vaadittava pysäytysluokka on 0 tai 1. Varsinaiseen pysäyttämiseen luokan 2 pysäytys ei ole riittävä. Luokan 2 pysäytystä voidaan käyttää, jos riski odottamattomaan tai vahinkokäynnistykseen on riittävän pieni. Tällöin on erittäin tärkeää varustaa pysäytys valvonnalla. (Siirilä, 2009, s. 278)

Taajuusmuuttajissa sekä muissa nopeussäädetyissä sähkökäytöissä käytetään pysäytyksen luokitteluun neljää eri luokkaa, jotka ovat verrattavissa aiemmin esitettyihin pysäytysluokkiin. Luokkaa 0 vastaa ”vääntömomentin turvallinen poistaminen” (STO, safe torque off). Tässä pysäytystilassa moottorilta poistetaan energia, joka voisi aiheuttaa liikettä. Luokkien 1 ja 2 toimintaperiaatetta vastaa ”turvapysäytys 1 ja 2” (SS1 ja SS2, safe stop 1/2). Käytettäessä turvapysäytystä 1 energia katkaistaan hidastuksen jälkeen ja käytettäessä turvapysäytystä 2 energiaa ei katkaista. Lisäksi on olemassa vielä ”turvallinen tuotantopysäytys” (SOS, safe operating stop), jossa koneen liikkuvien osien liike estetään ulkoisilla energioilla. (Siirilä & Tytykoski, 2016, ss. 494–495)

5.4.5 Turvalaitteiden passivointi

Passivointi tai mykistäminen tarkoittaa turvalaitteen väliaikaisesti tapahtuvaa automaattista keskeytystä. Turvalaitteiden passivointia käytetään esimerkiksi mahdollistamaan tuotteiden kulku valvotusta aukosta, siten ettei turvalaite aktivoidu. Passivoinnin suunnittelu vaatii asiantuntemusta, koska passivoinnin aikana turvalaite ei ole käytössä ja mahdollistaa esimerkiksi vapaan pääsyn vaara-alueelle. Passivointitoimintoa tarvitaan yleisimmin valoverhojen ja -puomien kanssa. Ilman asiantuntemusta toteutettu passivointitoiminto voi aiheuttaa jopa kuolemaan johtavia tapaturmia. (Siirilä & Tytykoski, 2016, ss. 509, 512–513)

Turvalaitteen lisäksi passivointianturit ja passivointitoiminto on suunniteltava huolella. Passivoinnin aikana vaara-alueelle ei saa päästä. Passivointitoiminnossa tulee ottaa huomioon, koska passivointi alkaa ja koska se loppuu. Ohjausjärjestelmä on suunniteltava siten, että turvallisuus säilyy myös mahdollisen vikatilanteen aikana. Passivointitoimintoa kannattaa käyttää vain sellaisissa työvaiheissa, kun on tarpeen. Esimerkiksi vain silloin, kun kuljettimella oleva kuorma liikkuu aukon läpi. Konejärjestelmän turvallisuutta voi kasvattaa esimerkiksi lisäämällä turvaovi passivoidun aukon viereen, josta kulku on turvallisempaa vaara-alueelle. (Siirilä & Tytykoski, 2016, ss. 515–517)

5.5 Suojukset ja turvalaitteet

Riskien ja vaarojen hallinta ei ole usein mahdollista pelkästään koneen rakenteen tai toimintaperiaatteen suunnittelulla vaan lisäksi tarvitaan erilaisia suojuksia ja turvalaitteita.

Tavallisimmin käytetään koneen suojaamiseen kiinteitä suojuksia. Suojusten tehtävä on estää ihmisen kontakti vaaralliseen liikkuvaan osaan. Kiinteä suojus on nimensä mukaisesti irrotettavissa vain työkalulla. Ilman työkalua irrotettava suojus on oltava kytkettynä koneen toimintaan. Suurissa koneissa suojus voi tarkoittaa konetta kiertävää suoja-aitausta. (Siirilä & Tytykoski, 2016, s. 370)

Turvalaite määritellään muuksi suojaustekniseksi laitteeksi kuin suojukseksi, joka yhdistettynä suojukseen poistaa tai pienentää riskiä. Toimintaperiaatteeltaan erilaisia turvalaitteita löytyy useita. Yleisimpiä turvalaitteita ovat ohjausjärjestelmään kytketyt sähköiset tai mekaaniset suojusten rajakytkimet tai asematuntoelimet. Näitä kutsutaan toimintaankytkentälaitteiksi. Toimintaankytkentälaitteeksi voidaan mieltää myös lukitustieto esimerkiksi purunpoistojärjestelmältä, joka estää koneen käynnistymisen. Muita turvalaitteita ovat tunnistavat turvalaitteet, paikkaan sitovat turvalaitteet sekä koneen turvallisen tilan varmistavat turvalaitteet. Tunnistavat turvalaitteet ovat yleisimmin valosähköisesti toimivia valoverhoja. (Siirilä, 2009, ss. 344–345)

5.5.1 Turvalaitteiden vikaantumisen hallinta

Turvalaitteiden vikaantumistodennäköisyyttä voidaan hallita käyttämällä luotettavia komponentteja. Komponenttien tulee kestää käsittelyn häiriöt ja tarvittava määrä kuormitusta ilman, että siitä aiheutuu virhetoimintaa. Komponentit tulee valita aina käytön olosuhteisiin sopiviksi. Käyttötapojen lisäksi huomioon tulee ottaa ympäristön vaikutukset. Turvalaite voi sijaita esimerkiksi pölyisessä tilassa tai se voi altistua erilaisille lämpötiloille. Erilaiset ympäristön olosuhteet voivat aiheuttaa ei-toivottuja pysyviä tai hetkellisiä vikatilanteita. (SFS-EN ISO 12100/2010, s. 38)

Toinen keino hallita vikaantumisen vaikutuksia on käyttää tietyllä tavalla vikaantuvia komponentteja. Näissä komponenteissa pääasiallinen vikaantuminen on ennalta tiedossa ja siihen pystytään varautumaan etukäteen. Standardi suosittelee käytettäväksi tietyllä tavalla vikaantuvia komponentteja, jos varmennusta ei ole käytettävissä. (SFS-EN ISO 12100/2010, s. 38)

5.5.2 Valoverho

Valoverho on valosähköinen turvalaite. Valoverhoksi kutsutaan laitetta, jonka valonsäteiden havaitsemiskyky on 40 mm tai parempi. Valoverho tulee sijoittaa vaarakohteesta tarpeeksi etäälle sillä se ei toimi fyysisenä esteenä. Hyvänä etäisyytenä voidaan pitää matkaa, jonka kulkemisen aikana kone ehtii saavuttamaan turvallisen tilan. Valoverhoja on kahta erilaista tyyppiä (2 ja 4). Tyyppin 4 vaatimukset ovat tiukemmat ja sitä käytetään usein turvatoimintojen osana. Useat turvallisuutta koskevat standardit vaativat tyyppin 4-valoverhon käyttöä. Tyyppin 4 valoverho vastaa e -suoritusastoa. (Siirilä & Tytykoski, 2016, ss. 440–441)

Valoverhon resoluutio eli tunnistuskyky vaikuttaa, kuinka lähelle vaarakohtaa se voidaan asentaa. Paremmalla tunnistuskyvyllä olevat voidaan sijoittaa lähemmäksi. Asennusetäisyys voidaan laskea kaavalla $S = (K \cdot T + C)$, jossa S on matka vaarakohteeseen (mm), K on liikkumisnopeus vaarakohteeseen (mm/s), T on pysähtymisaika (s) ja C on lisämatka. (Kidman, 2020) Liikkumisnopeutena K käytetään yleensä käden liikkeessä arvoa 2000 mm/s ja kävelynopeutena 1600 mm/s. Lisämatka C muuttuu valoverhon havaitsemiskyvyn mukaan. Tiheäsäteisellä (<14 mm havaitsemiskyky) valoverholla lisämatka on 0 ja harvempisäteisillä valoverhoilla matka kasvaa. Esimerkiksi valoverholla, jolla on 30 mm havaitsemiskyky, on lisämatka C 128 millimetriä. (Siirilä & Tytykoski, 2016, s. 394)

5.5.3 Valopuomi

Valoverhoa, jonka havaitsemiskyky on 70 mm tai harvempi, nimitetään usein valopuomiksi. Valopuomi on usein toteutettu kahdesta neljään säteellä. Säteiden välistä mahtuu laittamaan käden, mutta vartalo laukaisee turvalaitteen. Neljällä säteellä havaitaan useimmat yritykset päästä vaara alueelle. Asennusetäisyys voidaan määrittää samalla kaavalla kuin valoverhossa. Lisämatka C muodostuu ylimmän säteen korkeuden mukaan. Jos säteen korkeus on 1100 mm on käytettävä lisämatka C 1100. (Siirilä & Tytykoski, 2016, ss. 441, 443)

5.5.4 Laserskanneri

Laserskannerit ovat valosähköisiä laitteita. Niiden toiminta perustuu laservalon lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Kohteesta heijastuu takaisin lasersäteitä, joista voidaan laskea, mihin kohde on matkalla sekä millä etäisyydellä kohde on. Laserskannerien havaitsemisvyöhyke on usein ohjelmoitavissa. Laserskannerien havaitsemiskyky on 30 mm – 150 mm. Aktiiviset laserskannerit eivät tarvitse toimiakseen erillisiä peilejä tai vastaanottimia. Standardi vaatii, että myös matalan heijastettavuuden materiaalit, esimerkiksi mustat työvaatteet, tulee tunnistaa luotettavasti. (Sick, 2015, s. 69)

Useissa laserskannereissa havaitsemisvyöhykkeet voidaan jakaa erilaisiin alueisiin. Toimintoa voi hyödyntää käyttämällä ulointa vyöhykettä koneen hidastamiseen ja sisempää vyöhykettä koneen pysäyttämiseen. Laserskannerin käyttäminen turvalaitteena vaatii turvallisuusasiantuntemusta. Havaitsemisvyöhyke on laadittava huolella. On myös varmistuttava siitä, että vähimmäisetäisyys vaarakohteeseen täyttyy kaikista suunnista sekä mikään este ei pääse muodostamaan estettä lasersäteilyn ja henkilön välille. Tällaisissa tilanteissa voidaan käyttää useampaa skanneria tai jotain muuta turvalaiteyhdistelmää. (Siirilä & Tytykoski, 2016, s. 444)

Laserskannereiden vähimmäisetäisyyden laskemisessa voidaan käyttää samaa kaavaa kuin valoverhoissa. Lisämatkana C käytetään $1200-0,4 H$, jossa H on havaitsemisvyöhykkeen korkeus lattiasta. H arvo saa olla enintään 200 mm, jolloin säteen alta ei ole mahdollista kulkea. (Siirilä & Tytykoski, 2016, s. 444)

5.5.5 Kameraturvalaite

Kameraturvalaitteet käyttävät erilaisia sieppaus- ja käsittelytekniikoita henkilöiden havaitsemiseen turva-alueella. Kameraturvalaitteet tarvitsevat usein parikseen sopivan valonlähteen. Yleisimpiä periaatteita henkilöiden tunnistamiseen ovat heijastuksen puuttuminen, heijastuksen liikenopeuden muuttuminen, taustakuvion muutokset ja ihmisen ominaisuuksien tunnistaminen. (Sick, 2015, s. 69)

5.5.6 Tuntomatto

Tuntomatto on yleensä kumista tai muovista valmistettu mattomainen anturi. Tuntomaton havaitsemisalue on selvästi erottuva ja se sopii hyvin läsnäolon tunnistavaksi turvalaitteeksi. Lähestymisen tunnistavana turvalaitteena maton koko saattaa muodostua todella suureksi, jolloin järkevämpi vaihtoehto on käyttää muita tekniikoita. Tuntomatoissa käytetään usein siihen sopivaa ohjauskeskusta, joka osaa tunnistaa katkokset ja sähkötekniset vikaantumiset. Ohjauskeskus ei kuitenkaan kykene tunnistamaan välttämättä maton ominaisuuksien muutosta esimerkiksi maton herkkyyden osalta. Jos tuntomatto suojataan jollain materiaalilla, on sen toiminta tarkastettava määräajoin. Matto on asennettava huolellisesti paikoilleen, ettei se pääse liikkumaan ja huomiota tulee kiinnittää myös mahdollisesti syntyvään kompastumisriskiin. Lähestymispysäyttimenä vähimmäisetäisyys lasketaan samalla kaavalla kuin valoverhojen osalta, mutta käytettävä C arvo on 1200. (Siirilä & Tytykoski, 2016, ss. 447–448)

5.5.7 Turva-aidat

Turva-aitoja käytetään usein isojen koneiden tai koneyhdistelmien ympärillä. Turva-aidat luokitellaan koneen kiinteiksi suojuksiksi ja eikä niitä ole tarkoitettu poistettaviksi. Väliaikaisesti aidan saa poistaa kunnossapitoa tai huoltoa varten. Turva-aidat tulee varustaa ovilla tai aukoilla henkilöiden sekä tavaran siirtämistä varten. Turvallisuuden ylläpitämiseksi ovet ja aukot tulee suojata esimerkiksi toimintaan kytketyillä turvalaitteilla tai valoverhoilla. Aitojen minimi korkeudeksi on vakiintunut kaksi metriä, joka on myös vaadittuna joissakin C-tyypin standardeissa. Jos vaarakohta sijaitsee tätä korkeammalla, pitää aidan olla luonnollisesti korkeampi. Korkeampaa aitaa voidaan myös tarvita, jos koneessa on riski kappaleiden sinkoutumiseen tai putoamiseen. Yleisimmin turva-aidan suurin silmäkoko on 40 millimetriä, jolloin se voidaan sijoittaa vaarakohdasta 200 millimetrin päähän. Turva-aidoissa kannattaa suosia tummia värejä, sillä ihmisen on helpompi havainnoida niiden läpi. Rakenteeltaan aitojen pitää olla jämäköitä ja niiden tulee kestää niihin kohdistuvaa voimaa, esimerkiksi henkilön horjahtaessa. (Siirilä & Tytykoski, 2016, ss. 382–384)

5.5.8 Toimintaan kytketyt turvalaitteet

Toimintaan kytkevien turvalaitteiden toiminta perustuu suojuksen valvontaan. Turvalaite muodostaa pysäytyskäskyn, jos suojus ei ole paikoillaan. Toimintaan kytketty turvalaite voi perustua mekaaniseen kosketukseen tai erilaisiin koskettamatta vaikuttaviin teknologioihin. Koskettamatta vaikuttavia ovat muun muassa magneettisesti ja induktiivisesti toimivat tunnistimet. Mekaaniset sekä koskettamatta vaikuttavat tunnistimet voivat olla koodattuja tai koodaamattomia. Mekaanisesti toimivissa turvalaitteissa koodaus tarkoittaa esimerkiksi rajakytkimen muotoiltua kieltä. (SFS-EN ISO 14119/2013, ss. 20, 22)

Rajakytkimiä tai avaimia käytetään yleensä toimintaan kytkettyinä turvalaitteina. Turvaovien ja -porttien kanssa voidaan käyttää esimerkiksi kielityyppistä rajakytkintä. Kielityyppinen rajakytkin voidaan myös varustaa lukollisella toiminnalla. Lukko voidaan avata sähköisesti ajastinpiirin tai pysähtymisen tunnistavan laitteen avulla. Kielityyppisten rajakytkimien ongelmia on avaimen katkeaminen tai irtoaminen. Turvaoven tai -portin väljä toiminta voi aiheuttaa ennen aikaista kulumista turvalaitteelle. Turvalaitteen kunnollinen aseointi on tärkeää. Toimintaan kytkettyjen turvalaitteiden koskettimien toiminta on usein pakkotoiminen, jolloin niiden aukaiseminen katkaisee virtapiirin. (Malm ym., 1998, ss. 16–18)

5.5.9 Paikkaan sitovat turvalaitteet

Paikkaan sitovia turvalaitteita käytetään pitämään käyttäjä turvallisessa paikassa, kun konetta käytetään. Paikkaan sitovia turvalaitteita voivat olla pakkokäyttöiset hallinta- tai sallintalaitteet. Hallintalaite on jalalla tai käsillä käytettävä ohjauslaite, joka pitää koneen toiminnan käynnissä ohjauslaitteen hallinnan ajan. Standardin SFS-EN 999 vaatimuksena on saattaa kone turvalliseen tilaan vaikuttamisen jälkeen, ennen kuin siihen päästään käsiksi. Kaksin käsin käytettävä hallintalaite pienentää mahdollisuutta vahingossa tapahtuvaan käynnistykseen. (Siirilä, 2009, ss. 345–346)

Sallintalaitteet eroavat hallintalaitteista siten, että sallintalaitteet eivät ohjaa suoraan konetta, vaan vaativat ohjauksen muualta. Liikkeiden käynnistyminen ja käynnissä pysyminen edellyttävät jatkuvaa sallintalaitteen vaikutusta. Sallintalaitteita käytetään usein

yhdessä hallintalaitteen tai automatiikan kanssa. Sallintalaite voi olla esimerkiksi kytkin tai ohjaamon ovesta oleva laite, joka tunnistaa käyttäjän läsnäolon. (Siirilä, 2009, s. 346)

6 Tilannekartoitus

Riskiarviointilomake muodostettiin tähän työhön standardia SFS-EN ISO 12100 mukaillen. Esimerkki lomakkeesta on nähtävissä kuvassa 4. Tarkistuslomakkeessa oli tasaamon sitomo jaettu pienempiin alueisiin. Yksittäisen alueen turvallisuuden arviointiin varattiin lomakkeesta yksi sivu. Riskianalyysilomakkeeseen tuli täyttää tarkastajan nimi, tarkastuspäivämäärä ja arvioinnin tulokset. Lisäksi jokaisella lomakkeen sivulla oli varattu oma kenttä vaarojen kirjaamiseen ja niiden ehkäisyyn.

Riskien arviointi suoritettiin arvioimalla: esiintyykö kohteessa vaaraa tai haittaa (kyllä / ei), kuinka suuri todennäköisyys sen muodostumisella on (epätodennäköinen / mahdollinen / todennäköinen) sekä kuinka vakavat seuraukset sillä on (vähäinen / haitallinen / vakavat). Pääpaino oli arvioida mekaanisia vaaroja, mutta lomakkeessa oli myös otettu huomioon sähköstä sekä erilaisista työolosuhteista johtuvat muutkin vaarat.

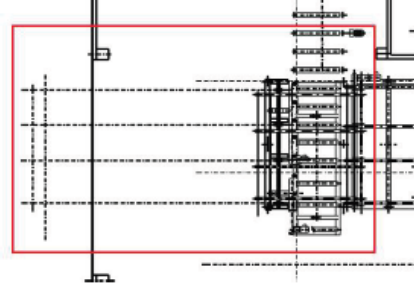
Riskianalyysin suorittamiseen osallistui itseni lisäksi kunnossapitopäällikkö, sähkö- ja automaatiokunnossapidon työnjohtaja, tasaamon työnjohtaja ja yksi kunnossapitoasentaja. Riskien arviointi suoritettiin ryhmänä siihen varattuna aikana. Kartoituksen alussa jaettiin riskikartoituslomakkeet ja kerrottiin lyhyesti lomakkeen täyttöohje ja kartoituksen tarkoitus. Kartoitus suoritettiin 4.6.2021 tuotannon ollessa käynnissä.

Numeerisen arvioinnin ohessa mietittiin arvioitavan kohteen turvallisuuspuutteita sekä niiden mahdollisia korjausmahdollisuuksia. Nämä tuli kirjata ylös lomakkeeseen niihin varattuihin sarakkeisiin. Turvallisuuspuutteiden ja parannusten kirjauksen tarkoituksena oli saada ehdotukset ylös eikä pelkästään suullisen tiedon varaan. Näin kerättyä tietoa olisi helpompi hyödyntää myöhemmin eikä havaittuja puutteita pääsisi suunnitteluprosessin ohitse.

Huomasimme arviointikierroksen lopulla riskikartoituksen raskauden. On mahdollista, etteivät kierroksen loppupäässä olleet kohteet saaneet samanlaista kohtelua kuin kohteet kierroksen alkupäässä. Jatkossa arvioitava kohde tuleekin jakaa pienempiin osiin, eikä ottaa koko aluetta tutkittavaksi kerralla. Lomaketta voisi vielä yksinkertaistaa siten, ettei tarvitsisi miettiä numeraalisia arvoja vaan voisi rastia erilaisia ruutuja.

RISKIANALYYSILOMAKE VERSOWOOD OY Riihimäen yksikkö Teollisuuskatu 1, 11310 RIIHIMÄKI	Kohde	Tasaamo, rakennus 435	VERSIO	0.1
	Tarkenne	Sitomo/kirjaus		
	Tarkastaja			
	Pvm.			

Positio	Nimitys
5K1041-17	Kulmarullakuljetin(3)
5K1041-20	Nouseva/laskevakulj. 1
5K1041-21	Pakettikuljetin 1
5K1041-30	Arvostekuljetin



Koneen vaaratekijöiden tunnistaminen

Haitan tai vaaran esiintyminen	Tapahtuman todennäköisyys	Seurausten vakavuus	Riskiluokka
--------------------------------	---------------------------	---------------------	-------------

Mekaaniset vaaratekijät

Iskut, työkappaleen sinkoutuminen				
Puristuminen / Murskaantuminen				
Takertuminen				
Viilto, leikkaantumisen- tai pistohaava				
Vahinkokäynnistys, vikatila				
Tasapainon menettäminen				
Esineiden putoaminen				
Tärinä				
Energian purkautuminen				

Muut vaaratekijät

Sähköisku				
Palo- ja räjähdysvaara				
Ilman epäpuhtaudet (pölyt/huurut/sumut)				
Melu				
Kohdevalaistus				
Sähkömagneettinen säteily, kentät, laser				

Mahdolliset vaarat ja toimenpiteet niiden ehkäisyyn

Jatka kääntöpuolelle tarvittaessa

Kuva 4. Esimerkki riskianalyysilomakkeesta

6.1 Huomiot riskiarvioinnissa

Sitomo sisältää koneturvallisuuden kannalta useita erilaisia vaaranpaikkoja. Useimmat vaarat liittyivät sahatavarapakettin ja laitteiston väliseen puristumiseen. Liikkuva sahatavarapaketti voi aiheuttaa myös takertumisvaaran. Sitomon alueella on kaksi kuljettimen ylityspaikkaa, joista nykyiseltään toista valvotaan vain turvamatoin.

Sitomon alkupään riskienarvioinnissa nousi esille puristumis- ja takertumisvaarat. Kuljettimien alue ei ole suojattu kulkemiselta ja liikkuvia osia pääsee käsittelemään vapaasti. Portaikon ja kuljettimella liikkuvan sahatavarapakettin väliin on mahdollista jättää esimerkiksi käsi, jolloin ilmeinen puristumisvaara esiintyy. Nykyiseltään alkupään alue on suojattu vain noin metrin korkealla putkiaidalla. Matala aita ei kuitenkaan estä pääsyä vaaralliselle alueelle. Vaaraa voi ilmetä myös sahatavarapakettin sidontapaikalla. Sidontapaikalla on kaksi vannekonetta ja puristinta. Puristimen väliin on mahdollista päästä koneen ollessa käynnissä. Alkupäästä löytyy myös tuotannon kannalta erillinen arvostelukuljetin, jossa on toinen edellä mainituista linjan ylityksistä. Arvostelukuljetinta voi ajaa vain käsiajolla ja sen käyttöaste on vähäinen. Riskiarvioinnissa arvostelukuljetin arvioitiin riskiluokaltaan vähäiseksi.

Sidontapaikan jälkeen sahatavarapaketti kulkee kohti rekisterialuetta usean kuljettimen avulla. Kuljettimien ympäristö on suojattu alkupään tavoin metrin korkealla putkiaidalla. Kuljettimien jälkeen alkaa rekisterialue, jossa käyttäjät kiinnittävät pakettisetelin ja paketista riippuen muovittavat sen. Käyttäjät työskentelevät tässä kohtaa myös kuljettimella. Arvioinnin osalta tämä kohde erottui sen suuremman riskiluokan osalta. Riskiluokkaan vaikuttaa työskentely kuljettimella ja tarpeellinen kulku kuljettimen yli. Suurimpia vaaroja on joutua liikkuvan paketin väliin tahattomasti. Liikkuvat kuljettimen osat voivat myös aiheuttaa vaaratilanteen. Rekisterialueen jälkeen sahatavarapaketti kulkee kuljettimia pitkin ulos. Ulostulokuljettimia ei ole suojattu mitenkään ja ne voivat aiheuttaa puristumis- tai takertumisriskin.

6.2 Parannusehdotukset

Riskiarvioinnissa tuli esille monia hyviä parannusehdotuksia sitomon koneturvallisuuden parantamiseen. Arvioinnissa esille tulleet parannusehdotukset kattoivat näkökulmiltaan

koko koneturvallisuuden, ei pelkästään mekaanisia vaaroja. Seuraavaksi avaan joitain ilmi tulleita parannusehdotuksia.

Alkupäässä olevan portaikon ja kuljettimen väli tulisi suojata jollain esteellä. Tuotannollista kulkua alkupäähän ei juurikaan ole, jolloin alueen voisi suojata hyvin aitaamalla tai valoverhoilla. Aitaan tulee kuitenkin jättää aukot kuljettimien molemmille puolille. Kulkuväylät mahdollistavat sujuvan häiriönpoiston ja kunnossapidon.

Puristimien alue on osittain suojattu vuonna 2020 lisätyn vanteenpurkulaitteen osalta, jonka olemassa oleva turvapiiri voitaisiin liittää myös uuteen järjestelmään. Puristimien alueelle pääsee kuitenkin esteettä sosiaalitalan oven kautta sekä pakettikuljettimen reunaan pitkin. Sosiaalitalan oveen voidaan lisätä turvaraja sekä lukitus. Alueen loppuosa sekä kuljettimet, jotka vievät rekisterialueelle, voidaan aidata ja suojata valoverhoin. Loppuosaan on hyvä jättää aukko mahdollista kulkua varten. Varsinaista tuotannollista kulkua tälle alueelle on hyvin vähän, lukuun ottamatta vannekoneiden käyttöön liittyviä toimia.

Arvostelukuljettimen alueen parannusehdotuksena oli ylityspaikan turvalliseksi tekeminen ja vaaralliselle alueelle pääsyn estäminen. Ylityspaikkaa voidaan esimerkiksi valvoa valoverholla ja mahdollista paketin kulkua varten täytyisi olla asianmukainen valoverhon mykistys. Ylityspaikkaa käytetään usein päivän aikana, mutta itse arvostelukuljetinta käytetään vain harvoin. Arvostelukuljettimen on hyvä olla omassa turvapiirissä, jotta sen laukeaminen ei vaikuttaisi heikentävästi tuotantoon. Sen turvapiiri voitaisiin aktivoida vasta, kun sitä tarvittaisiin.

Rekisterialue on kaikista hankalin osa turvallistaa sitomossa. Rekisterin alueella sahatavarapaketti huputetaan joko koneellisesti muovirullalta tai käsityönä. Tässä kohtaa käyttäjät työskentelevät koneen toiminta-alueella. Esimerkiksi silloin kun pakettiseteli liimataan sahatavarapakettiin. Nykyisten laitteiden sijoituksen ja tilanpuutteen takia standardissa määritellyjä turvaetäisyyksiä ei pystytä muodostamaan. Turvallisuutta voidaan kuitenkin parantaa hyödyntämällä jo olemassa olevia turvamattoja sekä lisäämällä kuljettimen molemmin puolin valoverho.

Sitomon loppupää voidaan aidata turva-aidan avulla. Peitteensidontakone voidaan jättää myös aidatun alueen sisäpuolelle. Turva-aitaan tulee jättää useampi aukko mahdollista käyttöä, häiriönpoistoa sekä kunnossapitoa varten. Loppupäästä löytyy myös muutama ovi, joihin on hyvä lisätä turvaraja sekä lukitus. Sitomon kyljessä oleva laajennusosa päätettiin jättää turvallistamisen ulkopuolelle.

6.3 Riskiarvioinnin tarkastelu

Arvioinnin tulokset kerättiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaan. Taulukkoon syötettiin tunnistettujen vaaratekijöiden mukaan esiintyminen, todennäköisyys sekä seurausten vakavuus. Analysoinnin nopeuttamiseksi ja virheiden välttämiseksi Exceliin koodattiin kaksi VBA-skriptiä. Ensimmäisellä skriptillä laskettiin riskiluokan suuruus sanallisessa muodossa ja toisella skriptillä väritettiin sarakkeen taustaväri riskiluokan mukaan. Mitä tummempi punaisen sävy, sitä suurempi riskiluokka. Taulukko 1. on esimerkki muodostuneesta analyysistä eräästä arvioitavasta kohteesta. Jokaisesta arvioitavasta kohteesta kerättiin yhteenveto riskianalyytilomakkeeseen arvioituista tiedoista, kirjoitetuista huomioista sekä mahdollisista parannusehdotuksista.

Taulukko 1. Arvioinnin tulokset eräästä arvioitavasta kohteesta

	Vastaaja 1	Vastaaja 2	Vastaaja 3	Vastaaja 4	Vastaaja 5
Mekaaniset vaaratekijät	Riskiluokka	Riskiluokka	Riskiluokka	Riskiluokka	Riskiluokka
Iskut, työkappaleen sinkoutuminen	Kohtalainen	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä	Merkityksetön	Merkittävä
Puristuminen / Murskaantuminen	Merkittävä	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen	Merkittävä
Takertuminen	Sietämätön	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen	Merkittävä
Viilto, leikkaantumis- tai pistohaava	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä	Merkityksetön	Merkittävä
Vahinkokäynnistys, vikatila	Sietämätön	Kohtalainen	Ei toimenpiteitä	Vähäinen	Merkittävä
Tasapainon menettäminen	Ei toimenpiteitä	Merkittävä	Kohtalainen	Merkityksetön	Merkittävä
Esineiden putoaminen	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä	Merkityksetön	Ei toimenpiteitä
Tärinä	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä	Merkityksetön	Ei toimenpiteitä
Energian purkautuminen	Vähäinen	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä	Vähäinen	Merkittävä
Muut vaaratekijät					
Sähköisku	Kohtalainen	Kohtalainen	Ei toimenpiteitä	Merkityksetön	Ei toimenpiteitä
Palo- ja räjähdysvaara	Kohtalainen	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä	Merkityksetön	Ei toimenpiteitä
Ilman epäpuhtaudet (pölyt/huurut/sumu)	Kohtalainen	Merkityksetön	Ei toimenpiteitä	Merkityksetön	Ei toimenpiteitä
Melu	Kohtalainen	Merkityksetön	Ei toimenpiteitä	Merkityksetön	Kohtalainen
Kohdevalaistus	Merkityksetön	Ei toimenpiteitä	Vähäinen	Merkityksetön	Vähäinen
Sähkömagneettinen säteily, kentät, laser	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä

Riskienarvioinnin tuloksista huomattiin arvioitsijoiden näkemyseroja eri vaaratekijöiden suhteen. Osa arvioitsijoista arvioi samat vaarat hyvinkin eri tavalla. Siksi onkin tärkeää tarkastella tuloksia laajemmasta näkökulmasta eikä pitää niitä lopullisena totuutena. Arvioinnin tärkeimpänä tavoitteena oli kuitenkin löytää ja tunnistaa mahdolliset vaaratekijät,

jotta niitä pystyttäisiin oikeanlaisilla toimenpiteillä poistamaan tai pienentämään. Vaikka arviointilomakkeessa käytiin myös muita vaaroja läpi, niin tässä opinnäytetyössä keskitytään vain niihin vaaroihin, mitä turvalaitteiden lisäämisellä voidaan parantaa.

Arvioinnin tuloksia ja havaittuja turvallisuuteen liittyviä asioita hyödynnettiin suunnittelun apuna koko projektin ajan. Ennalta havaitut puutteet helpottavat suunnittelutyötä ja mahdollistavat oikeiden menetelmien käytön niiden ehkäisemiseksi. Riskiarviointi onkin oivallinen työkalu koko prosessin aikana. Riskiarvioinnin suorittaminen myös ennen suunnitelman toteutusta voi tuoda esiin uusia näkökulmia, mitkä olisi huomattu vasta toteutuksen jälkeen. Parannustyön jälkeinen riskiarviointi antaa suunnittelijalle hyvää palautetta siitä, kuinka hyvin parannuksessa onnistuttiin sekä tarvitseeko vielä toteuttaa lisämuutoksia.

7 Turvallistamisen suunnittelu

Turvallistamista lähdin suunnittelemaan tarkastelemalla riskiarvioinnin tulokset. Tuloksissa kävi selvästi ilmi sahatavaralaitoksen koneiden vaarallisuus. Vaaranpaikkoja löytyy lähes jokaisesta koneen osasta. Aloitin suunnitteluprosessin muodostamalla itselleni karkean kuvan, miten ja millä tavalla turvallistaminen voitaisiin toteuttaa. Erilaisia tapoja oli valtavasti.

Koneyhdistelmä aidattaisiin soveltuvin osin. Paikkoihin, joihin olisi tarve päästä käyttäjillä tai kunnossapidolla asennettaisiin valoverho tai turvaovi. Turva-aita olisi pääasiallinen este päästä vaarallisten liikkuvien osien luokse, koska se mahdollistaa huomattavasti lyhyemmän turvaetäisyyden kuin esimerkiksi valoverho. Sitomo on kuitenkin erittäin ahdas ja tarvittavaa tilaa vaadittaville turvaetäisyyksille on vähän. Tarvittavia aukkoja turva-aitaan tulisi muodostaa riittävästi, jotta työskentely koneella ei vaikeutuisi sen alkuperäisestä tasosta.

Suunnitteluprosessin helpottamiseksi loin itselleni työjärjestyksen, missä järjestyksessä lähtisin asiaa purkamaan. Ensin tulisi selvittää edellytykset turvajärjestelmän lisäämiseksi olemassa olevaan koneeseen: onko tilaa turvalaitteille? millä tavalla katkaistaan energiansyöttö? Vaikuttaako turvapiirin katkeaminen nykyiseen automaation toimintaan? Voidaanko turva-automaation osalta käyttää jo olemassa olevaa logiikkaohjainta?

Näiden tietojen selvittämisen jälkeen pystyin luomaan karkean suunnitelman, miten ja millä tavalla turvallistamista lähdetään toteuttamaan. Sitomo pitäisi jakaa eri turva-alueisiin, jotta turvallistaminen vaikuttaisi vähiten haittaavasti tuotantoon. Turvallistamisen tarkoituksena on edistää työturvallisuutta eikä aiheuttaa kielteisiä tuntemuksia turvallisuutta kohtaan käyttäjissä. Olemassa oleva järjestelmä on vuodelta 1993, jolloin nykyaikaisia koneturvallisuusmääräyksiä ei ollut. Turvallistamisen ajatuksena oli tuoda sitomon turvallisuus nykytasolle noudattamalla uusia määräyksiä.

Turvallistamistapojen suunnittelu vei aikaa ja monia asioita piti käydä tarkistamassa paikan päällä useita kertoja. Pääsääntöisesti olemassa olevat dokumentit pitivät paikkansa, eikä tarvetta tarkempaan selvittelyyn ollut. Suunnittelua tehtiin normaalin työajan puitteissa.

7.1 Ohjausjärjestelmän ja turvalaitteiden valinta

Alkuperäisessä ideassa tarkoitus oli valita turvajärjestelmäksi Siemens Sirius -ohjelmoitava turvarele. Kuitenkin keskustellessani sähkö- ja automaatiopäällikön kanssa suunnitelma muuttui siten, että turvallistaminen tehtäisiinkin erillisellä turvalogiikalla. Turvalogiikka olisi helpommin laajennettavissa sekä paremmin integroitavissa olemassa olevaan järjestelmään. Turvalogiikka mahdollistaisi myös laajemmat ominaisuudet kuin ohjelmoitava turvarele.

Sitomon automaatio toimii tällä hetkellä Siemensin 400-sarjan logiikkaohjaimella, mutta siitä puuttuu kokonaan turvatoiminnallisuus. Vaihtoehdot olivat tässä kohtaa joko päivittää vanha logiikkaohjain uuteen tai lisätä kokonaan uusi logiikkaohjain hoitamaan turvallisuutta. Vanhan logiikkaohjaimen päivittäminen turvaominaisuudet sisältäväksi malliksi nähtiin tässä kohtaa liian hankalaksi verrattuna erilliseen ohjaimeen. Suurin osa nykyisistä tehtaan automaatiotoiminnoista on toteutettu Siemensin automaatiotuotteilla. Turva-automaatio-ohjaimeksi valikoitui jo tehtaalla käytössä oleva Siemens 1510SP F-1 PN, joka olisi helposti integroitavissa jo olemassa olevaan automaatio-ohjaimeen sekä PC-käyttöliittymään. Valintaa tuki myös olemassa oleva osaaminen ja kehitystyökalut kyseiselle järjestelmälle. Lisäksi tuotetuki ja saatavuus olisi parempi uudella 1500-sarjan logiikkaohjaimella kuin vanhalla turvaominaisuudet sisältävällä 400-sarjalaisella.

Ohjausjärjestelmän komponenttien valinnassa käytettiin apuna hyväksi koettujen komponenttien lisäksi juuri päivitettyä hankintaohjeistusta. Yhtenäistetyt varaosat muiden laitteiden kanssa pitävät varaosa kustannukset pienenä sekä takaavat, että kriittisiin prosessin osiin voidaan hätätapauksessa lainata osia vähemmän kriittisistä toiminnoista. Turvallistamiseen käytetyt turvalaitteet valittiin Sick:n valikoimista, jotka ovat ennestään tuttuja käyttäjille ja kunnossapidolle. Näitä turvalaitteita on jo ennestäänkin käytössä useassa koneessa ja niitä löytyy varaosina kattavasti omasta keskusvarastosta.

Turvalaitteiden suoritustaso määriteltiin tehdyn riskikartoituksen mukaan karkealla jaottelulla. Riskikartoituksessa lähes jokaisella alueella oli vaarana lievä tai vakava vammautuminen. Turvalaitteet valittiin siten, että ne täyttävät SIL 3 ja PLe -luokitukset. Turvalaitteiden suoritustaso tarkistettiin käyttämällä Sistema-ohjelmistoa. Liite 5. esittää Sistema-ohjelmistosta saadun raportin.

7.2 Turva-alueet

Sitomo jaettiin viiteen eri turva-alueeseen liitteen 3 mukaisesti. Turva-alueiden rajat muodostuivat ohjelman toiminnasta sekä muodostuvista loogisista kokonaisuuksista. Turva-alueita ovat paketin sidonta-alue, arvostelukuljettimen alue, muovituslaitteisto, peitteensidontapaikka sekä ulostulokuljettimien alue. Käyttämällä ohjelmasta löytyviä paketsiirtorajoja saadaan minimoitua mahdolliset ongelmat turvapiirin katkeamisesta ja toiminnan uudelleen jatkamisesta. Useat turva-alueet mahdollistavat muiden alueiden toiminnan jatkumisen, vaikka esimerkiksi peitteensidontapaikalla olisi turvapiiri katkaistu henkilöstön toiminnan takia.

7.3 Sähkö- ja automaatio suunnittelu

Sähkösuunnitteluun käytin jo työssä käyttämäni CADMATIC-ohjelmiston perusversiota. Perusversio ei mahdollista tietokantapohjaista suunnittelua eikä omaa layout suunnitteluun tarvittavia työkaluja. Suunnittelu tapahtui pitkälti luomalla tarvittavia symboleita itse.

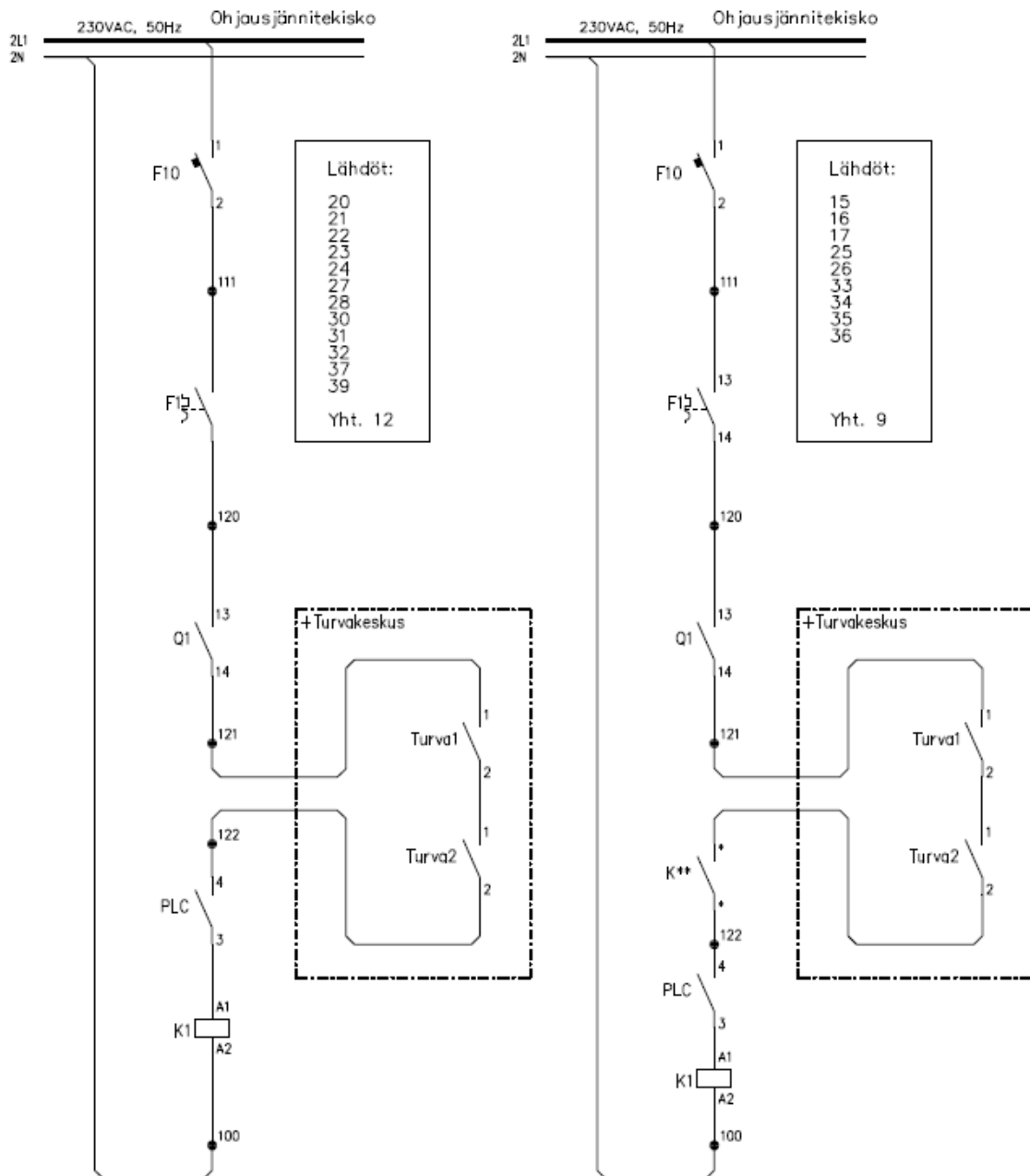
Turvallistamisen suunnittelun aloitin muodostamalla koneen layout-piirroksen turva-alueet sekä sijoittamalla sinne turvalaitteet ja ohjauspisteet. Layout-kuvaan valitut turvalaitteet lisättiin Excel-taulukkoon (liite 4.), johon oli helppo lisätä tarvittava IO-tieto tulevaa automaatiojärjestelmää varten. Excel taulukkoon täytettiin myös tiedot turvalaitteen valmistajasta ja tyypistä. Valmistunut layout-kuva toimisi suunnitelman edetessä hyvänä pohjana piirikaavion ja turva-automaation suunnittelussa. Ennen toteutusvaihetta joudutaan todennäköisesti vielä joitakin asioita muuttamaan. Tosielämässä turvalaitteiden tai mykistysantureiden sijoitus jo olemassa olevan laitekokonaisuuden osaksi ei aina ole täysin mahdollista suunnitelman mukaan. Hyväksytin ja tarkistutin layout-kuvan kunnossapidon päälliköiden kanssa ennen kuin jatkoin suunnittelua.

Olemassa olevien lähtöjen turvallistamiseen oli rajallisesti vaihtoehtoja. Vanhassa ohjauskeskuksessa ei ollut tilaa lisätä uusia komponentteja, niinpä käyttöjen ohjaussignaali päätettiin tuoda turvakeskukselle. Suurimmassa osassa lähtöjä ohjaussignaalin katkeaminen katkaisee sähköt taajuusmuuttajalta. Turvakeskuksella ohjaussignaalia katkotaan kontaktori parilla, jota turvalogiikka ohjaa ja valvoo. Pysäytystapa vastaa pysäytysluokkaa 0, jossa

energia katkaistaan liikettä aiheuttavalta koneen osalta välittömästi. Turvallistamistapa on esitetty kuvassa 5.

Turvajärjestelmän ohjauksessa toimisi Siemensin turvalogiikka. Exceliin kerättyjen tietojen avulla turvalogiikalle tarvittavien korttien sekä tarvikkeiden määritys kävi helposti Siemens TIA Selection Toolin avulla. Työkalu antoi lopuksi listan tarvittavien korttien määristä sekä tarvikkeista. Näiden tietojen avulla oli helppo aloittaa turva-automaatiokaapin piirikaavioiden piirtäminen. Piirikaavioiden piirroksessa noudatin omaa hyväksi havaittua tapaa piirtää, joka mukaillee tasaamon laitteiden piirikaavioita. Turvamoduuleiden piirtäminen aiheutti hieman mietintää, miten ne voitaisiin esittää selkeästi. Piirikaaviokuva hiottiin muutamaan otteeseen sähkö- ja automaatiopäällikön kanssa. Lopuksi kuva tarkastettiin yhdessä sähkökunnossapidon esimiehen ja sähkö- ja automaatiopäällikön kanssa. Liitteessä 1. on valmistunut piirikaavio.

Piirikaavioiden valmistuttua aloitin suunnittelemaan keskus-layoutia (liite 2). Johtuen piirto-ohjelman perusversiosta tämä vaihe oli kohtuullisen työläs. Jokainen komponentti tuli piirtää itse ja mitään valmista ei ollut. Ohjauskaapin layout suunniteltiin väljästi mahdollista laajentamista silmällä pitäen.



Kuva 5. Turvallistamistapa

Automaatiosuunnittelu aloitettiin muodostamalla TIA-projekti. Projektissa käytettiin TIA Portal versiota 16, johon käytössäni on ohjelmointilisenssin lisäksi myös turvalisenssi. Projektin lisätyksi käytetty turvalogiikka sekä määritellyt IO-kortit. Korttien kanaville annettiin sähkösuunnittelun mukaiset osoitteet ja nimitykset. Ohjelmakoodin tekeminen aloitettiin luomalla turvatoiminnallisuudet.

Turvatoiminnallisuudet on jaettu hätäseis-toimintoon sekä eri turva-aluekohtaisiin toimintoihin. Kaikki turvatoiminnot pyörivät yhdessä turvalohkossa. Yhdellä turva-alueella

olevat turvalaitteet pysäyttävät vain kyseisen alueen. Hätäseistoiminto pysäyttää kaikki sitomon alueet. Kahden turva-alueen rajalla olevat turvalaitteet vaikuttavat molempiin turva-alueisiin.

Olemassa olevan Siemens S7-400 -logiikkaohjaimen ja turva-automaation välinen kommunikointiohjelma rakennettiin logiikan ei-turva puolelle. Logiikkaohjaimet kommunikoivat Ethernet-yhteyden ylitse. Turvalogiikka lähettää turvapiiritiedot sekä -häiriöt vanhalle logiikkaohjaimelle, josta ne välitetään automaatiojärjestelmän käyttöliittymälle. Turvapiiritietoja käytetään myös nykyisten ohjausten poiskytkemiseen, vaikka nämä eivät varsinaisesti täytä turvaluokiteltujen ohjausten määritelmää sellaisenaan. Vanha logiikka lähettää vuorostaan lähtöjen ohjaustiedot turvalogiikalle muun muassa mykistystoimintoa varten. Mykistysanturit ovat toiminnassa vain silloin, kun esimerkiksi kuljetinta ajetaan automaattilla tai käsin. Tämä lisää valoverhovalvonnan luotettavuutta.

Turva-automaatio-ohjaimen tehtiin vielä tarpeellinen määrä operointipisteitä varten. Operointipiste kattaa turvapiirin kuittauspainikkeen sekä indikoinnin. Yksittäinen operointipiste vaikuttaa vain lähimpään turvapiiriin ja sen turvalaitteisiin. Hätäseispiiriin voi kuitata vain ajurin ohjauspulpetissa olevasta kuittauspainikkeesta. Indikoinnin merkkivalo syttyy, jos turvapiiri on lauennut. Alustava ohjelmakoodi on esitetty liitteessä 6.

8 Yhteenveto

Tämä projekti oli erittäin mielenkiintoinen ja sain oppia erittäin paljon koneturvallisuuden perusteista. Projektin edetessä tuli huomattua kuinka laaja asia koneturvallisuus voikaan olla. Huomioitavia asioita on erittäin paljon ja yksinkertaisenkin turvallisamisprojektin suunnittelu vie mahdottomasti aikaa ja ajatustyötä. Vanhan koneen turvallisaminen aiheuttaa myös omanlaisia haasteita. Esimerkiksi onko tilaa uusille turvalaitteille? Saadaanko turvalaitteiden toiminta sellaiseksi, joka ei aiheuta harmitusta käyttäjissä?

Koneturvallisuuden parantamisen perimmäinen idea on kuitenkin luoda turvallisempi työpaikka kaikille koneen käyttäjille. Turvallisamisen jälkeen koneen käyttö tulee olla yhtä sujuvaa kuin ennen sitä.

Turvallisamisen alustava suunnitelma kokee todennäköisesti vielä monia pieniä muutoksia, ennen kuin se toteutuu konkreettisesti. Muodostettua suunnitelmaa tulisi vielä arvioida täyttääkö se vaadittavan ja halutun turvallisuustason. Käytännössä haasteita muodostuu sitomon hankalista ja ahtaista paikoista. Saadaanko esimerkiksi turvalaitteet sijoiteltua sopivasti suunnitelluille paikoille. Alustava suunnitelma on kuitenkin hyvä pohja lähteä miettimään kannattaako sen perusteella tehdä turvallisaminen. Projektin ajatuksena oli kuitenkin luoda helposti toteutettava, hyvän diagnostiikan omaava ja nykyaikaisia turvallisuusmenetelmiä hyödyntävä kokonaisuus.

Ohjelmoitavan turvalogiikan avulla tehtävä turvallisaminen on helppo tapa toteuttaa monimutkaisen järjestelmän turvallisaminen. Kun itse turva-automatiikka on asennettu paikoilleen, pystytään turvallisamista tekemään mahdollisuuksien mukaan, vaikkapa pala kerrallaan. Laajan turvajärjestelmän tekeminen vaatii aikaa ja resursseja. Turva-automatiikan avulla myöhempi turvallisuuden integroiminen on myös helpompaa. Esimerkkinä vaikka tilanne, jossa vanha taajuusmuuttaja uusitaan STO-toiminnon sisältäväksi. Tällöin turvallisen poiskytkennän voi hoitaa suoraan taajuusmuuttajalle ja erillinen kontaktori ohjaus voidaan jättää pois. Uusi taajuusmuuttaja mahdollistaa usein myös väyläpohjaisen turvallisuusratkaisun.

Tasaamon tapauksessa samaa turvalogiikkaa voidaan hyödyntää myös muiden tasaamon osien kanssa. Turvalogiikkaan asennetaan vain tarvittava määrä uusia hajautusyksiköjä.

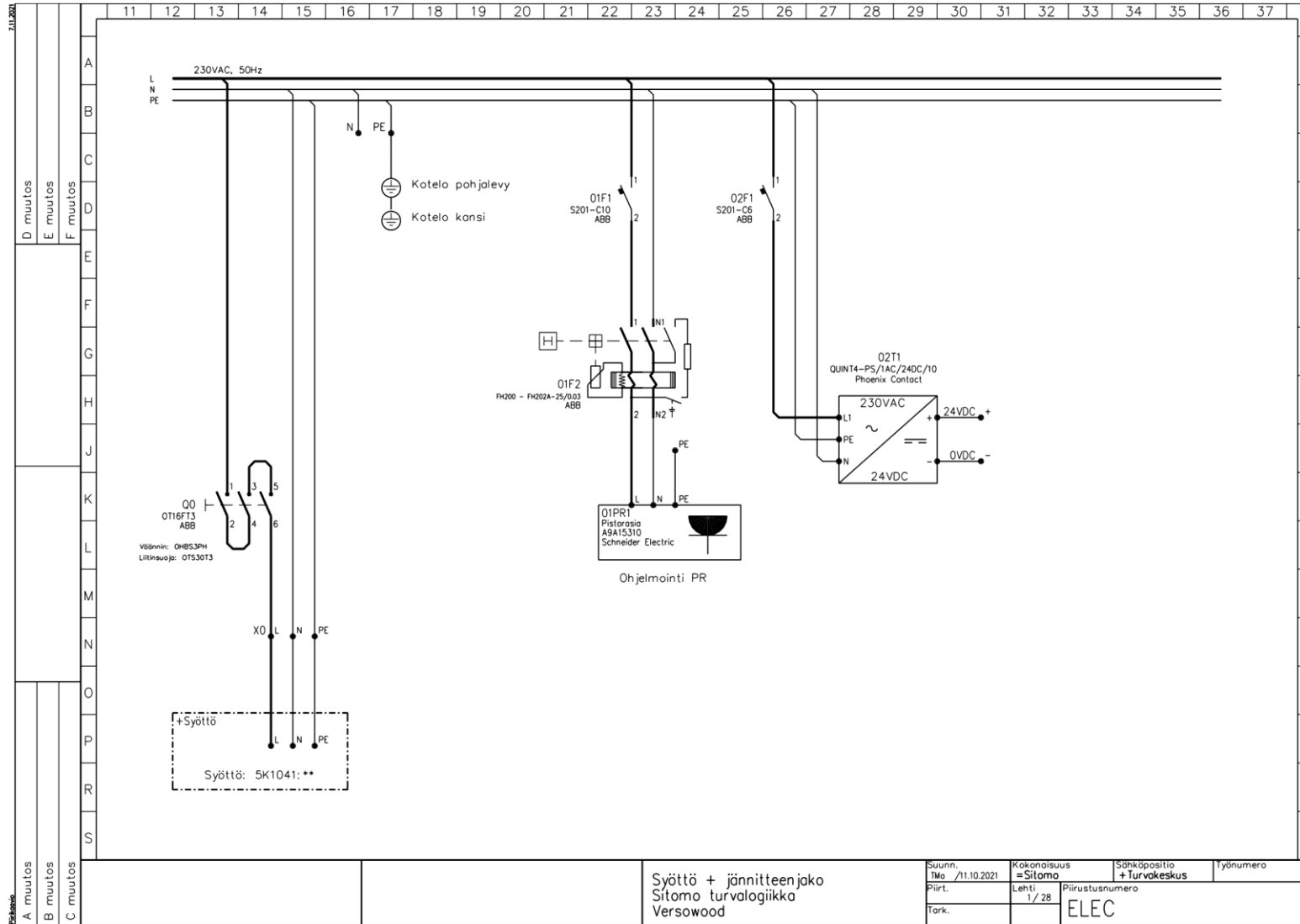
Tästä opinnäytetyöstä saadut tiedot ja taidot helpottavat jatkossa myös muiden tehtaan laitteiden turvallisuuteen tai sen parantamiseen liittyvissä asioissa. Loppujen lopuksi kaikkien yhteinen tavoite on luoda turvallisempi työympäristö työskennellä.

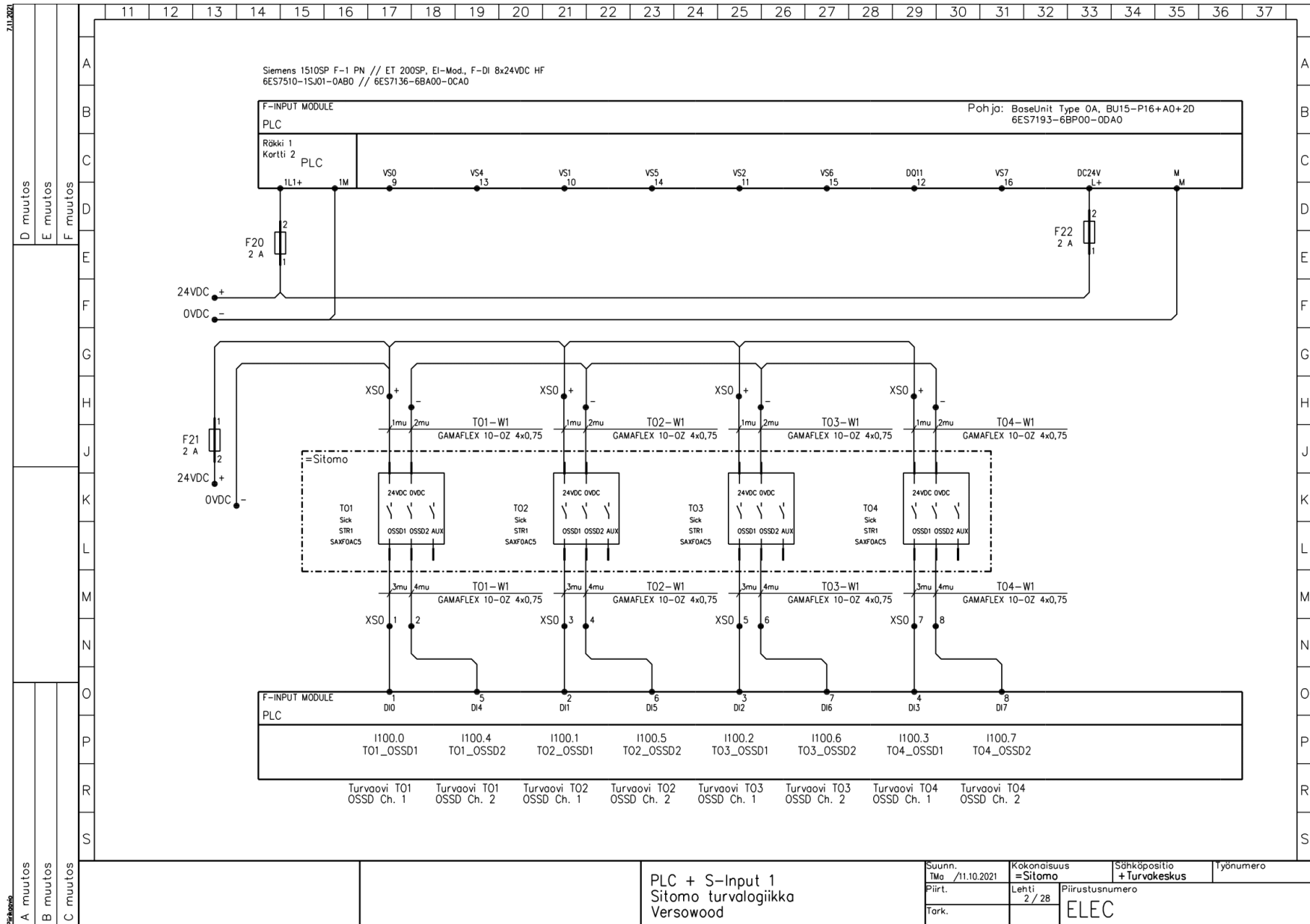
Lähteet

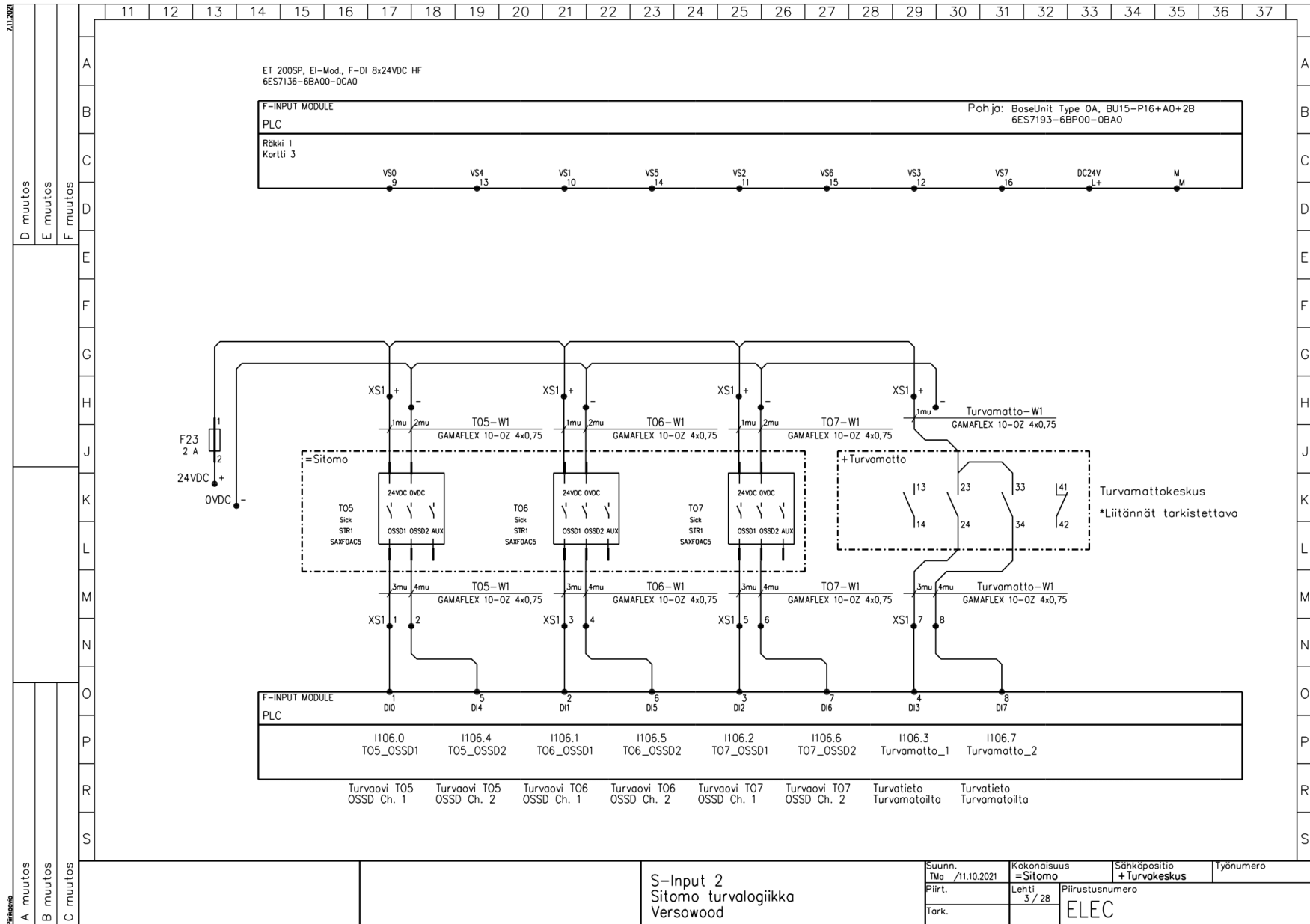
- Euroopan komissio. (2010). *Konedirektiivin 2006/42/EY soveltamisopas*. Haettu 26.9.2021 osoitteesta <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/>
- Kidman, M. (2020). *What exactly is a safety light curtain?* Haettu 16.10.2021 osoitteesta <https://www.sick.com/ag/en/what-exactly-is-a-safety-light-curtain/w/blog-definition-safety-light-curtain/>
- Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta 1016/2004.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041016>
- Malm, T., Maarit, K. & Risto, T. (1998). *Laajojen koneautomaatio-järjestelmien turvallisuus*. VTT Valmistustekniikka. Haettu 27.10.2021 osoitteesta <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/1998/T1938.pdf>
- Metsta. (2020). *Koneenrakentajan tärkeimmät standardit*. Haettu 27.10.2021 osoitteesta https://metsta.fi/wp-content/uploads/2020/10/Koneenrakentajan_t%C3%A4rkeimm%C3%A4t_standardit.pdf
- SFS-EN ISO 12100:2010. (2010). *Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen*. SFS Online.
- SFS-EN ISO 13849-1. (2015). *Koneturvallisuus. Turvallitukseen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet*. SFS Online.
- SFS-EN ISO 14119. (2013). *Koneturvallisuus. Suojusten kytkentä koneen toimintaan. Suunnittelu ja valinta*. SFS Online.
- Sick AG. (2015). *Guide for safe machinery - Six steps to a safe machine*. Haettu 6.11.2021 osoitteesta https://cdn.sick.com/media/docs/8/78/678/special_information_guide_for_safe_machinery_en_im0014678.pdf
- Siirilä, T. (2008a). *Koneturvallisuus - EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä*. Inspecta koulutus Oy.
- Siirilä, T. (2008b). *Koneturvallisuus 2008 (Uud. p.)* Inspecta koulutus Oy.
- Siirilä, T. (2009). *Koneturvallisuus. Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet*. Inspecta Koulutus Oy.
- Siirilä, T. & Kerttula, T. (2009). *Koneturvallisuuden perusteet*. Otavan Kirjapaino Oy.
- Siirilä, T. & Tytykoski, K. (2016). *Koneturvallisuuden käsikirja* (2. painos). Otavan Kirjapaino Oy.

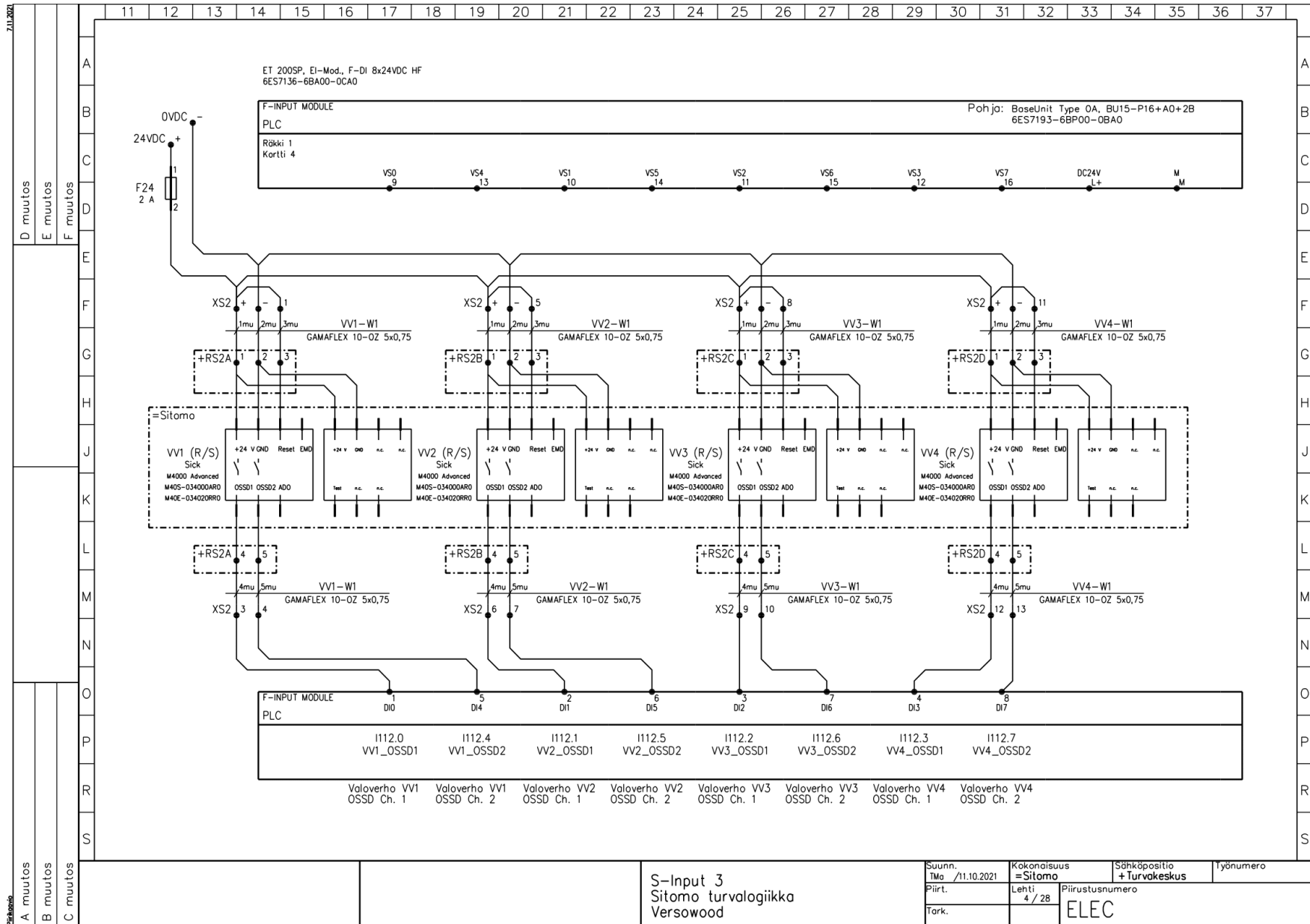
- Sosiaali- ja terveysministeriö. (2015). *Riskien arviointi työpaikalla – työkirja*. Haettu 17.10.2021 osoitteesta https://ttk.fi/files/2941/Riskien_arviointi_tyopaikalla_tyokirja_22052015_kerttuli.pdf
- Sundquist, M. (2019). *Artikkelisarja turvallisen koneen suunnittelusta - Osa 4: Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnittelu*. Haettu 29.8.2021 osoitteesta <https://metsta.fi/wp-content/uploads/2020/05/Turvallisen-koneen-suunnittelu-osa-4.-Turvallisuuteen-liittyvien-ohjausj%C3%A4rjestelmien-suunnittelu.pdf>
- Sundquist, M. (n.d.a). *Teollisuusautomaation standardit - Osio 7*. Haettu 29.8.2021 osoitteesta https://www.sesko.fi/files/99/osio_7.pdf
- Sundqvist, M. (n.d.b). *Teollisuusautomaation standardit - Osio 5*. Haettu 30.10.2021 osoitteesta https://www.sesko.fi/files/97/osio_5.pdf
- Suomen standardisoimisliitto SFS ry. (2016). *Koneturvallisuuden standardit*. Haettu 6.11.2021 osoitteesta <https://metsta.fi/wp-content/uploads/2020/05/Koneturvallisuusesite2016.pdf>
- Työturvallisuuslaki 738/2002. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>
- Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>
- Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403>
- Versowood Oy. (2021). *Tunnusluvut*. Haettu 6.11.2021 osoitteesta <https://www.versowood.fi/fi/konserni/tunnusluvut>

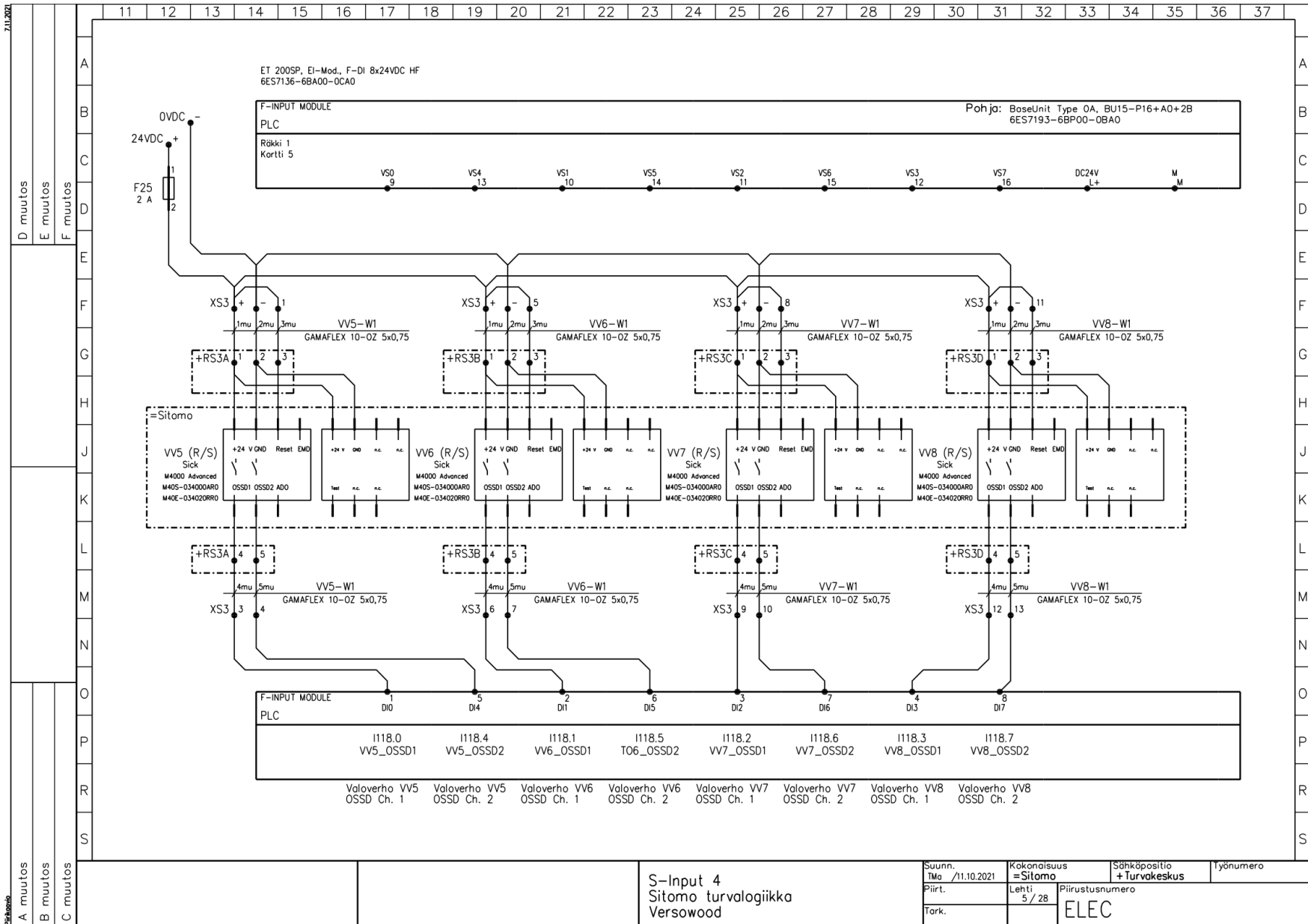
Liite 1: Piirikaavio







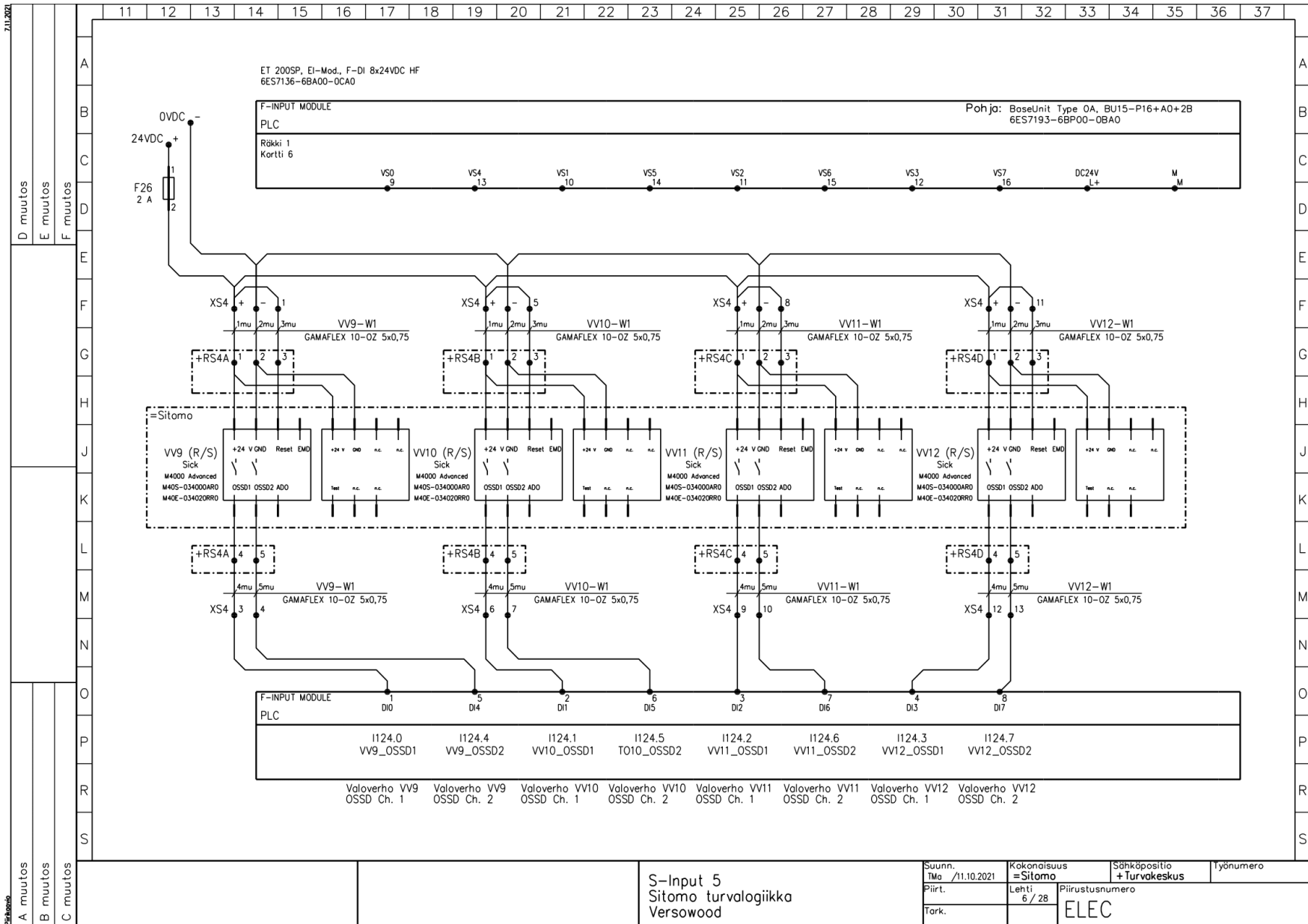


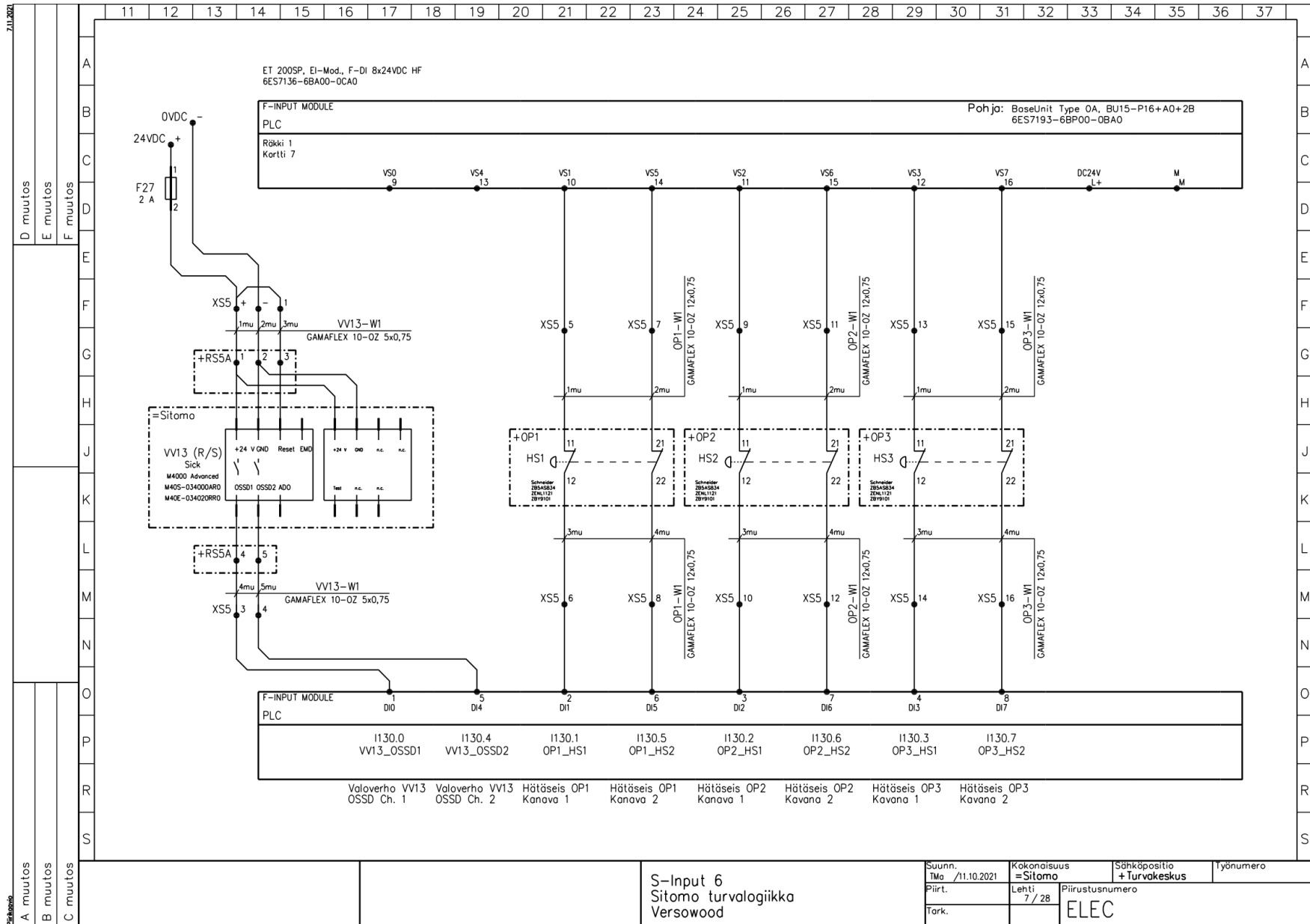


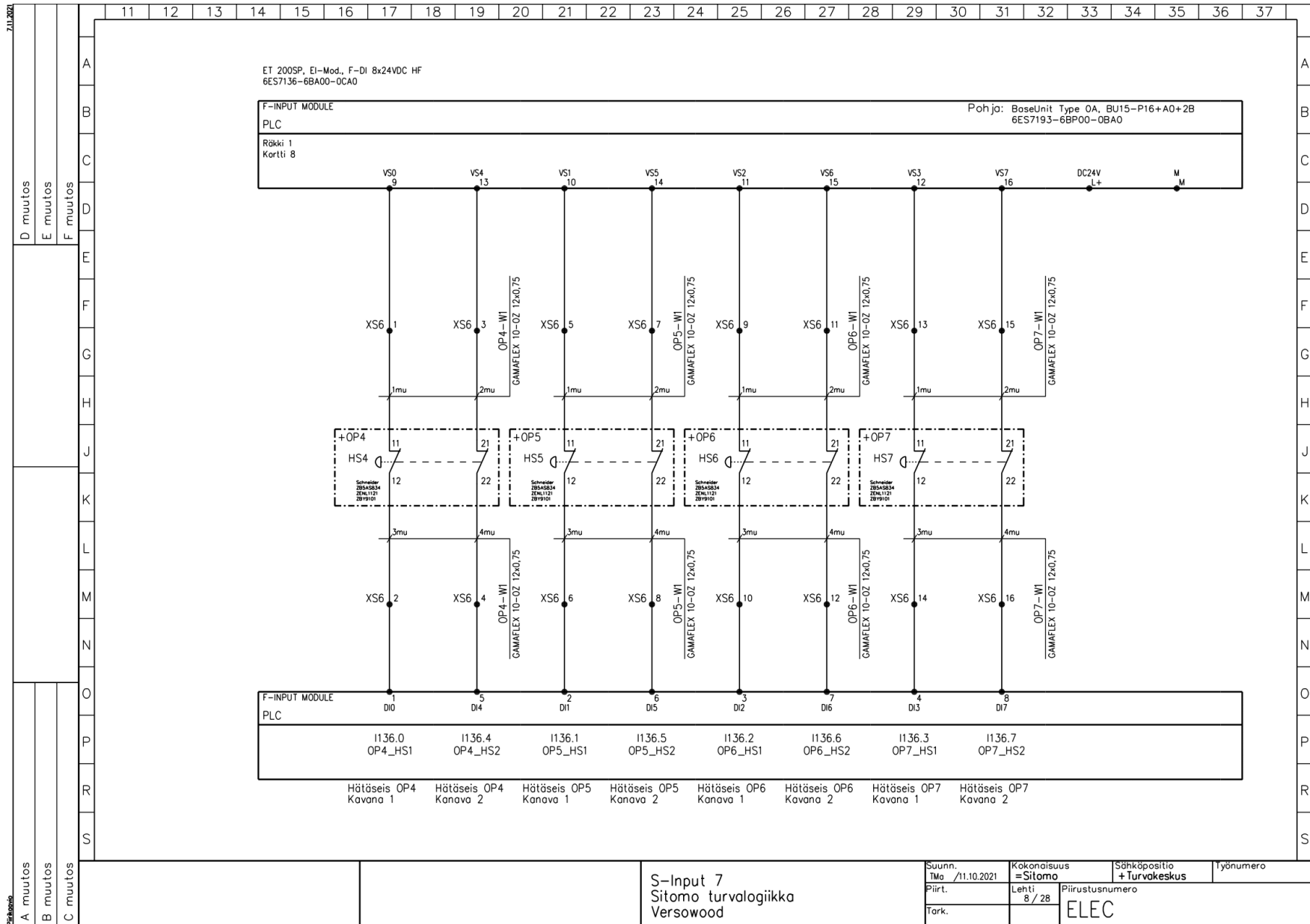
21.10.2021
A muutos
B muutos
C muutos

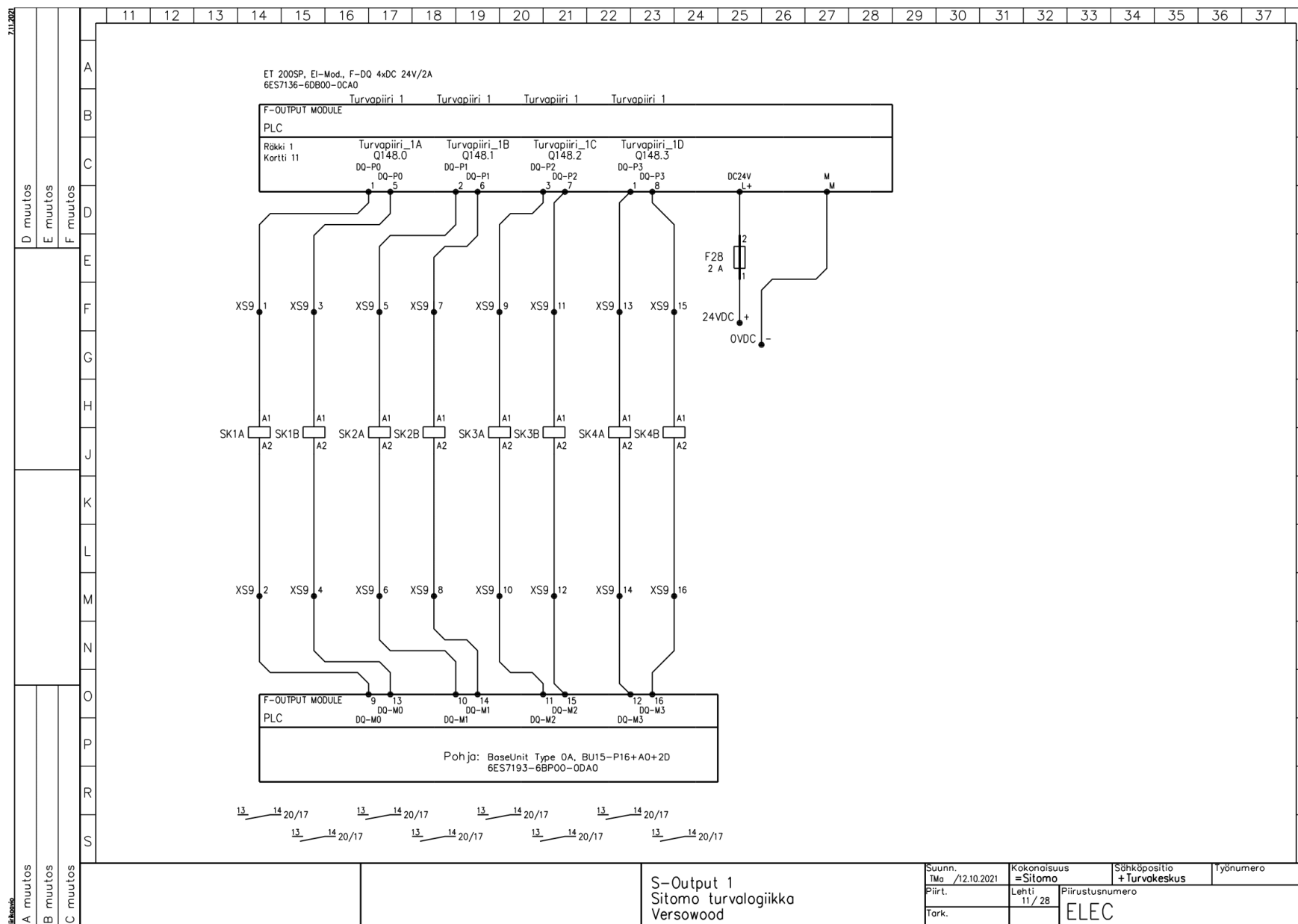
S-Input 4
Sitomo turvalogiikka
Versowood

Suunn. Tila /11.10.2021	Kokonaisuus =Sitomo	Sähköpostia +Turvakeskus	Työnumero
Piirt.	Lehti 5/28	Piirustusnumero	
Tark.	ELEC		



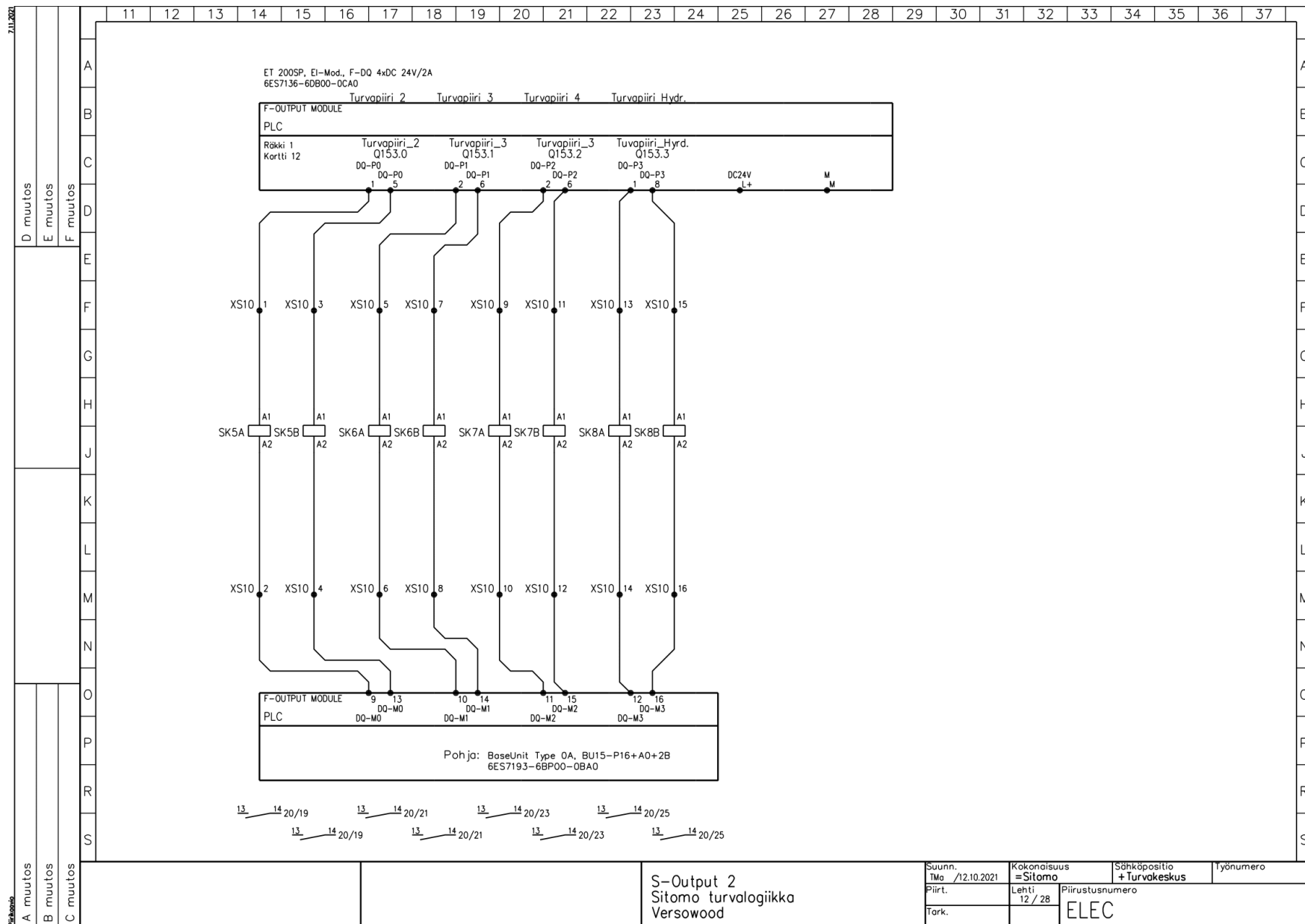






21.10.2021
D muutos
E muutos
F muutos
A muutos
B muutos
C muutos

A
B
C
D
E
F
G
H
J
K
L
M
N
O
P
R
S



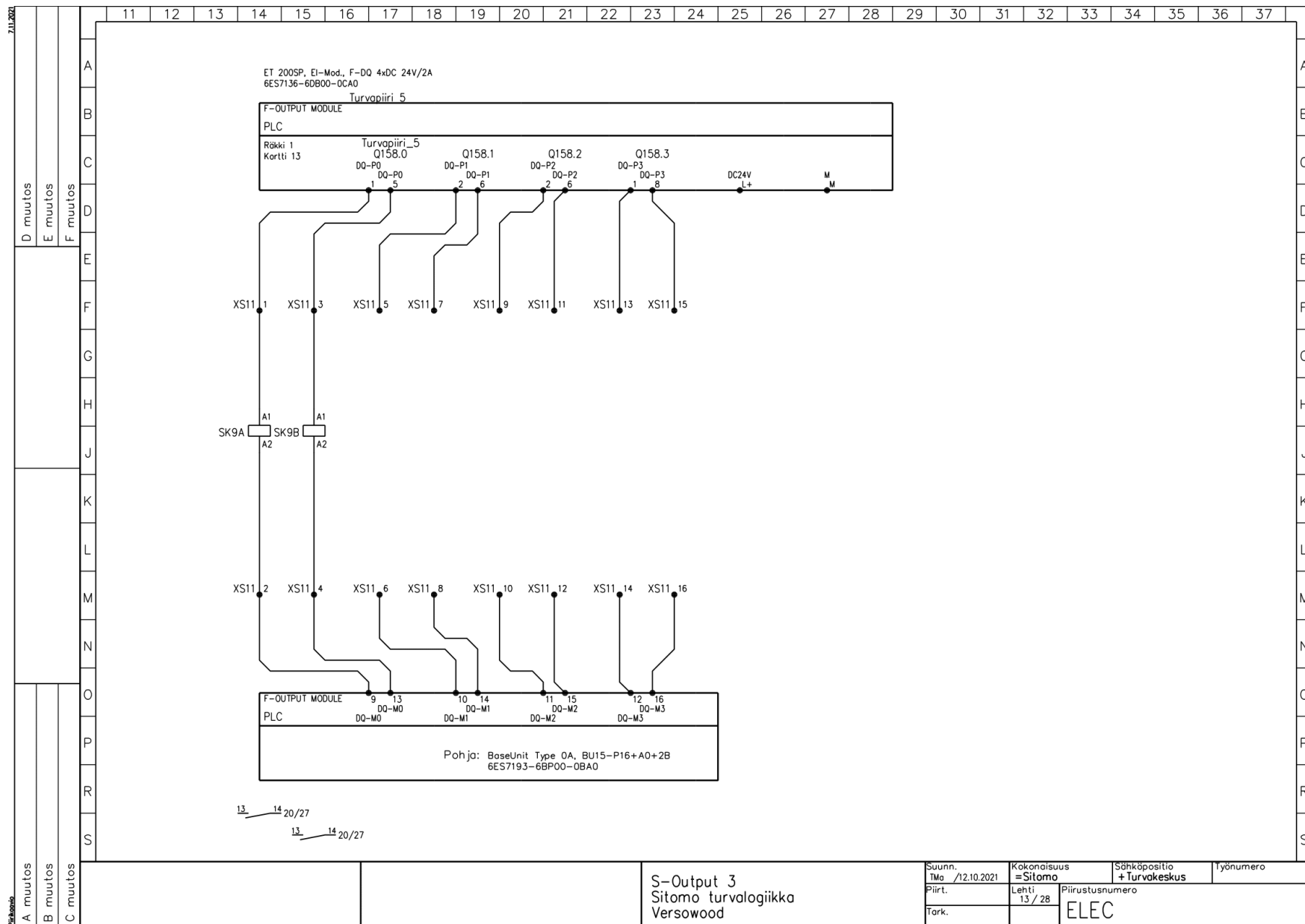
21.10.2021

D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos

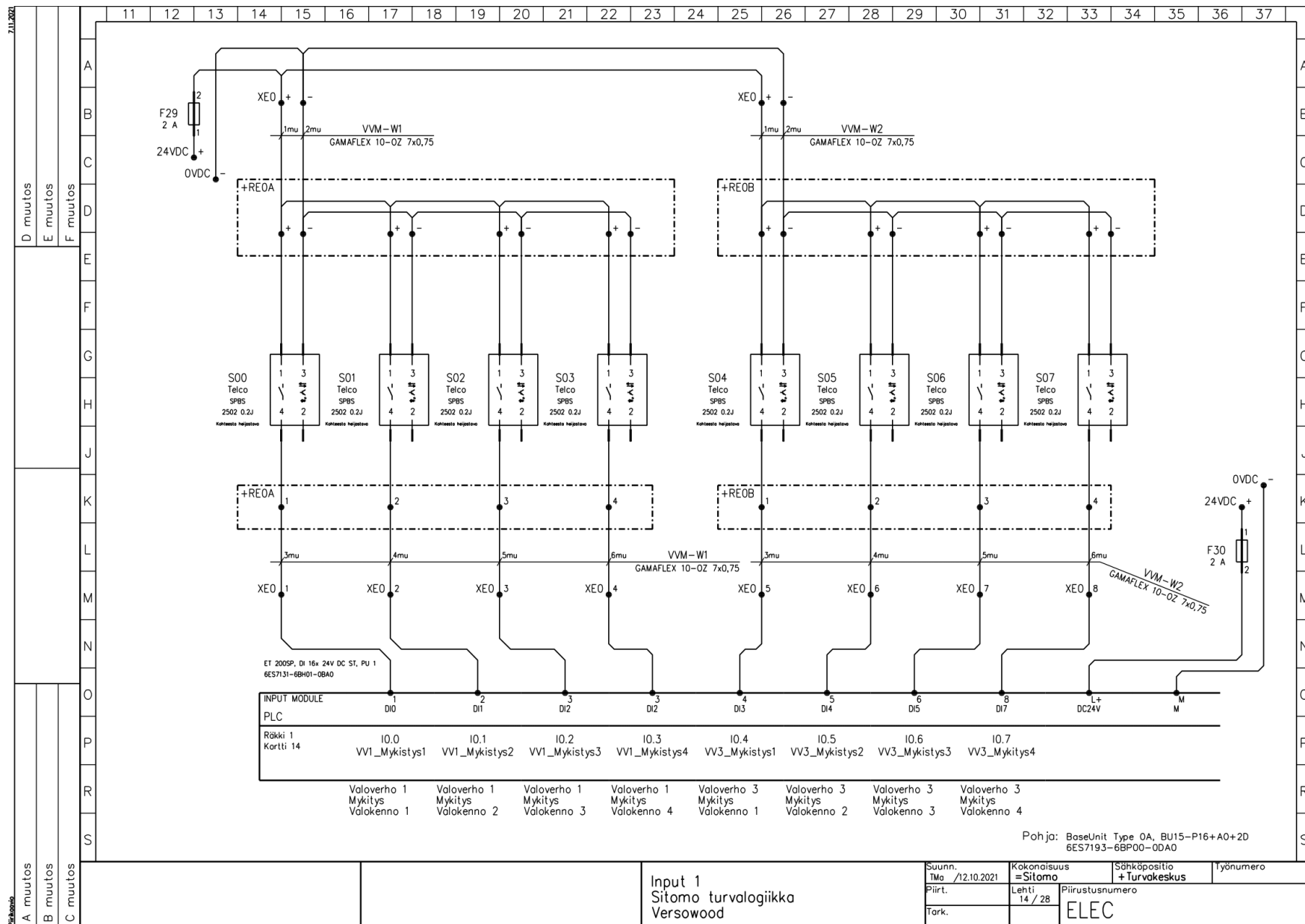
S-Output 2
Sitomo turvalogiikka
Versowood

Suunn. T/Ma /12.10.2021	Kokonaisuus = Sitomo	Sähköspositio + Turvakeskus	Työnumero
Piirt.	Lehti 12 / 28	Piirustusnumero	
Tark.		ELEC	



21.10.2021
D muutos
E muutos
F muutos
A muutos
B muutos
C muutos

A
B
C
D
E
F
G
H
J
K
L
M
N
O
P
R
S

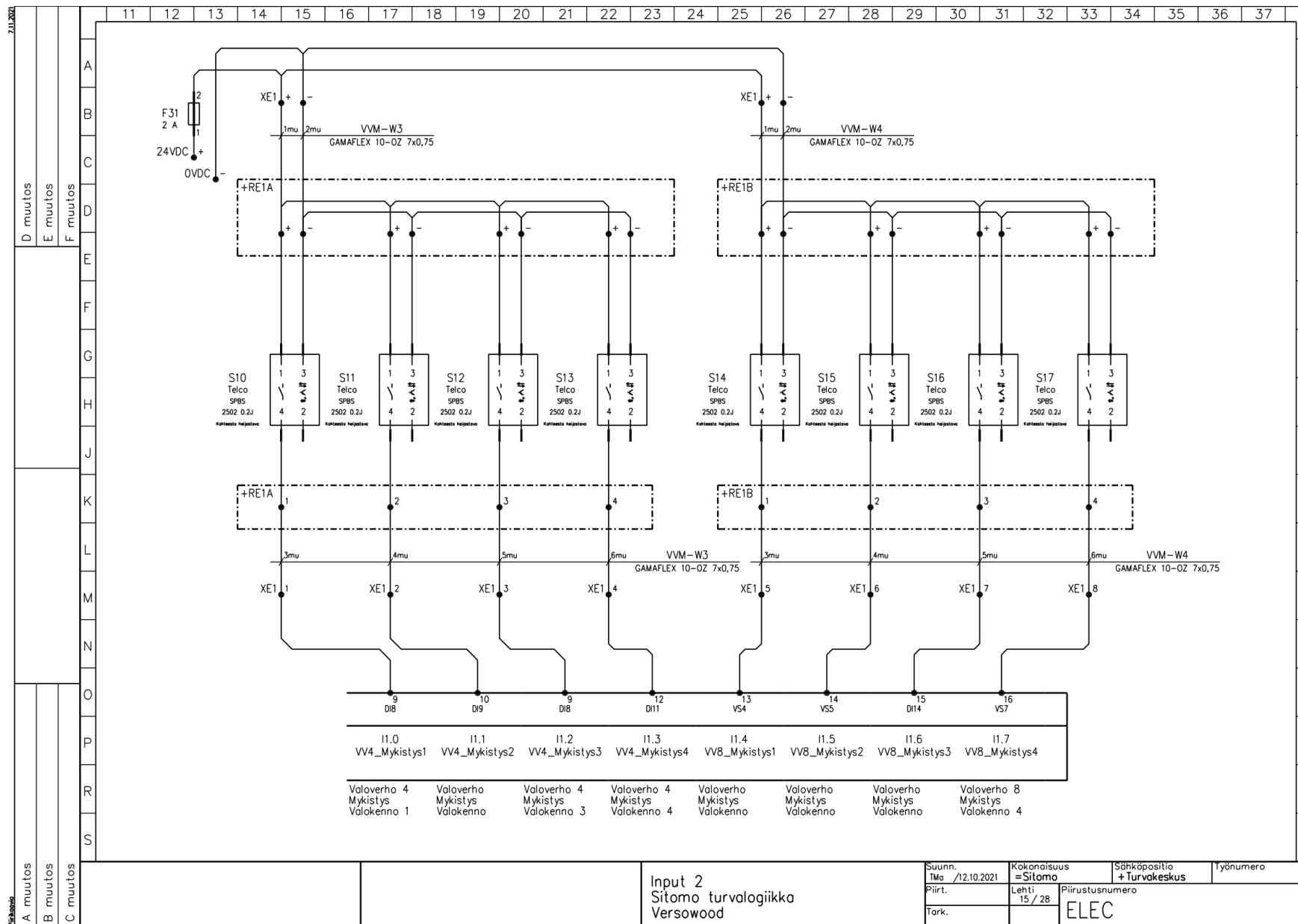


Pohja: BaseUnit Type 0A, BU15-P16+A0+20
6ES7193-6BP00-0DA0

Input 1
Sitomo turvalogiikka
Versowood

Suunn. T/Ma /12.10.2021	Kokonaisuus = Sitomo	Sähköpositio + Turvakeskus	Työnumero
Piirt.	Lehti 14 / 28	Piirustusnumero	
Tark.	ELEC		

A muutos
 B muutos
 C muutos
 D muutos
 E muutos
 F muutos
 G
 H
 J
 K
 L
 M
 N
 O
 P
 R
 S
 Piirros:

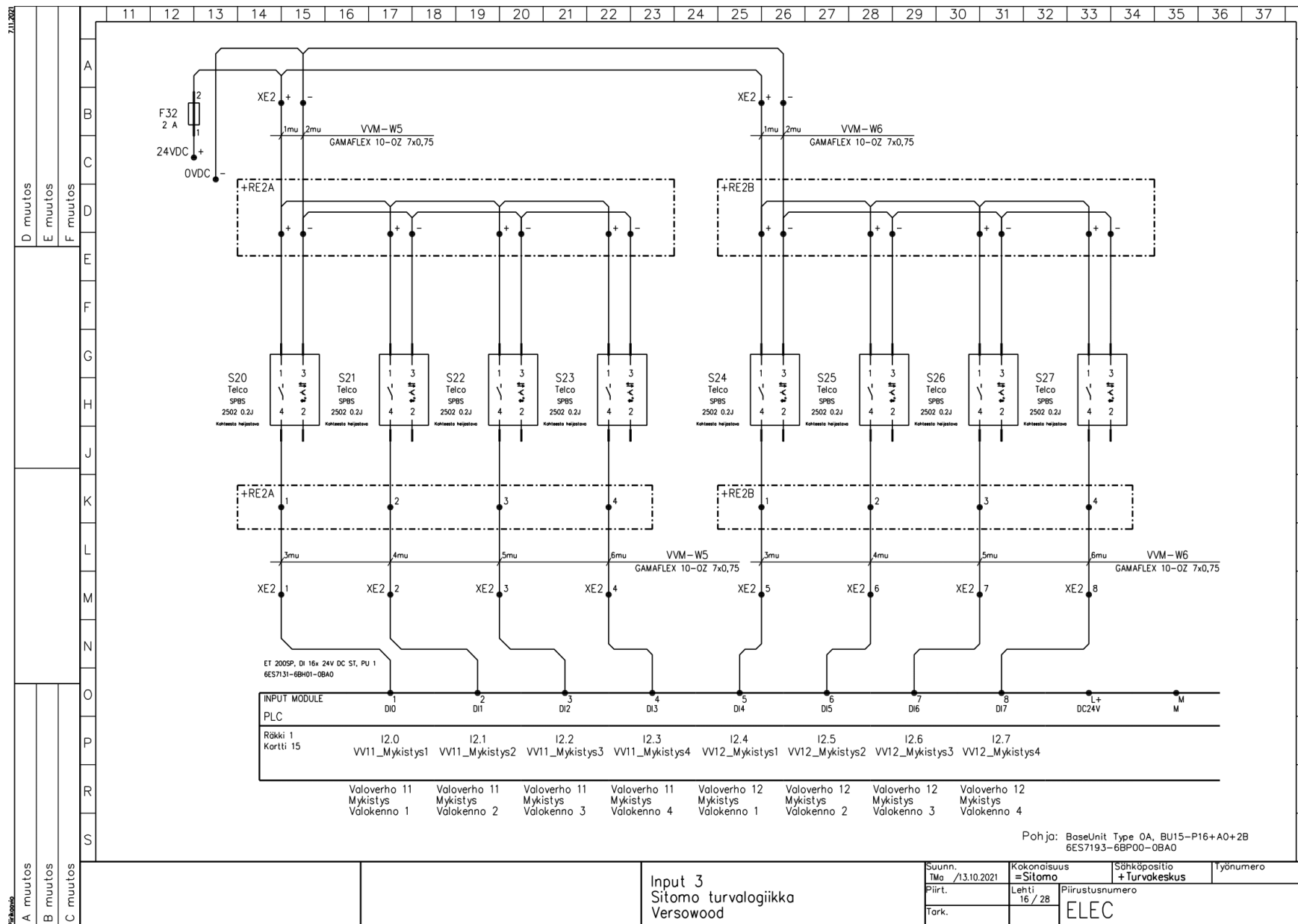


A muutos
 B muutos
 C muutos

D muutos
 E muutos
 F muutos

Input 2
 Sitomo turvalogiikka
 Versowood

Suunn. TMA /12.10.2021	Kokonaisuus = Sitomo	Sähköpositio + Turvakeskus	Työnumero
Piirt.	Lehti 15 / 28	Piirustusnumero	
Tark.	ELEC		

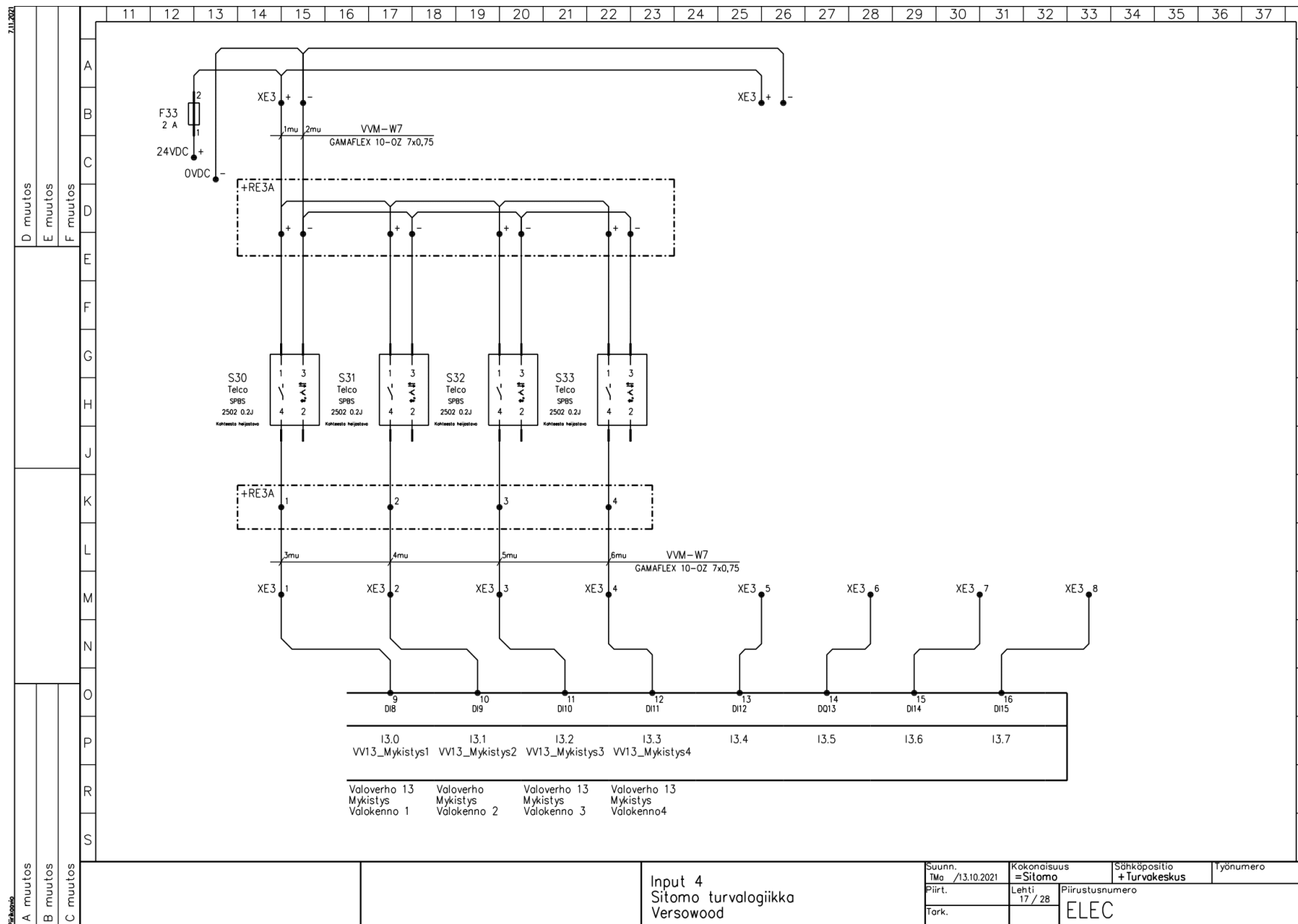


A muutos
B muutos
C muutos

D muutos
E muutos
F muutos

Input 3
Sitomo turvalogiikka
Versowood

Suunn. T/M /13.10.2021	Kokonaisuus = Sitomo	Sähköpositio + Turvakeskus	Työnumero
Piirt.	Lehti 16 / 28	Piirustusnumero	
Tark.		ELEC	

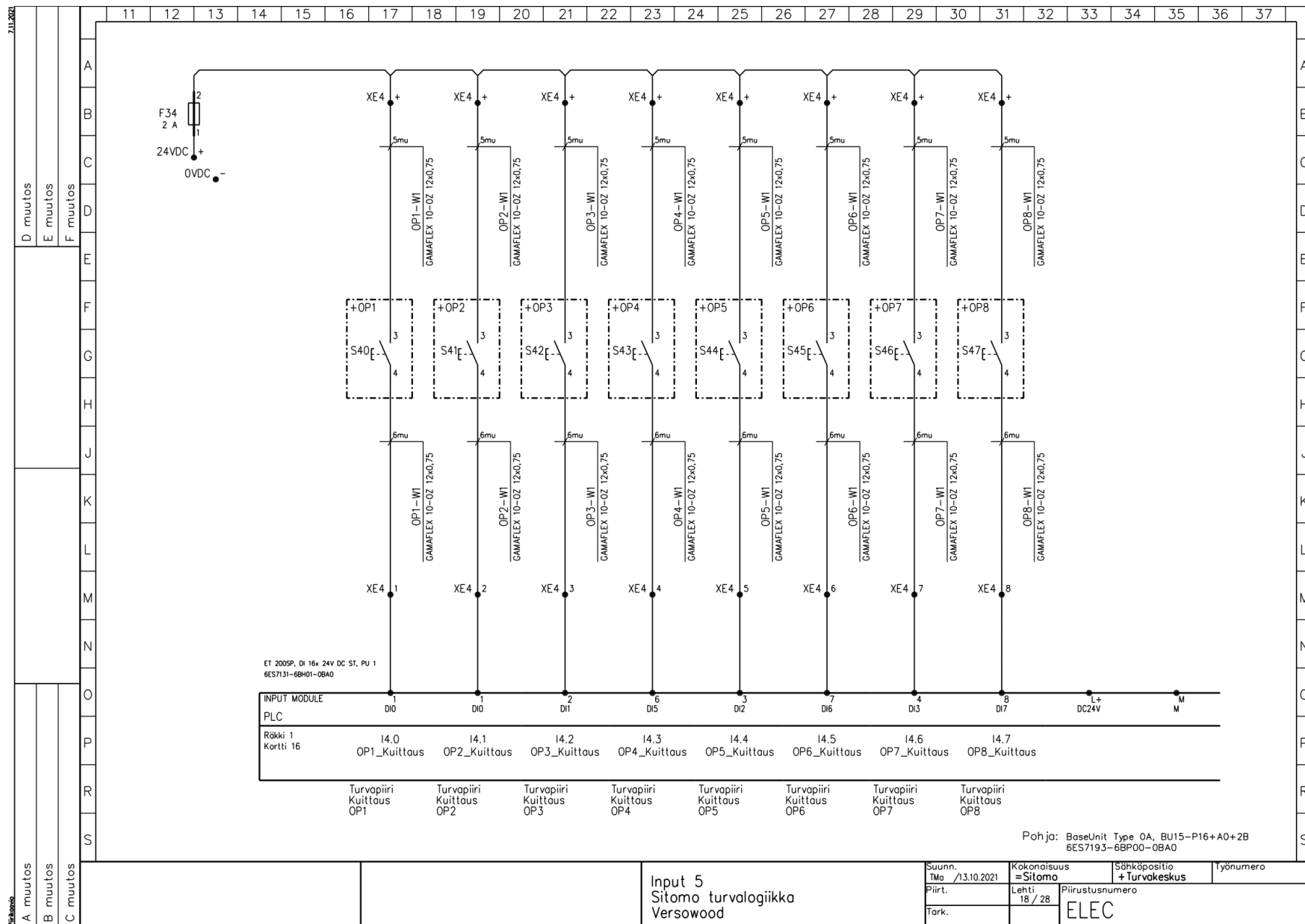


A muutos
 B muutos
 C muutos

D muutos
 E muutos
 F muutos

Input 4
 Sitomo turvalogiikka
 Versowood

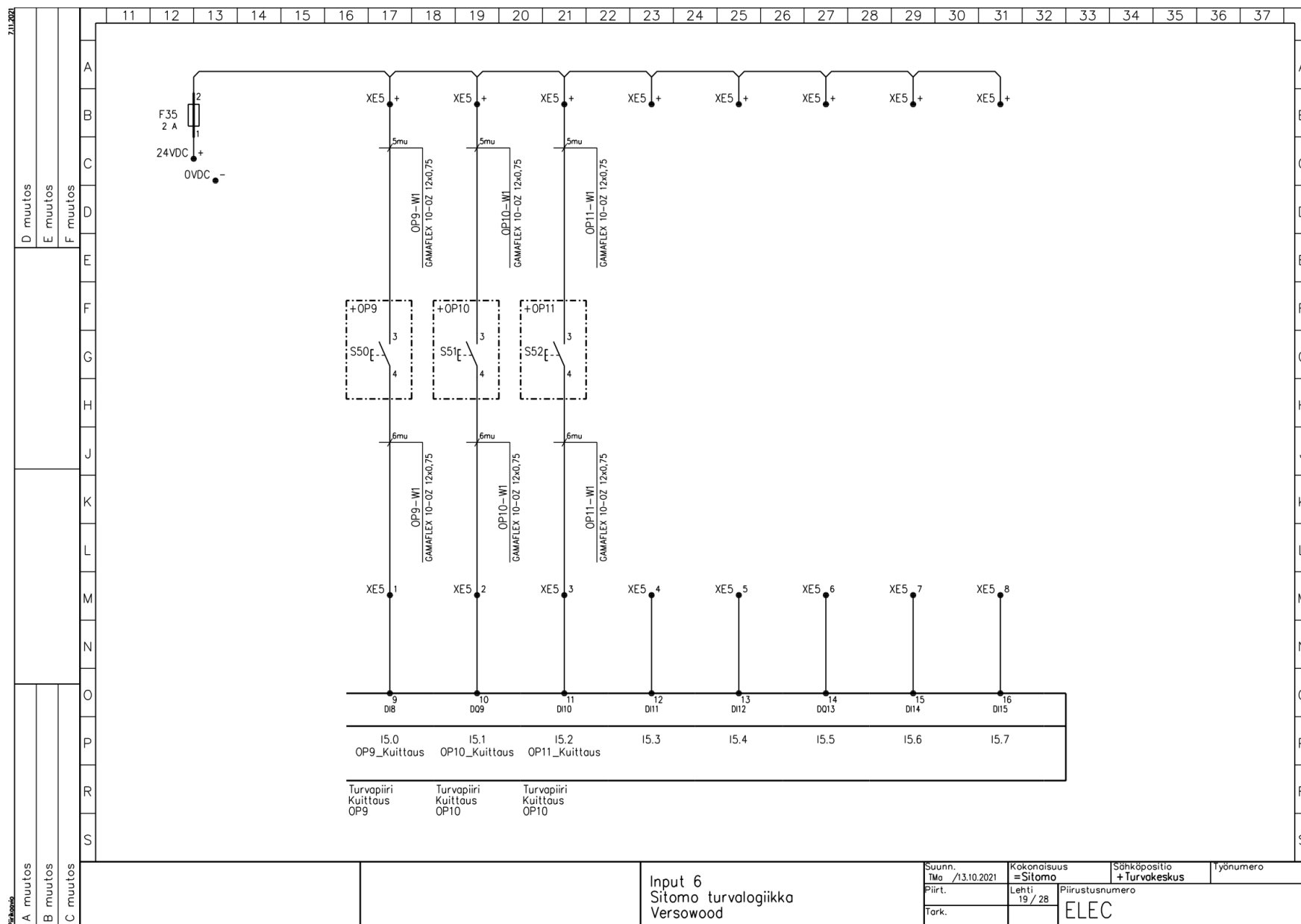
Suunn. Tm / 13.10.2021	Kokonaisuus = Sitomo	Sähköpositio + Turvakeskus	Työnumero
Piirt.	Lehti 17 / 28	Piirustusnumero	
Tark.		ELEC	



A muutos
 B muutos
 C muutos

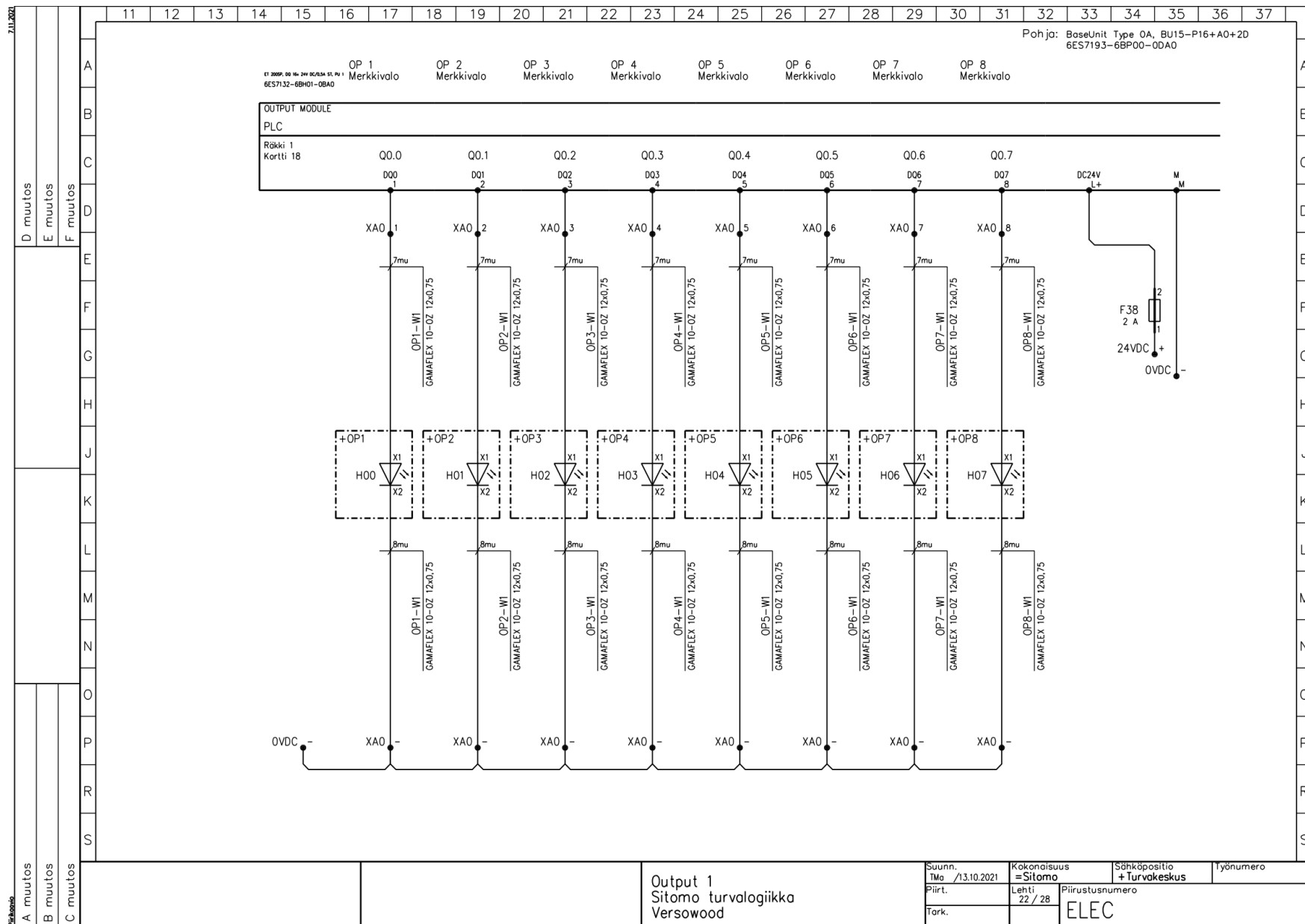
Input 5
 Sitomo turvalogiikka
 Versowood

Suunn. Tm / 13.10.2021	Kokonaisuus = Sitomo	Sähköpositio + Turvakeskus	Työnumero
Piirt.	Lehti 18 / 28	Piirustusnumero	
Tark.		ELEC	



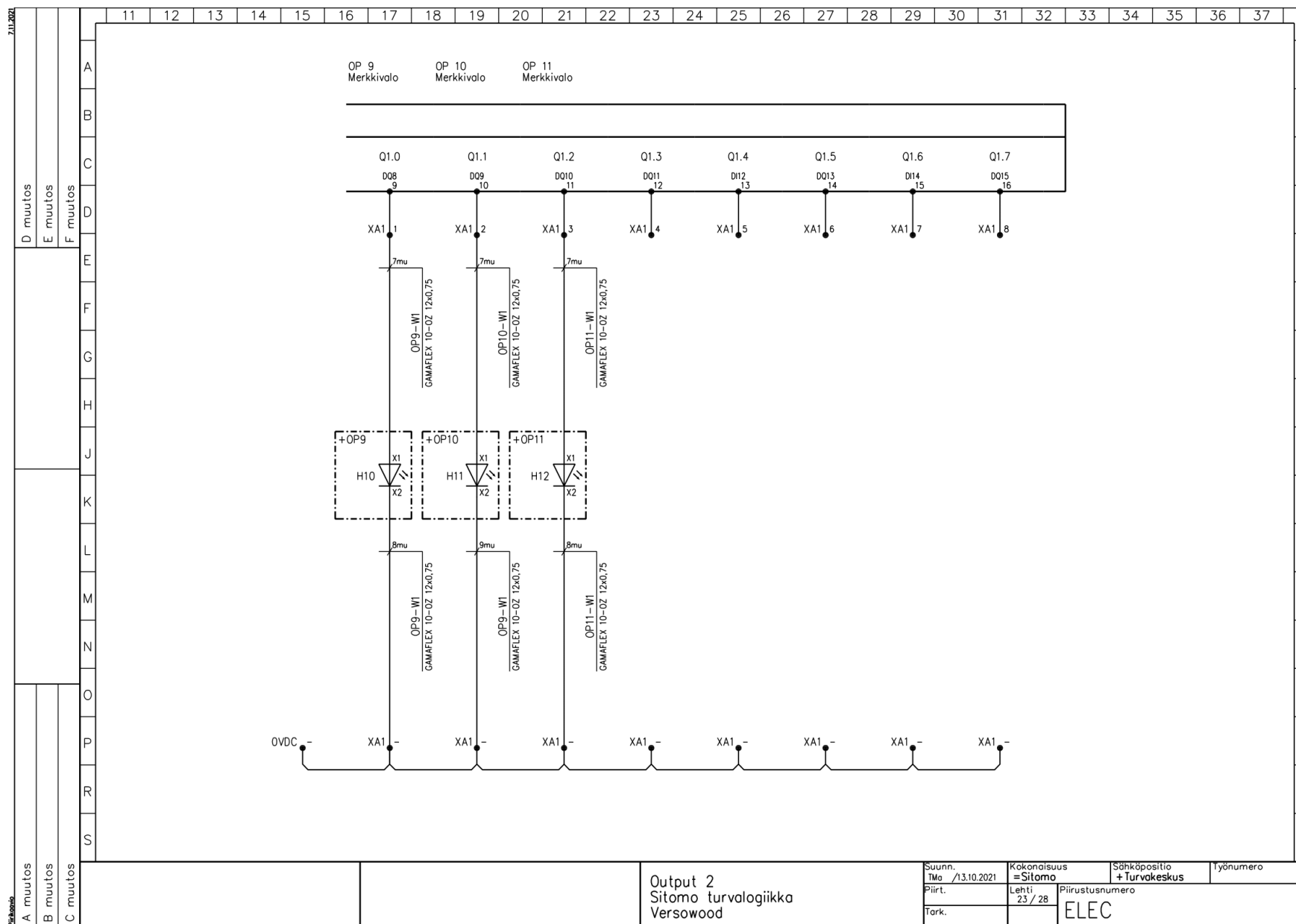
A muutos
 B muutos
 C muutos
 D muutos
 E muutos
 F muutos

Input 6
 Sitomo turvalogiikka
 Versowood



A muutos
 B muutos
 C muutos

Output 1 Sitomo turvalogiikka Versowood		Suunn. Tm / 13.10.2021	Kokonaisuus = Sitomo	Sähköpositio + Turvakeskus	Työnumero
Piirt.		Lehti 22 / 28	Piiustusnumero		
Tark.		ELEC			

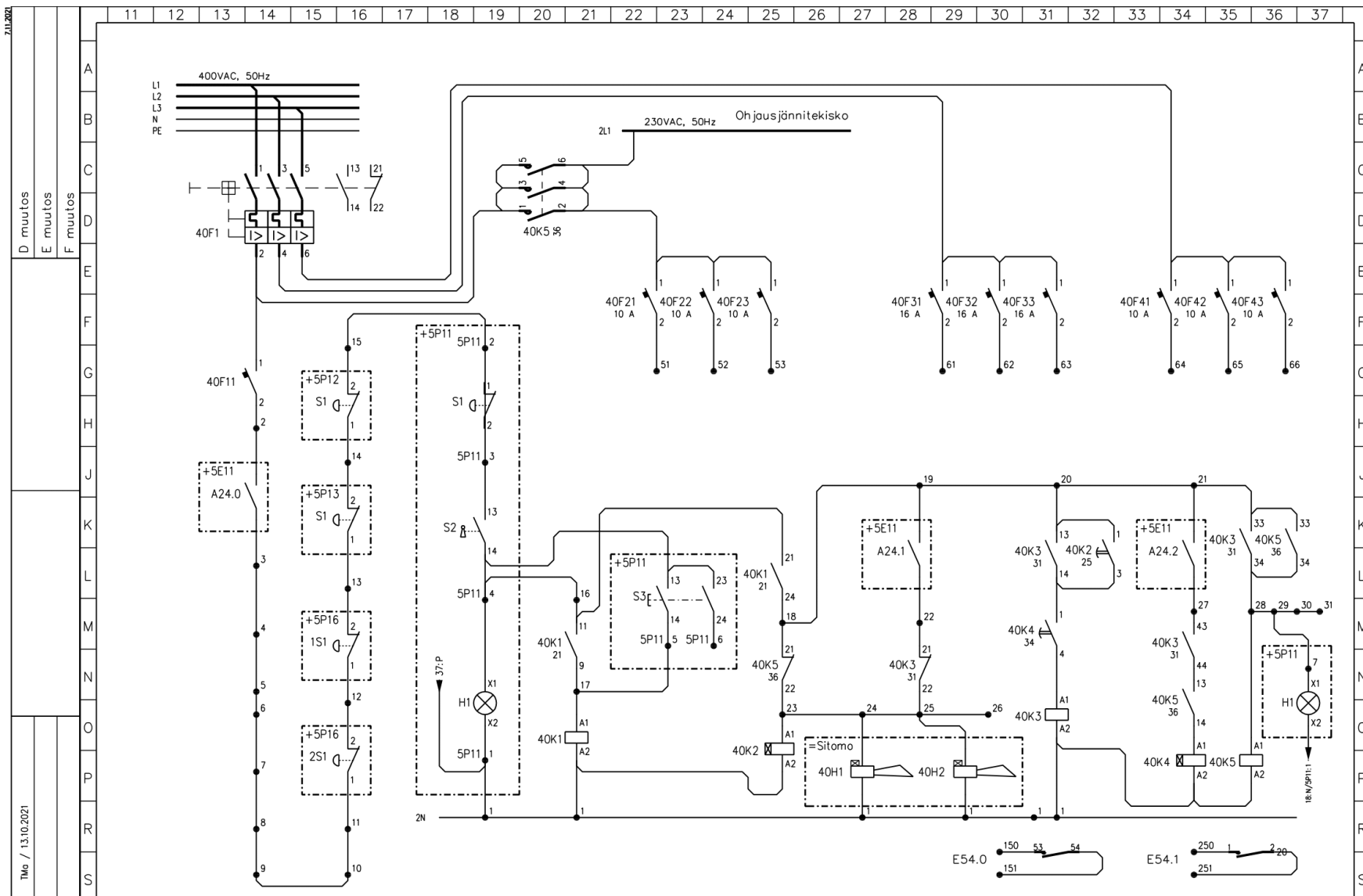


A muutos
 B muutos
 C muutos

D muutos
 E muutos
 F muutos

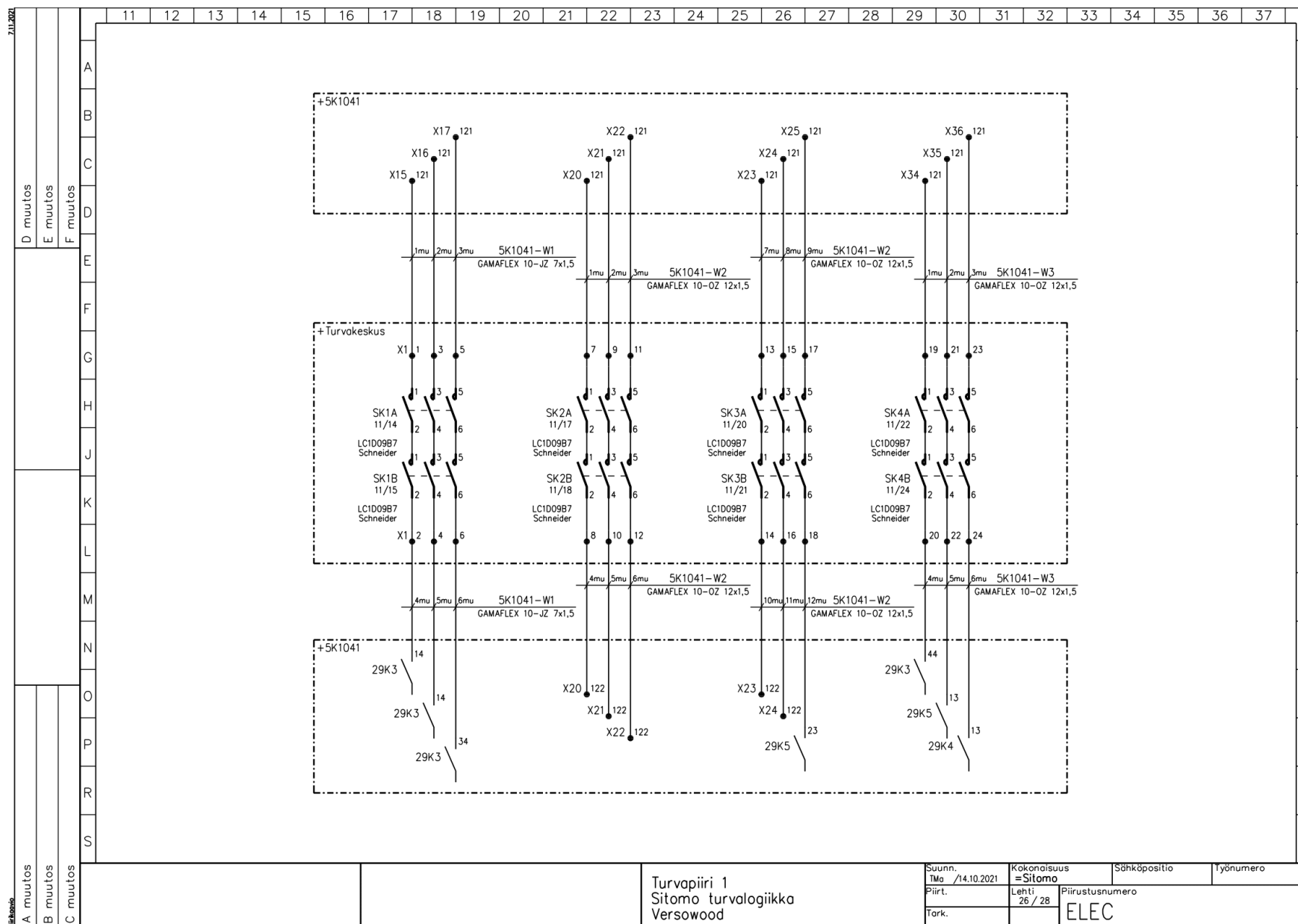
Output 2
 Sitomo turvalogiikka
 Versowood

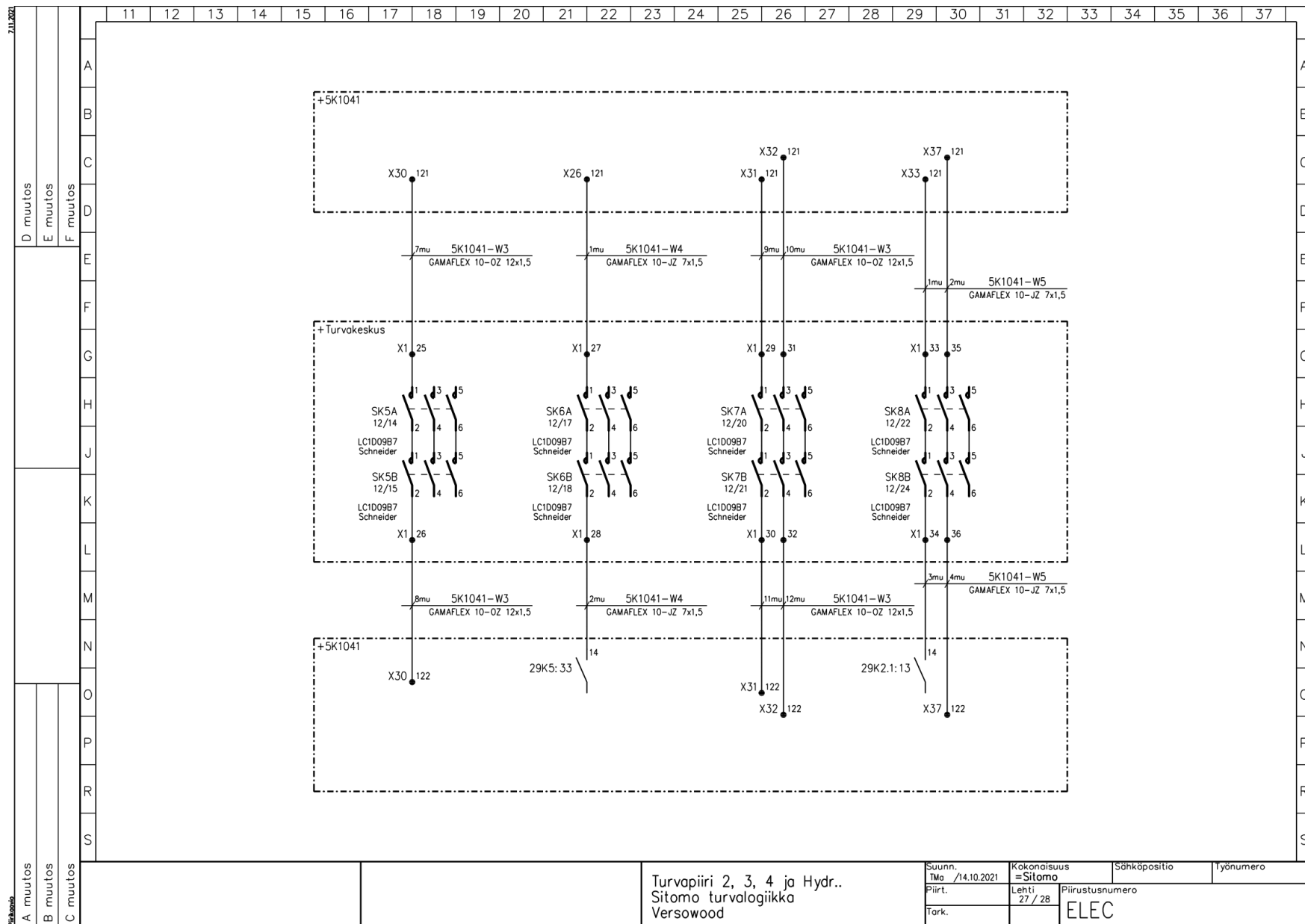
Suunn. T/Ma /13.10.2021	Kokonaisuus = Sitomo	Sähköposti + Turvakeskus	Työnumero
Piirt.	Lehti 23 / 28	Piirustusnumero	
Tark.		ELEC	



21.10.2021
 A muutos TMa / 13.10.2021
 B muutos
 C muutos
 D muutos
 E muutos
 F muutos
 G
 H
 J
 K
 L
 M
 N
 O
 P
 R
 S

Ohjauksenjännitelähtö 5K1041 Ohjauksenjännitelupa Versowood		Suunn. ITK / 6.4.1993	Kokonaisuus = Sitomo	Sähköspositio +5K1041	Työnumero
Piirt. TMa / 13.10.2021	Tark.	Lehti 24 / 28	Piirustusnumero	ELEC	





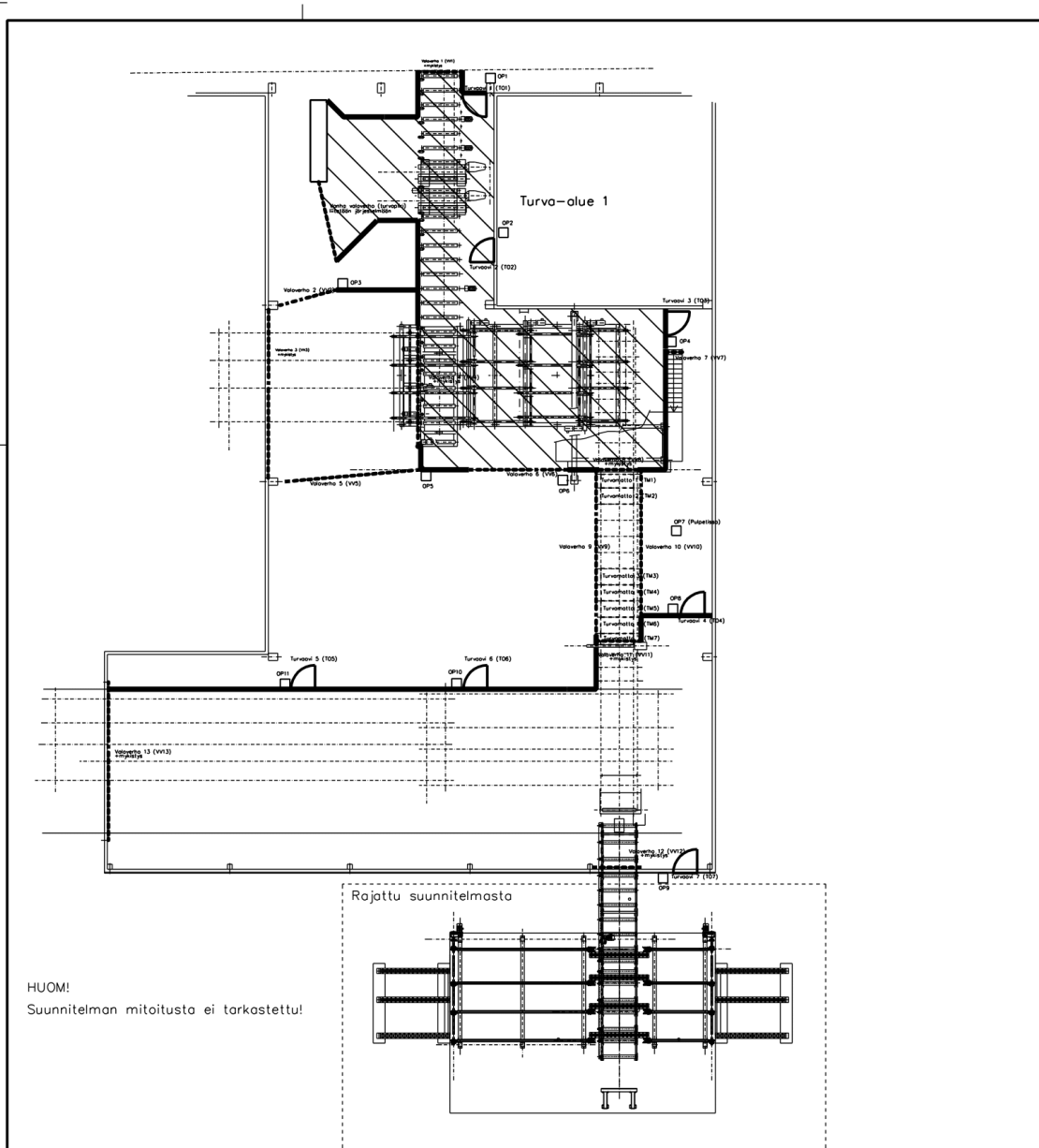
A muutos
 B muutos
 C muutos

D muutos
 E muutos
 F muutos

Turvapiiri 2, 3, 4 ja Hydr..
 Sitomo turvalogiikka
 Versowood

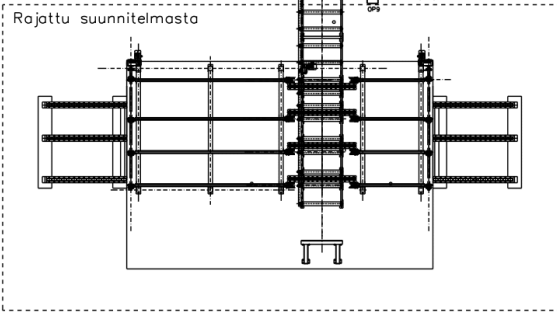
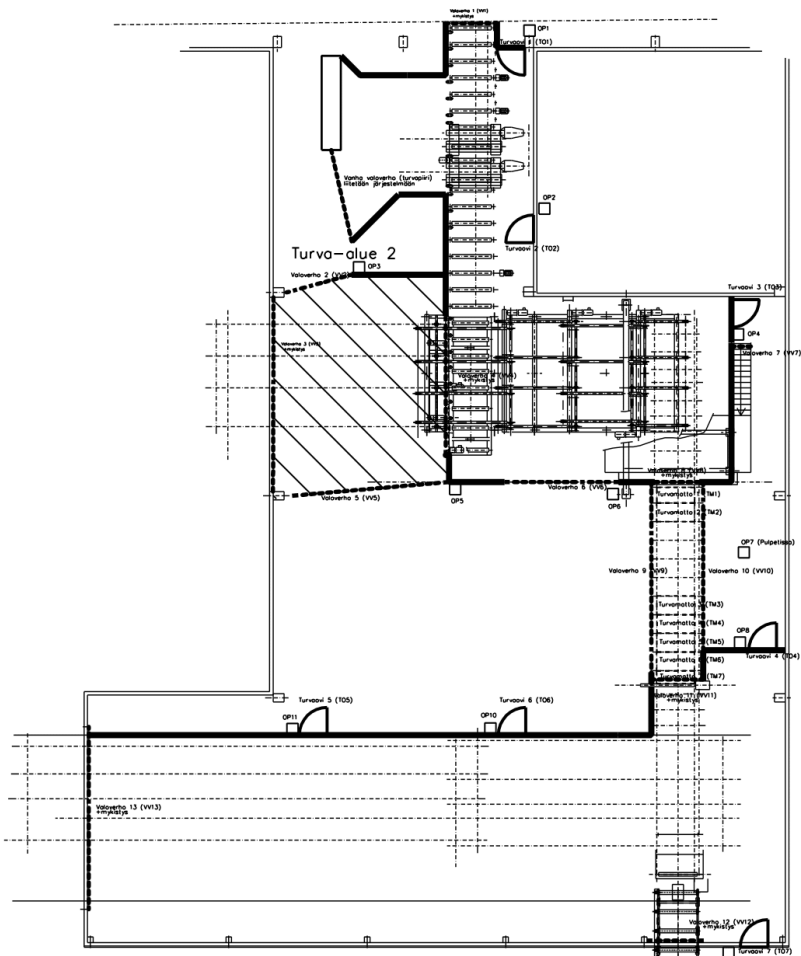
Suunn. TMA /14.10.2021	Kokonaisuus = Sitomo	Sähköpositio	Työnumero
Piirt.	Lehti 27 / 28	Piirustusnumero	
Tark.		ELEC	

Liite 3: Turva-alueet



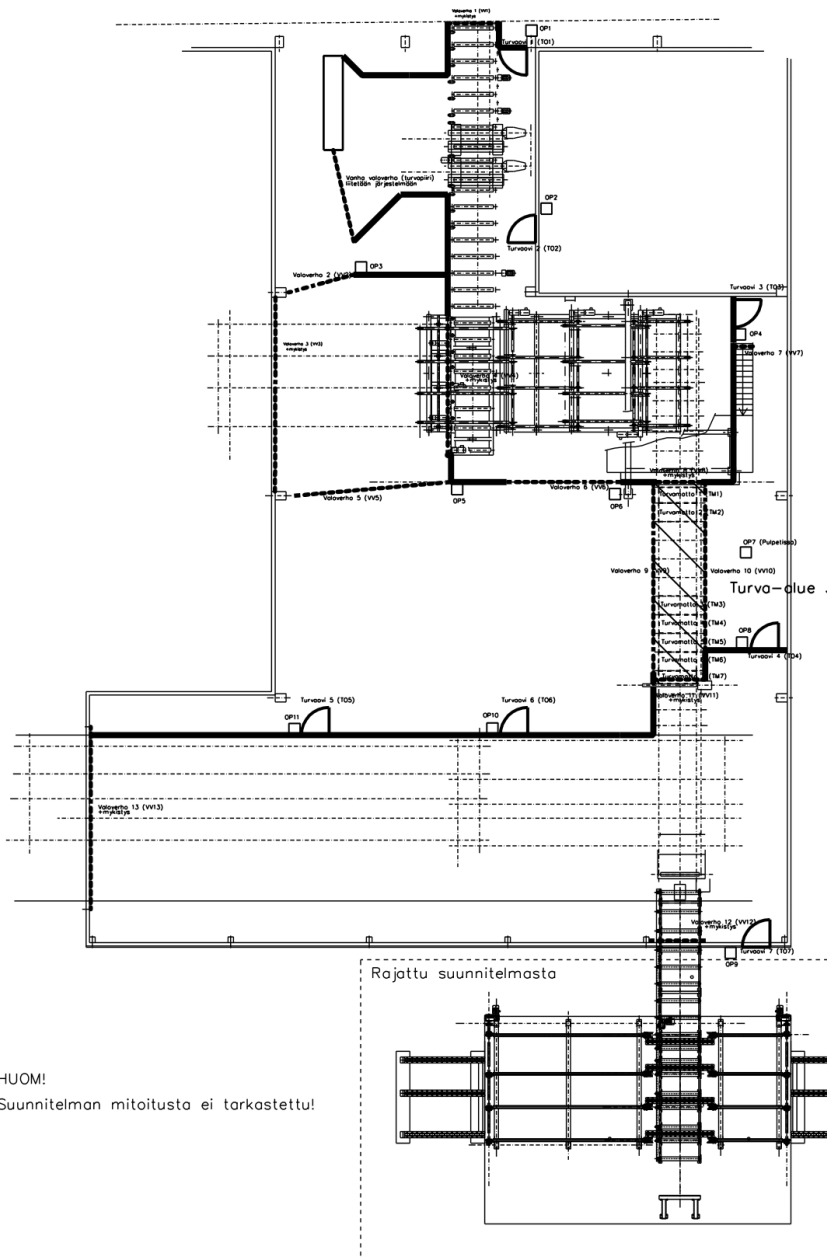
HUOM!
Suunnitelman mitoitusta ei tarkastettu!

Tunn.	Lukum.	Muutos			Nimim.	Pvm
K.osa/Kylä	Kortt./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä		
Riihimäki	Jokikylä					
MUUTOS				Layout suunnitelma		
Versowood Oy Tasaamo, sitomo 11130 RIIHIMÄKI				MK: 1:150		
			Pvm	Työnumero	Tilaajan numero	
			6.10.2021	1002		
			Piirt. Maalo T.			
			Suunn. Maalo T.			
			Tark.	Piirustusnumero		
			Yht.hlö	ELEC	1	Muutos
			Lehti			

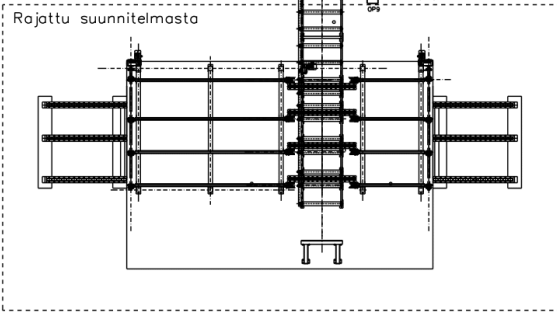
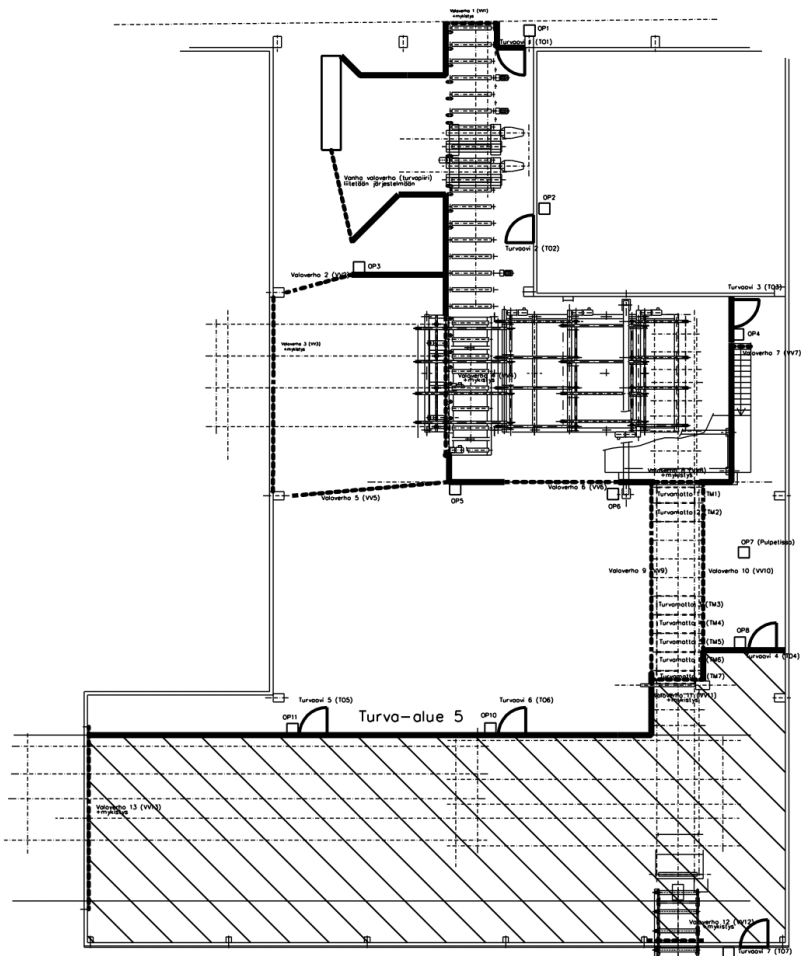


HUOM!
Suunnitelman mitoitusta ei tarkastettu!

Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim.	Pvm
K.osa/Kylä Riihimäki	Kortt./Tila Jokikylä	Tontti Rno	Viranomaisten merkintöjä	
MUUTOS			Layout suunnitelma	
Versowood Oy Tasaamo, sitomo 11130 RIIHIMÄKI			MK: 1:150	
	Pvm 6.10.2021	Työnumero	Tilaajan numero	
	Piirt. Maalo T.	1002		
	Suunn. Maalo T.			
	Tark.		Piirustusnumero	Muutos
	Yht.hlö	ELEC	1	
	Lehti			



Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim.	Pvm
K.osa/Kylä Riihimäki	Kortt./Tila Jokikylä	Tontti Rno	Viranomaisten merkintöjä	
MUUTOS			Layout suunnitelma	
Versowood Oy Tasaamo, sitomo 11130 RIIHIMÄKI			MK: 1:150	
		Pvm 6.10.2021	Työnumero	Tilajan numero
		Piirt. Maalo T.	1002	
		Suunn. Maalo T.		
		Tark.	Piirustusnumero	Muutos
		Yht.hlö	ELEC	1
		Lehti		



HUOM!
Suunnitelman mitoitusta ei tarkastettu!

Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim.	Pvm
K.osa/Kylä Riihimäki	Kortt./Tila Jokikyä	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä
MUUTOS				Layout suunnitelma
Versowood Oy Tasaamo, sitomo 11130 RIIHIMÄKI				MK: 1:150
		Pvm 6.10.2021	Työnumero	Tilajan numero
		Piirt. Maalo T.	1002	
		Suunn. Maalo T.		
		Tark.		Piirustusnumero
		Yht.hlö	ELEC	1
		Lehti		Muutos

Liite 4: IO-Luettelo

versowood

Projekti	Opinnäytetyö, Tasaamon turvallistaminen
Asiakas	Versowood Oy
Suunnittelija	Tatu Maalo
Tarkastaja	
Hyväksyjä	

I/O -luettelo

Versio: 1.2

Pvm:

7.11.2021 13:28

Tunnus	Kuvaus 1	Kuvaus 2	#	Nimitys	Valmistaja	Tyyppi	Syöttö	Räkki	Kortti	I/O-kanava	S-DO	S-DI	AI	AO	DI	DO	Signaali	Huom
TO1	Turvaovi 1		1	Sick		STR1-SAXF0AC5	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
TO2	Turvaovi 2		1	Sick		STR1-SAXF0AC5	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
TO3	Turvaovi 3		1	Sick		STR1-SAXF0AC5	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
TO4	Turvaovi 4		1	Sick		STR1-SAXF0AC5	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
TO5	Turvaovi 5		1	Sick		STR1-SAXF0AC5	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
TO6	Turvaovi 6		1	Sick		STR1-SAXF0AC5	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
TO7	Turvaovi 7		1	Sick		STR1-SAXF0AC5	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV1	Valoverho 1		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV1	Valoverho 1	Mykistys, 3kpl	2	Telco		SPBS 2502 0.2J	24 VDC	1						3			24 VDC	Mykistys-kennot
VV2	Valoverho 2		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV3	Valoverho 3		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV3	Valoverho 3	Mykistys, 3kpl	2	Telco		SPBS 2502 0.2J	24 VDC	1						3			24 VDC	Mykistys-kennot
VV4	Valoverho 4		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV4	Valoverho 4	Mykistys, 3kpl	2	Telco		SPBS 2502 0.2J	24 VDC	1						3			24 VDC	Mykistys-kennot
VV5	Valoverho 5		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV6	Valoverho 6		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV7	Valoverho 7		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV8	Valoverho 8		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV8	Valoverho 8	Mykistys, 3kpl	2	Telco		SPBS 2502 0.2J	24 VDC	1						3			24 VDC	Mykistys-kennot
VV9	Valoverho 9		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV10	Valoverho 10		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV11	Valoverho 11		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV11	Valoverho 11	Mykistys, 3kpl	2	Telco		SPBS 2502 0.2J	24 VDC	1						3			24 VDC	Mykistys-kennot
VV12	Valoverho 12		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV12	Valoverho 12		2	Telco		SPBS 2502 0.2J	24 VDC	1						3			24 VDC	Mykistys-kennot
VV13	Valoverho 13		1	Sick		M405-034000AR0, M40E-034020RR0	24 VDC	1				2					OSSD	Sil 3 / Ple
VV13	Valoverho 13	Mykistys, 3kpl	2	Telco		SPBS 2502 0.2J	24 VDC	1						3			24 VDC	Mykistys-kennot
TM1-6	Turvamatto 1-6	Turvamatot	1		Tapeswitch		24 VDC	1				2					24 VDC	Vanha osa -> turvalogikkaan
OP1	Operointipiste 1	Hätäseis	1	Scheider		ZB5AS834 + ZENL1121 + ZBY9101	24 VDC	1				2					24 VDC	Kotelo: Schneider XALD02
OP1	Operointipiste 1	Turvapiiri kuittaus	2	Scheider		ZB5AW163 + ZENL1111	24 VDC	1						1			24 VDC	
OP1	Operointipiste 1	Turvapiiri merkkiväli	3	Scheider		ZALVB6	24 VDC	1							1		24 VDC	
OP2	Operointipiste 2	Hätäseis	1	Scheider		ZB5AS834 + ZENL1121 + ZBY9101	24 VDC	1				2					24 VDC	
OP2	Operointipiste 2	Turvapiiri kuittaus	2	Scheider		ZB5AW163 + ZENL1111	24 VDC	1						1			24 VDC	
OP2	Operointipiste 2	Turvapiiri merkkiväli	3	Scheider		ZALVB6	24 VDC	1							1		24 VDC	
OP3	Operointipiste 3	Hätäseis	1	Scheider		ZB5AS834 + ZENL1121 + ZBY9101	24 VDC	1				2					24 VDC	
OP3	Operointipiste 3	Turvapiiri kuittaus	2	Scheider		ZB5AW163 + ZENL1111	24 VDC	1						1			24 VDC	
OP3	Operointipiste 3	Turvapiiri merkkiväli	3	Scheider		ZALVB6	24 VDC	1							1		24 VDC	
OP4	Operointipiste 4	Hätäseis	1	Scheider		ZB5AS834 + ZENL1121 + ZBY9101	24 VDC	1				2					24 VDC	
OP4	Operointipiste 4	Turvapiiri kuittaus	2	Scheider		ZB5AW163 + ZENL1111	24 VDC	1						1			24 VDC	
OP4	Operointipiste 4	Turvapiiri merkkiväli	3	Scheider		ZALVB6	24 VDC	1							1		24 VDC	
OP5	Operointipiste 5	Hätäseis	1	Scheider		ZB5AS834 + ZENL1121 + ZBY9101	24 VDC	1				2					24 VDC	
OP5	Operointipiste 5	Turvapiiri kuittaus	2	Scheider		ZB5AW163 + ZENL1111	24 VDC	1						1			24 VDC	
OP5	Operointipiste 5	Turvapiiri merkkiväli	3	Scheider		ZALVB6	24 VDC	1							1		24 VDC	
OP6	Operointipiste 6	Hätäseis	1	Scheider		ZB5AS834 + ZENL1121 + ZBY9101	24 VDC	1				2					24 VDC	
OP6	Operointipiste 6	Turvapiiri kuittaus	2	Scheider		ZB5AW163 + ZENL1111	24 VDC	1						1			24 VDC	
OP6	Operointipiste 6	Turvapiiri merkkiväli	3	Scheider		ZALVB6	24 VDC	1							1		24 VDC	
OP7	Operointipiste 7	Hätäseis	1	Scheider		ZB5AS834 + ZENL1121 + ZBY9101	24 VDC	1				2					24 VDC	
OP7	Operointipiste 7	Turvapiiri kuittaus	2	Scheider		ZB5AW163 + ZENL1111	24 VDC	1						1			24 VDC	
OP7	Operointipiste 7	Turvapiiri merkkiväli	3	Scheider		ZALVB6	24 VDC	1							1		24 VDC	
OP8	Operointipiste 8	Hätäseis	1	Scheider		ZB5AS834 + ZENL1121 + ZBY9101	24 VDC	1				2					24 VDC	
OP8	Operointipiste 8	Turvapiiri kuittaus	2	Scheider		ZB5AW163 + ZENL1111	24 VDC	1						1			24 VDC	
OP8	Operointipiste 8	Turvapiiri merkkiväli	3	Scheider		ZALVB6	24 VDC	1							1		24 VDC	

Liite 5: Sistema-analyysi

SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden



Projektin nimi: Tasaamo sitomo

Tiedoston päiväys: 26.10.2021 13.53.51 Raportin päiväys: 26.10.2021 Tarkistussumma: c77387801057e9b1382585d896ab5c8a

PR Projektin nimi: Tasaamo sitomo

Projektitiedoston nimi:	C:\Users\Maalota\Documents\SISTEMA\Projects\Tasaamo sitomo.ssm
Valmistumisen päivämäärä:	26.10.2021 13.17.42
Projektin tila:	Valmis
Projektin numero:	1
Projektin versio:	1
Tekijät:	Tatu Maalo
Projektista vastaavat:	
Tarkastajat:	
Vaarallinen kohta/kone:	Sitomo
Dokumentaatio:	
Dokumentti:	
Ohjelmiston versio:	2.0.8 build 4
Standardin versio:	ISO 13849-1:2015, ISO 13849-2:2012
Tarkistussumma:	c77387801057e9b1382585d896ab5c8a
Asetukset:	<input checked="" type="checkbox"/> Käytä DC:n väliarvoja PFHD:n laskentaan (tarkempi). <input type="checkbox"/> MTTFD-arvon pienentäminen luokkaa 4 varten arvosta 2500 arvoon 100 vuotta.
Tila:	vihreä
Huomautus:	Tähän projektiin (tai siihen kuuluviin peruselementteihin) ei ole merkitty yhtään varoitusta.

Tulostusasetukset

- Näytä turvatoiminnot näytä myös alajärjestelmät
 näytä myös lohkot näytä myös elementit

Tähän kuuluvat turvatoiminnot

SF Nimi: Turvapiiri 1

Vaadittu: PLr c	Saavutettu: PL e	PFHD [1/h]: 3,7E-8	Tila: vihreä
-----------------	------------------	--------------------	--------------

Tähän kuuluvat alajärjestelmät

SB Nimi: M4000 Curtain (Release 2010-01)	Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 2,8E-8	Luokka (Cat.): 4
	MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva
SB Nimi: STR1 (Release 2016-07)	Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 5,2E-9	Luokka (Cat.): 4
	MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva
SB Nimi: SIMATIC ET200SP - fail-safe modules EM136 F-DI 8 6AG2136-6BA00-1CA0	Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 1E-9	Luokka (Cat.): 3
	MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva
SB Nimi: SIMATIC S7 F-CPU CPU 1510SPF-1PN 6ES7510-1SJ01-0AB0			

SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden



Projektin nimi: Tasaamo sitomo

Tiedoston päiväys: 26.10.2021 13.53.51 Raportin päiväys: 26.10.2021 Tarkistussumma: c77387801057e9b1382585d896ab5c8a

PR Projektin nimi: Tasaamo sitomo

Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 2E-9	Luokka (Cat.): 4
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva
SB Nimi: SIMATIC ET200SP - fail-safe modules EM136 F-DQ 4 PM 6ES7136-6DB00-0CA0		
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 1E-9	Luokka (Cat.): 4
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SF Nimi: Turvapiiri 2

Vaadittu: PLr c	Saavutettu: PL e	PFHD [1/h]: 3,2E-8	Tila: vihreä
Tähän kuuluvat alajärjestelmät			
SB Nimi: M4000 Curtain (Release 2010-01)			
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 2,8E-8	Luokka (Cat.): 4	
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva	
SB Nimi: SIMATIC ET200SP - fail-safe modules EM136 F-DI 8 6AG2136-6BA00-1CA0			
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 1E-9	Luokka (Cat.): 3	
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva	
SB Nimi: SIMATIC S7 F-CPU CPU 1510SPF-1PN 6ES7510-1SJ01-0AB0			
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 2E-9	Luokka (Cat.): 4	
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva	
SB Nimi: SIMATIC ET200SP - fail-safe modules EM136 F-DQ 4 PM 6ES7136-6DB00-0CA0			
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 1E-9	Luokka (Cat.): 4	
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva	

SF Nimi: Turvapiiri 3

Vaadittu: PLr c	Saavutettu: PL e	PFHD [1/h]: 3,7E-8	Tila: vihreä
Tähän kuuluvat alajärjestelmät			
SB Nimi: M4000 Curtain (Release 2010-01)			
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 2,8E-8	Luokka (Cat.): 4	
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva	
SB Nimi: STR1 (Release 2016-07)			
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 5,2E-9	Luokka (Cat.): 4	
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva	
SB Nimi: SIMATIC ET200SP - fail-safe modules EM136 F-DI 8 6AG2136-6BA00-1CA0			
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 1E-9	Luokka (Cat.): 3	
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva	
SB Nimi: SIMATIC S7 F-CPU CPU 1510SPF-1PN 6ES7510-1SJ01-0AB0			
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 2E-9	Luokka (Cat.): 4	
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva	
SB Nimi: SIMATIC ET200SP - fail-safe modules EM136 F-DQ 4 PM 6ES7136-6DB00-0CA0			
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 1E-9	Luokka (Cat.): 4	
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva	

SF Nimi: Turvapiiri 4

Vaadittu: PLr c	Saavutettu: PL e	PFHD [1/h]: 3,2E-8	Tila: vihreä
-----------------	------------------	--------------------	--------------

SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden

Projektin nimi: Tasaamo sitomo

Tiedoston päiväys: 26.10.2021 13.53.51 Raportin päiväys: 26.10.2021 Tarkistussumma: c77387801057e9b1382585d896ab5c8a

PR Projektin nimi: Tasaamo sitomo**Tähän kuuluvat alajärjestelmät****SB** Nimi: M4000 Curtain (Release 2010-01)

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 2,8E-8 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SB Nimi: SIMATIC ET200SP - fail-safe modules | EM136 F-DI 8 | 6AG2136-6BA00-1CA0

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 1E-9 Luokka (Cat.): 3

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SB Nimi: SIMATIC S7 F-CPU | CPU 1510SPF-1PN | 6ES7510-1SJ01-0AB0

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 2E-9 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SB Nimi: SIMATIC ET200SP - fail-safe modules | EM136 F-DQ 4 PM | 6ES7136-6DB00-0CA0

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 1E-9 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SF Nimi: Turvapiiri 5

Vaadittu: PLr c Saavutettu: PL e PFHD [1/h]: 3,7E-8 Tila: vihreä

Tähän kuuluvat alajärjestelmät**SB** Nimi: M4000 Curtain (Release 2010-01)

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 2,8E-8 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SB Nimi: STR1 (Release 2016-07)

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 5,2E-9 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SB Nimi: SIMATIC ET200SP - fail-safe modules | EM136 F-DI 8 | 6AG2136-6BA00-1CA0

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 1E-9 Luokka (Cat.): 3

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SB Nimi: SIMATIC S7 F-CPU | CPU 1510SPF-1PN | 6ES7510-1SJ01-0AB0

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 2E-9 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SB Nimi: SIMATIC ET200SP - fail-safe modules | EM136 F-DQ 4 PM | 6ES7136-6DB00-0CA0

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 1E-9 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SF Nimi: Häätäseis

Vaadittu: PLr c Saavutettu: PL e PFHD [1/h]: 4E-9 Tila: vihreä

Tähän kuuluvat alajärjestelmät**SB** Nimi: SIMATIC ET200SP - fail-safe modules | EM136 F-DI 8 | 6AG2136-6BA00-1CA0

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 1E-9 Luokka (Cat.): 3

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SB Nimi: SIMATIC S7 F-CPU | CPU 1510SPF-1PN | 6ES7510-1SJ01-0AB0

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 2E-9 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden

Projektin nimi: Tasaamo sitomo

Tiedoston päiväys: 26.10.2021 13.53.51 Raportin päiväys: 26.10.2021 Tarkistussumma: c77387801057e9b1382585d896ab5c8a

PR Projektin nimi: Tasaamo sitomo**SE** Nimi: SIMATIC ET200SP - fail-safe modules | EM136 F-DQ 4 PM | 6ES7136-6DB00-0CA0

Resulting PL: e

PFHD [1/h]: 1E-9

Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva

DCavg [%]: ei asiaankuuluva

CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden arviointiinProjektin nimi: **Tasaamo sitomo**

Tiedoston päiväys: 26.10.2021 13.53.51 Raportin päiväys: 26.10.2021 Tarkistussumma: c77387801057e9b1382585d896ab5c8a

VASTUUVAPAUSLAUSEKE

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

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

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

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

YHTEYS

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

Nimi suuraakkosin: _____

Tekijät

Päivämäärä, allekirjoitus: _____

Tekijät

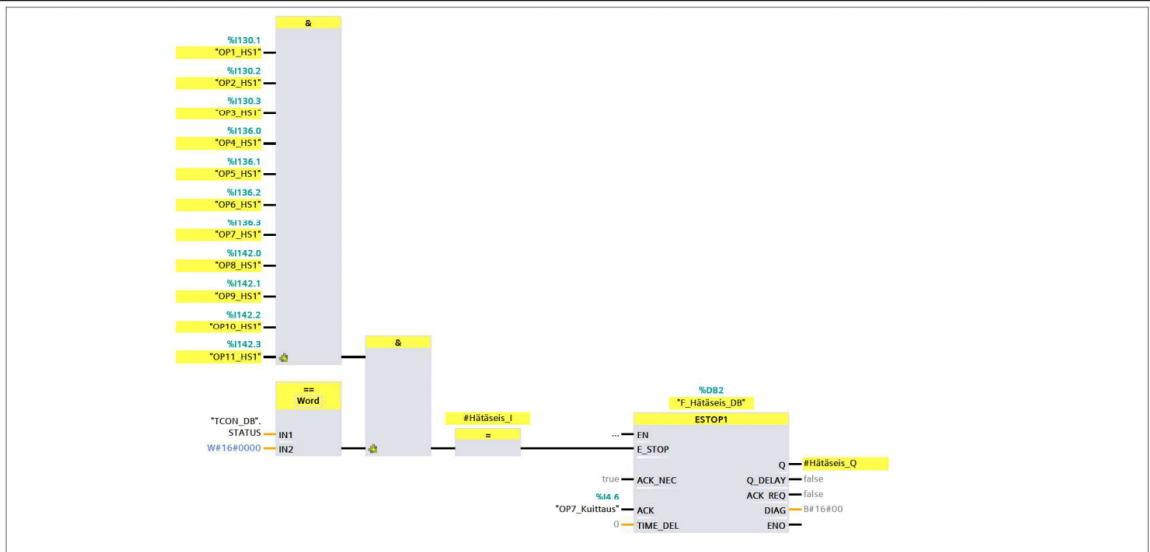
Tarkastajat

Tarkastajat

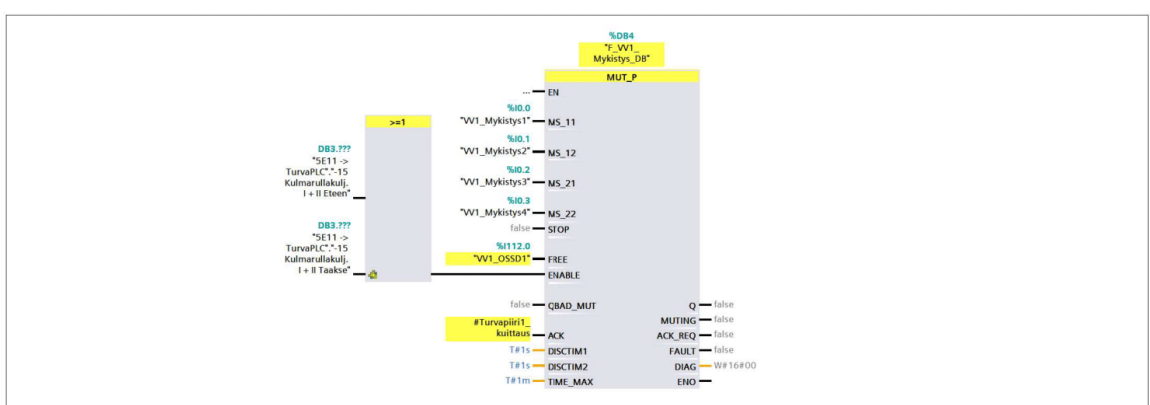
Liite 6: Turvaohjelma

Tasaamo_SafetyPLC_V16

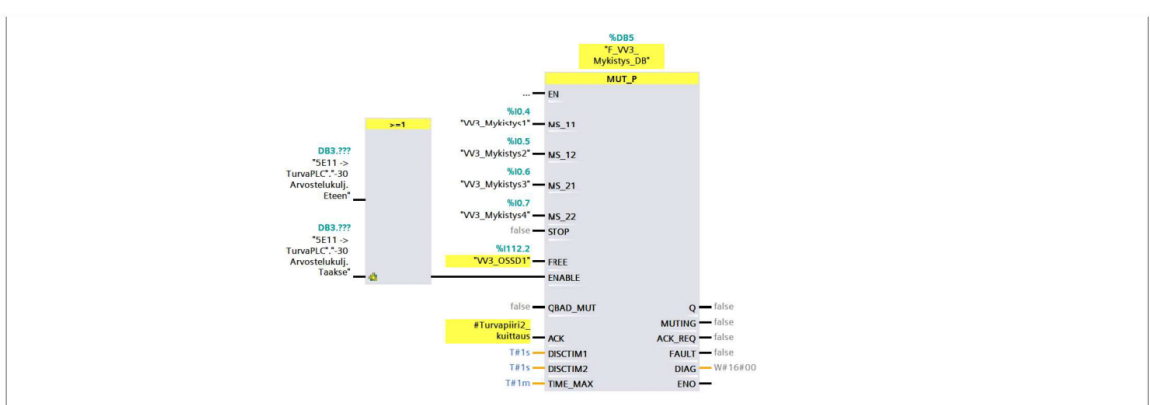
Totally Integrated Automation Portal					
Main_Safety_RTG1 [FB1]					
Main_Safety_RTG1 Properties					
General					
Name	Main_Safety_RTG1	Number	1	Type	FB
Numbering	Manual				
Information					
Title		Author		Comment	
Version	0.1	User-defined ID		Family	
Name	Data type	Default value	Retain		
Input					
Output					
InOut					
Static					
▼ Temp					
Hätäseis_I	Bool				
Hätäseis_Q	Bool				
Turvapiiri1_kuittaus	Bool				
Turvapiiri2_kuittaus	Bool				
Turvapiiri3_kuittaus	Bool				
Turvapiiri4_kuittaus	Bool				
Turvapiiri5_kuittaus	Bool				
TurvapiiriH_kuittaus	Bool				
Turvapiiri 1	Bool				
Turvapiiri 2	Bool				
Turvapiiri 3	Bool				
Turvapiiri 4	Bool				
Turvapiiri 5	Bool				
Turvapiiri H	Bool				
Constant					
Network 1: Turvapiirikuittaus					
Network 2: Hätäseispiiri + yhteys 5E11					
Safety information: ----- Inconsistent; STEP 7 Safety V16;					



Network 3: Valoverho 1 mykistys

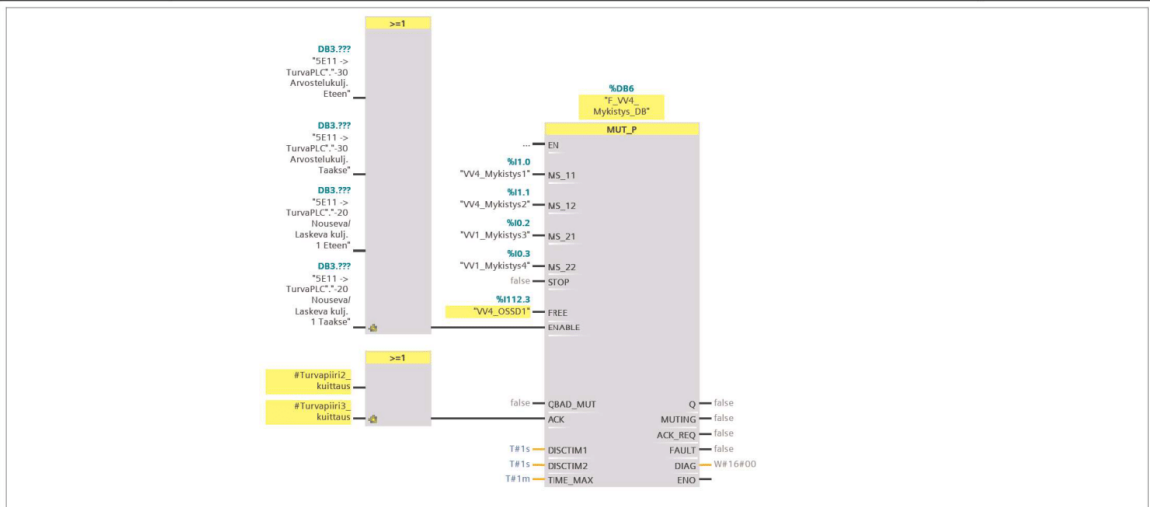


Network 4: Valoverho 3 mykistys

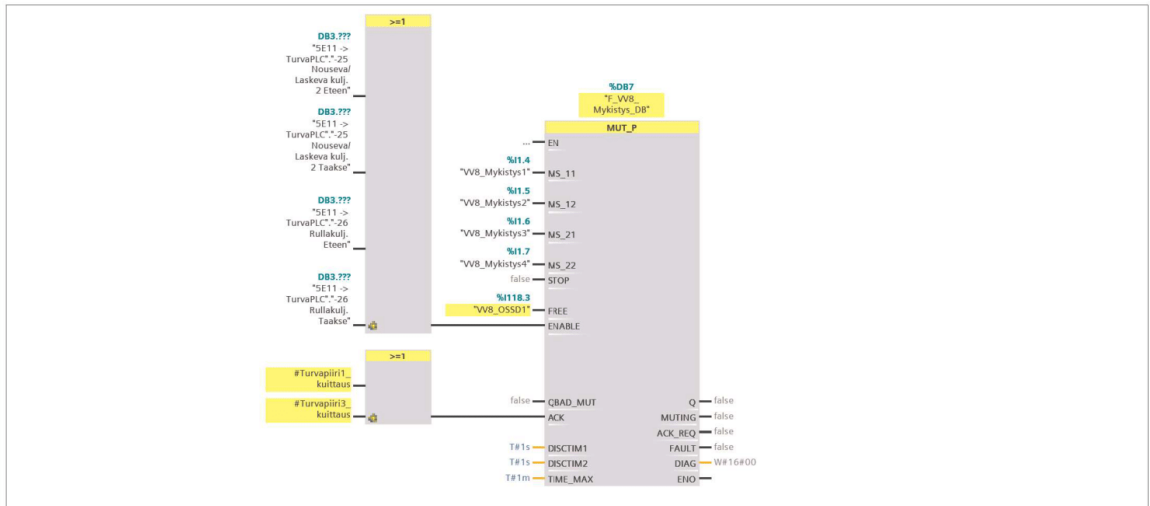


Network 5: Valoverho 4 mykistys

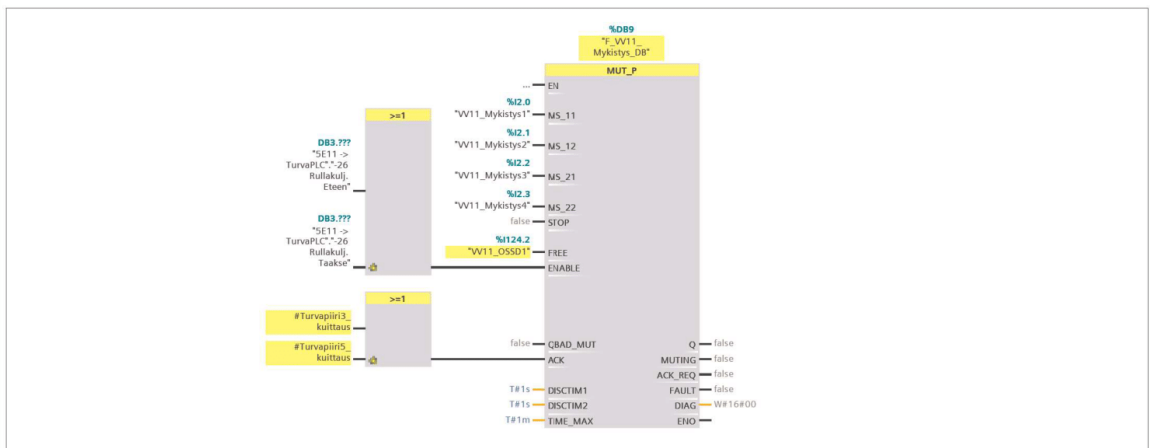
Safety information: ----- Inconsistent; STEP 7 Safety V16;



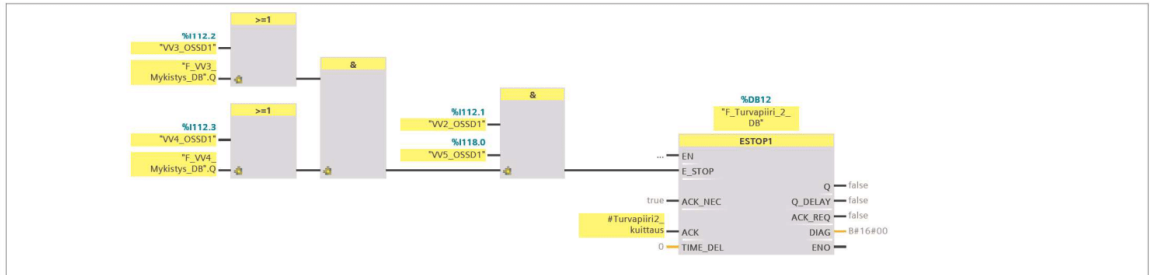
Network 6: Valoverho 6 mykistys



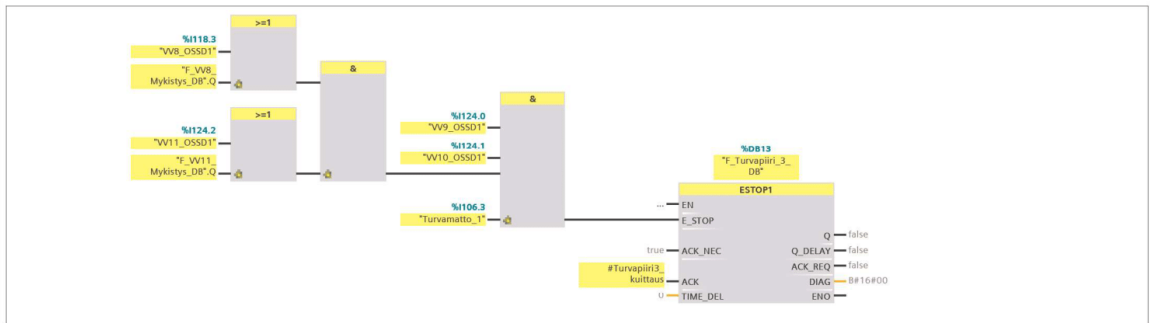
Network 7: Valoverho 11 mykistys



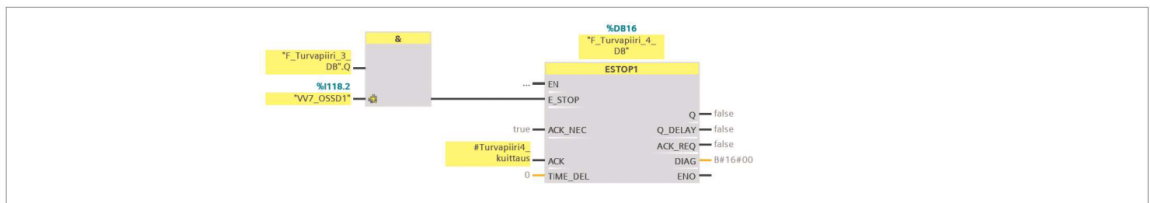
Safety information: ----- Inconsistent; STEP 7 Safety V16;



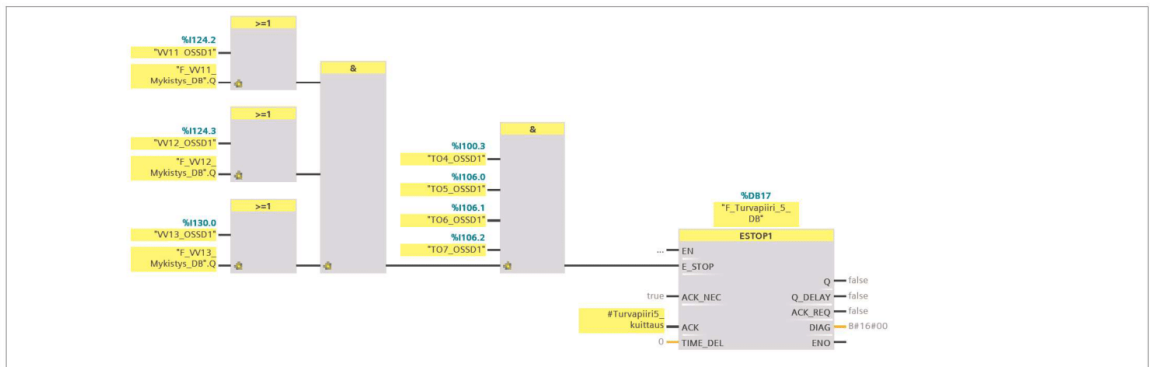
Network 12: Turvapiiri 3



Network 13: Turvapiiri 4

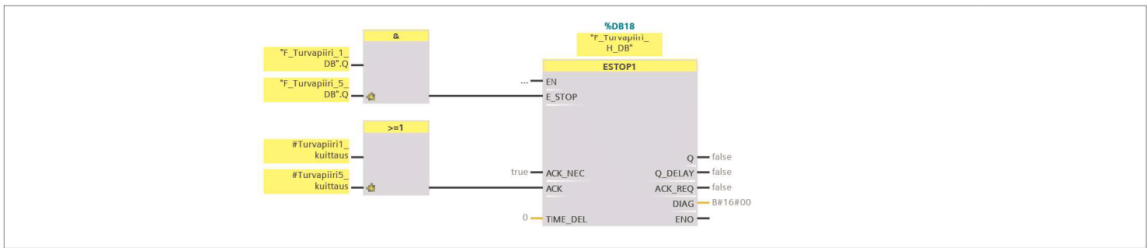


Network 14: Turvapiiri 5

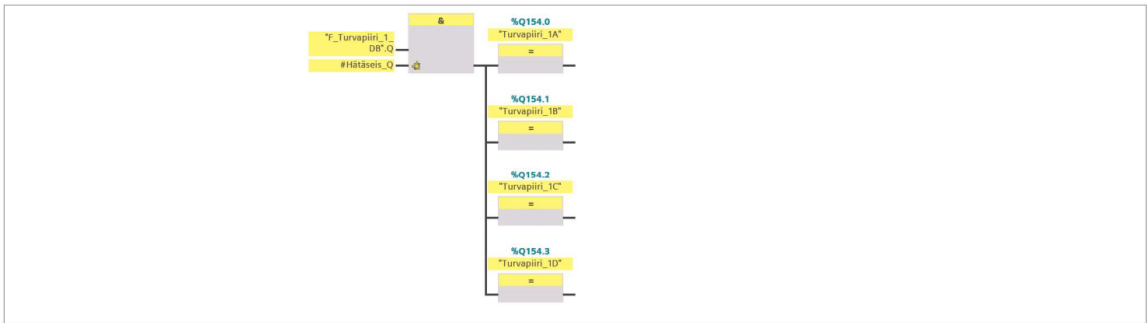


Network 15: Turvapiiri Hydrl.

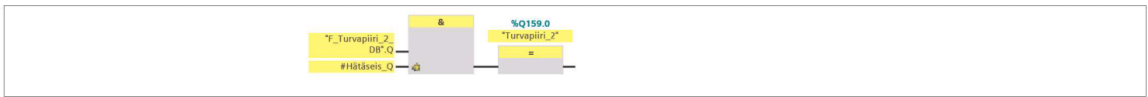
Safety information: ----- Inconsistent; STEP 7 Safety V16;



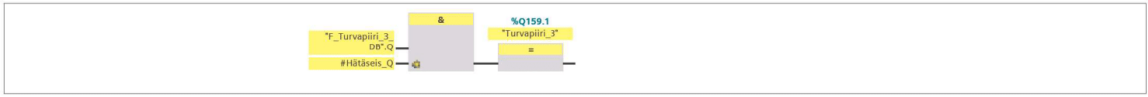
Network 16: Turvapiiri 1 ohjaus



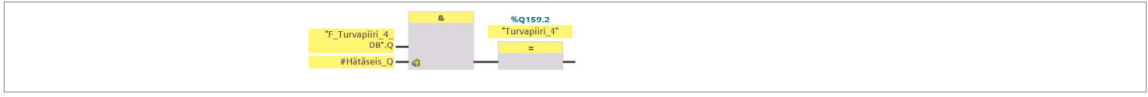
Network 17: Turvapiiri 2 ohjaus



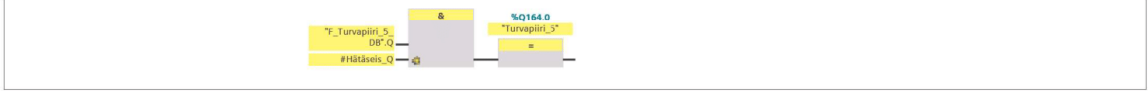
Network 18: Turvapiiri 3 ohjaus



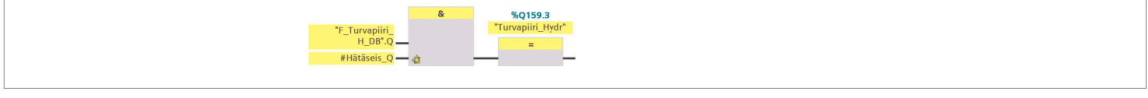
Network 19: Turvapiiri 4 ohjaus



Network 20: Turvapiiri 5 ohjaus



Network 21: Turvapiiri H ohjaus



Network 22:

Safety information: ----- Inconsistent; STEP 7 Safety V16;

Totally Integrated Automation Portal		
Safety information: ----- Inconsistent; STEP 7 Safety V16;		

Totally Integrated Automation Portal	
--------------------------------------	--

OP-Ohjaukset [FC2]

OP-Ohjaukset Properties

General

Name	OP-Ohjaukset	Number	2	Type	FC	Language	FBD
Numbering	Automatic						

Information

Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Default value
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
Return		
OP-Ohjaukset	Void	

Network 1: Kuittauspainikkeet



Network 2: Merkkivalot

--	--

