

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka / Koneautomaatio

Kevät 2024

Kari Kaarne

# Harjoitusrobottijärjestelmän kehitystyö



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka/ Koneautomaatio

Kevät 2024 | 93 sivua, 121 liitesivua

Kari Kaarne

## Harjoitusrobotijärjestelmän kehitystyö

Opinnäytetyön tarkoituksena oli viimeistellä ja kehittää Turun Aikuiskoulutuskeskuksen keskeneräiseksi jäänyt harjoitusrobotisolun käyttäen tutkimus-, kehitys- ja arviointimenetelmiä. Toimeksiannon sisältöön kuului järjestelmän viimeistely, turvallisen käytön varmistaminen sekä itseopiskelun mahdollistavan opetusmateriaalin tuottaminen.

Kehitystyön aikana tutustuttiin kattavasti EU:n konedirektiiviin ja sen yhdenmukaistettuihin standardeihin sekä laadittiin riskien arviointi ja riskien pienentäminen. Käyttäjäkokemukseen liittyvää tietoa kerättiin haastattelemalla Turun aikuiskoulutuskeskuksen opiskelijoita ja henkilökuntaa.

Lopputuloksena järjestelmä kehitettiin riittävän turvalliseksi, siihen tuotettiin tarvittava perehdytys- ja opiskelumateriaali sekä laadittiin ehdotukset järjestelmän siirtämiseksi ja uudelleen rakentamiseksi tulevien remonttien yhteydessä.

Asiasanat:

Koneturvallisuus, konedirektiivi, standardi, yhdenmukaistettu standardi, riskin arviointi, riskin pienentäminen, robotti, teollisuusrobotti, robotijärjestelmä, koneautomaatio

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering / Machine Automation

Spring 2024 | 93 pages, 121 appendix pages

Kari Kaarne

## The development work of the training robot system

The purpose of the thesis was to finalize and develop the incomplete training robot cell of Turku Adult Education Centre using research, development, and evaluation methods. The assignment included finalizing the system, ensuring safe usage, and producing educational material enabling self-study.

During the development work, the EU machinery directive and its harmonized standards were extensively studied, and a risk assessment and risk reduction were prepared. Information related to the user experience was collected by interviewing students and staff of the Turku Adult Education Center.

As a result, the system was developed to be sufficiently safe, necessary orientation and study materials were produced for it, and proposals were drafted for relocating and rebuilding the system in connection with future renovations.

Keywords:

Machine safety, Machinery Directive, standard, harmonized standard, risk assessment, risk mitigation, robot, industrial robot, robot system, machine automation.

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet tai sanasto</b>	<b>9</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>10</b>
<b>2 Koneturvallisuus</b>	<b>13</b>
2.1 Konedirektiivi ja koneasetus	14
2.2 Konedirektiivin noudattamisen vaiheet	16
2.2.1 Soveltamisalan varmistaminen	17
2.2.2 Turvallisuussuunnittelu	18
2.2.1 Vaatimustenmukaisuuden arviointi	19
2.2.2 EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laatiminen	19
2.2.3 CE-merkintä ja merkinnän kiinnittäminen	20
2.3 Standardit	21
2.3.1 Yhdenmukaistetut standardit yleisesti	22
2.3.2 Koneturvallisuuden yhdenmukaistetut standardit	23
2.3.3 A-tyyppin standardi (koneturvallisuuden perusstandardi)	24
2.3.4 B-tyyppin standardit (turvallisuuden ryhmästandardi)	24
2.3.5 C-tyyppin standardit (konekohtaiset turvallisuusstandardit)	26
2.3.6 Koneensuunnittelijan standardikokoelma	27
2.4 Riskin arviointi ja riskin pienentämisen strategia	28
2.4.1 Koneen raja-arvojen määrittäminen	31
2.4.2 Vaarojen ja vaaratilanteiden tunnistus	32
2.4.3 Riskien suuruuden arviointi	33
2.4.4 Riskien merkityksen arviointi	33
2.4.5 Riskin poistaminen ja pienentäminen	40
2.5 Riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen dokumentointi	43
<b>3 Teollisuusrobotiikka</b>	<b>45</b>
3.1 Teollisuusrobotti	46
3.1.1 Teollisuusrobotin rakenne	48
3.1.2 Työkalut	50

3.1.3 Robottijärjestelmä ja sovellukset	54
3.2 Robottiturvallisuus	55
3.2.1 Turvallisuusvaatimukset yhdenmukaistetut standardit	56
3.2.2 Robottisolun turvallistaminen	57
3.2.3 Robottisuunnittelijan standardit	59
3.3 Robottijärjestelmien logiikka	60
3.3.1 Kommunikointi ja perinteinen I/O	62
3.3.2 Kenttäväylät	63
3.3.3 Anturit ja lähestymiskytkimet	64
3.3.4 Konenäkö	65
3.3.5 Muut robottijärjestelmän koneet ja laitteet	66
3.4 Ohjelmointi	66
3.4.1 Ohjelmointitavat	67
3.4.2 Koordinaatistot ja paikkapisteet	68
3.4.3 Liikekäskyt ja -tyypit	71
3.4.4 Ohjelmasuunnittelu ja ohjelmointi	73
<b>4 ROBO2020 – harjoitusrobottijärjestelmän kehitystyö</b>	<b>75</b>
4.1 Toimeksiannon aloitusvaihe	77
4.1.1 Toimeksiannon tavoitteiden selvittäminen	78
4.2 Tiedon kerääminen	78
4.2.1 Järjestelmän kuntokartoitus	79
4.2.2 Aikaisempaan käyttökokemukseen liittyvät haastattelut	80
4.2.3 Henkilökunnan haastattelut ja harjoitusrobotin tulevaisuus	80
4.2.4 Järjestelmää koskevat direktiivien ja standardien määrittäminen	81
4.2.5 Laitteiston toimintaan perehtyminen ja harjoittelu	82
4.3 Riskien arviointi ja -pienentäminen	82
4.3.1 Vaarojen tunnistaminen ja arviointi	83
4.3.2 Riskitasojen arviointi (METSTA:n arviointityökalu)	84
4.3.3 Merkittävien ja sietämättömien riskien poistaminen	84
4.3.4 Riskin arvion ja -pienentämisen lopputulos	85
4.4 Kerättyyn tietoon ja riskin arviointiin pohjautuvat päätökset	86
4.5 Järjestelmän väliaikaisen käytön mahdollistaminen	87

4.5.1 Perehdytysoppaan ja käytönseurannan tuottaminen	87
4.5.2 Robotin ohjelmointivideoiden tuottaminen	88
4.5.3 Perehdytysoppaan ja opetusvideoiden testaus	89
4.5.4 Muut korjauskehoitukset ja sähköpiirustusten tuottaminen	90
4.6 Uuden harjoitusjärjestelmän ideointi	90
<b>5 Kehitystyön yhteenveto</b>	<b>92</b>
<b>Lähteet</b>	<b>93</b>

## **Liitteet**

- Liite 1. ROBO2020 - Perehdytysopas
- Liite 2. ROBO2020 - Harjoituspöytäkirja
- Liite 3. ROBO2020 - Alkutarkastuspöytäkirja
- Liite 4. ROBO2020 - Lopputarkastuspöytäkirja
- Liite 5. ROBO2020 – Sähkö- ja automaatiopiirustukset
- Liite 6. Turun Aikuiskoulutuskeskus - oppilaitosesite

## **Kuvat**

Kuva 1. Konedirektiivin noudattamisen vaiheet; valmis kone. (SFS)	16
Kuva 2. Konedirektiivin noudattamisen vaiheet; puolivalmiste. (SFS)	17
Kuva 3. A- ja B-tyyppin standardien yhteys. (SFS)	25
Kuva 4. C-tyyppin standardin tarkastusvuokaavio. (METSTA)	26
Kuva 5. Oleelliset A- ja B-tyyppin standardit. (METSTA)	27
Kuva 6. Laajennettu valikoima B-tyyppin standardeista. (METSTA)	28
Kuva 7. Ohjausjärjestelmien B-tyyppin standardit. (METSTA)	28
Kuva 8. Riskin arviointi, ISO/IEC Guide 51 mukaisesti. (SFS)	29
Kuva 9. Riskin funktio. (Suomen Robotiikkayhdistys)	30
Kuva 10. Riskin merkitys; matriisi 3x3. (Siirilä & Tytykoski)	34
Kuva 11. Riskin merkitys; matriisi 10x10. (Siirilä & Tytykoski)	35

Kuva 12. Riskin merkitys; vuokaavio. (Siirilä & Tytykoski)	36
Kuva 13. Riskin merkitys; yhdistelmämenetelmä. (Siirilä & Tytykoski)	37
Kuva 14. Uuden koneen riskitasot. (Siirilä & Tytykoski)	38
Kuva 15. Käytössä olevan koneen riskitasot. (Siirilä & Tytykoski)	39
Kuva 16. Teollisuusrobotti. (ABB)	46
Kuva 17. Robottijärjestelmä. (Valmet Automotive)	47
Kuva 18. Käsivarsirobotin akselit. (Suomen Robotiikkayhdistys)	48
Kuva 19. Teollisuusrobotin käsiohjain. (ABB)	50
Kuva 20. Leukatarttuja. (Starlin Oy Ab, Timo Pitkääkoski)	51
Kuva 21. Imukupitarttuja. (Savonia ammattikorkeakoulu Oy)	51
Kuva 22. Pullotarttuja. (Oma kuvakokoelma)	52
Kuva 23. Hitsausrobotti. (Pemamek Oy)	53
Kuva 24. Työkalumakasiini. (Fastems Oy Ab)	54
Kuva 25. CE-merkitsemisen vaiheet. (Suomen Robotiikkayhdistys)	56
Kuva 26. Robottisolun turva-alue. (Pilz)	57
Kuva 27. Turvaskanneri. (Sick)	58
Kuva 28. Valoverho. (Sick)	58
Kuva 29. Robotiikan standardit. (Suomen Robotiikkayhdistys)	60
Kuva 30. Logiikkajärjestelmän ohjauskeskus. (Oma kuvakokoelma)	61
Kuva 31. Robotin ja logiikan dataliitokset. (Keinänen & Sumujärvi)	62
Kuva 32. Induktiiviset lähestymiskytkimet. (Sick)	64
Kuva 33. Optiset lähestymiskytkimet. (Sick)	64
Kuva 34. Esimerkki robottiohjelmasta. (Suomen Robotiikkayhdistys)	67
Kuva 35. X- Y- Z-koordinaatisto. (Suomen Robotiikkayhdistys)	69
Kuva 36. Robotin peruskoordinaatisto. (Suomen Robotiikkayhdistys)	70
Kuva 37. Paikkapisteet ja koordinaatistot. (Suomen Robotiikkayhdistys)	70
Kuva 38. Ohjelmoitu liikerata. (Suomen Robotiikkayhdistys)	72
Kuva 39. Ohjelmarakenne. (Suomen Robotiikkayhdistys)	73
Kuva 40. ROBO2020-harjoitusrobotti.	75
Kuva 41. Pullonpalautusjärjestelmä.	76

## **Taulukot**

Taulukko 1. Riskin merkitys; matriisin riskitasot. (Siirilä & Tytykoski)	35
Taulukko 2. Riskin merkitystapojen vertailu. (Siirilä & Tytykoski)	39

## **Käytetyt lyhenteet tai sanasto**

CEN	European Committee for Standardization
CENELEC	Committee for Electrotechnical Standardization
EN	European Norm
ETA	Euroopan talousalue
EU	Euroopan unioni
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
METSTA	Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys
ROS	Robot Operating System
SFS	Suomen standardointiyhdistys
Turun AKK	Turun Aikuiskoulutuskeskus

# 1 Johdanto

Toimeksiannon tavoitteena oli viimeistellä ja kehittää loppuun Turun Aikuiskoulutuskeskuksessa (Turun AKK) aloitettu harjoitusrobottisolun suunnittelu ja rakennustyö, joka keskeytyi keväällä 2020 koronapandemian vuoksi. Harjoitusrobotin tarkoituksena on mahdollistaa perustutkintoihin sisältyvien robotiikan opintojen perusharjoitukset.

Toimeksiantoon kuului laitteiston nykytilan arvioiminen, keskeneräisten osien viimeistely, riskien arviointi ja niiden pienentäminen sekä toteutussuunnitelman laatiminen, joka mahdollistaisi itseopiskelun robottiohjelmoinnissa. Näiden aiheiden kautta opinnäytetyö syventyi Euroopan unionin (EU) konedirektiiviin ja siihen liittyviin yhdenmukaistettuihin koneturvallisuuden standardeihin. Lisäksi työ käsittelee pintapuolisesti yleisiä aiheita liittyen robotiikkaan ja robottiturvallisuuteen.

Toimeksianto valittiin, koska se mahdollisti työskentelyn koneautomaation ja robotiikan parissa. Aihe tuki koneautomaatioon liittyviä opintopolkuja ja tarjosi laajaa käytännön kokemusta koneiden suunnittelusta ja turvallisuudesta, sisältäen virallisten direktiivien ja standardien noudattamisen.

Opinnäytetyön lähdeaineisto koottiin mahdollisimman ajankohtaisesta teoriamateriaalista, joka jaettiin selvästi kahteen eri kategoriaan: koneturvallisuus ja robotiikka. Koneturvallisuuteen liittyvän lähdeaineiston pohjaksi valittiin Tapio Siirilän ja Katri Tytykosken koneturvallisuutta käsittelevä kirjallisuus.

Tapio Siirilän koneturvallisuutta käsittelevät julkaisut ovat yleisesti hyväksytyjä ja laajasti käytössä eri opinnäytetöissä. Näiden lähdeaineistojen osalta kuitenkin pidättäydyttiin käyttämästä ainoastaan vuoden 2010 jälkeen julkaistuja teoksia, jotta voitiin varmistaa mahdollisimman ajankohtainen lähdeaineisto.

Siirilän ja Tytykosken kirjallisuutta tuetaan ja varmennetaan konedirektiiveillä, koneturvallisuuden yhdenmukaistetuilla standardeilla sekä METSTA ry:n julkaisemilla oppailla. Lisäksi keskustelun rikastuttamiseksi koneturvallisuuteen

liittyvien kappaleiden lähteitä on laajennettu myös robotiikan ja automaatioon liittyvään kirjallisuuteen.

Robotiikkaan ja koneautomaatioon liittyvän lähdeaineiston rungoksi valittiin Suomen Robotiikkayhdistyksen tuottama kirjallisuus, joka katsottiin olevan uusin aiheesta kattavasti kertova ja ajankohtaisin lähdemateriaali. Tämän tueksi kerättiin Pasi Hännisen kirjallisuutta robotiikasta ja tekoälystä, sekä Toimi Keinäsen & Matti Sumujärven uusinta kirjallisuutta automaatiotekniikasta.

Opinnäytetyön ensimmäisessä osassa keskitytään EU:n konedirektiivin, yhdenmukaistettujen standardien sekä riskinarvioinnin teoreettisen sisällön ja käytännön noudattamisen tarkasteluun. Työssä luodaan johdonmukainen rakenne direktiivien vaatimuksiin ja niiden noudattamiseen, joka toteutetaan yhdenmukaistettujen standardien kautta. Lisäksi teos tukee käsitystä standardien käyttämisestä työkaluina direktiivin noudattamisessa ja pyrkii luomaan syvemmän ymmärryksen standardien tarkoituksesta.

Jälkimmäinen osa keskittyy teollisuusrobotiikan ja robottijärjestelmiin liittyvien konedirektiivin määritelmien ja vaatimusten käsittelyyn. Tämän osion tavoitteena on luoda yhteys robottiturvallisuuden teorian ja opinnäytetyön ensimmäisen osan yleisen koneturvallisuuden välille, jotta saavutetaan syvämpi ymmärrys robottiturvallisuuden vaatimuksista sekä standardien käyttöön liittyvistä näkökohdista ja eduista. Lisäksi tarkastellaan pintapuolisesti yleisiä robotiikkaan liittyviä teorioita.

Opinnäytetyön teoreettinen sisältö perustuu pelkästään kirjalliseen lähdemateriaaliin. ChatGPT-tekoälysovellusta hyödynnettiin tässä opinnäytetyössä ainoastaan kieliopillisen tarkastuksen ja lauseiden sekä virkkeiden parantamiseen, jotta tekstistä saatiin entistä luettavampi.

Robotiikka on laajasti käytetty ja tulevaisuudessa huomattavasti kehittyvä teknologian ala. Robotiikkaan ja koneturvallisuuteen liittyvät asiat ovat ihmiskunnan ja teknologian kehityksen kannalta merkittäviä ja ajankohtaisia aiheita.

Opinnäytetyön toimeksiannon tarjosi Turun Aikuiskoulutuskeskus (AKK) (liite 6). Turun AKK on Turun alueella toimiva koulutuslaitos, jonka päätoimiala on koulutuspalvelut, keskittyen aikuisopiskelijoihin. Turun AKK tarjoaa ammatillisia peruskursseja, täydennyskoulutusta, ammattitutkintoja, sekä useita erilaisia kursseja ja työpajoja.

Turun AKK:n päätoimipaikka on Artukaisten oppilaitos, jonka lisäksi löytyy muutamia sivutoimipaikkoja Turun ja Paimion alueella. Aikuiskoulutuskeskuksen koulutusalarajontaan kuuluu muun muassa:

- Sähkö- ja automaatiotekniikka
- Kone- ja tuotantotekniikka
- Rakennusala ja talotekniikka
- Kasvatus- sosiaali- ja terveystieteiden ala
- Ajoneuvoala
- Liiketoiminta, kauppa ja hallinto
- Puhtaus ja kiinteistöpalveluala
- Turvallisuusala
- Matkailuala
- Ohjaava koulutus ja maahanmuuttajakoulutus

## 2 Koneturvallisuus

Erilaisten koneiden ja laitteiden hyödyntäminen on ollut oleellinen osa nykyihmisen ja -sivilisaation kehitystä tuhansien vuosien ajan. Kehittymisen tarve, elinympäristön muokkaaminen ja infrastruktuurin luominen ovat vaatineet erilaisten koneiden kehittämistä kautta aikain. Samalla kun erilaisia koneita on kehitetty energian tuottamiseen ja tarpeellisten työtehtävien suorittamiseen, on turvallisuuden kehittäminen noussut esille. Koneiden ja turvallisuuden yhdistäminen on ajan saatossa johtanut koneturvallisuuden tieteen syntymiseen ja kehittymiseen. (Siirilä & Tytykoski 2016, 24–28, 85–86.)

Kysymys koneiden turvallisuudesta nousee aina esiin uusien teknologisten edistysaskelten myötä. Siirilän ja Tytykosken (2016, 28) mukaan Suomessa onnistuttiin vähentämään työpaikkakuolemia lähes kolminkertaisesti kahdenkymmenen vuoden aikana säädöksiä avulla, jotka liittyvät koneturvallisuuteen. Kun tarkastellaan tilastoja vielä pidemmältä aikaväliltä, käy ilmi, kuinka merkittävä rooli koneturvallisuudella on ollut ja miten se on kehittynyt teknologian, direktiivien, lainsäädäntöjen ja standardien myötä.

Kreivi August Armfelt mainitsi, että 6–7 vuotisia kyllä käytetään lasitehtaissa työssä kantamassa valmiit lasitavarat uunista jäähdytyshuoneeseen, mutta tätä, usein hyvin kuumassa ja yön aikana tehtävää työtä, pitää hän lapsille sekä helppona että hauskana työnä. (Jahnsson 1910, 129.)

Koneturvallisuutta ja siihen liittyviä vaatimuksia valvotaan nykyisin tarkasti lakien, direktiivien ja standardien avulla. Kansainvälisesti on laadittu suosituksia ja standardeja, joiden avulla eri talousalueet, kuten Euroopan talousalue (ETA) ja Euroopan unioni (EU), tuottavat jäsenmaita velvoittavia direktiivejä. Direktiivien päämääränä on yhdenmukaistaa jäsenvaltioiden välillä koneturvallisuutta sekä koneisiin liittyvää markkinointia. (Konedirektiivi 2006/42/EY; METSTA 2020b, 2–3; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020.)

EU:n tärkein koneturvallisuuden direktiivi on konedirektiivi 2006/42/EY. Konedirektiivissä määritellään jäsenmaiden koneenrakentajille ja maahantuojille vaatimukset, joiden mukaisia kaikkien uusien koneiden tai ensimmäistä kertaa EU- ja ETA-alueelle toimitettavien koneiden tulee täyttää. Suomessa

koneturvallisuuden säätely perustuu koneasetukseen, joka on laadittu EU:n konedirektiivin pohjalta. (METSTA 2020b, 2; Suomen Robottiikkayhdistys ry 2023, 92–93; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 13–15.)

EU- ja ETA-alueisiin kuuluvien jäsenvaltioiden laatimat kansalliset lait varmistavat, että konedirektiivien määräykset ja vaatimukset toteutuvat käytännössä. Tällä tavoin pyritään saavuttamaan yhdenmukainen ja tasalaatuinen koneturvallisuustaso EU- ja ETA-alueilla. Vaikka koneisiin liittyvät määräykset annetaan laeilla ja direktiiveillä, niiden noudattaminen saattaa jäädä tulkinnanvaraiseksi. Tämän vuoksi on kehitetty vapaaehtoisia yhdenmukaistettuja standardeja, joiden käyttäminen tarjoaa varmuutta siitä, että lopputulos täyttää vaatimusten asettamat kriteerit. (METSTA 2020a, 6; METSTA 2020b, 2–3; Siirilä & Tytykoski 2016, 29–30; Suomen Robottiikkayhdistys ry 2023, 94; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 5–8.)

Standardien käyttö on lähtökohtaisesti vapaaehtoista, elleivät lait tai direktiivit erikseen määrää niiden käytöstä. Konedirektiiviin liittyvät pakolliset vaatimukset on määritelty ainoastaan direktiivin I liitteessä. Vaatimustenmukaisuuden takaamiseksi ja direktiivin I liitteen noudattamisen varmistamiseksi suositellaan käytettäväksi direktiivin mukaisesti laadittuja yhdenmukaistettuja standardeja. On tärkeää muistaa, että lakeja on aina noudatettava, ja niiden rikkomisesta seuraa rikosoikeudellinen vastuu. (METSTA 2021 7–8; METSTA 2020b, 3–5; Siirilä & Tytykoski 2016, 30–33.)

## 2.1 Konedirektiivi ja koneasetus

METSTAn (2020b, 2) mukaan ETA-alueella ja muissa EU-maissa koneiden turvallisuusvaatimukset määritellään EU:n konedirektiivillä 2006/42/EY. Suomessa konedirektiivi on pantu voimaan valtioneuvoston toimesta koneasetuksella VNa 400/2008, ja lisäksi koneiden käyttöön liittyen on laadittu erillinen käyttöasetus VNa 403/2008. (Siirilä & Tytykoski 2016, 34, 43–46; Suomen Robottiikkayhdistys ry 2023, 92.)

Konedirektiivin 2006/42/EY ensisijaisena tarkoituksena on luoda yhdenmukainen turvallisuustaso riippumatta koneen alkuperästä. Sen tavoitteena on suojata käyttäjiä koneen aiheuttamilta riskeiltä, ja lisäksi direktiivissä määritellään vaatimukset siitä, miten koneen vaatimustenmukaisuus saavutetaan ja millä menetelmillä koneen riskien pienentäminen toteutetaan. (METSTA 2020b, 2–3; Konedirektiivi 2006/42/EY, 1–4; Siirilä & Tytykoski 2016, 44–46. Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 92.)

Konedirektiivi 2006/42/EY, 2 artiklan mukaan:

'koneella' tarkoitetaan toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten.

Kaikkien Euroopan jäsenvaltioiden on toteutettava direktiivin asettamat toimenpiteet ja perustettava tai nimettävä kansallinen markkinavalvontaviranomainen. Tämän viranomaisen tehtävänä ja tavoitteena on varmistaa, että direktiivin määräykset toteutetaan ja että markkinoille tai käyttöön otettavat koneet ovat ensisijaisesti turvallisia, säännösten mukaisia eivätkä vaaranna henkilöiden tai mahdollisesti kotieläinten terveyttä. (Konedirektiivi 2006/42/EY, 4 artikla.)

Konedirektiivin mukaan koneen valmistajan tai maahantuojan on velvollisuus varmistaa ja huolehtia siitä, että kone täyttää konedirektiivin mukaiset olennaiset turvallisuus- ja terveysvaatimukset. Tähän sisältyy muun muassa riskien arvioinnin ja -pienentämisen toteuttaminen, teknisen tiedoston koostaminen sekä tarvittavien tietojen, ohjeiden ja varoitusten saatavuuden varmistaminen. (Konedirektiivi 2006/42/EY, 5 artikla; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 93.)

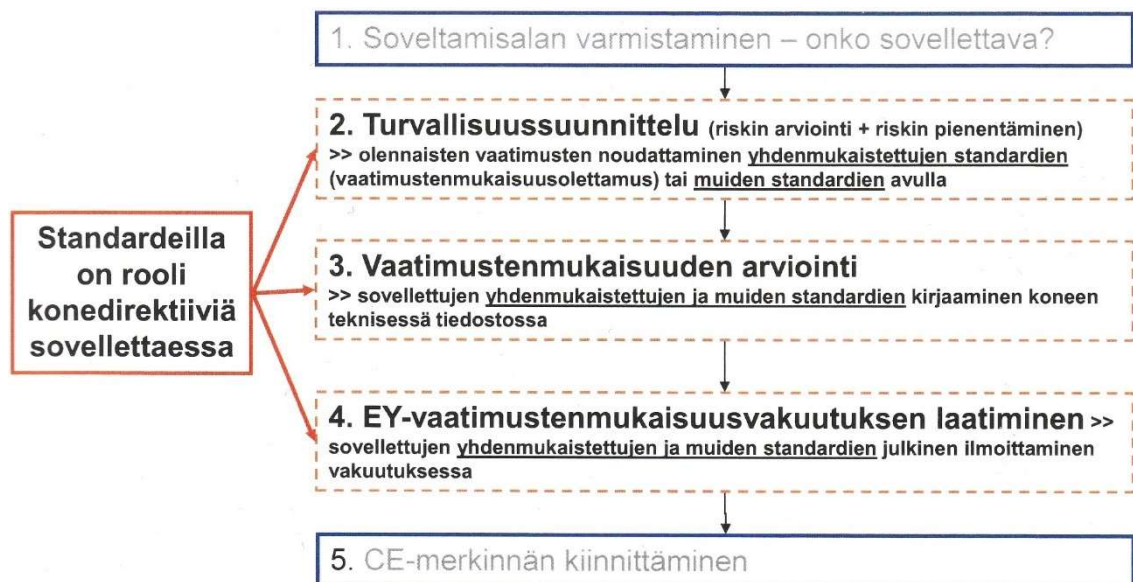
Lisäksi direktiivissä määritellään menettelytavat, joilla varmistetaan, että asetetut turvallisuusvaatimukset täyttyvät koneen suunnitteluvaiheesta aina käytöstä poistoon ja hävittämiseen saakka. Koneen suunnittelun ja valmistamisen jälkeen, ennen käytön aloittamista, koneen on oltava varustettu konedirektiivin mukaisella CE-merkinnällä, joka ilmaisee koneen vaatimustenmukaisuuden. (Konedirektiivi 2006/42/EY, 7, 10 ja 16 artikla; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 91.)

## 2.2 Konedirektiivin noudattamisen vaiheet

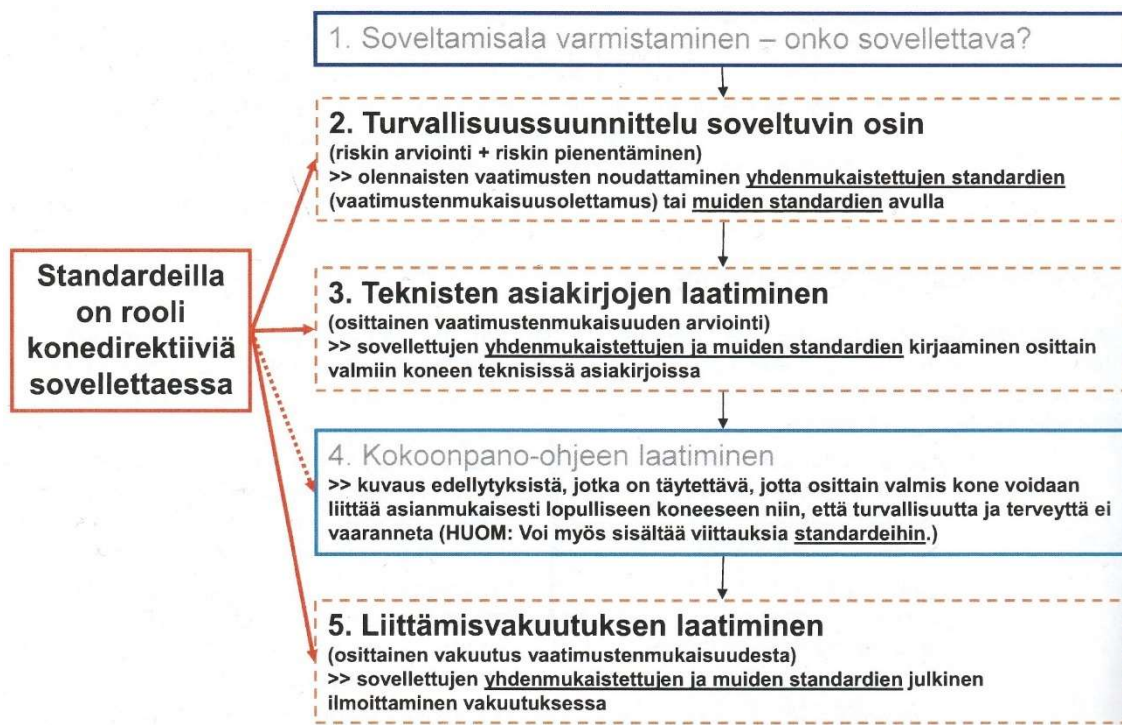
Konedirektiivin noudattaminen voidaan jakaa viiteen vaiheeseen. Näiden vaiheiden asianmukaisen suorittamisen jälkeen voidaan varmistua siitä, että kone on konedirektiivin vaatimusten mukainen. Noudattamisen vaiheet eroavat hieman riippuen siitä, onko kyseessä valmis kone vai puolivalmiste. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 15–20.)

Valmiin koneen direktiivin noudattamisen vaiheet (kuva 1) aloitetaan soveltamisalan varmistamisella. Tämän jälkeen seuraa turvallisuussuunnitelman laatiminen, vaatimustenmukaisuuden arviointi ja EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laatiminen. Prosessi päättyy CE-merkinnän kiinnittämiseen. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 15–18, 39–41.)

Puolivalmiin koneen direktiivin vaiheiden noudattaminen (kuva 2) alkaa myös soveltamisalan varmistamisella, mutta poikkeaa turvallisuussuunnitteluvaiheesta alkaen valmiin koneen vaiheista siten, että turvallisuussuunnittelussa voidaan laatia riskinarviointi ja riskien pienentäminen vain soveltuvin osin. Puolivalmistista konetta ei CE-merkitä, vaan prosessi päättyy liittämismukaisuusvakuutuksen laatimiseen. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 15–18, 39–41.)



Kuva 1. Konedirektiivin noudattamisen vaiheet; valmis kone. (SFS)



Kuva 2. Konedirektiivin noudattamisen vaiheet; puolivalmiste. (SFS)

### 2.2.1 Soveltamisalan varmistaminen

Ennen turvallisuussuunnittelun aloittamista on selvitettävä, kuuluuko arvioinnin kohteena oleva kone konedirektiivin soveltamisalaan, ja lisäksi on tarkistettava kaikki muut direktiivit ja erikoisdirektiivit, joiden soveltamisalaan arvioinnin kohteena oleva kone kuuluu. Direktiiveihin perehtymisen aikana voidaan samalla tarkastaa, mitä yhdenmukaistettuja standardeja konetta velvoittaviin direktiiveihin on laadittu, ja perehdytään myös niihin. METSTA (2020b, 3) suosittelee ennen kaikkea tarkastamaan, löytyykö C-typin yhdenmukaistettuja standardeja. Jos kone ei kuulu konedirektiivin piiriin, sitä ei tule ottaa huomioon. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 16.)

Konedirektiivin 2006/42/EY:n 1 artiklan mukaan konedirektiiviä sovelletaan muun muassa koneisiin, vaihdettaviin laitteisiin, turvakomponentteihin, nostoapuvälineisiin, ketjuihin, köysiin ja vöihin, nivelakseleihin sekä puolivalmisteisiin.

Konedirektiivin 2006/42/EY:n 1 artiklan mukaan direktiiviä ei sovelleta muun muassa tivoli- ja/tai huvipuistokoneisiin, ydinteknisiin koneisiin, aseisiin ja ampuma-aseisiin, yleisimpiin kulkuneuvoihin, merialuksiin ja liikkuviin avomeriyksiköihin, erityisesti sotilaalliseen tai poliisin käyttöön suunniteltuihin ja rakennettuihin koneisiin, tilapäisiin laboratoriotutkimuskäyttöön suunniteltuihin ja rakennettuihin koneisiin.

### 2.2.2 Turvallisuussuunnittelu

SFS (2020, 11) mukaan "turvallisuussuunnittelulla tarkoitetaan riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen muodostamaa iteratiivista prosessia". Tämä vaihe on suoritettava kaikissa uusissa ja modernisoiduissa koneissa sekä Euroopan talousalueen ulkopuolelta tulevissa koneissa. Vaikka turvallisuussuunnittelussa noudatetaan yhdenmukaistettuja standardeja konedirektiivin liitteen I yleisten periaatteiden mukaisesti, riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen iteratiivinen prosessi on aina toteutettava. (Siirilä & Tytykoski 2016, 164; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 92, 97–100; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 15–18, 52.)

Yhdenmukaistettujen standardien käyttö helpottaa riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen toteuttamista sekä nopeuttaa teknisen tiedoston ja dokumentaation laatimista. Yhdenmukaistettujen standardien käyttäminen antaa automaattisesti olettaa, että direktiivin vaatimukset on täytetty. Riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen laatimista varten on saatavilla standardi ja siihen liittyvä tekninen raportti:

- SFS-EN ISO 12100: Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen
- SFS-ISO/TR 14121-2: Tekninen raportti.

(Konedirektiivi 2006/42/EY; METSTA 2020b, 5; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 94–95; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 5–7, 11–13, 15–18, 51–52.)

### 2.2.1 Vaatimustenmukaisuuden arviointi

Koneen suunnittelun, riskien arvioinnin ja riskien pienentämisen jälkeen koneen valmistajan on varmistettava kaikin mahdollisin keinoin, että kone on suunniteltu ja valmistettu konedirektiivin vaatimusten mukaisesti. Arvioinnissa sisältyy kaikkien asiakirjojen tarkastaminen ja varmistaminen, kuten teknisen tiedoston saatavuus ja se, että teknisessä tiedostossa osoitetaan, miten turvallisuussuunnittelu on toteutettu. (Suomen Robottiikkayhdistys ry 2023, 93; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 17–18.)

Arviointi ja vaatimustenmukaisuuden tarkastaminen on katettava koneen suunnittelu-, valmis-, sekä käyttöönottoaiheet, ja valmistajan on varmistettava, että vaatimustenmukaisuus säilyy kaikkien vaiheiden aikana. Konedirektiivin liitteen IV mainittavien koneiden osalta valmistajan tulee laatia vaatimustenmukaisuuden arviointi yhdessä valitsemansa ulkopuolisen ilmoitetun laitoksen kanssa. (Konedirektiivi 2006/42/EY, liite IV; Suomen Robottiikkayhdistys ry 2023, 93; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 17–18.)

### 2.2.2 EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laatiminen

Yhdenmukaisuusvakuutuksen laatii aina koneeseen valittu valmistaja tai maahantuoja. Tarkat tiedot yhdenmukaisuusvakuutuksen sisällöstä on mainittu konedirektiivin 2006/42/EY:n liitteessä II, joka antaa edellytykset teknisten asiakirjojen sisällölle. Yhdenmukaisuusvakuutus on valmistajan antama vakuutus siitä, että valmistettu kone täyttää konedirektiivin määräykset ja on turvallista käyttää. Vakuutuksen sisältöön kuuluu muun muassa:

- koneen tekniset tiedot ja toiminnan kuvaus
- riskien arvioinnin dokumentit
- koneen suunnitteluun ja rakentamiseen käytetyt standardit
- konkreettinen allekirjoitettu vakuutus siitä, että kone on turvallinen ja turvallisitettu

Vaatimustenmukaisuusvakuutuksen prosessin aikana nousee esille osaamisen ja ymmärryksen tärkeys. Viimeistään tässä vaiheessa on oltava selvillä siitä, mikä konedirektiivin mukainen määrittely 'koneesta' on. Onko kyseessä valmis vai puolivalmis kone? Esimerkiksi teollisuusrobottien kohdalla, vaikka laitevalmistaja on tuonut markkinoille oman teollisuusrobotin, kyseinen robotti on vasta puolivalmiste. (Konedirektiivi 2006/42/EY, liite II; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 92–93.)

Kun teollisuusrobottiin yhdistetään työkalu, toimilaitteet sekä muut oheislaitteet ja sille on määrätty selvä erityinen toiminto, syntyy kokonaisuus, joka katsotaan olevan konedirektiivin määrittelyjen mukainen 'kone'. Näin ollen taho, joka rakentaa robottijärjestelmän liittäen edellä mainitut osatekijät yhteen, katsotaan olevan ensisijaisesti järjestelmän eli koneen valmistaja. Muussa tilanteessa on voitu erikseen sopia jokin muu taho, joka on määrätty esimerkin mukaisessa tilanteessa järjestelmän valmistajaksi. (Konedirektiivi 2006/42/EY, liite II; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 92–93.)

Konedirektiivin mukaisesti valmistaja tai valmistajaksi määrätty taho on velvollinen laatimaan yhdenmukaisuusvakuutuksen ja kaikkiin siihen liittyviin prosesseihin ja työvaiheisiin liittyvien asiakirjojen tuottamisen. Suomen Robotiikkayhdistyksen (2023, 93) mukaan jokin taho on aina oltava, ja jos vaatimustenmukaisuusvakuutus on syystä tai toisesta jäänyt puuttumaan, viimeistään ostajan katsotaan olevan vastuussa sen järjestämisestä tai toteuttamisesta. (Konedirektiivi 2006/42/EY, liite II; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 92–93.)

### 2.2.3 CE-merkintä ja merkinnän kiinnittäminen

CE-merkinnällä ilmoitetaan, että koneen katsotaan olevan konedirektiivin vaatimusten mukainen ja että konedirektiivin vaatimukset on otettu huomioon valmistajan tai maahantuojaan toimesta. Konedirektiivin 2006/42/EY:n mukaan CE-merkintä ei ole 'lupaus' koneen riskittömyydestä, vaan vakuutus siitä, että kone on turvallistettu konedirektiivin mukaisesti. CE-merkintä on ensisijaisesti

tarkoitettu viranomaisia varten. (Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 91; Konedirektiivi 2006/42/EY, 5.)

Euroopan talousalueella koneen valmistajan tai maahantuojan on toteutettava koneen yhdenmukaistaminen ja riskin pienentämisen prosessi konedirektiivin mukaisesti. Tämä tarkoittaa, että kone arvioidaan ja testataan ennen markkinoille tai käyttöön saattamista. Kun vaaditut toimenpiteet on suoritettu, valmistaja tai maahantuoja merkitsee koneeseen CE-merkinnän. Vaatimuksenmukaisuus on aina tarkastettava koneen modernisoinnin ja merkittävien muutosten jälkeen. (Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 93–94, 97–100; Konedirektiivi 2006/42/EY, 5 ja 16 artikla.)

EU- ja ETA-markkinoilla CE-merkityt koneet voivat liikkua vapaasti. Tämä mahdollistaa koneiden tilaamisen, myymisen ja toimittamisen EU-alueella nopeammin ja taloudellisemmin. Kun CE-merkitty kone siirretään EU-maiden välillä, sille ei tarvitse tehdä kansallisia testauksia eikä hankkia erillisiä hyväksyntöjä jäsenmaahan saapuessaan. (Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 92–92; Konedirektiivi 2006/42/EY, 6 artikla.)

### 2.3 Standardit

Siirilän & Tytykosken (2016, 85–86) mukaan standardien historia ulottuu tuhansien vuosien taakse, ja standardointi on kehittynyt suurten rakennusprojektien yhteydessä ikään kuin sivutuotteena. He kertovat, että ensimmäiset standardeiksi katsotut asiat liittyivät usein kivi- ja tiilistöihin liittyviin mittoihin. Nämä mitat vakiinnuttivat materiaalityöntä ja edistivät suurten rakennusprojektien, kuten pyramidien ja Kiinan muurin rakennustöiden etenemistä. (Siirilän & Tytykoski 2016, 85–86.)

Standardien kehitys oli vuosisatojen ajan hyvin hidasta. Kuitenkin teknisen ja teollisen kehityksen puhjettua 1700- ja 1800-lukujen vaihteessa standardien määrittely alkoi kehittyä. Tämä johti mittojen, mittayksiköiden, tuotantotapojen ja muiden seikkojen vakiinnuttamiseen, mikä vaati kansainvälisen standardoinnin kehittymistä. (Siirilä & Tytykoski 2016, 85–86.)

Sähkötekniikan yleistyminen 1800- ja 1900-lukujen taitteessa lisäsi vakiintuneiden käytäntöjen ja toimintatapojen kehittymistä entisestään. Lopulta havaittiin, että standardoinnille tarvitaan valvovia järjestöjä, ja näin ollen 1900-luvun alkupuolella perustettiin muun muassa International Organization for Standardization (ISO) sekä sähköön liittyviä standardeja tuottava International Electrotechnical Commission (IEC). (Siirilä & Tytykoski 2016, 85–86.)

Standardit jaetaan yleisesti kansainvälisiin, talousalueellisiin ja kansallisiin ryhmiin:

- **Kansainväliset standardit:** Yleisimmät kansainväliset standardit ovat ISO- ja IEC-standardeja, jotka laativat International Organization for Standardization (ISO) ja International Electrotechnical Commission (IEC).
- **Euroopan standardit:** European Norm-, eli EN-standardit ovat Euroopan jäsenmaiden sekä muiden Euroopan maiden välisiä standardeja. Niitä laativat European Committee for Standardization (CEN) sekä Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC).
- **Suomen standardit:** SFS-standardit ovat Suomen kansallisia standardeja, joita laatii Suomen standardointiyhdistys SFS ry.
- **Kone- ja metallialan standardointi:** Kone- ja metallialan standardointityöstä vastaa Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys METSTA ry (METSTA).

(Siirilä & Tytykoski 2016, 86–87, 90–91, 101–107; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 94–95; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 11–13.)

### 2.3.1 Yhdenmukaistetut standardit yleisesti

Kun puhutaan standardeista, käsitteet "standardi" ja "yhdenmukaistettu standardi" nousevat usein esille. Kun kysytään, onko näiden käsitteiden välillä merkittävä ero, huomataan, että vastaus ei aina ole täysin itsestään selvä. Siirilän ja Tytykosken (2016, 93) sekä Konedirektiivin (2006/42/EY) mukaan yhdenmukaistetut standardit on laadittu täydentämään direktiivejä sekä tukemaan ja ohjaamaan direktiivien noudattamista.

Yhdenmukaistettu standardi on ohjeellinen asiakirja, jonka tarkka noudattaminen johtaa lopputulokseen, joka automaattisesti täyttää siihen liittyvän direktiivin vaatimukset. Usein yhdenmukaistettu standardi liittyy vain yhteen tiettyyn direktiiviin, mutta on olemassa myös erityispoikkeuksia. (METSTA 2020b, 6–7; Siirilä & Tytykoski 2016, 93–96; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 94–95.)

Standardien tunnukset eivät suoraan ilmaise, onko standardi perus- vai yhdenmukaistettu. Monet standardit eivät ole yhdenmukaistettuja minkään direktiivin kanssa, ja tällaisia niin sanottuja "tavallisia" standardeja on laadittu yleisesti työn helpottamiseksi ja yhtenäistämiseksi. Standardin käyttäjän on varmistettava standardin esipuheesta ja erityisestä Z-liitteestä, minkä direktiivin kanssa käytetty standardi on yhdenmukaistettu. (METSTA 2020b, 7; Siirilä & Tytykoski 2016, 94–96; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 94–95.)

### 2.3.2 Koneturvallisuuden yhdenmukaistetut standardit

Siirilän & Tytykosken (2016, 91) ja METSTA (2020a, 6) mukaan koneturvallisuuteen liittyvät yhdenmukaistetut standardit voidaan jakaa kolmeen eri päätyyppiluokkaan:

**A-tyypin standardit:** Nämä ovat yleispäteviä standardeja, jotka koskevat kaikkia koneita.

**B-tyypin standardit:** Nämä täydentävät A-tyypin standardeja ja keskittyvät yksityiskohtaisemmin koneen osien, toimintojen, ominaisuuksien ja turvalaitteiden suunnitteluun ja turvallistamiseen.

**C-tyypin standardit:** Nämä ovat täysin konekohtaisia ja kattavat yksityiskohtaisesti kaikki koneen vaaditut osa-alueet ja turvallisuusnäkökohdat.

(Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 94–97.)

### 2.3.3 A-tyyppin standardi (koneturvallisuuden perusstandardi)

A-tyyppin yhdenmukaistettu standardi, eli niin sanottu koneturvallisuuden perusstandardi ja sitä tukeva tekninen raportti, ovat:

- **SFS-EN ISO 12100**: Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen
- **SFS-ISO/TR 14121-2**: Tekninen raportti, joka tukee SFS-EN ISO 12100 -standardia.

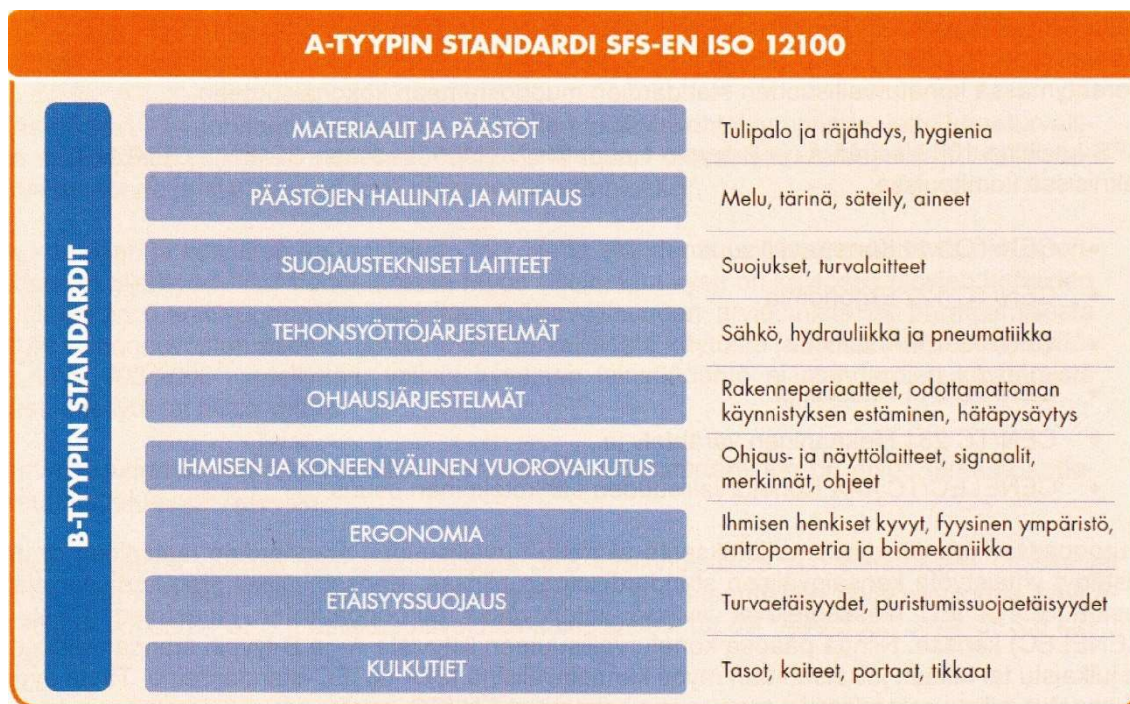
SFS-EN ISO 12100 soveltuu yleisesti kaikkiin koneisiin, riippumatta niiden tyypistä tai käyttötarkoituksesta. Koneturvallisuuden perusstandardi keskittyy koneiden yleisiin suunnitteluperiaatteisiin, riskien arviointiin ja riskien pienentämiseen, mikä kattaa konedirektiivin liitteen I vaatimukset. (METSTA 2020b, 3–4; Siirilä & Tytykoski 2016, 90–92; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 94–97; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 6–8.)

Suomessa koneturvallisuuden perusstandardin SFS-EN ISO 12100 käyttöön liittyen on julkaistu SFS-käsikirja 100–1:2020, joka tarjoaa kattavan opastuksen ja perehdytyksen SFS-EN ISO 12100 -standardin soveltamiseen. SFS-EN ISO 12100 on olennainen standardi konevalmistajille, jotka tavoittelevat CE-merkinnän myöntämistä ja koneidensa markkinoille saattamista EU:ssa ja Suomessa. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 5.)

### 2.3.4 B-tyyppin standardit (turvallisuuden ryhmästandardi)

B-tyyppin standardit täydentävät ja laajentavat A-tyyppin, eli koneturvallisuuden perusstandardin, sekä C-tyyppin standardien sisältöjä ja soveltamisalueita. On olemassa muutamia kymmeniä B-tyyppin standardeja, jotka keskittyvät yksityiskohtaisemmin muun muassa koneen osien, toimintojen, ohjauslaitteiden, turvalaitteiden ja turvaominaisuuksien suunnitteluun sekä riskien hallintaan. (METSTA 2020a, 6; METSTA 2020b, 3–4; Siirilä & Tytykoski 2016, 90–92; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 94–97.)

Erityisesti koneen suunnitteluvaiheessa B-tyyppin standardeista löytyy usein sopivia yhdenmukaistettuja standardeja, jotka tukevat ja parantavat koneen suunnittelua jo varhaisesta vaiheesta lähtien. B-tyyppin standardeista on saatavilla monipuolinen aihevalikoima, joka kattaa koneen eri osa-alueet (kuva 3). (METSTA 2020a, 6; METSTA 2020b, 3–4; Siirilä & Tytykoski 2016, 90–92; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 96.)



Kuva 3. A- ja B-tyyppin standardien yhteys. (SFS)

Suomessa yleisimmin käytetyt B-tyyppin standardit on koottu SFS-Käsikirjaan 100–2:2020, joka käsittelee koneiden turvallisuutta. Kirjasarjan toinen osa keskittyy turvaetäisyyksiin, suojukseen, työskentelypaikkojen mitoitukseen ja hätäpysäytykseen. Tätä kirjaa suositellaan käytettäväksi yhdessä saman kirjasarjan ensimmäisen osan, SFS-Käsikirja 100–1:2020, kanssa. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 5.)

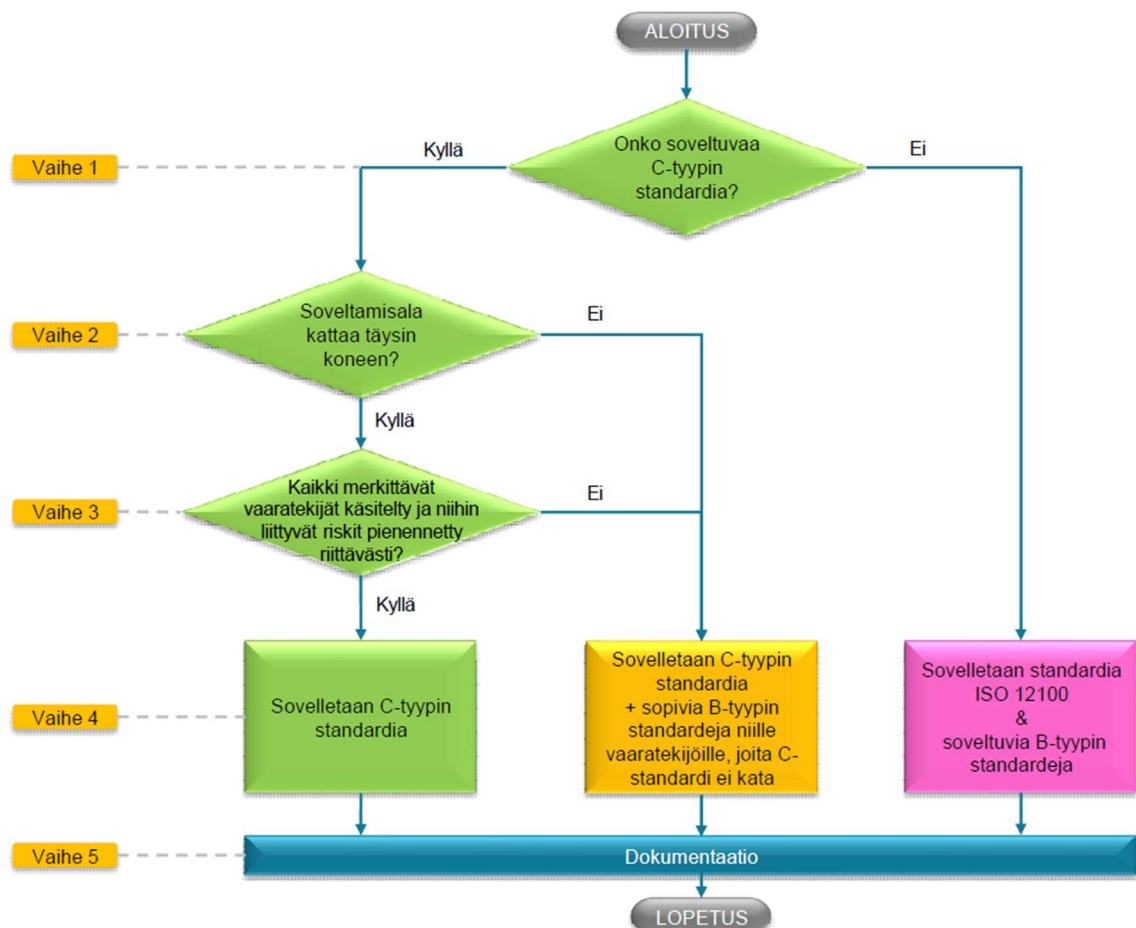
SFS (2020, 63) mukaan B-tyyppin standardit jaetaan kahteen eri ryhmään:

B1-tyyppin standardit koskevat tiettyjä yksittäisiä turvallisuusnäkökohtia (esim. turvaetäisyydet, pintalämpötila, melu)

B2-tyyppin standardit koskevat suojausteknisiä laitteita (esim. kaksinkäsinhallintalaitteet, koneen toimintaan kytkentälaitteet, kosketuksen tunnistavat laitteet, suojuukset)

### 2.3.5 C-tyyppin standardit (konekohtaiset turvallisuusstandardit)

C-tyyppin standardit koostuvat kone- tai koneryhmäkohtaisesta suunnittelu- ja turvallistamisohjeistuksesta, ja niitä täydennetään yhdenmukaistetuilla A- ja B-tyyppin standardeilla. Koneen suunnittelun aloitusvaiheessa (kuva 4) on erittäin hyödyllistä tarkistaa, onko suunniteltavaan koneeseen saatavilla C-tyyppin standardia, jonka mukaan suunniteltu ja rakennettu kone katsotaan olevan vahvasti yhdenmukaistettu konedirektiivin kanssa. (METSTA 2020b, 3–4. Siirilä & Tytykoski 2016, 91, 93–96; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 94–97.)



Kuva 4. C-tyyppin standardin tarkastusvuokaavio. (METSTA)

Jos suunniteltavaan koneeseen ei ole saatavilla C-tyyppin standardeja, olisi suositeltavaa hankkia ja käyttää B-tyyppin standardeja, jotka keskittyvät suunniteltavan koneen ominaisuuksiin, turvalaitteisiin, ohjausjärjestelmiin, ympäristöön ja muihin osiin. Näitä standardeja olisi suositeltavaa soveltaa yhdessä A-tyyppin, eli koneturvallisuuden perustandardin kanssa. (METSTA 2020b, 3–4. Siirilä & Tytykoski 2016, 91; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 94–95.)

### 2.3.6 Koneensuunnittelijan standardikokoelma

METSTA ry vastaa kone- ja metallialan standardoinnista sekä tuottaa standardointityön ohessa laajan valikoiman mainontaa, ohjausta, koulutusta ja julkisia seminaareja. Yleisen tiedon ja osaamisen aktiivinen lisääminen standardien parissa on METSTAn keskeinen tavoite. (METSTA 2021, 3.)

METSTA ry:n internetsivuilla, [www.metsta.fi](http://www.metsta.fi), on laaja valikoima METSTAN tuottamia, julkiseen käyttöön tarkoitettuja tietopaketteja, jotka käsittelevät standardeja. Näiden joukossa on muun muassa teos nimeltä "Koneenrakentajan tärkeimmät standardit 2020". Kuvat 5, 6 ja 7 (METSTA 2020a, 6–7) sisältävät listan yleisimmistä koneenrakentajan ja -suunnittelijan tarvitsemista standardeista.

1	SFS-EN ISO 12100	Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen
2	SFS-ISO/TR 14121-2	Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä
3	SFS-EN ISO 13854	Vähimmäisetaisyydet kehonosien puristumisvaaran välttämiseksi
4	SFS-EN ISO 13857	Turvaetaisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeille
5	SFS-EN 14118	Odottamattoman käynnistymisen estäminen
6	SFS-EN ISO 14119	Suojusten kytkentä koneen toimintaan. Suunnittelu ja valinta
7	SFS-EN ISO 14120	Koneturvallisuus. Suojukset. Kiinteiden ja avattavien suojusten suunnittelun ja rakenteen yleiset periaatteet
8	SFS-EN ISO 14122 osat 1-4	Koneiden kiinteät kulutiet
9	SFS-EN ISO 13850	Hätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet

Kuva 5. Oleelliset A- ja B-tyyppin standardit. (METSTA)

1	SFS-EN ISO 13851	Kaksinkäsinhallintalaitteet. Toiminnalliset näkökohdat. Suunnitteluperiaatteet
2	SFS-EN ISO 4413	Hydraulinen tehonsiirto. Järjestelmiä sekä niiden komponentteja koskevat yleiset periaatteet ja turvallisuusvaatimukset
3	SFS-EN ISO 4414	Pneumaattinen tehonsiirto. Järjestelmiä sekä niiden komponentteja koskevat yleiset periaatteet ja turvallisuusvaatimukset

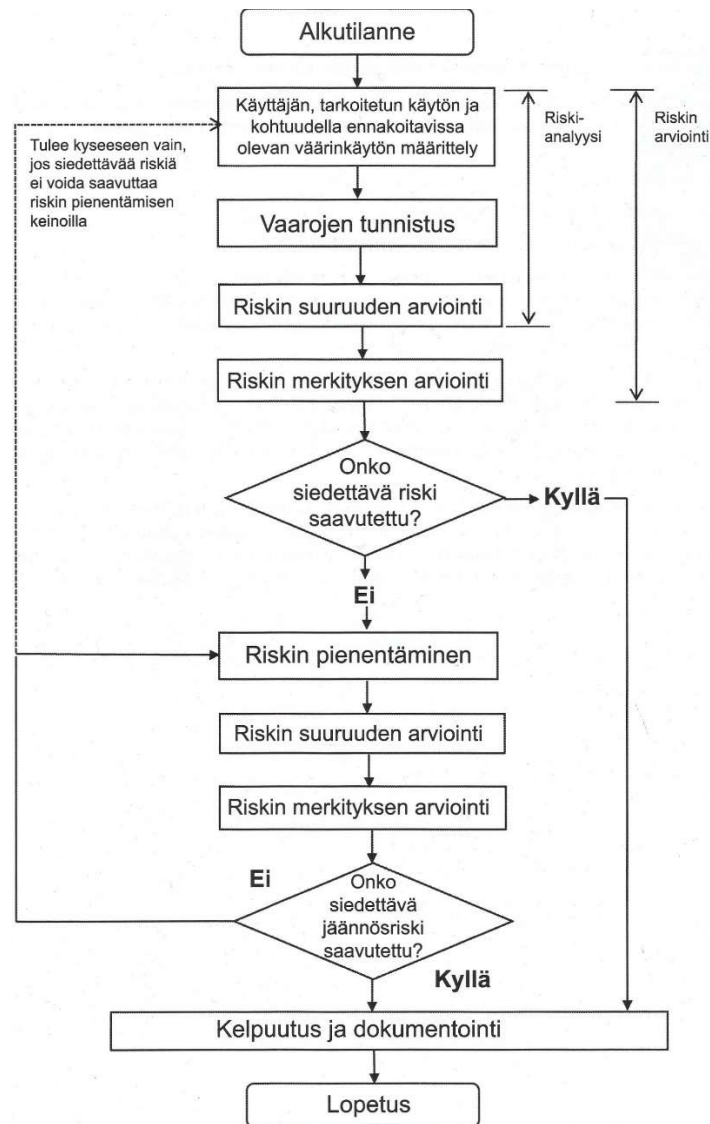
Kuva 6. Laajennettu valikoima B-tyyppin standardeista. (METSTA)

1	SFS-EN ISO 13849-1	Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet
2	SFS-EN ISO 13849-2	Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 2: Kelpuus
3	SFS-EN 62061	Turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus
4	SFS-EN 60204-1	Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset
5	IEC/TS 62046 ed. 2	Henkilön havaitsevien turvalaitteiden käyttö

Kuva 7. Ohjausjärjestelmien B-tyyppin standardit. (METSTA)

## 2.4 Riskin arviointi ja riskin pienentämisen strategia

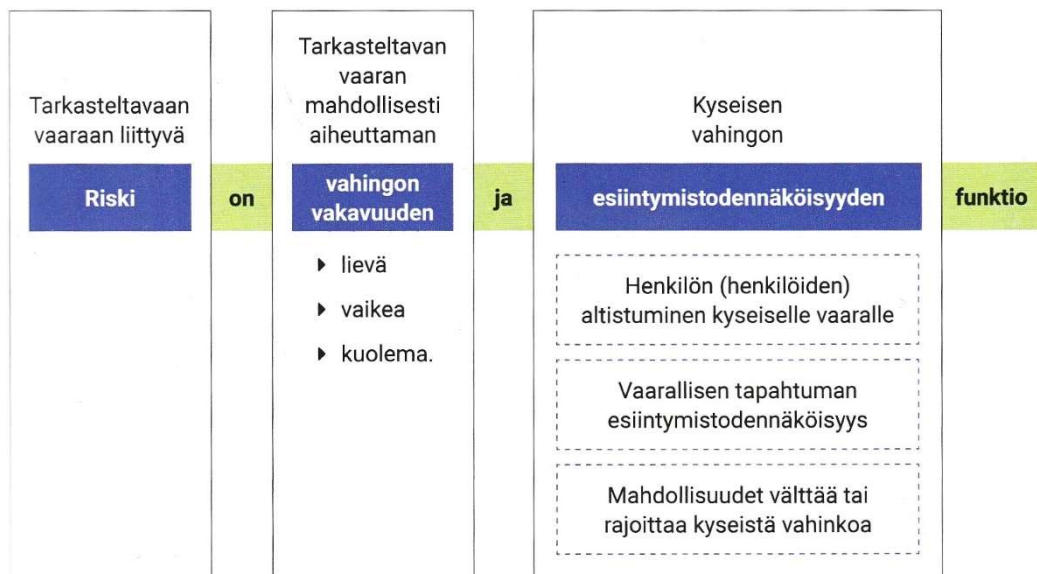
Kuten luvussa 2.1 viitattiin, EU- ja ETA-alueilla koneen valmistajan tai maahantuojan vastuulla on varmistaa ja vakuuttaa, että kone on asianmukaisesti CE-merkitty, mikä sisältää konedirektiivin määrittämien terveys- ja turvallisuusvaatimusten täyttämisen. Konedirektiivin mukaan tämä edellyttää riskien arvioinnin ja -pienentämisen iteratiivista prosessia (kuva 8), jossa pyritään kartoittamaan ja arvioimaan kaikki mahdolliset riskit, joita koneen suunniteltu käyttö ja toiminta sekä kohtuudella ennakoitavat väärinkäytökset voivat aiheuttaa koko koneen elinkaaren ajan. (Konedirektiivi 2006/42/EY, 5 artikla; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 93; Siirilä & Tytykoski 2016, 162; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 30.)



Kuva 8. Riskin arviointi, ISO/IEC Guide 51 mukaisesti. (SFS)

Riskien arvioinnin jälkeen kaikki merkittävät vaarat, vaaralliset tilanteet, vaarojen aiheuttajat ja riskit pyritään poistamaan, pienentämään tai hallitsemaan. Koneen käytön ja siihen liittyvien tilanteiden tulee olla sellaisia, etteivät ne altista henkilöitä tai eläimiä vaaralle tai vaaratilanteille, jotka voisivat aiheuttaa vahinkoa. Iteratiivisuudella tarkoitetaan riskien arvioinnin ja pienentämisen prosessin toistamista niin monta kertaa, kunnes kaikki mahdolliset riskit koneen koko elinkaaren ajalta on saatu poistettua tai pienennettyä siedettävälle tasolle. (Siirilä & Tytykoski 2016, 162–164; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 99; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 32–35.)

Vaara ja vaarallinen tilanne eroavat 'riskistä' siten, että vaarat eivät yksinään ole omiaan aiheuttamaan vahinkoa. Vaaran lisäksi tarvitaan altistuminen vaaralle, altistumisen aika ja vaarallisen tapahtuman toteutuminen. Standardin SFS-EN ISO 12100 mukaan tarkasteltavaa riskiä voidaan pitää funktiona (kuva 9), jonka arvo määräytyy vahingon aiheuttaman vakavuuden ja vahingon esiintymistodennäköisyyden mukaan. (Siirilä & Tytykoski 2016, 178–190; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 100–103; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 43.)



Kuva 9. Riskin funktio. (Suomen Robotiikkayhdistys)

Konkreettisen vahingon tapahtuminen johtuu vaarallisen tilanteen tai asian läsnäolosta, vaaralle altistumisesta sekä vaarallisen tilanteen toteutumisesta. Vahinkoon ja vahingoittumiseen johtavat tekijät muodostavat kokonaisuuden, jota kutsutaan riskiksi eli riskiksi joutua vaarallisen tilanteen aiheuttaman vahingon kohteeksi. (Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 100; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 46.)

Esimerkiksi, kun robottisolu on pysäytetty, sisään meneminen ei juurikaan aiheuta riskejä, koska robotin mekaaniset osat eivät liiku. Sen sijaan, kun robottisolu on käynnissä, sisään meneminen aiheuttaa suuren riskin vahingoittumiselle, koska silloin robotin mekaaniset osat ovat liikkeessä ja voivat

osua tai törmätä ihmiseen suurella voimalla ja nopeudella. (Siirilä & Tytykoski 2016, 201–206; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 105–112.)

Käytännössä suunnitteluvaiheessa robottisolulle on toteutettu lukuisia turvallisuusratkaisuja, kuten suoja-aitoja ja esteitä, jotka estävät alueelle pääsyn vahingossa. Lisäksi alueelle on asennettu läsnäoloa tunnistavia sensoreita, skannereita ja muita turvalaitteita, joiden tehtävänä on havaita henkilön lähestyminen ja välittömästi pysäyttää robottisolun toiminta. (Siirilä & Tytykoski 2016, 201–206; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 105–112.)

Tällaiset toimenpiteet vähentävät merkittävästi riskiä törmätä robottisoluun sen ollessa toiminnassa. Lopuksi, kun jäännösriskien vakavuus on arvioitu heikoksi ja niiden esiintymistodennäköisyys on tarpeeksi alhainen, voidaan olettaa, että koneen käyttäminen on turvallista jäännösriskeistä huolimatta. (Siirilä & Tytykoski 2016, 177, 201–206, 248–250; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 105–112.)

#### 2.4.1 Koneen raja-arvojen määrittäminen

Riskin arviointi aloitetaan uuden koneen suunnittelun yhteydessä. Riskin arvioinnissa ensin määritellään kaikki koneen raja-arvot, jotka kattavat koneen koko elinkaaren, suunnittelusta käytöstä poistoon. Nämä raja-arvot voidaan karkeasti jakaa kahteen eri kategoriaan: koneen tarkoitettu käyttö ja kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. (Siirilä & Tytykoski 2016, 164–170; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 100–101; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 72, 75–79.)

Siirilän & Tytykosken (2016, 164) mukaan koneen tarkoitettu käyttö vaikuttaa ja määrittää käytännössä kaikkein eniten koneen tulevaan rakenteeseen ja toimintaan. Tämän vuoksi tarkoitettu käyttö tulisi jo suunnitteluvaiheessa määrittää ja dokumentoida mahdollisimman huolellisesti tulevaa riskinarviointia varten.

Siirilä & Tytykoski (2016, 166–170) nostavat esille SFS-EN ISO 12100 -standardin mukaisia oleellisia aihealueita, jotka liittyvät raja-arvoihin. Näitä aihealueita ovat muun muassa:

- tarkoitettu käyttö ja käyttäjät
- kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö
- koneen tarvitsema tila; käyttö, huolto ja korjaukset huomioiden
- aikarajat sisältäen muun muassa; koneen suunniteltu käyttöikä, koneen käyttö- ja seisokkiajat, komponenttien ja osien suunnitellut käyttöiät ja ajat
- koneessa ja sen ympäristössä käytettävät aineet ja kemikaalit
- puhtaanapito, huolto ja korjaukset
- koneen fyysinen koko, tekniset ominaisuudet, liikkeet, nopeudet ja voimat
- energialähteet; sähkö, hydraulikka, pneumatiikka, höyry, ym.
- tarvittavat hyödykkeet
- päästöt

(Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 72, 75–79.)

#### 2.4.2 Vaarojen ja vaaratilanteiden tunnistus

Riskin arvioinnin asianmukainen toteuttaminen edellyttää tarkan ja huolellisen vaarojen tunnistamisen suorittamista. Siirilä & Tytykoski (2016, 177) ehdottavat, että riskin arviointi suoritetaan mieluiten ryhmätyönä, johon osallistuu eri alojen ja aihealueiden ammattilaisia. Näin varmistetaan, että vaarojen tunnistusvaihe suoritetaan kattavasti useista eri näkökulmista.

Riskin arvioinnin yksilösuoritus ei ole suoranaisesti kiellettyä, mutta Siirilä & Tytykoski (2016, 178) väittävät, että ryhmätyönä suoritettu arviointi tuottaa huomattavasti vakuuttavampia ja varmempia tuloksia. Tämä johtuu siitä, että yksittäisen henkilön arvio saattaa jäädä puutteelliseksi, mikäli yksi tai useampi vakava riski jää huomioimatta. (Siirilä & Tytykoski 2016, 177–179.)

Vaarojen tunnistamista varten standardi SFS-EN ISO 12100:n liitteessä B tarjotaan taulukko B1, joka listaa erilaiset vaaralliset aihealueet ja niihin liittyvät

yleiset vaarat. Taulukko on tarkoitettu ohjaamaan ja tukemaan vaarojen tunnistamista, mutta se ei ole kattava lista. Kaikki mahdolliset vaarat, myös ne, joita standardin liitteessä B ei ole mainittu, tulee ottaa huomioon arvioinnissa. (Siirilä & Tytykoski 2016, 178–183; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 41–45, 116.)

#### 2.4.3 Riskien suuruuden arviointi

Vaarojen tunnistamisen jälkeen jokainen kirjattu vaara tulee arvioida yksilöllisesti. Tässä arvioinnissa kartoitetaan ja arvioidaan kunkin vaaran aiheuttama seuraamus ja sen vakavuus sekä vaaran todennäköisyys. Esimerkiksi, jos havaitaan vaara, jossa henkilö voi joutua koneen osan puristamaksi, seuraamus voi olla jopa hengen menetys, mikä tekee siitä erittäin vakavan. (Siirilä & Tytykoski 2016, 191–210; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 79–80.)

Edellä mainitussa esimerkkitalanteessa, jos kyseisen vaaran tapahtumisen todennäköisyys arvioidaan todennäköiseksi, riski katsotaan erittäin vakavaksi, mikä asettaa koneen käyttökieltoon siihen asti, kunnes riski on pienennetty siedettävälle tasolle. Riskin pienentämiseen on useita eri keinoja, kuten vaaran eliminointi estämällä henkilön pääsy koneen osan vaikutusalueelle tai estämällä koneen käynnissä olo tai käynnistyminen, kun henkilö on vaarallisen osan vaikutusalueella. (Siirilä & Tytykoski 2016, 248–250; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 45–46, 81.)

#### 2.4.4 Riskien merkityksen arviointi

Riskien merkityksen arviointitapaa ei ole tarkasti määritelty konedirektiivissä tai standardeissa. Arviointitavan valintaan vaikuttaa monia erilaisia tekijöitä, kuten koneiden moninaisuus, ympäristöolosuhteet, käyttötarkoitukset ja muut seikat. Tästä syystä ei ole mahdollista kehittää yhtä yleistä arviointimenetelmää, joka sopisi kaikkiin koneisiin ja tilanteisiin. (Siirilä & Tytykoski 2016, 222–223; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 84.)

Siirilän ja Tytykosken (2016, 222) mukaan erilaisia menetelmiä ja työkaluja on satoja, ja uusia menetelmiä syntyy jatkuvasti koneiden ja teknologian kehittyessä. Arviointimenetelmä on valittava aina huolellisesti ottaen huomioon kunkin koneen yksilölliset raja-arvot ja tilanteet. (Siirilä & Tytykoski 2016, 222; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 84.)

Vaikka arviointimenetelmiä on satoja, ne jakavat lähes samat vaiheet arviointiprosessissa, riippumatta käytetystä menetelmästä, kuten Siirilän ja Tytykosken (2016, 222–223) mukaan todetaan. Yksittäisten vaiheiden sisällöt voivat kuitenkin vaihdella eri menetelmien välillä. Yleisimmät menetelmätyypit ovat matriisi-, vuokaavio- ja yhdistelmämenetelmät. (Siirilä & Tytykoski 2016, 222–229.)

### Matriisimenetelmä

Matriisimenetelmässä riskin merkitys ja vakavuus määritetään taulukkomatriiseilla (kuva 10 ja 11), jossa vaaran tapahtumisen todennäköisyys kuvataan pystysuunnassa ja seuraamusten vakavuus vaakasuunnassa. Taulukkomatriisin tarkkuus määräytyy solujen määrän perusteella. Mitä vähemmän soluja (kuva 10), sitä väljempi tulos, ja mitä enemmän soluja (kuva 11), sitä tarkempi tulos. (Siirilä & Tytykoski 2016, 224–225, 235.)

Toden- näköisyys	3	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski
	2	Siedettävä riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski
	1	Vähäinen riski	Siedettävä riski	Kohtalainen riski
		1	2	3
		Seurausten vakavuus		

Kuva 10. Riskin merkitys; matriisi 3x3. (Siirilä & Tytykoski)

Toden- näköisyys	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
1,0	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
0,9	0,9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	
0,8	0,8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	
0,7	0,7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	
0,6	0,6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	
0,5	0,5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
0,4	0,4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	
0,3	0,3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
0,2	0,2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
0,1	0,1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Seurausten vakavuus

Kuva 11. Riskin merkitys; matriisi 10x10. (Siirilä & Tytykoski)

Matriisimenetelmän haasteet liittyvät erityisesti oikean matriisin koon valintaan. Kuinka voidaan määrittää sopiva solujen määrä matriisille? Jos valittu matriisi on liian väljä, se voi tuottaa vain kohtalaisen vakavuusasteen (taulukko 1), vaikka todellisuudessa riski saattaisi olla merkittävä tai jopa sietämätön. (Siirilä & Tytykoski 2016, 224–225, 242–243.)

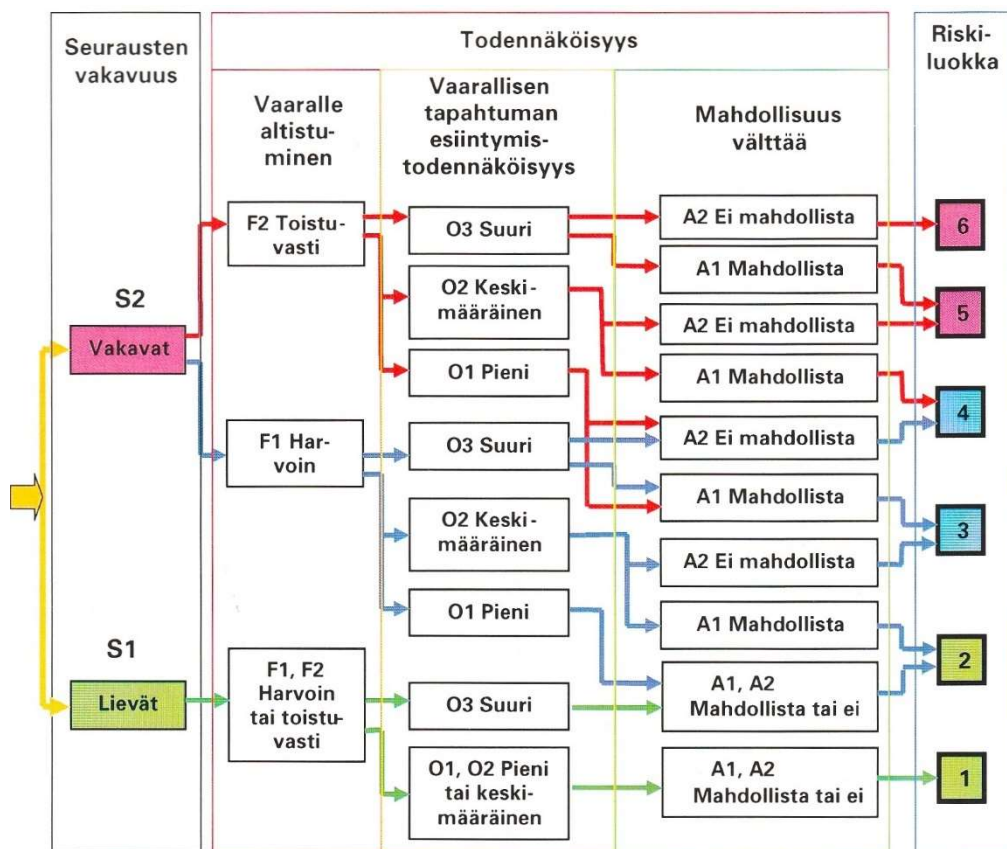
Tarkasteltaessa toista ääripäätä, jos solumäärä on liian suuri, saattaa se johtaa tilanteeseen, jossa matriisi antaa yksityiskohtaisen arvion riskin vakavuudesta. Tässä tapauksessa matriisin tuottama vakavuusaste (taulukko 1) voi olla merkittävä tai jopa sietämätön, vaikka käytännössä riski olisi vain kohtalainen. Tällaisissa tilanteissa on aina järkevää soveltaa varovaisuusperiaatetta ja arvioida riski ennemmin liian vakavaksi kuin liian vähäiseksi. (Siirilä & Tytykoski 2016, 224–225, 235, 242–243.)

Taulukko 1. Riskin merkitys; matriisin riskitasot. (Siirilä & Tytykoski)

RISKITASO	LUKUARVOT
Vähäinen	0,1 ..5
Siedettävä	6 ... 15
Kohtalainen	16 ... 28
Merkittävä	29 ... 48
Sietämätön	49 ... 100

## Vuokaavio (riskigraafi)

Vuokaaviomenetelmä on nimensä mukaisesti etenevä vuokaavio, joka esitetään vaakasuuntaisena taulukkona (kuva 12). Vuokaaviossa edetään askelittain, ja vuokaavion etenemisen myötä valitaan seuraavat vaiheet: seurausten vakavuus, vaaraan altistumisen aikaväli, tapahtuman todennäköisyys, vaaran välttämisen mahdollisuus ja lopulta kaavio johtaa valittujen vaiheiden perusteella tiettyyn riskiluokkaan. Vuokaaviomenetelmässä nämä riskiluokat on jaettu kuuteen eri kategoriaan. (Siirilä & Tytykoski 2016, 225–226, 234.)



Kuva 12. Riskin merkitys; vuokaavio. (Siirilä & Tytykoski)

Siirilä & Tytykoski (2016, 226) huomauttavat, että vuokaaviomenetelmän haasteena on seurausten vakavuuden valinta, jossa on vain kaksi vaihtoehtoa: S1-lievät ja S2-vakavat. Tämä rajoitettu vaihtoehtojen määrä johtaa usein yli- tai aliarviointiin. Vuokaavion luonteen vuoksi seurausten vakavuusasteiden

lisääminen tekisi vuokaaviosta merkittävästi monimutkaisemman ja käytännössä vaikeasti seurattavan. (Siirilä & Tytykoski 2016, 225–226, 234.)

## Yhdistelmämenetelmä

Yhdistelmämenetelmä pyrkii yhdistämään matriisimenetelmän ja vuokaaviomenetelmien parhaat puolet, poistaen kummankin menetelmän ominaiset ongelmat. Yhdistelmämenetelmässä (kuva 13) riskin vakavuus jaetaan neljään eri luokkaan, mikä korjaa vuokaaviomenetelmän ongelmallisen kahden luokan niukkuuden. Tämän jälkeen määritellään matemaattisesti todennäköisyysluokka, joka riippuu tapahtuman esiintymistiheydestä, todennäköisyydestä ja välttämisen arvioinnista. (Siirilä & Tytykoski 2016, 226–227, 235, 241–242.)

Riskin suuruuden arviointi						
Dokumentti nro:	Osa asiakirjaa nro:					
Tuote (kohde):	Punainen alue: suuri riski			<input type="checkbox"/> Alustava riskin arviointi		
Laatija:	Sininen alue: keskimääräinen riski			<input type="checkbox"/> Riskin väliarviointi		
Päivämäärä:	Harmaa alue: pieni riski			<input type="checkbox"/> Riskin seurantaarviointi		

Seuraukset	Vakavuus Se	Todennäköisyysluokka CI Fr + Pr + Av				Taajuus Fr	Toden- näköisyys Pr	Välttä- minen Av
		4	5–7	8–10	11–13			
Kuolema, silmän tai käden menetys	4					1 tunti tai alle 5	Erittäin suuri 5	
Pysyvä vamma, sormien menettäminen	3					Tunti ... 24 h 5	Toden- näköinen 4	
Palautuva vamma, lääkärinhoito	2					24 h ... kaksi viikkoa 4	Mahdol- linen 3	Mahdo- lonta 5
Palautuva vamma, ensiapu	1					Kaksi viikkoa ... vuosi 3	Harvi- nainen 2	Mahdol- lista 3
						Yli vuosi 2	Merkityk- setön 1	Toden- näköistä 1

Kuva 13. Riskin merkitys; yhdistelmämenetelmä. (Siirilä & Tytykoski)

Viimeiseksi käytetään yhdistelmämenetelmän taulukkoa, jossa yhdistetään riskin vakavuusaste ja todennäköisyysluokka. Tämän yhdistelmän perusteella saadaan taulukosta annettu riskiluokitus. Matriisi- ja vuokaaviomenetelmien tavoin myös yhdistelmämenetelmällä on omat ongelmansa, jotka on otettava huomioon riskin

arvioinnin aikana menetelmän valinnassa ja käytössä. (Siirilä & Tytykoski 2016, 226–227, 235, 241–242.)

Siirilän & Tytykosken (2016, 227) mukaan yhdistelmämenetelmää ei pidetä kovin sopivana vakavien mekaanisten riskien arvioinnissa, joiden seuraamukset luokitellaan vakaviksi. Menetelmä johtaa usein yliarviointiin tilanteissa, joissa vaaran seuraamus on vakava, mutta tapahtuman todennäköisyys on äärimmäisen pieni. (Siirilä & Tytykoski 2016, 226–227, 235, 241–242.)

### Riskitasot ja menetelmien tulosvertailu

Uuden koneen riskin merkitystasot jaetaan viiteen eri tasoon, alkaen vähäisestä riskistä ja päättyen sietämättömään. Vähäiset riskit arvioidaan vakavuudeltaan ja todennäköisyydeltään tasolle, joka johtaa erittäin epätodennäköisesti vain lieviin vammoihin, kuten mustelmiin tai pieniin haavoihin. Vähäisen ja siedettävän tason riskeissä kone voidaan valmistaa ja ottaa käyttöön. (Siirilä & Tytykoski 2016, 228–229.)

Kohtalaisten, merkittävien ja sietämättömien riskien tasolla riskiä on pienennettävä muuttamalla tai lisäämällä koneen ominaisuuksia, kuten suojuuksia, turvalaitteita ja turvallisuusominaisuuksia. Uutta suunnitteluvaiheessa olevaa konetta varten on luotu hieman erilainen riskin vakavuustaulukko (kuva 14) verrattuna käytössä olevaan koneen vakavuustaulukkoon (kuva 15), mikä on otettava huomioon riskin arvioinnissa. (Siirilä & Tytykoski 2016, 228–229.)

RISKI	TARVITTAVAT TOIMENPITEET
Sietämätön	Riskiä on pienennettävä. Suunnittelua on jatkettava ja koneen ominaisuuksia on muutettava tai koneeseen on lisättävä suojuksia tai turvalaitteita tai muita turvallisuusominaisuuksia.
Merkittävä	
Kohtalainen	
Siedettävä	Kone voidaan valmistaa ja ottaa käyttöön. Aktiivinen turvallisuuden seuranta ja kokemusten kerääminen on tarpeen.
Vähäinen	Kone voidaan valmistaa ja ottaa käyttöön.

Kuva 14. Uuden koneen riskitasot. (Siirilä & Tytykoski)

RISKI	TARVITTAVAT TOIMENPITEET
Sietämätön	Työtä ei saa aloittaa ja mahdollisesti käynnissä oleva työ on keskeytettävä. Työtä voidaan jatkaa vasta, kun riski on vähennetty siedettäväksi tai vähäiseksi.
Merkittävä	Työtä ei saa aloittaa ennen kuin riski on vähennetty siedettäväksi tai vähäiseksi. Mahdollisesti käynnissä olevan työn keskeyttämistä on harkittava. Jos työtä jatketaan, on käytettävä riskiä vähentäviä työtapoja (esim. useampia työntekijöitä tai tarkkaan suunniteltuja, ohjeistettuja ja valvottuja työvaiheita) ja riskin mahdollisimman pikaiseen riittävään pienentämiseen on varattava tarpeelliset voimavarat.
Kohtalainen	Riskiä on pienennettävä. Riskiä vähentäviä työtapoja on käytettävä, jos sellaiset ovat mahdollisia. Riskiä vähentävät toimenpiteet on suunniteltava ja niiden toteuttamiselle on tehtävä aikataulu.
Siedettävä	Välittömiä toimenpiteitä ei tarvita, mutta seuranta ja myöhemmin uudelleen tehtävä arviointi ovat tarpeen. Työn käytännön suorittamista ja työtavoista aiheutuvia mahdollisia riskejä on aktiivisesti seurattava ja arvioitava.
Vähäinen	Toimenpiteitä riskin pienentämiseksi ei tarvita.





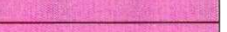


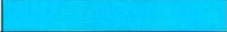

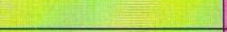


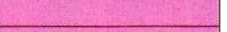

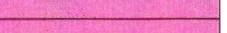
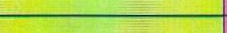


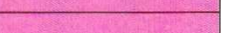

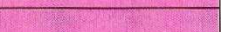

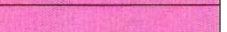
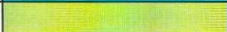
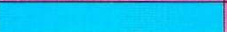
Kuva 15. Käytössä olevan koneen riskitasot. (Siirilä & Tytykoski)

Siirilä & Tytykoski (2016, 229–242) esittävät esimerkkitalanteen, joka on arvioitu erikseen kaikilla kolmella eri menetelmällä. Esimerkissä kuvataan sahalaitoksen lautanippujen purkuprosessia, johon liittyy vaarojen kartoitus, vaarojen esiintymistiheyden arviointi, seurausten vakavuuden määrittely ja lopulta riskin merkityksen arviointi, käyttäen kaikkia kolmea eri arviointimenetelmää.

Kun kaikkien menetelmien tulokset listataan yhteen taulukkoon (taulukko 2), voidaan hyvin havaita, miten erilaisen lopputuloksen kukin menetelmä tuottaa. Riskin merkityksen arviointiin liittyen, menetelmän valintaan tulee perehtyä huolellisesti, ja arvion suorittajan tulee tuntea jokaisen menetelmän hyvät ja huonot puolet perusteellisesti sekä ennen kaikkea tiedettävä, mihin koneisiin, tilanteisiin ja sovelluksiin kukin menetelmä parhaiten soveltuu ja miksi. (Siirilä & Tytykoski 2016, 222–229, 241–243.)

Taulukko 2. Riskin merkitystapojen vertailu. (Siirilä & Tytykoski)

	Suuri riski
	Keskinkertainen riski
	Kohtalainen riski
	Pieni (siedettävä) riski

Vaaratekijä numero	Matriisimenetelmä	Vuokaavio	Yhdistelmämenetelmä
1 (melu)			
2 (pöly)			
3 (sähköisku)			
3 (sähköisku)			
4 (räjähdys)			
5 (tulipalo)			
6 (ergonomia)			
7 (ketjupyörä)			
8 (lenkki)			
9 (lautanippu)			
10 (lautanippu)			
11 (voimansiirto)			
12 (hihnakuljetin)			
13 (putoaminen)			
13 (putoaminen)			
14 (iskut)			
14 (iskut)			

#### 2.4.5 Riskin poistaminen ja pienentäminen

Riskin arvioinnin jälkeen kaikkiin koneen tunnistettuihin vaaroihin ja riskeihin on toteutettava arvioinnin tulosten mukaiset toimenpiteet, riippuen siitä, millaiseksi vaaran aiheuttama riski on havaittu. Tässä vaiheessa tilanne jaetaan sen perusteella, onko kyseessä uusi suunnitteilla oleva kone vai käytössä oleva kone, joka on merkittävästi modernisoitu tai EU/ETA-alueelle maahantuotu kone. (Siirilä & Tytykoski 2016, 163,172–174, 248–249; Suomen Robottiikkayhdistys ry 2023, 105–112; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 85.)

#### Uusi kone

Kohtalaisia-, merkittäviä- ja sietämättömiä riskejä on pyrittävä uudelleensuunnittelemaan siten, että lopputulos pienentää riskiä vähintään siedettävälle tasolle. Mikäli riskin vähentäminen suunnitteleamalla on mahdotonta tai epäkäytännöllistä, tulee kyseiseen riskiin suunnitella riskiä pienentäviä

turvallisuuslaitteita ja suojausjärjestelmiä, jotka ovat omiaan alentamaan riskin siedettävälle tasolle. (Siirilä & Tytykoski 2016,163–164, 177, 228; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 105–112; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 85–88.)

Siedettävät riskit sallitaan, ja kone voidaan ottaa käyttöön, mutta näiden riskien osalta laitteistoon tulee laatia seurantaohjelma, joka soveltuu laitteiston ja sen käytön seurantaan. Lisäksi siedettävistä riskeistä on laadittava selkeä perehdytys ja käytön opastus, jotta käyttäjä on tietoinen siedettävien riskien olemassaolosta ja osaa toimia turvallisesti niistä huolimatta. (Siirilä & Tytykoski 2016,163–164, 177, 228; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 105–112; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 85–88.)

Vähäiset riskit mahdollistavat koneen käyttöönoton ja normaalin toiminnan aloittamisen. Vähäisiksi riskeiksi luokitellaan tapahtumat, joilla on mahdollinen todennäköisyys, ja joiden estäminen on lähes mahdotonta, mutta seuraamukset rajoittuvat pieniin naarmuihin ja kolhuihin. Tällaiset tapahtumat ovat luonteeltaan arkipäiväisiä, kuten kompastuminen, horjahtaminen, raapaisu tai lievä kolhiintuminen. (Siirilä & Tytykoski 2016,163–164, 177, 228; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 105–112; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 85–88.)

### **Käytössä oleva kone**

Käytössä olevan koneen ero suunnitteilla olevaan koneeseen ilmenee siinä, että kone on mahdollisesti jo otettu tuotantokäyttöön. Tällöin koneeseen on saatettu tehdä merkittäviä päivityksiä ja modernisointeja, mikä edellyttää riskinarvioinnin uusimista. Lisäksi, kuten luvussa 2 viitattiin, jos kone on tuotu EU:n tai ETA:n ulkopuolelta, maahantuojan tulee varustaa kone CE-merkinnällä. Tämä prosessi vaatii konedirektiivin mukaisen riskinarvioinnin suorittamista. (Siirilä & Tytykoski 2016,163–164, 170–171, 177, 228; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 105–112; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 85–88.)

Kun sietämättömiä riskejä ilmenee, koneen käytön aloittaminen on kiellettyä, ja kaikki käynnissä olevat työt ja prosessit on keskeytettävä välittömästi.

Sietämättömät riskit on poistettava tai niitä on pienennettävä vähintään siedettävälle tasolle ennen kuin käyttöä voidaan jatkaa. (Siirilä & Tytykoski 2016,163–164, 170–171, 177, 228; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 105–112; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 85–88.)

Merkittävien riskien ilmetessä koneen käyttöönotto on kielletty. Kuitenkin, jos prosessi on jo käynnissä, se voidaan saattaa päätökseen tiukkojen kriteerien mukaisesti. Tämän jälkeen riskit on poistettava tai niitä on pienennettävä vähintään siedettävälle tasolle. Kohtalaisten, siedettävien ja vähäisten riskien kohdalla menettelyt ovat samankaltaiset kuin uuden koneen riskienhallinnassa. (Siirilä & Tytykoski 2016,163–164, 170–171, 177, 228; Suomen Robotiikkayhdistys ry 2023, 105–112; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 85–88.)

### **Riskien poistaminen ja pienentäminen**

Riskien pienentäminen on standardoitu koneturvallisuuden perusstandardin SFS-EN ISO 12100 mukaisesti. Se määrittelee turvallistamisen toimenpiteet ja priorisoi ne kolmeen eri luokkaan, jotka on toteutettava seuraavassa järjestyksessä:

- 1) Luontaisesti turvalliset suunnittelutoimenpiteet
- 2) Suojaustekniset toimenpiteet ja/tai täydentävät suojaustoimenpiteet
- 3) Käyttöä koskevat tiedot, ohjeet, koulutukset ja perehdytykset

Standardi korostaa, että hyvällä suunnittelulla voidaan saavuttaa korkein turvallisuustaso sekä käytännöllisesti että taloudellisesti. Kun koneen toiminta on suunniteltu ja siihen liittyvät tekijät on valittu turvallisuustasoja priorisoimalla, saavutetaan lopputulos, jossa lisäkustannuksia mahdollisiin suojauslaitteisiin ja toimenpiteisiin ei tarvita. (Siirilä & Tytykoski 2016, 248–249; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 85.)

Riskin poistaminen käytännössä tarkoittaa vaaran konkreettista eliminoimista. Esimerkiksi, kun rikkinäinen päävirtakytkin vaihdetaan ehjään, poistetaan

rikkinäisen kytkimen aiheuttamat vaarat kokonaan. Toinen esimerkki voisi olla tilanne, jossa vanha koneen osa tuottaa merkittäviä päästöjä, joiden hallitsemiseen tarvittaisiin huomattavia korjauksia. Korvaamalla vanhentunut osa uudella, modernisoidulla ja päästöttömällä osalla, poistetaan kyseinen vaara kokonaan. (Siirilä & Tytykoski 2016, 248–249; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 85–86.)

Riskin pienentämiseen sisältyvät ne keinot, joilla estetään merkittävästi vaarallisen tilanteen syntymistä tai vaaralle altistumista. Esimerkiksi koneen mekaanisen linjaston alueelle pääsy voi aiheuttaa useita vaaroja, kuten puristumista tai törmäystä. Asentamalla merkittävän esteen, kuten suoja-aidan, vaarallisen alueen ympärille, estetään vaaroille altistuminen tuotannon aikana. Vaikka vaarat eivät tässä tilanteessa ole poistuneet kokonaan, altistumisen todennäköisyys on merkittävästi pienentynyt. (Siirilä & Tytykoski 2016, 248–249; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 86–108.)

Jäännösriskejä hallitaan ohjeistuksilla, opastuksilla, varoituksilla ja perehdytyksillä sekä muilla henkilön toimintaan vaikuttavilla keinoilla, joiden tarkoituksena on minimoida väistämättömät vaarat. Esimerkiksi metallityöpajoissa tai rakennustyömailla äkilliset kovat äänet ovat työn luonteen vuoksi usein mahdottomia poistaa kokonaan. Näissä tilanteissa voidaan vaikuttaa työntekijöiden toimintatapoihin ohjaamalla heitä käyttämään kuulosuojaimia oikein, asentamalla työmaa-alueelle varoitusmerkkejä kovista äänistä ja korostamalla kuulosuojainten käytön tärkeyttä selkeillä merkinnöillä. (Siirilä & Tytykoski 2016, 250–252; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 109–113.)

## 2.5 Riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen dokumentointi

Riskin arvioinnin ja pienentämisen dokumentointi on määritelty turvallisuuden perusstandardissa SFS-EN ISO 12100. Standardin mukaisesti koneen mukana on toimitettava asiakirjat, joista tulee käydä ilmi muun muassa:

- koneen tekniset ominaisuudet ja raja-arvot

- tunnistettujen vaarojen ja vaaratilanteiden tiedot
- riskinarvioinnin perustana olevat tiedot
- riskin pienentämisen tavoitteet ja toteutetut suojaustoimenpiteet
- koneeseen liittyvät jäännösriskit
- riskinarvioinnin lopputulos
- kaikki riskinarvioinnin aikana täytetyt lomakkeet
- muut asiaan liittyvät seikat

CE-merkinnällä varustetun koneen mukana on toimitettava yhdenmukaisuusvakuutus sekä sen yhteydessä laadittu tekninen tiedosto. Lisäksi koneen mukana tulee aina toimittaa perehdytys-, yleis- ja käyttöohjeet sekä kattavat tekniset tiedostot, jotka sisältävät tekniset piirustukset, sähköpiirustukset ja muut vastaavat dokumentit. (Siirilä & Tytykoski 2016, 251–252; Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2020, 114.)

### 3 Teollisuusrobotiikka

Suomen robotiikkayhdistyksen (2023, 6) mukaan teollisuusrobotiikan hyödyntäminen valmistavan teollisuuden piirissä alkoi 1950- ja 1960-luvuilla. Vuosien mittaan teollisuusrobotiikka on kokenut useita kehitysvaiheita, joiden voidaan tarkastella tapahtuneen robottien toiminnan toteutuksen ja käyttötarkoituksiin liittyvien muutosten myötä. Myös robotiikkaan liittyvät uskomukset ja käsitykset ovat muuttuneet vuosien saatossa teknologian ja tieteen kehittymisen seurauksena. (Hänninen 2022, 58–63; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 6.)

Alun perin robotiikka hyödynsi voimanlähteenään muun muassa hydrauliiikkaa, mutta sähkötekniikan kehittyessä sähkö vakiinnutti asemansa robotin voimanlähteenä jo 1970-luvulla. 2000- ja 2010-lukujen aikana teollisuusrobotiikka kehittyi merkittävästi tietotekniikan, logiikan, kenttäväylien ja -laitteiden sekä tekoälyn nopean kehittymisen myötä. (Hänninen 2022, 43–46, 79–85; Suomen robotiikkayhdistys, 6–7.)

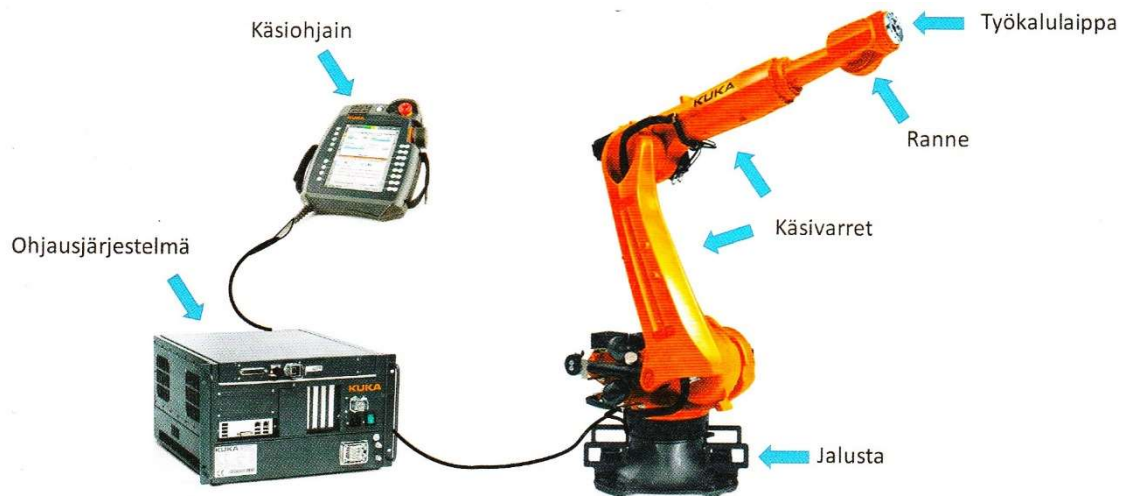
Teollisuusrobotiikan päämarkkinat sijoittuvat kappaletavarateollisuuteen, mutta robotiikkaa hyödynnetään myös prosessiteollisuudessa ja muilla valmistavan teollisuuden aloilla. Globaali kasvu on Suomen Robotiikkayhdistyksen (2023, 6) mukaan keskimäärin 15–20 % vuodessa, ja robottien sovellettavuus sekä teknologiset mahdollisuudet kehittyvät vuosi vuodelta moninkertaisesti. (Hänninen 2022, 105–108; Suomen robotiikkayhdistys, 6–7.)

Tulevaisuuden ennusteet teollisuusrobotiikan ja tekoälyn kehittämisestä herättävät paljon mielipiteitä jakavia tuntemuksia. Ihmisen tulevaisuuden kannalta oleellisin kysymys vaikuttaa olevan, onko robotiikan ja tekoälyn yhdistäminen autonomiseksi kokonaisuudeksi turvallinen ja moraalinen kehityssuunta? (Hänninen 2022, 267–270.)

### 3.1 Teollisuusrobotti

Standardin SFS-EN ISO 10218-1 (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2011, 12) mukaan teollisuusrobotti (kuva 16) on:

teollisuuden automaatiosovelluksissa käytettäväksi tarkoitettu automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmoitavissa oleva monikäyttöinen käsittelylaite, jonka akseleista vähintään kolme on ohjelmoitavissa ja joka voi olla kiinteästi asennettu tai liikkuva.



Kuva 16. Teollisuusrobotti. (ABB)

Kun pääosia tarkastellaan myöhemmin luvussa 3.1.1, huomataan, että teollisuusrobotti ei käytännössä pysty toteuttamaan luvussa 2.1 mainittua konedirektiivin mukaista erityistä toimintoa, vaan ainoastaan mekaanisen osan liikkeen hallintaa. Tästä syystä teollisuusrobottia ei voida sellaisenaan määritellä konedirektiivin mukaiseksi koneeksi; sen sijaan ilman toimilaitteita ja työkalua teollisuusrobotti katsotaan puolivalmisteeiksi. (Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 92–93.)

Erytisellä toiminnalla viitataan muun muassa kappaleiden siirtämiseen tai metallin muokkaamiseen hiomalla, hitsaamalla ja leikkaamalla liittyviä toimintoja. Näiden kaltaisten työtehtävien eli erityisten toimintojen suorittamiseksi teollisuusroboteihin liitetään erillinen työkalu, joka toteuttaa konedirektiivin määritelmän mukaisen erityisen toiminnon. Kun teollisuusrobottiin liitetään

työkalu ja mahdolliset oheislaitteet, siitä muodostuu robottijärjestelmä eli robottisolu (kuva 17), joka katsotaan olevan konedirektiivin määritysten mukainen 'kone'. (Suomen robotiikkayhdistys 2023 92–93.)



Kuva 17. Robottijärjestelmä. (Valmet Automotive)

Näin ollen, tavoitellessa CE-merkinnän kriteerien täyttymistä on tärkeää huomioida, että pelkkään teollisuusrobottiin voidaan soveltaa ainoastaan niitä konedirektiivin noudattamisen vaiheita, jotka liittyvät puolivalmiiseen koneeseen, kuten mainittu luvussa 2.2. Nämä vaiheet eivät suoraan johda CE-merkintään.

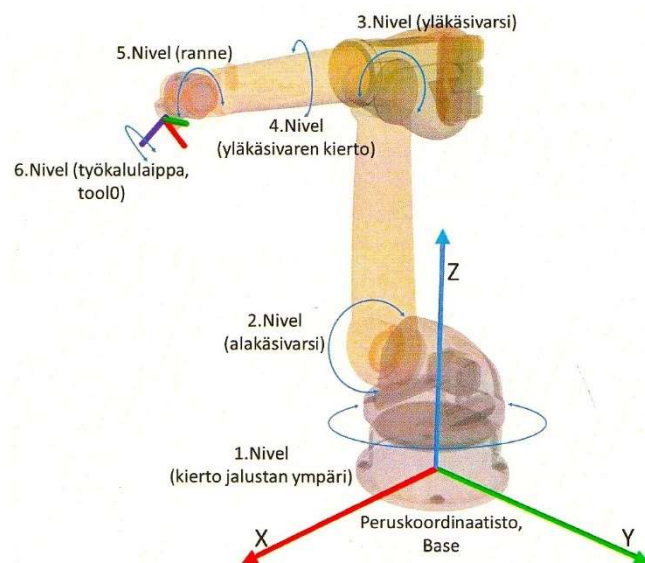
Vasta kun robottijärjestelmä on rakennettu ja teollisuusrobottiin on liitetty ainakin erityisen toiminnon tuottava työkalu, koko järjestelmä voidaan katsoa muodostavan konedirektiivin mukaisen 'koneen'. Tällöin koko järjestelmään sovelletaan luvussa 2.2 mainittuja valmiiseen koneeseen liittyviä konedirektiivin noudattamisen vaiheita, mikä johtaa koneen CE-merkitsemiseen.

Suomen robotiikkayhdistyksen mukaan (2023, 17) lähes 90 % teollisuusroboteista on tyypiltään käsivarsirobotteja (kuva 16), joiden kuorman käsittelyominaisuudet vaihtelevat alle kilogramman kuormista jopa yli 2000 kilogramman kuormiin saakka. Muita yleisesti käytettyjä robottityyppejä ovat,

rinnakkaisrakenteiset robotit, suorakulmaiset robotit ja renkailla ja teloilla liikutettavat robotit. (Suomen Robottiikkayhdistys 2023, 17–19.)

### 3.1.1 Teollisuusrobotin rakenne

Hännisen (2022, 42) mukaan teollisuusrobottien rakenne (kuva 18) määräytyy tyypillisesti käyttötarkoituksen perusteella. Kuten luvussa 3.1. viitataan, robotti määritellään uudelleen ohjelmoitavaksi, monikäyttöiseksi laitteeksi, jossa on vähintään kolme ohjelmoitavaa akselia. Tämä määritelmä ei kuitenkaan riitä kuvaamaan tai yksilöimään robottien rakennetta pelkästään liikkeen ja ohjelmoinnin osalta. Koska akseleita voi olla enemmän kuin kolme ja ohjelmoitavuus tarjoaa huomattavan määrän mahdollisuuksia, on seurauksena syntynyt huomattava määrä rakenteeltaan erityyppisiä laitteita, joita voidaan määritellä roboteiksi. (Hänninen 2022, 42; Keinänen & Sumujärvi 2019, 298; Suomen Robottiikkayhdistys 2023, 118–119, 125, 128–129.)



Kuva 18. Käsivarsirobotin akselit. (Suomen Robottiikkayhdistys)

Eri käyttötarkoitukset jaetaan omiin luokkiinsa työtehtävän alan mukaan. Hännisen (2022, 42) mukaan teollisuusrobotit ja sosiaalisen alan palvelurobotit voidaan helposti erottaa toisistaan. Teollisuusaloilla teollisuusrobottien rakenteet

perustuvat mahdollisimman korkeaan tuotannolliseen hyötysuhteeseen, kun taas muilla aloilla robottien visuaalinen ulkonäkö ja vuorovaikutustekniikat nousevat suurempaan rooliin. (Hänninen 2022, 42–44, 113–130, 171–175; Keinänen & Sumujärvi 2019, 298–301.)

Suomen Robotiikkayhdistyksen (2023, 118) mukaan teollisuusrobotti (kuva 16) koostuu tyypillisesti kolmesta pääosasta:

1. mekaanisesta osasta, joka toimii työtä tekevänä liikkuvana komponenttina
2. keskusyksiköstä, joka sisältää robotin tietokoneen, käyttöliittymän ja ohjelmistot
3. käsiohjaimesta, jota käytetään robotin ohjaamiseen, ohjelmointiin ja konfigurointiin

Robotin määrittely kolmen ohjelmoitavan akselin suhteen keskittyy pääasiassa sen mekaaniseen rakenteeseen. Kappaletavara- ja koneteollisuudessa tällainen rakenne on yleensä käsivartistyyppinen robotti (kuva 18), joka tavallisesti mahdollistaa kolmesta kuuteen eri vapausastetta. Vapausasteilla tarkoitetaan liikkuvien nivelten määrää, joita voidaan ohjelmoida erikseen. (Hänninen 2022, 43–50, 72; Keinänen & Sumujärvi 2019, 303–305; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 118–119.)

Käsiohjain (kuva 19) on tyypillisesti varustettu kosketusnäytöllä ja toimii älyohjaimena, jonka avulla robottia voidaan liikuttaa manuaalisesti. Sen avulla voidaan myös suorittaa robotin konfigurointi ja ohjelmoida automaattiajo. Käsiohjaimet sisältävät yleensä niin sanotun 'kuolleen miehen kytkimen', mikä tarkoittaa, että robotin manuaaliseen ohjaukseen on käytettävä molempia käsiä. (Hänninen 2022, 43–50; Keinänen & Sumujärvi 2019, 302; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 121.)



Kuva 19. Teollisuusrobotin käsiohjain. (ABB)

### 3.1.2 Työkalut

Teollisuusrobottien erilaisten työkalujen määrä on maailmanlaajuisesti valtava. Suomen Robotiikkayhdistyksen (2023, 201) mukaan voidaan olettaa, että lähes kaikkiin ihmisen tekemiin mekaanisiin työtehtäviin on kehitetty vastaavat työkalut, jotta ne voivat korvata ihmisen tekemän työpanoksen. Työkalut jaetaan karkeasti kahteen eri ryhmään: tarttujat, jotka ovat erikoistuneita materiaalin käsittelyyn, ja prosessityökalut, jotka suorittavat tehtäviä, kuten leikkausta, hiontaa tai materiaalin muokkausta. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 309; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 201–204.)

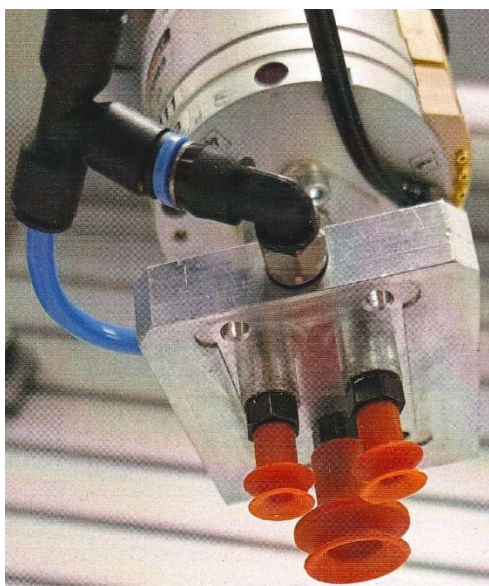
#### Tarttujat

Tarttujatyökalujen yleisimmät tyypit ovat mekaaniset leukatarttujat (kuva 20) sekä paineilmaa hyödyntävät puristus- ja imutarttujat (kuva 21). Mekaaniset tarttujat toteutetaan usein jäykkiä tai pehmeitä 'leukoja' tai 'sormia' käyttäen, jotka puristuvat kohteena olevan kappaleen reunaan, osaan tai ympärille. Tartunta toteutetaan yleensä moottoroidusti, hydraulisesti tai pneumaattisesti.

'Tartuntasormia' voi olla yleensä kahdesta kymmeneen kappaletta. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 309; Suomen robotiikkayhdistys 2023, 203–207.)



Kuva 20. Leukatarttuja. (Starlin Oy Ab, Timo Pitkääkoski)



Kuva 21. Imukuppitarttuja. (Savonia ammattikorkeakoulu Oy)

Paineilmalla toimivat puristustarttijat ovat yleisesti pullo- tai kappaletarttujia (kuva 22), joissa tarttujan runko levittyy esimerkiksi pullon kaulan ympärille, ja työkalun sisältämä kalvo puristetaan paineilman avulla tarttumaan pulloon. Imukuppitarttujia käytetään yleisesti levymäisten, sileiden tuotteiden, kuten lasi- ja metallilevyjen, siirtämiseen, jossa työkalu tarttuu levyn pintaan voimakkaasti alipaineen avulla. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 309; Suomen robotiikkayhdistys 2023, 207–209, 2011–212.)

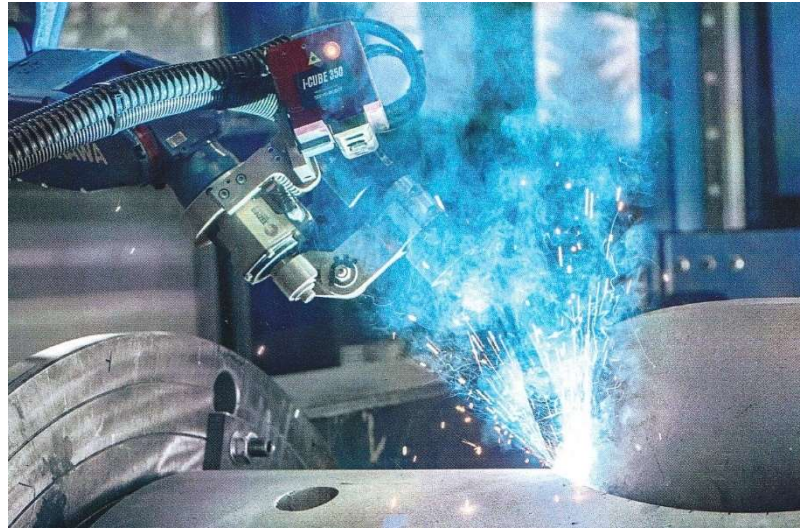


Kuva 22. Pullo- ja kappaletarttija. (Oma kuvakokoelma)

### **Prosessityökalut**

Teollisuusrobotiikan merkittävin ja metalliteollisuuden kannalta keskeisin lisävaruste on hitsauslaitteisto, joka yhdessä teollisuusrobotin kanssa muodostaa niin kutsutun hitsausrobotin (kuva 23). Nykyisin hitsausrobottien tuottama hitsauslaatu ja -nopeus ovat moninkertaiset verrattuna ihmisen tekemään hitsaustyöhön. Lähes kaikkiin mahdollisiin hitsaustyyliin ja -tapoihin on

kehitetty hitsauslaite, jota ohjaa robotti. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 309; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 36–42, 202, 213–216.)



Kuva 23. Hitsausrobotti. (Pemamek Oy)

Ainetta poistavia- ja ainetta lisääviä työkaluja pidetään myös yhtenä hyvin tyypillisistä työkalutyypeistä. Ainetta poistavat työkalut ovat yleisesti perinteisten leikkaus-, hionta-, poraus-, sorvaus- ja jyrsintäsovellusten kaltaisia, kun taas ainetta lisäävän valmistuksen, eli niin sanotun '3D-tulostamisen' kehittyessä, robottien käyttöä on alettu soveltaa myös 3D-tulostettavien tuotteiden valmistuksessa. Näissä sovelluksissa robottiin on liitetty '3D-tulostin', ja tämän kaltaisen järjestelmän avulla voidaan tuottaa kooltaan huomattavasti suurempia tuotteita verrattuna perinteisiin 3D-tulostuslaitteisiin. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 309; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 43–51, 63–66, 217–221.)

Kokoonpanoprosessien keskuudessa löytyy myös valtava kattaus käsityökalun tyyppisiä työkaluja, kuten esimerkiksi ruuvinvääntimiä, naulaimia, mittauslaitteita, liimausta, teippausta, kiristimiä ja muita vastaavia. Kokoonpanoprosesseissa robotit voidaan varustaa kokonaisilla työkalumakasiineilla (kuva 24), jotka mahdollistavat työkalujen nopean vaihdon, jolloin yhdellä teollisuusrobotilla pystytään suorittamaan monta eri kokoonpanovaihetta työkalua vaihtamalla. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 309; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 51–63, 221–227.)



Kuva 24. Työkalumakasiini. (Fastems Oy Ab)

### 3.1.3 Robottijärjestelmä ja sovellukset

Kuten luvussa 3.1 mainittiin, teollisuusrobotti katsotaan olevan konedirektiivin määrittämisen mukainen 'kone' vasta, kun siihen on liitetty esimerkiksi luvussa 3.1.2 mainittuja työkaluja. Työkalun ja oheislaitteiden liittämisen jälkeen teollisuusrobotti ja siihen liitetty työkalu muodostavat kokonaisuuden, jota kutsutaan tyypillisesti termeillä 'robottijärjestelmä' tai 'robottisol'u'.

Yleisimmin käytetty termi on 'robottisol'u', joka kuvastaa luontevasti ajatusta siitä, että on muodostettu jokin selvä laitteistokokonaisuus. Tämä kokonaisuus koostuu teollisuusrobotista, siihen liitetystä työkalusta ja mahdollisesti muusta järjestelmään liitetystä prosessilaitteistosta, kuten esimerkiksi CNC-työstökeskuksesta tai liukuhihnoista ja kuljettimista. (Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 19, 36–50, 92–93, 190.)

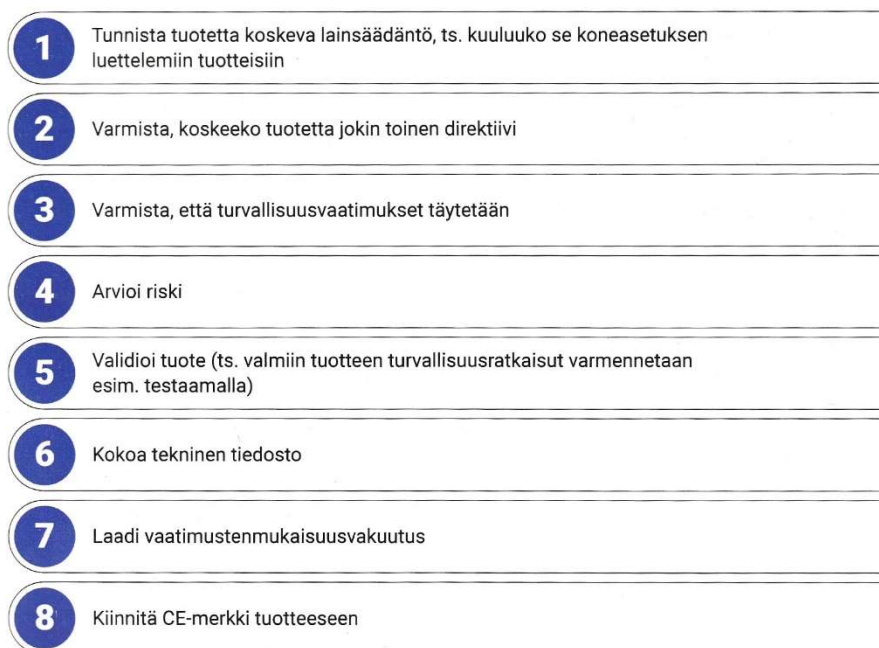
Kuten luvussa 3.1.2 mainituista teollisuusroboteihin liitettävistä työkaluista viitataan, on olemassa valtava määrä erilaisia sovelluksia, joihin robottijärjestelmiä on suunniteltu. Yleisimmät sovellukset jakautuvat kappaletavara-automaation pakkaus- ja kokoonpanolinjastoihin sekä kone- ja metalliteollisuuden alojen hitsaus-, kokoonpano- ja metallin muokkaamisen

sovelluksiin. Robottijärjestelmiä käytetään myös monilla muilla teollisuuden aloilla, joissa tyypillisimmät sovellukset liittyvät muun muassa kappaleiden siirtämiseen, pakkaamiseen, tarkastukseen, mittaamiseen ja merkitsemiseen. (Suomen Robottiikkayhdistys 2023, 190–199.)

### 3.2 Robottiturvallisuus

Teollisuusrobottien turvallisuuteen liittyvät prosessit ja toimenpiteet on tärkeää aloittaa konedirektiivin määrittelyn mukaisesta käsitteestä 'kone' ja ymmärtää tilanteet ja seikat, milloin teollisuusrobotti katsotaan konedirektiivin mukaisesti koneeksi ja milloin puolivalmisteeiksi. Teollisuusrobotti katsotaan täyttävän koneen määritelmät vasta, kun siihen on liitetty jonkin erityisen toiminnan suorittava työkalu ja/tai oheislaitteet. Tästä huolimatta konedirektiivi antaa määritteet teollisuusrobotille puolivalmisteenä sekä robottijärjestelmälle 'koneena', mikä tarkoittaa, että robotit ja järjestelmät kuuluvat aina tavalla tai toisella konedirektiivin soveltamisen piiriin. (Hänninen 2022, 30–34; Keinänen & Sumujärvi 2019, 310–311; Konedirektiivi 2006/42/EY, 2 artikla; Suomen Robottiikkayhdistys 2023, 19–20, 92–93.)

Kun robottijärjestelmä on määritelty koneeksi, siihen sovelletaan kaikkia luvussa 2 käsiteltyjä konedirektiivin mukaisia velvoitteita ja määräyksiä. Näin ollen robottijärjestelmän CE-merkitsemisen prosessi (kuva 25) etenee kuten luvussa 2.2 on osoitettu, ja vastuu järjestelmän vaatimustenmukaisuudesta ja sen vakuuttamisesta on järjestelmän valmistajaksi katsotulla tai määrättyllä taholla.



Kuva 25. CE-merkitsemisen vaiheet. (Suomen Robotiikkayhdistys)

### 3.2.1 Turvallisuusvaatimukset yhdenmukaistetut standardit

Teollisuusroboille ja teollisuusrobottijärjestelmille on olemassa omat konekohtaiset C-tyyppin standardit:

- **SFS-EN ISO 10218-1:** Robotit ja robotiikkalaitteet.  
Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit
- **SFS-EN ISO 10218-2:** Robotit ja robotiikkalaitteet.  
Turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät

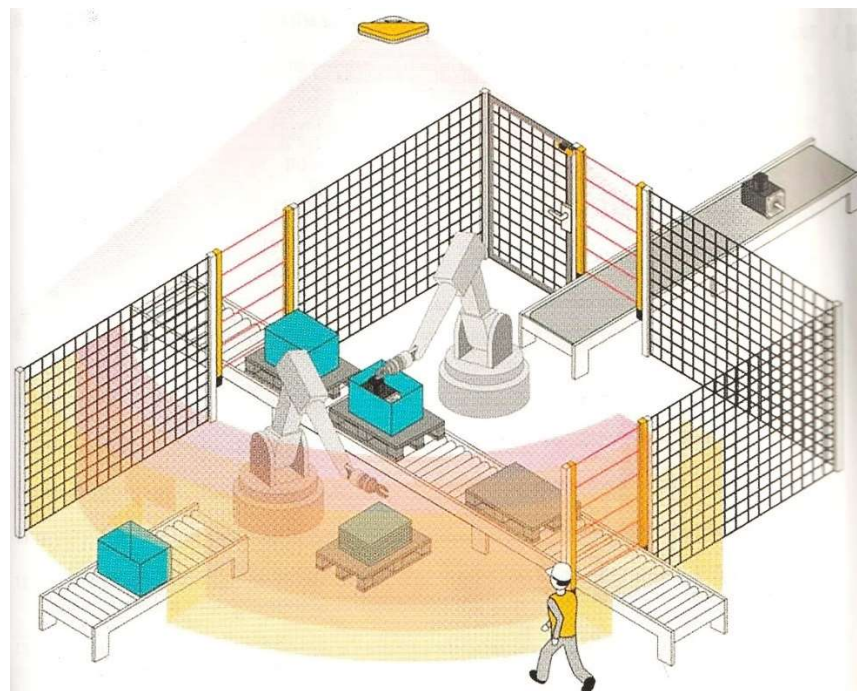
SFS-EN ISO 10218-1 kohdistuu yksittäisen teollisuusrobotin turvallisuusvaatimukseen ja antaa ohjeet teollisuusrobotin suunnittelulle ja turvallisuuteen liittyviin valintoihin sekä ratkaisuihin. Tämä standardi on ensisijaisesti tarkoitettu teollisuusrobottien laitevalmistajille, ja se käsittelee teollisuusrobottia puolivalmisteena, kuten luvussa 3.1. on mainittu. (Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 103.)

SFS-EN ISO10218-2 keskittyy robottijärjestelmien ja robottisolujen turvallisuusvaatimukseen sekä järjestelmien kokoonpanoihin. Standardi kuvaa

robottisolujen perusvaarat ja antaa ohjeet niiden poistamiseen ja pienentämiseen. Siinä on runsaasti viittauksia A- ja B-tyyppin standardeihin, mikä tekee siitä laajan kokoelman yhdenmukaistettuja koneturvallisuuden standardeja. Nämä standardit tulisi ottaa huomioon huolellisesti jo järjestelmän suunnitteluvaiheesta lähtien, mikä antaa automaattisen oletuksen siitä, että järjestelmä täyttää konedirektiivin vaatimukset. (Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 103.)

### 3.2.2 Robottisolun turvallistaminen

Robottijärjestelmän turvallistaminen perustuu usein tavoitteeseen, jossa pyritään eristämään henkilöt ja robottijärjestelmän mekaanisesti liikkuvat osat toisistaan (kuva 26). Teollisuusrobottien perusominaisuuksiin kuuluu hyvin nopeat liikkeet mahdollisesti erittäin painavien kuormien siirtämisen yhteydessä, mikä saattaa aiheuttaa keskeisiä vaaroja, kuten törmäämisen, puristumisen ja sinkoutumisen. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 310–313; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 105–106.)



Kuva 26. Robottisolun turva-alue. (Pilz)

Turvallistamisen tulee kattaa robottijärjestelmän koko elinkaari, mukaan lukien normaalin tuotantokäytön lisäksi huollot, kunnossapidot, konfiguroinnit, optimoinnit ja ohjelmoinnit. Nämä tilanteet ovat usein niitä, joissa mahdollinen vahingossa tai tahallisesti aiheutuva väärinkäyttö ja siitä aiheutuva vaaratilanne saattavat ilmetä. (Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 105–106.)

Suomen Robotiikkayhdistyksen (2023, 107–112) mukaan robottisolun turvallistamisessa käytetään laajasti erilaisia turvalaitteita ja ratkaisuja. Yleisimmät näistä ovat turva-aidat, jotka rajaavat robottisolun aluetta, sekä liikkeen valvontaan tarkoitettut tunnistimet, kuten skannerit (kuva 27) ja valoverhot (kuva 28), painokytkimet ja muut vastaavat laitteet. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 310–313; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 107–112.)



Kuva 27. Turvaskanneri. (Sick)



Kuva 28. Valoverho. (Sick)

Robottisolun turvallisuudessa keskeistä on, miten nopeasti robotin mekaaniset osat voidaan pysäyttää vaaratilanteen sattuessa. On tärkeää, että solun alue on riittävän laaja ja sen valvonta tapahtuu alueellisesti, jotta robotin ja siihen liittyvien työkalujen sekä oheislaitteiden pysähtyminen on mahdollisimman nopeaa. Tässä yhteydessä on kuitenkin tärkeää varmistaa, ettei hätä- ja

turvapysäytystoimenpiteistä aiheutu lisävaaraa. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 310–313; Suomen Robottiikkayhdistys 2023, 107–112.)

Mikäli robottisolun alueen suojaamista ei voida toteuttaa riittävästi, seuraavaksi on vaikutettava robotin ja järjestelmän liikenopeuksiin. Tarvittaessa robotin ja oheislaitteiden liikkeitä on hidastettava standardin mukaisesti, jotta vaaditut hätä- ja turvapysäytysmääräykset voidaan käytännössä täyttää. (Suomen Robottiikkayhdistys 2023, 113–115.)

### 3.2.3 Robottisuunnittelijan standardit

Suomen Robottiikkayhdistys (2023, 106) on koonnut ja tarjoaa kattavan listan standardeista, jotka liittyvät robottijärjestelmien turvallistamiseen (kuva 29). Lista sisältää merkittävimmät teollisuusrobotin ja robottijärjestelmän B- ja C-tyyppin standardit, jotka liittyvät robottijärjestelmän suunnitteluun ja turvallistamiseen.

Standardi	Nimi	Tyyppi
SFS-EN ISO 12100	Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen	A
SFS-ISO/TR 14121-2	Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä	TR
SFS-EN ISO 10218-1:2011	Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit	C
SFS-EN ISO 10218-2:2011	Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät	C
ISO/TS 15066	Robots and robotic devices – Collaborative robots	TS
ISO/TR 20218-1:2018	Robotics – Safety design for industrial robot systems – Part 1: End-effectors	TR
ISO/TR 20218-2:2017	Robotics – Safety design for industrial robot systems – Part 2: Manual load/unload stations	TR
SFS-EN ISO 13854:2019	Koneturvallisuus. Vähimmäisetäisyydet kehonosien puristumisvaaran välttämiseksi	B1
SFS-EN ISO 13855	Koneturvallisuus. Suojausteknisten laitteiden sijoitus ottaen huomioon kehon osien lähestymisnopeudet	B1
SFS-EN ISO 14120	Koneturvallisuus. Suojukset. Kiinteiden ja avattavien suojusten suunnittelun ja rakenteen yleiset periaatteet	B2
SFS-EN ISO 14119	Koneturvallisuus. Suojusten kytkentä koneen toimintaan. Suunnittelu ja valinta	B1
CEN ISO/TR 22100-5:2022:fi	Koneturvallisuus. Suhteet standardiin ISO 12100. Osa 5: Tekoälyn koneoppimisen vaikutukset	TR
SFS-EN ISO 11161 + A1	Koneturvallisuus. Valmistusjärjestelmien koneyhdistelmät. Perusvaatimukset	B1
SFS-EN ISO 13849-1	Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet	B1
SFS-EN ISO 13849-2	Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 2: Kelpuus	B1
SFS-EN IEC 62061	Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus	B1
SFS-EN ISO 14122-1:2016	Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 1: Pääsytien valinta ja yleiset vaatimukset	B2
SFS-EN ISO 13850	Koneturvallisuus. Häätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet	B2
SFS-EN ISO 14118	Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistymisen estäminen	B1

Kuva 29. Robottiikan standardit. (Suomen Robotiikkayhdistys)

### 3.3 Robottijärjestelmien logiikka

Teollisuusrobotit ovat usein integroitu erilliseen logiikkajärjestelmään (kuva 30), jonka tehtävänä on hallita, ohjata ja yhdistää robotin keskusyksikkö sekä kentälaitteet. Tämä muodostaa yhden yhtenäisen robottijärjestelmän eli solun.

Logiikan keskuksina käytetään yleisesti PLC-laitteistoja, ja markkinoilla on useita eri valmistajien toimittamia logiikkavaihtoehtoja, joista Siemens on hyvin yleinen merkki. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 248–249; Suomen Robottiikkayhdistys 2023, 190–192.)



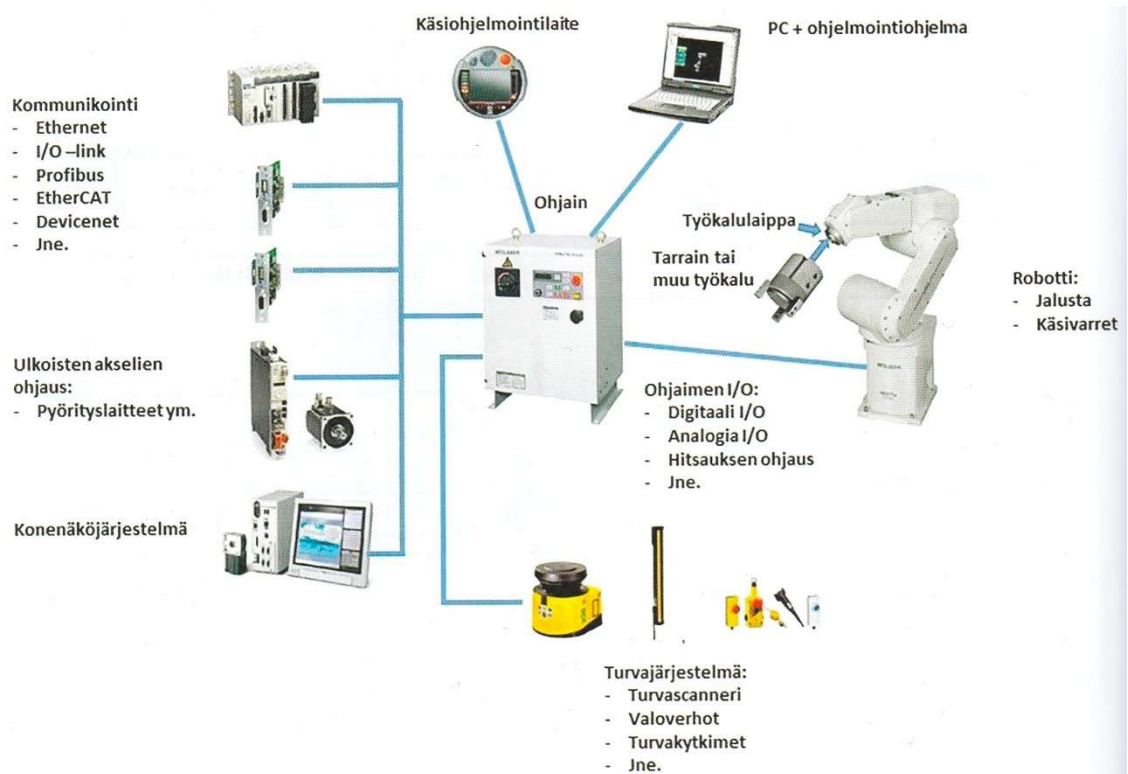
Kuva 30. Logiikkajärjestelmän ohjauskeskus. (Oma kuvakokoelma)

Logiikkajärjestelmään integroitu teollisuusrobotti on kytketty PLC-logiikkaan käyttäen kenttäväylää tai I/O-liitäntöjä. Robotti ja logiikka voivat väylätasolla toimia rinnakkain ja käydä molempiin suuntiin viestintää, eli niin sanottua "kättelyä". (Keinänen & Sumujärvi 2019, 277–278; Suomen Robottiikkayhdistys 2023, 148–153, 190–192.)

Muut oheislaitteet, kuten kuljettimet, sylinterit ja moottorihjaukset, ovat asetettu PLC-logiikan alaisuuteen, ja niitä ohjataan logiikan kautta. Robotti on tämän kaltaisissa sovelluksissa yksi järjestelmän osa, joka suorittaa jonkin prosessin työvaiheen osan, kuten kappaleen siirtämisen, hitsaamisen tai muokkaamisen. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 277–278, 281; Suomen Robottiikkayhdistys 2023, 192–195.)

### 3.3.1 Kommunikointi ja perinteinen I/O

Suomen Robottiikkayhdistyksen (2023, 148) mukaan robotit kommunikoivat hyödyntämällä kolmen tyyppisiä tiedonsiirtoliitäntöjä: tietoliikenneverkkoja, sarjaliikennettä ja I/O-tiedonsiirtotekniikoita. Näiden erilaisten liitäntöjen avulla voidaan toteuttaa monenlaisia toimintoja ja kytkentöjä. Ne mahdollistavat tiedon siirtämisen robotin ja yksinkertaisten kenttälaitteiden (kuva 31), kuten digitaalisten antureiden ja sensorien välillä, mutta myös suurempien datamäärien siirtämisen esimerkiksi robotin ja tehdasvalvomoiden välillä. Erityisesti ne ovat hyödyllisiä tilanteissa, joissa tarvitaan robotin tuotannollista valvontaa ja tiedon hallintaa. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 251–253, 277–287; Suomen Robottiikkayhdistys 2023, 148–150.)



Kuva 31. Robotin ja logiikan dataliitokset. (Keinänen & Sumujärvi)

Perinteinen I/O, eli Input/Output-tiedonsiirto, toteutetaan yleensä digitaalisesti tai analogisesti:

- **Digitaalisessa tiedonsiirrossa**, 'tieto' voi olla 1 tai 0. Käytännössä tämä toteutetaan jännite- tai virtatilalla. Esimerkiksi 0–1 voltin jännite vastaa tilaa 0, kun taas 23–24 voltin jännite vastaa tilaa 1
- **Analogisessa tiedonsiirrossa**, tieto voi olla reaalityttöarvo, joka toteutetaan käytännössä yleisesti joko jännitetietona 0–10 voltin välillä tai virtatietona 0–20 milliampeerin välillä

(Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 148–149; Keinänen & Sumujärvi 2019, 251–253, 277–278.)

### 3.3.2 Kenttäväylät

Suomen Robotiikkayhdistyksen (2023, 150) mukaan perinteinen I/O-tiedonsiirto soveltuu yleensä kevyisiin ja suhteellisen yksinkertaisiin sovelluksiin, joissa on vain muutamia ohjaus- ja kenttälaitteita. Kuitenkin suurissa järjestelmissä, joissa jokainen anturi tarvitsee oman I/O-liitännän, liitännöiden määrä kasvaa nopeasti epäkäytännölliseksi. Esimerkiksi jo 50 anturin kytkentä erikseen toteutettuna tuottaa valtavan määrän johtoja ja kytkentöjä, mikä tekee siitä erittäin haastavaa. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 251–253, 277–287; Suomen Robotiikkayhdistyksen 2023, 150–153.)

Tätä varten on kehitetty erilaisia kenttäväyläratkaisuja, jotka kykenevät välittämään tietoa yhtä kaapelia pitkin samanaikaisesti. Esimerkkeinä tällaisista sovelluksista ovat ASi-, Profibus- ja Profinet -kenttäväylät, joiden perusidea on kattaa koko järjestelmä yhdellä kaapelilla, joka muodostaa niin sanotun verkkotopologian. Kenttälaitteet ja anturit kytketään kenttäväylään paikallisesti hyödyntäen kyseisen kenttäväylätyypin moduuleja, joita on lukuisia erilaisia. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 280–281, 288–291.)

Kenttäväylien käyttö on laajalle levinnyttä suurissa teollisuusrobotijärjestelmissä, ja ilman huolellisesti suunniteltua kenttäväyläratkaisua monimutkaisten linjastojen ja kokoonpanojärjestelmien toteuttaminen olisi todennäköisesti äärimmäisen vaikeaa, ellei jopa mahdotonta. Kenttäväylän moduulit jaetaan yleisesti master- ja slave-tyyppisiin moduuleihin, joista master-moduulit voivat

sekä lähettää että vastaanottaa tietoa, kun taas slave-moduulit kykenevät vain vastaanottamaan tietoa. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 277–294.)

### 3.3.3 Anturit ja lähestymiskytkimet

Robottijärjestelmän oheis- ja kentälaitteet käsittävät laajan valikoiman tiedonkeruuseen liittyviä välineitä (kuvat 32 ja 33). Näitä laitteita tunnetaan yleisesti nimillä kuten anturit, sensorit, lähestymiskytkimet, tunnistimet ja mittalaitteet. Niiden päätarkoitus on kerätä tietoa prosessin tiloista, tapahtumista ja ympäristöolosuhteista. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 206–207.)



Kuva 32. Induktiiviset lähestymiskytkimet. (Sick)



Kuva 33. Optiset lähestymiskytkimet. (Sick)

Keinänen & Sumujärvi (2019, 209–225) esittävät useita yleisimpiä anturi- ja lähestymiskytkintyypppejä, joita ovat muun muassa:

- **optiset anturit;** voivat olla joko kappaleesta takaisin heijastavia tai pelistä takaisin heijastavia tyypppejä. Niiden käyttötarkoitus on tarkkailla ja havaita liikkuvia prosesseja, kuten esimerkiksi liukuhihnalla kulkevia kappaleita.
- **kapasitiiviset anturit;** näillä antureilla pystytään tunnistamaan kappale, materiaalista riippumatta.
- **magneettiset anturit;** pystyvät tunnistamaan vain magneettisesti reagoivia materiaaleja.
- **ultraäänianturit;** havaitsevat kohteet ultraääniheijastuksen avulla ja voivat olla hyödyllisiä etäisyyden mittaamisessa ja kohteiden havaitsemisessa.
- **induktiiviset anturit;** tuntevat metalliset kohteet sähkömagneettisen kentän muutosten avulla.
- **infrapuna-anturit;** havaitsevat kohteet infrapunasäteilyn avulla ja voivat olla hyödyllisiä liikkeen tunnistamisessa.
- **kosketusanturit;** yleisesti käytetään ihmisen vuorovaikutuksen mahdollistamiseen robottijärjestelmissä.

### 3.3.4 Konenäkö

Konenäkö on nykyään yleinen lisävaruste robottijärjestelmissä. Konenäköjärjestelmä koostuu kamerasta, kuvankäsittelyprosessorista ja ohjauslogiikasta. Sen toiminta perustuu kameralla otettuun kuvaan, josta kuvankäsittelyprosessorin avulla pyritään tunnistamaan ohjelmoinnin ja konfiguroinnin yhteydessä määritettyjä kappaleita, tilanteita ja olosuhteita. Prosessoinnin tuloksena saadun tunnistetiedon avulla voidaan tuottaa ohjaus- ja logiikkatietoa, joiden avulla robottijärjestelmän toimintaa ohjataan ja säädellään. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 310; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 171–175.)

Konenäkölaitteiston avulla voidaan tuottaa monia erilaisia toimintoja, joista yleisimpiä ovat muun muassa kappaleiden muodon tunnistaminen, kappaleiden

mittaaminen, poikkeamien havaitseminen, kappaleiden sijainnin määrittäminen. Konenäkötekniikka yleistyy jatkuvasti, ja tulevaisuudessa tekoälyn kehittymisen myötä konenäön merkitys robottijärjestelmissä kasvaa entisestään. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 310; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 171–175, 177–178, 182–184.)

### 3.3.5 Muut robottijärjestelmän koneet ja laitteet

Kenttälaitteet käsittävät robottijärjestelmään liitettyjen antureiden, moottoreiden ja muiden pienten komponenttien ohella laitteita, kuten liukuhihnat, kuljettimet ja kuljetinjärjestelmät. Robotin työkalujen tukemiseksi on kehitetty merkittävä määrä apulaitteistoja, joilla työkalut puhdistetaan, asemoidaan ja kalibroidaan. (Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 190–192, 198–199.)

Kappaleiden ja materiaalien käsittelyyn suunnitellut apulaitteistot koostuvat pääosin sovelluksista, jotka liittyvät kappaleiden siirtämiseen, syöttämiseen, poistamiseen tai paikallaan pitämiseen. Näihin laitteistoihin sisältyvät muun muassa kuljettimet, liukuhihnat, kääntöpöydät sekä sylinteriohjatut siirtimet, työntimet ja pysäyttimet. (Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 190–199.)

Kokonaisvaltaisesti robottijärjestelmä koostuu edellä mainituista osatekijöistä ja on usein rakennettu linjastotyyppisesti. Hihnat ja siirtimet kuljettavat prosessissa tuotettavat kappaleet robotin vaikutusalueelle, jossa robotti toteuttaa sille suunnitellut toiminnot, kuten kappaleiden siirtämisen tai muokkaamisen. Kenttälaitteita voidaan ohjata suoraan robotin keskusyksiköstä tai ne voivat toimia erillisellä kenttalogiikalla, riippuen järjestelmän vaatimuksista ja suunnittelusta. (Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 195.)

## 3.4 Ohjelmointi

Suomen Robotiikkayhdistyksen (2023, s. 230) mukaan robotin ohjelmoinnin tärkeimpiin tehtäviin kuuluu robotin liikkeiden hallinta, robotin toiminnan synkronoiminen muun järjestelmän kanssa, sekä toiminnan ylläpitäminen vika- ja

virhetilanteissa. Ohjelmointia (kuva 34) suoritetaan tyypillisesti käyttäen teollisuusrobotin omaa käsiohjainta, mutta nykyään yhä useammin myös tietokoneohjelmien ja visuaalisen ohjelmoinnin työkalujen avulla, jotka mahdollistavat ohjelmoinnin toteuttamisen perinteisen koodaamisen lisäksi simuloinnin kautta. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 305; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 229–230.)

```

PROC main()
  init;
  MoveAbsJ jKoti,v1000,z50,tool0\WObj:=wobj0;
  !kysytään käyttäjältä tuotepituustieto
  TPreadNum nTuotePituus,"Anna tuotteen pituus mm tietona";
  !Lasketaan hakupaikan X tieto -> tuotepituus jaettuna 2 -> lisätään Offset suuntaisiiirroksena
  nHaku_X := nTuotePituus / 2;
  WHILE TRUE DO
    ! . . .
    MoveJ Offs(pHaku,nHaku_X,0,200),v3000,z50,tVacuum\WObj:=wKuljetin;
    MoveL Offs(pHaku,nHaku_X,0,0),v300,fine,tVacuum\WObj:=wKuljetin;
    Tarttuja_paalle;
    MoveL Offs(pHaku,nHaku_X,0,200),v300,z50,tVacuum\WObj:=wKuljetin;
    ! . . .
    MoveAbsJ jKoti\NoEOffs,v1000,z50,tool0\WObj:=wobj0;
  ENDWHILE
ENDPROC

```

Lasketaan saadun tiedon perusteella hakupiste

Paikkatiedon Offset arvot korvattu numeerisella muuttujalla. Ohjelman suorituksen aikana voidaan saada nHaku\_X:n osalta eri arvot samaan käskyyn seuraavalla suorituskerralla.

Kuva 34. Esimerkki robottiohjelmasta. (Suomen Robotiikkayhdistys)

Robottien ohjelmointikieliet vaihtelevat robotin tyyppin ja laitevalmistajan mukaan. Vaikka yleisimmin käytössä ovat Basicin, Pascalin, C:n, C++:n ja Pythonin kaltaiset ohjelmointikieliet, monille roboteille on kehitetty myös erityisiä kieliversioita, kuten Robot Operating System (ROS). Robottimerkistä riippumatta ohjelmointiin liittyvät periaatteet ovat hyvin samankaltaisia ja sisältävät käsitteitä, kuten koordinaatiston, paikkapisteet, liikekäskyt, liikkeiden tarkkuuden, muuttujat, muuttujatyypit, nopeudet sekä input- ja output tiedot. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 305; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 229–230.)

### 3.4.1 Ohjelmointitavat

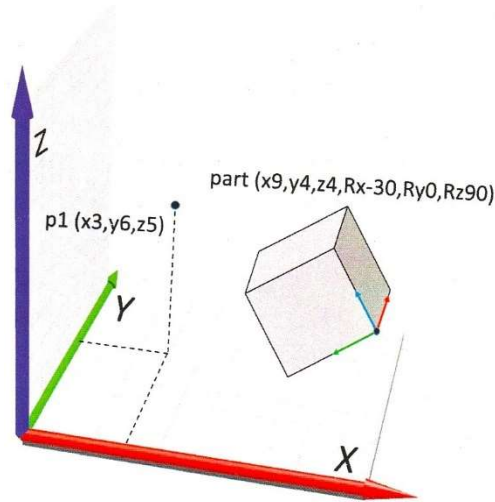
Suomen Robotiikkayhdistyksen (2023, s. 231–232) mukaan yleisimmät robottien ohjelmointitavat ovat opettamalla ohjelmointi ja offline-ohjelmointi. Opettamalla

ohjelmoinnissa robotin työkalu ohjataan ensin haluttuun paikkaan ja asentoon. Tämän jälkeen kyseinen paikkapiste tallennetaan robotin muistiin. Kun paikkapistet on tallennettu, määritellään erikseen kullekin paikkapisteelle robotin liiketyyppi, nopeus ja tarkkuus. Tämä mahdollistaa robotin tarkan ja toistettavan toiminnan halutuissa tehtävissä. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 305–308; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 231–233, 235–236.)

Offline-ohjelmointi perustuu nykyisin tietokonepohjaiseen ohjelmointiin, jossa hyödynnetään simulaatio-ohjelmia. Tämä ohjelmointitapa tarjoaa useita etuja, kuten mahdollisuuden tunnistaa potentiaaliset ongelmat ennen ohjelmien käyttöönottoa reaali maailmassa. Lisäksi, koska ohjelmointi suoritetaan simulaation avulla, tuotantokäytössä olevan robotin prosessia ei tarvitse keskeyttää ohjelmointia varten. Ohjelman lataamisen jälkeen robotin prosessi keskeytyy vain ohjelman testaamisen ajaksi, mikä minimoi prosessin keskeytymisen ajan. (Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 232, 251–253.)

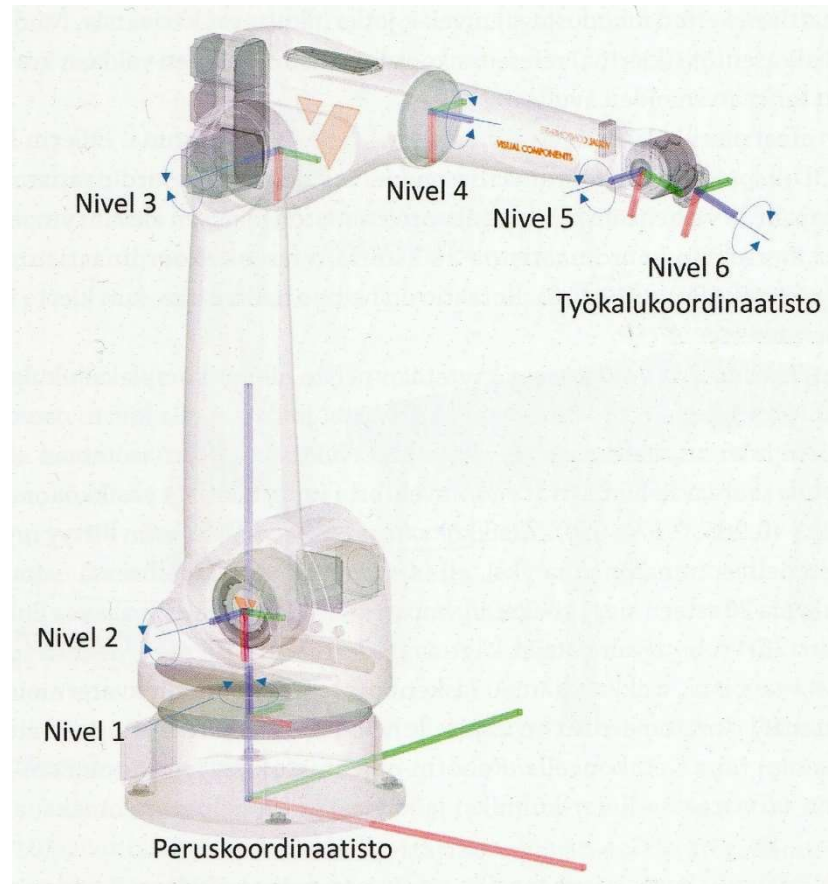
#### 3.4.2 Koordinaatitot ja paikkapistet

Koordinaatistojen ymmärtäminen on erittäin oleellista robottiohjelmoinnissa. Robotin liikkeet määritellään aina suhteessa valittuun koordinaatistoon, joka on tyypillisesti kolmiulotteinen ja ulottuu X-, Y- ja Z-suunnissa (kuva 35). Koordinaatiston origo, eli keskipiste, voidaan asettaa haluttuun paikkaan. Yleisinä origon paikkoina käytetään esimerkiksi robotin työkalun kärkeä, kohdekappaleen oleellista kohtaa, kulmaa tai muuta merkittävää paikkaa robotin ulottuvuusalueella, kuten liukuhihnan päätä, trukkilavan kulmaa tai kääntöpöydän keskikohtaa. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 303–304; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 118–119, 123–125.)

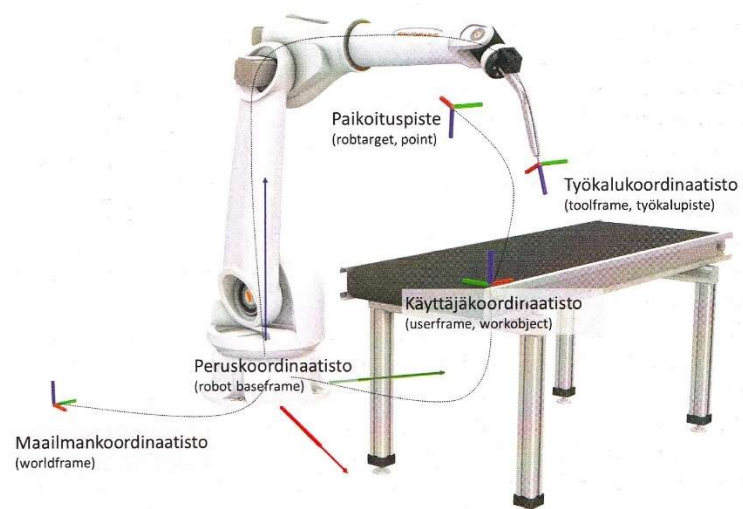


Kuva 35. X- Y- Z-koordinaatisto. (Suomen Robotiikkayhdistys)

Robottiohjelmoinnissa tallennettavat paikkapisteet on aina asemoitu valitun koordinaatiston mukaisesti, mikä mahdollistaa robotin liikkeiden ja paikkapisteiden välisten etäisyyksien määrittämisen kaikkien kolmen ulottuvuuden suunnassa (kuva 36). Koordinaatistoihin liittyvät ohjelmointikeinot ovat kehittyneet erityisesti makasiini- ja pakkaussovelluksissa, joissa koordinaatiston siirtämisen avulla voidaan toteuttaa useita samantyyppisiä liikkeitä huomattavasti kevyemmällä ohjelmoinnilla (kuva 37). (Keinänen & Sumujärvi 2019, 303–304, 306–307; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 118–119, 123–125, 231, 233.)



Kuva 36. Robotin peruskoordinaatisto. (Suomen Robotiikkayhdistys)



Kuva 37. Paikkapisteet ja koordinaatistot. (Suomen Robotiikkayhdistys)

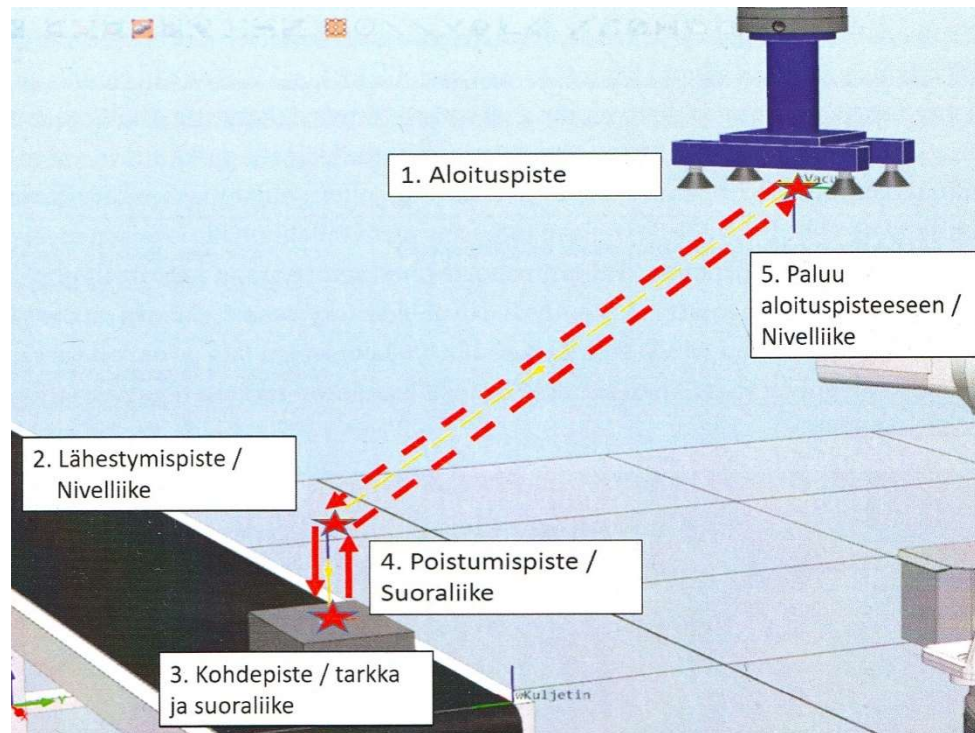
### 3.4.3 Liikekäskyt ja -tyypit

Suomen Robotiikkayhdistyksen (2023, 234–235) mukaan, paikkapisteiden väliseen siirtymiseen käytetään muutamia yleisiä liiketyyppejä, joita ovat:

- J-liike eli nivelliike (joint)
- L-liike eli suoraliike (linear)
- C-liike eli pyöreä liike (circular)

Nivelliikettä (J-liike) käytetään yleisesti robotin pitkiin ja nopeisiin siirtymisiin. Nivelliikkeessä robotin työkalu siirtyy kahden ohjelmoidun paikkapisteen välillä epäsuorasti tai kaarevasti. Vaikka liikkeen matka ei olekaan aina lyhin mahdollinen, on nivelliike robotin liike-energian kannalta huomattavasti edullisempi, sillä kaikki sen nivelet käynnistyvät ja pysähtyvät samanaikaisesti. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 306; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 234.)

Suoraa liikettä (L-liike) käytetään, kun robotin työkalun halutaan lähestyvän kappaletta erittäin tarkasti tai tietystä suunnasta. Esimerkiksi pullo tarttujalla varustettua robottia ohjataan ensin nopeasti pullon yläpuolelle käyttäen nivelliikettä, ja tämän jälkeen pullo tarttujaa ohjataan suoraan alaspäin pullon päälle käyttämällä suoraa liikettä (kuva 37). (Keinänen & Sumujärvi 2019, 306; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 235.)



Kuva 38. Ohjelmoitu liikerata. (Suomen Robotiikkayhdistys)

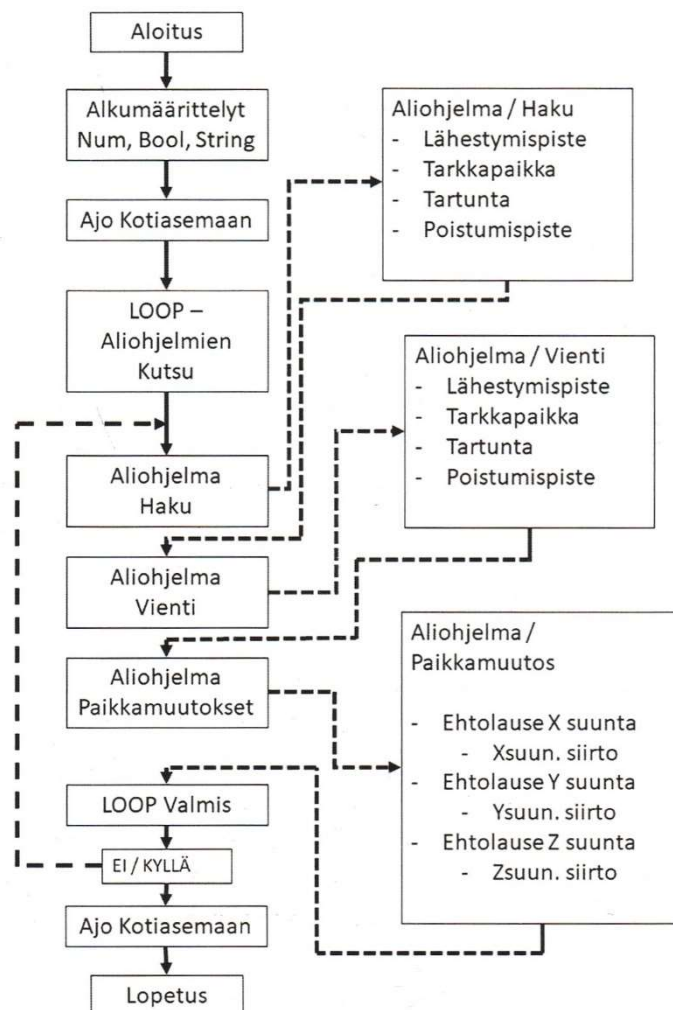
Suora liike kuluttaa enemmän energiaa, sillä sen nivelet eivät liiku synkronoidusti toistensa suhteen, vaan työkalun liikerata priorisoidaan. Tästä syystä robotin nivelet saattavat tehdä työtä toisiaan vastaan, mikä kuluttaa lisää energiaa. Suoraa liikettä käytetään myös tyypillisesti hitsausprosessien yhteydessä. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 306; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 235.)

Pyöreää liikettä (C-liike) käytetään, puhtaiden pyöreiden liikeratojen suorittamiseen, esimerkiksi laser- ja plasmaleikkausprosesseissa. Pyöreiden liikeratojen toteuttaminen pelkästään paikkapisteiden, nivelliikkeiden ja suorien liikkeiden avulla on erittäin haastavaa. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 306; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 235.)

Tästä syystä robottien ohjelmistot sisältävät usein erityisen pyöreän liikkeen toteuttavan liikekäslyn. Ohjelmoinnissa riittää tällöin, että robotille asetetaan yksi paikkapiste ja määritetään, minkä kokoisen pyöreän liikkeen robotti suorittaa kyseisen paikkapisteen suhteen. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 306; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 235.)

### 3.4.4 Ohjelmasuunnittelu ja ohjelmointi

Suomen robotiikkayhdistyksen (2023, 238–239) mukaan robottiohjelmoinnin yksi keskeinen vaihe on prosessikuvauksen huolellinen laatiminen ja selkeän tehtävälistan luominen (kuva 38). Koska ohjelmointi on yleisesti ottaen laaja käsite ja vaikea määrittellä, ohjelmoinnin ja prosessin kuvauksen suunnittelulla on erityisen tärkeä rooli. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 307–308; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 238–239.)



Kuva 39. Ohjelmarakenne. (Suomen Robotiikkayhdistys)

Heikosti suunniteltu ohjelmarakenne voi johtaa huonosti toteutettuun ja tehottomaan ohjelmointiin. Kun ohjelmasuunnittelu on tehty huolellisesti, robotin ohjelmointi sujuu huomattavasti sujuvammin. Hyvin suunniteltu ja dokumentoitu

ohjelmasuunnitelma helpottaa myös robotin uudelleen ohjelmointia sekä vikatilanteiden virheenetsintää. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 307–308; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 238–239, 242–243, 248.)

Hyvin yleisesti robottia ohjelmoi tulevaisuudessa joku muu kuin robotin käyttöönoton yhteydessä. Tässä tilanteessa hyvä suunnitelma tukee robotin elinkaaren eri vaiheita, kuten mahdollista uudelleen ohjelmointia ja modernisointia, ja selventää muille ohjelmoijille alkuperäisen ohjelman alkuperäisen idean ja tarkoituksen. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 307–308; Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 238–239, 242–243, 248.)

## 4 ROBO2020 – harjoitusrobottijärjestelmän kehitystyö

Harjoitusrobottijärjestelmän (kuva 40) ensisijainen tarkoitus on tarjota Turun Aikuiskoulutuskeskuksen opiskelijoille käytännönläheistä opetusta ja harjoittelua perustutkintojen sisältämiin robotiikan opintoihin. Vastatakseen tähän tarpeeseen, keskus hankki vuosina 2018 ja 2019 ABB IRB 120 -robotin yhteishankintana, yhteistyössä sähkö- ja automaatiotekniikan sekä kone- ja metallitekniikan osastojen kanssa.



Kuva 40. ROBO2020-harjoitusrobotti.

Laitteiston suunnittelu, rakennus ja käyttöönotto suoritettiin opiskelijatyönä Turun Aikuiskoulutuskeskuksen opettajien valvonnassa. Suunnittelutyöt aloitettiin vuoden 2019 lopulla, ja laitteiston rakentaminen käynnistettiin vuoden 2020 alussa. Projektin keskeisenä tavoitteena oli turvallisen harjoitusrobottisolun kehittäminen, joka koostuu ABB:n IRB 120 -robotista, Siemensin logiikkajärjestelmästä sekä ASi-kenttäväylällä ohjatuista kentälaitteista ja

liukuhihnoista. Maaliskuuhun 2020 mennessä laite oli edistynyt lähes käyttövalmiiksi, odottaen viimeistelytoimenpiteitä.

Laitteiston perusidea on toimia pullonpalautusjärjestelmänä (kuva 41), jossa robotti siirtää syötetyt pullot tyhjiin pullokoriin. Oppilaan tehtävänä on opiskella robotin ohjelmointia ja ohjelmoida robotti suorittamaan suunniteltu pullojen siirtäminen. Lisäksi laitteistoon on suunniteltu ominaisuus, jonka avulla voidaan harjoitella hitsausrobotiikan liikekäskyjen perusteita.



Kuva 41. Pullonpalautusjärjestelmä.

Maaliskuussa 2020 alkaneen koronapandemian seurauksena laitteen viimeistely- ja käyttöönottovaihe keskeytyi. Pandemian vuoksi suunnittelu- ja käyttöönottojen parissa työskennelleet henkilöt valmistuivat, ja robottisolu jäi osittain keskeneräiseksi. Keväällä 2022, kun pandemia oli taantunut, mahdollistui normaalin opiskeluarjen ja opetuksen jatkuminen, mikä herätti uudelleen keskustelut robotin käyttöönotosta. Koska alkuperäiset suunnittelijat ja laitteen rakentajat olivat valmistuneet jo muutama vuosi aiemmin, laitteen loppuunsaattaminen osoittautui myöhemmin haastavaksi.

Syksyllä 2023 aloitettiin keskustelut robottisolun viimeistelystä, ja järjestelmä tarjottiin Turun Ammattikorkeakoululle opinnäytetyön aiheeksi. Toimeksiannon

tavoitteena on laitteiston viimeistely ja keskeneräisten asioiden täydentäminen. Järjestelmän turvallisuutta ja riskejä on arvioitava huolellisesti, jotta sen turvallinen käyttö koulutus- ja opetustarkoituksiin voidaan varmistaa. Lisäksi järjestelmän käyttöohjeet ja opetusmateriaalit on päivitettävä, jotta opetuskäyttö olisi mahdollisimman tehokasta ja korkeatasoista.

ROBO2020-harjoitusrobottijärjestelmän tarkka toimintakuvaus, sekä yleistiedot on luettavissa opinnäytetyön liitteessä 1: Pehdytys- ja turvallisuusopas.

#### 4.1 Toimeksiannon aloitusvaihe

Opinnäytetyö käynnistettiin laatimalla suunnitelma, joka käsitti kokonaiskuvan, tavoitteet, resurssit sekä käytettävissä olevan ajan. Havaittiin, että alustava toimeksianto sisälsi tulkinnanvaraisuuksia. Ei ollut täysin selvää, tavoiteltiinko harjoitusrobottisolulle CE-merkintään vaadittavaa täydellistä riskinarviointia ja -pienennystä vai ainoastaan laitteiston vaatimustenmukaisuuden tutkimista. Tämän epäselvyyden selvittämiseksi sovittiin toimeksiantoa tarkentava palaveri.

Aloitusvaiheessa robottijärjestelmälle suoritettiin yleinen tarkastus, jossa laitteiston ja siihen liittyvien oheislaitteiden kunto tarkistettiin silmämääräisesti. Laitteen tekninen toimintataso testattiin koekäytön avulla. Näiden tarkastusten jälkeen todettiin, että laitteisto on yleisesti toimintakuntoinen ja kykenee tuottamaan suunnitellut robottiharjoitukset.

Aloitusvaiheessa kerättiin tarvittavat tiedot ja lähdemateriaalit kone- ja robottiturvallisuudesta. Samalla käynnistettiin tutkimukset siitä, mitkä direktiivit soveltuvat kyseiseen järjestelmään. Toimeksiantajan kanssa käytyjen keskustelujen aikana paljastui, että koulutusympäristössä käytettävät laitteet saatetaan luokitella väliaikaiseen laboratorio- ja tutkimuskäyttöön tarkoitetuiksi, minkä vuoksi ne eivät kuulu konedirektiivin piiriin. Tämän seikan varmistamiseksi päätettiin suorittaa tarkentava tutkimus.

#### 4.1.1 Toimeksiannon tavoitteiden selvittäminen

Toimeksiannon tarkennusta varten järjestettiin palaveri toimeksiantajan kanssa, jossa keskusteltiin opinnäytetyön tutkimuksen ja kehitystyön tavoitteista. Palaverissa määriteltiin seuraavat keskeiset kysymykset:

**1. onko laite yleisesti turvallinen käyttää opiskelu- ja harjoitustarkoituksiin?**

- onko laitteessa vaarallisia vikoja tai puutteita?
- voidaanko vaaralliset asiat ja osat korjata?
- onko vikojen ja puutteiden korjaaminen taloudellisesti kannattavaa?

**2. voidaanko robottia käyttää automaattiajolla?**

- mitkä muutokset robottiin tulisi tehdä, jotta automaattiajo olisi mahdollista direktiivien ja standardien mukaisesti?

**3. voidaanko robottiharjoitukset toteuttaa itseopiskeluna tai ryhmätyönä?**

Järjestelmän kehittämisen osalta toimeksiantaja ehdotti, että löydetyt viat ja puutteet korjattaisiin koulun resurssien rajoissa. Tämä tarkoittaa, että kaikki korjattavissa olevat viat, joille löytyy varaosat koulun varastoista, pyritään korjaamaan. Lisäksi on tarpeen kehittää laitteiston käyttöä ja tiedon keräämistä tukevat perehdytysprosessit ja tuottaa opetusmateriaalit itseopiskelua varten.

#### 4.2 Tiedon kerääminen

Toimeksiannon suorittaminen jatkui kattavasti suunnitellulla tiedonkeruuvaiheella. Tavoitteena oli kerätä mahdollisimman paljon tietoa robottijärjestelmän toiminnasta, yleiskunnosta, puutteista ja vioista. Lisäksi tavoitteena oli kerätä haastattelutietoja laitteiston toiminnasta ja käyttökokemuksista sekä koulun oppilailta että henkilökunnalta. Teoreettisen tiedon kerääminen keskittyi tarvittavien standardien ja järjestelmää velvoittavien direktiivien määrittämiseen.

Järjestelmään liittyvät tekniset tiedot sekä käyttöön liittyvät tiedot kerättiin siinä laajuudessa, kuin ne alun perin olivat tuotettu ja saatavilla. ABB:n käyttö- ja järjestelmäohjekirjoista saatiin tarpeelliset tiedot robottia ja sen käyttöä koskien. Lisäksi sähkötekniikan osastolta saatiin tarpeelliset teoriamateriaalit, jotka koskivat ohjelmoitavia logiikoita sekä kenttälaitteita. Nämä materiaalit liittyivät järjestelmään asennettuihin liukuhihnoin ja muihin oheislaitteisiin.

#### 4.2.1 Järjestelmän kuntokartoitus

Harjoitusrobotti ja sen sijoituspaikka olivat yleisesti ottaen melko hyvässä kunnossa. Ensimmäiset silmämääräiset havainnot kuitenkin paljastivat, että halli, jossa robottijärjestelmä on asennettu, altistaa sen merkittävästi metallitöistä syntyvälle metallipölylle. Haastattelujen perusteella selvisi, että järjestelmä ei kuulu koulun säännölliseen siivousohjelmaan. Tämä korosti tarvetta sisällyttää harjoitusrobotin kunnossapitosuunnitteluun, sille tarkoitettu siivousohjelma.

Tarkemmassa tarkastelussa laitteiston keskeneräisyys tuli selvemmin ilmi. Suurimmat puutteet ilmenivät aluesuojauksessa, kuten suoja-aidan ovessa, josta peitelevyt puuttuivat kokonaan. Myös järjestelmän sähköjärjestelyissä havaittiin ongelmia: kaapelointien kotelot olivat osittain auki, ja niiden päälle oli mahdollista astua. Useimmat merkittävät puutteet liittyivät juuri aluesuojaukseen sekä sähköjärjestelmien komponentteihin ja niiden koteloihin.

Yleisesti ottaen päädyttiin lopputulokseen, jossa ymmärrettiin tilanteen vastaavan alkuperäisiä lähtötietoja. Laitteisto oli selvästi jäänyt keskeneräiseksi, ja muutaman vuoden osittainen käyttämättömyys sekä puutteelliset kunnossapito-, huolto- ja siivoussuunnitelmat heijastuivat yleisilmeeseen. Positiivisena huomiona kuitenkin havaittiin, että järjestelmän perusidea ja toteutus olivat erittäin mielenkiintoisia ja toimivia.

#### 4.2.2 Aikaisempaan käyttökokemukseen liittyvät haastattelut

Käyttökokemukseen liittyvä tieto kerättiin haastattelemalla sähkö- ja automaatioalan perustutkinnon opiskelijoita sekä opettajia. Haastattelujen perusteella huomattiin, että harjoituslaitteiston perusidea herätti kiinnostusta ja nähtiin hyvänä. Kuitenkin ilman asianmukaista perehdytystä ja selkeitä ohjeita laitteen käyttö oli haastavaa. Lisäksi monille ei ollut täysin selvää, mitä opetustarkoitusta laitteisto palveli.

Laitteiston ensisijainen tavoite on tarjota harjoitusjärjestelmä, joka keskittyy robotin perusteisiin. Oppilaan tehtävänä on ohjelmoida pelkästään robotin liikkeitä ja toimintaa. Haastattelujen perusteella huomattiin, että robotin ympärille rakennettu pullonpalautusjärjestelmä on varsin laaja kokonaisuus. Tämä saattaa antaa ammatillisen perustutkinnon opiskelijoille monimutkaisen vaikutelman ja herättää oletuksia laitteiston vaikeasta käytettävyydestä.

#### 4.2.3 Henkilökunnan haastattelut ja harjoitusrobotin tulevaisuus

AKK:n henkilökunnan haastattelujen pohjalta määriteltiin harjoitusrobotin elinkaaren pituus ja suunniteltu käyttöaika. Haastatteluissa havaittiin, ettei järjestelmän käyttötarpeeseen tai olemassaoloon ollut merkittäviä jatkosuunnitelmia. Haastattelujen yhteydessä paljastui merkittävä seikka harjoitusrobottiin liittyen: AKK:n suunnittelemat laajat remontit. Kävi ilmi, että hallissa, jossa harjoitusrobotti on asennettuna, on odotettavissa laajoja remontteja ja muutostöitä.

Näiden remonttien seurauksena harjoitusrobotti on käytännössä purettava lähitulevaisuudessa. Tämä tieto oli osin yllättävää ja asetti uusia haasteita kehitystyölle. Samalla se määritteli laitteen arvioidun elinkaaren keston, joka lyheni noin yhteen vuoteen ilmenneiden seikkojen perusteella. Tämä tieto nousi erittäin tärkeäksi ja vaikutti merkittävästi tuleviin päätöksiin kehitystyön laajuudesta ja tasosta.

#### 4.2.4 Järjestelmää koskevat direktiivien ja standardien määrittäminen

Järjestelmän turvallisen käytön varmistamiseksi ja direktiivien noudattamiseksi käynnistettiin tutkimus siitä, mitkä ovat järjestelmää velvoittavat direktiivit. Kuten luvuissa 2.1 ja 2.2 viitattiin, konedirektiivi määrittelee "koneet" ja "keskeneräiset koneet". Näiden määritelmien perusteella kaikki koneet ja järjestelmät, jotka täyttävät konedirektiivin vaatimukset, kuuluvat ensisijaisesti sen soveltamisalaan.

Lisäksi luvussa 3.1 viitattu selvitys siitä, miten teollisuusrobotit ja robottijärjestelmät luokitellaan puolivalmisteeiksi ja koneeksi, antoi selkeät perusteet lopputulokseen: harjoitusrobottijärjestelmään tulee soveltaa konedirektiivin vaatimuksia ja velvoitteita. Vaikka toimeksiantajan näkökulmasta voitaisiin spekuloida järjestelmän olevan väliaikainen, laboratorio- ja testikäyttöön tarkoitettu laite, voidaan perustellusti olettaa, että vakavassa tapaturmatilanteessa rikosoikeudellinen vastuu lankeaa konedirektiivin laiminlyömisestä ja tapaturman sattumisesta.

Tämän huomion perusteella päätettiin noudattaa yleistä varovaisuusperiaatetta ja tulkita harjoitusrobotti konedirektiivimukaiseksi 'koneeksi'. Tähän päätökseen vaikuttivat luvussa 3.1 esitetyt viittaukset, joiden mukaan teollisuusrobotti, johon on liitetty erityistoiminnon tuottava työkalu ja muut oheislaitteet, kuten tässä tapauksessa pulloarttuja ja liukuhihnat, täyttävät konedirektiivin määritysten mukaisen koneen kriteerit.

Konedirektiivin mukaisesti laadittiin lista standardeista, joita projektissa tulnaisiin hyödyntämään. Nämä pohjautuivat luvussa 2.3 esiteltyihin standardeihin, kuten SFS-EN ISO 12100:een, joka on A-tyyppin turvallisuuden perusstandardi, sekä luvussa 3.2.1 mainittuihin teollisuusrobottiin liittyviin C-tyyppin standardeihin, SFS-EN ISO 10218-1 ja SFS-EN ISO 10218-2. Näiden lisäksi tarkasteltiin luvussa 2.3.6 mainittuja muita turvallisuusstandardeja, jotka on koostettu METSTA:n laatimasta koneen suunnittelijoille hyödyllisten standardien listasta.

#### 4.2.5 Laitteiston toimintaan perehtyminen ja harjoittelu

Laitteiston varsinaiseen toimintaan ja käyttämiseen perehdyttiin huolella. Ensisijaisesti varmistuttiin siitä, että ymmärretään, miten laitteistoa on tarkoitus käyttää ja miten se toimii (liite 1). Laitteisto havaittiin tarjoavan erittäin paljon yleishyödyllisiä mahdollisuuksia kappaleiden käsittelyyn automaatioon ja robotiikkaan liittyen. Nopeasti kävi ilmi, että järjestelmällä on suuri potentiaali opetuskäytössä.

Lisäksi järjestelmä soveltuu erinomaisesti esittelykäyttöön ja tarjoaa selkeän kuvan siitä, miten ohjelmitava looginen kappaletavaran käsittelyjärjestelmä ja teollisuusrobotti voidaan yhdistää yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Lisäksi laitteisto tarjoaa mahdollisuuden oppia robotin ohjelmoinnin perusteet, mukaan lukien I/O-tiedonsiirron, robotin perusliikkeiden lisäksi.

Tässä vaiheessa nousi esiin merkittävä puute laitteiston perehdytyksen ja käyttöohjeiden osalta. Ilman selkeää perehdytystä ja ohjeistusta laitteen virheellinen käyttö oli helppoa. Lisäksi ilman asianmukaisia ohjeita monet järjestelmän opetukselliset mahdollisuudet jäivät käyttämättä, koska kaikki toiminnot eivät tulleet ilmi ilman ohjeita. Tämä havainto oli samassa linjassa aiemmin tuotettujen käyttökokemukseen liittyvien haastattelutulosten kanssa.

#### 4.3 Riskien arviointi ja -pienentäminen

Laitteiston turvallisuuteen liittyvän kehittämisen ensimmäinen vaihe oli riskien arvioinnin ja pienentämisen toteuttaminen SFS-EN ISO 12100 -standardin mukaisesti. Tässä vaiheessa korostui tarkasti suoritettujen dokumentoinnin ja laitteiston raja-arvojen määrittelyn merkitys koneen myöhempää kehitystä ajatellen. Riskien arvioinnin toteuttaminen osoittautui erityisen haastavaksi alkuperäisten suunnitelmien ja raja-arvojen puuttumisen vuoksi.

Koska järjestelmä oli jo suunniteltu ja rakennettu, riskien arviointi voitiin suorittaa vain toteutetuille osille ja tuleviin elinkaaren vaiheisiin. Järjestelmän vertaaminen

standardeihin herätti paljon kysymyksiä, erityisesti kun huomattiin, ettei järjestelmää ollut alusta asti suunniteltu ja rakennettu standardien mukaisesti.

Konedirektiivin mukaan tässä tilanteessa turvallisuuden varmistamiseksi olisi suoritettava kaikki mahdolliset mittaukset ja testit erikseen, jotta laitteisto voidaan määrittellä konedirektiivin vaatimusten mukaiseksi. Tämä herätti epäilyksiä siitä, voidaanko standardinmukainen riskien arviointi ja pienentäminen toteuttaa opinnäytetyöhön varattujen resurssien puitteissa täydessä laajuudessaan.

#### 4.3.1 Vaarojen tunnistaminen ja arviointi

Vaarojen tunnistaminen pyrittiin suorittamaan SFS-EN ISO 12100 -standardin ohjeiden ja sen liitteen B mukaisesti. Koska kyseessä oli jo osittain käyttöön otettu puolivalmis kone, haasteita riskinarvioinnin suorittamisessa havaittiin. Koneen alkuperäisiä raja-arvoja sekä käyttötarkoitusta ei ollut tarkasti dokumentoitu suunnitteluvaiheessa, joten riskinarvioinnin ensimmäiset vaiheet jouduttiin toteuttamaan perustuen oletuksiin ja havaintoihin.

Kaikki vaarat pyrittiin kuitenkin tunnistamaan, ja toimeksiannon kehitystyön piiriin suodatettiin kohtalaiset, merkittävät sekä sietämättömiin riskeihin johtavat selvästi merkittävät vaarat. Vaarojen tunnistamisen yhteydessä havaittiin, että laitteistoon kohdistuu erittäin monia yleisiä vaaroja, joista suurin osa liittyy metallityötilan ja ympäristön aiheuttamiin vaaroihin, jotka on jo otettu huomioon oppilaitoksen yleisessä turvallisuusperehdytyksessä ja ohjeistuksessa.

Tämän seurauksena vaarat, joihin oli syytä puuttua, onnistuttiin kohdentamaan suoraan laitteistoon ja sen välittömään läheisyyteen, mikä helpotti osaltaan riskien arvioinnin suorittamista. Laitteiston tarkastelun aikana havaittiin muutamia selkeästi normaalista poikkeavia vaaroja sekä ympäristössä että itse järjestelmässä ja sen osissa. Näistä esiin nousseista vaaroista riskialttiimmat liittyivät sähköiskun mahdollisuuteen vioittuneen päävirtakytkimen ja heikosti suojatun pääjännitteensyöttökaapelin yhteydessä.

Laitteiston käyttöön liittyen havaittiin riskejä, kuten mahdollisuus laitteen käynnistämiseen ulkopuolisten ja kouluttamattomien henkilöiden toimesta, takertuminen liukuhihnaan sekä oleskelu robotin turva-alueella laitteen ollessa käynnissä. Lisäksi turva-aita sekä siihen liittyvä suojaovi olivat merkittävästi keskeneräisiä, mikä mahdollisti pääsyn turva-alueelle suoraan oven kehyksen läpi.

#### 4.3.2 Riskitasojen arviointi (METSTA:n arviointityökalu)

Riskien kartoittamisen jälkeen pohdittiin, mitä arviointimenetelmiä käytettäisiin riskitasojen määrittämiseen. Kuten luvussa 2.4.4 viitattiin, on olemassa lukuisia erilaisia arviointimenetelmiä, ja niiden käyttöön on syytä perehtyä huolellisesti ymmärtäen, mihin käyttötarkoitukseen menetelmät soveltuvat.

Pitkien pohdintojen ja tutkimusten tuloksena päätettiin käyttää METSTA:n laatimaa riskinarviointityökalua, joka on saatavilla METSTA:n internetsivuilta osoitteesta [www.metsta.fi](http://www.metsta.fi). Arviointityökalu on toteutettu Excel-taulukkona, jonka käyttö osoittautui helpoksi ja tehosti merkittävästi arvioinnin tekemistä. Työkalun valinnassa huomioitiin laitteiston nykytila ja elinkaaren arvio, mikä vahvisti sen, että METSTA:n tarjoama arviointityökalu on riittävän kattava ja luotettava.

Arviointityökalun antamat tulokset olivat samassa linjassa robottisolun kehitystyön aikana muodostuneiden käsitysten kanssa. Näiden käsitysten mukaan havaitut vaarat ja niihin liittyvät helposti toteutettavat korjaustoimenpiteet johtavat lopulta vaatimusten mukaiseen lopputulokseen. Työkalun suurin hyöty korostui niissä tapauksissa, joissa ennakkoluulojen perusteella odotettiin vaaran olevan merkittävä, mutta arviointityökalun ja muiden menetelmien avulla riskit arvioitiin kuitenkin vain siedettävälle tasolle.

#### 4.3.3 Merkittävien ja sietämättömien riskien poistaminen

Riskien poistaminen toteutettiin kohdentamalla toimenpiteet esiin nousseiden kohtalaisten, merkittävien ja sietämättömien riskien poistamiseksi tai

suojaamiseksi. Tämä kehitystyö toteutettiin yhteistyössä kone- ja metallialan opiskelijoiden kanssa, hyödyntäen oppilaitoksen resursseja. Merkittävimmät korjaukset kohdistettiin logiikan päävirtakytkimeen, jonka ohjaustanko oli alun perin liian lyhyt, jolloin kytkin jäi kokonaan kotelon sisäpuolelle. Laitteen käynnistämiseksi henkilön oli avattava sähkökeskuksen etukansi ja kytkettävä päävirtakytkin koteloinnin sisällä, mikä aiheutti merkittävän sähköiskun vaaran.

Toinen erittäin merkittävä ja maininnan arvoinen riski, jonka poistamiseksi käytettiin suojausmenetelmiä, liittyi robotin suojaoven alakynnyksen läpi kulkevaan järjestelmän pääjännitteen syöttökaapeliin. Tämä kaapeli kulki kynnyksen läpi tavallisen muovisuojakotelon sisällä. Kynnyksen luonne oli sellainen, että siihen astuttiin toistuvasti robottisolun turva-alueelle siirryttäessä.

Edellä mainittujen riskien lisäksi järjestelmästä korjattiin merkittävä määrä muita riskejä, jotka liittyivät ympäristöön, laitteen käyttöön tai muista laitteen käytöstä aiheutuviin riskeihin. Järjestelmän jäljelle jääneet riskit olivat pääsääntöisesti siedettävällä tasolla, ja niiden hallinta nähtiin mahdolliseksi merkintöjen, ohjeiden ja perehdytyksen avulla.

#### 4.3.4 Riskin arvion ja -pientämisen lopputulos

Riskin arvioinnin ja pienentämisen vaiheen aikana, päädyttiin lopputulokseen, jossa todettiin harjoitusrobotin olevan käyttöriskien osalta siedettävällä tasolla, mikäli robottijärjestelmään tuotetaan kattava perehdytysohjelma (liite 1), käytönseuranta (liitteet 2, 3 ja 4), sekä opetusmateriaali.

Lisäksi harjoitusrobotin käytön yhteyteen on perusteltua kehittää tarkastusohjelma, jonka pyrkimys on opastaa käyttäjä kiinnittämään huomiota harjoitusrobotin prioriteettisesti tärkeimpiin turvallisuuteen liittyviin seikkoihin ja samalla toimia laitteiston kuntoon ja toimintaan liittyvän tiedonkeräämisen keinona.

Harjoitusrobotin jäännösriskit on sisällytettävä perehdytysvaiheeseen ja tämän lisäksi harjoitusrobotin käyttämiseen on liitettävä turvallisuusvaatimukset, jotka

koskevat työtilaa, johon järjestelmä on asennettu. Tämä sisältää muun muassa turvakenkien, suojalasien ja työvaatteiden käyttämisen harjoittelun aikana.

#### 4.4 Kerättyyn tietoon ja riskin arviointiin pohjautuvat päätökset

Harjoitusrobottiin liittyvät lopulliset päätökset tehtiin huolellisen harkinnan tuloksena yhteistyössä toimeksiantajan kanssa. Päätöksenteossa otettiin huomioon suunnittelu- ja rakennusvaiheiden virheet, harjoitusrobotin nykyinen kunto, haastattelujen tulokset sekä tiedossa olevat AKK:n tulevat remonttiin liittyvät rakennemuutokset.

Lopullisena päätöksenä esitettiin muun muassa seuraavia toimenpiteitä:

1. Harjoitusrobottijärjestelmä suunnitellaan ja rakennetaan uudelleen tulevaisuudessa
2. Harjoitusrobottia kehitetään väliaikaisesti, jotta sen turvallinen ja tehokas käyttö voidaan taata siihen saakka, kunnes uudelleenrakentaminen voidaan toteuttaa
3. Harjoitusrobottiin laaditaan välittömästi:
  - perehdytys- ja käyttöohjeet
  - käyttö- ja kuntoseuranta
  - opetusmateriaali
  - purkuohjeet
  - sähköpiirustukset
  - suunnitelma uuden harjoitusjärjestelmän kehittämiseksi

Harjoitusrobotin purkamista ja uudelleensuunnittelua ehdotetaan nykyisen version käyttökokemusten ja opinnäytetyön aikana esiin nousseiden koneturvallisuusvaatimusten perusteella. Tavoitteena on luoda uusi versio, joka on selkeämpi ja vastaa perustutkintotason tarpeita sekä turvallisuuden että opetuksen näkökulmasta. Uudelleenrakentaminen ratkaisee konedirektiivin vaatimustenvastaisuuden, robotin epäkäytännöllisen sijainnin sekä ympäristön aiheuttamat vaarat ja haitat.

#### 4.5 Järjestelmän väliaikaisen käytön mahdollistaminen

Harjoitusrobotin elinkaaren loppuajan käytön mahdollistaminen perustui kerätyn tiedon antamiin tuloksiin. Näiden perusteella kehitystyön laajuus määritettiin tasolle, joka mahdollistaa laitteiston turvallisen käytön, mutta samalla minimoi turvallisamiseen tarvittavien resurssien käytön.

Ensisijaiseksi asiaksi asetettiin turvallisuus, mikä merkitsi kaikkien merkittävien vaarojen ja riskien poistamista tai niiden pienentämistä siedettävälle tasolle. Lisäksi jäännösriskien osalta oli noudatettava konedirektiivin määräyksiä. Tämän arvioitiin olevan mahdollista suunniteltujen resurssien puitteissa. Näin ollen laitteisto korjattiin ja viimeisteltiin sellaiseen tilaan, joka katsottiin riittävän turvalliseksi harjoitusrobotin elinkaaren loppuajan ajaksi.

Seuraavaksi prioriteetiksi katsottiin perehdytyksen, ohjeistuksen ja opetussisällön tuottaminen. Näiden tavoitteiksi asetettiin oppilaiden perustiedon ja -taitojen varmistaminen laitteiston turvallisuusnäkökohtien osalta. Lisäksi niiden avulla pyrittiin opettamaan oppilaille laitteiston käyttöä sekä robotin ohjelmointia ja ohjelmoinnin harjoittelua.

Kolmanneksi prioriteetiksi katsottiin laitteiston elinkaaren loppuvaiheen turvallisaminen tuottamalla harjoitusrobotin purkusuunnitelma. Tämän tavoitteena oli varmistaa laitteiston purkuvaiheen turvallisuus ja mahdollistaa laitteiston asianmukainen uudelleenasetettavuus purkamisen jälkeen. Arvioitiin, että satunnainen purkaminen saattaisi tehdä laitteiston uudelleenasettamisen erittäin vaikeaksi tai jopa mahdottomaksi. Tulevan purkuvaiheen ja mahdollisen uudelleenasetuksen tueksi katsottiin tarpeelliseksi päivittää ja tarkastaa laitteiston sähköpiirustukset.

##### 4.5.1 Perehdytysoppaan ja käytönseurannan tuottaminen

Harjoitusrobotin opetuskäytön perehdyttämiseksi laadittiin kattava perehdytysopas (liite 1), ja harjoituksen ja tarkastuksen seurantaan varten laadittiin harjoitus- ja tarkastuspöytäkirjat. Perehdytysoppaassa esitetään

kattavasti tietoa harjoitusrobotin laitteistosta, sen sijainnista ja ympäristöstä. Lisäksi opas ohjaa oppilaita tunnistamaan merkittävimmät riskit ja vaarat sekä muistuttaa tärkeistä suojaustoimenpiteistä, kuten oikeasta työvaatetuksesta ja turvallisuustoimista robotin läheisyydessä. Perehdytysoppaassa on myös perehdytystehtävä, jonka suorittaminen asetettiin ehdottomaksi ennen ensimmäistä käyttökertaa.

Opetus- ja harjoituskäyttöä varten luotiin harjoittelupöytäkirja (liite 2), joka ohjaa oppilaan läpi koko suunnitellun opetussuunnitelman, perehdytyksestä aina kurssin suoritusmerkintään asti. Pöytäkirjan tarkoitus on tukea oppilasta tarkoitetun harjoittelun edistymisessä ja samalla toimia tiedonkeräämisen välineenä oppilaitoksen näkökulmasta.

Laitteiston yleistä käyttöä varten laadittiin alkutarkastuspöytäkirja (liite 3) ja lopputarkastuspöytäkirja (liite 4), sekä niiden tekemiseen liittyvät ohjeet ja vaatimukset. Näitä tarkastuksia suoritetaan aina kun laitteisto otetaan käyttöön ja aina kun sen käyttö lopetetaan. Tarkastusten tarkoituksena on ohjata laitteistoa käyttävä henkilö tarkastamaan ja asettamaan laitteisto turvalliseen käyttökuntoon ennen käytön aloittamista. Lopputarkastuksen yhteydessä pöytäkirja ohjaa käyttäjän sammuttamaan laitteiston asianmukaisesti ja varmistamaan, että kaikki laitteistoon liittyvät seikat ovat turvallisessa tilassa seuraavaa käyttökertaa varten.

#### 4.5.2 Robotin ohjelmointivideoiden tuottaminen

Robotin itseopiskelutavoitetta varten tuotettiin kattava yli 20-osainen opetusvideosarja, joka käsittelee robotin perusohjelmointiin liittyviä aiheita. Videot opastavat oppilasta robotin liikkeen ohjelmoinnissa, I/O-liitäntöjen käytössä, perussilmukkarakenteiden ja niiden käytön ymmärtämisessä sekä IF-lausekkeiden käytössä. Lisäksi opetusvideot tarjoavat kaksi eritasoista lopputehtävää: helpon ja haastavan, joiden avulla pullonpalautusjärjestelmä ohjelmoidaan.

Opetusvideot tuotettiin noin 3–5 minuutin mittaisiksi, ja niiden tyyli on interaktiivinen "katso ja tee", mikä mahdollistaa oppilaan etenemisen omassa tahdissaan harjoittelun aikana. Videot on tallennettu koulun käyttämään pilvipalveluun, mistä ne ovat saatavilla opettajan antamien tunnusten avulla.

#### 4.5.3 Perehdytysoppaan ja opetusvideoiden testaus

Tuotetun perehdytysoppaan, tarkastuspöytäkirjojen sekä opetusvideoiden testaus annettiin perustutkinto-opiskelijoille sekä päivä- että iltaopiskeluryhmissä. Ennen testivaihetta haastateltiin samoja perustutkintoryhmien oppilaita, jotka olivat jo käyttäneet laitteistoa robotiikan harjoittelussa. Näitä haastattelutietoja käytettiin referenssinä analysoitaessa testausvaiheesta saatuja palautteita.

Perehdytysoppaasta sekä tarkastuspöytäkirjoista saatu testauspalaute jakoi mielipiteitä puolesta ja vastaan. Perehdytysopas itsessään nähtiin lähes yksimielisesti välttämättömänä materiaalina laitteiston käyttöön liittyen. Haastattelujen perusteella opas koettiin jossain määrin liian laajaksi, mutta samalla sen laajuutta ymmärrettiin turvallisuusvaatimusten vuoksi.

Alku- ja lopputarkastuspöytäkirjat nähtiin järkeväksi, mutta hieman turhauttavaksi vaiheeksi jokaisen käyttökerran alkaessa ja päättyessä. Perusteluna tähän oli se, että loppujen lopuksi järjestelmä arvioitiin olevan opiskeluympäristössä "tarpeeksi turvallinen" maallikon silmin. Oppilaiden näkökulmasta tämä turhautuminen oli ymmärrettävää, mutta oppilaitoksen näkökulmasta tarkastusten suorittaminen ja tiedon kerääminen ovat välttämättömiä laitteiston turvallisen käytön varmistamiseksi.

Opetusvideoihin liittyvät haastattelut antoivat lähes yksimielisen palautteen niiden opetukseen liittyvästä sisällöstä. Videoiden avulla oppiminen ja harjoittelu olivat helppoa. Kritiikki keskittyi pääasiassa kuvan ja äänen laatuun, sillä videot oli kuvattu puhelimen kameralla, mikä aiheutti osittain epävakaita kuvia. Kokonaisuudessaan videot saivat kuitenkin pääosin positiivista palautetta.

Lopuksi haastattelutuloksia verrattiin keskenään. Vertailu osoitti selvästi, että luotu perehdytysopas ja opetusmateriaali paransivat merkittävästi laitteiston turvallisuuteen liittyvää tietämystä ja käytäntöjä, samalla tehostaen opetuksen tasoa selvästi.

#### 4.5.4 Muut korjauskehoitukset ja sähköpiirustusten tuottaminen

Harjoitusrobottiin jääneet puutteet liittyvät pääasiassa turvallisuuteen ja käytettävyyteen liittyviin merkintöihin. Olisi suositeltavaa asentaa yleisiä turvallisuusmerkintöjä, kuten varoitukset sähköstä, melusta, puristumisvaarasta, törmäysriskeistä ja muista vaaroista. Lisäksi eri osien selkeämpi merkitseminen olisi tarpeellista. Harjoitusrobotin turva-alueita rajaavien aitojen päälle voitaisiin harkita pleksilevyjen asentamista pullojen sinkoutumisen mahdollisuuden vuoksi.

Pullonpalautusjärjestelmän logiikan sähkö- ja automaatiopiirustukset (liite 5) tarkastettiin ja päivitettiin. Näiden luomiseen käytettiin CADS-oppilasversiota, johon saatiin opiskelijalisenssi piirustusten tuottamista varten. Piirustukset tarkasti ja hyväksyi sähkö- ja automaatiotekniikan opettaja.

#### 4.6 Uuden harjoitusjärjestelmän ideointi

Opinnäytetyön keräämän tiedon perusteella olisi suositeltavaa harkita robottijärjestelmän uudelleenrakentamispäätöstä opetustarpeen ja taloudellisen hyödyn näkökulmista. Vaikka laitteiston läsnäolo lisää opetustarjontaa, sen välitön tarve ja pitkän aikavälin hyöty tulisi arvioida huolellisesti.

Mikäli päätetään rakentaa robottijärjestelmä uudelleen, sen suunnittelussa tulisi ottaa huomioon konedirektiivin vaatimukset ja käyttää luvussa 3.2.1 mainittua robottijärjestelmän C-tyyppin standardia SFS-EN ISO 10218-2 tai vähintäänkin noudattaa koneturvallisuuden perustandardia SFS-EN ISO 12100. Lisäksi olisi erittäin tärkeää tarkastella huolellisesti, olisiko kone CE-merkittävä, vaikka se olisi tarkoitettu opetuskäyttöön.

Uuden harjoitusrobottijärjestelmän tyyliä suositellaan merkittävästi yksinkertaisemmaksi ja perustutkinto-opintojen mukaiseksi. Kun harjoituksen tavoitteena on harjoitella robotin peruskäyttöä ja ohjelmointia, pullonpalautusjärjestelmän kaltaista oheislaitteistoa ei välttämättä tarvita, koska sen tuottama lisähyöty on rajallinen.

Kevyempi järjestelmä voisi sisältää ABB IRB 120 -robotin ja turvalasitetun kopin, joka suojaisi robotin mekaanista osaa. Oppilas voisi itse asettaa pullot valoverhon läpi koppiin robotin käyttöalueelle harjoittelun ajaksi. Harjoitukset keskittyisivät pelkästään pullojen siirtämiseen eri paikkoihin kopin sisällä.

## 5 Kehitystyön yhteenveto

Toimeksiannon tavoitteena oli viimeistellä Turun AKK:ssa aloitettu harjoitusrobotisolun suunnittelu ja rakennustyö, joka keskeytyi keväällä 2020 korona pandemian vuoksi. Harjoitusrobotin tehtävä on mahdollistaa perustutkintoihin sisältyvien robotiikan opintojen perusharjoitukset.

Toimeksianto sisälsi laitteiston nykytilan arvioinnin, keskeneräisten osien viimeistelyn, riskien arvioinnin ja pienentämisen sekä robottiohjelmoinnin itseopiskelun mahdollistavan opetussuunnitelman tuottamisen. Tavoitteet saavutettiin, ja järjestelmä saatiin turvalliseksi, vastaten toimeksiantajan odotuksia ja mahdollistaen itseopiskelupohjaisen perusharjoittelun.

Toimeksiannon tutkimustyön yhteenvedon perusteella ehdotettiin, että harjoitusrobotisolu puretaan viimeistään koulurakennuksen remonttien yhteydessä. Sen jälkeen laitteisto suunnitellaan uudelleen koneturvallisuuden standardien mukaisesti, tavoitteena luoda yksinkertaisempi ja perustutkintotarpeisiin paremmin soveltuva harjoitusjärjestelmä.

Kehitystyön aikana keskeisessä roolissa olivat koneturvallisuus, EU:n konedirektiivi ja koneturvallisuusstandardit, jotka eivät olleet minulle entuudestaan täysin tuttuja. Niiden opiskelu oli erittäin työlästä ja haastavaa.

Suosittelen koneturvallisuutta käsitteleviä opinnäytetöitä tekeviä aloittamaan teoriaan perehtymisen ja kirjoittamisen heti työn alussa. Koneturvallisuuteen ja standardeihin liittyvä teoria on laaja ja haastava aihealue. Direktiivien ja standardien soveltaminen on aina tapauskohtaista ja vaatii syvällistä perehtymistä.

Lisäksi suosittelen harkitsemaan riskien arvioinnin ja pienentämisen osalta opinnäytetöiden tekemistä ryhmätyönä, jos se on mahdollista. Riskien arvioinnin standardien mukainen toteuttaminen on erittäin vaativa tehtävä, jopa ammattilaisille, kun tavoitteena on virallinen hyväksyntä. Riskien arvioinnin toteuttaminen ryhmätyönä vastaa samalla myös koneturvallisuuden standardi SFS-EN ISO 12100:n suosituksia.

## Lähteet

Hänninen, P. 2022. Robotiikka ja tekoäly. 1. Painos.

Jahnsson, Y. 1910. Tutkimuksia Suomen teollisuustyöväen suojelulainsäädännön kehityksestä 1860 – luvulta alkaen. Helsinki.

Keinänen, T & Sumujärvi, M. 2019. Automaatiotekniikka. Helsinki: Sanoma Pro OY. 1. Painos.

METSTA ry. 2020a. Koneenrakentajan tärkeimmät standardit. Helsinki. Saatavilla sähköisesti osoitteista <https://metsta.fi/julkaisut/esitteet/>

METSTA ry. 2020b. Koneiden ja niiden ohjausjärjestelmien turvallisuus. Helsinki. Saatavilla sähköisesti osoitteista <https://metsta.fi/julkaisut/esitteet/>

METSTA ry. 2021. Osallistu ja vaikuta - METSTAn opas standardisointityöhön. Helsinki. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://metsta.fi/julkaisut/esitteet/>

METSTA ry. 2024. Koneturvallisuuden standardisointi ja standardit. Helsinki. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://metsta.fi/julkaisut/esitteet/>

Siirilä, T & Tytykoski, K. 2016. Koneturvallisuuden käsikirja. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy. 2 painos.

Suomen Robotiikkayhdistys ry. 2023. Teollisuuden robotiikka. Keuruu: Laatupaino KLP Oy.

Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 2020. SFS-Käsikirja 100–1:2020. Koneiden turvallisuus. Osa 1: Suunnittelun perusteet ja riskinarviointi. Helsinki. 2. Painos.

Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 2011. Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit. Helsinki. 3. Painos.

Liite 1

Tekijä: Kari Kaarne

Laadittu: Kevät 2024

# ROBO 2020 Perehdytysopas



## Sisällysluettelo

<b>JOHDANTO</b> .....	4
<b>YLEISKUVAUS</b> .....	5
TOIMINNALLINEN PERUSIDEA HITSAUSHARJOITUKSIIN.....	5
TOIMINNALLINEN PERUSIDEA AUTOMAATION HARJOITUKSIIN .....	5
<b>VAARAT, RISKIT JA HAITAT</b> .....	8
YMPÄRISTÖ .....	8
SOLUN ALAPUOLELLA OLEVA TULITYÖTILA.....	8
KULKUYHTEYS JA YLÄPARVEN RAPPUSET .....	8
JÄRJESTELMÄN KÄYTÖSTÄ AIHEUTUVAT VAARAT JA HAITAT.....	9
Robotin liikkeet käsiajon aikana .....	9
Robotin liikkeet autoajon aikana.....	9
Liukuhihnojen toiminta .....	9
Paineilma ja pulloharttuja.....	10
Sähköstä aiheutuvat vaarat.....	10
<b>JÄRJESTELMÄN KÄYTÖN EDELLYTYKSET</b> .....	11
TYÖVAATETUS .....	11
TYÖYMPÄRISTÖ .....	11
ENSIMMÄINEN KÄYTTÖKERTA JA PEREHDYTYS .....	11
JÄRJESTELMÄN KÄYTÖN ALOITTAMINEN JA LOPETTAMINEN .....	12
JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ JA HARJOITUKSET .....	12
<b>ROBOTTISOLUN SIJAINTI</b> .....	13
YMPÄRISTÖ .....	14
KULKUYHTEYS JA VALAISTUS .....	15
<b>ROBOTTISOLUN LAITTEET JA OSAT</b> .....	16
ABB IRB 120 ROBOTTI .....	17
Mekaaninen osa ja työkalu.....	17
Keskusyksikkö .....	18
FlexPedant käsiohjain.....	18
Robotin turvakytkin .....	19
SIEMENS S7-1200 LOGIIKKA .....	20
Logiikan 230V keskus .....	20
Logiikan 24V ohjauskeskus.....	21
Logiikan 24V pääsulakkeet (pääkeskus).....	22
LIUKUHIHNAT .....	23
Liukuhihna 1: Pullohihna .....	23

Liukuhihna 2: Korihihna ja rullapöytä .....	26
PAINEILMA .....	29
Pääsulkuventtiili ja suodatinsäädin yksikkö .....	29
Ohjausventtiili ja paineilmaletkut .....	30
ASI-KENTTÄVÄYLÄ.....	31
LOGIIKAN SENSORIT .....	32
Pullohihnan sensorit.....	32
Korihihnan sensorit .....	33
<b>ROBOTTISOLUN TURVATOIMINNOT .....</b>	<b>34</b>
HÄTÄSEISPIIRIKAAVIO .....	34
HÄTÄSEIS-PAINIKKEET .....	35
OVEN TURVAKYTKIN .....	37
SICK-VALOVERHO .....	37
HÄTÄSEISPIIRIN RESETOINTI.....	38
<b>PEREHDYTYS TESTI .....</b>	<b>39</b>
<b>PEREHDYTYS HARJOITUS .....</b>	<b>40</b>
VAIHE 1: PÖYTÄKIRJOJEN TULOSTUS JA TÄYTTÄMINEN.....	40
VAIHE 2: ALKUTARKASTUSPÖYTÄKIRJA-HARJOITUS.....	42
Robottisolun valmistelu .....	42
Laitteiston aistinvarainen yleistarkastus .....	42
Paineilman säätö .....	43
Robotin käynnistys.....	44
Logiikan käynnistys.....	50
Hätäseispiirin tarkastus.....	52
Logiikan testaus.....	55
Alkutarkastuspöytäkirjan viimeistely ja allekirjoittaminen .....	61
VAIHE 3: LOPPUTARKASTUSPÖYTÄKIRJA-HARJOITUS .....	62
Robotin sammutus.....	62
Logiikan sammutus .....	63
Paineilman säätö .....	63
Laitteiston aistinvarainen yleistarkastus .....	64
Robottisolun lopputarkastus.....	64
Lopputarkastuspöytäkirjan viimeistely ja allekirjoittaminen .....	65
VAIHE 4: ROBO2020 OHJELMOINTIVIDEOT .....	65
VAIHE 5: PEREHDYTYSHARJOITUKSEN PÄÄTTÄMINEN .....	65
<b>ROBOTTIHARJOITUKSET .....</b>	<b>66</b>

## Johdanto

Harjoitusrobottisolun ensisijainen tarkoitus on tarjota Turun Aikuiskoulutuskeskuksen käytännön opetukseen ja harjoitteluun soveltuva laitteistokokonaisuus, robotiikkaan liittyviin sähkö- ja automaatioalan, sekä kone- ja metallialan perustutkinnon osiin. Tätä tarvetta varten Turun Aikuiskoulutuskeskus hankki ABB IRB 120 robotin sähkö- ja automaatiotekniikan, sekä kone- ja metallitekniikan osastojen yhteishankintana vuosien 2018 ja 2019 välisenä aikana.

Laitteisto tarjoaa perusteet ABB IRB 120 robotin käyttöön ja ohjelmointiin. Harjoitukset perehdyttävät oppilaan robottiohjelmoinnin perusasioihin, ohjaamiseen ja liikuttamiseen. Ohjelmoinnin osalta oppilas oppii yleisimmät liikekäskyt ja niiden konfiguroinnin, sekä I/O-tulojen ja -lähtöjen hyödyntämisen robotin ohjelmoinnissa.

Laitteiston yleisidea on pullonpalautusjärjestelmä, jossa ABB IRB 120 robotti on yhdistetty Siemens S7-1200 logiikalla ohjattuihin liukuhihnoihin. Laitteeseen syötetään pullokori, sekä pulloja.

### **Oppilaan tehtävä on ohjelmoida robotti siirtämään syötetyt pullokorit, pullokorin.**

Tämä opas perehdyttää oppilaan Robo2020 laitteiston sijaintiin, ympäristöön ja osiin. On erittäin suositeltavaa lukea ja perehtyä oppaan avulla laitteiston käyttöön ja turvallisuuteen liittyviin asioihin, ennen harjoitusten aloittamista.

### **Robo2020 harjoittelulaitteisto on tarkoitettu vain ja ainoastaan harjoitus- ja opetuskäyttöön.**

## Yleiskuvaus

Harjoitusrobottisolun ensisijainen tarkoitus on mahdollistaa kone- ja metallialan-, sekä sähkö- ja automaatioalan perustutkintojen sisältämien robotiikan perusteiden harjoituksia.

Laitteisto on suunniteltu ja kehitelty siten, että kone- ja metallialan opiskelijat pystyvät oppimaan robotin peruskäyttämisen liittyen robottihitsauksen perusteisiin. Sähkö- ja automaatioalan opiskelijat pystyvät oppimaan robotin peruskäyttämisen liittyen kappaletavara-automaation perusteisiin.

Perusteilla tässä yhteydessä tarkoitetaan robotin peruskäsittelyä, liikekäskyjen ohjelmointia, robotin tulo- ja lähtömuuttujien ohjelmointia ja hyödyntämistä, sekä yleisesti ABB:n IRB 120 robotin perusteita, liittyen ohjelmointiin, käyttöön ja turvallisuuteen.

Laitteisto on tarkoitettu VAIN ja AINOASTAAN opetus- ja harjoituskäyttöön, kouluolosuhteissa.

## Toiminnallinen perusidea hitsausharjoituksiin.

Hitsaamiseen liittyvät robotiikan perusteet toteutetaan käsiajo-tilassa robotin turva-alueen sisältä käsin. Kyseisissä harjoitteissa oppilas suorittaa robotin liikeharjoitukset opetussuunnitelman mukaisesti pienen siirrettävän pöytätason päällä.

## Toiminnallinen perusidea automaation harjoituksiin

Robottisolu, liukuhihnat ja logiikka, muodostavat pullonpalautuslaitteiston.

Laitteiston käynnistämisen jälkeen, käyttäjä syöttää tyhjän pullokorin korihihnalle ja tämän jälkeen pulloja, pullohihnalle. ABB IRB 120 Robotin tehtävä on siirtää syötetyt pullot, tyhjään pullokoriin.

Solussa on kiinteä Siemens S7-1200 logiikka, joka on ohjelmoitu ohjaamaan liukuhihnoja, sekä toimimaan rinnakkain yhdistettynä I/O:n välityksellä robottiin. Logiikkaa ohjataan 24V ohjauspaneelin painikkeilla, sekä siihen asennetulla kosketusnäytöllä.

Minkään harjoituksen vaiheessa, käyttäjä tai oppilas ei ohjelmoi tai konfiguroi mitään Siemensin logiikkaan, liukuhihnoin, sensoreihin, valoverhoon tai hätäseis-piiriin liittyen, vaan harjoitustehtävät kohdistuvat pelkästään robotin ohjelmointiin, robotin oman FlexPedant käsiohjaimen kautta.

- Harjoituksen tavoite on ohjelmoida robotti siirtämään syötetyt pullot, tyhjään pullokoriin.

## Pullonpalautusjärjestelmän toimintaesimerkki

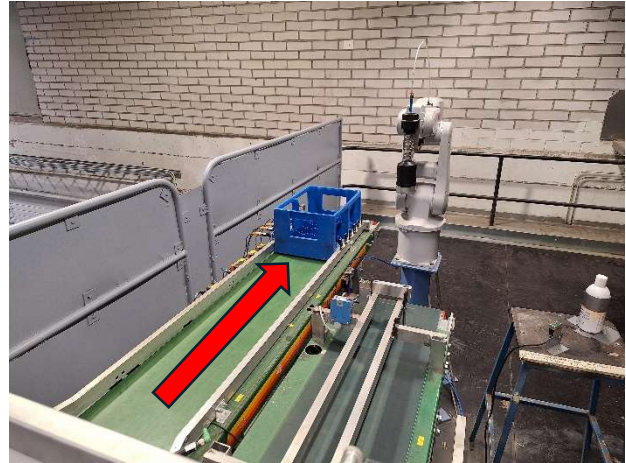
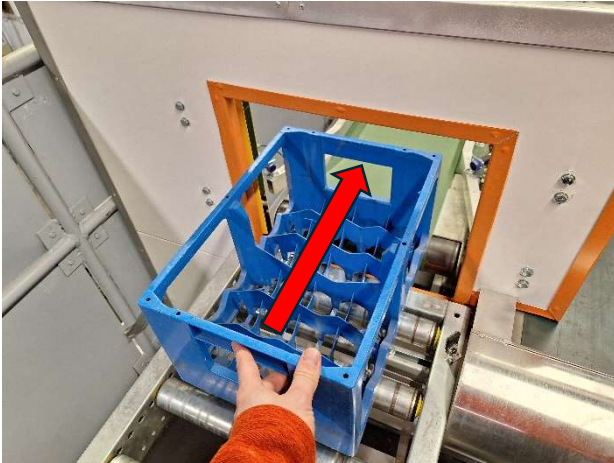
1. Oppilas ohjelmoi robotin siirtämään syötetty pullo, syötettyyn pullokoriin, kurssin opetusvideoiden mukaisesti, käyttäen robotin FlexPedant käsiohjainta ja ohjelma käynnistetään.



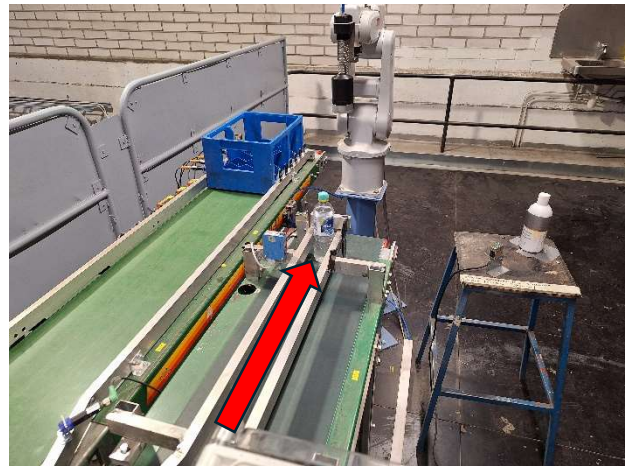
2. Pullonpalautusjärjestelmän toiminta käynnistetään 24V ohjauspaneelista, käsi- tai autoajolla.



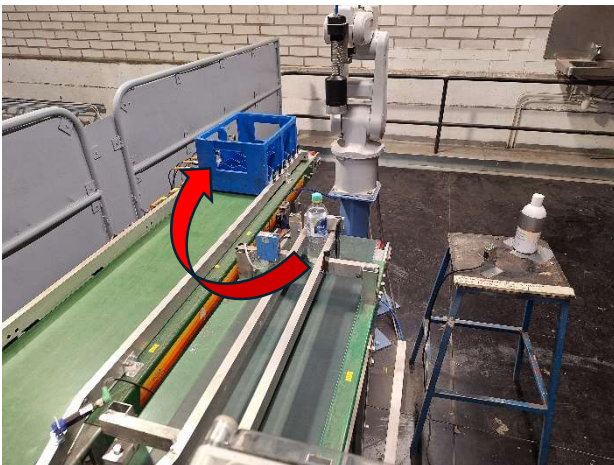
3. Laitteistoon syötetään tyhjä pullokori käyttöohjeiden mukaisesti. Korihihna toimittaa pullokorin, robotin ulottuvuusalueelle.



4. Laitteistoon syötetään 0,5 litran juomapullo ohjeiden mukaisesti. Pullohihna toimittaa pullon, robotin ulottuvuusalueelle.



5. Robotti siirtää juomapullon, tyhjän pullokorin oppilaan tuottaman robotin ohjelman mukaisesti ja lopuksi järjestelmä palauttaa täytetyn pullokorin takaisin käyttäjälle.



## Vaarat, riskit ja haitat

Robo2020 harjoituslaitteisto on tarkoitettu vain ja ainoastaan opetus- ja harjoituslaitteistoksi. Laitteiston ympäristö ja sen käyttö altistaa käyttäjän vaaroille ja haitoille, joista laitteiston käyttäjän on oltava tietoinen ja perehtyä asian mukaisesti ennen laitteiston käytön aloittamista.

### Ympäristö

Robottisolu on sijoitettu kone- ja metallialan päävaraston yhteydessä olevaan metallityöstöhalliin. Robottisolun tarkka sijainti on hallin yläparvella, joka on rakennettu tulityö- ja hitsauspisteiden yläpuolelle.

Ympäristö altistaa käyttäjän metallin työstämisestä aiheutuville vaaroille kuten esimerkiksi:

- Melu ja kovat äkilliset äänet
- Metallihiukkaset ja -pöly
- Tulitöistä aiheutuvat palokaasut
- Metallin muokkaustöistä aiheutuvat kipinät ja partikkelit

Robottisolun alapuolella oleva tulityötila tulee ottaa huomioon robottisolulla työskennellessä.

### Solun alapuolella oleva tulityötila

Suoraan robottisolun alapuolella sijaitsee kaasu- ja puikkohitsaamiseen tarkoitettu tila. Robottisolun käyttäjän tulee olla jatkuvasti tietoinen alapuolella meneillään olevista työtilanteista. Robottisolun käyttämiseen suositellaan vahvasti ajankohtaa, kun alapuolella oleva tulityötila ei ole käytössä.

### Kulkuyhteys ja yläparven rappuset

Robottisolun parvelle johtaa kapeat metallirappuset. Rappuset ovat omiaan aiheuttamaan kompastumisvaaran ja käyttäjän on oltava huolellinen rappusia käytettäessä.

Erityisen tärkeä on huomioida hätätilanteessa se, että:

- **Kyseiset metalliportaot ovat AINOA poistumistie robottisolun yläparvelta.**

Portaiden edustat, sekä ylä-, että alapäässä on pidettävä siisteinä ja esteettöminä jatkuvasti.

## Järjestelmän käytöstä aiheutuvat vaarat ja haitat

Järjestelmän käyttäminen ja harjoittelu altistaa käyttäjän vaaroille ja haitoille. Laitte on suunniteltu ja toteutettu mahdollisimman turvallisesti, mutta tästä huolimatta kyseessä on harjoittelutoimintaan tarkoitettu prototyyppi. Näin ollen laitteessa on jäännösriskejä, jotka altistavat käyttäjät ja alueella olijat tietyille vaaroille.

### Robotin liikkeet käsiajon aikana

Robotin liikenopeutta on rajoitettu huomattavasti käsiajotilassa. Tästä huolimatta robotin mekaaninen osa on omiaan vahingoittamaan henkilöitä ja kehon osia, esimerkiksi sormien jäädessä laitteen osien väliin. Näin ollen robotin ohjelmoinnin yhteydessä on oltava erityisen huolellinen ja tarkkaavainen.

### Robotin liikkeet autoajon aikana

Robotin autoajotilassa, mekaanisen osan liikenopeudet ovat huomattavasti suurempia, verrattuna käsiajotilaan.

Osuma henkilöön tai kehonosiin mahdollistaa suurten liikenopeuksien takia erittäin vakaville vammoille.

Päähän kohdistunut mekaanisen osan osuma, suurilla nopeuksilla, on hengenvaarallinen.

Robotin autoajotilan aikana, turva-alueella oleskelu on EHDOTTOMASTI kielletty.

Robotin autoajon käyttäminen vaatii AINA opettajan läsnäolon valvojan roolissa.

### Liukuhihnojen toiminta

Liukuhihnat altistavat takertumis- ja puristumisvaaroille. Varsinkin väliseinän läpi ylettyvä pullohihnan pääty, on omiaan altistamaan käyttäjän takertumisvaaralle.

Liukuhihnan päätyyn on asennettu suojapelti, mutta tästä huolimatta, käyttäjän on pyrittävä olemaan tarpeeksi etäällä liukuhihnan liikkuvista osista.

## Paineilma ja pulloarttuja

Robotin työkaluna toimii paineilmalla toimiva pulloarttuja, jonka käyttöpaine on noin 2,5 baaria.

Paineilman pääsulkuventtiili on sijoitettu metallialan hitsaustyösalin puolelle. Tämä velvoittaa käyttäjän tutustumaan sulkuventtiilin sijaintiin ennen laitteiston käytön aloittamista.

Robottiparvella oleva suodatinsäädin ohjaa laitteistoon syötettävän paineen määrää.

Paineilmajärjestelmään liittyy vaaroja, jotka aiheutuvat yleensä letkun tai paineilmakomponentin rikkoutumisesta. Yleisimmät vaarat liittyvät äkilliseen korkeaan ääneen, joka syntyy paineistetun osan tai letkun rikkoutumisen yhteydessä.

Rikkoutunut osa tai letku on omiaan aiheuttamaan partikkelien, pölyn ja pienten osien sinkoutumista, jotka ovat omiaan vaurioittamaan mm. silmiä, ihoa ja kehon osia.

## Sähköstä aiheutuvat vaarat

Robotti solussa on huomattava määrä järjestelmään kuuluvia johtimia, kaapeleita, keskuksia ja sähkölaitteita. Käyttäjän on oltava erityisen huolellinen ja varovainen työskennellessään robottisolun kaikissa alueissa ja kohdissa.

Rikkoutuneen kenttälaitteen, sähköjohtimen tai -kaapelin, keskuksen tai minkä tahansa muun sähköön liittyvän rikkoutuneen asian havaitsemisen jälkeen, laitteiston käyttö on lopetettava välittömästi, päävirrat on kytkettävä kokonaan pois päältä ja asiasta tulee tehdä ilmoitus viipymättä koulun henkilökunnalle.

Käyttäjä ei saa käynnistää laitteen päävirtaa tai mitään laitteistoon liittyvää osaa, ennen kuin opettaja on myöntänyt käyttöluvan ja laitteiston perehdytys on suoritettu asian mukaisesti ja hyväksytysti.

# Järjestelmän käytön edellytykset

Laitteiston käyttämiseen tulee ensisijaisesti soveltaa Turun AKK:n yleisiä turvallisuusohjeistuksia, sekä laitteiston toiminta- ja perehdytysohjeistuksia.

Vakavassa tapaturma- ja hätätilanteessa tulee soittaa 112 ja tämän jälkeen tilanteen salliessa, tiedottaa muita henkilöitä tilanteesta, sen vakavuudesta ja luonteesta.

Lievemmat tapaturmat ja läheltä piti-tilanteet tulee aina ilmoittaa koulun henkilökunnalle, ensisijaisesti omalle opettajalle, sekä laitteiston yhteyshenkilölle, Tero Hotaselle.

Laitteiston käyttö velvoittaa käyttäjää pidättäytymään kaikesta tahallisesta ja haitallisesta toiminnasta liittyen laitteiston käyttöön ja ohjelmointiin.

## Työvaatetus

Robottisolun sijainti velvoittaa laitteiston käyttäjää pukeutumaan metallityötilan vaatimiin varusteisiin. Työvarustus on oltava vähintään:

- Turvakengät
- Työtakki tai haalari
- Suojalasit

## Työympäristö

Robottisolu ja sen lähiympäristö on pidettävä jatkuvasti siistinä ja roskattomana. Ennen laitteiston käytön aloittamista ja välittömästi käytön lopettamisen jälkeen, solu tulee tarkastaa, puhdistaa ja tyhjentää kaikesta sinne kuulumattomista esineistä, roskista ja tavaroista.

Kaikesta normaalista poikkeavista havainnoista, kuten esimerkiksi rikkoutuneista laitteiden osista tai selvästi epäsiistiksi ja sotkuiseksi jätetystä ympäristöstä on ilmoitettava henkilökunnalle.

## Ensimmäinen käyttökerta ja perehdytys

Ennen ensimmäistä käyttökertaa, käyttäjän on perehdyttävä laitteen toimintaan, ohjeistuksiin ja turvallisuuteen liittyviin asioihin. Perehdytyksen toteuttaa opettaja ja tämä asian yhteyshenkilönä toimii Tero Hotanen.

Hyväksytyt perehdytyksen jälkeen käyttäjä voi aloittaa laitteen käytön ohjeistusten mukaisesti.

## Järjestelmän käytön aloittaminen ja lopettaminen

Laitteiston käytön yhteydessä on aina pidettävä omasta ja ryhmän harjoittelutoiminnasta kirjanpitoa täyttämällä tähän tarkoitukseen laadittua harjoituspöytäkirjaa.

Jokaisesta käyttökerrasta laaditaan aina oma harjoittelupöytäkirja. Pöytäkirjoista tulee toimittaa kopio Tero Hotaselle.

Ennen järjestelmän käynnistämistä on suoritettava harjoituspöytäkirjan mukainen alkutarkastus ja siihen liittyvät kirjaukset.

Järjestelmän käytön lopettamisen ja sammuttamisen yhteydessä on suoritettava harjoituspöytäkirjan mukainen lopputarkastus ja siihen liittyvät kirjaukset.

Harjoituspöytäkirja on ladattavissa koulun pilvipalvelusta ja tämän asian yhteyshenkilönä toimii Tero Hotanen.

## Järjestelmän käyttö ja harjoitukset

Järjestelmän käyttäminen edellyttää erityistä tarkkuutta ja huolellisuutta. Käyttäjän on oltava valppaana ympäristön tapahtumiin ja tiedostettava mahdolliset ympäristön aiheuttamat haitat laitteen käytön aikana.

Ryhmätyötilanteissa on oltava erityisen huolellinen ryhmän jäsenten sijainnista laitteen käynnin aikana.

Pullonpalautusjärjestelmän automaatti- ja käsiajon aikana, robotin turva-alueella oleskelu on ehdottomasti kielletty!

Laitteen pääkäyttäjän on huolehdittava siitä, että turva-alueelta on poistettu kaikki henkilöt ennen pullonpalautusjärjestelmän käsi- tai autoajon käynnistämistä.

Kaikilla ryhmän jäsenillä on harjoitusten kaikkina ajankohtina velvollisuus huolehtia omasta ja muiden turvallisuudesta havaitessaan vaarallisen tilanteen mahdollisuuden tai olemassaolon.

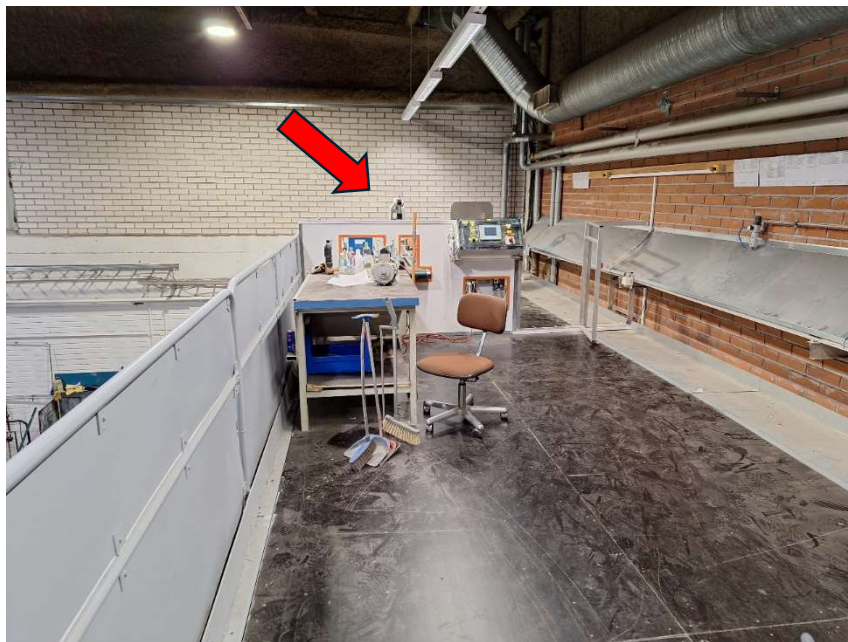
Turva-alueella työskentely on sallittu ainoastaan robotin käsiajotilan aikana, robotin ohjelmoinnin yhteydessä.

Laitteiston käytön yhteydessä on aina pidettävä omasta ja ryhmän harjoittelutoiminnasta kirjanpitoa täyttämällä tähän tarkoitukseen laadittua harjoituspöytäkirjaa. Jokaisesta käyttökerrasta laaditaan aina oma harjoittelupöytäkirja. Pöytäkirjoista tulee toimittaa kopio Tero Hotaselle.

## Robottisolun sijainti

Robottisolu sijaitsee Turun Aikuiskoulutuskeskuksen, Artukaisten oppilaitoksessa. Solu on sijoitettu kone- ja metallialan päävarastohallin yläparvelle.

Kyseinen tila on ensisijaisesti metallityötila, jolloin laitteiston käyttäjien tulee ottaa huomioon vaaditut työvarustukset ja turvallisuuteen liittyvät asiat, Turun AKK:n turvallisuusohjeiden mukaisesti.

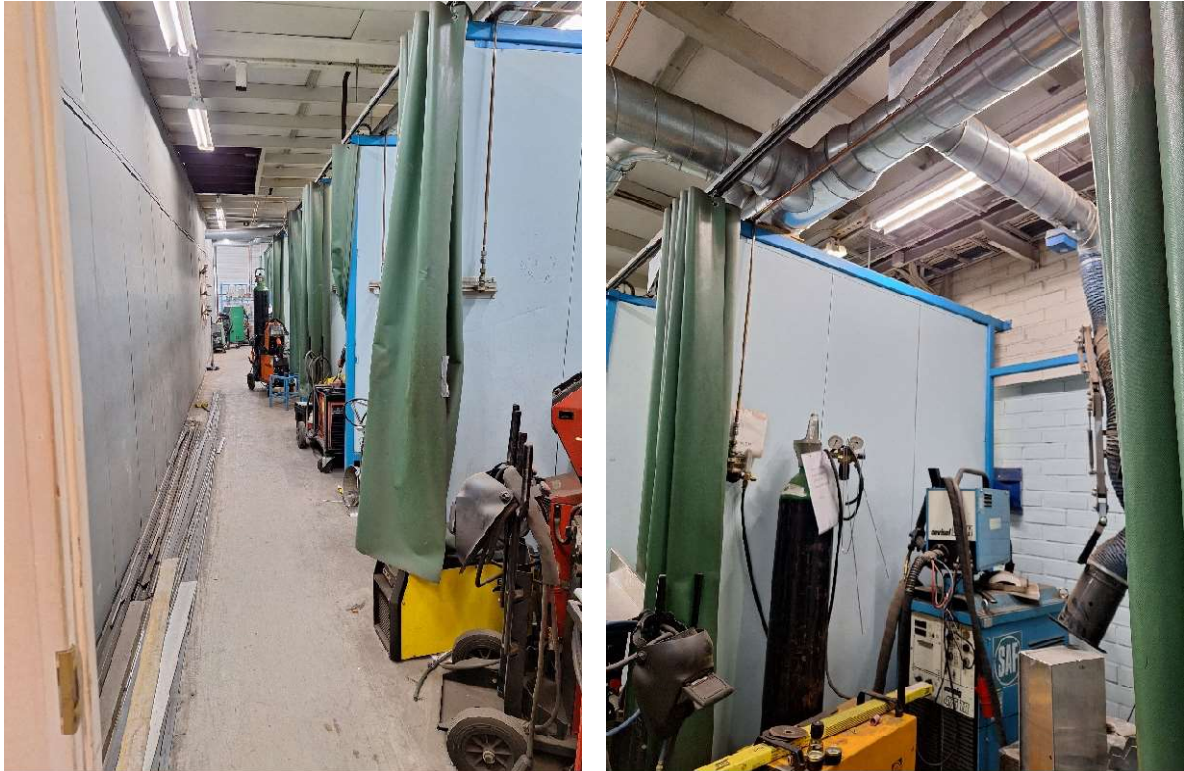


## Ympäristö

Robottisolu sijaitsee metallintyöstämiseen tarkoitetussa tilassa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laitteiston käyttäjän tulee ottaa huomioon metallintyöstämisestä aiheutuvat ympäristötekijät ja tapahtumat.

Suoraan solun alapuolella sijaitsee tulityötila, jossa käytetään kaasu- ja puikkohitsauslaitteistoja.

- Robottisolua käytettäessä, on tiedostettava alapuolella meneillään olevat työtilanteet.



Solun sivussa, alapuolella tuotetaan ensisijaisesti ohutlevytyitä, joista syntyy mm. metallipölyä, kaasuja, melua, sekä mahdollisesti kipinäsuihkuja.





## Robottisolun laitteet ja osat

Robottisolu koostuu, ABB:n IRB 120 robotista, kahdesta liukuhihnasta, sekä Siemensin logiikasta. Lisäksi laitteistossa on käytössä ASi-kenttäväylä, Sick-valoverho, sekä NST:n hätäseispiiri.

Robottisolu jaetaan kahteen pääalueeseen; käyttöalue ja turva-alue. Nämä alueet on erotettu toisistaan väliseinällä, sekä suojaovella.

1. Käyttöalueelta operoidaan pullonpalautuslogiikkaa robotin automaattiajon aikana.



2. Turva-alueella ohjelmoidaan ja harjoitellaan laitteiston perustoimintoja käsiajon aikana.



## ABB IRB 120 Robotti

Robotti on ABB merkinen, IRB 120 tyyppin keskikokoinen robotti, joka suoriutuu noin 3 kg painoisen kuorman siirtämisestä tai muokkaamisesta. Robotissa on yhteensä kuusi akselia ja robotti pystyy liikkumaan mekaanisen osan ulottuvuusalueella lähes joka suuntaan.

### Mekaaninen osa ja työkalu

Robotin mekaaninen osa on sijoitettu sinisen tukijalan päälle, keskelle turva-alueetta. Mekaaniseen osaan on liitetty robotin oma jännitteen- ja datansyöttökaapeli, sekä erillinen paineilmasyöttö.

Robotin työkaluksi on asennettu pullo tarttuja, jonka tartuntaominaisuutta ohjataan Siemensin logiikan alle alistetun paineilmasyötön kautta. Pullo tarttujalla voidaan siirtää 0,5 litran kokoisia juomapulloja.

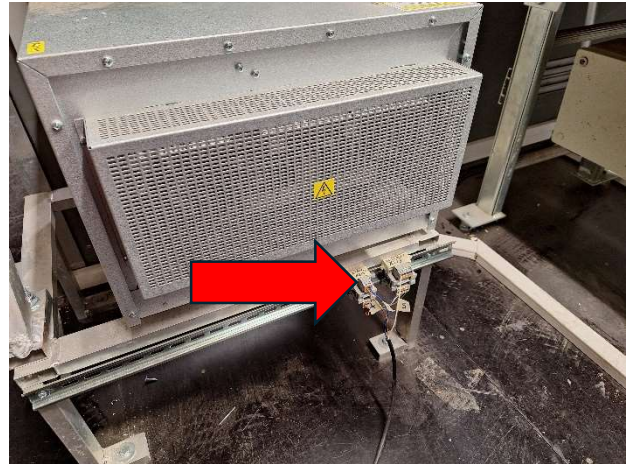


## Keskusyksikkö

Robotin keskusyksikkö on sijoitettu turva-alueen puolelle siten, että sen operoiminen on mahdollista käyttöalueen puolelta, väliseinässä olevan aukon läpi.

Keskusyksikön käyttöpaneelista löytyy mm. robotin päävirtakytkin, avaimella toimiva automaatti- ja käsiajon valintakytkin, kytkentöihin liittyviä liitäntöjä, sekä robotin hätäseis painike.

- Keskusyksikön taakse on sijoitettu anturiharjoitukseen tarkoitettu I/O-liitäntäpiste.



## FlexPedant käsiohjain

Robotin ohjaaminen ja ohjelmointi tapahtuu keskusyksikköön liitetyn ns. FlexPedant käsiohjaimen avulla. Käsiohjaimen ruutu on kosketusnäyttö ja ohjaimen takaa löytyy kosketusnäyttöön kuuluva ”kynä”.

Ohjaimesta löytyy lisäksi käsiohjauksessa käytettävä ”kuolleen miehen” -turvakytkin, robotin ohjaukseen käytettävä joystick, sekä robotin hätäseis painike.



## Robotin turvakytkin

Robotin turvakytkin on sijoitettu turva-alueen takakulmaan.

- Turvakytkin on pidettävä OFF-asennossa aina kun laitteisto ei ole käytössä.



## Siemens S7-1200 logiikka

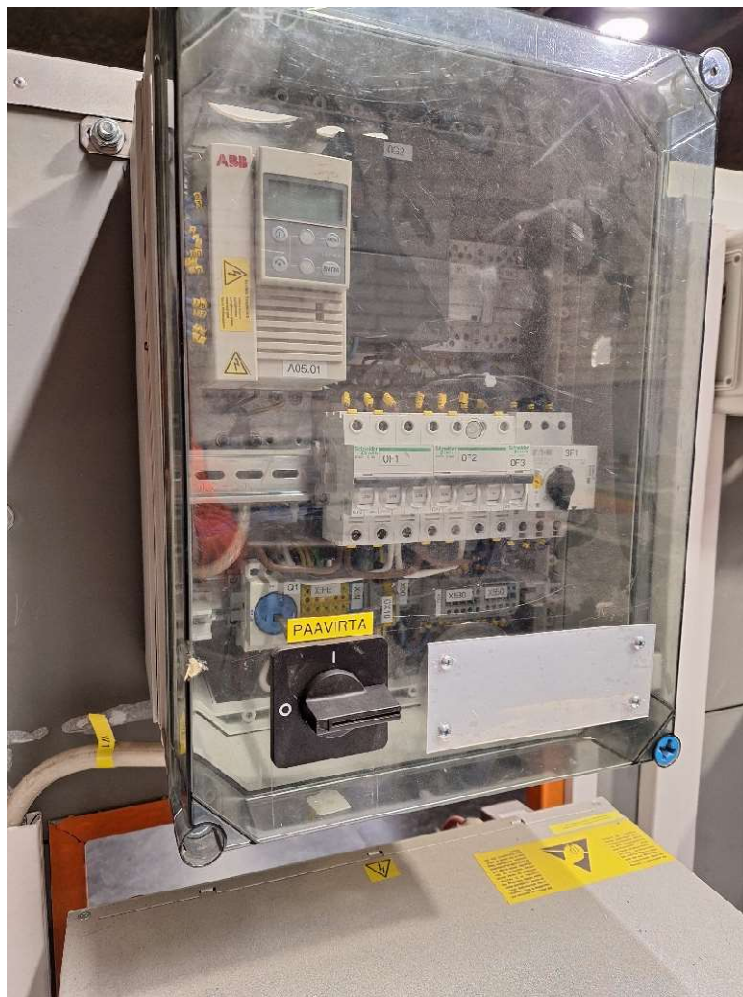
Robottisolun liukuhihnojen ohjaus ja hätäseis-piiri on toteutettu Siemens S7-1200 logiikalla. Logiikka koostuu kahdesta keskuksesta, jotka on jaettu käyttöjännitteen mukaisesti.

- 230V keskukseen on sijoitettu komponentit, jotka vaativat 230V käyttöjännitteen.
- 24V ohjauskeskukseen on sijoitettu komponentteja, joiden käyttöjännite on vain 24V.

### Logiikan 230V keskus

230V keskus on asennettu väliseinään, robotin turva-alueen puolelle. Keskus sisältää logiikan johdonsuojat, liukuhihnojen moottorinohjaukseen tarkoitetut komponentit kuten taajuusmuuntaja, kontaktorit, sekä moottorien suojakytkimet. Näiden lisäksi keskukseen on sijoitettu logiikan 24V muuntajat, sekä logiikan päävirtakytkin.

- 230V keskukseen asennettu päävirtakytkin vaikuttaa solussa kaikkeen muuhun paitsi robotin keskusyksikköön ja robotin mekaaniseen osaan.



## Logiikan 24V ohjauskeskus

24V ohjauskeskus on asennettu väliseinään robottisolun käyttöalueen puolelle.

Keskuksen ohjauspaneeliin on asennettu logiikan ja liukuhihnojen ohjaukseen tarkoitetut painikkeet ja kosketusnäyttö, sekä käyttäjälle tarkoitetut logiikan merkkivalot.

Lisäksi ohjauspaneelissa on yksi hätäseis painike, sekä hätäseispiirin, reset-painike.

- 24V ohjauspaneelista operoidaan laitteista pullonpalautusjärjestelmän toiminnan aikana

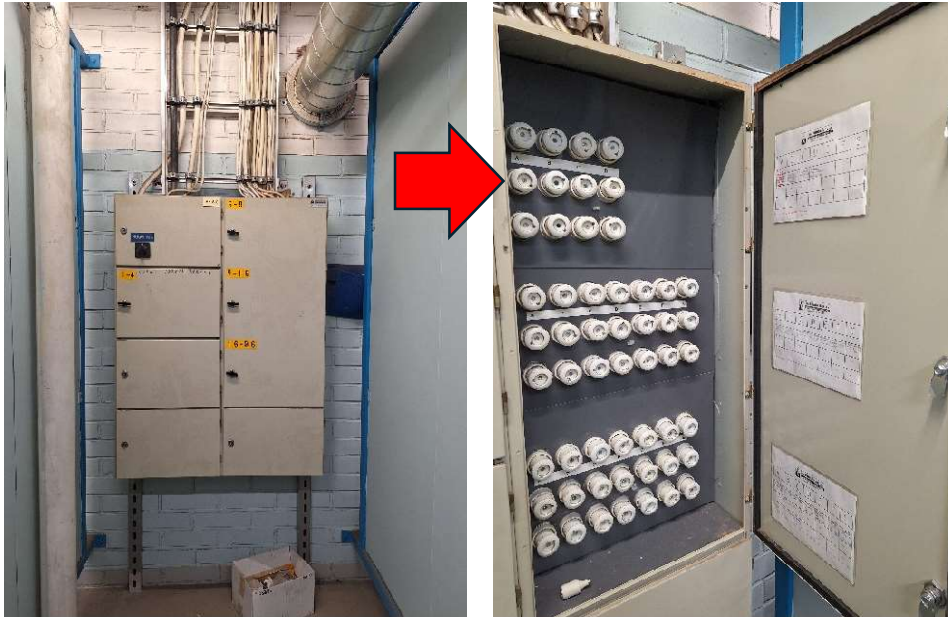


## Logiikan 24V pääsulakkeet (pääkeskus)

Logiikan 400V jännitesyötön sulakkeet löytyvät robottisolun alapuolella olevasta tulityötilasta. Pääkeskus löytyy tilan perältä kolmanneksi viimeisen hitsauskopin seinästä.

Logiikan sulakkeet on merkattu oven sisäpuolella olevaan listaan: 5x6 / 3x25A / Robotti

Sulakkeet ovat keskuksen ylimmän ryhmärivin, ryhmä A



## Liukuhihnat

Robottisolun logiikkaan on liitetty kaksi eri liukuhihnaa.

Liukuhihnat erottavat toisistaan selvästi niiden eri pituuksien perusteella.

Selvästi lyhyempi liukuhihna on tarkoitettu pullojen siirtämiseen ja selvästi pidempi liukuhihna on tarkoitettu pullokorin siirtämiseen.

### Liukuhihna 1: Pullohihna

Pullohihna on kahdesta liukuhihnasta selvästi lyhyempi hihna, jonka päälle on asennettu kapeat kiskot pullojen ohjaukseen.

Pullohihnan ohjaukseen käytetään taajuusmuuntajaa, joka on konfiguroitu tuottamaan liukuhihnan portaattomasti kiihtyvä käynnistyminen, sekä portaattomasti hidastuva pysähtyminen.

Tällä estetään liukuhihnan nopeat liikkeet, jotka muuten olisivat omiaan kaatamaan hihnalla kuljetuksessa olevat pullot.



## Pullojensyöttöaukko

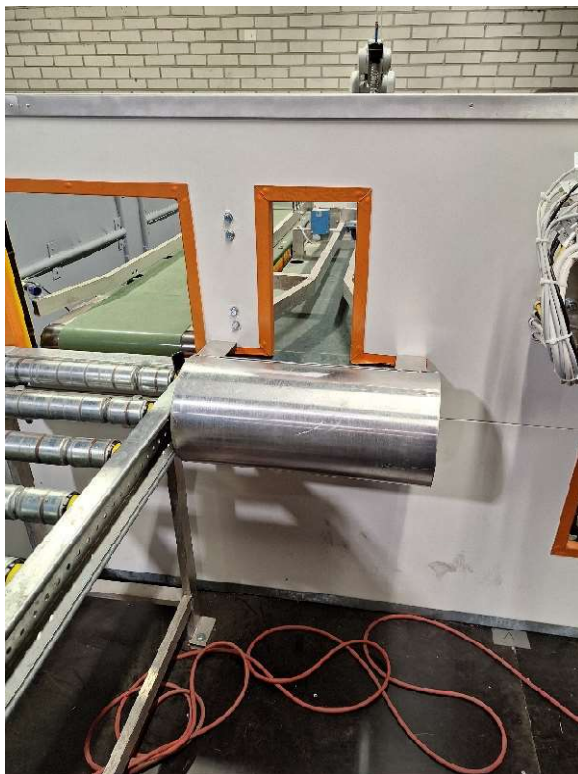
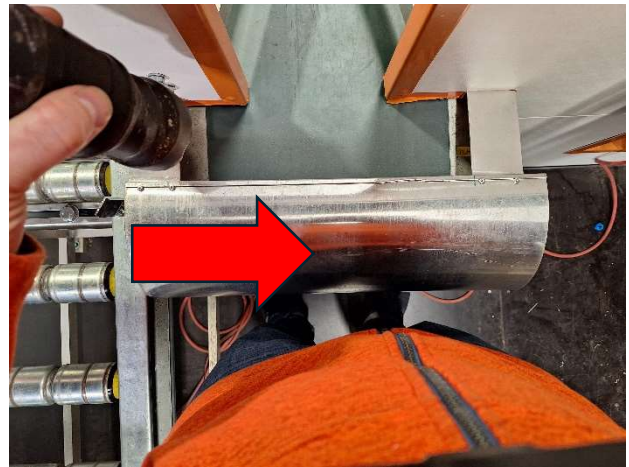
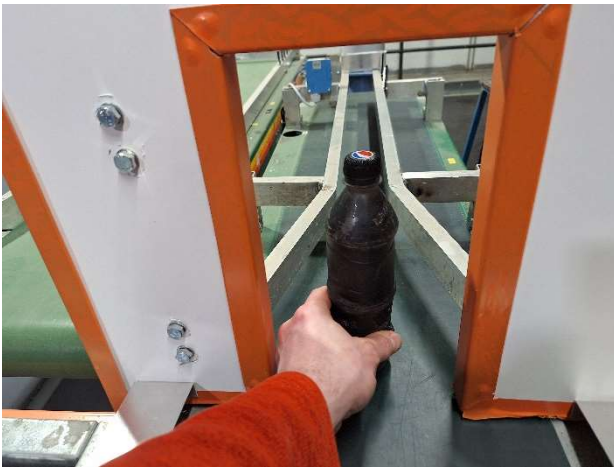
Pullohihna on asennettu siten, että se tulee noin 30 senttimetriä väliseinän läpi käyttöalueen puolelle.

Hihnan päätyyn on asennettu suojaletti estämään kehonosien, vaatteiden ja muiden esineiden tarttumisen liukuhihnaan käytön aikana.

Pullot syötetään liukuhihnalle varovaisesti, yksi kerrallaan.

Liukuhihnan kytkentäkotelo ja moottorin turvakytin on asennettu liukuhihnan alapuolelle.

- Huomioi, että liukuhihnan pääty on omiaan altistamaan takertumisvaaralle.



## Pullojen kuljetus ja poimintapiste

Pullohihna on varustettu ohjauskiskoilla, joiden tarkoitus on ohjata pullot robotin poimintapisteeseen.

Hihnan toinen pää on suljettu siten, että pullot eivät kulkeudu liukuhihnan koko matkan läpi, vaan pysähtyvät ns. poiminta pisteeseen.

Logiikka on ohjelmoitu siten, että pullohihna pysähtyy ja sen käyttö estetään, kun pullo on saapunut poimintapisteeseen.

Toiminnan jatkaminen sallitaan vasta, kun pullo on poimittu liukuhihnalta.

- Kaatonut pullo on poistettava liukuhihnalta toimintaohjeiden mukaisesti.



## Liukuhihna 2: Korihihna ja rullapöytä

Korihihna on kahdesta liukuhihnasta selvästi pidempi, robotin mekaanisen osan sivulla oleva liukuhihna, jonka päälle on asennettu pullokorin levyiset kiskot, pullokorin ohjaukseen.

Pullohihnan ohjaus on toteutettu suoralla suunnanvaihto kontaktiohjauksella. Pullohihnan jatkeeksi on asennettu moottoroimaton rullapöytä.

Liukuhihnan kytkentäkotelo ja moottorin turvakytin on asennettu liukuhihnan alapuolelle.

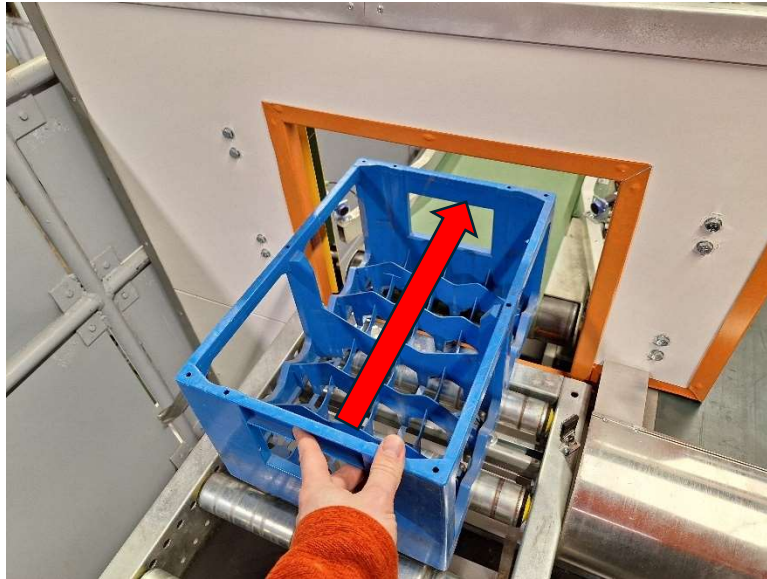


## Korinsyöttöaukko

Korihihna on asennettu siten, että se ei tule väliseinän läpi, vaan on kokonaan robotin turva-alueen puolella.

Väliseinä jakaa korihihnan, sekä rullapöydän ja näiden väliin on asennettu Sick-valoverho.

Pullokori syötetään hihnalle varovasti, yksi kori kerrallaan.



## Korin kuljetus ja pullojen toimitusalue

Korihihna on varustettu ohjaukiskoilla, joiden tarkoitus on ohjata kori, robotin pullojen toimitusalueelle.

Hihnan toinen pää on suljettu siten, että kori ei kulkeudu hihnan koko matkan läpi, vaan pysähtyy ns. pullojen toimitusalueelle.

Logiikka on ohjelmoitu siten, että korihihna pysähtyy ja sen käyttö estetään, kun pullokori on saapunut toimitusalueelle.

Toiminnan jatkaminen sallitaan vasta, kun pullokori on poistettu liukuhihnalta.

- Jumiutunut pullokori on poistettava liukuhihnalta toimintaohjeiden mukaisesti.



## Paineilma

Robottisoluun on yhdistetty paineilmansyöttö, jota tarvitaan robotin työkalun pullo tartuntaan.

Paineilma tuodaan laitteistoon koulun paineilmaverkosta ja sen pääsulkuventtiili sijaitsee kone- ja metallialan hitsausosaston puolella.

Suodatinsäädin yksikkö tulee olla säädettyinä jatkuvasti, noin 2,5 baarin käyttöpaineeseen. Paineilman käyttöä ohjataan logiikkaan liitetyn paineilmaventtiilin kautta.

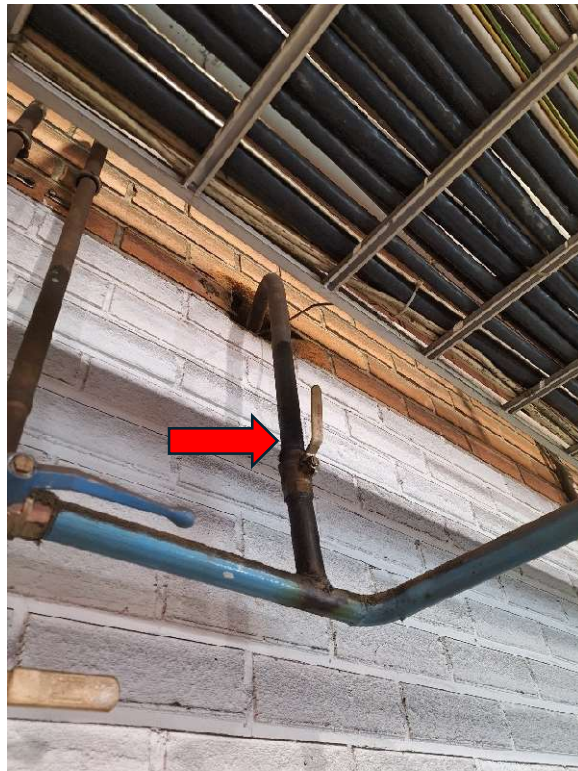
### Pääsulkuventtiili ja suodatinsäädin yksikkö

Robottisoluun liitetyn paineilman pääsulkuventtiili on sijoitettu hitsausosaston puolelle melko hankalasti tavoitettavaan paikkaan.

Ennen harjoitusten aloittamista, tulee olla perehtynyt huolellisesti siihen, missä pääsulkuventtiili tarkalleen ottaen sijaitsee.

Epävarmassa tilanteessa, venttiilin tarkka sijainti tulee kysyä opettajalta ja varmistuttava siitä, että tietää tarkalleen sulkuventtiilin sijainnin, sekä toiminnan.

- Ennen laitteiston käytön aloittamista, varmista pääsulkuventtiilin tarkka sijainti.



## Liite 1

Robottisolun paineilman säätöön tarkoitettu suodatinsäädinyksikkö, löytyy robottisolun parvelta, käyttöalueen puolelta.

Säädin on asennettu alueen tiiliseinään ja tulee olla säädettynä noin 2,5 baarin käyttöpaineeseen.

- Varmista ennen laitteiston käytön aloittamista, että paine on säädetty 2,5 baariin.



## Ohjausventtiili ja paineilmaletkut

Paineilman ohjausventtiili on asennettu korihihnan sivuun, melko lähelle robotin mekaanisen osan tukijalkaa.

Venttiilin ohjaus on ohjelmoitu logiikkaan ja sen käyttö tapahtuu robotin ohjelmoinnin, tai ohjauspaneelin kosketusnäytön kautta.

Robotin ohjelmoinnin ja käytön aikana on huomioitava siniset paineilmaletkut, jotka kulkevat robotin liikealueella.

Robotin toimintaa ei saa missään tilanteessa ohjata siten, että se on omiaan aiheuttamaan vaaratilanteita, letkuihin osuessaan.



## ASi-kenttäväylä

Logiikan sensorit ja robotin keskusyksikön I/O liitännät on yhdistetty logiikkaan käyttäen ASi – kenttäväylää.

Logiikan 24V keskukseseen on asennettu ASi-master moduuli, johon on liitetty useita ASi-slave kenttä- ja kytkentäkotelomoduuleja.

ASi-slave kenttämoduulit on sijoitettu korihihnan kylkeen ja pystytään selvästi erottamaan niiden ominaisen oranssin värin avulla.

Keltaiset ja mustat ASi kenttäväyläkaapelit on myös helposti erotettavissa niiden värin ja selvän kaapeliprofiilin avulla.

Kaikki liukuhihnojen anturit ja sensorit on kytketty korihihnan kylkeen asennettuihin ASi-slave moduuleihin. Myös pullotarttujan paineilmaventtiilin ohjaus on toteutettu näiden moduulien kautta.

Logiikan ja robotin väliset I/O liitännät on toteutettu KK1-kytkentäkoteloon asennettujen ASi-slave moduulien kautta.



## Logiikan sensorit

Robottisoluun on asennettu lukuisia sensoreita ohjaamaan ja tuottamaan järjestelmän toiminnat. Sensoreiden ryhmät ja sijainnit määräytyvät pitkälti liukuhihnojen, pullojen, sekä pullokorin mukaisesti.

### Pullohihnan sensorit

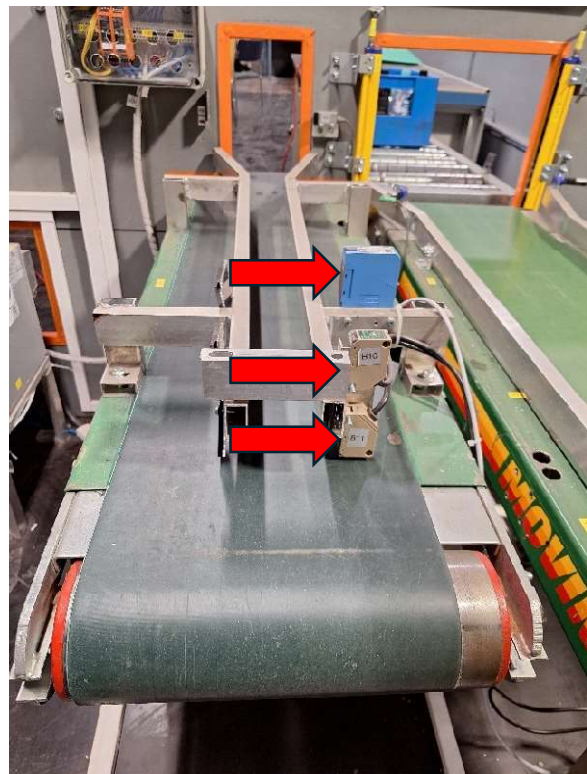
Pullohihnaan on asennettu yhteensä 4 sensoria, jotka pääasiassa valvovat pullon syöttämiseen ja pullon robotille saapumiseen liittyviä tapahtumia

Syöttöaukkoon sijoitettu sensori B09 valvoo syötettyjen pullojen tapahtumaa. Tämä sensori lähettää tiedon logiikalle aina kun pullo tai käsi liikkuu syöttöaukon läpi. Tätä toimintaa käytetään pääasiassa käynnistämään liukuhihna, mikäli hihna on aikapysäytystilassa passiivisen toiminnan seurauksena.

Pullohihnan poimintapisteen edessä oleva sensori B12 on pullon lähestymissensori ja lähettää logiikalle tiedon aina, kun pullo lähestyy poimintapistettä. Tällä tiedolla hidastetaan pullon saapumisnopeutta, ennen lopullista pysähtymistä.

Poimintapisteen päädyssä olevat sensorit B10 ja B11 tuottavat yhdessä varmenteen siitä, että pullo on saapunut poimintapistelle ja on pystyssä. Toiminta on jaettu siten, että molemmat sensorit lähettävät logiikalle tiedon pullon saapumisesta ja tällä tiedolla liukuhihnan liike pysäytetään.

Mikäli molemmat sensorit ovat vaikuttuneita, oletetaan pullon olevan pystyssä. Mikäli sensori B10 ei ole vaikuttunut ja sensori B11 on vaikuttunut, oletetaan pullon olevan kaatunut.



## Korihihnan sensorit

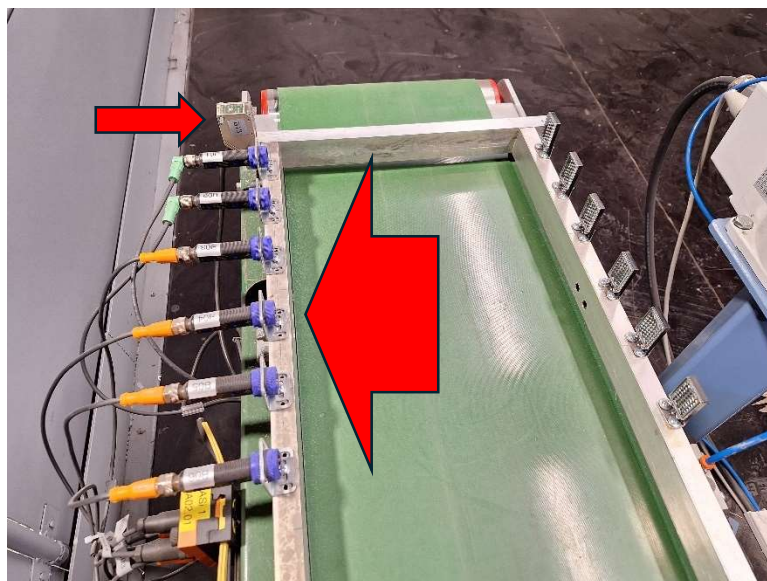
Korihihnaan on asennettu yhteensä 9 sensoria, jotka pääasiassa valvovat korin syöttämiseen ja korin robotille saapumiseen liittyviä tapahtumia.

Korinsyöttöaukon yhteydessä olevat sensorit B07 ja B08 tuottavat syöttöaukkoon asennetun valoverhon "muting"-toiminnon. Sensorit on asennettu epäsymmetrisesti ristiin siten, että ne havaitsevat oikeassa sekvenssissä, saapuvan ja poistuvan korin kulmat.



Korihihnan pullojen toimitusalueen päädyssä sijaitsee yhteensä 7 sensoria. Näistä sensorit B01 – B06 tuottavat logiikalle tiedon siitä, onko syötetty pullokori tyhjä. Tällä vältetään vaaratilanne, jossa robotti yrittäisi toimittaa pullon koriin, jossa sijaitsee jo entuudestaan toinen pullo.

Sensori B13 tunnistaa hihnan päätyyn saapuneen korin ja tuottaa logiikalle tiedon, jonka avulla hihna pysäytetään.



# Robottisolun turvatoiminnot

Robottisolun turvatoiminnot jakautuvat moneen eri osaan, jotka muodostavat yhdessä hätäseispiirin. Piirin ohjaus on toteutettu NST merkkisillä turvareleillä, joiden turvallisuustaso on 2/3.

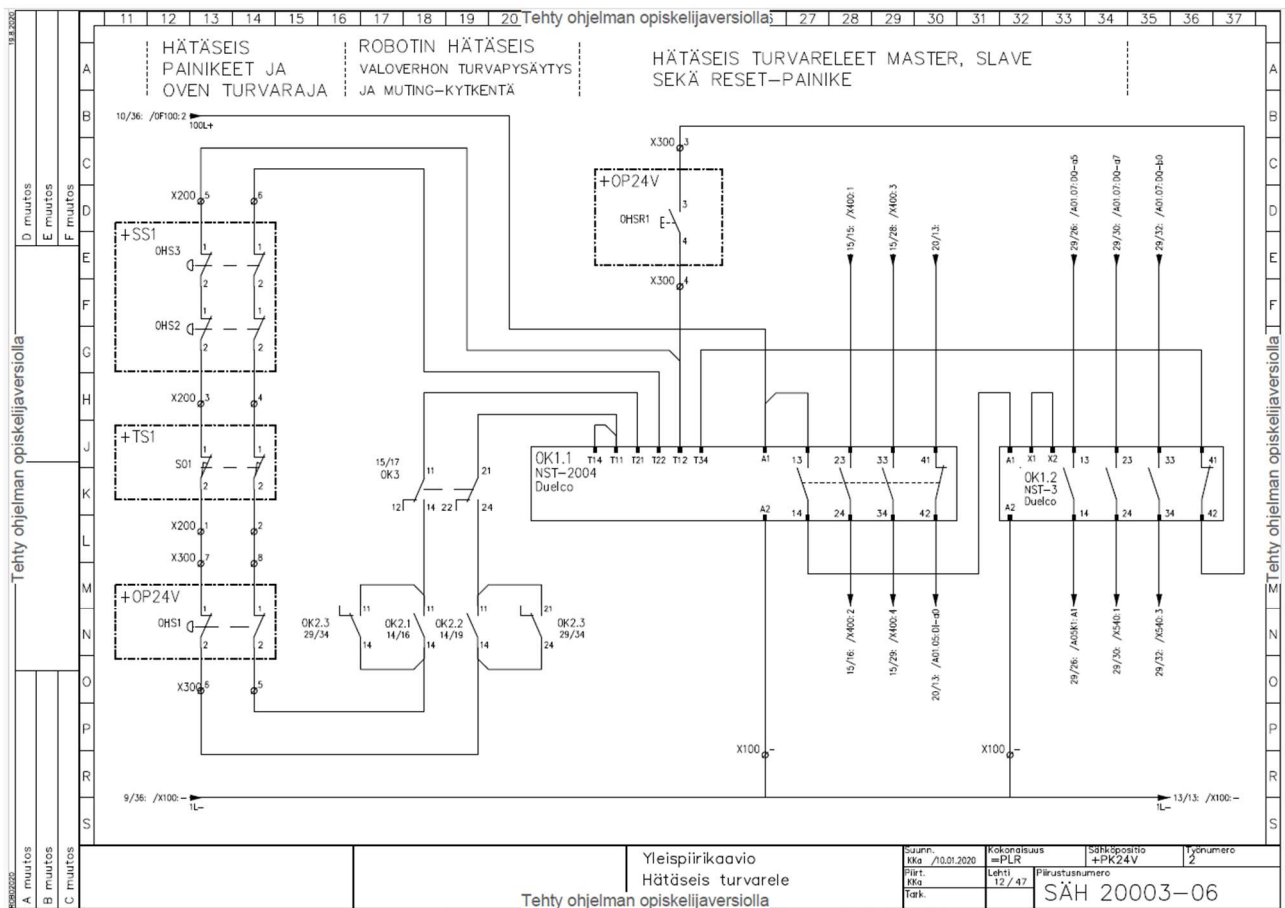
Hätäseispiirin toiminta on toteutettu siten, että mikä tahansa piiriin kuuluva kytkin, painike tai rele laukaisee hätäseispiirin.

Hätäseispiiri katkaisee virransyötön molemmista liukuhihnoista, asettaa robotin turvapysäytystilaan, sekä keskeyttää logiikan toiminnot välittömästi.

Laitteiston toiminnan jatkaminen vaatii hätäpysäytyksen aiheuttaneen komponentin nollaamisen, sekä turvareleiden resetoinnin, hätäseis-reset painikkeella.

Hätäseispiirin resetointi ei käynnistä mitään laitteen toimintaa, vaan toiminnan jatkaminen vaatii laitteiston uudelleen käynnistämisen toimintaohjeiden mukaisesti.

## Hätäseispiirikaavio



## Hätäseis-painikkeet

Robottisolussa ja laitteistossa on yhteensä 5 hätäseispainiketta, joista 3 on liitetty logiikkaan ja 2 on robotin kuuluvat kiinteät hätäseis-painikkeet.

1 Painike on sijoitettu 24V ohjauskeskuksen ohjauspaneeliin.



Painikkeet 2 ja 3 on sijoitettu robottisolun tiiliseinään siten, että toinen on turva-alueen puolella ja toinen on käyttöalueen puolella.



## Liite 1

4 Painike on kiinteä osa robotin keskusyksikköä ja on selvästi muita painikkeita haastavammin tavoitettavissa.



5 Painike on kiinteä osa robotin Flex-Pedant käsiohjainta. Painike on ohjaimen oikeassa yläkulmassa.



## Oven turvakytkin

Väliseinän suojaoveen on asennettu S01 magneettinen turvakytkin. Tämä kytkin valvoo oven asentoa, eli onko ovi kiinni vai auki.

Oven avaaminen laukaisee hätäseispiirin turvatoiminnon joka kerta, kun ovi avataan.



## Sick-valoverho

Korihihnan syöttöaukkoon on asennettu perehdytys ja koulutustarkoitusta varten Sick-valoverho. Kehonosan tai väärän esineen liikkuminen aukon läpi laukaisee hätäseispiirin turvatoiminnon.

Valoverhon toimintaan on asennettu "muting"-toiminto, joka tunnistaa pullokorin ja sallii korin syöttämisen aukon läpi, ilman turvatoiminnon laukeamista.



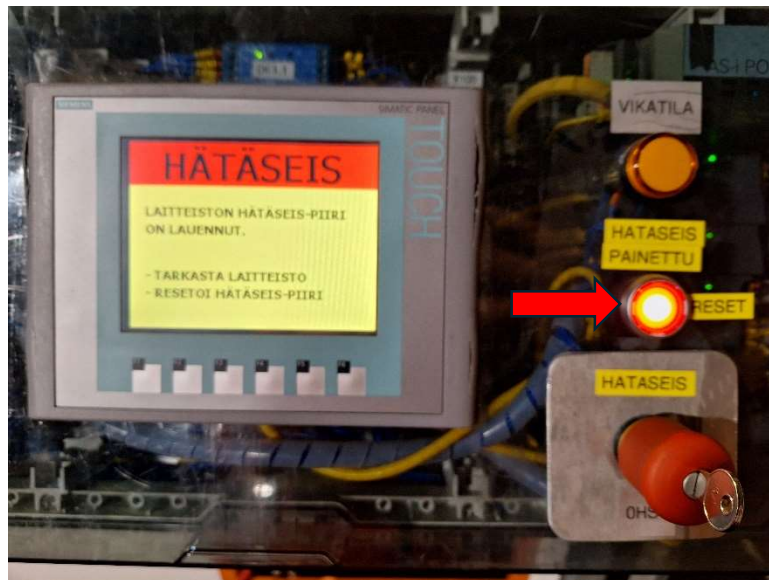
## Hätäseispiirin resetointi

Hätäseispiiri on resetoitava aina, kun piiri on syystä tai toisesta lauennut. Yleisin syy laukeamiselle on käytännön syistä tapahtuva oven avaaminen, jonka jälkeen hätäseis piiri on joka kerta resetoitava.

Tällä varmistetaan se, ettei alueiden välinen liikkuminen aiheuta epähuomioissa tapahtuvia tilanteita, kuten toisen henkilön jääminen turva-alueen puolelle laitteiston käynnistämisen tai käynnissä olon yhteydessä.

Hätäseispiirin resetointi vaatii sen, että kaikki 5 hätäseis painiketta on vapautettu, korihihnan syöttöaukko on tyhjä siltä osin, ettei valoverho ole vaikuttuneena, sekä suojaovi on oltava suljetussa asennossa.

Edellä mainittujen ehtojen täyttymisen jälkeen, hätäseis piiri resetoituu painamalla hätäseis-reset painiketta 24V keskuksen ohjauspaneelista.



# Perehdytys testi

## Vastaa seuraaviin kysymyksiin

- 1) Luettele vähintään 3 robottisolun ympäristöön liittyvää vaaraa, jotka on otettava huomioon harjoittelun aikana?
- 2) Luettele vähintään 3 robottisolun käyttöön liittyvää vaaraa, jotka on otettava huomioon harjoittelun aikana?
- 3) Mikä on vaadittu työvaatetus?
- 4) Kuinka monta poistumistietä robottisolun parvelta on ja mitä poistumistiestä on otettava huomioon jokaisen harjoittelun aikana?
- 5) Missä sijaitsee robottisolun paineilman pääsulkuventtiili?
- 6) Kuinka monta baaria on robotin pullo tarttujan käyttöpaine?
- 7) Mikä työvaihe jokaisen harjoittelun alussa ja lopussa tulee suorittaa?
- 8) Kuinka monta hätäseis-painiketta järjestelmässä on?
- 9) Mitä muita laitteita tai kytkimiä hätäseis-piiriin on liitetty?
- 10) Miten hätäseis-piiri resetoidaan?
- 11) Miten toimit hätätilanteessa tai läheltä piti-tilanteessa ja niiden jälkeen?
- 12) Miten toimit, jos havaitset laitteessa vaurioita, ongelmia tai muuta epäilyttävää?

Toimita vastaukset Tero Hotaselle.

**Aloita seuraavan kappaleen perehdytys harjoitus vasta luvan saatua.**

# Perehdytys harjoitus

## Ennen harjoituksen aloittamista, varmista että:

- olet lukenut perehdytykseen liittyvän teoriaosion huolellisesti
- olet suorittanut hyväksytysti perehdytystestin
- olet saanut luvan perehdytys harjoituksen aloittamiseen Tero Hotaselta
- sinulla on turvakengät, työtakki tai haalari, sekä suojalasit

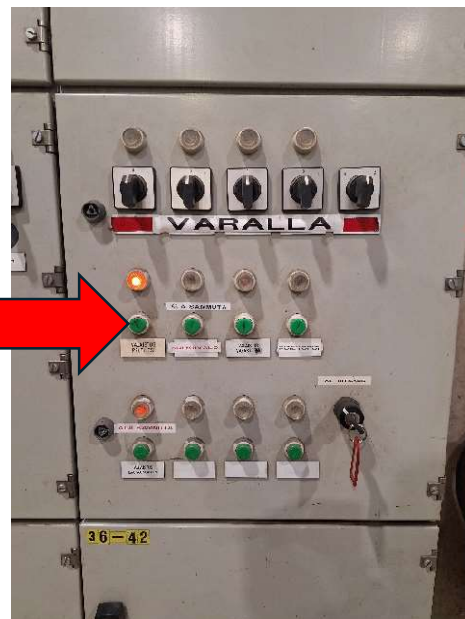
## Vaihe 1: Pöytäkirjojen tulostus ja täyttäminen

1. Tulosta itsellesi robottisolun käyttöön ja harjoitteluun liittyvät pöytäkirjat:
  - harjoittelupöytäkirja
  - alkutarkastuspöytäkirja
  - lopputarkastuspöytäkirja
    - Tarvittaessa kysy pöytäkirjojen tulostamisesta Tero Hotaselta
2. Perehdy pöytäkirjojen sisältöön:
  - harjoittelupöytäkirja sisältää kurssin harjoitusten ja koko harjoitusjakson edistymisen seurannan
  - alkutarkastuspöytäkirja sisältää laitteiston alkutarkastuslistan
    - tämä pöytäkirja täytetään aina kun laite otetaan käyttöön tai käynnistetään, esimerkiksi uuden opiskelupäivän alkaessa.
  - lopputarkastuspöytäkirja sisältää laitteiston lopputarkastuslistan.
    - Tämä pöytäkirja täytetään aina kun laite sammutetaan harjoittelun päätteeksi, esimerkiksi koulupäivän päättymisen yhteydessä.
3. Täytä harjoittelupöytäkirjan perustiedon, kuten päivämäärä, harjoittelijoiden nimet, yms.
4. Täytä harjoittelupöytäkirjan ”Perehdytys ja teoria” osion ensimmäiset tiedot:
  - rasti ruutuun ”Perehdytyksen teoria on luettu...”
  - perehdytystestin tarkastajan nimi
  - rasti ruutuun ”Käyttäjillä on turvakengät...”
5. Pukeudu vaadittuun työvarustukseen, turvakengät, työtakki tai haalari, sekä suojalasit
6. Varmista, että opettaja on tietoinen perehdytysharjoituksen aloittamisesta ja siirtymisestä robottisolun alueelle
7. Siirry metallialan päävaraston edustalle, josta perehdytysharjoituksen tekeminen alkaa ja ota esille kaikki tulostetut pöytäkirjat ja muistiinpanovälineet
8. Tutustu huolellisesti robottisolun ympäristöön. Tee havaintoja mahdollisista vaaroista ja riskeistä.

9. Tutustu robottisolun alapuolella olevaan tulityötilaan ja tee havaintoja tilan aiheuttamista riskeistä, jotka kohdistuvat yläpuolella tehtäviin robottiharjoituksiin.
- Mikäli tilassa suoritetaan samaan aikaan tulitöihin liittyviä harjoituksia, ilmoita asiaan liittyville henkilöille omista aikomuksista ja läsnäolostasi tilan yläpuolella.



10. Tutustu hallin pääkeskuksen painikkeisiin ja kytke robottisolun parven valot painamalla "Valastus pelti OS."



11. Siirry robottisolun yläparvelle ja tutustu huolellisesti robottisolun ohjausalueeseen, sekä robottisolun turva-alueeseen.

## Vaihe 2: Alkutarkastuspöytäkirja-harjoitus

Täytä alkutarkastuspöytäkirjan perustiedot ja kirjaa pöytäkirjaa toimenpiteiden edetessä.

### Robottisolun valmistelu

Suorita alkutarkastuspöytäkirjan osio ”Robottisolun valmistelu”

1. Varmista ympäristön rauhallisuus ja yleinen turvallisuus
2. Poista robottisolun turva-alueelta tuolit, ylimääräiset tavarat, pullot ja korit.
  - laita pullot ohjausalueen pöydälle
  - laita tyhjä pullokori valmiiksi rullapöydän päälle
3. Tarkista vesipullot kääntelemällä niitä ylösalaisin ja varmista korkkien tiiveys.
  - mikäli pullot ovat ”rytyssä”, avaa korkit, jotta pullojen paineet tasaantuvat.
  - varmista korkkien tiiveys
4. Varmista solun yleissiisteys, pyyhi ohjauspaneelin ja FlexPedantin näytöt mahdollisesta pölystä. Harjaa lattiat, mikäli ovat selvästi pölyiset.
5. Tee alkutarkastuspöytäkirjan kirjaukset

### Laitteiston aistinvarainen yleistarkastus

Suorita alkutarkastuspöytäkirjan osio ”Laitteiston aistinvarainen yleistarkastus”.

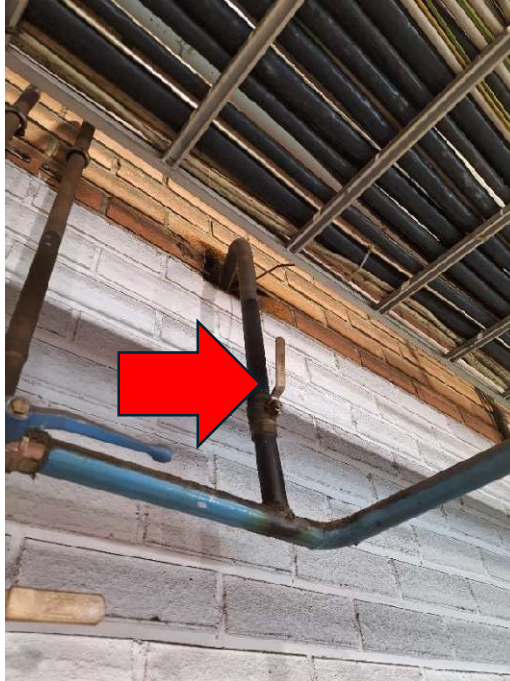
Tavoitteena on havaita selviä poikkeamia kuten, hajonneet laitteiston osat, hajonneet tai irronneet anturit, selvästi rikkiäiset kaapelit jne.

1. Tarkasta kenttälaitteistot ja komponentit silmämääräisesti
2. Tarkasta kaapelit, johdot, sensorit ja paineilmaletkut
3. Tarkasta FlexPedant käsiohjain ja kaapeli
4. Tee alkutarkastuspöytäkirjan kirjaukset

## Paineilman säätö

Suorita alkutarkastuspöytäkirjan osio ”Paineilman säätö”

1. Etsi metallialan hitsaushallin puolelta robottisolun paineilman pääsulkuventtiili. Kysy tarvittaessa venttiilin sijaintia hitsausalan opettajalta. Venttiili on oletetusti aina auki asennossa ja tärkeintä on yleisesti tiedostaa venttiilin sijainti.



2. Tarkasta, että robottisolun tiiliseinään asennettuun suodatinsäädinyksikköön on asetettu 2,5 baarin paine ja säädä tarvittaessa.



3. Tee alkutarkastuspöytäkirjan kirjaukset

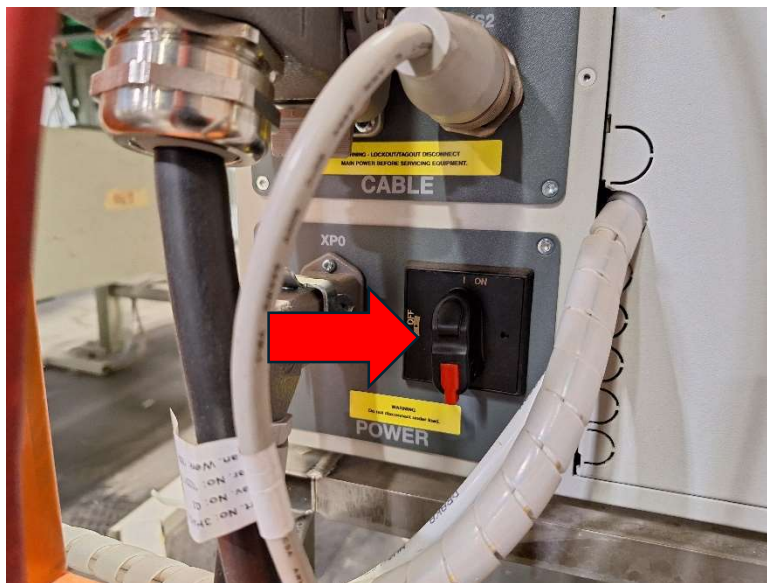
## Robotin käynnistys

Suorita alkutarkastuspöytäkirjan osio ”Robotin käynnistys”

1. Kytke robotin turvakytkin ON-asentoon

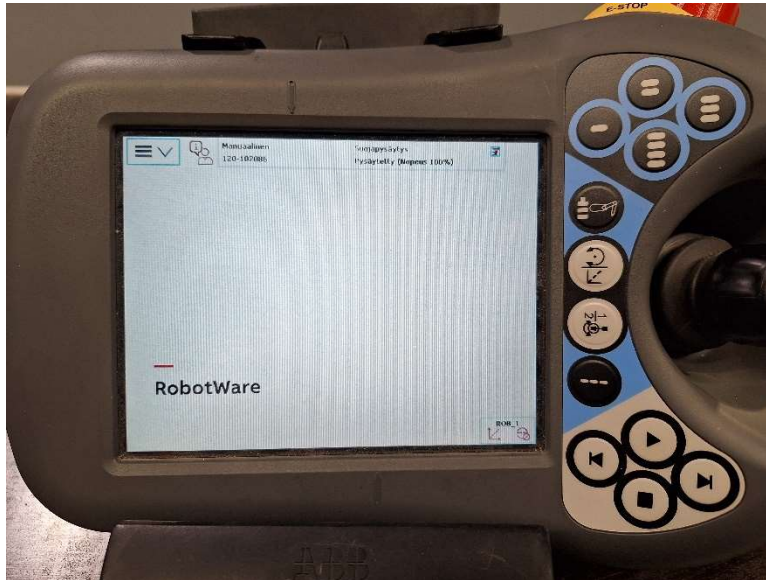


2. Kytke robotin keskusyksikön päävirtakytkin ON-asentoon



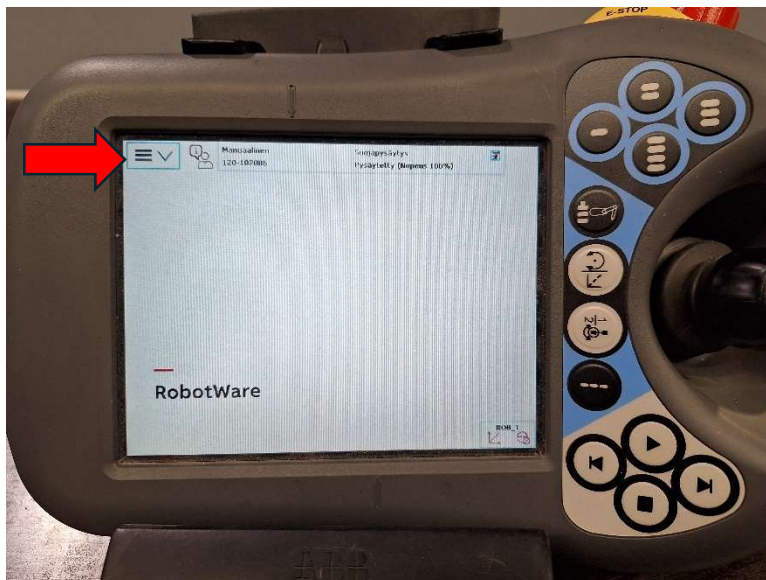
## Liite 1

3. Odota hetki, kunnes robotin FlexPedant käsiohjaimen käyttöliittymä latautuu, jonka jälkeen robotti on käyttövalmiudessa.



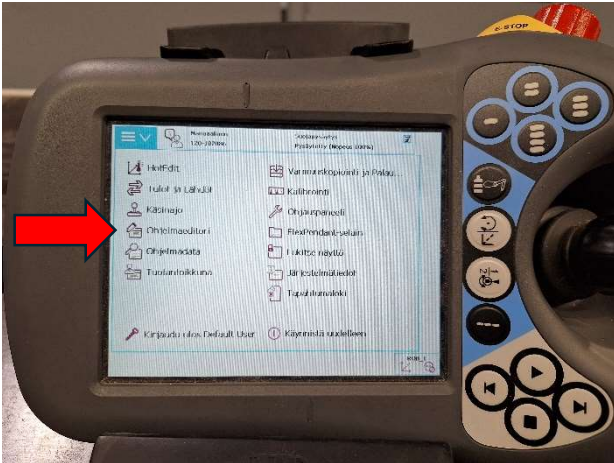
4. Poista vanha ohjelma

- o paina vasemman yläkulman nuolisymbolia

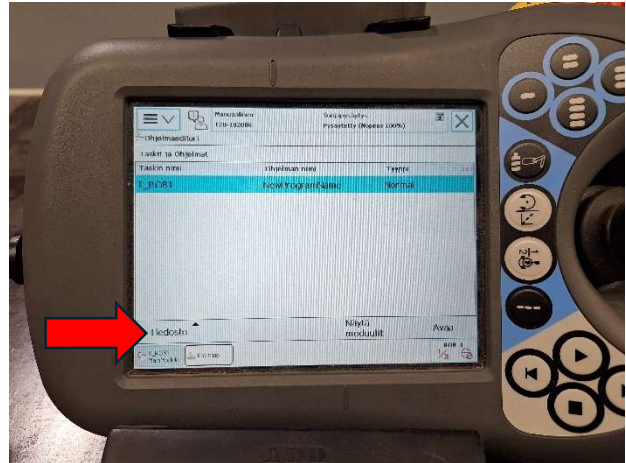


Liite 1

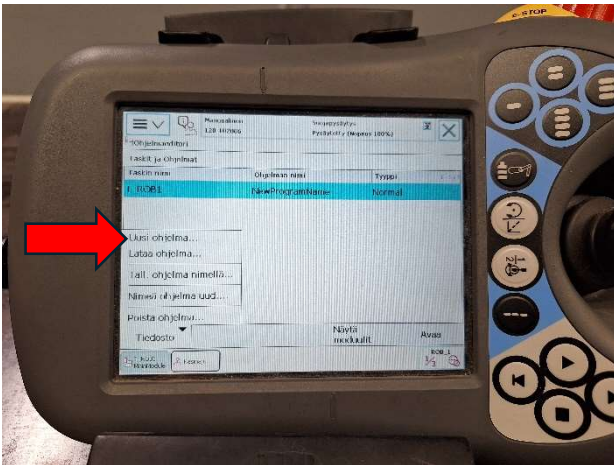
Klikkaa "Ohjelmaeditori"



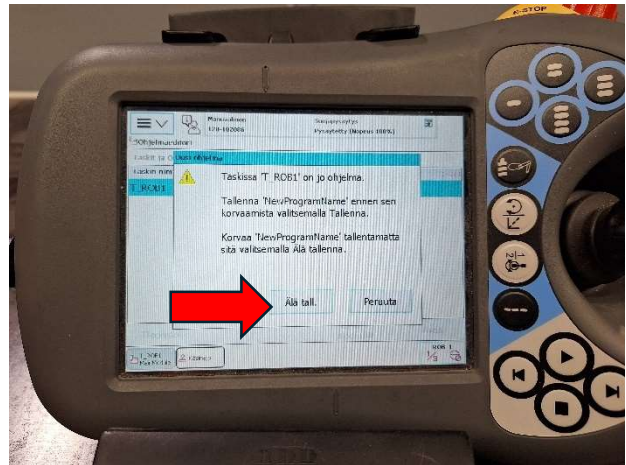
Klikkaa "Tiedosto"



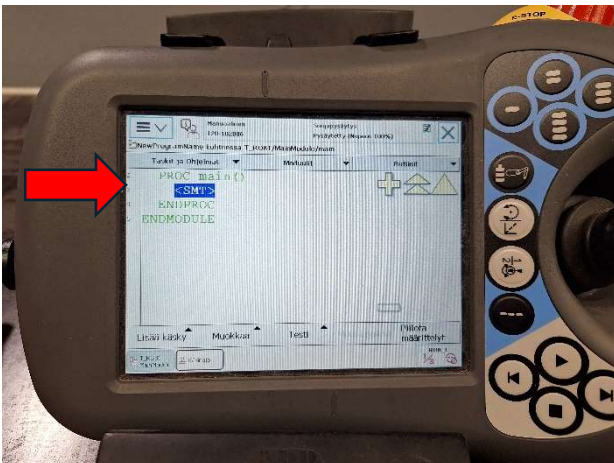
Klikkaa "Uusi ohjelma"



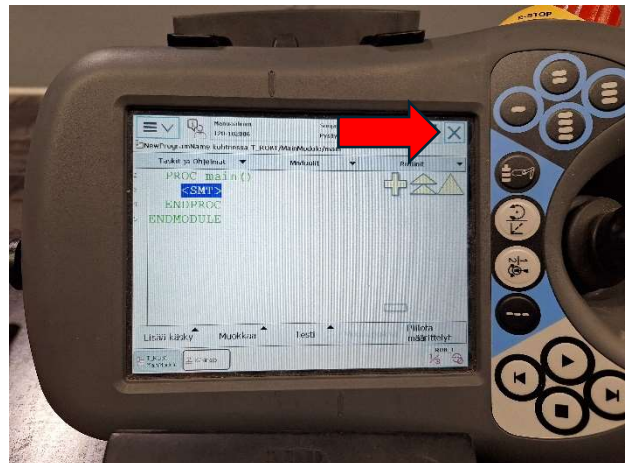
Klikkaa "Älä tall."



robotin vanha ohjelma on poistettu



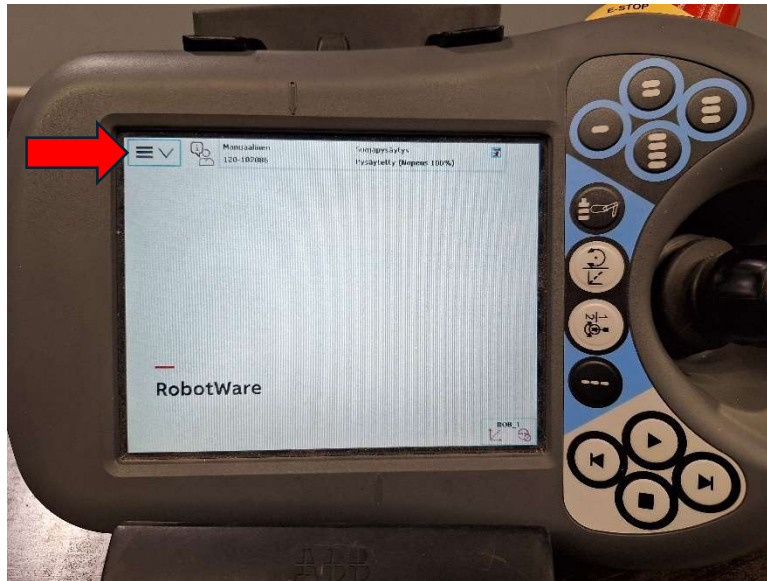
paina lopuksi rastia oikeasta yläkulmasta



5. Tee alkutarkastuspöytäkirjan kirjaukset

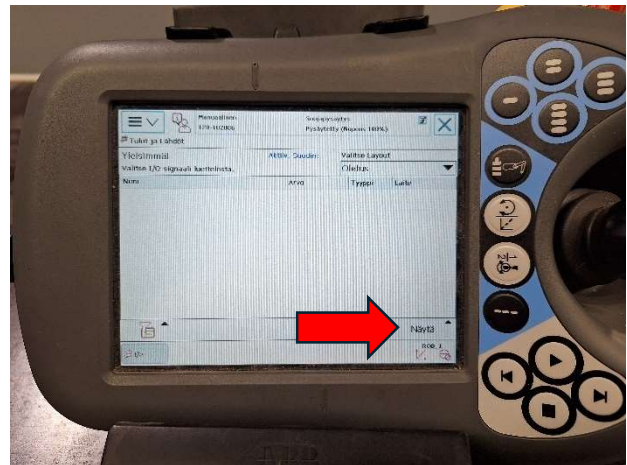
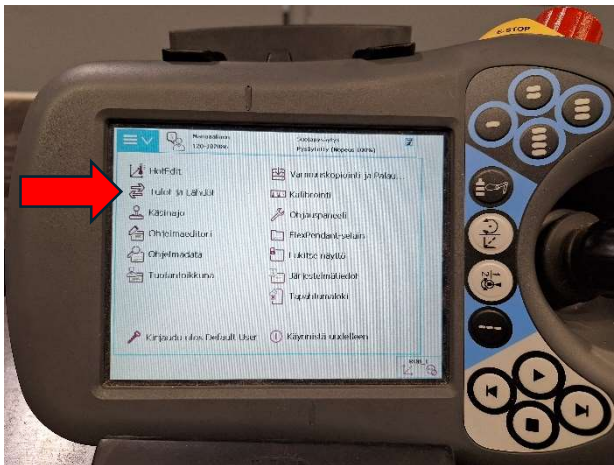
6. Nollaa robotin digitaaliset lähdöt

- o paina vasemman yläkulman nuolisymbolia

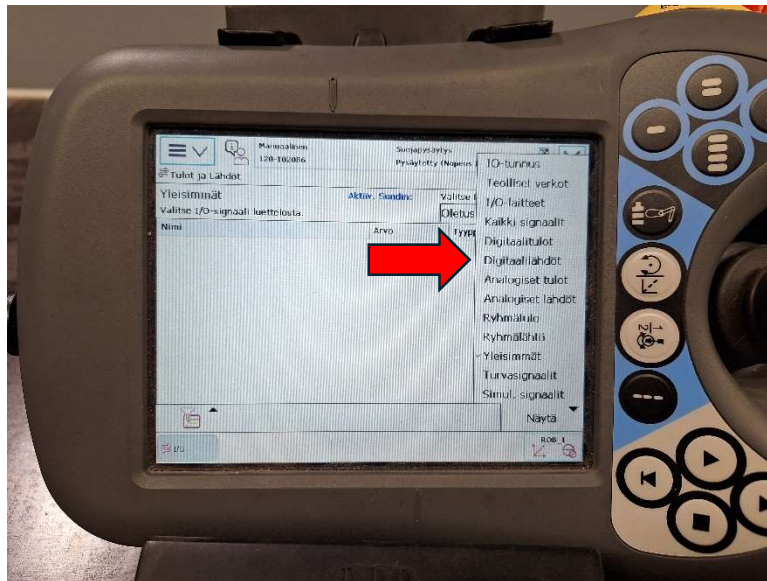


klikkaa "Tulot ja Lähdöt"

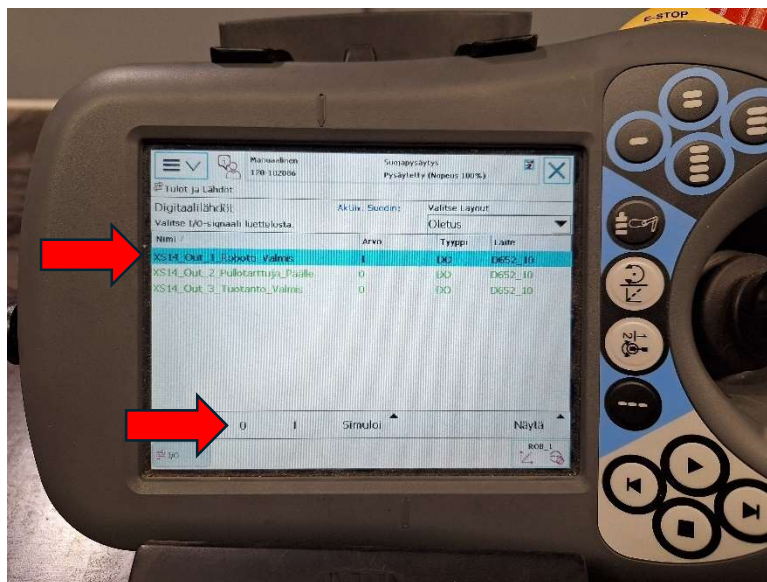
klikkaa "Näytä"



- o klikkaa "Digitaaliset lähdöt"

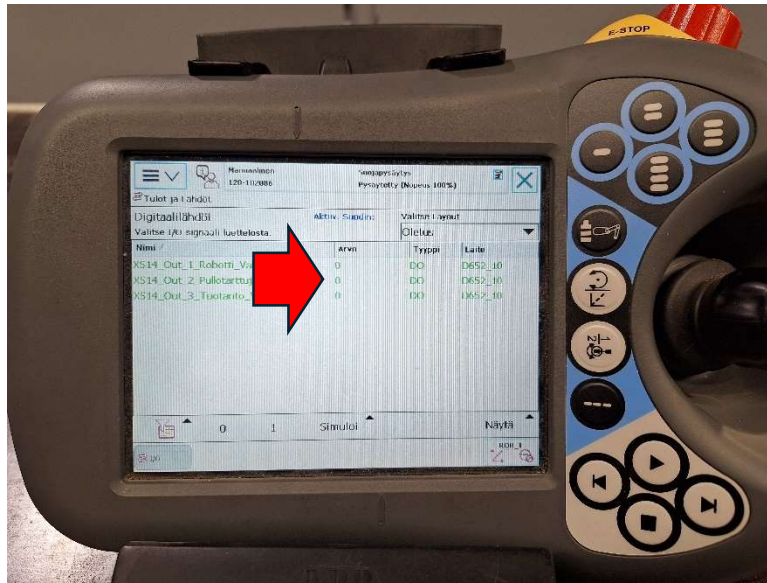


- o klikkaa lähtöä, jonka arvo on 1 ja paina ruudun alareunasta 0

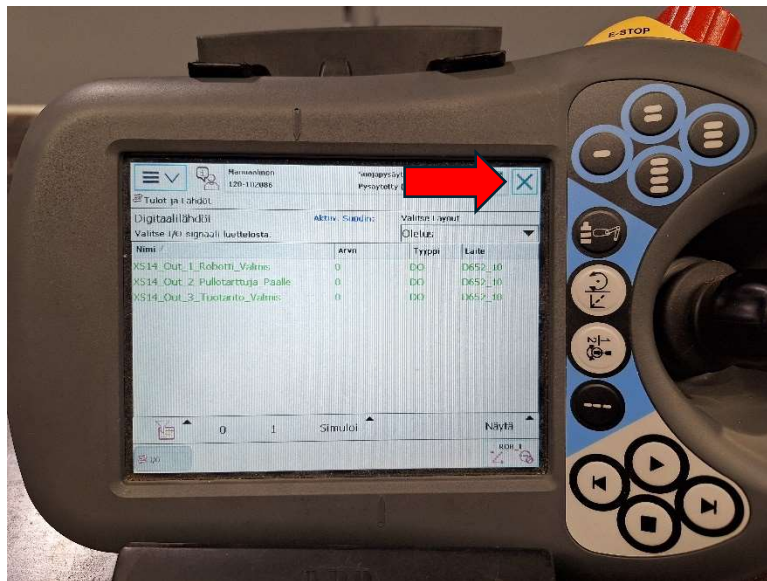


- o tee sama kaikille kolmelle lähdölle, jos niiden arvo on 1

- o varmista, että kaikki kolme lähtöä on tilassa 0



- o paina lopuksi rastia ruudun oikeasta yläkulmasta



## 7. Tee alkutarkastuspöytäkirjan kirjaukset

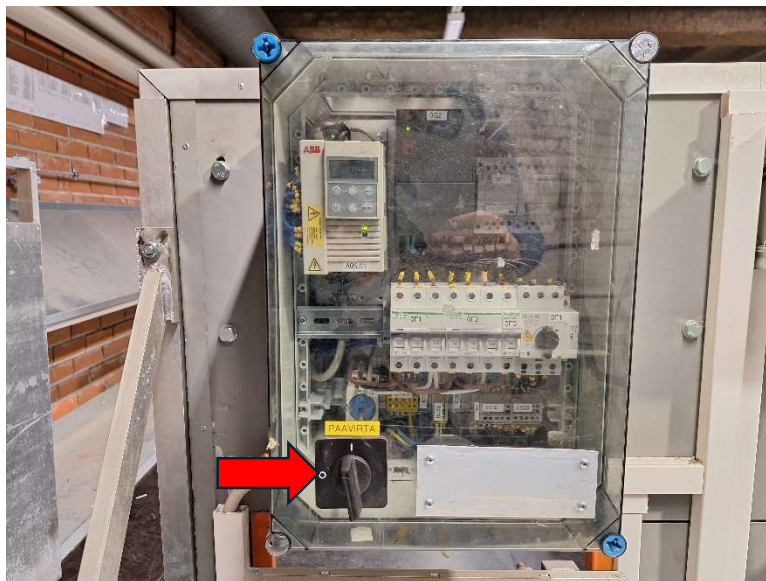
## Logiikan käynnistys

Suorita alkutarkastuspöytäkirjan osio ”Logiikan käynnistys”

1. Käännä 24V ohjauskeskuksen valintakytkin OFF-asentoon



2. Kytke logiikan päävirta kääntämällä 230V keskuksen päävirtakytkin I-asentoon



3. Odota, että logiikka käynnistyy.

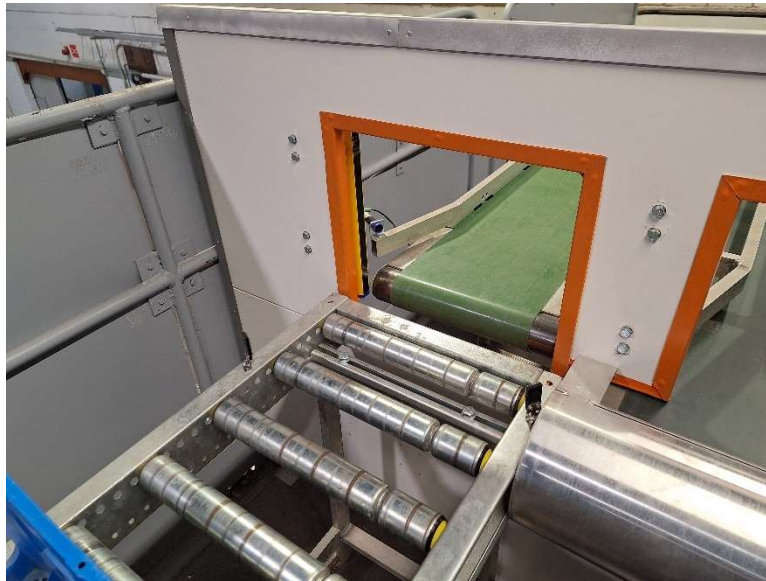


4. Tee alkutarkastuspöytäkirjan kirjaukset

## Hätäseispiirin tarkastus

Suorita alkutarkastuspöytäkirjan osio ”Hätäseispiirin tarkastus”

1. Etsi kaikki 5 hätäseis-painiketta ja tarkasta, että mikään painike ei ole pohjaan painetussa asennossa. Vapauta kaikki hätäseis-painikkeet, tarvittaessa.
  - 2 hätäseispainiketta tiiliseinässä
  - 1 hätäseispainike 24V ohjauspaneelissa
  - 1 hätäseispainike robotin keskusyksikössä
  - 1 hätäseispainike robotin FlexPedant ohjaimessa
2. Tarkasta, että pullokorihihnan syöttöaukko on avoin, eikä valoverhon edessä ole esteitä



3. Sulje suojaovi



4. Paina 24V ohjauspaneelista hätäseis-reset painiketta.



5. Varmista, että hätäseispiiri resetoituu ja logiikan perustila aktivoituu



- Mikäli hätäseis ei resetoitu varmista että:
  - robotin keskusyksikön päävirta on kytketty
  - valoverhon syöttöaukossa ei ole esineitä
  - kaikki 5 hätäseis-painiketta on vapautettu
  - suojaovi on suljettu ja oven turvakyttimeen molemmat osat ovat vastakkain
  - mikäli hätäseis ei edelleen resetoitu, ota yhteys opettajaan

5. Avaa turvaovi ja totea, että hätäseis aktivoituu.
  - sulje ovi ja resetoi hätäseis
6. Paina ohjauspaneelin tai tiiliseinän hätäseispainiketta ja totea että hätäseis aktivoituu
  - vapauta painettu hätäseis-painike ja resetoi hätäseis
7. Paina FlexPedant ohjaimen hätäseis painiketta ja totea että hätäseis aktivoituu
  - vapauta painettu hätäseis-painike ja resetoi hätäseis
8. Varmista lopuksi, että logiikka on perustilassa



9. Tee alkutarkastuspöytäkirjan kirjaukset

## Logiikan testaus

Suorita alkutarkastuspöytäkirjan osio ”Logiikan testaus”

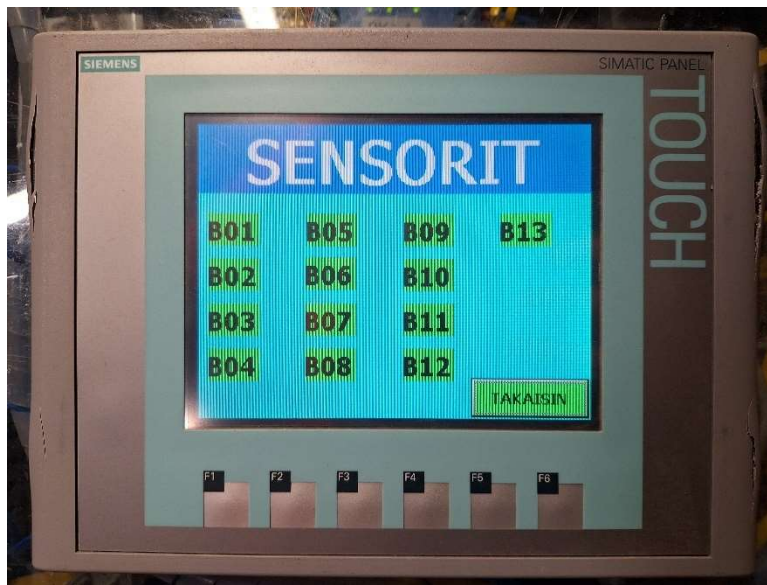
Sensoreiden tilat pystytään tarkastamaan ohjauspaneelin kosketusnäytöltä.

Aina ennen laitteiston käytön aloittamista, on hyvä tarkistaa sensoreiden tilat.

1. Paina 24V ohjauspaneelin kosketusnäytöltä ”Sensorit” kuvaketta

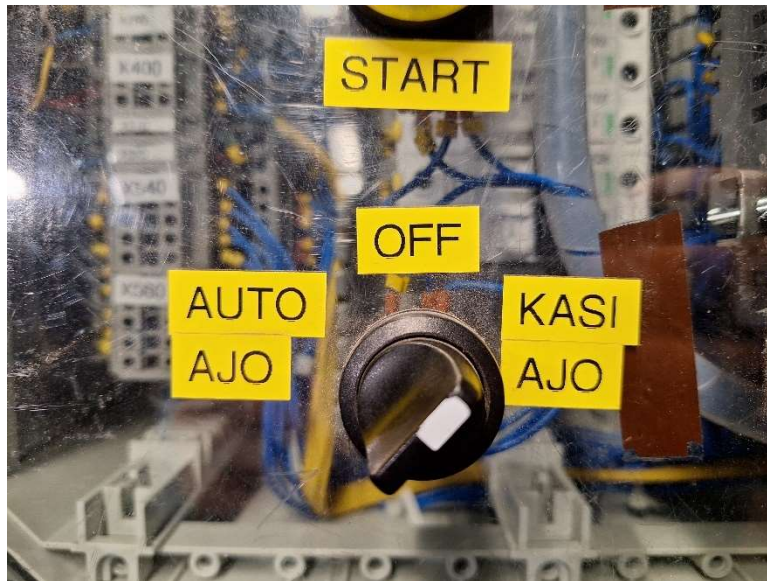


2. Tarkasta, että kaikki sensorit ovat vihreässä tilassa

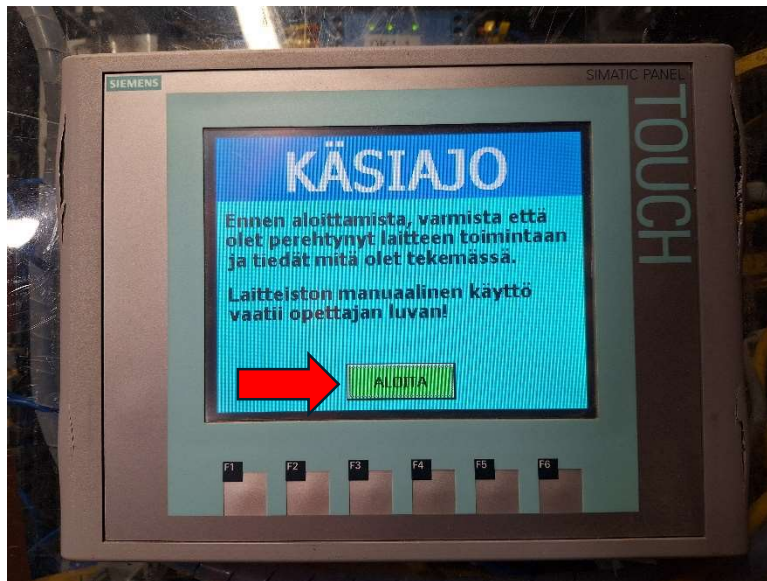


- Mikäli ruudulla näkyy sensoreita, joiden tila on punainen, etsi kentälaitteistosta kyseinen sensori ja pyri selvittämään ongelman syy. Jokainen kentälaitteen sensori tulisi olla esteettömässä asemassa
  - varmista, että sensorin ja peilin välissä ei ole esineitä
  - varmista, että sensori ja peili on kohdistettu oikein

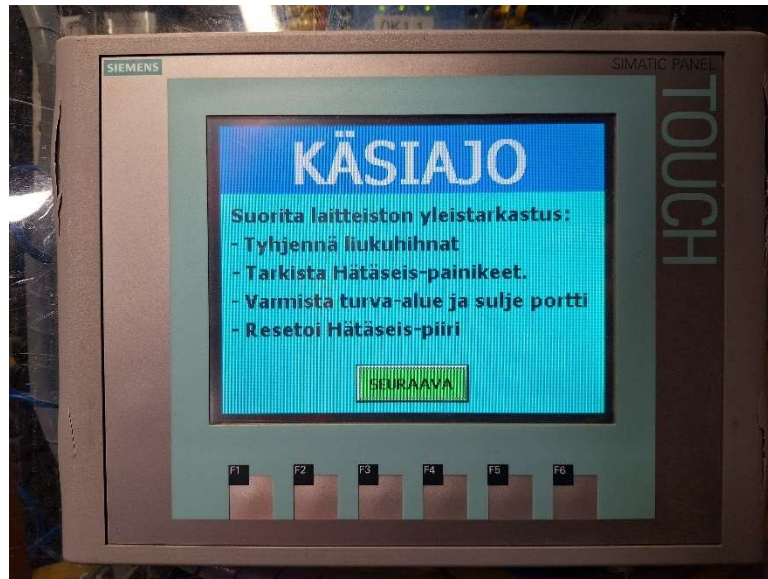
3. Käännä 24V ohjauspaneelin ajotilan valintakytkin "Käsiajo" asemaan



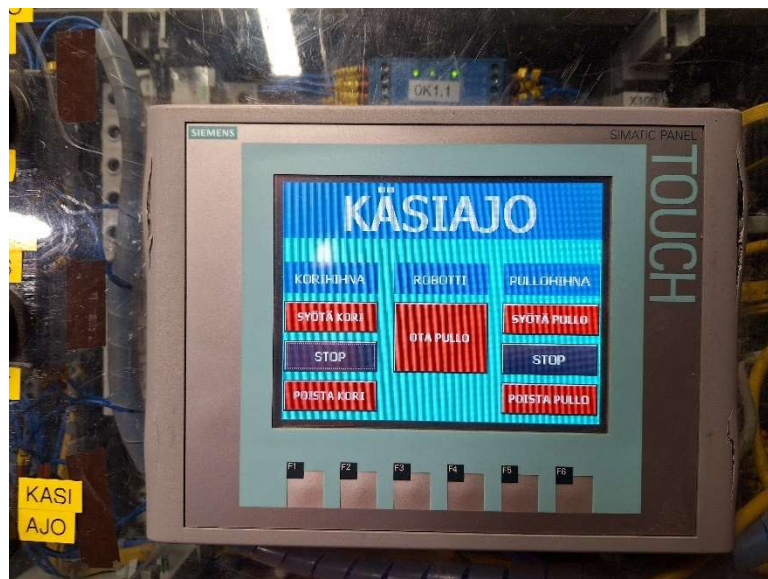
4. Varmista, että logiikka vaihtui käsiajotilaan
  - o seuraa ohjauspaneelin kosketusnäytön ohjeita ja paina "Aloita"



- o seuraa ohjauspaneelin kosketusnäytön ohjeita ja paina "Seuraava"



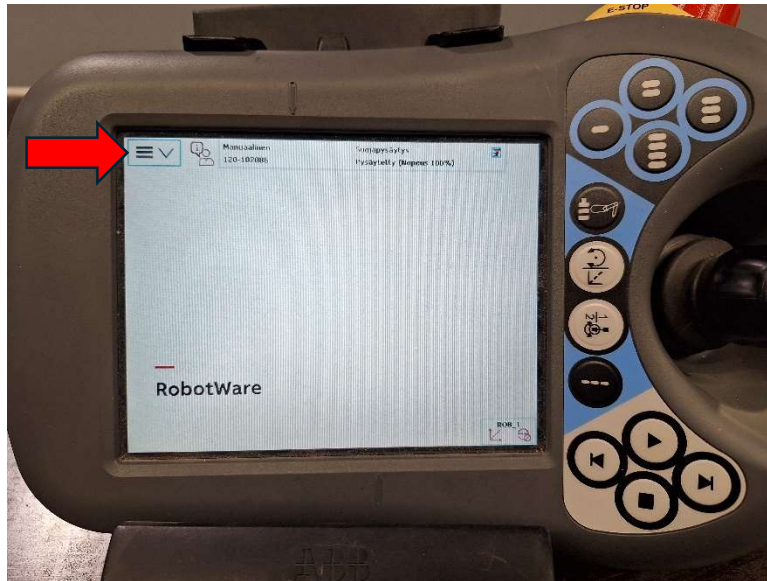
- o huomaa, että logiikan kaikki käsiajopainikkeet ovat punaisessa estotilassa



- o estotila johtuu siitä, että robotin digitaalinen lähtö "Robotti valmis" on tilassa 0. Estotila vapautuu, kun "Robotti\_valmis" lähtö asetetaan tilaan 1.

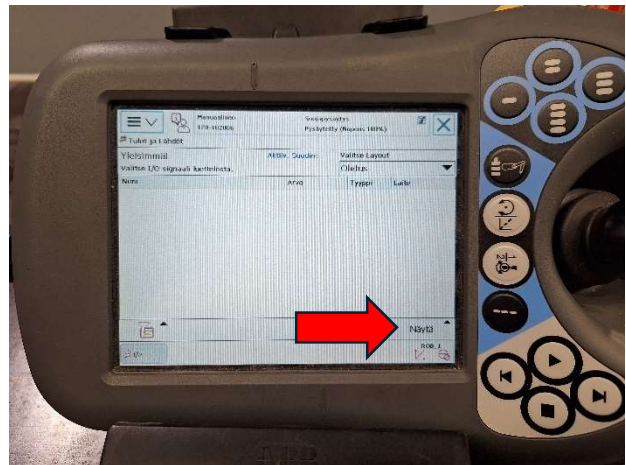
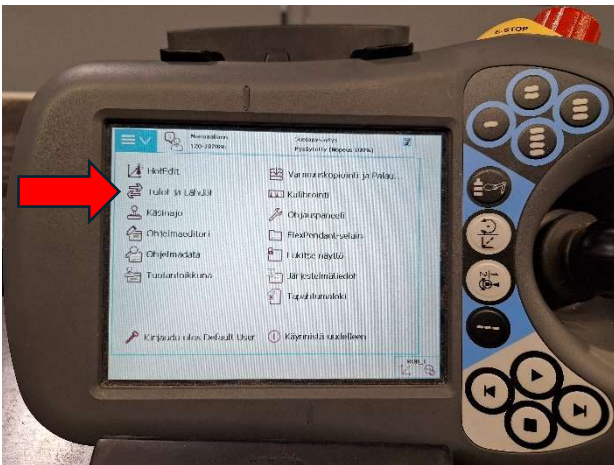
4. Aseta robotin digitaalinen lähtö "Robotti valmis" tilaan 1

- o paina vasemman yläkulman nuolisymbolia



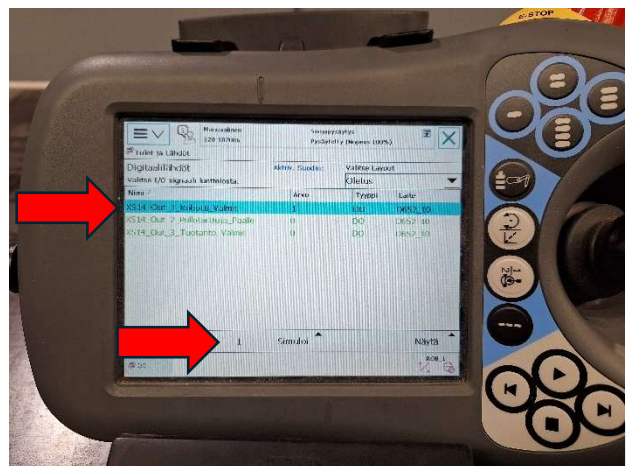
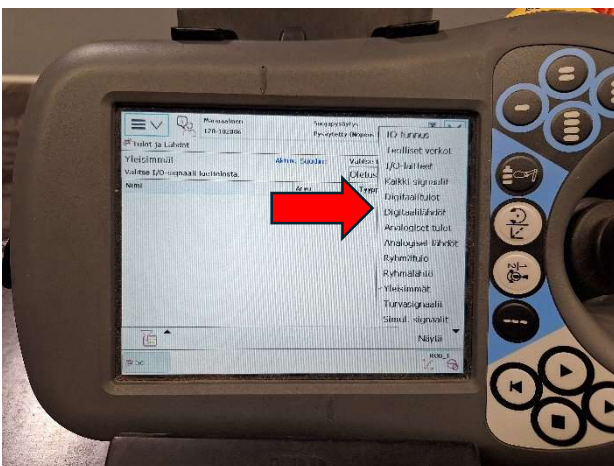
klikkaa "Tulot ja Lähdöt"

klikkaa "Näytä"



klikkaa "Digitaaliset lähdöt"

klikkaa "Robotti\_valmis" lähtöä ja paina ruudun alareunasta 1



- Varmista, että käsiajopainikkeiden estotila vapautui



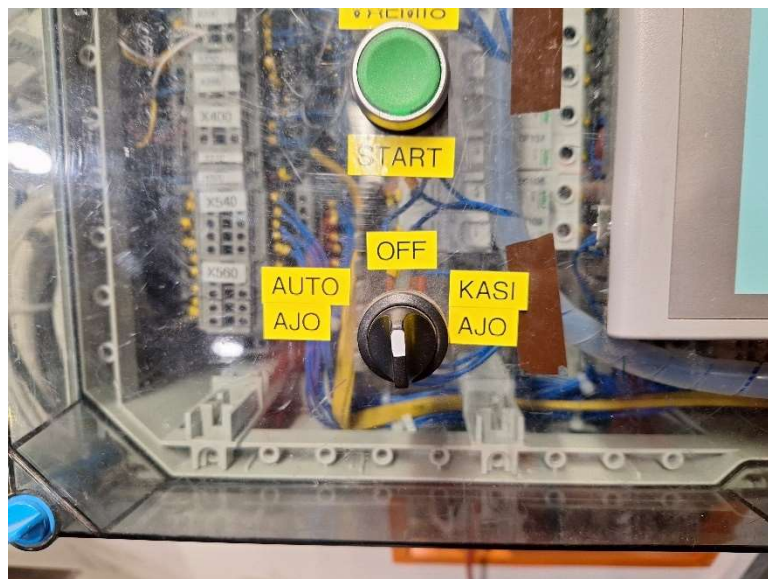
5. Testaa korihihnan toiminta

- Paina "Syötä kori" ja totea, että liukuhihna käynnistyi.
- Paina "Stop"
- Paina "Poista kori" ja totea, että liukuhihna käynnistyi.
- Paina "Stop"

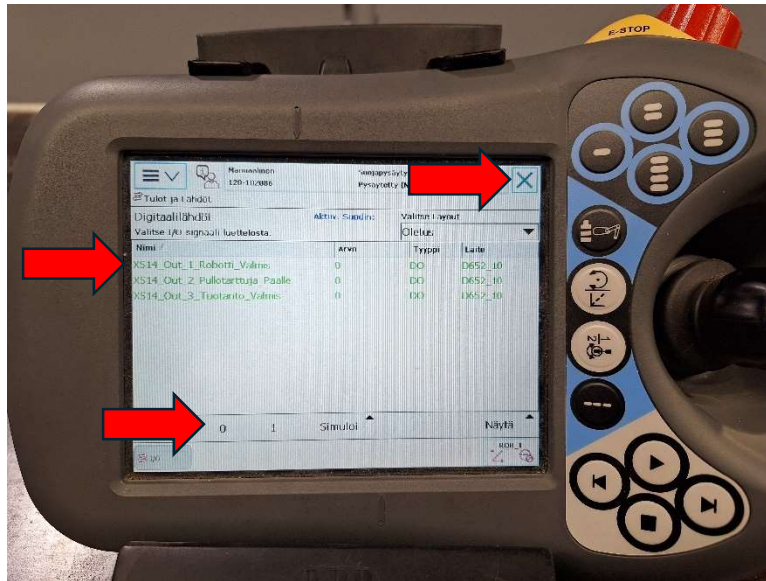
6. Testaa pullohihnan toiminta

- Paina "Syötä pullo" ja totea, että liukuhihna käynnistyi.
- Paina "Stop"
- Paina "Poista pullo" ja totea, että liukuhihna käynnistyi.
- Paina "Stop"

7. Aseta lopuksi ajotila takaisin OFF-asentoon



8. Aseta robotin ”Robotti\_valmis” lähtö takaisin tilaan 0 ja paina lopuksi rastia
  - o Varmista ennen rastin painamista, että kaikki kolme lähtöä ovat tilassa 0



9. Tee alkutarkastuspöytäkirjan kirjaukset

## Alkutarkastuspöytäkirjan viimeistely ja allekirjoittaminen

1. Kirjaa kaikki havaitut ongelmat ja viat kohtaan ”Havaitut ongelmat ja viat”
2. Ilmoita mahdollisesti havaitut ongelmat ja viat opettajalle
  - kirjaa ilmoituksen päivämäärä ja kellonaika
  - pyydä opettajan allekirjoitus ilmoitusten kuittaamiseksi
  - jos vikoja tai ongelmia ei havaittu, jätä kohta tyhjäksi ja merkitse rasti ”ei vikoja”
3. Merkitse loput rastit tilanteen mukaan
4. Allekirjoita pöytäkirja, säilytä alkuperäinen pöytäkirja itselläsi

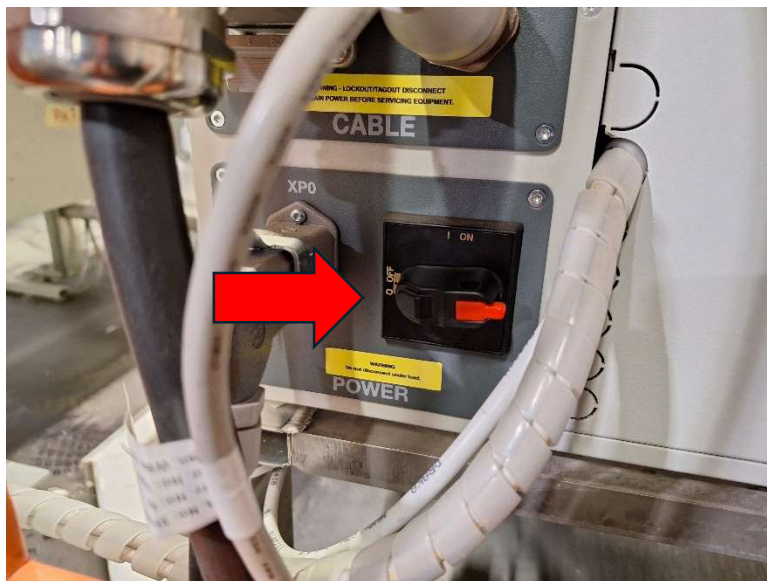
## Vaihe 3: Lopputarkastuspöytäkirja-harjoitus

Täytä Lopputarkastuspöytäkirjan perustiedot ja kirjaa pöytäkirjaa toimenpiteiden edetessä.

### Robotin sammutus

Suorita lopputarkastuspöytäkirjan osio ”Robotin sammutus”

1. Tämän harjoituksen yhteydessä, voidaan ohittaa ensimmäiset kaksi pykälää rastittamalla
  - ”Robotti ajettu kotiasemaan”
  - ”Robotin ohjelma on poistettu FlexPedant ohjaimesta”
2. Kytke robotin keskusyksikön päävirtakytkin OFF-asettoon



3. Kytke robotin turvakytkin OFF-asettoon



4. Tee lopputarkastuspöytäkirjan kirjaukset

## Logiikan sammutus

Suorita lopputarkastuspöytäkirjan osio ”Logiikan sammutus”

1. Kytke logiikan 230V keskuksen päävirtakytkin 0-asentoon

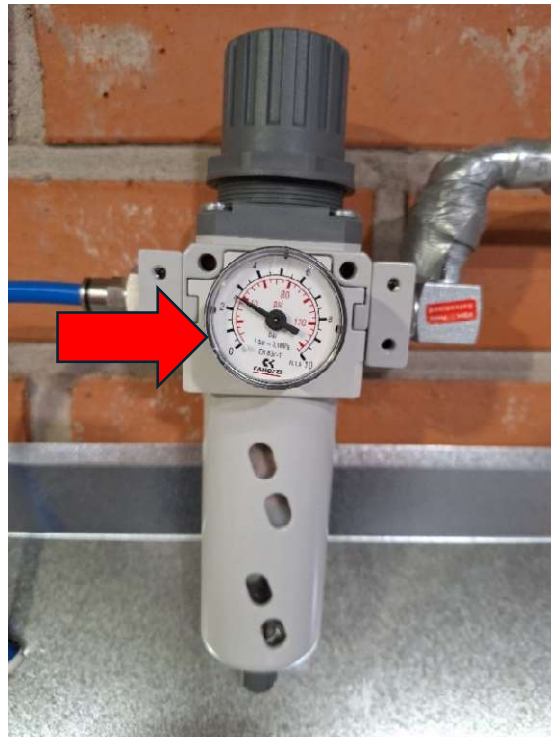


2. Varmista, että logiikan virrat sammuivat
3. Tee lopputarkastuspöytäkirjan kirjaukset

## Paineilman säätö

Suorita lopputarkastuspöytäkirjan osio ”Paineilman säätö”

1. Varmista, että suodatinsäädinyksikkö on asetettu 2,5 baarin paineeseen



2. Tee lopputarkastuspöytäkirjan kirjaukset

## Laitteiston aistinvarainen yleistarkastus

Suorita lopputarkastuspöytäkirjan osio ”Laitteiston aistinvarainen yleistarkastus”.

Tavoitteena on havaita selviä poikkeamia kuten, hajonneet laitteiston osat, hajonneet tai irronneet anturit, selvästi rikkiäiset kaapelit jne.

1. Tarkasta kenttälaitteistot ja komponentit silmämääräisesti
2. Tarkasta kaapelit, johdot, sensorit ja paineilmaletkut
3. Tarkasta FlexPedant käsiohjain ja kaapeli
4. Tee lopputarkastuspöytäkirjan kirjaukset

## Robottisolun lopputarkastus

Suorita lopputarkastuspöytäkirjan osio ”Robottisolun lopputarkastus”.

1. Poista robottisolun turva-alueelta tuolit, ylimääräiset tavarat, pullot ja korit.
  - laita pullot ohjausalueen pöydälle
  - laita tyhjä pullokori valmiiksi rullapöydän päälle
2. Tarkista vesipullot kääntelemällä niitä ylösalaisin ja varmista korkkien tiiveys.
  - mikäli pullot ovat ”rytyssä”, avaa korkit, jotta pullojen paineet tasaantuvat.
  - varmista korkkien tiiveys
  - heitä vuotavat ja kuluneet pullot roskeen
3. Varmista solun yleissiisteys, pyyhi ohjauspaneelin ja FlexPedantin näytöt mahdollisesta pölystä. Harjaa lattiat, mikäli ovat selvästi pölyiset.
4. Tee lopputarkastuspöytäkirjan kirjaukset

## Lopputarkastuspöytäkirjan viimeistely ja allekirjoittaminen

1. Kirjaa kaikki havaitut ongelmat ja viat kohtaan ”Havaitut ongelmat ja viat”
2. Ilmoita mahdollisesti havaitut ongelmat ja viat opettajalle
  - kirjaa ilmoituksen päivämäärä ja kellonaika
  - pyydä opettajan allekirjoitus ilmoitusten kuittaamiseksi
  - jos vikoja tai ongelmia ei havaittu, jätä kohta tyhjäksi ja merkitse rasti ”ei vikoja”
3. Merkitse loput rastit tilanteen mukaan
4. Allekirjoita pöytäkirja, säilytä alkuperäinen pöytäkirja itselläsi

## Vaihe 4: ROBO2020 Ohjelmointivideot

1. Toimita alku- ja lopputarkastuspöytäkirjojen kopiot Tero Hotaselle ja ilmoita että perehdytysharjoitus on suoritettu.
2. Pyydä ohjeet ohjelmointivideoiden katseluun ja tutustu videoiden sisältöön
  - Katso ajatuksella ainakin ensimmäiset laitteiston perehdytys videot
  - Ohjelmointiin keskittyvät videot katsotaan harjoitusten tekemisen yhteydessä
3. Pohdi asioita ja seikkoja, joihin koet tarvitsevasi lisää tietoa. Keskustele näistä asioista Tero Hotasen kanssa

## Vaihe 5: Perehdytysharjoituksen päättäminen

1. Täytä harjoituspöytäkirjan osio ”Perehdytys ja teoria” loppuun
2. Ilmoita Tero Hotaselle, että perehdytys on suoritettu ja toimita laaditut tarkastuspöytäkirjat hänelle.
3. Anoa hyväksyntä perehdytyksen suorittamiselle.
4. Varmista, että opettaja täyttää ja allekirjoittaa perehdytyksen hyväksynnän

Tämän vaiheen jälkeen perehdytys on suoritettu ja olet oikeutettu aloittamaan robottiharjoitukset opetusvideoiden mukaisesti.

# Robottiharjoitukset

Hyväksytyt perehdytyksen jälkeen, voit aloittaa robotin ohjelmointiharjoitukset, opetusvideoiden mukaisesti.

Pidä jatkuvasti mielessä robottisolun ympäristön riskit ja vaarat.

Muista asianmukainen työvaatetus.

Muista täyttää alkutarkastuspöytäkirja aina uuden harjoittelusession alussa, eli ennen laitteiston käynnistämistä ja toimittaa pöytäkirjan kopio Tero Hotaselle

Muista täyttää lopputarkastuspöytäkirja aina harjoittelusession lopussa, eli laitteiston sammuttamisen yhteydessä ja toimittaa pöytäkirjan kopio Tero Hotaselle

Muista ilmoittaa kaikki ongelmat, läheltä piti tilanteet, vauriot, virheet, tapaturmat, ym. normaalista poikkeavat tilanteet ja tapahtumat Tero Hotaselle mahdollisimman nopeasti.

Täytä harjoittelupöytäkirjan loput osiot harjoitusten edetessä.

Kurssin lopussa, pyydä tarvittavat hyväksynnät ja allekirjoitukset ja toimita harjoituspöytäkirjan kopio Tero Hotaselle.

Missään harjoituksen vaiheessa et ohjelmoi, etkä konfiguroi mitään Siemensin S7-1200 logiikkaan, sensoreihin, liukuhihnoin tai hätäseispiiriin liittyvää. Nämä järjestelmän osat on asennettu kiinteäksi osaksi harjoituslaitteistoa, tukemaan ja laajentamaan robotin ohjelmointiin liittyviä seikkoja.

Muista, että tavoitteesi on oppia ohjelmoimaan robottia ja ohjelmointiharjoituksessa tarkoitus on ohjelmoida robotti siirtämään syötetty pullo, tyhjään pullokoriin.

Päivämäärä: \_\_\_\_\_ Sähkö- ja automaatio  Kone- ja metalli

Käyttäjät: \_\_\_\_\_

### Perehdytys ja teoria

Perehdytyksen teoria on luettu ja perehdytystesti on suoritettu hyväksytysti

Perehdytystestin tarkastaja \_\_\_\_\_

Käyttäjillä on turvakengät, haalarit, sekä suojalasit

Laitteiston alkutarkastus on suoritettu

Löydetyt viat ja ongelmat on ilmoitettu opettajalle  Kyllä  Ei vikoja

Löydetyt viat ja ongelmat on korjattu ennen harjoitusten aloittamista  Kyllä  Ei vikoja

Laitteiston lopputarkastus on suoritettu

Löydetyt viat ja ongelmat on ilmoitettu opettajalle  Kyllä  Ei vikoja

Löydetyt viat ja ongelmat on korjattu ennen harjoituksen päättämistä  Kyllä  Ei vikoja

Käyttäjät ovat suorittaneet perehdytysharjoituksen

Käyttäjät ovat tutustuneet robotin harjoitusvideoihin

Käyttäjillä on selvä ymmärrys laitteiston toiminnasta ja käytöstä

### Opettaja täyttää:

**Harjoittelijat on perehdytetty laitteiston käytöstä**

**Alkutarkastus ja lopputarkastus on suoritettu hyväksytysti**

**Havaitut viat, ongelmat, sekä vahingot on ilmoitettu asian mukaisesti**  Kyllä  Ei vikoja

**Opettajan allekirjoitus** \_\_\_\_\_

### Harjoituksen tekeminen

Suunnitelman mukaiset harjoitukset on suoritettu onnistuneesti

Harjoituksen aikana sattuneet vahingot ja vauriot on ilmoitettu opettajalle  Kyllä  Ei ongelmia

### Opettaja täyttää

**Harjoitus on suoritettu hyväksytysti**

**Opettajan allekirjoitus** \_\_\_\_\_

**Suoritettut harjoitukset**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Yleiskuvaus ”mitä tehtiin”.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Robotin konfiguraatiomuutokset (muut kuin ohjelmointi)**

---

---

---

**Havaitut ongelmat ja viat**

---

---

---

**Sattuneet vahingot ja vaaratilanteet**

---

---

---

**ROBO2020**  
**ALKUTARKASTUSPÖYTÄKIRJA**

Päivämäärä: \_\_\_\_\_

Sähkö- ja automaatio Kone- ja metalli 

Käyttötarkastuksien suorittajat \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Robottisolun valmistelu**

- Robottisolun ympäristö on todettu rauhalliseksi ja turvalliseksi ennen aloitusta
- Ylimääräiset tavarat ja tuolit, sekä pullot ja korit on poistettu robottisolusta
- Pullot on tarkastettu, pullot ovat ehjät ja korkit eivät vuoda
- Solu on yleisesti siisti, ohjauspaneelit ovat puhtaat ja lattiat on harjattu

**Laitteiston aistinvarainen yleistarkastus**

- Robottisolussa ei ole silminnähtäviä vaurioita ja vikoja
- Korihihnan anturit ja kaapelit ovat ehjät
- Pullohihnan anturit ja kaapelit ovat ehjät
- Robotin paineilmaletkut ovat ehjät
- Robotin FlexPedant ja kaapeli on ehjä

**Paineilman säätö**

- Suodatinsäädinyksikkö on säädetty 2,5 bar
- Ilmaletkuissa ei ole havaittavia vuotoja

**Robotin käynnistys**

- Robotin turvakytkin on ON-asennossa
- Robotin päävirta kytkin on ON-asennossa
- Robotti käynnistyi
- Robotin vanha ohjelma on poistettu ja digitaaliset lähdöt on nollattu

**Logiikan käynnistys**

- Logiikan käsiajo/autoajo-valintakytkin on OFF-asennossa
- Logiikan 230V pääkytkin on ON-asennossa
- 24V-ohjauspaneelin kosketusnäyttö käynnistyi

**Hätäseispiirin tarkastus**

- Hätäseis-painikkeet on tarkastettu ja vapautettu
- Suojaovi on suljettu ja hätäseis resetoitu
- Hätäseis aktivoituu, kun turvaovi avataan
- Hätäseis aktivoituu, kun hätäseis painike on painettu
- Hätäseis on resetoitu

**ROBO2020**  
**ALKUTARKASTUSPÖYTÄKIRJA**

**Logiikan testaus**

- Logiikan antureiden tilat ovat kaikki vihreitä
- Korihihnan testaus: liikkuu eteen, taakse ja pysähtyy käsiajo-ohjauksella
- Pullohihnan testaus: liikkuu eteen, taakse, ja pysähtyy käsiajo-ohjauksella

**Havaitut ongelmat ja viat**

---

---

---

---

---

---

---

**Ongelmat ja viat on ilmoitettu**

Kyllä  Ei vikoja

Päivämäärä ja kellonaika \_\_\_\_\_

Opettajan allekirjoitus: \_\_\_\_\_

**Laitteiston käyttötarkastus on suoritettu ja havaitut ongelmat on korjattu**

Kyllä  Ei vikoja

**Laitteisto on tämän tarkastuspöytäkirjan mukaan käyttövalmiudessa**

Käyttötarkastajien allekirjoitukset \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**ROBO2020**  
**LOPPUTARKASTUSPÖYTÄKIRJA**

Päivämäärä: \_\_\_\_\_

Sähkö- ja automaatio Kone- ja metalli 

Käyttötarkastuksien suorittajat

---

---

---

**Robotin sammutus**

- Robotti on ajettu kotiasemaan
- Robotin ohjelma on poistettu Flex-Pedant ohjaimesta
- Robotin päävirta kytkin on OFF-asennossa
- Robotin turvakytkin on OFF-asennossa
- Robotti sammui ja on visuaalisesti kunnossa

**Logiikan sammutus**

- Logiikan 230V pääkytkin on OFF-asennossa
- Logiikka ja liukuhihnalaitteisto sammui ja on visuaalisesti kunnossa

**Paineilman säätö**

- Suodatinsäädinyksikkö on säädetty 2,5 bar

**Laitteiston aistinvarainen yleistarkastus**

- Robottisolussa ei ole silmännähtäviä vaurioita ja vikoja
- Korihihnan anturit ja kaapelit ovat ehjät
- Pullohihnan anturit ja kaapelit ovat ehjät
- Robotin paineilmaletkut ovat ehjät
- Robotin Flex-edant ja kaapeli on ehjä

**Robottisolun lopputarkastus**

- Ylimääräiset tavarat ja tuolit on poistettu robottisolusta
- Pullot ja pullokorit on poistettu robottisolusta
- Pullot on tarkastettu, pullot ovat ehjät ja korkit eivät vuoda
- Solu on yleisesti siisti, ohjauspaneelit ovat puhtaat ja lattiat on harjattu

**ROBO2020  
LOPPUTARKASTUSPÖYTÄKIRJA**

**Havaitut ongelmat ja viat**

---

---

---

---

---

---

---

**Ongelmat ja viat on ilmoitettu**

Kyllä  Ei vikoja

Päivämäärä ja kellonaika \_\_\_\_\_

Opettajan allekirjoitus: \_\_\_\_\_

**Laitteiston lopputarkastus on suoritettu ja havaitut ongelmat on korjattu**

Kyllä  Ei vikoja

**Laitteisto on suljettu ja lopputarkastettu tämän tarkastuspöytäkirjan mukaisesti**

Lopputarkastajien allekirjoitukset \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



SYSTEMEEMI OSOITE	CPU	DI-INPUT	ABSOLUUTTINEN OSOITE	KUVAUS	TYYPPI	LAITETUNNUS
0K1.1	DI-Input	DI-a0	%I0.0	Hätäseis tilatieto	SIMATIC-S7 1200 DI INPUT	A01.05
0Q10 / 0Q20	DI-Input	DI-a1	%I0.1	Turvakytkimien tilatieto	SIMATIC-S7 1200 DI INPUT	A01.05
3F1	DI-Input	DI-a2	%I0.2	Moottorinsuoja tilatieto	SIMATIC-S7 1200 DI INPUT	A01.05
A05.01	DI-Input	DI-a3	%I0.3	TAMU Vikatieto	SIMATIC-S7 1200 DI INPUT	A01.05
A05.01	DI-Input	DI-a4	%I0.4	TAMU Käyntitieto	SIMATIC-S7 1200 DI INPUT	A01.05
3K1	DI-Input	DI-a5	%I0.5	Korihihna käyntitieto 1: Eteen	SIMATIC-S7 1200 DI INPUT	A01.05
3K2	DI-Input	DI-a6	%I0.6	Korihihna käyntitieto 2: Taakse	SIMATIC-S7 1200 DI INPUT	A01.05
S1	DI-Input	DI-a7	%I0.7	Autoajo Start	SIMATIC-S7 1200 DI INPUT	A01.05
S2	DI-Input	DI-b0	%I1.0	Kotiinajo Start	SIMATIC-S7 1200 DI INPUT	A01.05
S3	DI-Input	DI-b1	%I1.1	Tuotannon pysäytys	SIMATIC-S7 1200 DI INPUT	A01.05
Q2.1	DI-Input	DI-b2	%I1.2	Auto-ohjaus Valittu	SIMATIC-S7 1200 DI INPUT	A01.05
Q2.2	DI-Input	DI-b3	%I1.3	Käsi-ohjaus Valittu	SIMATIC-S7 1200 DI INPUT	A01.05

SYSTEMEEMI OSOITE	CPU	A-INPUT	ABSOLUUTTINEN OSOITE	KUVAUS	TYYPPI	LAITETUNNUS
A05.01	A-Input	AI-0	Ei määritetty	TAMU Nopeustieto (Optio, ei ohjelmoitu)	SIMATIC-S7 1200 A INPUT	A01.06
	A-Input	AI-1	Ei määritetty	VARALLA	SIMATIC-S7 1200 A INPUT	A01.06

ROBO2020	I / O - LUETTELO	Suunnittelija: Kka / 01.05.2024	Sähköpositio	Työnumero
ABB Robotti / Pullonlajittelulaitteisto	CPU	Piirtäjä: Kka		
Opinnäytetyö Liite 5	Digital Input	Tarkastanut:	Lehti 2/ 47	Piirustusnumero
	Analog Input			SÄH 20002-01

SYSTEMI OSOITE	ASI SLAVE	ASI INPUT	ABSOLUUTTINEN OSOITE	KUVAUS	TYYPPI	LAITETUNNUS
B01	Asi-1	i1	%I5.0	Pullokorin tarkastusanturi 1	IFM AC5215 DI-4 M12	A02.01
B02	Asi-1	i2	%I5.1	Pullokorin tarkastusanturi 2	IFM AC5215 DI-4 M12	A02.01
B03	Asi-1	i3	%I5.2	Pullokorin tarkastusanturi 3	IFM AC5215 DI-4 M12	A02.01
B04	Asi-1	i4	%I5.3	Pullokorin tarkastusanturi 4	IFM AC5215 DI-4 M12	A02.01
B05	Asi-2	i1	%I6.0	VARALLA	IFM AC5215 DI-4 M12	A02.02
B05	Asi-2	i2	%I6.1	Pullokorin tarkastusanturi 5	IFM AC5215 DI-4 M12	A02.02
B05	Asi-2	i3	%I6.2	VARALLA	IFM AC5215 DI-4 M12	A02.02
B06	Asi-2	i4	%I6.3	Pullokorin tarkastusanturi 6	IFM AC5215 DI-4 M12	A02.02
B10	Asi-3	i1	%I7.0	Pullo kuljetettu robotille, ylä-tarkastus	IFM AC5235 DIO 4/4 M12 2A	A02.03
B11	Asi-3	i2	%I7.1	Pullo kuljetettu robotille, ala-tarkastus	IFM AC5235 DIO 4/4 M12 2A	A02.03
B12	Asi-3	i3	%I7.2	Pullon lähestymisanturi	IFM AC5235 DIO 4/4 M12 2A	A02.03
B13	Asi-3	i4	%I7.3	Pullokori kuljetettu robotille	IFM AC5235 DIO 4/4 M12 2A	A02.03
B07	Asi-4	i1	%I8.0	Valoverhon muting-anturi lyhyt väli	FLX ASI 3.0 DI4 M12	A02.04
B08	Asi-4	i2	%I8.1	Valoverhon muting-anturi pitkä väli	FLX ASI 3.0 DI4 M12	A02.04
B09	Asi-4	i3	%I8.2	Pullon syöttöanturi	FLX ASI 3.0 DI4 M12	A02.04
B09	Asi-4	i4	%I8.3	VARALLA	FLX ASI 3.0 DI4 M12	A02.04
A04.01	Asi-5	i1	%I9.0	Robotin tulotieto: Robotti Valmis	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.05
A04.01	Asi-5	i2	%I9.1	Robotin tulotieto: Pullotarttuja päälle	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.05
A04.01	Asi-5	i3	%I9.2	Robotin tulotieto: Tuotanto valmis	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.05
A04.01	Asi-5	i4	%I9.3	Robotin tulotieto: VARALLA	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.05
A04.01	Asi-6	i1	%I10.0	Robotin tulotieto: VARALLA	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.06
A04.01	Asi-6	i2	%I10.1	Robotin tulotieto: VARALLA	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.06
A04.01	Asi-6	i3	%I10.2	Robotin tulotieto: VARALLA	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.06
A04.01	Asi-6	i4	%I10.3	Robotin tulotieto: VARALLA	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.06

ROBO2020	I / O - LUETTELO	Suunnittelija: Kka / 01.05.2024	Sähköpositio	Työnumero
ABB Robotti / Pullonlajittelulaitteisto	Asi	Piirtäjä: Kka		
Opinnäytetyö Liite 5	Digital Input	Tarkastanut:	Lehti 3/47	Piirustusnumero SÄH 20002-02

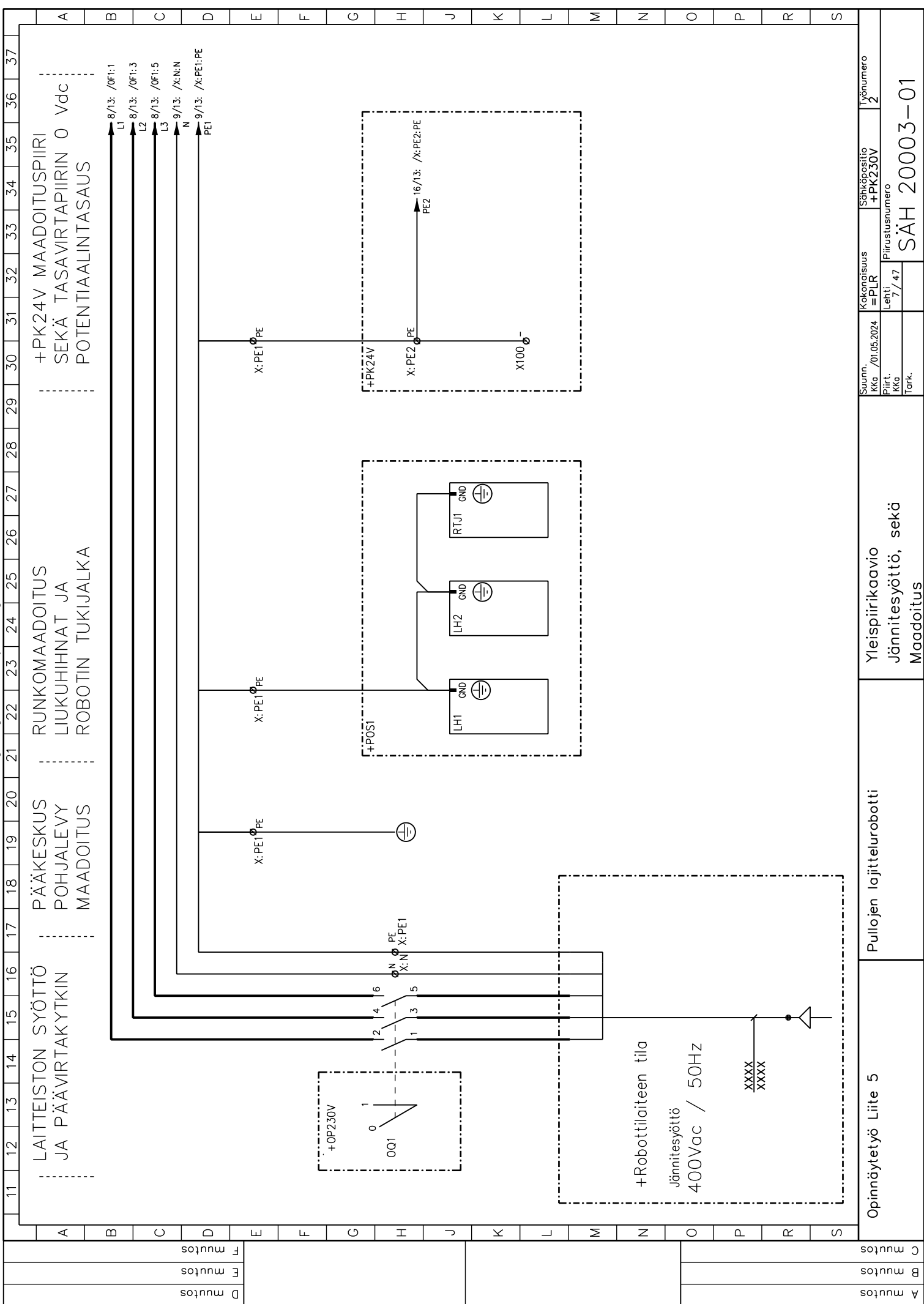
SYSTEMI OSOITE	CPU	DI-OUTPUT	ABSOLUUTTINEN OSOITE	KUVAUS	TYYPPI	LAITETUNNUS
H3	DI-Output	DQ-a0	%Q0.0	Hätäseis lauennut, Merrkivalo punainen	SIMATIC-S7 1200 DI OUTPUT	A01.07
H1	DI-Output	DQ-a1	%Q0.1	Autoajo valmis, Merkkivalo valkoinen	SIMATIC-S7 1200 DI OUTPUT	A01.07
H2	DI-Output	DQ-a2	%Q0.2	Kotiinajo valmis, Merkkivalo vihreä	SIMATIC-S7 1200 DI OUTPUT	A01.07
H4	DI-Output	DQ-a3	%Q0.3	Tuotannon pysäytys, Merkkivalo sininen	SIMATIC-S7 1200 DI OUTPUT	A01.07
H5	DI-Output	DQ-a4	%Q0.4	Vikatila huomio, Merkkivalo keltainen	SIMATIC-S7 1200 DI OUTPUT	A01.07
A05K1	DI-Output	DQ-a5	%Q0.5	TAMU Start, Pullohihna	SIMATIC-S7 1200 DI OUTPUT	A01.07
A05K2	DI-Output	DQ-a6	%Q0.6	TAMU Suunta, Pullohihna	SIMATIC-S7 1200 DI OUTPUT	A01.07
3K1	DI-Output	DQ-a7	%Q0.7	Korihihna eteen-/ robotille päin	SIMATIC-S7 1200 DI OUTPUT	A01.07
3K2	DI-Output	DQ-b0	%Q1.0	Korihihna taakse-/ käyttäjälle päin	SIMATIC-S7 1200 DI OUTPUT	A01.07
0K2.3	DI-Output	DQ-b1	%Q1.1	Valoverho muting	SIMATIC-S7 1200 DI OUTPUT	A01.07
SYSTEMI OSOITE	CPU	A-OUTPUT	ABSOLUUTTINEN OSOITE	KUVAUS	TYYPPI	LAITETUNNUS
A05.01	A-Output	AQ-0	%QW80	TAMU Nopeusohje lähtö	SIMATIC-S7 1200 A OUTPUT	A01.08
ROBO2020	I / O - LUETTELO			Suunnittelija: Kka / 01.05.2024	Sähköpositio	Työnumero
ABB Robotti / Pullonlajittelulaitteisto	CPU			Piirtäjä: Kka		
	Digital Output			Tarkastanut:	Lehti 4/ 47	Piirustusnumero
Opinnäytetyö Liite 5	Analog Output					SÄH 20002-03

SYSTEMI OSOITE	ASI SLAVE	ASI OUTPUT	ABSOLUUTTINEN OSOITE	KUVAUS	TYYPPI	LAITETUNNUS
Y01	Asi-3	o1	%Q7.0	Pullotarttuja ohjaus	IFM AC5235 DIO 4/4 M12 2A	A02.03
	Asi-3	o2	%Q7.1	VARALLA	IFM AC5235 DIO 4/4 M12 2A	A02.03
	Asi-3	o3	%Q7.2	VARALLA	IFM AC5235 DIO 4/4 M12 2A	A02.03
	Asi-3	o4	%Q7.3	VARALLA	IFM AC5235 DIO 4/4 M12 2A	A02.03
A04.01	Asi-5	o1	%Q9.0	Robotin lähtötieto: Kotiinajo Start	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.05
A04.01	Asi-5	o2	%Q9.1	Robotin lähtötieto: Pullokorin on robotilla	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.05
A04.01	Asi-5	o3	%Q9.2	Robotin lähtötieto: Pullokorin on tyhjä	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.05
A04.01	Asi-5	o4	%Q9.3	Robotin lähtötieto: Pullo on robotilla	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.05
A04.01	Asi-6	o1	%Q10.0	Robotin lähtötieto: Siirrä pullo	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.06
A04.01	Asi-6	o2	%Q10.1	Robotin lähtötieto: Pullotarttuja on päällä	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.06
A04.01	Asi-6	o3	%Q10.2	Robotin lähtötieto: VARALLA	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.06
A04.01	Asi-6	o4	%Q10.3	Robotin lähtötieto: VARALLA	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.06

ROBO2020	I / O - LUETTELO	Suunnittelija: Kka / 01.05.2024	Sähköpositio	Työnumero
ABB Robotti / Pullonlajittelulaitteisto	Asi	Piirtäjä: Kka	Lehti 5/ 47	Piirustusnumero
Opinnäytetyö Liite 5	Digital Output	Tarkastanut:		SÄH 20002-04

I/O MODULE ADDRESS	INPUT ADDRESS	OUTPUT ADDRESS	Asi NUMBER	Asi PROFILE	TYYPPI	LAITETUNNUS
A1	5.0 - 5.3	N.A.	Asi 1	I/O: 0   ID: A   1: 7   2: E	IFM AC5215 DI-4 M12	A02.01
A2	6.0 - 6.3	N.A.	Asi 2	I/O: 0   ID: A   1: 7   2: E	IFM AC5215 DI-4 M12	A02.02
A3	7.0 - 7.3	7.0 - 7.3	Asi 3	I/O: 7   ID: A   1: 7   2: 7	IFM AC5235 DIO 4/4 M12 2A	A02.03
A4	8.0 - 8.3	N.A.	Asi 4	I/O: 0   ID: A   1: 7   2: 2	FLX ASI 3.0 DI4 M12	A02.04
5	9.0 - 9.3	9.0 - 9.3	Asi 5	I/O: 7   ID: 0   1: F   2: E	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.05
6	10.0 - 10.3	10.0 - 10.3	Asi 6	I/O: 7   ID: 0   1: F   2: E	IFM AC2257 DIO 4/4 M12 2A	A02.06

ROBO2020 ABB Robotti / Pullonlajittelulaitteisto Opinnäytetyö Liite 5	Asi Moduuli Konfiguraatio	Suunnittelija: Kka / 01.05.2024 Piirtäjä: Kka Tarkastanut:	Sähköpositio Lehti 6/ 47	Työnumero Piiustusnumero SÄH 20002-05
---	---------------------------	--	-----------------------------	---



LAITTEISTON SYÖTTÖ  
JA PÄÄVIRTAKYTKIN

PÄÄKESKUS  
POHJALEVY  
MAADOITUS

RUNKOMAADOITUS  
LIUKUHIHNAT JA  
ROBOTIN TUKEJALKA

+PK24V MAADOITUSPIIRI  
SEKÄ TASAVIRTAPIIRIN 0 Vdc  
POTENTIAALINTASAU

+

+

+

+

+

+

+

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

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

D muutos		E muutos		F muutos		C muutos	
----------	--	----------	--	----------	--	----------	--

Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Yleispiirikaavio Jännitesyöttö, sekä Maadoitus	Suunn. Kko. /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpositio +PK230V	Projekti numero 2
----------------------	---------------------------	--	----------------------------	---------------------	-------------------------	-------------------------

XXXX	XXXX
------	------

+
---

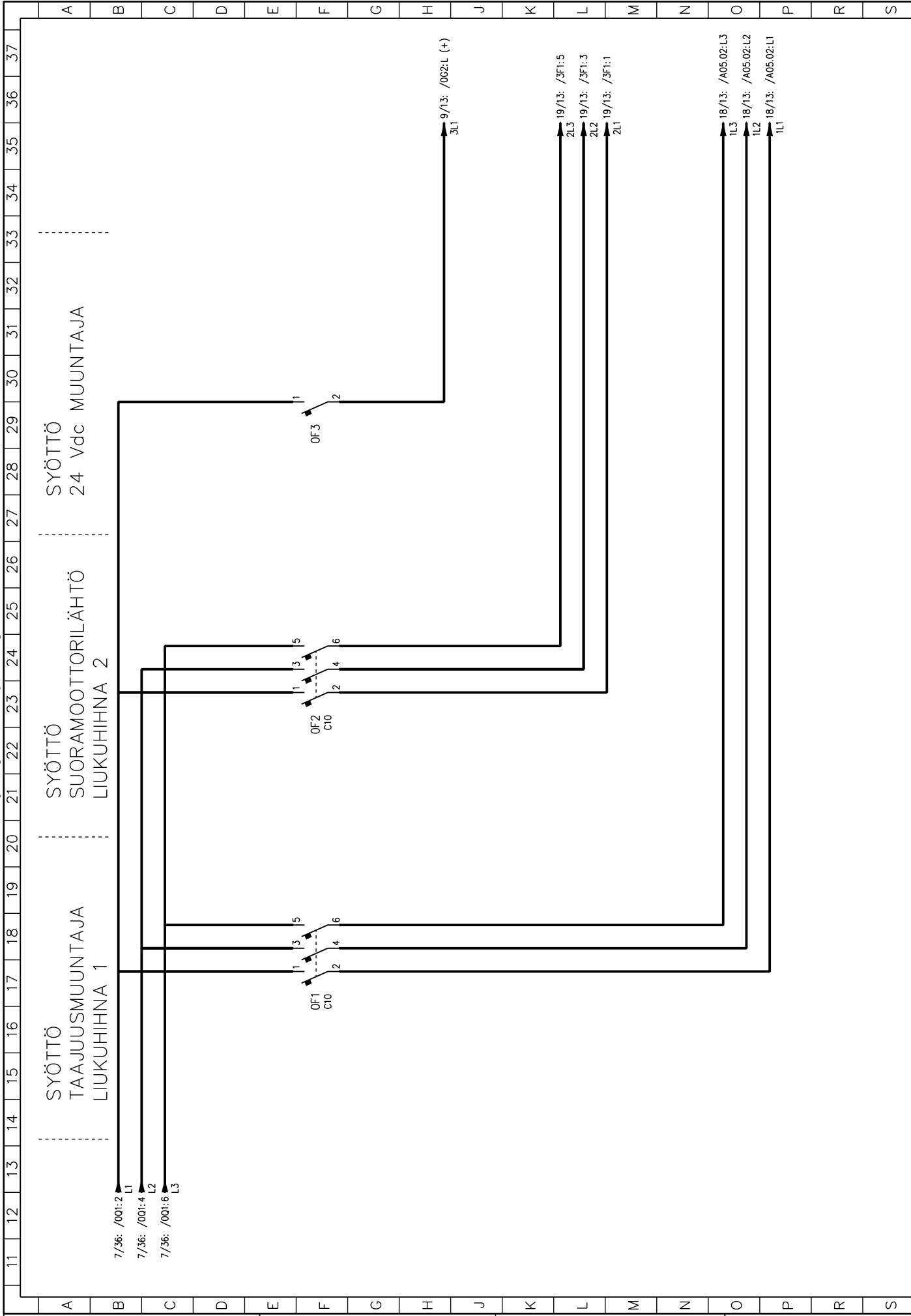
+
---

+
---

+
---

+
---

+
---



SYÖTTÖ TAAJUUSMUUNTAJA LIUKUHIHNA 1  
 SYÖTTÖ SUORAMOOTTORILÄHTÖ LIUKUHIHNA 2  
 SYÖTTÖ 24 Vdc MUUNTAJA

7/36: /001:2 L1  
 7/36: /001:4 L2  
 7/36: /001:6 L3

OF1 C10  
 OF2 C10  
 OF3

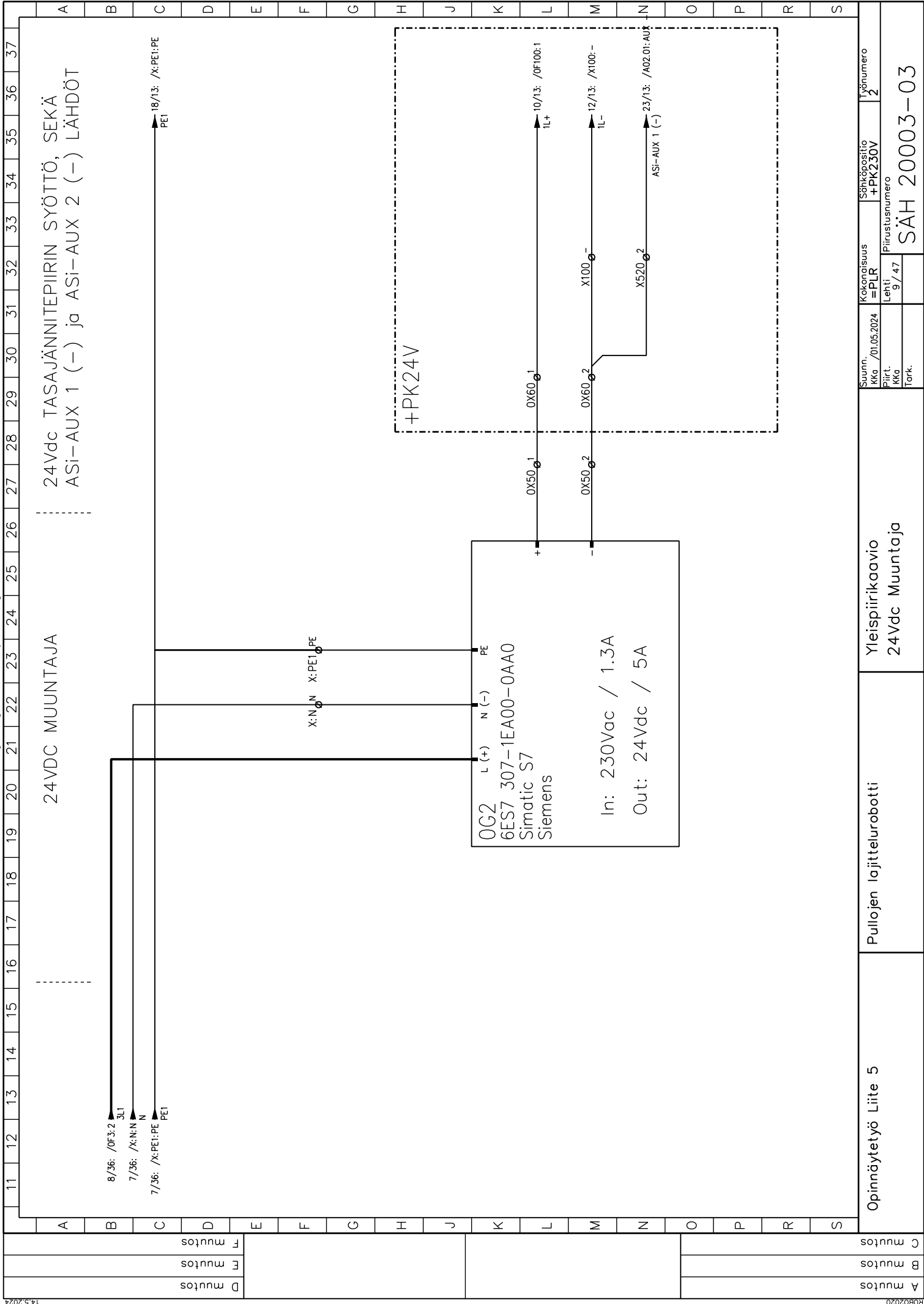
19/13: /3F1:5  
 19/13: /3F1:3  
 19/13: /3F1:1

18/13: /A05.02:L3  
 18/13: /A05.02:L2  
 18/13: /A05.02:L1

A muutos	
B muutos	
C muutos	

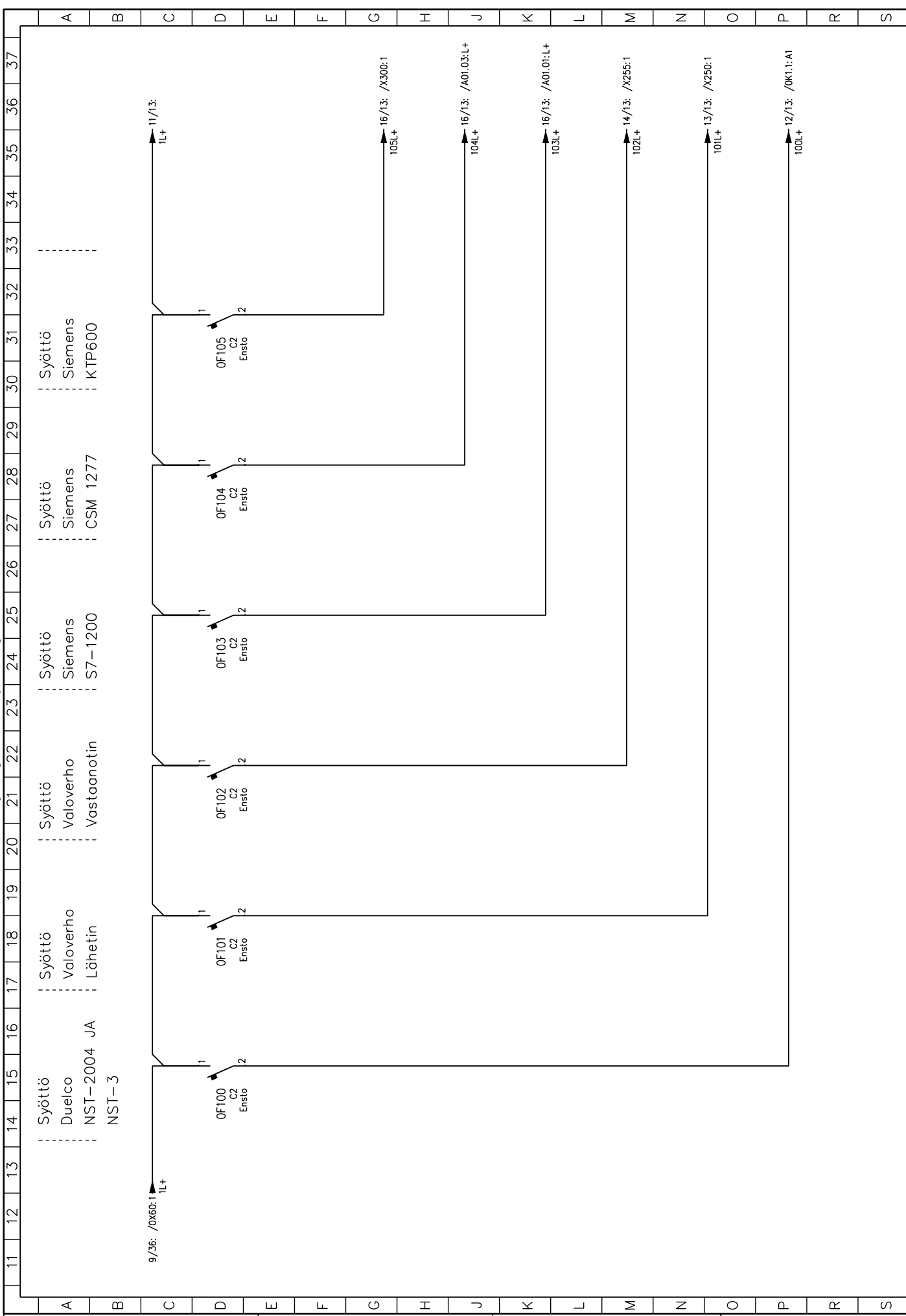
Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Yleispiirikaavio Kolmi- ja yksivaihelähdöt 400 Vac / 230 Vac	Suunn. /01.05.2024 Pirtt. /KKa Tark.	Kokonaisuus =PLR Lehti / 8 / 47	Sähköpositio +PK230V Piirustusnumero	Projekti numero 2
----------------------	---------------------------	--	--	------------------------------------	---	----------------------

SÄH 20003-02



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

Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Yleispiirikaavio 24Vdc Muuntaja	Suunn. Kko. /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpostio +PK230V	Työnumero 2
			Piirt. Kko	Lehti 9 / 47	Piirustusnumero	
			Tark.			SÄH 20003-03

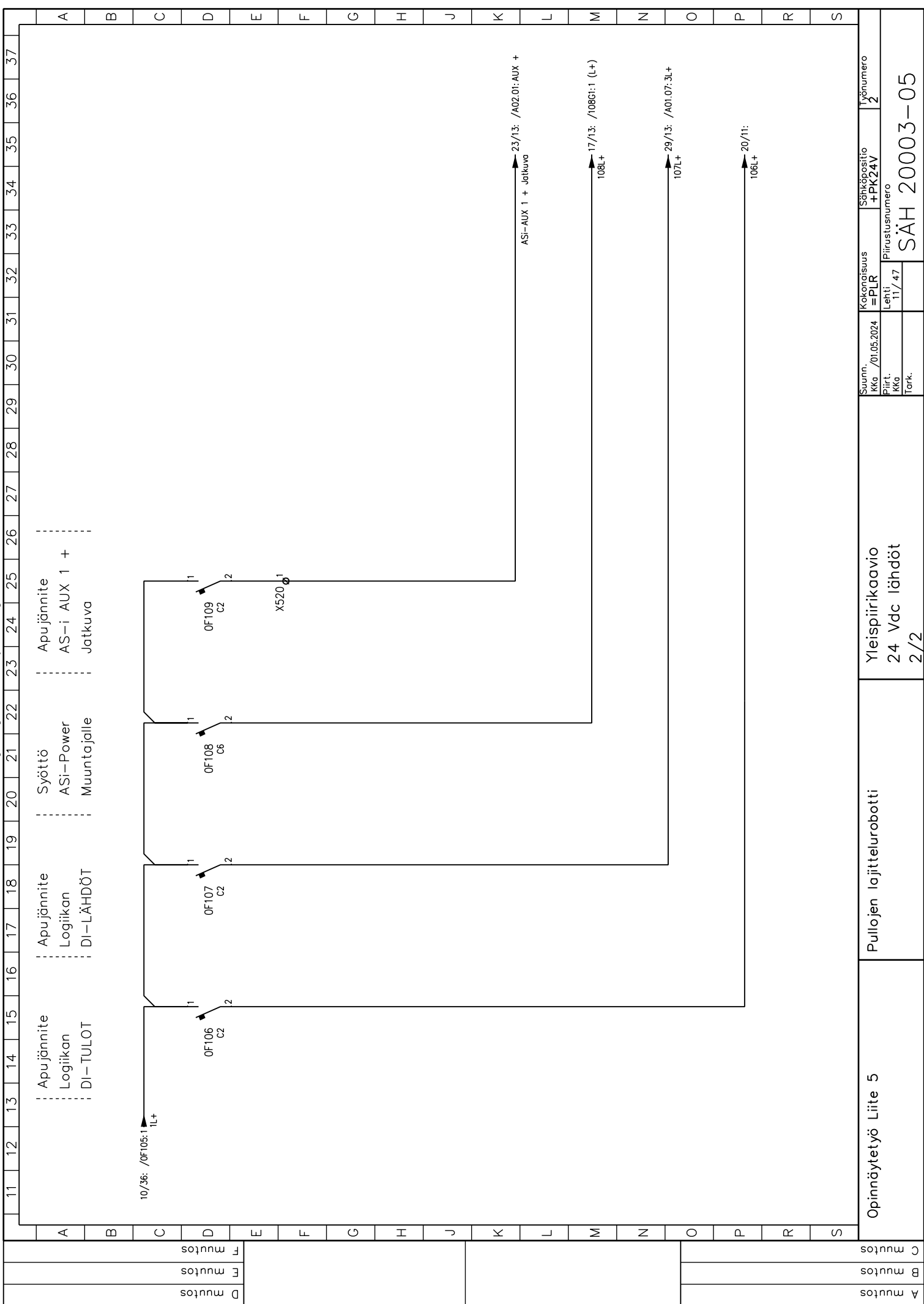


A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

D muutos	F muutos	F muutos	C muutos
----------	----------	----------	----------

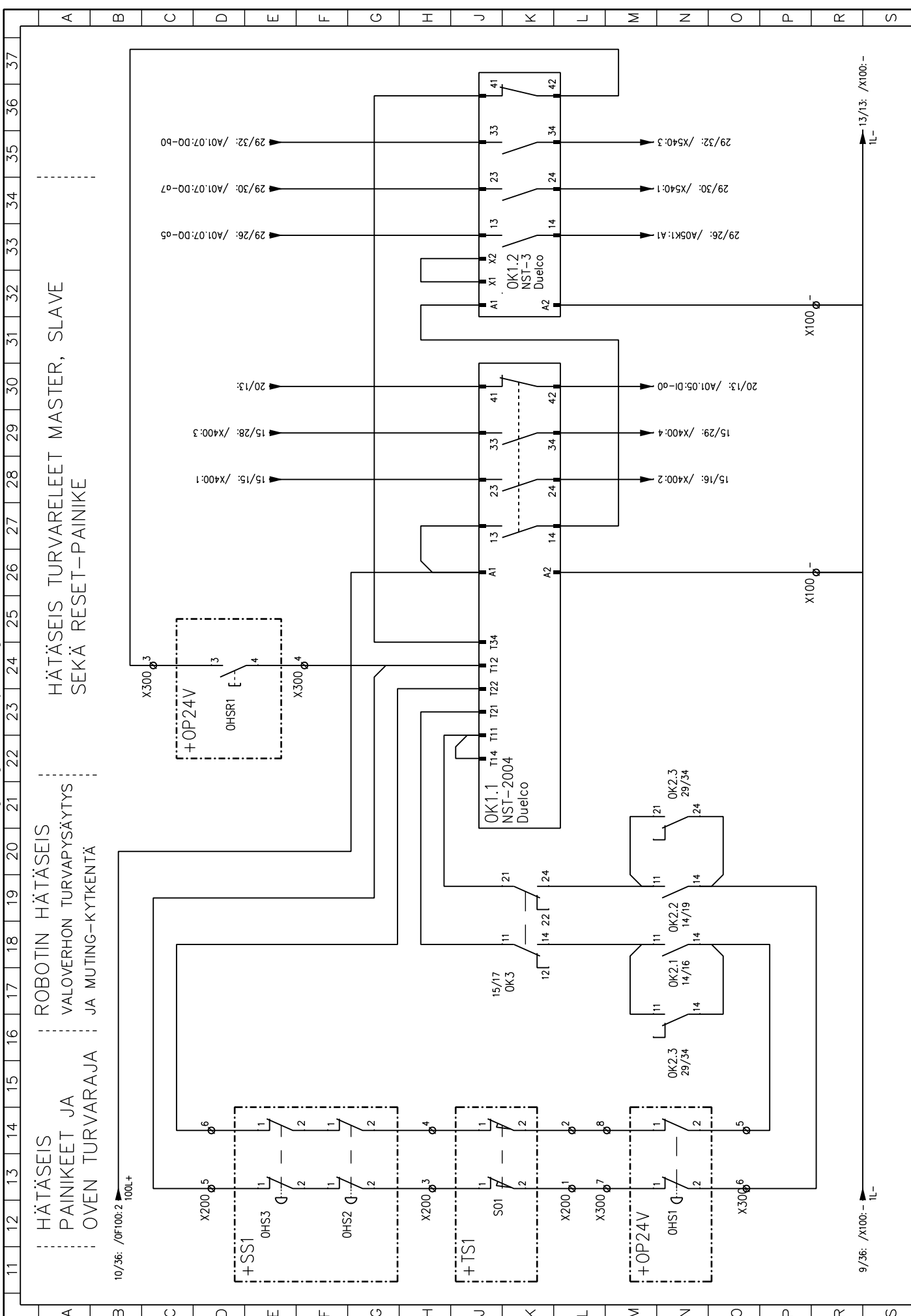
Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Yleispiirikaavio 24 Vdc lähdöt 1/2	Suunn. Kko. /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpositio +PK24V	Projekti numero 2
			Piirt. Kko. /10 / 47	Lehti/ 10 / 47	Piirustusnumero	
			Tark.			

SÄH 20003-04



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

Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Yleispiirikaavio 24 Vdc lähdöt 2/2	Suunn. Kko. /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpositio +PK24V	Yönnumero 2
			Piirt. Kko. /11/ 47		Piirustusnumero	
			Tark.			

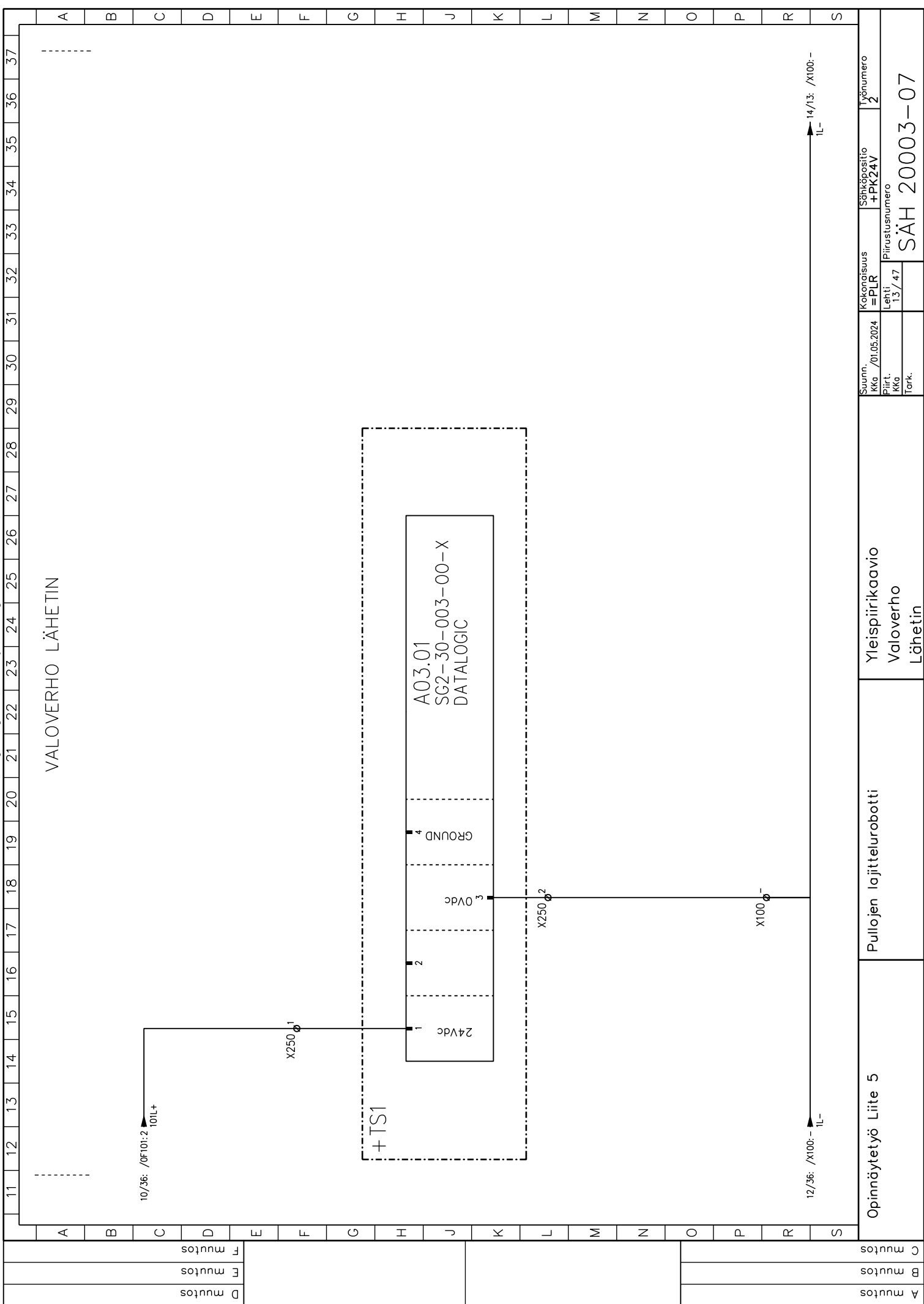


A	D muutos
B	F muutos
C	F muutos
D	F muutos

Opinnäytetyö Liite 5		Pullojen lajittelurobotti		Yleispiirikaavio Hätäseis turvarele	
S		R		P	
R		O		N	
P		M		L	
O		K		J	
N		H		G	
M		F		E	
L		D		C	
K		B		A	

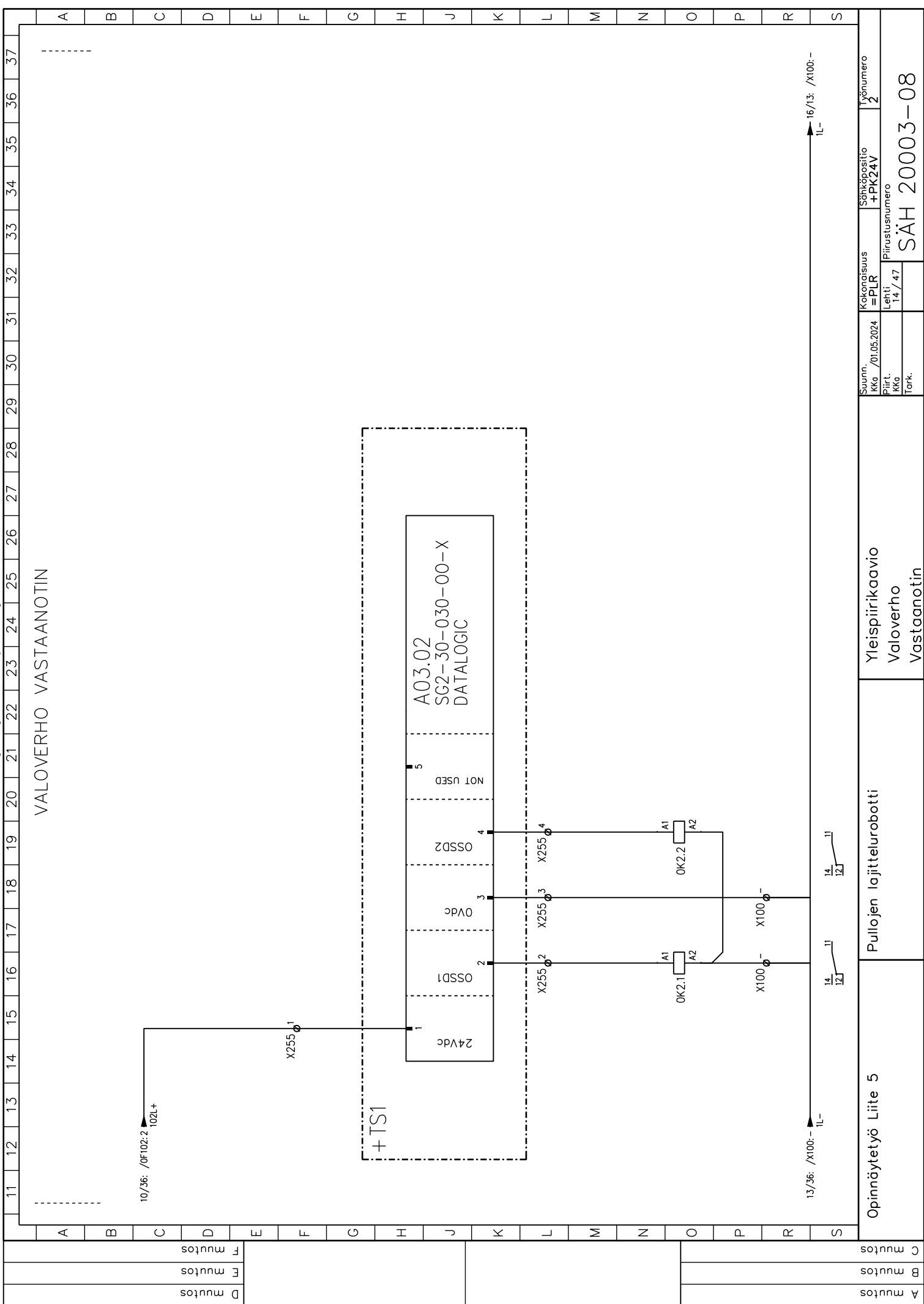
Suunn. Kko. /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköposito +PK24V	Pyönumero 2
Piirt. Kko	Lehti/ 12 / 47	Piirustusnumero	
Tark.			

SÄH 20003-06



VALOVERHO LÄHETIN

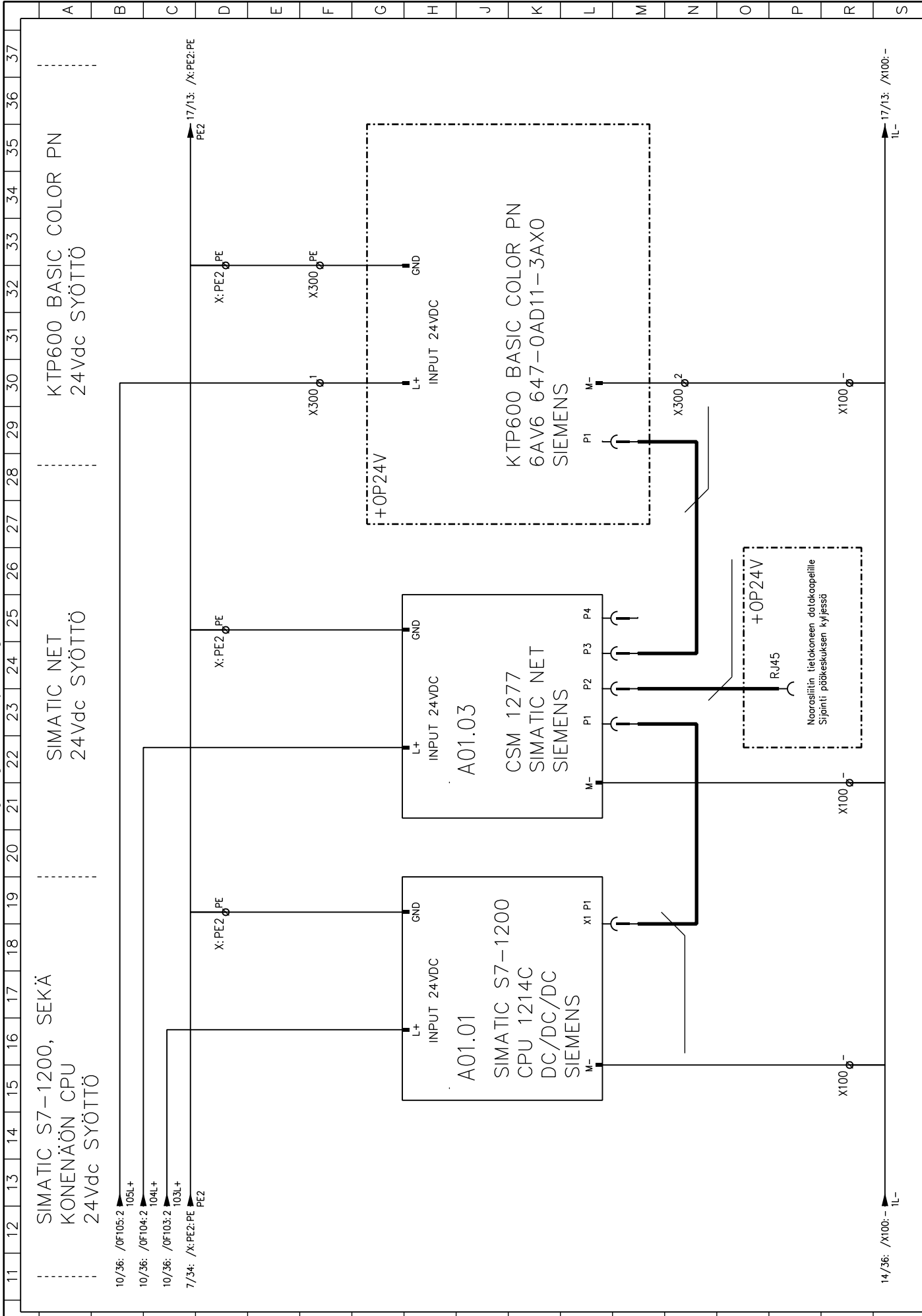
A muutos	Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Yleispiirikaavio Valoverho Lähetin	Suunn. Kko. /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpositio +PK24V	Yrjönumero 2
B muutos				Piirt. Kko.	Lehti 13 / 47	Piirustusnumero	
C muutos				Tark.			



VALOVERHO VASTAANOTIN

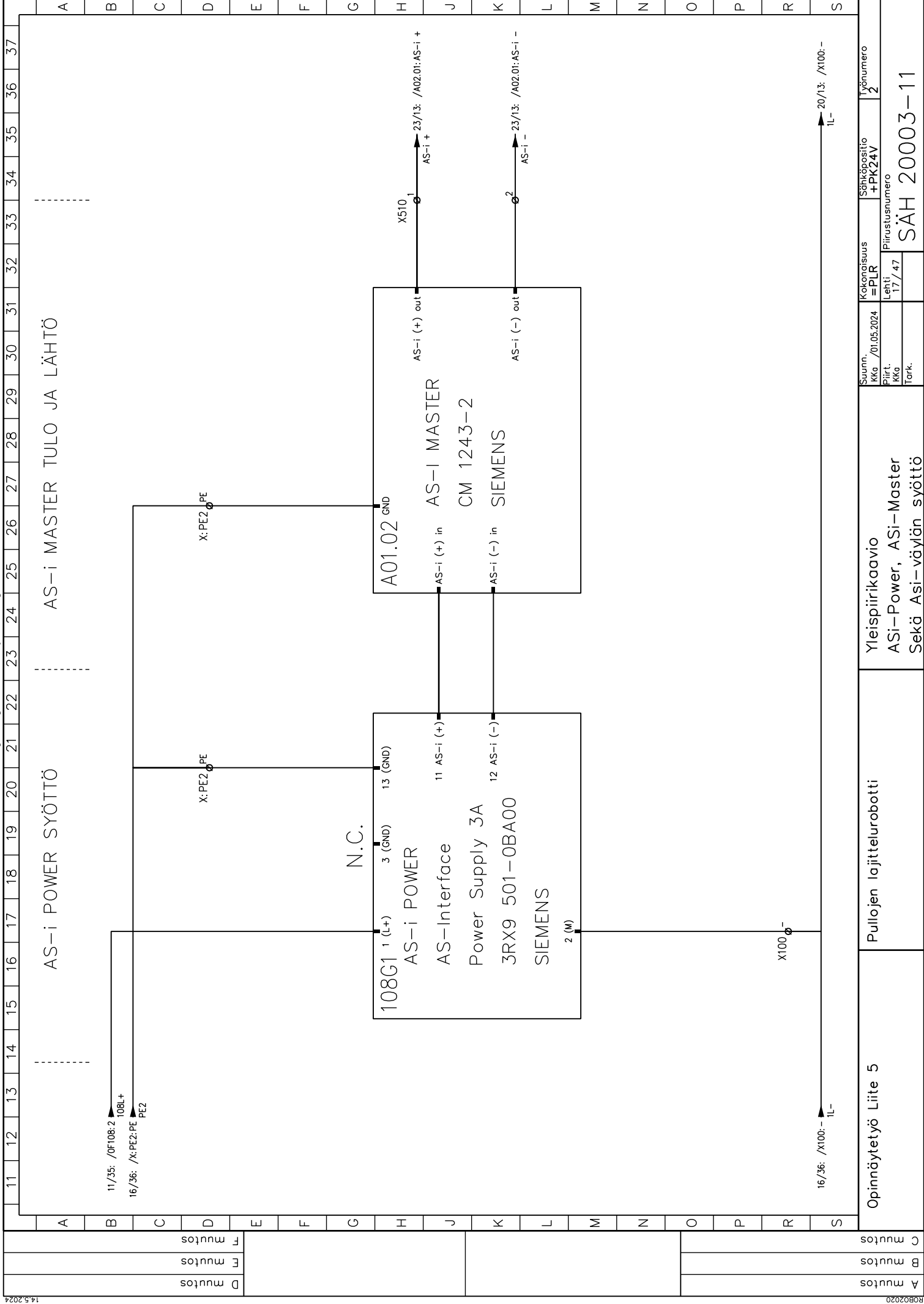
A muutos		Opinnäytetyö Liite 5		Pullojen lajittelurobotti		Yleispiirikaavio		Suunn. /01.05.2024		Kokonaisuus =PLR		Sähköpositio +PK24V		Työnumero 2	
B muutos						Valoverho		Pirtt. /Kk		Lehti / 14 / 47		Piirustusnumero			
C muutos						Vastaanotin		Tark.							

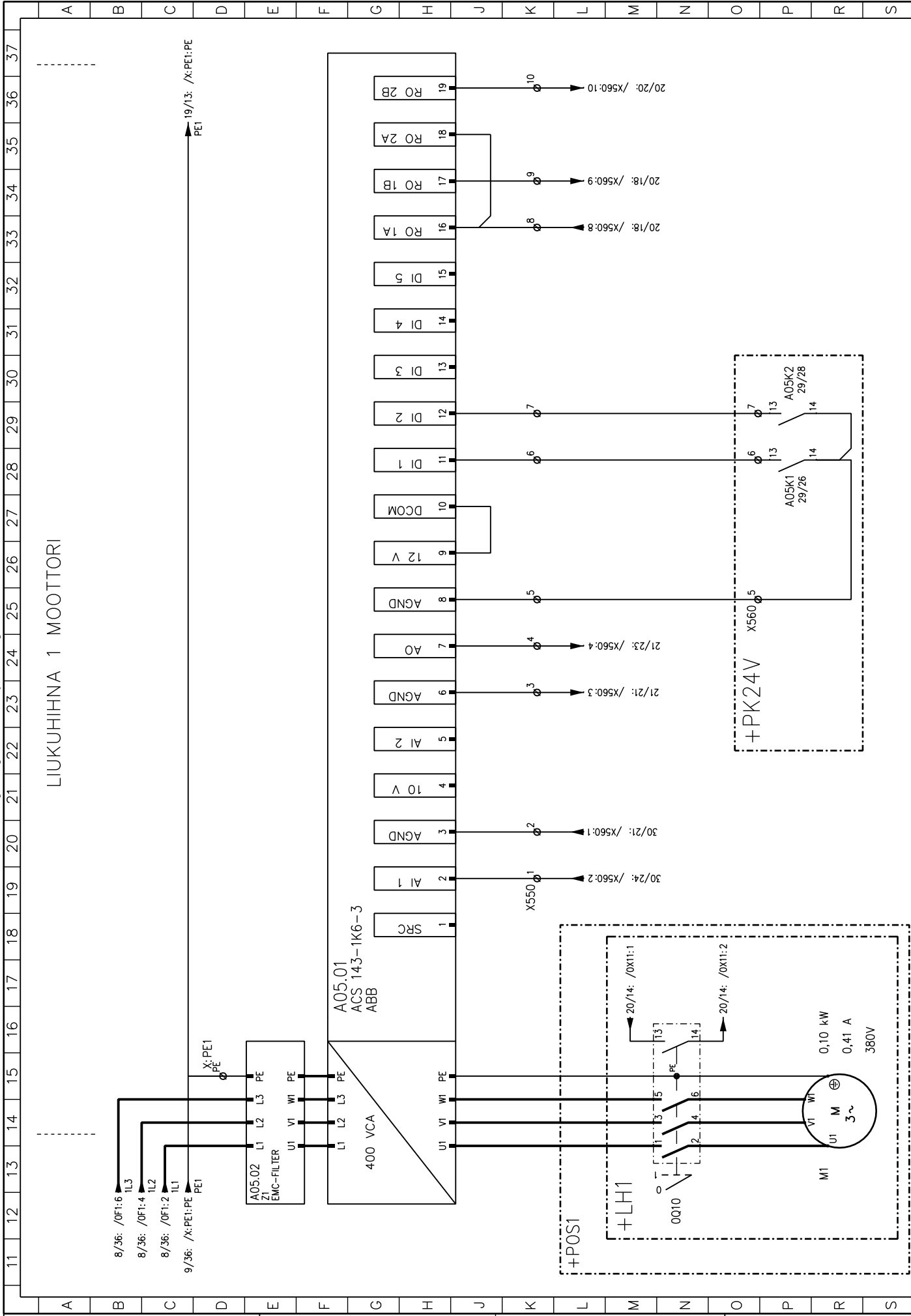




A	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
D muutos																												
F muutos																												
F muutos																												
C muutos																												

Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Yleispiirikaavio Simatic moduulit CPU ja CSM sekä HMI-paneeli	Suunn. Kko. /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpostio +PK24V	Pyönumero 2
			Piirt. Kko	Lehti / 16 / 47	Piirustusnumero	
			Tark.			SÄH 20003-10





LIUKUHIHNA 1 MOOTTORI

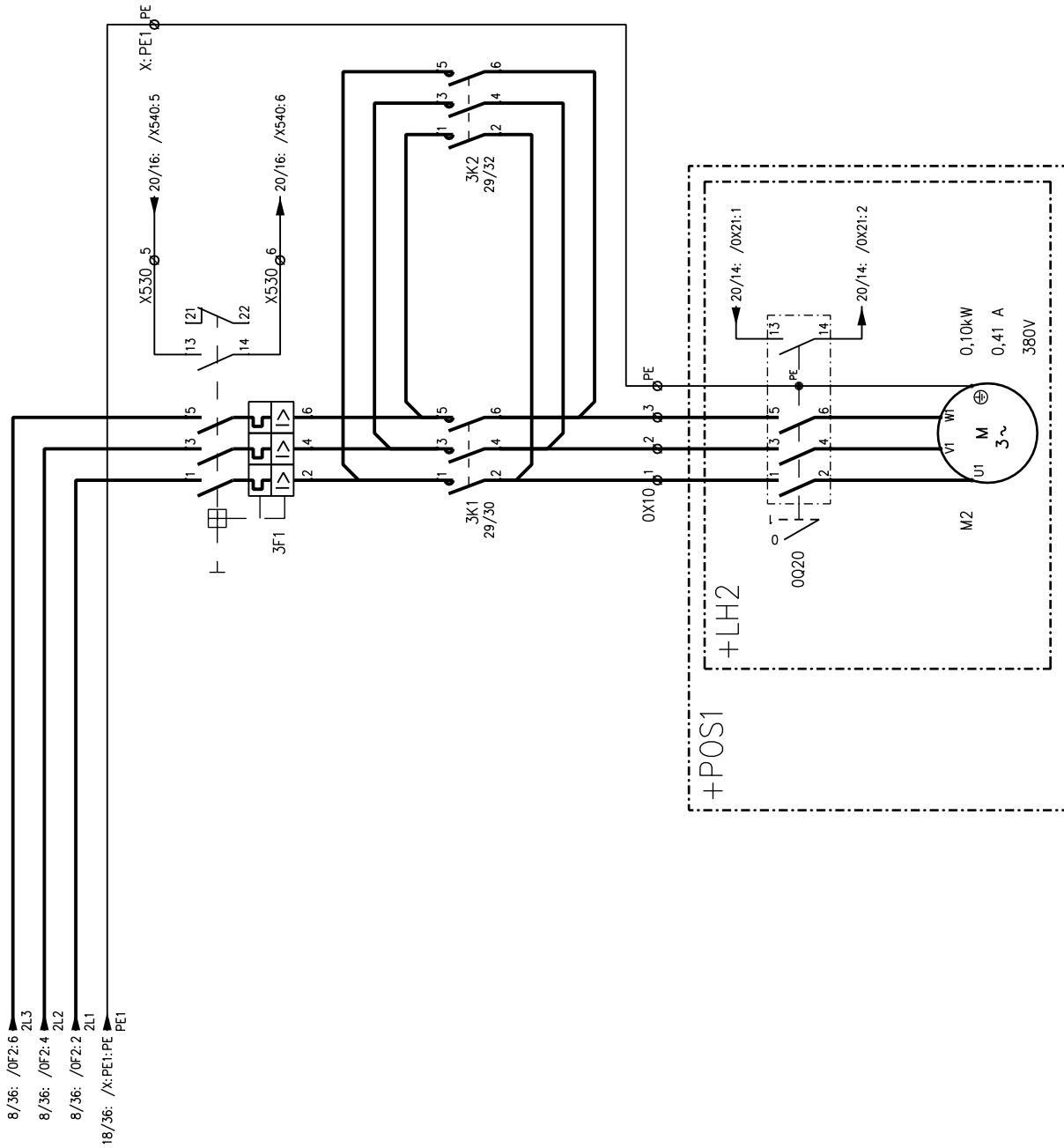
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

D muutos	F muutos	F muutos	C muutos
----------	----------	----------	----------

Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Moottoripiirikaavio Liukuhinna 1 moottorilähtö	Suunn. /01.02.2024 Kkka	Kokonaissuus =PLR	Sähköposito +PK230V	Projekti numero 2
			Piirt. /18 / 47 Kkka	Lehti / 18 / 47	Piirustusnumero	
			Tark.			

SÄH 20004-01

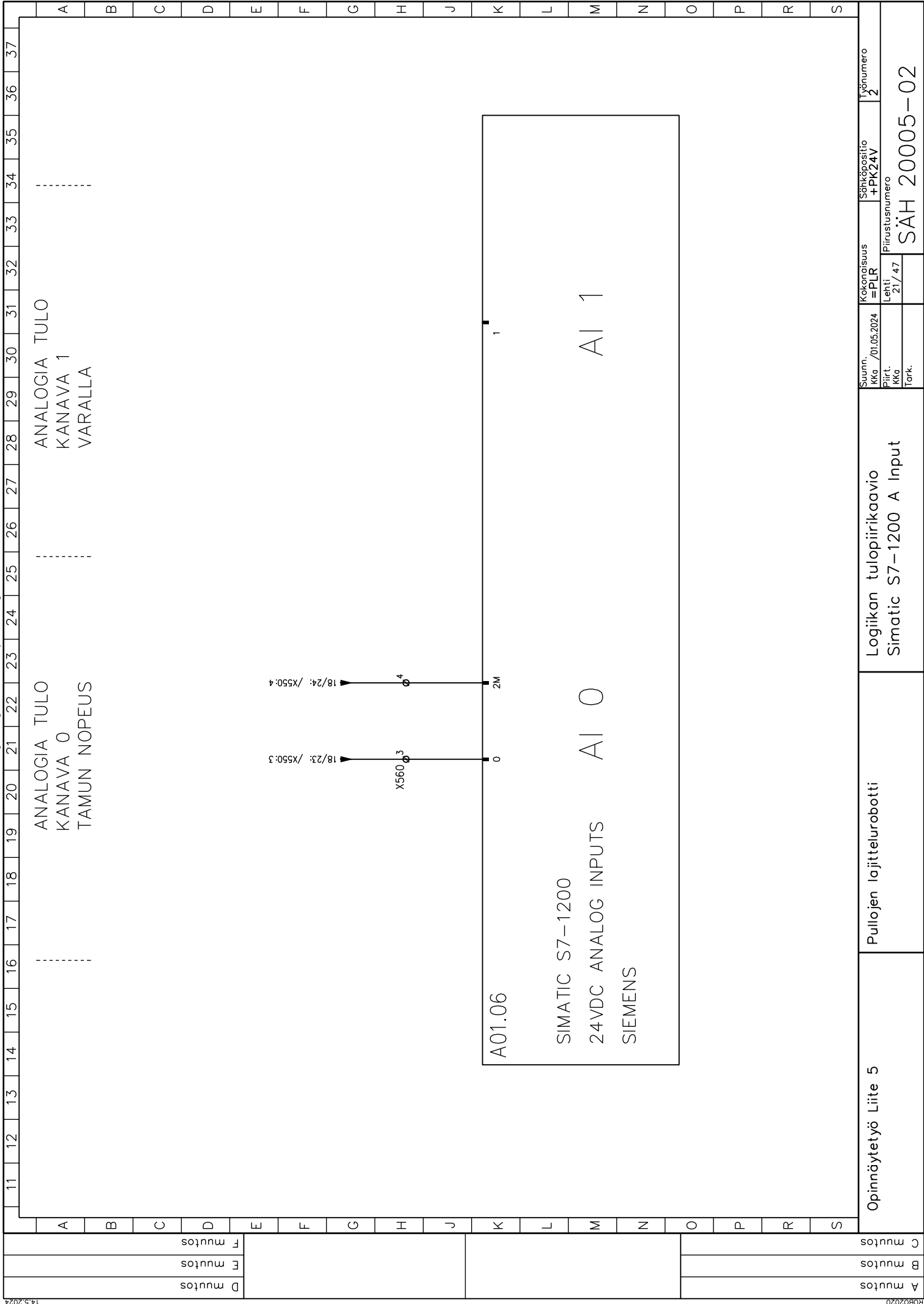
LIUKUHIHNA 2 MOOTTORI  
SUUNNANVAIHTO MOOTTORIKYTKENTÄ



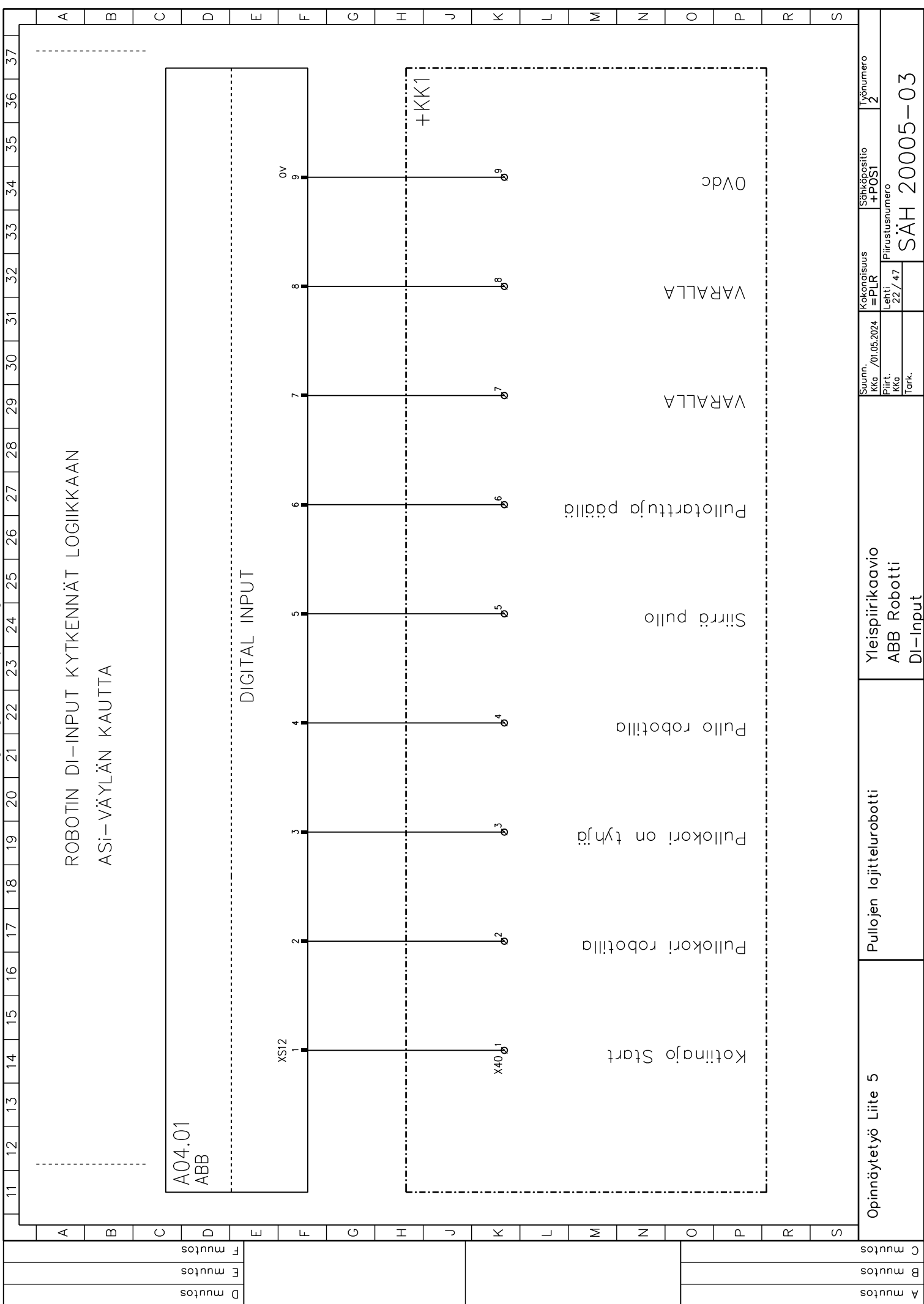
8/36: /OF2:6 2L3  
8/36: /OF2:4 2L2  
8/36: /OF2:2 2L1  
18/36: /X:PE1:PE PE1

A muutos		B muutos		C muutos		Opinnäytetyö Liite 5		Pullojen lajittelurobotti		Moottoripiirikaavio Liukuhinna 2 moottorilähtö		Suunn. KkA /01.05.2024		Kokonaisuus =PLR		Sähköposito +PK230V		Työnumero 2	
D muutos		E muutos		F muutos								Pirtt. KkA		Lehti/ 19 / 47		Piirustusnumero		SÄH 20004-02	
												Tark.							

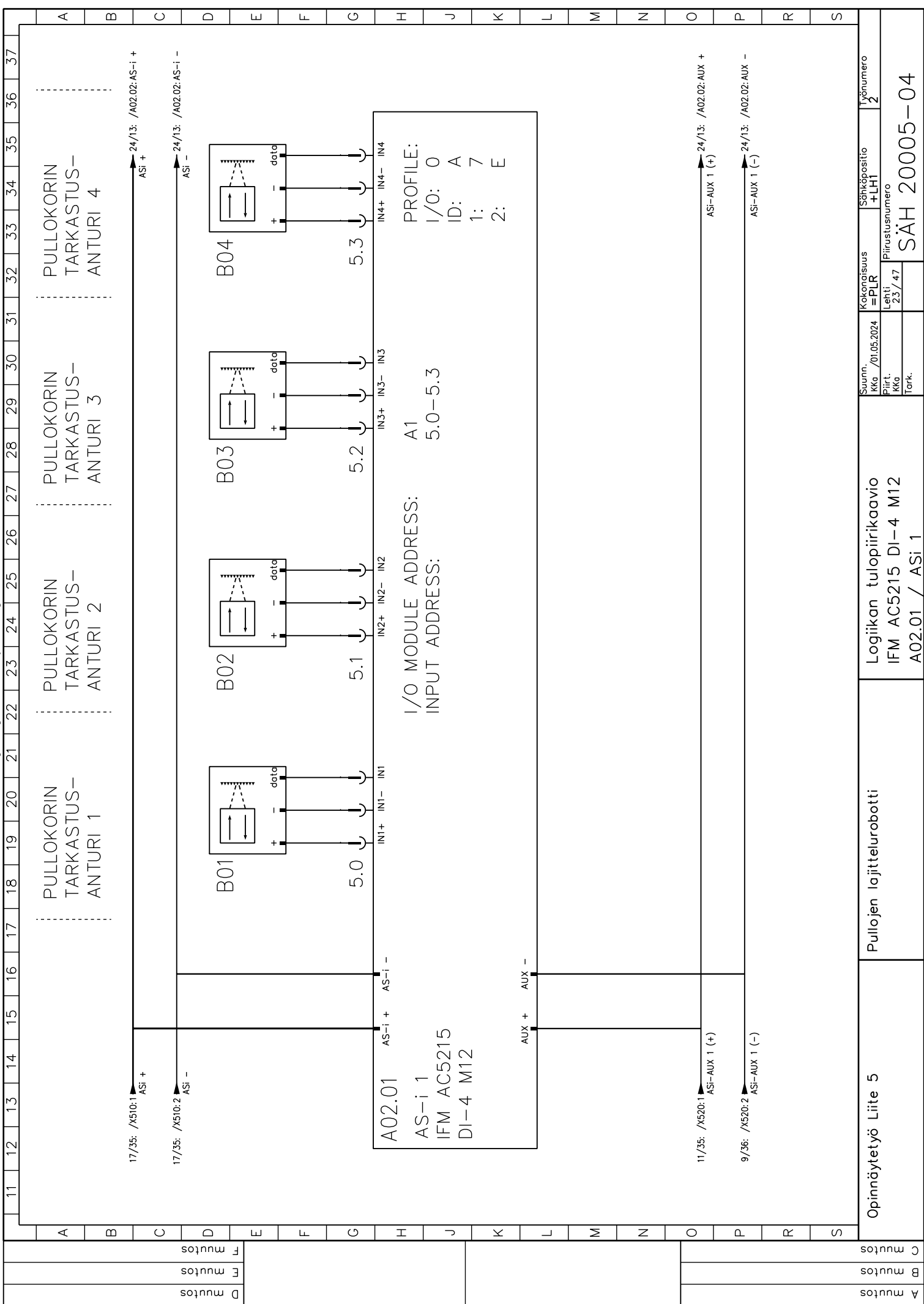




A muutos	Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Logiikan tulopiirikaavio Simatic S7-1200 A Input	Suunn. Kko. /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpostio +PK24V	ryönumero 2
B muutos				Piirt. Kko	Lehti 21 / 47	Piirustusnumero	
C muutos				Tark.			

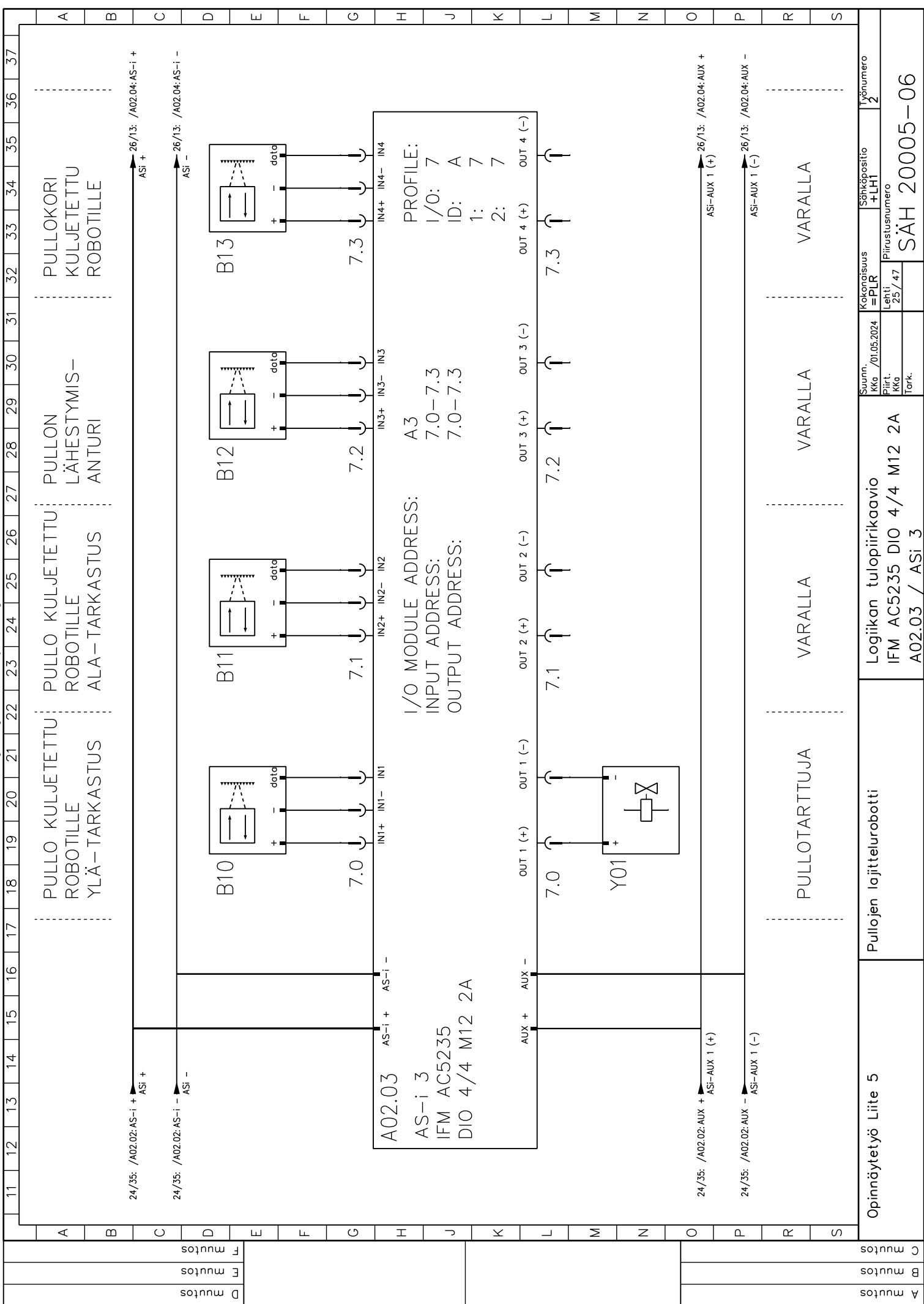


Opinnäytetyö Liite 5	Yleispiirikaavio ABB Robotti DI-Input	Suunn. Kko. /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköposito +POS1	Työnumero 2
		Piirt. Kko.	Lehti/ 22 / 47	Piirustusnumero	
		Tark.			SÄH 20005-03



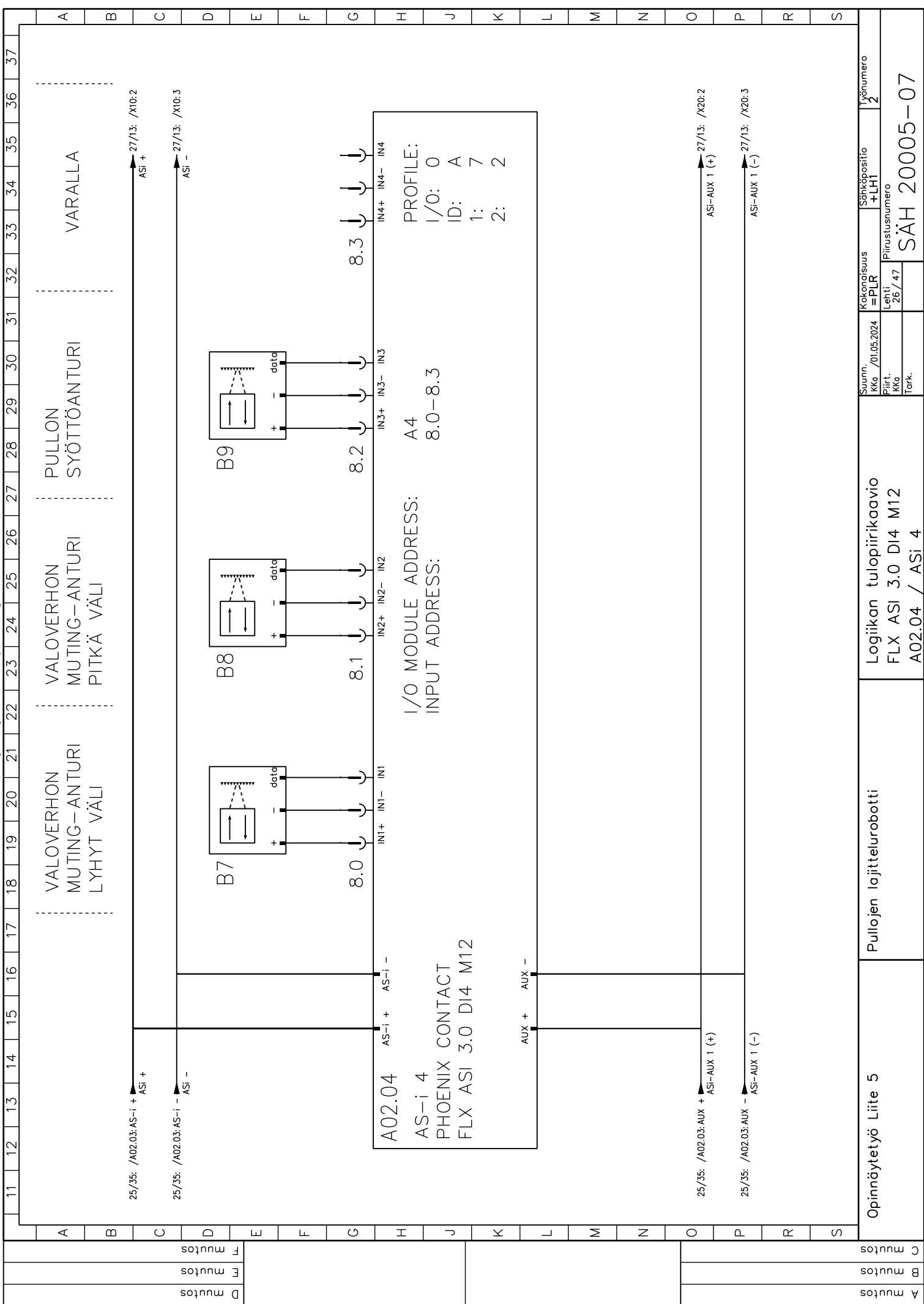
A muutos	Opinnäytetyö Liite 5		Pullojen lajittelurobotti		Logiikan tulopiirikaavio IFM AC5215 DI-4 M12 A02.01 / AS-i 1		Suunn. Kko. /01.05.2024		Kokonaissuus =PLR		Sähköpositio +LH1		Työnumero 2	
B muutos							Piirt. Kko. /23/47		Lehti /25/47		Piirustusnumero			
C muutos													SÄH 20005-04	





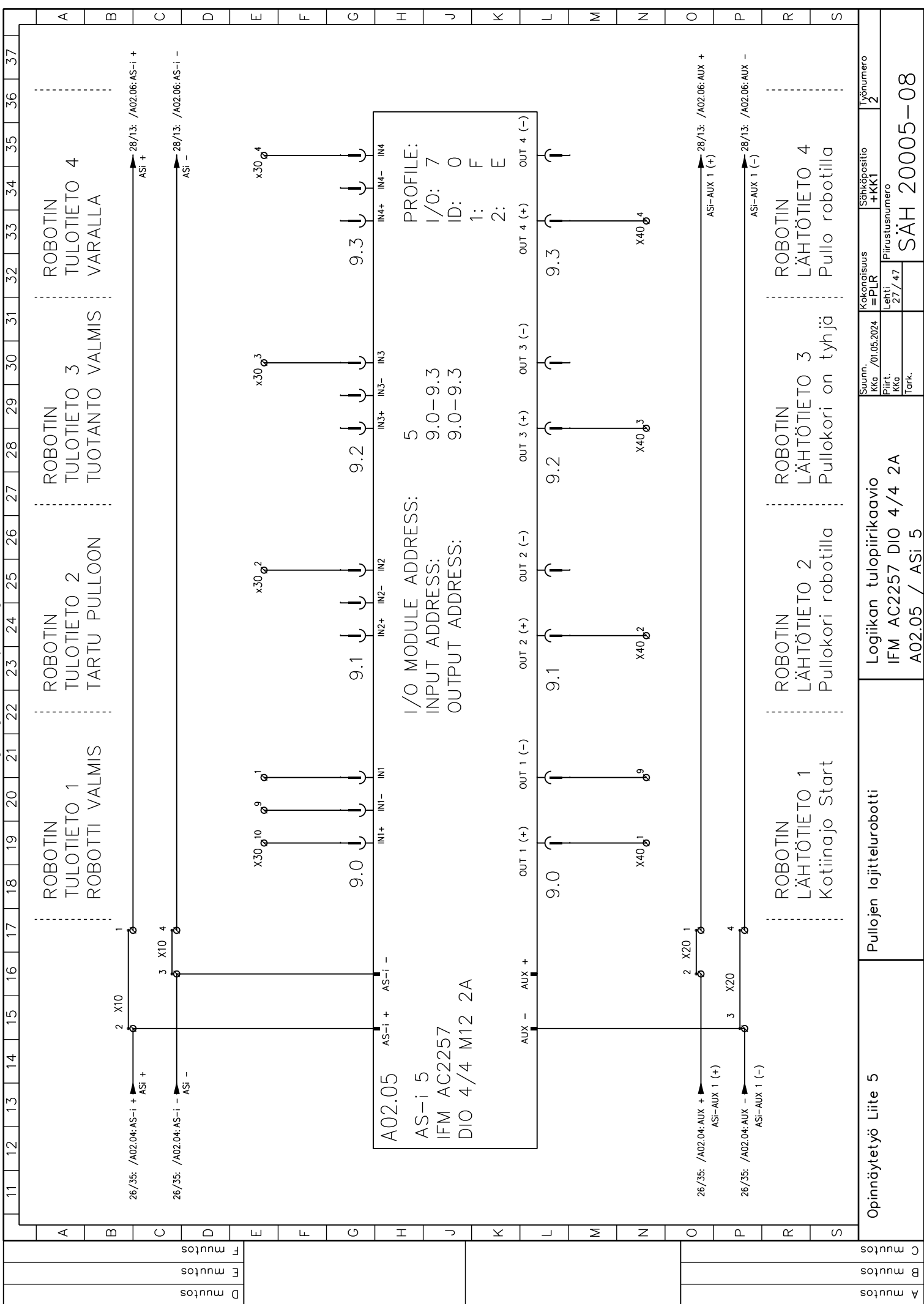
Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Logiikan tulopiirikaavio IFM AC5235 DIO 4/4 M12 2A A02.03 / ASI 3	Suunn. Kko /01.05.2024	Kokonaissuus =PLR	Sähköpositio +LH1	Projekti numero 2
			Piirt. Kko	Lehti / 25 / 47	Piirustusnumero	
			Tark.			

SÄH 20005-06



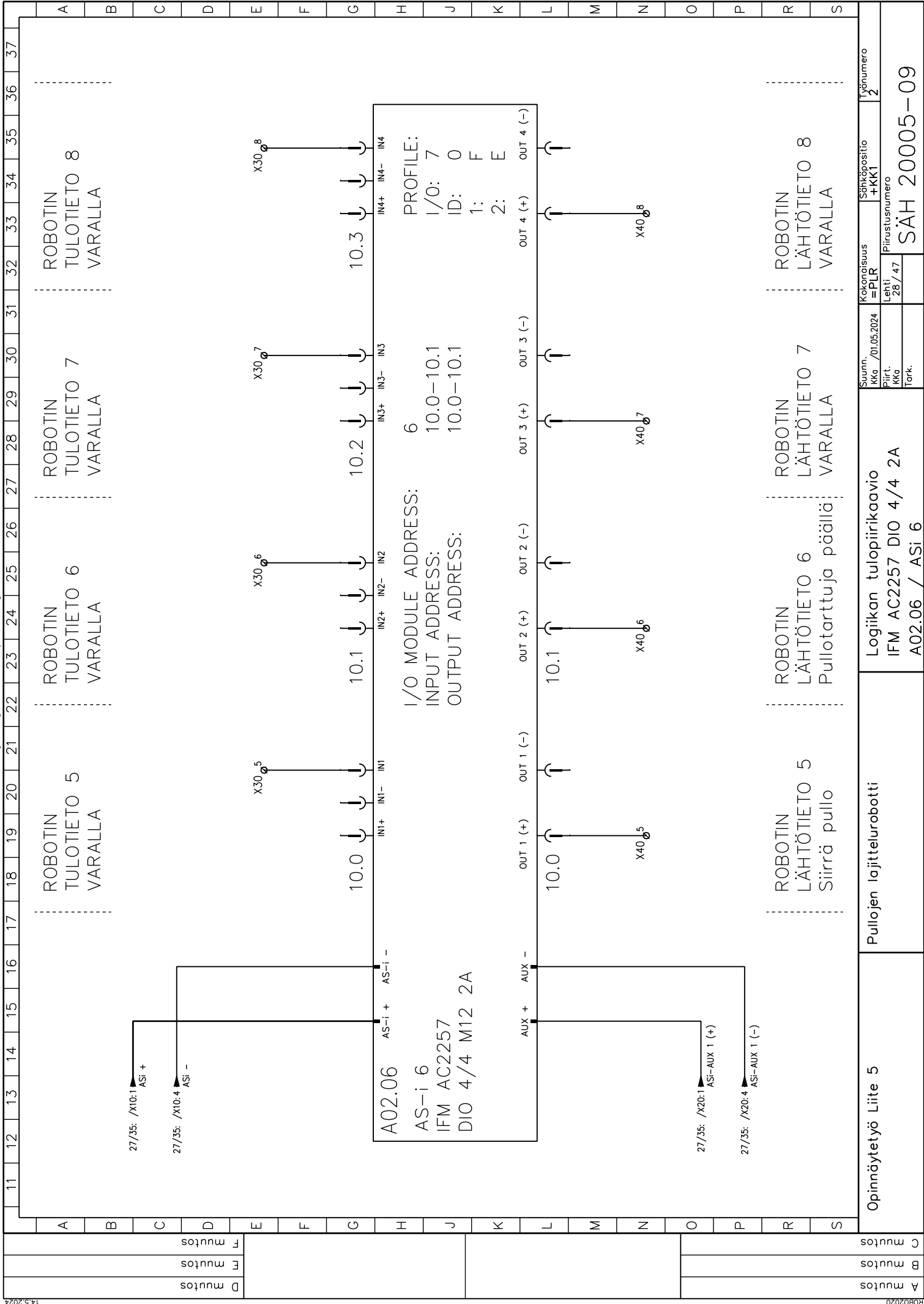
A muutos	Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Logiikan tulopiirikaavio FLX ASI 3.0 DI4 M12 A02.04 / ASI 4	Suunn. Kko /01.05.2024 Pirtt. Kko Tark.	Kokonaisuus =PLR Lehti / 26 / 47	Sähköposito +LH1 Piirustusnumero	Yönumero 2
B muutos							
C muutos							

SÄH 20005-07



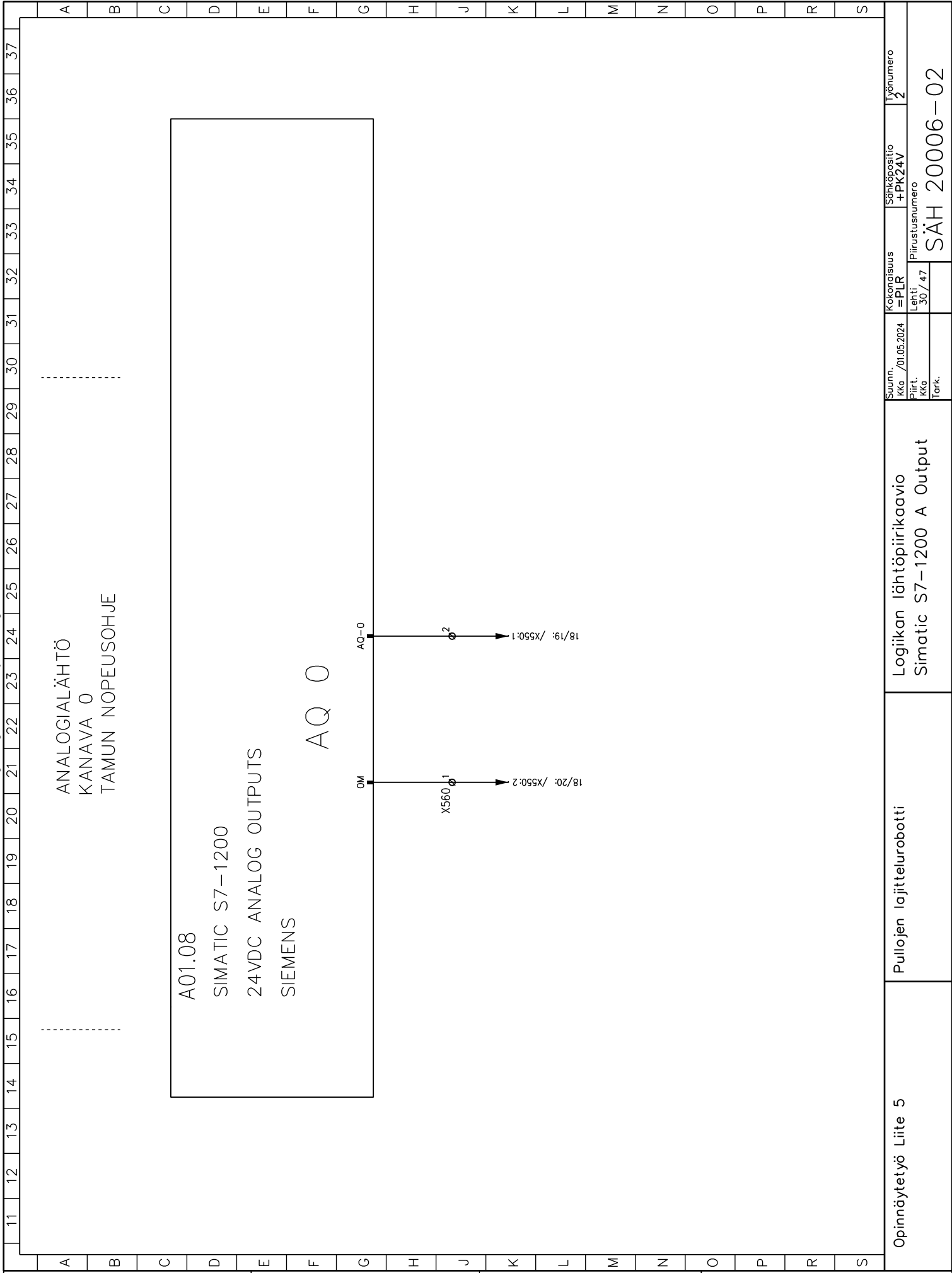
A muutos	Opinnäytetyö Liite 5		Pullojen lajitteurobotti		Logiikan tulopiirikaavio		Suunn. Kko. /01.05.2024		Kokonaisuus =PLR		Sähköposito +KK1		Työnumero 2	
B muutos					IFM AC2257 DIO 4/4 2A		Pirtt. Kko. /27/47		Lehti /27/47		Piirustusnumero			
C muutos					A02.05 / ASI 5		Tark.							

SÄH 20005-08



Opinnäytetyö Liite 5		Pullojen lajitteurobotti		Logiikan tulopiirikaavio		Suunn. /01.05.2024		Kokonaisuus =PLR		Sähköposito +KK1		Työnumero 2	
				IFM AC2257 DIO 4/4 2A		Pirtt. /Kk		Lehti / 28 / 47		Piirustusnumero		SÄH 20005-09	
				A02.06 / ASI 6		Tark.							

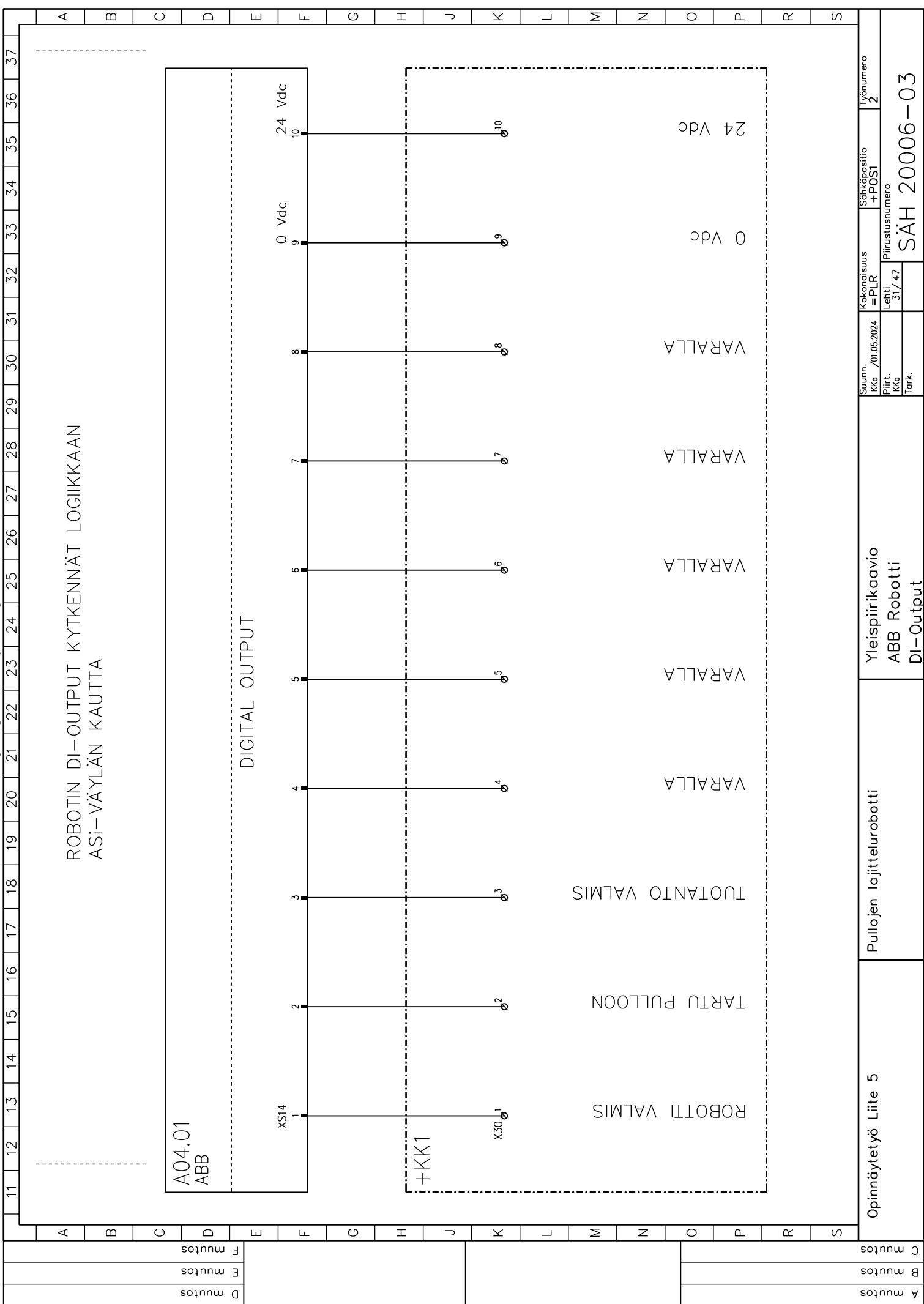




A muutos	
B muutos	
C muutos	
D muutos	
E muutos	
F muutos	

Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Logiikan lähtöpiirikaavio Simatic S7-1200 A Output	Suunn. Kko. /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpostio +PK24V	Työnumero 2
			Piirt. Kko.	Lehti/ 30 / 47	Piirustusnumero	
			Tark.			

SÄH 20006-02



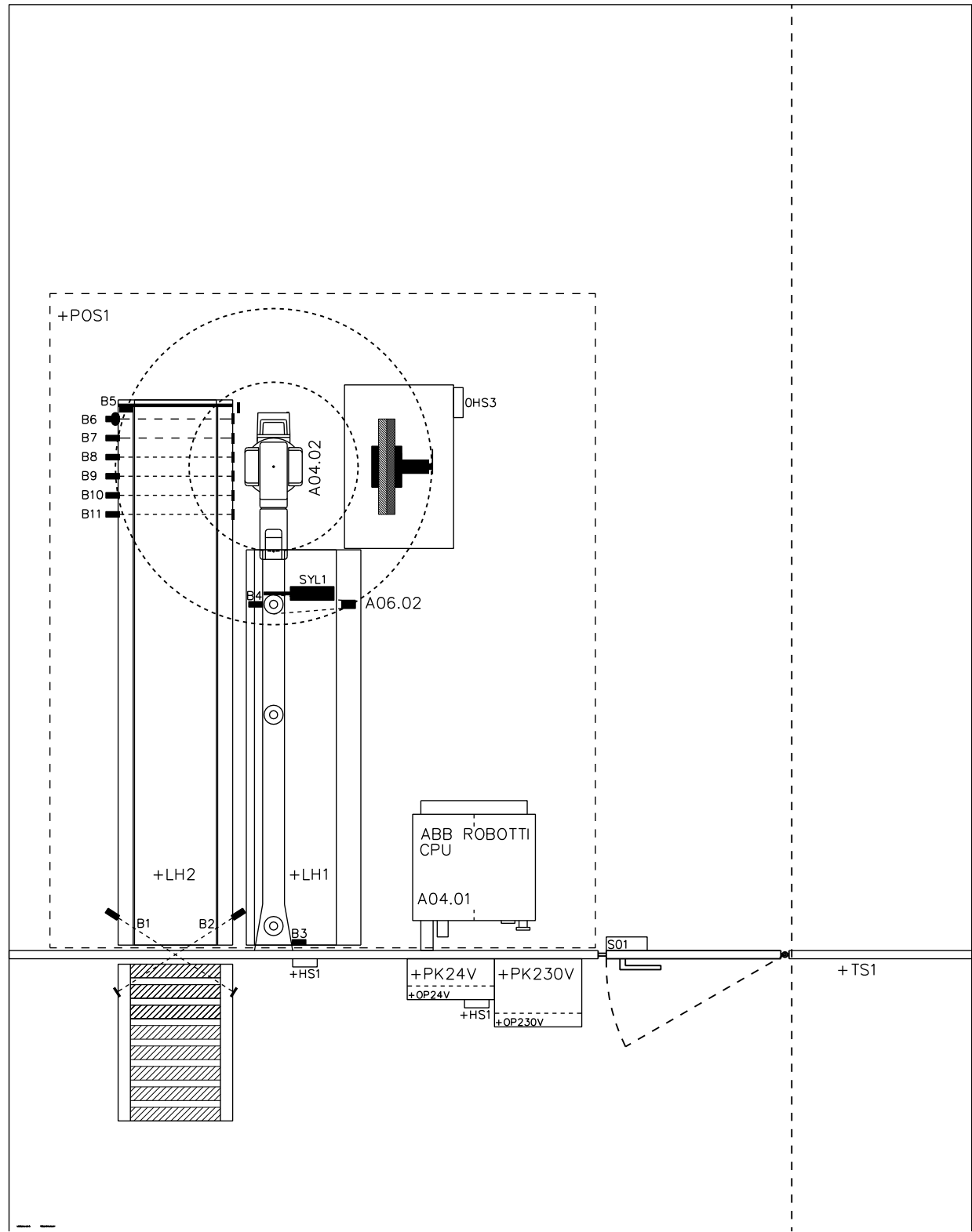
ROBOTIN DI-OUTPUT KYTKENNÄT LOGIIKKAAN  
ASI-VÄYLÄN KAUTTA

A muutos	Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Yleispiirikaavio ABB Robotti DI-Output	Suunn. Kko. /01.02.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpositio +POS1	Pyönumero 2
B muutos				Piirt. Kko	Lehti 31/ 47	Piirustusnumero	
C muutos				Tark.			

SÄH 20006-03

D muutos  
E muutos  
F muutos

A muutos  
B muutos  
C muutos



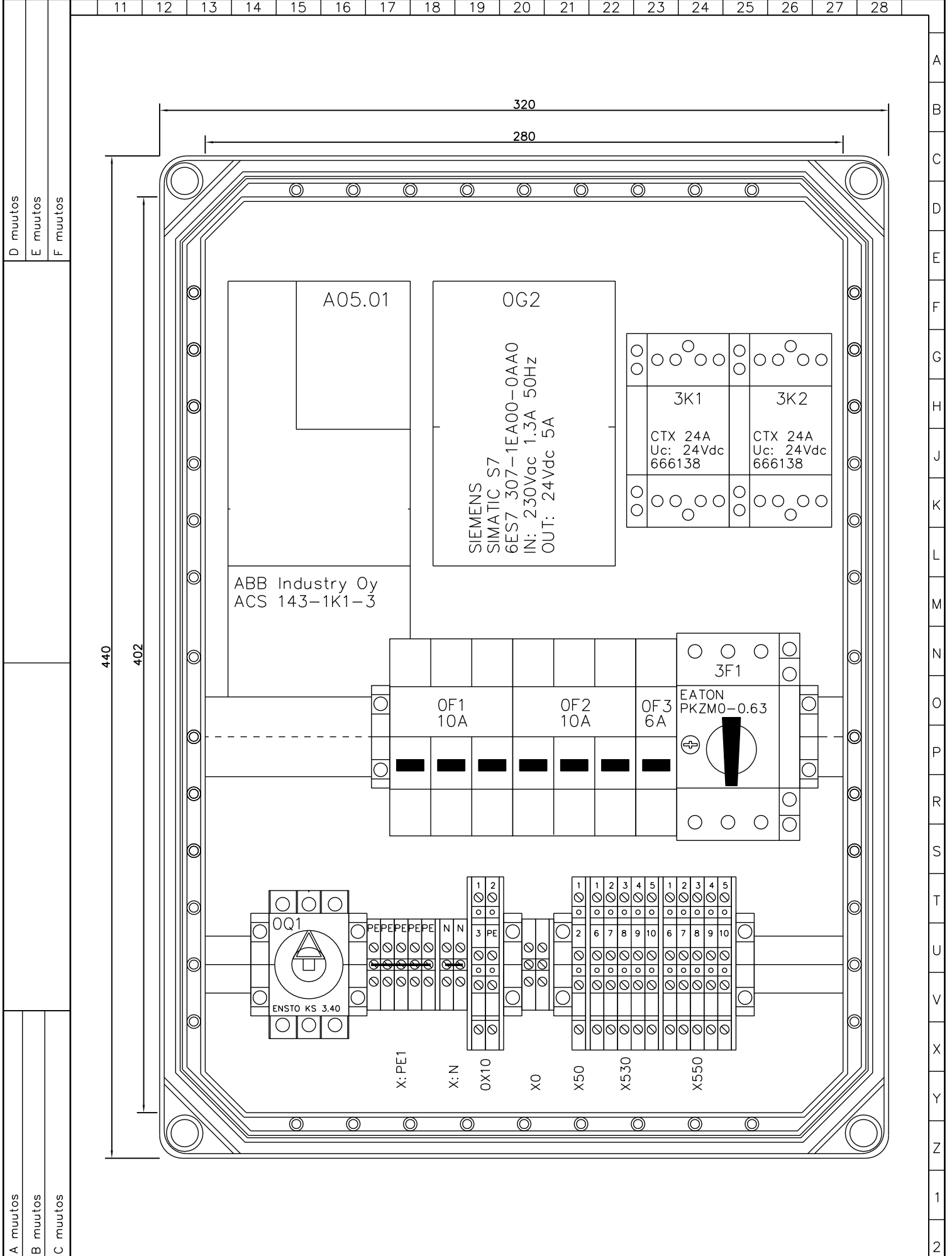
Opinnäytetyö Liite 5

Pullojenlajittelurobotti  
Sijoittelukaavio  
Laitteiston Layout

Suunn. KKo /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpositio	Työnumero 2
Piirt. KKo	Lehti 32 / 47	Piirustusnumero	
Tark.		SÄH 20007-01	

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



D muutos  
E muutos  
F muutos

A muutos  
B muutos  
C muutos

Opinnäytetyö Liite 5

Pullojenlajittelurobotti  
Sijoittelukaavio  
Keskus +PK230V

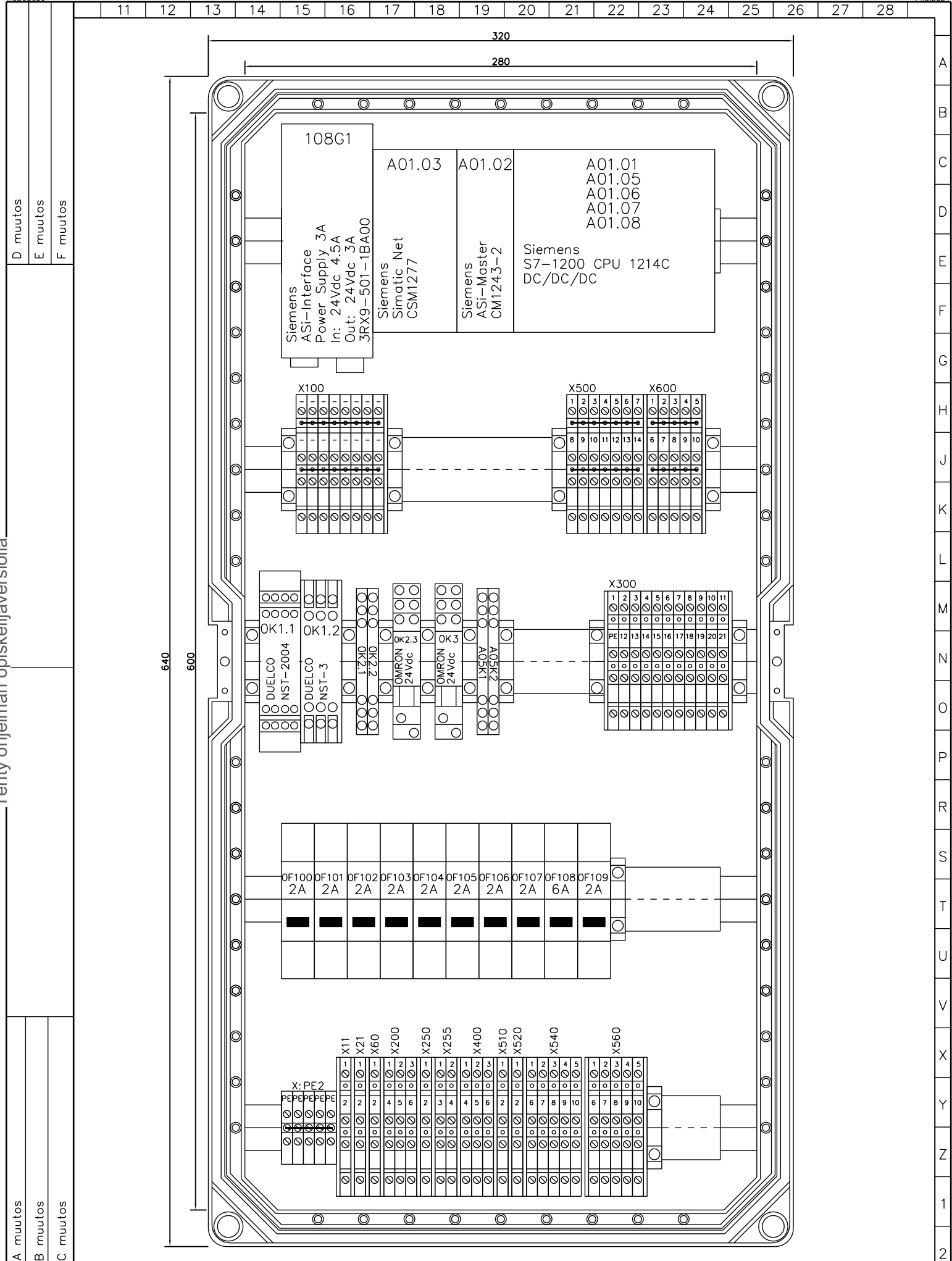
Suunn.  
KKe /01.05.2024  
Piirt.  
KKe  
Tark.

Kokongisuus  
=PLR  
Lehti  
33 / 47

Sähköpositio  
+ TS1  
Piirustusnumero

Työnnumero  
2

SÄH 20007-02



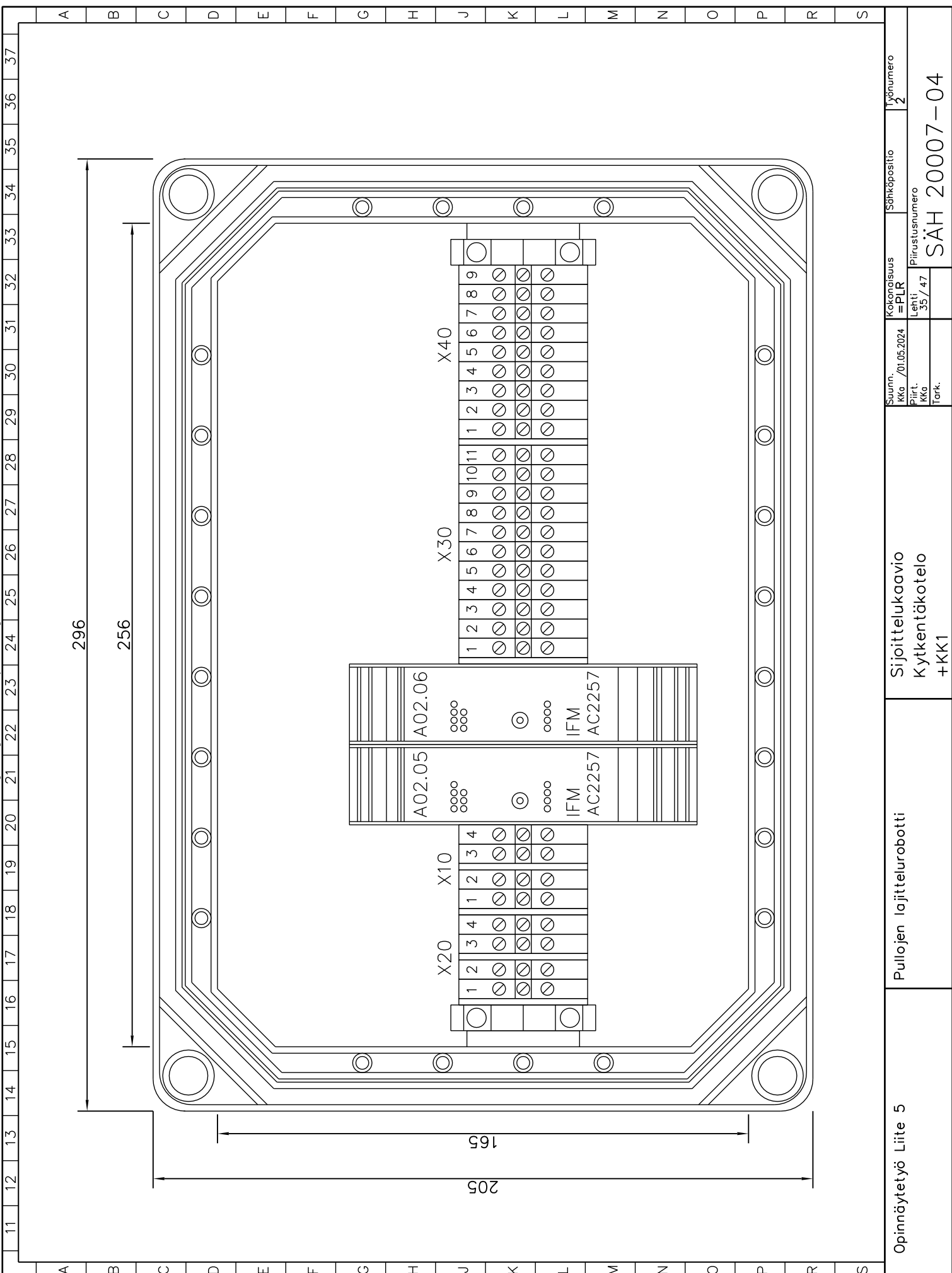
D muutos  
E muutos  
F muutos

A muutos  
B muutos  
C muutos

Opinnäytetyö Liite 5	Pullojenlajittelurobotti Sijoittelukaavio Keskus +PK24V	Suunn. KKa /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpositio +TS1	Työnumero 2
		Piirt. KKa	Lehti 34 / 47	Piirustusnumero	
		Tark.	SÄH 20007-03		

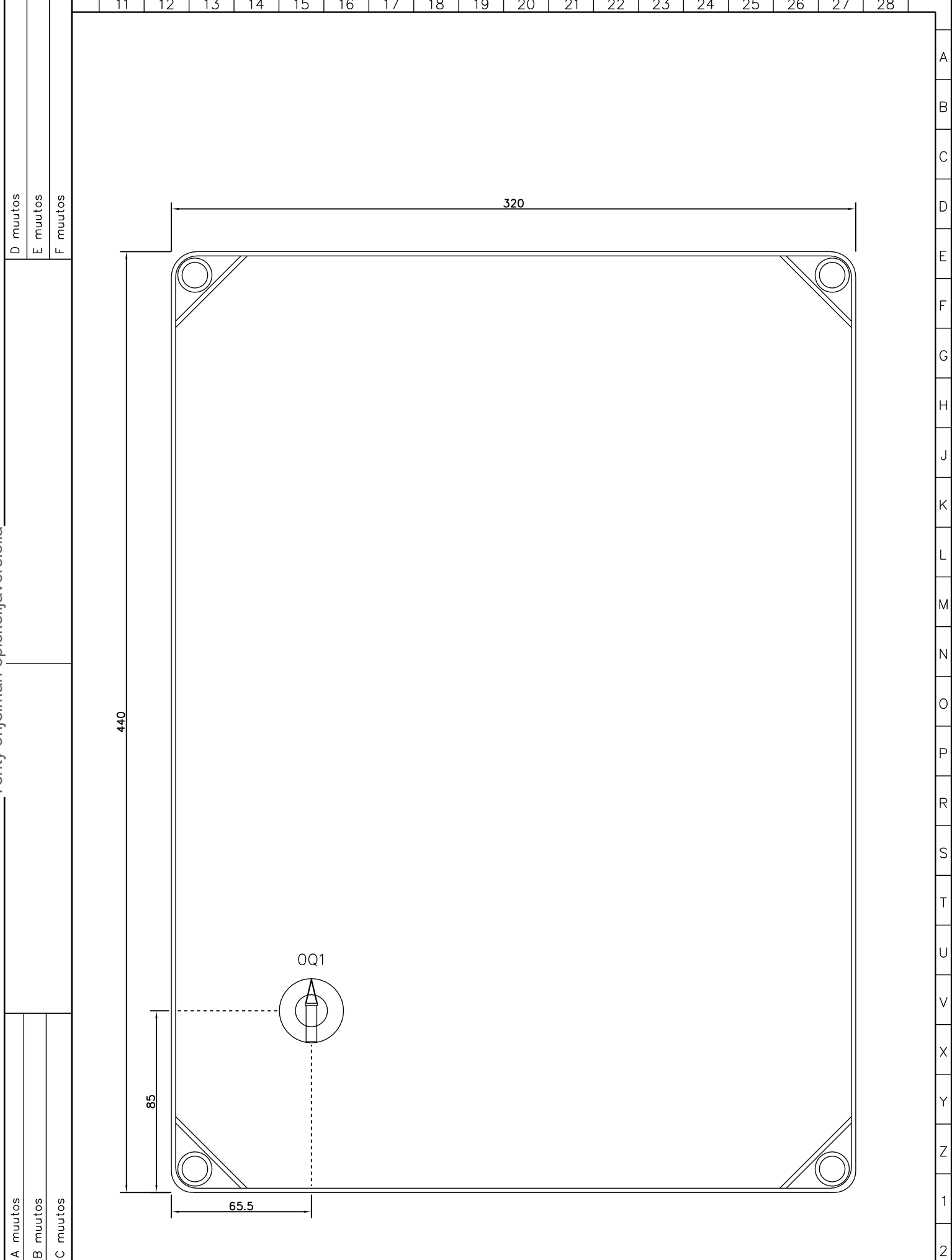
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



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

Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Sijoittelukaavio Kytkenäköpiirros +KK1	Suunn. Kka /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpiirros	Työnumero 2
			Piirt. Kka	Lehti 35 / 47	Piirustusnumero	
			Tark.			



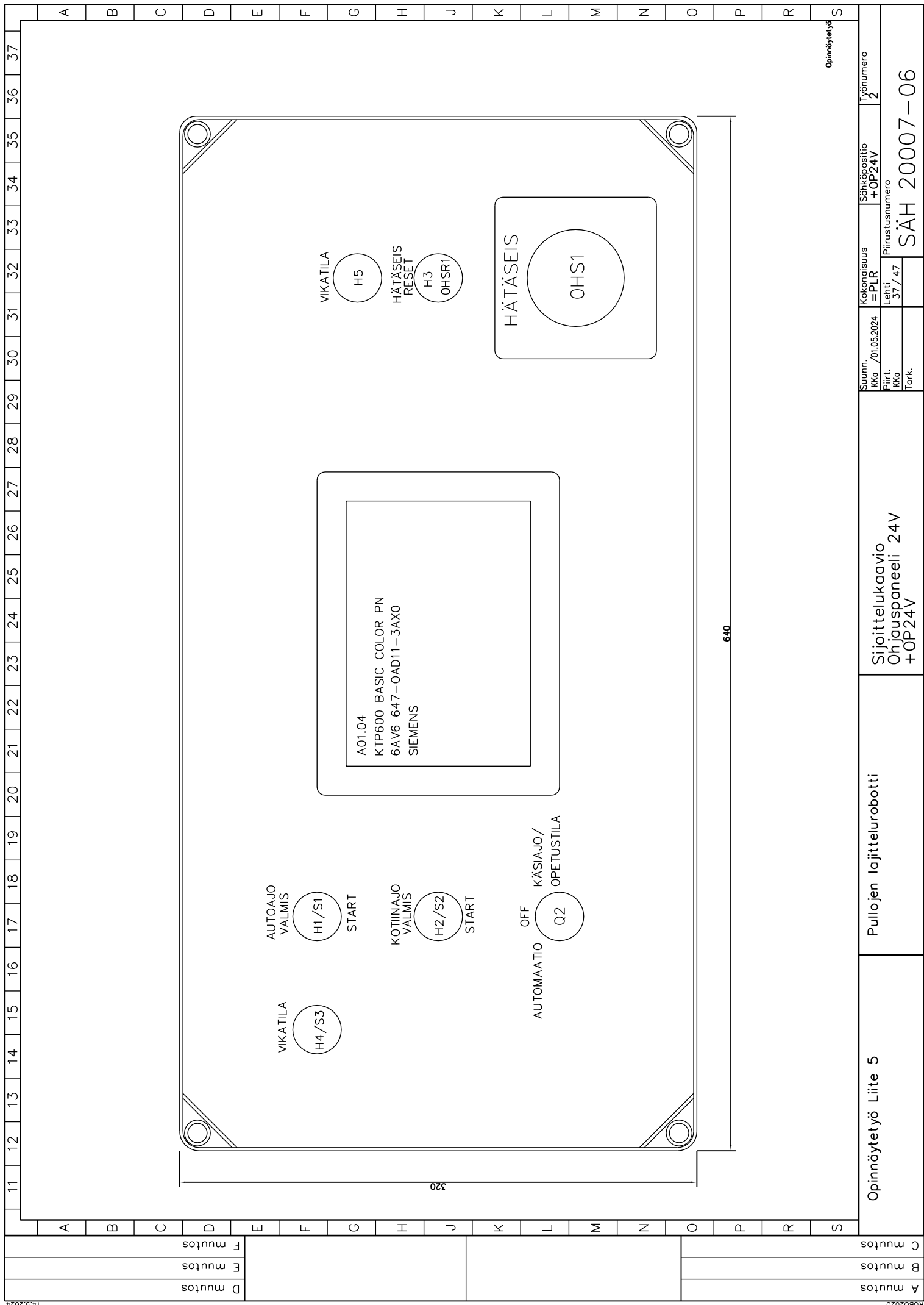
D muutos  
E muutos  
F muutos

A muutos  
B muutos  
C muutos

Opinnäytetyö Liite 5		Pullojenlajittelurobotti		Suunn. KKa /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpositio +OP230V	Työnumero 2
		Sijoittelukaavio		Piirt. KKa	Lehti 36 / 47	Piiustusnumero	
		Ohjauspaneeli +OP230V		Tark.	SÄH 20007-05		

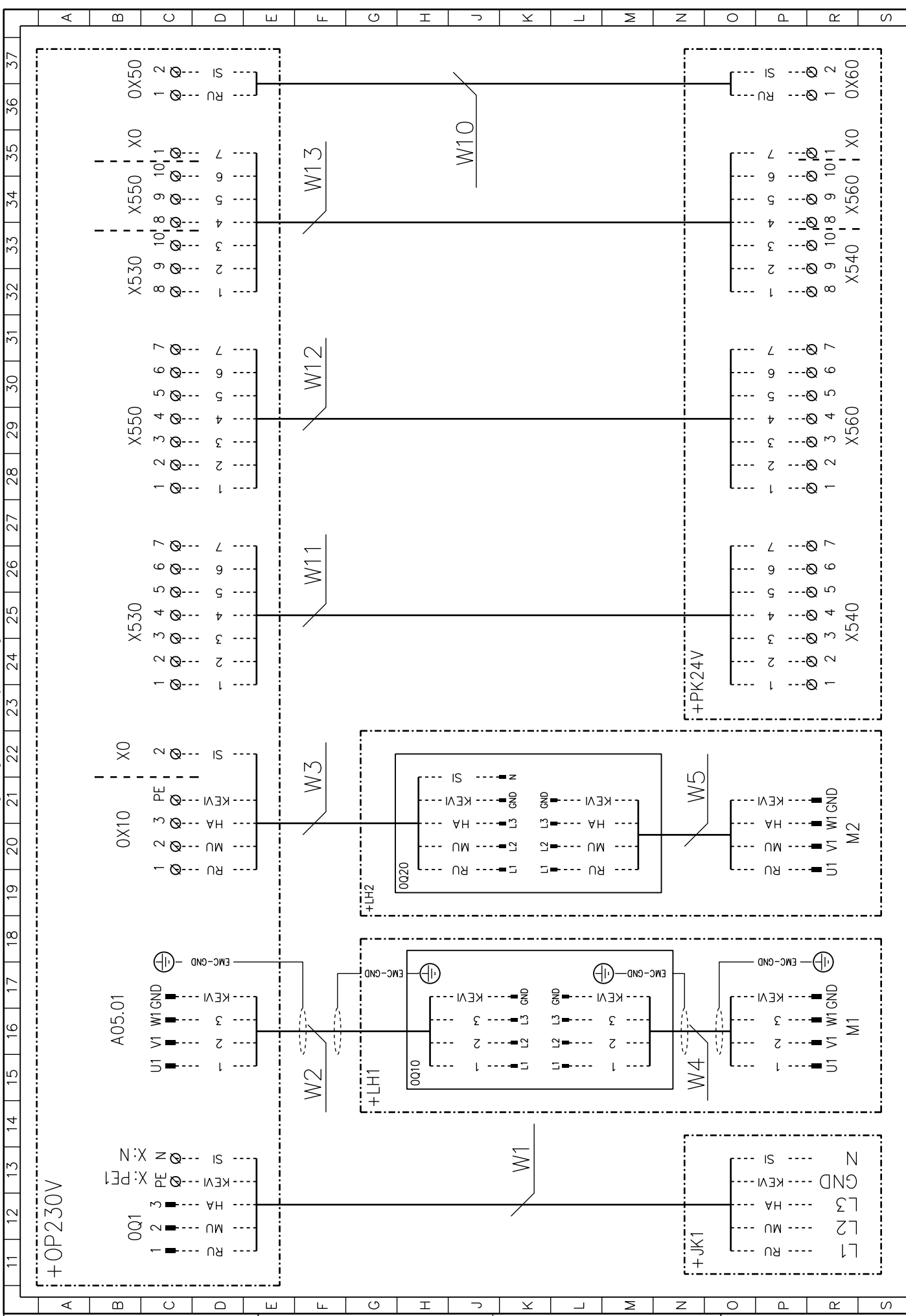
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



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

Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti	Sijoittelukaavio Ohjauspaneeli 24V +OP24V	Suunn. Kko /01.05.2024	Kokonaisuus =PLR	Sähköpositio +OP24V	Työnumero 2
			Piirt. Kko	Lehti 37 / 47	Piirustusnumero	
			Tark.			



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

Opinnäytetyö Liite 5		Pullojen lajittelurobotti		Kaapelointikaavio +PK230V Kaapelit 230Vac Keskus	
A muutos		Suunn. /01.05.2024		Kokonaissuus =PLR	
B muutos		Pirtt. /Kka		Sähköposito	
C muutos		Tark.		Piirustusnumero	
		38 / 47		2	
				Työnumero	
				SÄH 20008-01	





KAAPELINUMERO	KAAPELIN TYYPI	MISTÄ	MIHIN	PIT.	PIIR.NUMERO	HUOM.
1	W1	MMJ 5 x 2.5				
2	W2	YSLICY-JZ 4 x 1.5				
3	W3	MMJ 5 x 1.5				
4	W4	EMC Suopitu 4 x 1.5				
5	W5	MMJ 5 x 1.5				
6	W6	RehS OZ 2 x 0.75 GOST-R AG93				
7	W7					
8	W8					
9	W9					
10	W10	RehS OZ 2 x 0.75 GOST-R AG93				
11	W11	MMO 7 x 1.5				
12	W12	MMO 7 x 1.5				
13	W13	MMO 7 x 1.5				
14	W14	DRAKA MHS-LSZH 3x2x0.5				
15	W15	DRAKA MHS-LSZH 3x2x0.5				
16	W16	Anturikooppi 4 x 0.5				
17	W17	RehS OZ 2x0.75 GOST-R AG93				
18	W18	RehS OZ 2x0.75 GOST-R AG93				
19	W19	RehS OZ 2x0.75 GOST-R AG93				
20	W20	M12 Kooppi 4 x 0.5				
21	W21	M12 Kooppi 4 x 0.5				
22	W22					
23	W23.1					
24	W23.2					
25	W23.3					
26	W23.4					
27	W24.1					
28	W23.2					
29	W24.3					
30	W24.4					
31	W25					
32	W26					
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
Opinnäytetyö Liite 5	Pullojen lajittelurobotti		Kaapelointikaavio Kaapeliuettelo			

A muutos  
B muutos  
C muutosD muutos  
E muutos  
F muutosSuunn.  
KKo /01.05.2024  
=PLRKokonaisuus  
Lehti  
41 / 47Sähköposito  
Piirustus n:o  
SÄH 20008-04Työnro  
2











KPL	LAITE TUNNUS	LAITTEEN NIMI	TEKNISET TIEDOT	VALMISTAJA	PIIR NUMERO	HUOM.
1	H1	Merkkivolo Vihred: Kotiinajo Valmis	LED-Lohko kirkos 12-24V AC/DC	BACO		33EAWL
2	H2	Merkkivolo Valkoinen: Auloojo	LED-Lohko kirkos 12-24V AC/DC	BACO		33EAWL
3	H3	Merkkivolo Punainen: Hätöseis Painettu	LED-Lohko kirkos 12-24V AC/DC	BACO		33EAWL
4	H4	Merkkivolo Sininen: Tuolannon pysäytys	LED-Lohko kirkos 12-24V AC/DC	BACO		33EAWL
5	H5	Merkkivolo Keltainen: Vikatilo	LED-Lohko kirkos 12-24V AC/DC	BACO		33EAWL
6						
7						
8	B1	Löhesymskyltkin: Valoverho Muling 1	Peilistä heijastava			
9	B2	Löhesymskyltkin: Valoverho Muling 2	Peilistä heijastava			
10	B3	Löhesymskyltkin: Pullo syötetty liukuhihnalle	Koppaleesta heijastava			
11	B4	Löhesymskyltkin: Pullo kuljetettu robotille	Koppaleesta heijastava			
12	B5	Löhesymskyltkin: Kori kuljetettu robotille	Koppaleesta heijastava			
13	B6	Löhesymskyltkin: Pullokori tyhjä onturi 1	Peilistä heijastava			
14	B7	Löhesymskyltkin: Pullokori tyhjä onturi 2	Peilistä heijastava			
15	B8	Löhesymskyltkin: Pullokori tyhjä onturi 3	Peilistä heijastava			
16	B9	Löhesymskyltkin: Pullokori tyhjä onturi 4	Peilistä heijastava			
17	B10	Löhesymskyltkin: Pullokori tyhjä onturi 5	Peilistä heijastava			
18	B11	Löhesymskyltkin: Pullokori tyhjä onturi 6	Peilistä heijastava			
19						
20	Y01	Magneettiventtiilin kelo				
21						
22						
23	S01	Turvokyltkin, Turvoovi				
24						
25	10	Riviliitin, Kello/Vihred		Schlebel		
26	2	Riviliitin Sininen		Schlebel		
27	68	Riviliitin, Harmoo	20-10 AW6 600V 40A TypeC	Schlebel		IK5
28	68	Riviliitinkorkepoalo, Harmoo	20-10 AW6 600V 40A TypeC	Schlebel		IKH4
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
Opinnäytetyö Liite 5			Pullojen lajittelurobotti	Laiteluettelo Sivu 3	Suunn. KKa /01.05.2024	Söhköpositio Työno 2
D muutos						
E muutos						
F muutos						
G muutos						
C muutos						
B muutos						
A muutos						



# AMMATILLISTA KOULUTUSTA AIKUISILLE TYÖELÄMÄN TARPEISIIN

Oppisopimuskoulutus | Työvoimakoulutus | Omaehtoinen koulutus | Lyhytkoulutus

Meillä opiskelee **kaikenikäisiä aikuisia eri elämäntilanteissa.**

Opiskele ensimmäinen ammatti, kehitä osaamistasi tai vaihda alaa - meillä onnistuu! Tavoitteemme on sinun työllistymisesi ja siinä tuemme sinua koko opin-  
tojesi ajan.

**Opiskele koko tutkinto tai tutkinnon osia 12 eri koulutusallalla.**

- Ajoneuvoala
- Kasvatus-, sosiaali- ja terveysala
- Kone- ja tuotantotekniikka
- Liiketoiminta, kauppa ja hallinto
- Matkailuala
- Nosturikoulutus
- Ohjaava koulutus ja maahanmuuttajakoulutus
- Puhtaus- ja kiinteistöpalveluala
- Rakennusala
- Sähkö- ja automaatiotekniikka
- Talotekniikka
- Turvallisuusala

## MONTA TAPAA KEHITTÄÄ OSAAMISTA

- Oppisopimuskoulutus
- Työvoimakoulutus
- Omaehtoinen koulutus
- Lyhytkoulutus



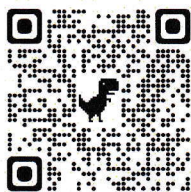
**Mikä koulutusmuoto sopii sinulle?**

Skannaa QR-koodi ja tutustu tarkemmin.

## OHJAUS- JA HAKUPALVELUT APUNASI

Ota rohkeasti yhteyttä opinto-ohjaajan, jos pohdit osaamisesi kehittämistä, alanvaihtoa tai mitä tahansa opiskeluun liittyvää.

Lue lisää [www.turunakk.fi/opo](http://www.turunakk.fi/opo)



## 5 SYYTÄ VALITA TURUN AKK

1.

Voit hakeutua koulutuksiimme milloin tahansa, ympäri vuoden. Aloitus sovitusti.

2.

Meillä ei kysytä keskiarvoa: riittää, että sovellut alalle, olet motivoitunut oppimaan ja työllistymään.

3.

Koulutus suunnitellaan sinulle henkilökohtaisesti aiempi osaamisesi huomioiden.

4.

Opiskelu on käytännönläheistä: suurin osa koulutuksesta suoritetaan aidoissa työtehtävissä.

5.

Tuemme opiskeluasi ja työllistymistäsi.

**TURUN AKK**

Puh. 0207 129 200

info@turunakk.fi

[www.turunakk.fi](http://www.turunakk.fi)



Jatkuvasti päivittyvä koulutustarjontamme löytyy osoitteesta  
[www.turunakk.fi/koulutukset](http://www.turunakk.fi/koulutukset)

## MONTA TAPAA KEHITTÄÄ OSAAMISTA

### TYÖVOIMAKOULUTUS

**Kenelle:** Työttömille ja työttömyysuhan alaisille työnhakijoille, joilla on TE-toimiston toteama koulutustarve. Koulutuksen tavoitteena on työllistyminen.

**Toimeentulo koulutuksen aikana:** Mikäli olet oikeutettu työttömyys-etuuteen (Kela tai liitto), saat samaa etuutta kuin työttömänä ollessasi sekä kulukorvausta koulupäiviltä.

**Haku:** osoitteessa [koulutukset.te-palvelut.fi](http://koulutukset.te-palvelut.fi) tai [www.turunakk.fi/koulutukset](http://www.turunakk.fi/koulutukset)

**Lisätietoja:** TE-palveluiden koulutusneuvonta numerossa 029 502 0702 (ma-pe klo 9-16.15).

### OMAehtoINEN KOULUTUS

**Kenelle:** Kaikille, jotka haluavat kehittää ammatillista osaamistaan koko tutkinnolla tai tutkinnon osalla. Koulutus suunnitellaan jokaiselle opiskelijalle aina henkilökohtaisesti, jolloin opiskelet vain sinulta puuttuvaa osaamista. Myös yrittäjille.

**Toimeentulo koulutuksen aikana:**

- Kelan opintotuki ([www.kela.fi/opintotuki](http://www.kela.fi/opintotuki))
- **25 vuotta täyttänyt työtön työnhakija:** kysy ennen opintojen aloitusta TE-toimistosta tai kuntakokeilusta mahdollisuutta opiskella työttömyys-etuudella.
- **Työssä oleva:** selvitä mahdollisuutesi opintovapaaseen ja aikuis-koulutustukeen.

**Haku:** Turun AKK:n nettisivuilta [www.turunakk.fi/koulutukset](http://www.turunakk.fi/koulutukset)

### OPPISOPIMUSKOULUTUS

**Kenelle:** Työnantaja voi palkata työntekijän suoraan oppisopimukseen tai kehittää nykyisen henkilöstön osaamista. Myös yrittäjille.

Kaikkia Turun AKK:n tutkintoja voi opiskella oppisopimuksella.

**Toimeentulo koulutuksen aikana:** Työehtosopimuksen mukainen palkka työpäiviltä. Mikäli työnantaja ei maksa palkkaa koulupäiviltä, opiskelijalla on mahdollisuus päivärahaan.

**Haku:** Turun AKK:n nettisivuilta [www.turunakk.fi/koulutukset](http://www.turunakk.fi/koulutukset)

**Lisätietoja:** [www.turunakk.fi/oppisopimus](http://www.turunakk.fi/oppisopimus)



## ELÄMÄNMAKUISIA URATARINOITA BLOGISSAMME

Blogissamme on useita inspiroivia tarinoita opiskelijoistamme, jotka ovat tehneet mm. rohkeita alanvaihtoja.

Käy lukemassa

[www.turunakk.fi/ajankohtaista](http://www.turunakk.fi/ajankohtaista)

