

# **Arkkileikkurin hajautetun I/O:n päivittäminen**

Lari Tourunen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2020  
Tekniikan ala  
Insinööri (AMK), Sähkö- ja automaatiotekniikka

Tekijä(t) Tourunen Lari	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2020
	Sivumäärä 88	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: (X)
Työn nimi <b>Arkkileikkurin hajautetun I/O:n päivittäminen</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Ström Markku		
Toimeksiantaja(t) Metsä Board Oyj		
Tiivistelmä <p>Työn toimeksiantajana toimi Metsä Board Oyj Äänekosken kartonkitehdas. Toimeksiantajan arkkileikkurin ohjausjärjestelmä sisältää jo vanhentuneita Siemensin hajautettuja I/O-moduuleja. Toimeksiantaja halusi saada selville taloudellisimmat ja järkevimmät vaihtoehdot vanhentuneiden hajautettujen moduulien päivittämiseksi. Työn yhtenä tavoitteena oli myös tuottaa hyvä dokumentaatio vaihtotyöstä ja siihen liittyvistä asioista, jotta toimeksiantaja voi käyttää sitä jatkossa hyödykseen.</p> <p>Selvitystyötä toteutettiin suunnitelmallisesti. Kartoitettiin tehtaalla käytössä olevaa ohjausjärjestelmää ja laitteita. Toimeksiantajan työntekijöiden, yhteistyökumppaneiden ja omaehtoisen tutkimuksen perusteella etsittiin parhaimmat vaihtoehdot päivivitystyön toteuttamiselle ja niistä valittiin kaksi erilaista toteutustapaa.</p> <p>Kaikkiin alussa määriteltyihin tavoitteisiin ei päivivitystyön osalta päästy. Käyttöönottoa ei pystytty suorittamaan tuotannollisista syistä niin aikaisin, että sitä olisi voinut dokumentoida opinnäytetyöhön. Toimeksiantajalla on kuitenkin kyky toteuttaa hajautettujen I/O-moduulien vaihtoja omien työntekijöiden voimalla tätä opinnäytetyötä apuna käyttäen. Lisäksi yksi hajautusmoduuli voidaan asentaa välittömästi tuotantotilanteen salliessa. Työtä hankaloitti varsinkin vanhojen ja uusien kenttälaitteiden välisen yhteensopivuuden löytäminen sekä pyrkiä suorittamaan työtä siten, että ohjausjärjestelmästä ei tulisi entistä monimutkaisempi. Aikataulu petti työn edetessä, mutta se on osoitus siitä, että projektien edetessä saattaa ilmetä ongelmia, jotka muokkaavat jopa alkuperäisiä tavoitteita.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Arkkileikkuri, ohjelmoitava logiikka, Profibus DP, Profinet, kenttäväylä, hajautettu järjestelmä, kenttälaite		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Tourunen Lari	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 88	Permission for web publication: (X)
Title of publication <b>Updating the distributed I/O of a sheet cutter</b>		
Degree programme Electrical and Automation Engineering		
Supervisor(s) Ström Markku		
Assigned by Metsä Board Oyj		
Abstract <p>The work was commissioned by Metsä Board Oyj, specifically their Äänekoski Board Mill. The employer's sheet cutter control system contains Siemens distributed I/O-modules which were already obsolete. The employer wanted to find out the most reasonable and most cost-effective options for the updating of distributed I/O-modules. One of the targets for the work was also to produce good documentation of the update work and issues related to it. The employer can utilize this thesis in the future.</p> <p>The study was carried out systematically. The control system and devices which are used in the sheet cutter were charted. Based on the personal research of the employer's workers and co-operation partners, it was possible to find the best options implementing the update work. From these options, two different implementations were chosen.</p> <p>All of the targets which were defined above for the update work were not reached. Due to production reasons, the commissioning could not be carried out so early that it could have been documented in this thesis. However, the employer now has the ability to implement the distributed I/O module exchanges with the help of its own employees and the help of this thesis. Also, one I/O module can be exchanged immediately if the production situation allows it. There were challenges which made work more difficult, such as finding compatibility between the old and new field devices as well as trying to carry out the work in such a way that the control system did not become more complicated. The schedule failed as the work progressed, but it is an indication that as projects progress, problems that even modify the original targets may arise.</p>		
Keywords/tags (subjects) Sheet cutter, Programmable Logic Controller, Profibus DP, Profinet, fieldbus, distributed system, field device		
Miscellaneous (Confidential information)		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>4</b>
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet .....	4
1.2	Metsä Board Oyj .....	5
<b>2</b>	<b>Kehittämistehtävä</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Teoriaosuus</b> .....	<b>7</b>
3.1	Arkkileikkuri .....	7
3.1.1	Täysin tasatahtinen poikkileikkuri kaksoismoottorikäytöllä ja kytkinkoneistolla .....	17
3.2	Ohjelmoitava logiikka .....	19
3.2.1	Keskusyksikkö .....	21
3.2.2	Tuloyksikkö .....	23
3.2.3	Lähtöyksikkö .....	25
3.3	Hajautettu I/O- järjestelmä .....	26
3.4	Kenttäväylä .....	28
3.4.1	Profibus .....	30
3.4.2	Profinet .....	36
<b>4</b>	<b>Hajautetun I/O:n päivittämisen suunnittelu</b> .....	<b>42</b>
4.1	Laitekannan selvittäminen .....	42
4.2	Päivitystyön vaihtoehdot .....	45
4.2.1	Hajautettu I/O- järjestelmä toteutettuna ET200SP- laitteilla .....	46
4.2.2	Kommunikointi prosessorin lisääminen keskusyksikköön .....	47
4.2.3	Keskusyksikön vaihtaminen .....	48
4.2.4	Hajautusmoduulin lisääminen Profibus DP- kenttäväylään .....	49
<b>5</b>	<b>Käytännötoteutus</b> .....	<b>49</b>
5.1	Laitekonfiguraatio muutokset .....	50
5.2	Kytkenämuutokset .....	52
5.3	Dokumentaatio .....	53
5.4	Käyttöönotto .....	53

	2
<b>6 Tulokset .....</b>	<b>54</b>
<b>7 Pohdinta .....</b>	<b>56</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>59</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>61</b>
Liite 1. Arkkileikkurin logiikan 500.A1 kenttäväylän laitteet.....	61
Liite 2. H520 kenttäkotelon Profibus DP laitteet.....	62
Liite 3. Laitedokumentaatio ET200SP sarjalle. ....	63
Liite 4. Uusi kenttäväylä määrittely 500.A1 logiikalle.....	72
Liite 5. Päivitetyt piirikaaviot.....	73

## **Kuviot**

Kuvio 1. Esivalmisteltu kartonkirulla.....	8
Kuvio 2. Kaksipaikkainen karuselliaukirullain. Ajossa oleva kartonkirulla A- varsilla. ....	9
Kuvio 3. Kamera valvottu radanohjauslaite. ....	10
Kuvio 4. Arkkileikkurin pituusleikkausyksikkö.....	11
Kuvio 5. Saksimaisen leikkauksen periaate. ....	13
Kuvio 6. 85% Limistysaste arkkikoon ollessa 1000mm. ....	14
Kuvio 7. Limitetty arkkipvirta kuljetushihnastolla matkalla kohti lavaajaa. ....	16
Kuvio 8. Arkkipinot muodostuvat kaksoislatojalle. ....	17
Kuvio 9. Simatic S7-1500 on Siemensin uusin PLC tuoteperhe.....	20
Kuvio 10. PLC-laitteiston elementit. ....	21
Kuvio 11. Siemensin S7-300 -sarjan keskusyksiköitä.....	22
Kuvio 12. Hajautetun järjestelmän Simatic ET200S 4-kanavainen binäärinen tuloyksikkö.....	24
Kuvio 13. Hajautetun järjestelmän Simatic ET200S 4-kanavainen binäärinen lähtöyksikkö.....	25
Kuvio 14. Feston valmistama venttiiliterminaali eli kenttäväylämoduuli. ....	27
Kuvio 15. Erilaisia verkon topologioita. ....	28

Kuvio 16. Havainnollistava kuvio Profinet- ja Profibusväylän yhdistämisestä.....	29
Kuvio 17. Profibus kenttäväylän toimintaperiaate, kun isäntälaitteita on useita	31
Kuvio 18. Profibus-DP väyläliitin.....	33
Kuvio 19. RS485-toistin päättää segmentin 1 ja yhdistää sen segmenttiin 2. ....	34
Kuvio 20. Profibus DP tasot.....	35
Kuvio 21. Profinet hyödyntää kaikkia neljää ISO/OSI-mallin kerrosta. ....	36
Kuvio 22. Kenttäväylien integrointi Ethernet-verkkoon Profinetin yhdyskäytävien avulla.....	39
Kuvio 23. Profinetin RJ45- ja M12-liitin. ....	40
Kuvio 24. Profinetin vasteaikoja.....	41
Kuvio 25. A5040- moduulin osoitteet.....	44
Kuvio 26. Laitelista ET200SP- sarjan hajautusmoduulille. ....	47
Kuvio 27. Testi simulaatio. ....	51
Kuvio 28. Simulaatioon määritellyt hajautusmoduulin I/O-osoitteita. ....	52
Kuvio 29. Simulaation muuttuja taulukko.....	54

## Taulukot

Taulukko 1. Segmentin maksimipituus käytettäessä parikaapelia ja RS485-sarjaliikenneväylää.....	33
Taulukko 2. Profinet IO:n ja Profibus DP:n ominaisuuksia. ....	37
Taulukko 3. Profinet IO laiteluokat.....	38
Taulukko 4. CPU318-2 korvaavat keskusyksiköt. ....	43
Taulukko 5. Päivitettävän hajautusmoduulin I/O-määrät. ....	45
Taulukko 6. Päivitystöiden tarjouspyynnöt.....	50

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

Teollisuusympäristöissä laitekannat vaihtelevat ja ovat tyypillisesti sekoitus erittäin vanhaa tekniikkaa ja uusinta tekniikkaa. Tämänkaltainen laitekannan rakenne luo omat haasteensa. Kaikki laitteet eivät esimerkiksi ole yhteensopivia. Tähän tilanteeseen osittain johtaa kuitenkin se, että laitteiden asennuksen jälkeen niitä käytetään mahdollisimman kauan. Laitteita käytetään niin kauan kuin ne ovat toimivia ja kustannustehokkaita, jotta teollisuuden yritys saavuttaisi parhaan mahdollisen hyödyn. Tämän opinnäytetyön pohjana onkin juuri kyseiseen pulmaan liittyvä päivitystyö. Tarkoituksena on pyrkiä päivittämään toimeksiantajan vanhaa laitteistoa vastaamaan nykyisempää tekniikkaa. Itse aion työskennellä teollisuudessa valmistumisen jälkeen ja siksi olen valinnut opinnäytetyökseni hajautetun I/O:n päivittämisen, koska luulen vastaavanlaisia projekteja tulevan eteen teollisuudessa paljon.

Toimeksiantajalla on käytössään vanhoja jo tuotetuen menettäneitä hajautusmoduuleja. Toimeksiantaja tarvitsee selvityksen päivitystyöstä, jossa hajautetut I/O-moduulit korvattaisiin uudemmilla. Opinnäytetyöstä selviää toimeksiantajalle päivitystyön vaiheet sekä asiat joihin tulee kiinnittää huomiota päivittämistyössä ja myöskin vaadittavat resurssit työlle. Opinnäytetyö tuo turvaa tuotannolle, koska varaosien saatavuus paranee uudemman laitteiston myötä. Lisäksi työstä jää hyvä dokumentaatio, jotta toimeksiantajalla on edellytykset vastaavanlaiseen päivitystyöhön tulevaisuudessa.

Toimeksiantajan kanssa olemme listanneet päätavoitteet opinnäytetyölle:

- Laitteiston nykytilan kartoittaminen.
- Selvitys järkevimmistä päivitystyön vaihtoehdoista.
- Järkevimpien vaihtoehtojen selvittäminen tulee selvittää tarvittavat laitteet työlle.
- Opinnäytetyö toimii toimeksiantajalle mallina vastaavanlaisiin töihin.
- Hajautetun I/O-moduulin vaihtaminen.
- Kenttäväylän uusiminen.

## 1.2 Metsä Board Oyj

Metsä Board on suomalainen metsäteollisuuden pörssiyhtiö, joka on osa Metsä Groupia, ympäri maailmaa toimivaa metsäteollisuuskonsernia. Metsä Boardilla on kahdeksan tuotantoyksikköä, joista yksi sijaitsee Ruotsissa ja loput Suomessa. Ne valmistavat korkealaatuisia tuorekuitukartonkeja. Metsä Boardin vertailukelpoinen liiketulos vuonna 2019 oli 184,4 miljoonaa euroa. Metsä Boardin toimintaa ohjaavat kestävä kehittyminen ja uusiutuvat luonnonvarat sekä tuotteen alkuperän jäljitettävyys. Metsä Boardin pyrkimys on päästä fossiilittomiin tehtaisiin ja raaka-aineisiin vuoteen 2030 mennessä. (Metsä Board - Leading producer of premium fresh fibre paperboards, n.d.)

Äänekosken kartonkiyksikössä valmistettu taivekartonki menee pääosin pakkausmateriaaliksi ja graafiseen loppukäyttöön. Yksikkö työllistää 180 henkilöä ja sen vuotuisen tuotanto kapasiteetti on 255 000 tonnia kartonkia. Opinnäytetyö suoritetaan kartonkitehtaan arkittamoon. Arkittamossa on kolme kartongin leikkaukseen käytettävää arkkileikkuria, kaksi rullavarastoa ja pakkauslinja sekä automaattivarasto pakatuille arkipalleteille. Arkittamossa leikataan tehtaalla tuotetuista kartonkirullista arkkeja asiakkaiden tilausten mukaisesti. (Metsä Board – Äänekoski board mill, n.d.)

## 2 Kehittämistehtävä

Opinnäytetyöstä on havaittavissa kehittämistutkimukselle- ja työlle määriteltyjä piirteitä. Toimeksiantajalla on ongelma, johon haetaan ratkaisua. Ongelmaa lähdettiin ratkomaan tavoitteellisesti ja luotiin suunnitelma työn saattamiseksi loppuun. Työhön osallistuneet muut osapuolet olivat myös mukana työn suunnittelussa ja päätöksissä, joten voidaan todeta työn olleen osallistavaa. Seuraavassa käydään läpi opinnäytetyön vaiheita kehittämistehtävän näkökulmasta.



## **Tietoperusta**

Päivitystyötä tukemaan ja omaa tietämystäni parantaakseni kokosin opinnäytetyön tietoperustan. Tietoperusta on koostettu alan kirjallisuudesta, laitteistojen käyttöohjeista, omakohtaisen tutkimuksen, työtovereiden haastattelujen ja verkkojulkaisujen pohjalta. Se sisältää arkkitehtuurin toimintaperiaatteen ja kertoo ohjelmoitavasta loogikasta sekä kenttäväylyistä.

## **Nykytilan kartoitus**

Jotta päivitystyölle saadaan hyvät perustelut, on nykyhetken tilanne käsitettävä. Työpaikalla tapahtuvan havainnoinnin, tutkimisen ja käytössä olevan ohjausjärjestelmän tulkinnan avulla toteutettiin laitekannan selvitys. Tämän selvityksen perusteella pystyttiin tunnistamaan selvät ongelmakohdat ja se loi perustan parannusehdotukselle.

## **Parannusehdotus**

Nykytilan kartoituksen pohjalta tein selvityksiä laitteiden yhteensopivuudesta ja mahdollisista vaihtoehdoista päivitystyölle. Näin ollen pystyin koostamaan toimeksiantajalle erilaisia ratkaisuja ongelman korjaamiseksi. Näitä ratkaisuja on dokumentoitu opinnäytetyöhön.

## **Tekeminen**

Konkreettista ja käytännön tekemistä opinnäytetyössä on selvityksen laatiminen, laitehankintojen määrittäminen ja laitekonfiguraatioiden päivittäminen. Opinnäytetyö tuotti myös työpaikalle simulaation, jolla mallinnettiin oikeaa tilannetta prosessissa. Piirikaavioiden muutokset on dokumentoitu ja uuden hajautusmoduulin asentaminen on myös valmisteltu.

## **Tulosten arviointi**

Lopulliset tulokset selviävät, kun hajautusmoduuli pystytään vaihtamaan prosessiin. Selvityksen tulokset ja osa konkreettisista tuloksista nähtiin simulaatiolla. Myös toimeksiantajan näkemys tilanteeseen selveni ja toimeksiantajalla on nyt enemmän keinoja ongelman ratkaisemiseksi.

## 3 Teoriaosuus

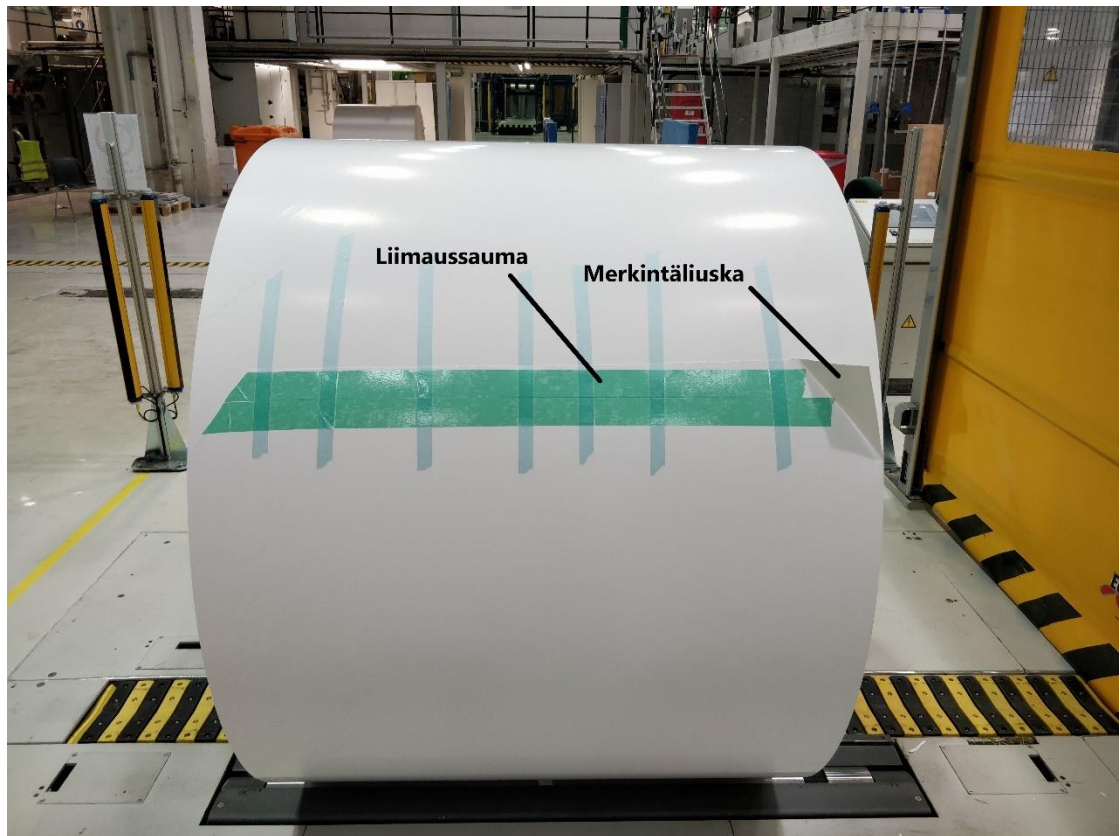
### 3.1 Arkkileikkuri

Tässä luvussa on kuvaus arkkileikkurin pääosista ja niiden toimintaperiaatteista. Kuvauksissa on pyritty antamaan osien toimintaperiaatteista ja kokoonpanosta yleinen selvennys. Yksityiskohtaisemmat kuvaukset koskevat vain arkkileikkuria, johon opinnäytetyö suoritetaan. Alaotsikossa 3.1.1 on yksityiskohtaisempi kuvaus arkkileikkurin poikkileikkurista, arkkileikkurin työasemasta, jonka alueella opinnäytetyötä suoritetaan.

Paperi- ja kartonkitekollisuuden jälkikäsittelyssä arkkileikkurilla on keskeinen osa. Arkkileikkuri on koneisto, kokonaisuus, jonka avulla esimerkiksi Äänekosken kartonkitehtaan arkittamossa osa kartonkikoneelta tulevasta kartonkirullista leikataan ennalta määrätyn kokoisiksi arkeiksi. Yleisesti arkkileikkuri koostuu seuraavista pääosista: aukirullain, ohjaintelasto, pituus- ja poikkileikkausyksikkö sekä hihnastoista, joihin kuuluu niin sanottu nopea osa ja limitsosa. Arkkileikkurin voidaan katsoa päättyvän arkkien pinoamiseen lavoille, tutummin puhutaan lavaajasta tai lavapästä. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 1-2.)

#### **Aukirullaus**

Kartonkirullan arkittaminen alkaa arkkileikkurilla aukirullain osalla. Kartonkirullat kuljetetaan ensin rullan esivalmistelu asemaan, jossa kartonkirullaan tehdään kuviossa 1 esitetyt liimaussauma ja merkintäliuska automaattisen rullanvaihdon onnistumiseksi. Esivalmisteluasema on turva-alueen ulkopuolella tai itse aukirullaimessa, riippuen aukirullauksen automaattiotasosta. Äänekosken kartonkitehtaan arkittamossa jokaisen arkkileikkurin aukirullain on niin sanottu karuselliaukirullain, jossa rullapaikkoja on 1-4 kappaletta (ks. kuvio 2). Myöskin valmistellut rullat siirretään näissä arkkileikkureissa automaattisilla kuljettimilla ja siirtovaunuilla aukirullainpäihin. Esivalmisteltu kartonkirulla kiinnittyy aukirullauspäihin hylsynkiristimien eli karojen avulla. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 1-4.)



Kuvio 1. Esivalmisteltu kartonkirulla.

Karuselliaukirullain mahdollistaa rainan liitoksen tekemisen täysin automaattisesti ja liitos voidaan toteuttaa nopeusalueella n.40-400 m/min siten, että tuotanto ei pysähdy vaihdon aikana. Toisen kartonkirullan rullautuessa auki, toinen rulla valmistellaan ja siirretään vapaina oleviin aukirullauspäihin. Valmisteltu rulla synkronoidaan rainan nopeuteen ja saumauslaite toteuttaa vaihdon. Saumauslaite painaa ajossa olevan rainan kiinni valmisteltuun synkroninopeudessa olevaan rullaan. Merkintäliuskan avulla tiedetään saumauskohta ja pystytään oikea-aikaisesti toteuttamaan rainan liitos. Jäännösrullan tai tyhjän hylsyn aukirullain poistaa hylsykuljettimelle joko hylsy-tarttujan tai rullan siirtovaunun avulla. (Arkkileikkurin P1185/204 DAS- aukirullaimen käyttöopas 2012, luvut 6.2.1-6.2.9.)



Kuvio 2. Kaksipaikkainen karuselliaukirullain. Ajossa oleva kartonkirulla A-varsilla.

### **Oikaisulaitteet ja ratakiireys**

Rullanvaihdon aikana on pyrittävä siihen, ettei kartonkiraina siirry sivuttaissuunnassa liikaa ja täten häiritse pituusleikkausta. Aukirullaimella tehdään automaattisesti kärkeä säätö eli asetetaan vaihdettava kartonkirulla samaan linjaan ajossa olevan rullan kanssa. Viimeisen säädön tekee radanohjauslaite, jonka toiminta perustuu radan reunan tarkkailuun kameralla ja valoyksiköllä. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 9.)



Kuvio 3. Kamera valvottu radanohjauslaite.

Jotta saavutettaisiin hyvä leikkaustapahtuma ja kartonkirata olisi helposti ohjattavissa, on ratakireyden oltava oikea aukirullaimelta aina poikkileikkaukseen asti. Ratakireyttä voidaan säädellä radan pituussuunnassa. Ratakireyden mittausta voidaan toteuttaa venymäliuska-antureilla ja ratakireyttä voidaan säätää mittatelalla eli ns. heiluritelalla. Säätöön vaikuttavia osatekijöitä ovat aukirullaimen jarrut, heiluritelat ja vetotela sekä ratakireyden havainnoinnin tarkkuus. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 5-6.)

### **Pituusleikkausyksikkö**

Pituusleikkausyksikön tarkoituksena on nimensä mukaisesti leikata kartonkirainaa sen kulkusuunnassa eli pitkittäin. Pituusleikkausyksikkö koostuu ylä- ja alaterän sisältävistä leikkausyksiköistä sekä yksikköön integroiduista leikkauspölyn ja reunanauhojen poistolaitteistoista. Opinnäytetyön kohteena olevan arkkileikkurin pituusleikkausyksikössä on viisi teräyksikköä (ks. kuvio 4). Pituusleikkausyksikölle annetaan ajon

menevän tilauksen asetetiedot, joiden avulla ylä- ja alaterät asemoidaan. Asetetietojen mukaan kartonkiraina halkaistaan kahteen tai useampaan osaan ja/tai siitä leikataan ainoastaan sivureunat eli reunanauhat. Rainan leikkauspiste sijaitsee alaterän ja rainan tangentiaalisessa sivuamispisteessä. Alaterien nopeus on yleensä n. 3% suurempi kuin kartonkirainan nopeus ja se riippuu käytettävästä terien limityksestä. Leikatut reunanauhat poistetaan imuyskivillä reunanauharepijään ja kohdeimujen avulla leikkauspöly saatetaan pölynpoistojärjestelmään. (Poikkileikkuri P1185/204 Käyttöopas 2010, luvut 5.3 ja 8.1-8.3.)



Kuvio 4. Arkkileikkurin pituusleikkausyksikkö.

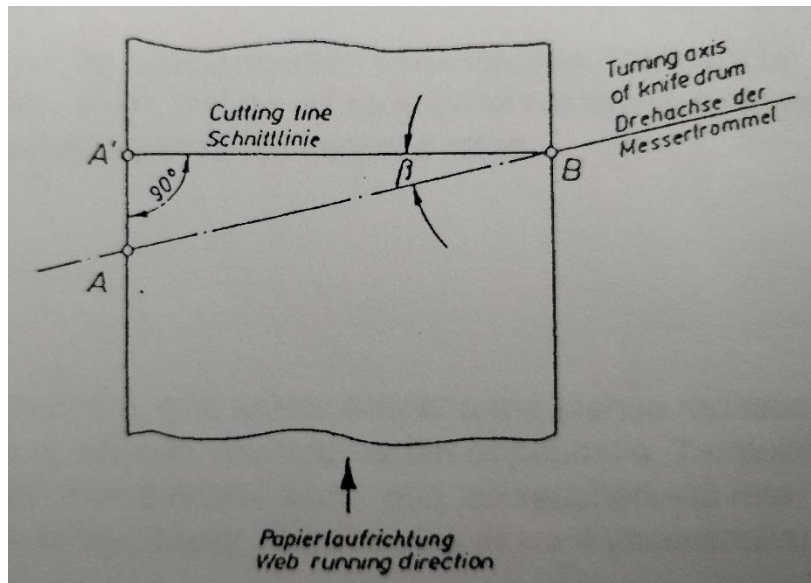
AEL:n Kartongin arkituksen perusteet koulutusmateriaalin (2012) mukaan hyvän leikkaustapahtuman tuloksia on hyvä leikkausjälki, vähäinen pölyntyminen ja pidentyneet huoltovälit sekä terien pidempi käyttöikä. Perusedellytyksiä edellä mainituille tuloksille pituusleikkauksessa ovat mm. oikeanlainen leikkausgeometria, terien oikea nopeus suhteessa rainan nopeuteen, oikea ratakiireys ja toimiva radanohjaus sivuttaissuunnassa sekä hyväkuntoiset ja oikeanlaiset terät. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 11.)

### Poikkileikkausyksikkö

Arkkileikkurin poikkileikkausyksikkö koostuu kahdesta osasta, jotka ovat sisäänvientiosa ja leikkausasema. Sisäänvientiosassa on vetotelapari ja sen tehtävä on vetää kartonkiraina poikkileikkuriin. Leikkausasemassa sijaitsee arkkileikkurin poikkileikkuri, kahdesta terärummusta koostuva teräyksikkö, jolla kartonkirainan poikkileikkaus toteutetaan. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 13-14.)

Vetotelapari muodostuu kahdesta telasta. Alemmaa telaa kutsutaan sisäänvientitelaksi ja ylempää telaa taas paino- tai puristustelaksi. Sisäänvientitelan pinta on erikoiskäsitelty, jotta sen kitkaominaisuudet ovat paremmat. Painotelaa painetaan epäkeskolla tai pneumaattisilla sylintereillä kohti sisäänvientitelaa. Tällä tavoin luodaan tarpeeksi kitkaa kartonkirainan ja sisäänvientitelan välille ja raina kulkee moitteettomasti poikkileikkaukseen. Painotela voi olla myös hieman bombeerattu. Nykyajan arkkileikkureissa vetotelaa ohjataan erillisellä sähkökäytöllä. Vetotelan pyöriessä maksiminopeudella on tällöin saavutettu kartonkirainan ns. perusnopeus. Vetotelalaysikön ja teräyksikön välityssuhde määrittelee leikattavan arkin pituuden. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 13.)

Arkkileikkurissa tapahtuva poikkileikkaus on saksimainen, terärumpuihin kiinnitetyt poikkileikkausterät on asennettu spiraalimaisesti (ks. kuvio 5). Näin ollen ei tarvita niin suurta leikkausvoimaa ja terät sekä mekaniikka kestävät paremmin poikkileikkausprosessin. Leikattavan arkin on tarkoitus olla suorakulmainen. Saksimaisessa leikkauksessa leikkaustapahtuma etenee radan reunasta reunaan ja leikkauksen on tapahduttava radan nopeudella. Terän pyörähdyshalkaisija määrittelee kullekin arkkileikkurille oman ns. synkronipituuden. Tämä tarkoittaa sitä, että kun leikattavan arkin pituus on yhtä suuri kuin terän pyörähdyshalkaisija, on terärummun pyörimisnopeus vakio ja sama kuin ratanopeus. Tämä on kuitenkin ainoastaan mahdollista synkronipituudella, joten jos haluttaisiin leikata eri mittaista arkkia, tulisi muuttaa terärummun halkaisijaa. Tämä ei ole järkevää, joten on päädytty muuntamaan terärummun pyörimisnopeutta. Leikkaushetkellä terärumpu on radan nopeudessa ja muuten se on jatkuvasti kiihtyvässä tai hidastuvassa liikkeessä riippuen arkin koosta. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 14-22.)



Kuvio 5. Saksimaisen leikkauksen periaate. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 16.)

Poikkileikkaustapahtumassa tarvittava terärumpujen nopea kiihdyttäminen ja hidastaminen vaatii paljon energiaa. Se asettaa mekaniikalle tietyt rajat, jotka taas rajoittavat leikkurin nopeutta tietyillä arkin mitoilla. Näin ollen kevyempi terärumpu on etu. Leikattaville arkeille on myös laatuvaatimuksia, joihin poikkileikkaus vaikuttaa. Asiakkaille lähtevien arkien tulee olla tilatun mittaisia, suorakulmaisia ja leikkausjäljen tulee olla puhtas. Nykyisten arkkileikkureiden poikkileikkausyksiköiden käytöt ovat sähkökäyttöjä. Osiltaan on käytössä yhdistelmiä, joissa pyörimisnopeutta säädellään sähkökäyttöillä ja mekaanisilla ratkaisuilla, mutta monimutkaisesta mekaniikasta, vaihteistoista ja rakenteista on pyritty eroon. Sähkökäytöt tekevät poikkileikkausyksiköstä valmistus- ja huoltokustannuksiltaan halvemman, se parantaa poikkileikkaustapahtuman sekä nopeudensäädön hallittavuutta, ohjattavuutta ja tarkkuutta. Myös arkien mitat ovat helpommin hallittavissa. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 14-22.)

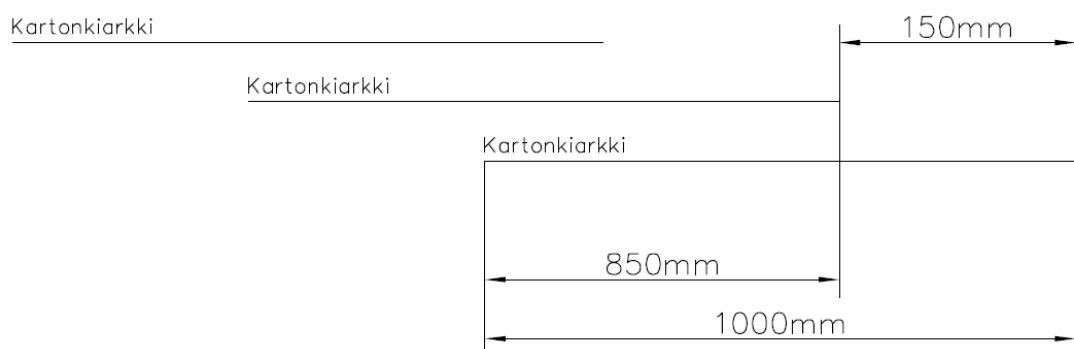


## Hylkyportti

Hylkyportin avulla poistetaan vialliset arkit ja kartonkirullan vaihdon aikana syntyvä arkkihylky, joka muun muassa sisältää rainojen liitoskohdan. Hylkyportti on poikkileikkausyksikön jälkeen alkavan hihnaston alla. Erottimen avulla ohjataan arkit joko limitykseen tai hylkyportin kautta hylkykuljettimelle. Erotinta ohjataan automaattisesti. Yleensä kartonkirullan vaihdon yhteydessä ajetaan vaihtohylkyä tietyn verran hylkyportin läpi. Erottimen ajoitus tulee olla tarkka, jotta leikattu arkkivirta kulkee jouhevasti hihnastolla. Arkkihylkyä voidaan myös suikaloida ja suikalointi tapahtuu hylkyportin jälkeen. Suikalointi tekee arkkihyllyn jatkokäsittelystä helpompaa. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 27.)

## Limitys

Poikkileikkauksen jälkeen arkkivirta kulkee nopean hihnasto-osan läpi limitysosalle. Nopealla hihnastolla radan nopeus kasvaa noin 103 – 120 % perusnopeudesta eli vetotelan nopeudesta. Limitysosan tehtävänä on asetella arkit päällekkäin kuviossa 6 selvennetyn limityssasteen mukaisesti. Limityksen takia arkkien kuljetusnopeus alenee noin 20- 85 % perusnopeudesta ja muodostunutta arkkiarkeja kutsutaan limivirraksi. Limitys on välttämätöntä, jotta kartonkiarkkien pinoaminen lasketuiksi riiseiksi arkkilavoille onnistuu. Limitysosaa koostuu limityspöydästä ja limitysvaunusta, imu- ja puhallinyksiköstä sekä erotushihnastosta. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 28-29.)



Kuvio 6. 85% Limityssaste arkkiin ollessa 1000mm.

Limitys tapahtuu siten, että ylä- ja alahihnat kuljettavat arkkivirran limitysvaunuun, jossa arkkeja jarrutetaan niiden etureunasta. Limitysvaunussa arkit asettuvat reikähihnojen päälle. Arkkien etu- ja takareunan törmääminen on estetty imu- ja puhallinyksiköiden avulla. Limitettävän arkin etureunaa nostetaan puhaltamalla siihen paineilmaa ja arkin takareuna imetään reikähihnaan kiinni tahdistetusti. Reikähihnat kuljettavat limitetyn arkkivirran erotushihnastolle. Riippuen arkkileikkurin lavaajan rakenteesta tarvitaan erotinta lavanvaihdon ajaksi. (Poikkileikkuri P1185/204 Käyttöopas 2010, luvut 11.1-11.3.)

### **Arkkien pinoamispää**

Limitetty arkkivirta kulkee kuljetushihnastoa pitkin latojalle (ks. kuvio 7). Arkkien pinoamispään eli latojan tehtävänä on asetella leikatut ja limitetyt arkit arkkilavoille. Muodostuneen arkkipinon tulee olla suora ja tasainen sekä tilatun kokoinen. Arkkileikkurin latojalle annetaan ajoon menevän asetteen tiedot, jonka avulla latojalle annetaan oikeat arkkien mittojen mukaiset säädöt ja näin ollen tuotetaan oikean kokoisia arkkipinoja. Latoja koostuu nosto- / laskupöydästä, johon arkit pinotaan lavojen päälle. Arkkeja syöttää lavoille syöttöpyörästä. Jotta arkit asettuisivat pinoon tasaisesti, ne erotellaan ilmapuhalluksen avulla ja tärhistimen sekä vastelevyjen avulla asetellaan suoraksi pinoksi. Arkkipinot lähtevät jatkokäsittelyyn arkkileikkurin lavapäätä automaattisia kuljettimia pitkin. Arkkipinojen haku voidaan toteuttaa myös manuaalisesti operaattorin toimesta tai niin kuin Äänekosken kartonkitehtaan arkittamossa, vihivaunu hakee arkkipinot lamellikuljettimelta jatkokäsittelyyn. Tyhjiä lavoja arkkileikkurin lavaajalle voidaan siirtää vihivaunun tai robotin avulla. (Kartongin arkituksen perusteet 2012, 29-31.)



Kuvio 7. Limitetty arkkipvirta kuljetushihnastolla matkalla kohti lavaajaa.

Jotta arkkipinojen vaihto onnistuisi arkkileikkurin sen hetkellä täydellä tuotantonepeudella ja siten, että säästyttäisiin arkkihylyltä, on kehitelty erilaisia ratkaisuja arkkileikkurin pinoamispäähän. Latojalla voi olla käytössä ratkaisu, jossa arkkeja kannatellaan lavan vaihdon aikana tai vaihtoehtoisesti varsinkin paperiarkkileikkureissa on käytetty kaksoislatojaa. Latojan poistoyksikkö työntää haarukat arkkien alle lavanvaihdon ajaksi, jolloin arkit kasaantuvat haarukoiden päälle ja nostopöytä tuo uudet lavat arkeille. Ratkaisun avulla ei hihnastojen nopeutta tarvitse muuttaa oikein sujueneen lavanvaihdon aikana. Opinnäytetyön kohteena olevassa arkkileikkurissa on käytössä kaksoislatoja (ks. kuvio 8). Sillä tarkoitetaan sitä, että latojalla on kaksi nosto-/laskupöytää. Kun haluttu riisiluku on saavutettu, laukaistaan pinonvaihto. Tällöin arkkipvirta ohjataan käytössä olleelta latojalta toiselle ja toteutetaan lavanvaihto tuotannon katkeamatta. Tyhjennetty latoja valmistellaan aina valmiiksi seuraava vaihtoa varten. (Poikkileikkuri P1185/204 Käyttöopas 2010, luvut 13.1-13.3.)



Kuvio 8. Arkkipinot muodostuvat kaksoislatojalle.

### 3.1.1 Täysin tasatahtinen poikkileikkuri kaksoismoottorikäytöllä ja kytkinkoneistolla

Tässä opinnäytetyössä päivitetään hajautettua I/O-järjestelmää ja sen kenttäväylää. Vaihdeosat sijaitsevat kohteena olevan arkkileikkurin poikkileikkausyksiköllä. Tässä kappaleessa kerrotaan tarkemmin kyseisen arkkileikkurin poikkileikkausyksiköstä.

Poikkileikkuri on täysin tasakäyntinen Bielomatik Unifly VGL-2M 750 kaksoismoottorikäytöllä ja kytkinkoneistolla. Tasakäyntisellä poikkileikkausyksiköllä on hyvä leikkausteho ja se säilyttää hyvin tarkkuuden. Normaali konenopeus on noin 300 m/min. Maksiminopeus huononee lyhyemmällä arkin pituudella. Tämän poikkileikkuriyksikön tekniset tiedot kertovat, että sen suunniteltu maksimi nopeus on 400 m/min ja leikkauksia pystytään suorittamaan maksimissaan 500 minuutin aikana. Tällä poikkileikkurilla synkronoitu arkin mitta on 750 mm. Sisäänvientilaitteella (sisäänvientitela ja

puristustela) on oma sähkömoottorinsa, joka kytkimen välityksellä pyörittää massapyörää ja se taas hihnakäytön avulla sisäänvientitela. Teräyksikölle on oma sähkömoottorinsa ja mekaniikka, joiden avulla teräakseleita pyöritetään. Poikkileikkausyksikön ohjaus tapahtuu arkkileikkurin pääkäyttötaululta sekä työaseman käyttöpaneelilta ja näppäinpöydiltä. Ohjausjärjestelmä mahdollistaa poikkileikkausyksiköllä automaattisen arkin koon tarkastuksen ja koneen automaattisen kiihdytyksen. (Poikkileikkuri P1185/204 Käyttöopas 2010, luvut 4.2, 5.4 ja 9.1-9.7)

Jotta leikkauksesta saadaan suorakulmainen, on leikkaushetkellä terien ja kartonkirainan nopeus oltava yhtä suuri. Tällä poikkileikkurilla terien nopeus saadaan vastaamaan rainan nopeutta kampikojeiston avulla. Jos leikattava arkkikoko ei ole arkkileikkurin synkronimitassa, tulee terärumpujen nopeutta kiihdyttää tai hidastaa leikkaushetkeä ennen ja sen jälkeen. Tämän arkkileikkurin teräyksiköiden kiihdytykseen tarvittava energia saadaan massapyörältä, hidastuksessa vapautuva energia myöskin palautetaan massapyörälle. Massapyörä on energiavarasto. Käyttömoottori pyörittää massapyörää välivaihteen avulla ja kampikojeisto teräakseleita. Jarrun jarruvipujen välissä olevalla jarrusylinterillä hoidetaan massapyörän jarruttaminen. Jarrussa on jarrupalat, jotka hidastavat massapyörää. Logiikalla hoidetaan sisäänvientilaitteen pyörimisnopeuden ja terän käyttölaitteen pyörimisnopeuden suhteen säätö. Ohjausjärjestelmä antaa moottorikäyttöjen taajuusmuuntajille nopeusohjeen. Poikkileikkausyksikkö on myös varustettu elektronisella kiertovoitelujärjestelmällä. Teräakselien laakereiden öljynlämpötila on jatkuvassa seurannassa öljynlämpötilan mittausten avulla. Kiertovoiteluyksikkö lämmittää tai jäähdyttää öljyä. Lisäksi kampikojeistossa on sumuvoitelu. (Poikkileikkuri P1185/204 Käyttöopas 2010, luvut 9.1-9.7)

Poikkileikkausyksiköstä on johdettava tietoa logiikalle, jotta se voi toteuttaa leikkauksen edellyttämät toimenpiteet eli ohjaukset, säädöt ja lukitukset automaattisesti. Poikkileikkaus on monimutkainen tapahtumien ketju, josta tarvitaan reaaliarvoja, tilatietoja ja lukitustietoja ohjausjärjestelmään. Poikkileikkauksen onnistumiseksi ohjausjärjestelmä tarvitsee terärummun paikkatiedon, tässä poikkileikkausyksikössä asematieto on otettu kampikojeistosta. Nopeuden säätöön tarvitaan reaaliarvona te-

rärumpujen sekä sisäänvientitelan nopeustiedot. Arkin mitat saadaan tehdastietojärjestelmän kautta. Logiikan analogiatuloja poikkileikkausyksiköltä ovat myös kierto-voitelun öljyn lämpötilanmittaukset.

Kiertovoitelun toimintaa tarkkaillaan myös virtaus-, pinta- ja painekytkinten avulla. Myös muita kytkintietoja tarvitaan, kuten moottorinsuoja kytkinten toiminnasta sekä moottorien turvakytkimistä. Valokennojen avulla on toteutettu rainan kulun ja tukosten valvonta. Sisäänvientilaitteen ja teräyksikön välissä olevalla valokennolla valvotaan, ettei tukosta pääse syntymään tälle välille. Valokennon aktivoituminen aiheuttaa pikapysäytyksen poikkileikkausyksikössä. Valokennot kuten myös kytkimet ja painikkeet ovat ohjausjärjestelmän digitaalituloja. Arkileikkurin hätäseis-piiriin on lisätty hätäseis- painikkeet poikkileikkausyksikön alueelta. Luonnollisesti näiden aktivoiminen aiheuttaa koko arkkileikkurin pikapysäytyksen. Poikkileikkausyksikkö on vielä erikseen varusteltu koko osan peittävällä suojakuvulla, joka estää ulkopuolisten materiaalien joutumisen pyörivien osien väliin. Poikkileikkuria ei voi käynnistää suojakuvun ollessa auki.

### 3.2 Ohjelmoitava logiikka

Jotta voisimme ymmärtää ja saada käsityksen, miten esimerkiksi arkkileikkurin automaattiset toiminnot on toteutettu, on tarkasteltava automaatiota varten tehtyä ohjausjärjestelmää. PLC, lyhenne sanoista Programable Logic Controller, suomeksi tunnettuna ohjelmoitava logiikka on nykyään teollisuudessa eniten käytetty ohjauslaite. Ensimmäisiä versioita ohjelmoitavista logiikoista alkoi saapua markkinoille 1960-luvun lopussa, kun autoteollisuudessa huomattiin että käytössä olevat mekanisoidut tuotantolinjat vaativat kehitystä. Markkinoilta saatavat ohjelmoitavat logiikat jaetaan modulaarisiin ja kompakteihin logiikoihin. Kompakti logiikka käy usein pieneen sovellukseen, jossa tuloja/lähtöjä on noin 10...30 ja se on yleensä tarkoitettu yhden koneen tai laitteen ohjaukseen. Modulaarinen logiikka on laajempi kokonaisuus jonka tulo/lähtö- määrä on jopa kymmeniä tuhansia ja se soveltuu tehdaskokonaisuuden ohjaamiseen. Tunnetuimpia ohjelmoitavien logiikoiden valmistaja ovat Siemens, Omron, Allen Bradley ja Mitsubishi. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102.)

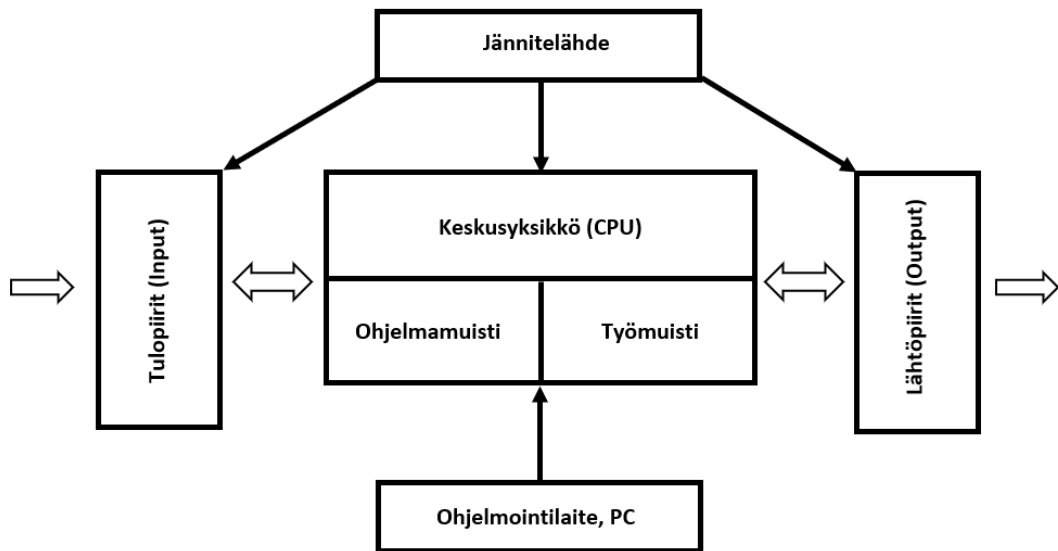


Kuvio 9. Simatic S7-1500 on Siemensin uusi PLC tuoteperhe. (Siemens AG 2020)

Ohjelmoitavan logiikan tuomat edut ohjausjärjestelmään sen suunnittelun, asennuksen ja huollon kannalta selittävän niiden hallitsevaa asemaa markkinoilla. Suunnitteluvaiheessa laitteiston koko ja tarvittava I/O-määrä riittävät antamaan hyvän pohjan ohjelmoitavan logiikan valinnalle. Jo tässä vaiheessa on myös helppo varautua tulevaisuuden laajennuksiin, sillä standardikokoisten ylimääräisten I/O-korttien ostaminen ei tule älyttömän kalliiksi. Asennuksissa säästetään varsinkin kaapelikustannuksien osalta, nykyaikaisten kenttäväylä ratkaisujen ansiosta. Käyttöönottoa ohjelmoitava logiikka helpottaa eniten. Ohjelman ja järjestelmän vääränlainen toiminta on korjattavissa helpommin ohjelmallisesti verrattuna perinteisiin ohjausmenetelmiin, kuten releohjaukseen. Käyttöönoton aikana ja kunnossapidon kannalta ohjelmoitavan logiikan vikadiagnostiikasta on myöskin suuri hyöty. (Parr 2003, 31-32.)

Ohjelmoitavien logiikoiden valmistajia on useita ja jokaisella valmistajalla on joitain omia ominaisuuksia tai oma ohjelmointiohjelmansa. Jokainen ohjelmoitava logiikka noudattaa tiettyä rakenteellista runkoa sekä tiettyjä ohjelmointiin liittyviä sääntöjä. PLC ohjelmointistandardi IEC 61131-6 on laadittu, jotta ohjelmointi noudattaa tiettyjä raameja. Standardi sisältää viisi eri ohjelmointikieltä. Markkinoiden PLC-laitteet ovat ns. vapaasti ohjelmoitavia logiikoita, eli niiden ohjelman kirjoitusjärjestys on vapaasti valittavissa. Jokainen ohjelmoitava logiikka rakentuu kuvion 10 mukaisista

osista. Yhden ohjelmoitavan logiikan perusteellinen tuntemus helpottaa huomattavasti myös eri valmistajien ohjelmoitavien logiikoiden parissa työskentelyä. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2010, 222-225.)



Kuvio 10. PLC-laitteiston elementit.

### 3.2.1 Keskusyksikkö

Logiikan keskusyksikkö eli CPU (Central Processing Unit) on kuin pieni tietokone, jossa on mikroprosessori. Sen tehtävänä on suorittaa ohjelmoituja käskyjä yksi kerrallaan. Mikroprosessorilla voidaan suorittaa loogisten operaatioiden lisäksi aritmeettiset laskutoimitukset. Logiikassa voi olla useampia prosessoreja, joiden avulla keskusyksikkö hoitaa käyttäjärjestelmää, sana- ja bittioperaatioita sekä keskusyksikön ulkopuolista kommunikointia. Keskusyksikössä on oma muistinsa, keskusyksikön tilasta kertovat ledit sekä toimintatila kytkin. Keskusyksikköön voidaan myös integroida I/O-kortteja tai kommunikointiin tarkoitettuja kortteja. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 107.)





Kuvio 11. Siemensin S7-300 -sarjan keskusyksiköitä. (Siemens AG 2020)

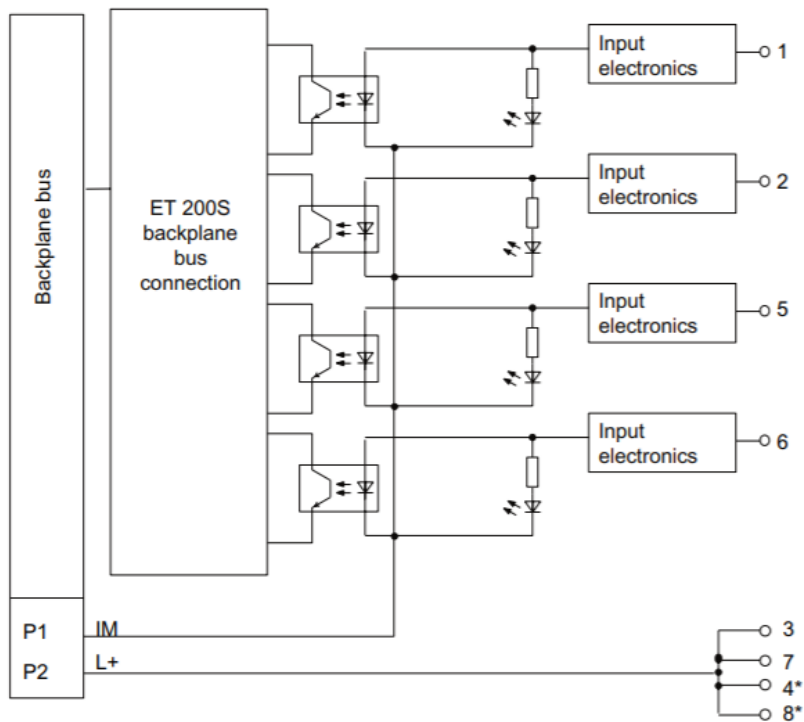
Ohjelma, jonka avulla laitteita tai järjestelmää ohjataan automaattisesti on tallennettuna ohjelmamuistiin. Logiikan muistikoko kerrotaan kirjoitettavien ohjelmarivien määränä ja yksikkönä on 1 kilo mikä vastaa 1024 käskyä. Nykypäivän logiikoissa käytetään RAM- ja FLASH- muisteja. RAM-muisti on luku- ja kirjoitusmuistia jonka sisältö häviää sähkösyötön katketessa. Tätä varten keskusyksikössä on muistiparistot. FLASH-muisti on luku- ja kirjoitusmuistia, jota hallitaan sähköisesti ohjelmointilaitteella. Se on kestonmuisti ja säilyy sähköttömässäkin tilassa. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2010, 225-226.)

Keskusyksiköt suorittavat ohjelmaa muistista pyyhkäisevästi. Nykytekniikan avulla pyyhkäisevien logiikoiden nopeudet ovat kasvaneet niin paljon, että ne ovat syrjäyttäneet tosiaikaiset logiikat. Pyyhkäisevän logiikan ja tosiaikaisen logiikan erottaa niiden tapa käsitellä tulotiedon muutosta ja miten ne tulotiedon perusteella muuttavat lähdön tilaa. Tosiaikainen logiikka toimii reaaliaikaisesti ja pyyhkäisevä logiikka syklistä. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 112-113.)

Pyyhkäisevän logiikan toiminta on kiertävää ja yksi pyyhkäisy kestää ohjelmankiertoajan verran. Ohjelmakiertoaika on tyypillisesti millisekuntiluokkaa. Suorituskykyisimmät keskusyksiköt kykenevät jopa alle millisekunnin ohjelmakiertoaikaan. Logiikan tulot luetaan niille tarkoitettuun kuvamuistiin, jonka jälkeen ohjelmamuistin ohjelmarivit suoritetaan. Ohjelmarivien suorituksen aikana tulot luetaan kuvamuistista ja lähdöt asetetaan niille tarkoitettuun kuvamuistiin. Lopuksi asetetaan lähdöt lähtöjen kuvamuistia vastaaviin tiloihin. Ohjelman suorituksen aikana ei muuteta tulojen tai lähtöjen tilaa. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 112-113.)

### 3.2.2 Tuloyksikkö

Logiikan tuloyksiköllä vastaanotetaan kenttälaitteiden signaaleja, jotka voivat olla binäärisiä eli kaksitilaisia tai analogisia tuloja. Binäärisiä signaaleja ovat muun muassa painonapit, lähestymiskytkimet ja releen apukoskettimet sekä pulssianturit. Analogisia tuloja ovat taas esimerkiksi paine- tai lämpötilamittaus. Tuloyksikön tehtävänä on myös sovittaa anturijännitteet logiikan jännitteeseen sekä tehdä galvaaninen erotus ja suojata logiikkaa häiriöiltä. Tuloviesti ei johdu suoraan sähköisesti kentältä logikalle vaan tuloyksikössä valodiodin ja fototransistorin sisältävällä optoerottimella hoidetaan signaalin välitys. Tätä toimenpidettä kutsutaan galvaaniseksi erotukseksi. Erotus voidaan tehdä tosin myös muuntajalla tai releellä. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2010, 225.)



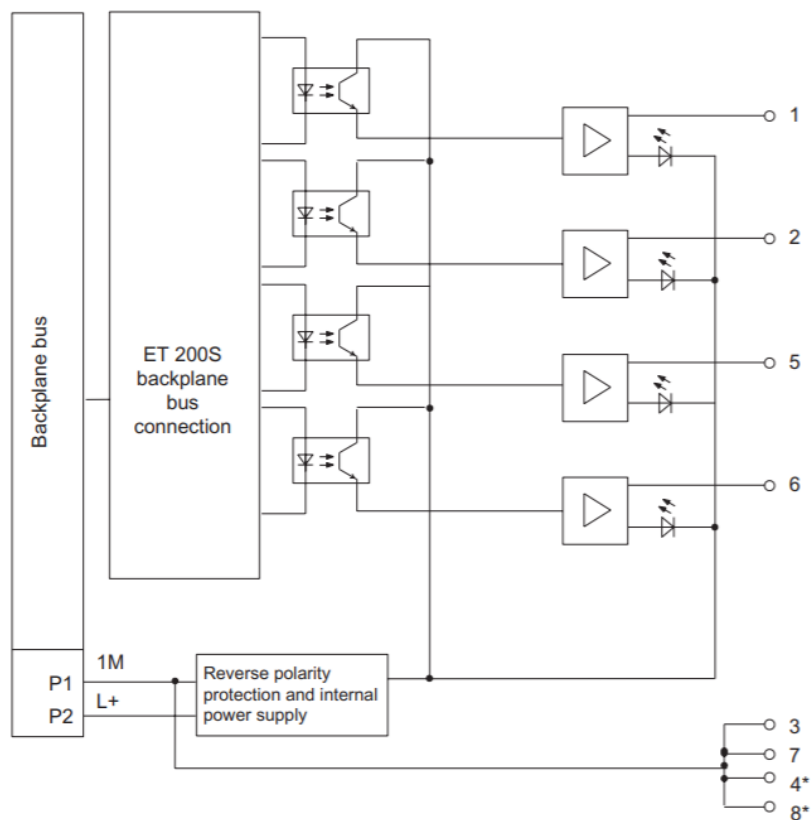
Kuvio 12. Hajautetun järjestelmän Simatic ET200S 4-kanavainen binäärinen tuloyksikkö. (Siemens AG 2007.)

Analogia tuloyksiköt ovat tarpeen, kun logiikalla toteutetaan säätöpiiri. Logiikka tarvitsee tällöin mittauksen kentällä vaikuttavasta suureesta. Analogisessa tuloyksikössä suoritetaan mitattavalle signaalille analogi/digitaalimuunnos, mikä tarkoittaa esimerkiksi kentältä tulevan 4-20 mA muuntamista 16-bitin digitaalisanaksi. Mitä enemmän muunnoksessa käytetään bittejä sen paremmin ja tarkemmin mittaus saadaan vastaamaan todellisuutta. Tyypillisimmät analogiaviestit ovat 0-20 mA tai 4-20 mA virtaviestejä tai 0-5 V tai 0-10 V jänniteviestejä. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 110.)

Binääriset tuloyksiköt toimivat tasajännitteellä (12-60 V) tai vaihtojännitteellä (24-250V). Yleisimmät logiikkaan kytkettävät anturit ovat käyttöjännitteeltään 24 VDC ja osa kytkintiedoista 230 VAC. Määräävä tekijä anturivalinnassa on, että anturi ja logiikan tuloyksikkö ovat yhteensopivia. Logiikan tuloyksikön osalta on selvítettävä käytetäänkö NPN- vai PNP-tyyppin antureita. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 108.)

### 3.2.3 Lähtöyksikkö

Logiikan lähtöyksikön tarkoituksena on ohjata merkkilamppuja, releitä, kontakteja tai magneettiventtiilejä, jotka ovat järjestelmän toimilaitteita. Tuloyksikön tavoin lähtöyksiköitä on binäärisiä sekä analogisia. Edellä mainitut toimilaitteet liitettäisiin binääriseen lähtöyksikköön. Analogiseen lähtöyksikköön liitetään esimerkiksi virtauksen säätöventtiilin ohjain. Lähtöyksiköitä on kuten tuloyksiköitäkin saatavana yleisimmin 4, 8, 16, 32 ja 64 lähdön kortteina. Lähtöyksikön lähtöjen kuormitusvirrat ovat yleensä 0,3...5 A välillä, riippuen lähtöyksikön kytkentäelimestä. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 108-109.)



Kuvio 13. Hajautetun järjestelmän Simatic ET200S 4-kanavainen binäärinen lähtöyksikkö. (Siemens AG 2007.)

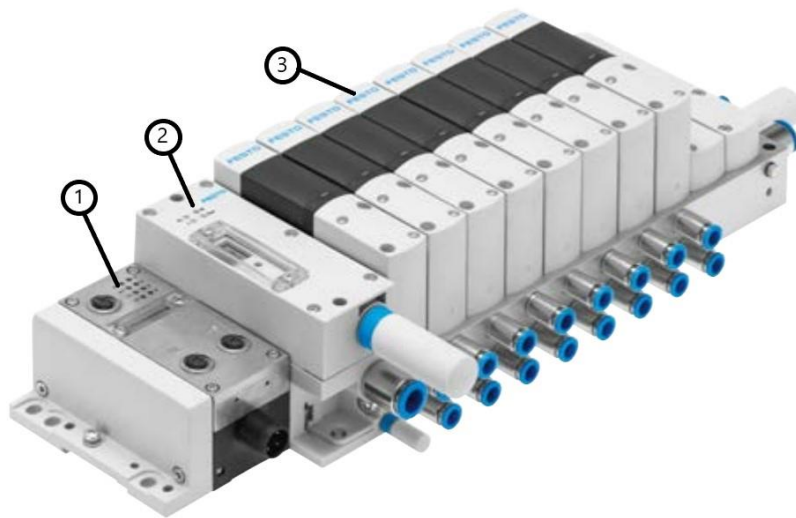
Vastaavasti kuten analogisessa tuloyksikössä, analogisessa lähtöyksikössä suoritetaan signaalin muunnos. Lähtöyksikössä se on digitaali/analogi- muunnos. 8...16 bittinen digitaalisana muunnetaan vastaamaan esimerkiksi 16 mA ohjausta toimilaitteelle. Binaarisessa lähtöyksikössä kytkentäelimenä on joko rele tai puolijohdekytkin. Releellä voidaan toteuttaa vaihto- ja tasajännitepiirin ohjaus mutta, sen ongelmana on mekaaninen kuluminen iän myötä. Puolijohdekytkimet eli transistori tai triakki ovat myös käyviä kytkentäelimiä. Transistori soveltuu 24 VDC toimilaitteille, kun taas triakki toimilaitteille, joiden käyttöjännite on 230 VAC. Puolijohdekytkimet eivät kulu mekaanisesti, mutta toimivat vain omilla jännitealueillaan. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 109.)

### 3.3 Hajautettu I/O- järjestelmä

Logiikan hajautuksen lähtökohtana on ollut karsia keskitetyn automaatiojärjestelmän ongelmia tai lieventää niitä. Hajautetulla järjestelmällä saavutetaan säästöjä kaapeloinnissa, päästään lyhyempiin vasteaikoihin, estetään koko järjestelmän vikaantuminen vikatilanteessa. Myös välitettävän tiedon digitaalisuus ja järjestelmän muokkauksen helppous katsotaan hajautetun järjestelmän eduksi. Järjestelmän hajautusta käytetään niin alemman tason kenttäohjauksissa kuin myös korkeamman taso tietokoneohjauksissa. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2010, 9, 214.)

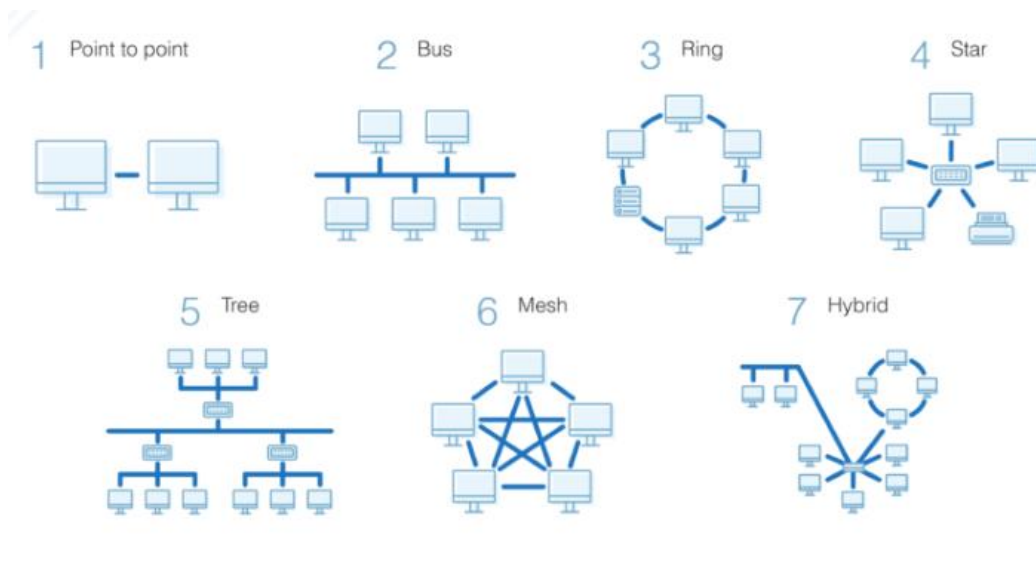
Hajautettu järjestelmä on rakenteeltaan sellainen, jossa logiikan tulo- ja lähtöyksiköt on sijoitettu erilleen keskusyksiköstä erillisiin kenttäväylämoduuleihin, toisin kuin keskitetyssä järjestelmässä. Kenttäväylämoduuleja ovat muun muassa tulo-/lähtömoduuli, moottorin ohjain tai venttiiliterminaali. Kenttäväylämoduulin avulla esimerkiksi logiikan tuloyksikkö voidaan sijoittaa kentällä olevaan kenttäkoteloon lähemmäs toimilaitteita ja näin vältetään pitkiltä kaapeleilta. Kenttäväylämoduulin ja logiikan yhdistää tiedonsiirtokaapeli, jota pitkin saadaan siirrettyä esimerkiksi tulotietoja digi-

taalisesti. Kenttäväylämoduuli on kompakti kokonaisuus, johon kuuluu tarvittavat liittämät yksiköt kenttälaitteille, kenttäväylä liittämät ja mahdollinen oma prosessori. Kuviossa 14 on esitetty Feston venttiiliterminaali, jossa on kenttäväylä adapteri (1), prosessori (2) ja kenttälaitteita ohjaavat magneettiventtiilit (3). (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2010, 214, 222.)



Kuvio 14. Feston valmistama venttiiliterminaali eli kenttäväylämoduuli. (Festo 2019, muokattu)

Hajautettu järjestelmä noudattaa aina jonkinlaista hajautusperiaatetta. Voidaan sanoa, että kaikki hajautetut järjestelmät ovat isäntä-orja tyyppisiä. Isäntänä toimii logiikan keskusyksikkö, joka antaa orjille eli kenttäväylämoduuleille käskyjä. Suoraa ohjausta, jossa jokainen logiikka keskustelee erikseen mikrotietokoneen kanssa, käytetään kun aliprosessit eivät ole riippuvaisia toisistaan. Nykyään ohjausjärjestelmät sisältävät kuitenkin niin suuren määrän käsiteltävää tietoa, että on järkevää käyttää teollisuusväylää tai lähiverkkoa. Kuviossa 15 on esitelty erilaisia hajautus periaatteita. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 124-126.)



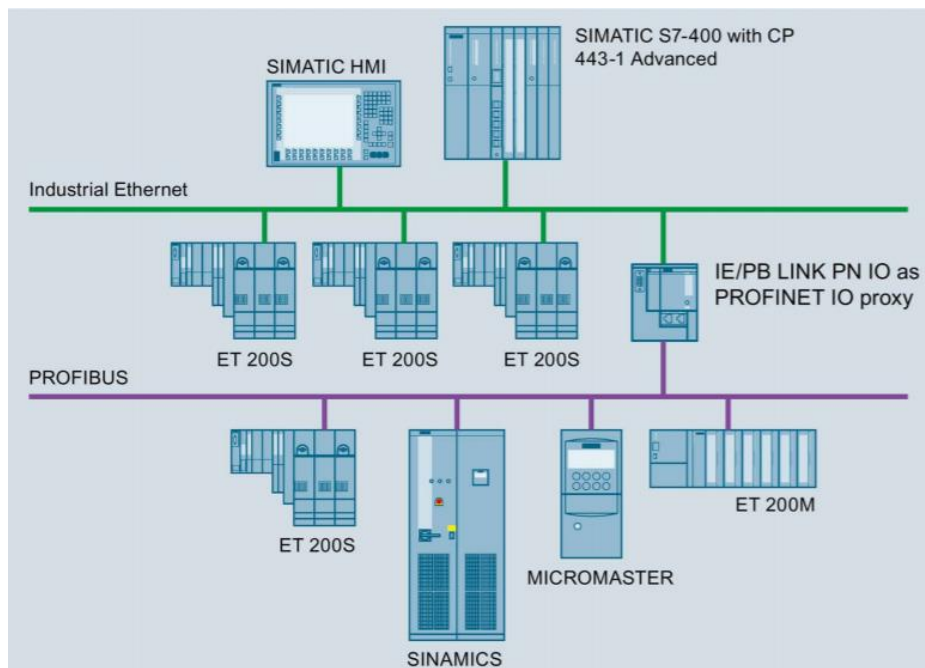
Kuvio 15. Erilaisia verkon topologioita. (What Is Network Topology? Best Guide to Types and Diagrams, 2019.)

Hajautettuja järjestelmiä ja kenttäväylämoduuleita on markkinoilla nykyään paljon. Ennen aikaan eri laitevalmistajien ratkaisut olivat yhteensopivia yleensä vain valmistajien omien lisäosien kanssa. Saattoi olla valmistajakohtaisia protokollia tai laitteet eivät muuten olleet yhteensopivia. Nykyään Ethernet tekniikan ja standardien avulla on pystytty parantamaan tilannetta ja pienten ohjelmamuutosten tai lisäadapterien avulla laitteista on saatu yhteensopivampia. Hajautettujen järjestelmien ja kenttäväylämoduulien valmistajia ovat muun muassa Beckhoff, Schneider Electric, Wagon, ABB ja tietenkin Siemens, jonka ET200-tuoteperhe on erittäin suosittu. Hajautetuissa järjestelmissä käytettyjä kenttäväyliä ovat Profibus, ASI, CAN, LON, HART ja Modbus-väylät. (Industrial Ethernet is now bigger than fieldbuses, 2018.)

### 3.4 Kenttäväylä

Kenttäväylän tarkoituksena on yhdistää kentälaitteita ohjelmoitaviin logiikoihin kenttäväylämoduulien välityksellä automatisoinnin hierarkiatasoilla 0 ja 1. Taso nolla kuvastaa toimilaitteita ja taso yksi toimilaitteiden ohjausta. Kenttäväyliä käytetään myös automatisoinnin muilla hierarkiatasoilla. Järjestelmän hajauttaminen ilman

kenttäväyliä on hankalampaa ja vaatii enemmän työtä. Kenttäväylän liikenne on kak-  
 sisuuntaista, jossa master-slave periaatteella isäntälaitte käskää orjalaitetta ja orja-  
 laite vastaa tai toteuttaa tehtävän. Tiedonsiirto on digitaalista ja yleensä kenttäväylää  
 pitkin kuljetetaan informatiivista tietoa kuten esimerkiksi asematiedot ja mittaukset,  
 hälytyksiä ja ohjauksia. Kenttälaitteiden apuenergia otetaan usein erillisestä energia-  
 lähteestä, eikä sitä tuoda kenttäväylää pitkin. Kenttäväylien tiedonsiirrossa käytetään  
 RS232- tai RS485- sarjaliikenneväyliä tai Ethernet-tekniikkaa. Kaapelit, joita kenttä-  
 väylissä käytetään ovat useimmiten suojattuja kierrettyjä parikaapeleita tai optisia  
 kuitukaapeleita. Kenttäväylät noudattavat aina jotakin kuviossa 15 esitellyistä verkon  
 topologioista. Eri kenttäväyliä on myös mahdollista yhdistellä, mutta silloin usein tar-  
 vitaan erillisiä adaptoreita kuten esimerkiksi kuviossa 16. Kenttäväylien tiedonsiirto-  
 protokolla on ISO/OSI-mallin mukainen. Kenttäväylille luonteenomaista on se, että  
 jokaisella kenttäväylässä olevalla laitteella on oma yksilöity osoitteensa. Se on yksilöl-  
 linen laitenumero tai MAC- tai IP- osoite riippuen tiedonsiirrossa käytettävästä tekni-  
 kasta. Lisäksi jokaiselle kenttäväylälle on määritelty maksimi laitemäärä sekä tiedon-  
 siirtonopeuteen vaikuttava maksimi kaapelin pituus. (Parr 2003, 191-194,205-213.)



Kuvio 16. Havainnollistava kuvio Profinet- ja Profibusväylän yhdistämisestä. (Siemens AG 2019.)



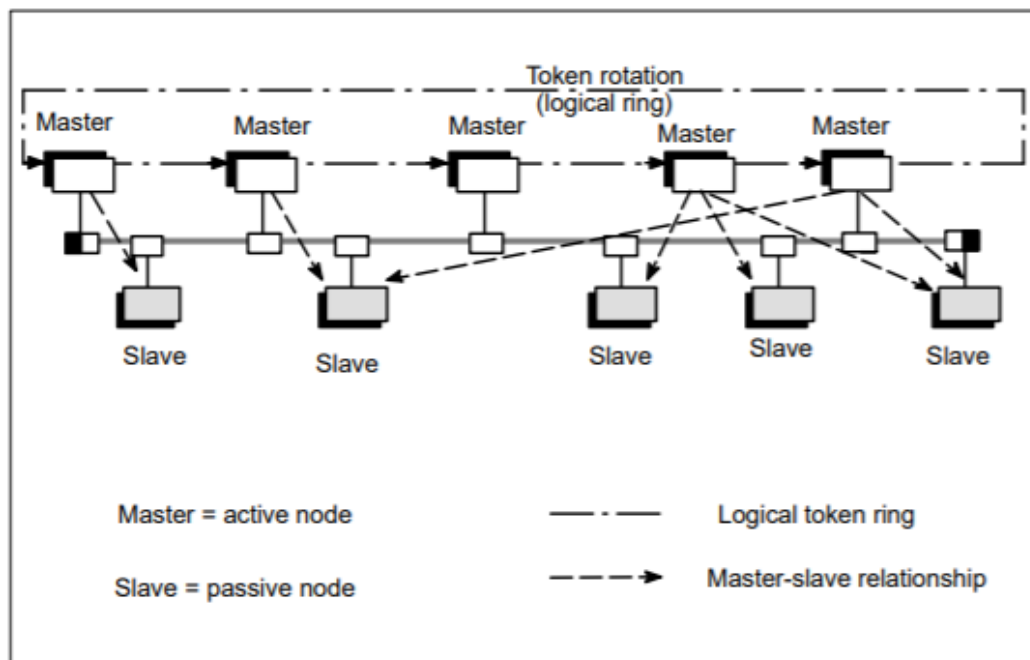
Kenttäväylien tiedonsiirto siis tapahtuu sarjaliikenteen avulla. Jotta sarjaliikenne onnistuu, tulee lähettävän laitteen ja vastaanottavan laitteen välillä olla määritelty tiettyjä asioita. Näiden määrittelyjen tulee vastata toisiaan molemmilla laitteilla. Lähettävän ja vastaanottavan laitteen signaalien jännitetasojen on oltava samat. Lähetyskoodin avulla viesti ymmärretään molemmilla laitteilla. Myöskin siirtonopeuden on oltava sama. Lähetin ja vastaanotin on tahdistettava jotakin menetelmää käyttäen. Laitteiden välisen tiedonsiirron on noudatettava jotakin protokollaa. Lisäksi laitteiden välillä tiedonsiirtoa tulee tarkkailla. Mahdollisia virheitä on seurattava ja kenttäväylän laitteiden tulee välillä pystyä palautumaan joistakin virheistä. Tällainen voisi olla tilanne, jossa epäonnistuneen viestin vastaanottamisen jälkeen isäntälaitte kutsuu orjalaitetta lähettämään viestin uudelleen. Erityisen tarkka näiden edellä lueteltujen määrittelyiden kanssa tulee olla varsinkin kahden eri valmistajan tuotteen yhdistämisessä. Usein laitteiden vääränlainen toiminta tai toimimattomuus johtuu näistä. (Parr 2003, 185.)

#### 3.4.1 Profibus

Saksassa vuonna 1987 useat yritykset ja instituutit alkoivat kehittää bitteihin perustuva kenttäväylää. Tämä kehitystyö johti nykyään yhden suosituimman kenttäväylän syntyyn. Profibus (Process Field Bus) on erittäin käytetty kenttäväyläratkaisu automaatiotekniikassa. Sen suosiota puoltaa osittain se, että se on Siemensin hyväksymä ja myöskin sen yhteensopivuus suuren määrän eri laitevalmistajien ja järjestelmien kanssa on kasvattanut sen suosiota. Profibus on kuulunut standardeihin IEC 61158/IEC 61784 vuodesta 1999 asti. (Profibus (Process Field Bus), n.d.)

Profibus-kenttäväylästä on kolmea eri versiota, ne ovat Profibus-FMS, Profibus-DP ja Profibus-PA ilmestymisjärjestyksessään. Profibus-FMS ja Profibus-DP omaavat samat siirtostandardit, joka yksinkertaistaa niiden toimintaa samassa väylässä. Profibus-PA kenttäväylän voi yhdistää väylämuuntimen avulla Profibus-DP kenttäväylään. Jokainen Profibus-kenttäväylä pohjautuu ISO/OSI-malliin. Samoin jokaisen kenttäväylän topologia on samanlainen. Topologia sisältää niin sanotusti 1.luokan ja 2.luokan isäntälaitteita sekä isäntä-orja pareja. Verkko voi rakentua yhdestä tai useammasta isäntälaitteesta ja orjalaitteista. (Parr 2003, 223-224.)

Viestit etenevät Profibus kenttäväylässä kuvion 17 mukaisesti. Verkon aktiivisia solmukohtia ovat isäntälaitteet. Orjalaitteet ovat passiivisia, ne voivat ainoastaan ottaa viestin vastaan isäntälaitteelta tai toimia isäntälaitteen viestin mukaisesti. Loogisen silmukan jokainen isäntälaitte tietää toistensa osoitteet. Merkki kiertää loogisessa silmukassa isäntälaitteelta toiselle ennalta määrättyssä järjestyksessä. Mikäli merkin ja isäntälaitteen osoitteet täsmäävät, pystyy kyseinen isäntälaitte lähettämään viestin orjalaitteelle tai vastaanottamaan viestin siltä. Keskustelu isännän ja orjan välillä riippuu isäntälaitteelle määritellyn ns. merkin pitoajan pituudesta. Isäntälaitteita on kahden tasoisia. Ensimmäisen tason isäntä on joko PC tai ohjelmoitava keskuslogiikka. Se määrää siirtonopeuden viesteille ja organisoi I/O-tiedon siirtoa määritellyn viestisyklin mukaisesti orjien kanssa. Toisen tason isäntälaitte on esimerkiksi ohjelmointi PC. (SIMATIC NET PROFIBUS Networks 2000, luku 1.2.2.)



Kuvio 17. Profibus kenttäväylän toimintaperiaate, kun isäntälaitteita on useita. (Siemens AG 2000, luku 1.2.2.)

### **Profibus FMS**

Lyhenne FMS tulee sanoista Field Message Specification. Profibus kenttäväylän versio, joka on poistunut käytöstä. Sen tarkoitus oli hoitaa ylemmän tason keskustelua ohjelmoitavan logiikan ja PC:n välillä. Uudemmat tekniikat, kuten Ethernet-verkko, ovat sopivampia tähän tarkoitukseen. Tiedonsiirrossa tässä kenttäväylässä käytettiin optisia kuituja tai RS485-sarjaliikenneväylää. Profibus FMS käytti ISO/OSI-mallin kerroksia 1,2 ja 7. (Parr 2003, 223-224.)

### **Profibus PA**

Lyhenne PA tulee sanoista Process Automation. Profibus PA väylä on suunniteltu prosessiteollisuuteen ja erityisesti käytettäväksi prosessin vaarallisimmilla alueilla, esimerkiksi räjähdysherkissä tiloissa. Profibus PA kenttäväylässä kenttäjännite ja väyläsanoma kenttälaitteille viedään väyläkaapelilla. Profibus-PA kenttäväylän maksimi tiedonsiirtonopeus on 31,25 Kbps ja se ei voi toimia ilman Profibus-DP kenttäväylää, johon se yhdistetään erillisen DP/PA-väylämuuntimen avulla. (Parr 2003, 224.)

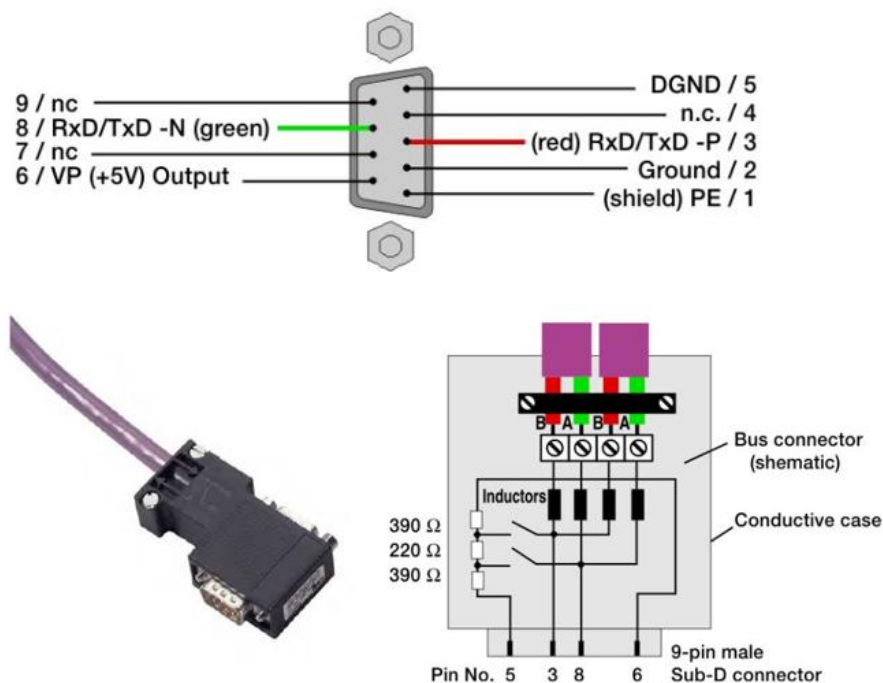
### **Profibus-DP**

Profibus DP, Decentralized Periphery, on kehittynein versio Profibus kenttäväylästä. Se on luotu yhdistämään älykkäät isäntälaitteet kenttälaitteisiin. Profibus DP- kenttäväylä muodostuu väyläsegmenteistä. Väyläsegmentti on kahden päätevastuksen välillä kulkeva väylä, jossa voi olla maksimissaan 32 laiteosoitetta. Väyläsegmenttejä voidaan yhdistää RS485-toistimella. 127 laiteosoitetta on maksimi määrä yhdistetyille väyläsegmenteille. Profibus DP- kenttäväylässä jokaisella laitteella tulee olla oma yksilöity osoite. Laiteosoite voidaan määritellä laitteen omilla dip-kytkimillä tai ohjelmallisesti laitteen parametreista. Suurimmassa mahdollisessa väyläsegmentissä osoitevaraus muodostuu siten, että osoitteita on 0-127 käytössä. Osoitteet 0, 126 ja 127 ovat varattuja, 1- 125 ovat käyttäjän vapaassa käytössä. Näin ollen yhden Profibus DP- kenttäväylän suurin mahdollinen laitemäärä on 126. Tiedonsiirrossa käytetty kaapelityyppi ja järjestelmään tarvittu tiedonsiirtonopeus rajoittavat väyläsegmentin pituutta (ks. taulukko 1). (SIMATIC NET PROFIBUS Networks 2000, luku 1.2.4.)

Taulukko 1. Segmentin maksimipituus käytettäessä parikaapelia ja RS485-sarjaliikenneväylää. (SIMATIC NET PROFIBUS Networks 2000, luku 1.2.4.)

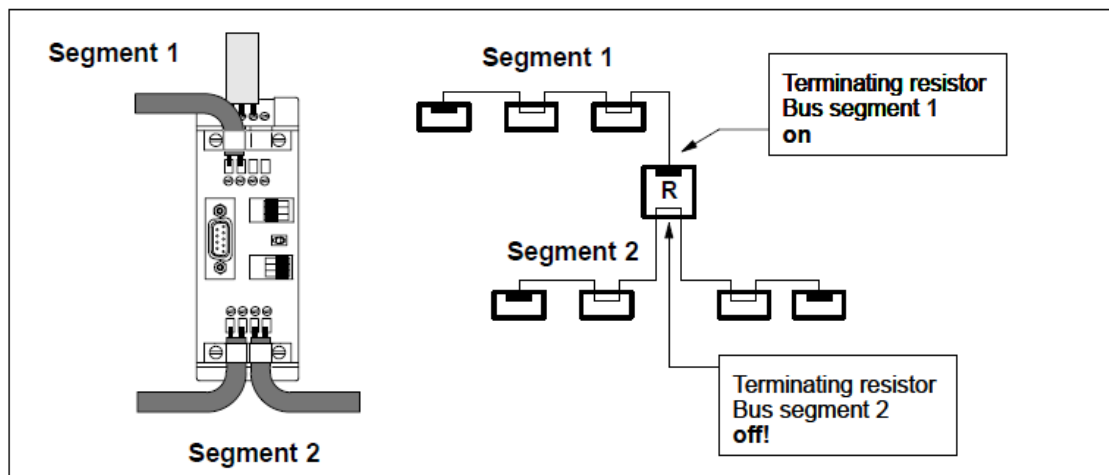
Tiedonsiirtonopeus	Segmentin pituus
187,5 Kbps	1000 m
500 Kbps	400 m
1,5 Mbps	200 m
3, 6, 12 Mbps	100 m

Profibus DP- kenttäväylän tiedonsiirtomenetelmä on RS485- sarjaliikenneväylä. Tällöin kaapelina käytetään suojattua kierrettyä parikaapelia. Kaapeleiden liittäminen kenttäväylän laitteisiin tapahtuu standardilla 9- pinnisellä D-tyyppin liittimellä. Liittimeen 3 kytketään B- dataväylä (positiivinen) ja liittimeen 8 kytketään A- dataväylä (negatiivinen). Liittimien 3 ja 8 välille väyläsegmentin alkupisteessä ja viimeisellä laitteella tulee olla 220 ohmin päätevastus kytkettynä. Jotta kaapeleiden kytkentä olisi vaivatonta, on Profibus DP- kenttäväylässä omanlaisensa väyläliittimet. Jokainen niistä yleensä sisältää päätevastuksen, jonka voi kytkeä päälle liittimessä (ks. kuvio 18). (SIMATIC NET PROFIBUS Networks 2000, luvut 1.2.4. ja 4.3.)



Kuvio 18. Profibus-DP väyläliitin. (AC 800M PROFIBUS DP Installation 2014, 65, 103, muokattu.)

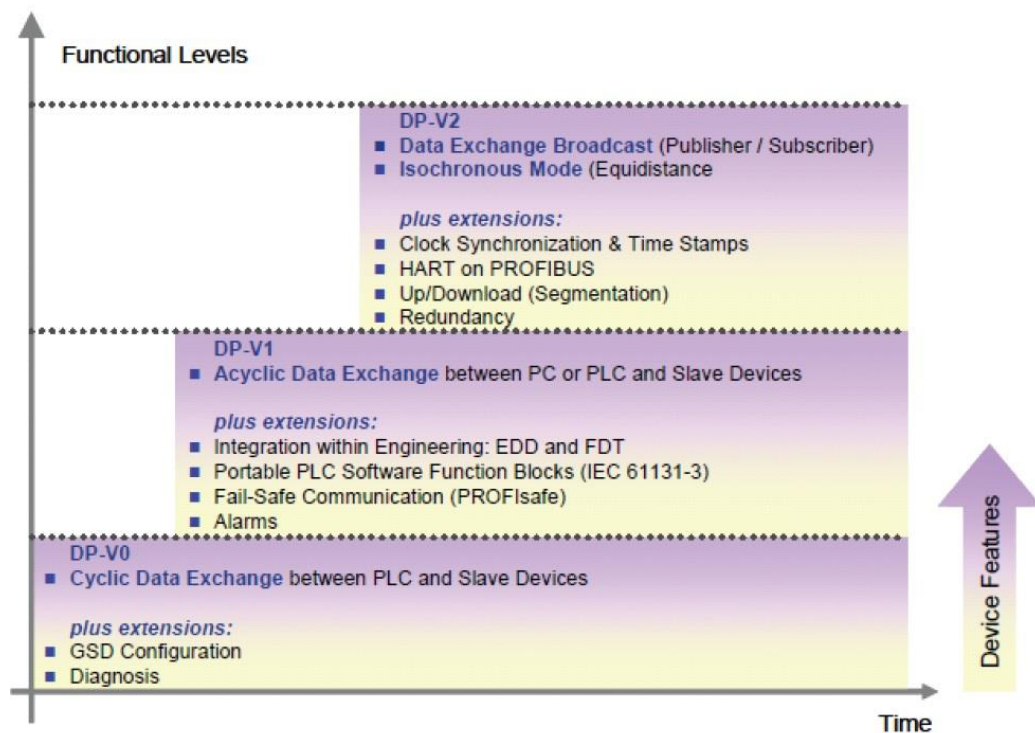
Aiemmin mainitulla RS485-toistimella voidaan siis yhdistää väyläsegmenttejä toisiinsa ja se toimii myös vahvistimena kenttäväylän signaalille. RS485-toistimella voi yhdistää väyläsegmentit siten, että ne päättyvät toistimeen tai siten, että jompikumpi (ks. kuvio 19) tai molemmat jatkuvat sen läpi. RS-485-toistimia voi kytkeä sarjaan maksimissaan 9 yhteen väyläsegmenttiin. Kahden eri Profibus DP-kenttäväylän välinen tiedonsiirto voidaan toteuttaa DP/DP-liittimillä. DP/DP-liitin on orjalaite, joka hoitaa tarvittavaa tiedonsiirtoa kahden eri kenttäväylän isäntälaitteen välillä. (SIMATIC NET PROFIBUS Networks 2000, luvut 1.2.4., 2.5.1, 5.1 ja 5.2.)



Kuvio 19. RS485-toistin päättää segmentin 1 ja yhdistää sen segmenttiin 2. (SIMATIC NET PROFIBUS Networks 2000, luku 5.2.)

Profibus DP-kenttäväylässä tiedonsiirto voidaan toteuttaa myös optisilla komponenteilla. Tällöin kaapelina käytetään kaksipuolista valokuitukaapelia. Optisesti kenttäväylän toteuttaminen vaatii myös optisia väyläpäätteitä (OBT) ja optisia linkkimoduuleita (OLM). Optisten komponenttien suurin etu lienee segmenttien maksimi pituuden kasvattaminen jopa 15000 metriin point to point-yhteyksillä. Optisella väyläpäätteellä muunnetaan RS485-sarjaliikenneväylä optiseen muotoon siirrettäväksi. Optisen linkkimoduulin avulla voidaan yhdistää Profibus DP parikaapeli ja kuitukaapeli. Profibus DP-kenttäväylän tiedonsiirto on myös mahdollista toteuttaa langattomasti. Tällöin tarvitaan ILM-infrapunayhteysmoduulia. Langaton tiedonsiirto Profibus DP-kenttäväylässä soveltuu ainoastaan lyhyehköille, alle 15 metrin etäisyyksille. (SIMATIC NET PROFIBUS Networks 2000, luvut 1.2.5., 8.1, 8.2 ja 9.1.)

Profibus DP- kenttäväylä käyttää ISO/OSI- mallin ensimmäistä ja toista kerrosta. Ensimmäisessä kerroksessa määritellään fyysinen tiedonsiirto menetelmä (RS485 tai optinen). Toinen kerros määrittelee kenttäväylän tietoliikenteen. Profibus DP- kenttäväylällä on myös käyttöliittymä, joka on määritelty ISO/OSI-mallin 7. kerroksessa. Sitä kutsutaan sovelluskerrokseksi, minkä avulla käyttäjä määrittelee sovellustoiminnot. Profibus DP- kenttäväylällä on kolme suorituskykytasoa: DP-V0, DP-V1 ja DP-V2. Tasojen ominaisuuksia on esitelty kuviossa 20. (AC 800M PROFIBUS DP Installation 2014, 18-19.)



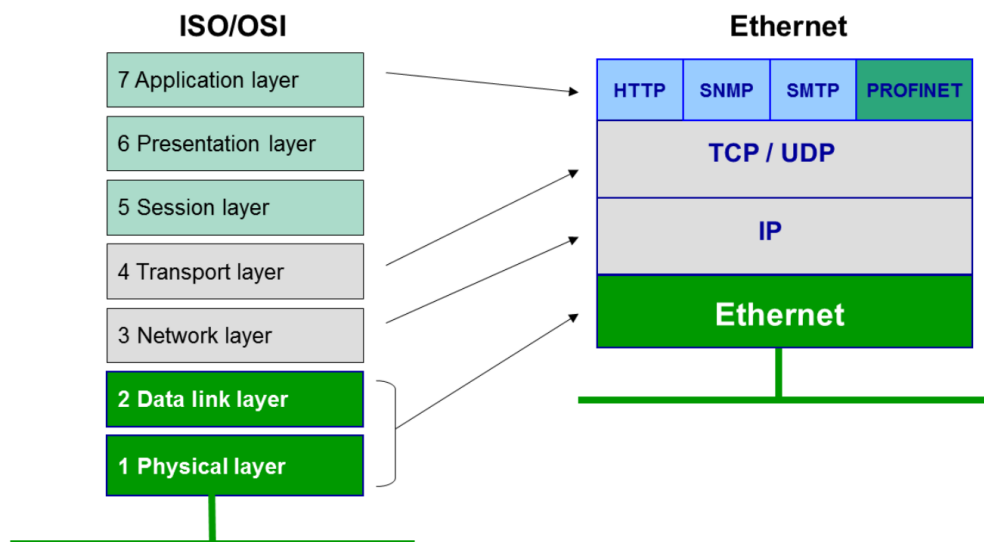
Kuvio 20. Profibus DP tasot. (PROFIBUS Basic Slide Set 2017, dia 23.)

Jotta kenttälaite olisi kelpoinen orjalaitteeksi Profibus DP- kenttäväylään, tulee laitevalmistajien määritellä omille laitteilleen GSD-tiedosto. Tämä mahdollistaa laitevalmistajasta riippumatta samanlaisen käyttöönoton kaikille laitteille. GSD-tiedosto sisältää laitteen tiedot, laitteen tukeman tiedonsiirtomenetelmän, laitteen tiedonsiirtonopeuden, ohjelmointi parametrit ja laitteesta saatavat I/O-tiedot. Jokaisella Profibus DP- kenttäväylän orjalaitteella tulee olla GSD-tiedosto. (Parr 2003, 224.)

### 3.4.2 Profinet

Profinet (Process Field Net) on Siemensin sekä PROFIBUS ja PROFINET Internationalin (PI) vuonna 2000 yhdessä kehittämä avoin teollisuus-ethernet standardi, jonka tarkoituksena on vastata nykypäivän teollisuusautomaation tarpeisiin. Profinetin tavoitteena on ollut luoda avoin Ethernet-standardi teollisuuden tarpeisiin, jossa voidaan yhdistellä teollisuus-Ethernet laitteita ja tavallisia Ethernet laitteita. Profinet tuo lisää reaaliaikaisuutta automaatiotarkaisuihin sekä sen avulla on pyritty integroimaan automaatiojärjestelmiä kivuttomammin. Profinet viestintä on joko ei aikariippuvaista (NRT, non real time), reaaliaikaista (RT, real time) tai isokronisesti reaaliaikaista (IRT, isochronous real time). (SIMATIC NET Industrial Ethernet / PROFINET 2019, luku 1.2.2.1.)

Profinet on siis teollisuus-Ethernet verkko. Teollisuus- Ethernet on IEEE802.3 standardissa määritelty vaativiin teollisuusolosuhteisiin luotu Ethernet-verkko. Teollisuus-Ethernet noudattaa ISO/OSI-mallia. Profinet kuten Profibus, käyttää OSI- mallin kerroksia 1, 2 ja 7 reaaliaikaisen tiedon siirtoon. Profinet kuitenkin hyödyntää myös lisäksi OSI-mallin kerroksia 3 (IP-kerros) ja 4 (TCP-kerros) konfigurointiin ja diagnostiikkaan (ks. kuvio 21). (Henning 2015.)



Kuvio 21. Profinet hyödyntää kaikkia neljää ISO/OSI-mallin kerrosta. (Henning 2015.)

## Profinet IO

Profinet IO on hajautetuille järjestelmille ja kenttälaitteille tarkoitettu viestintäkonsepti. Kaikki käytetyt hajautetut kenttälaitteet kytkeytyvät yhtenäiseen Ethernet pohjaiseen verkkoon. Profinet IO:n tarkoitus on tarjota samat toiminnallisuudet hajautettujen järjestelmien luontiin kuin Profibus DP- kenttäväylän. Taulukossa 2 on vertailtu Profinet IO:n ja Profibus-DP:n ominaisuuksia. Siemensin STEP 7- ja TiaPortal- ohjelmistossa on sama sovellusnäkyvä, samat toimilohkot ja tilaluettelot sekä samankaltainen käyttäjäohjelma riippumatta siitä käytetäänkö Profinet IO tai Profibus DP- rakennetta. (SIMATIC NET Industrial Ethernet / PROFINET 2019, luku 1.2.2.2.)

Taulukko 2. Profinet IO:n ja Profibus DP:n ominaisuuksia. (Pigan & Metter 2006, 60.)

Ominaisuus	Profinet IO	Profibus-DP
<b>Siirtomenetelmät kaapelilla</b>	Kaksiparinen suojattu kierretty kaapeli ja optinen kuitu.	Kuparikaapeli ja optinen kuitu.
<b>Verkon topologia</b>	Puu, tähti, väylä, rengas	Väylä, puu ja tähti
<b>Osoitteen määrittäminen</b>	IP-osoitteen määrittäminen IO-ohjaimelle Profinet IO ohjelmointi työkalulla.	Laiteosoitteen antaminen dipkytkimillä tai ohjelmointi työkalulla.
<b>Laitetietojen siirto</b>	GSD-tiedosto XML-formaatissa.	GSD-tiedosto ASCII-formaatissa.
<b>Isäntälaitte</b>	IO-controller ja IO-supervisor	DP-master luokka 1 tai 2.
<b>Orjalaite</b>	IO-laite	DP-orjalaite

Profinet IO tuo enemmän ulottuvuuksia ja toimintoja kenttälaitteiden konfigurointiin, ohjelmointiin ja diagnostiikkaan käyttäjäliittymässä kuin Profibus DP. Profinet IO käyttää nopeaa Ethernet-tekniikkaa tiedonsiirrossa ja perustuu tarjoaja/kuluttajamalliin. Profinet IO- verkkoa voidaan laajentaa verkkokytkimien avulla ja se tarjoaa suuremman määrän laitteita väyläsegmenttiin kuin Profibus DP. Taulukko 3 selventää Profinet IO- verkon laiteluokkia. Profibus DP kenttäväylä voidaan yhdistää teollisuus-



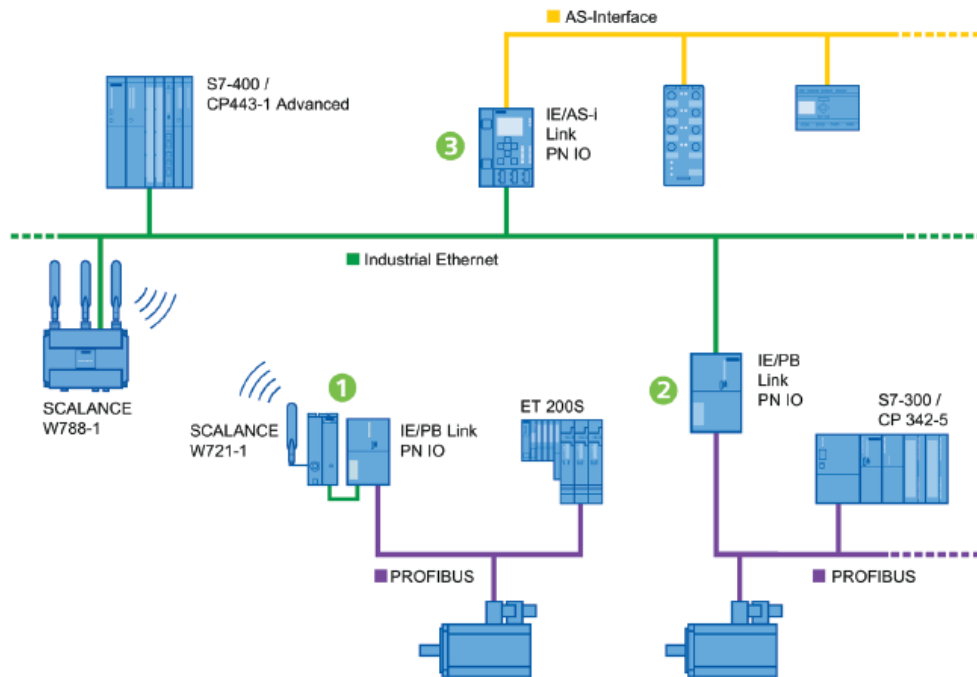
Ethernet verkkoon käyttämällä Profinet IO välityspalvelinta (IE / PB Link PN IO). Tällöin Profibus DP- kenttäväylän orjalaitteet näkyvät IO-ohjaimelle Ethernet-rajapinnan kautta. (Pigan & Metter 2006, 19-20.)

Taulukko 3. Profinet IO laiteluokat. (Pigan & Metter 2006, 61.)

Laiteluokka	Tehtävä
<b>IO-supervisor</b>	Ohjelmointityökalu, useimmiten PC, HMI tai Field-PG. Laitekonfigurointia ja vikadiagnostiikkaa varten. Vastaa luokan 2 isäntälaitetta Profibus-DP-väylässä.
<b>IO-controller</b>	Ohjelmoitava logiikka, automaatio rutiinit suoritetaan tällä laitteella. Profinet IO- verkko sisältää aina vähintään yhden IO-controllerin. Vastaa luokan 1 isäntälaitetta Profibus-DP- väylässä.
<b>IO-device</b>	Hajautettu kenttälaite. Suorittaa tiedonsiirtoa IO-controllerin kanssa.
<b>IO-Parameter Server</b>	Palvelin, jolla hoidetaan IO- laitteiden konfigurointitiedostojen lataus ja tallennus. Yleensä erillinen PC.

### Kenttäväylien integrointi

Profinetin tavoitteena on luoda koko tuotantolaitoksen kattava verkko, jossa laitteet toimivat yhdessä. Sitä varten Profinet yhdyskäytävien avulla voidaan teollisuus-Ethernet verkkoon kytkeä laitteita, jotka käyttävät erilaisia tiedonsiirtomenetelmiä. Profinet on yhteensopiva muun muassa Profibus DP- väylän, ASI-väylän, CAN-väylän sekä BACnetin kanssa. Kuviossa 22 on komponentteja, joita käytetään Profinetin yhdistämiseen Profibus DP- ja ASI-väylään sekä langattomaan tiedonsiirtoon. Profinet on myös yhteensopiva kaikkien Siemens Simatic S7- sarjan tuotteiden kanssa, kuten S7-300-, S7-400-, S7-1200- ja S7-1500-sarjan keskusyksiköiden sekä ET200SP- hajautetun järjestelmän kanssa. Kaksi eri Profinet-verkkoa voidaan yhdistää toisiinsa käyttämällä PN/PN-liitintä. PN/PN-liitintä käytettäessä verkkoon voi kuulua samanaikaisesti enintään neljä eri IO-ohjainta. (SIMATIC NET Industrial Ethernet / PROFINET 2019, luku 8. ja 10.)



Kuvio 22. Kenttäväylien integrointi Ethernet-verkkoon Profinetin yhdyskäytävien avulla. (SIMATIC NET Industrial Ethernet / PROFINET 2019, kuvio 10-1.)

Tiedonsiirto on toteutettu Profinet-verkossa kaksiparisella symmetrisellä ja suojatulla kuparikaapelilla tai optisella kuitukaapelilla. Myös langaton tiedonsiirto on mahdollista. Kuparikaapelin tyyppinä on 100Base-TX CAT 5, jolla pystytään segmentin maksimipituudella (100 m) 100 Mbit/s siirtonopeuteen. Optisella kuitukaapelilla voidaan rakentaa pidempiä kaapeliyhteyksiä. Kuparikaapelin kytkentä laitteisiin tehdään käyttämällä teollisuus-Ethernet- verkkoon tarkoitettuja FC RJ45 liittimiä, joissa on pika-kytkentä tai M12 liitintä (ks. kuvio 23). Kuparikaapelia käytettäessä liittimiä voi olla yhdessä kytkennässä enintään kuusi, optisella kuitukaapelilla käytetään aina point-to-point- kytkentöjä. (Pigan & Metter 2006, 264, 267-269, 274.)



Kuvio 23. Profinetin RJ45- ja M12-liitin. (SIMATIC NET: Industrial Ethernet / PROFINET Passive network components 2019, kuvio 2-9 ja 2-13, muokattu.)

### **Profinet CBA**

Profinet CBA (Component Based Automation) määrittelee hieman laajemmin automaatiota tuotantolaitoksessa. Profinet CBA tarkoituksena on jakaa tuotantolaitoksia suuriin itsenäisiin, automaattisiin yksiköihin. Niin kutsuttuihin teknologisiin yksiköihin. Tämä onnistuu, kun Profinet CBA teknologiset komponentit ovat valmistajasta riippumattomia ja viestintä on komponenttipohjaista. (Pigan & Metter 2006, 20.)

### **Profisafe**

Työturvallisuuteen liittyvät automaattiset toiminnot ovat suunnittelun lähtökohtana. Laitteiden tulee olla turvallisia käyttäjille, ne eivät voi esimerkiksi toimia, jos turva-alueella havaitaan liikettä. Profisafe on Profinet IO perustuva protokolla joka on hyväksytty käytettäväksi aina turvallisuustason 4 ja SIL3 turvallisuussovelluksissa. (Pigan & Metter 2006, 22.)

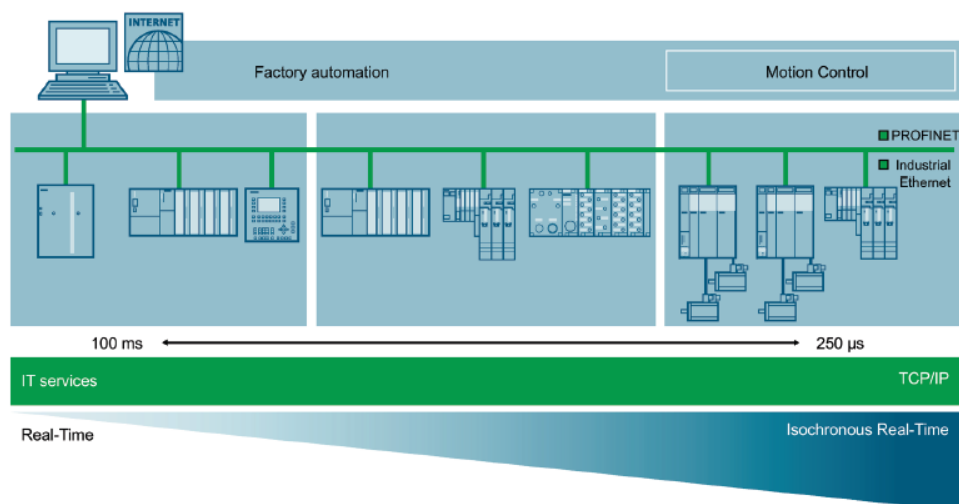
Profisafe on ohjelmistoratkaisu, jossa turvatiedoista luodaan oma Profisafe-kehys. Se liitetään normaaliin tiedonsiirrossa käytettävään Ethernet-kehykseen. Profisafe-kehys on lisätty esimerkiksi käyttöjärjestelmän keskusyksikön muistissa ajettavaan ohjelmaan. Profisafe-kehys estää osoitteen häviämisen, vioittumisen ja viivästymisen. Ohjelmistoratkaisulla voidaan tehdä muutoksia ilman kaapelointeja. Profisafe-konfigurointi on yleensä suojattu salasanalla. (SIMATIC NET Industrial Ethernet / PROFINET 2019, luku 1.2.2.1.)

## Profinet viestintä

NRT- viestintä eli ei aikariippuvainen viestintä tarkoittaa Profinetin tapauksessa sitä, että silloin käytetään TCP/IP- pinoa hyödyksi tiedonsiirrossa. Tällöin kenttälaitteiden konfigurointi- ja vikadiagnostiikka saadaan HTTP-muodossa. NRT- viestintä ei sisällä kriittistä tietoa ja sen vasteaikana on maksimissaan n. 100 ms. (SIMATIC NET Industrial Ethernet / PROFINET 2019, luku 1.2.4.)

RT- viestintä on reaaliaikaista ja sitä tarvitaan prosessin I/O-tietojen päivittämiseen. Siemensin SIMATIC NET Industrial Ethernet- käyttöohjeen (2019, luku 1.2.4) mukaan on suositeltavaa että sykliset tiedot, hälytykset ja erityisesti kaikki kytkintiedot käyttävät RT- viestintää. RT- viestinnässä vasteaika on maksimissaan n.10 ms. Sykliset tiedot siirretään I/O-ohjaimen ja I/O-laitteen välillä, mutta synkronisuus ei välttämättä ole paras mahdollinen. (SIMATIC NET Industrial Ethernet / PROFINET 2019, luku 1.2.4.)

IRT-viestintää eli isokronista reaaliaikaista viestintää käytetään kun tiedonsiirrolta tarvitaan korkeaa suorituskykyä. Profinet voi käyttää myös IRT-viestintää, jossa vasteaika on jopa 250  $\mu$ s. Esimerkiksi tarkat ja nopeat liikkeen ohjaukset, joissa on useita liikuteltavia akseleita ja siirrettävää tietoa paljon, vaativat nopeaa ja lyhyt syklistä tiedonsiirtoa. (SIMATIC NET Industrial Ethernet / PROFINET 2019, luku 1.2.4.)



Kuvio 24. Profinetin vasteaikoja. (SIMATIC NET Industrial Ethernet / PROFINET 2019, luku 1.2.4.)

## 4 Hajautetun I/O:n päivittämisen suunnittelu

Tämä osio kertoo päivitystyön suunnittelusta. Alaotsikossa 4.1 on selvennetty millaisesta laitekannasta rakentuu arkkileikkuria ohjaava logiikka. Laitekannan selvityksessä keskitytään hajautetun I/O-järjestelmän nykyiseen rakenteeseen. Alaotsikon 4.2 alla on selvitettyjä vaihtoehtoja päivitystyölle. Vaihtoehtojen valikoimiseen vaikutti toimeksiantajan vaatimukset työlle, aikataulut ja resurssit sekä selvitystyön tulokset.

### 4.1 Laitekannan selvittäminen

Arkkileikkurin ohjausjärjestelmä koostuu useammasta yhdistetystä logiikasta. Jokainen logiikka on yksilöity nimeämällä ne niiden toiminta-alueen mukaan. Arkkileikkuri on jaettu logiikoilla kolmeen toiminta-alueeseen, joita ovat: aukirullain, koneenosa (pituus- ja poikkileikkaus sekä limitys) ja lavaaja. Lisäksi sähkökäyttöille on oma logiikkansa. Logiikat on yhdistetty niin sanottuun isäntäyksikköön. Isäntäyksikön ohjelmasa tehdään arkkileikkurin ohjauksessa tarvittavat nopeat laskurit ja aritmeettiset laskutoimitukset. Toiminta-alue kohtaiset logiikat hoitavat lähinnä binääriset toiminnot ja osittain analogiamittaukset ja ohjaukset.

Niin sanottuna isäntäyksikkönä toimii 110.A1 Master, jossa on CPU 319-3 PN/DP. Se on yhdistetty kommunikointi prosessorin (CP343-1) avulla tehdasverkkoon. Muut logiikat on yhdistetty isäntäyksikköön Profibus DP- kenttäväylän avulla. Aukirullaimen logiikka 400.A1 on rakennettu Simatic S7-400 tuoteperheeseen. Keskusyksikkönä on CPU 416-3 DP. Aukirullaimen logiikassa on ET200S hajautusmoduuleja Profibus DP- kenttäväylässä sekä se on liitetty Profinet-verkkoon kommunikointi prosessorin (CP 433-1) avulla. Lavaajan logiikka 700.A1, sisältää ET200L sarjan hajautusmoduuleja, joista toimeksiantaja haluaa siirtyä uudempaan tuotteeseen. Lavaajan logiikan kenttälaitteet on koottu Profibus DP- kenttäväylään ja keskusyksikkönä on CPU 317-2 DP. Logiikoiden kenttäväyliin on lisätty myös muita komponentteja, kuten pulssiantureita, venttiiliterminaaleja, magneettisia paikoitusantureja ja operointipaneeleja.

Koneen logiikka 500.A1 koostuu Simatic S7-300 sarjan keskusyksiköstä (CPU381-2) ja siihen integroiduista digitaalitulo- ja lähtökorteista. Keskusyksikkö ja lisämoduulit on asennettu asennuskiskoon, joka sijaitsee H500 sähkökeskuksessa. Kenttäväylänä on Profibus DP. Liitteessä 1 on esitelty käytössä oleva 500.A1 logiikan laitekonfiguraatio kenttäväylän osalta. Päivitystyö, jota opinnäytetyö käsittelee, toteutetaan laiteosoitteen 24 omaavalle hajautusmoduulille. Hajautusmoduuli sijaitsee arkkileikkurin poikkileikkausyksikön alla olevassa H520 kenttäkotelossa. H520 kotelossa olevat väylälaitteet on esitelty liitteessä 2.

Keskusyksikkönä 500.A1 logiikassa on siis CPU 318-2 (6ES7 318-2AJ00-0AB0). Huomion arvoista kyseisessä keskusyksikössä on se, että sen tuotanto on loppunut huhtikuussa 2007 ja sen Siemens tuki on loppunut kesäkuussa 2018. Siemensin ilmoittamat korvaavat tuotteet on esitelty taulukossa 4. Päivitystyön järkevyyden kannalta tuleekin miettiä, että lisätäänkö nykyisen keskusyksikön rinnalle kommunikointiprosessori Profinet- verkkoa varten vai vaihdetaanko tilalle vaikkapa taulukon 4 mukaisesti korvaava CPU 317-2 PN/DP. Itse CPU ja sen varaosia löytyy toimeksiantajan omista varastoista. Varaosat ja vähempi muutostyö puoltavat vanhemman keskusyksikön käyttämistä. Lisäksi S7-300-sarja on vanheneva tuote, jonka käyttöä uusissa projekteissa tulisi välttää. Toisaalta uudemmallalla keskusyksiköllä ei välttämättä tarvita kommunikointiprosessoria ja se on suorituskykyisempi.

Taulukko 4. CPU318-2 korvaavat keskusyksiköt.

Keskusyksikkö	Tuotenumero
CPU 317-2 DP, 1 MB	6ES7317-2AK14-0AB0
CPU 317-2 PN/DP, 1 MB	6ES7317-2EK14-0AB0
CPU 319-3 PN/DP, 2 MB	6ES7318-3EL01-0AB0
CPU 1516-3 PN/DP, 1 MB prog., 5 MB data	6ES7516-3AN01-0AB0

I/O- hajautusmoduuli sijaitsee kenttäkotelossa H520 ja hajautus on toteutettu Profibus DP- kenttäväylällä. Laiteosoite moduulille on 24 ja se on nimetty tunnuksella A5040. Moduuli on Simatic S7-300 tuoteperhettä varten kehitettyä ET200L- hajautusmoduuli sarjaa. ET200L tuotteiden valmistus on loppunut lokakuussa 2006 ja Siemensin tuotetuki on loppunut lokakuussa 2015. Päivitystyön tarkoitus on päästä eroon vanhentuneesta I/O-moduulista. Kuvio 25 on kuvakaappaus laitekonfiguraatiosta, jossa näkyy kyseisen moduulin osoiteavaruus. Binääriset tulot ovat kytketty L-SC 32 DI (6ES7 131-1BL11-0XB0) korttiin. Moduulin kahdeksan analogia tuloa on kytketty TB 16SC Smart Connection liitäntäkorttiin (6ES7 120-0AH01-0AA0).

Sl...	Module	Order Number	I Address	Q Address	Comment
4	DIB	DIB	56		
5	DIB	DIB	57		
6	DIB	DIB	58		
7	DIB	DIB	59		
8	SC-Anschaltung		598..627		
	<b>TB 16SC</b>	<b>6ES7 120-0AH01-0AA0</b>			<b>=500.A1-A5050 +H520</b>
A	AI 1xRTD	6ES7 123-1JA00-0AB0	598..599		
B	AI 1xRTD	6ES7 123-1JA00-0AB0	600..601		
C	AI 1xRTD	6ES7 123-1JA00-0AB0	602..603		
D	AI 1xRTD	6ES7 123-1JA00-0AB0	604..605		
E	AI 1xRTD	6ES7 123-1JA00-0AB0	606..607		
F	AI 1xRTD	6ES7 123-1JA00-0AB0	608..609		
G	AI 1xRTD	6ES7 123-1JA00-0AB0	610..611		
H	AI 1xRTD	6ES7 123-1JA00-0AB0	612..613		

Kuvio 25. A5040- moduulin osoitteet.

Binääriset tulot koostuvat hätä-seis- piirin koskettimista ja moottorinsuojakytkimistä sekä kontaktorin apukoskettimista, jotka ovat kaksijohdin kytkentöjä. Valokennot ja muut rajakytkimet ovat kolmijohdin kytkennöillä toteutettuja. Analogiset tulot ovat laakereiden ja öljyn lämpötilan mittauksia ja ne ovat nelijohdin kytkentöjä. Taulukko 5 selventää käytettyjen kanavien määrää ja paljonko moduulissa on vielä resursseja lisäyksille. Kyseisessä moduulissa on siis varaa lisätä kahdeksan digitaalista tuloa mutta varalle ei ole yhtään analogista tuloa.

Taulukko 5. Päivitettävän hajautusmoduulin I/O-määrät.

<b>A5040</b>	<b>Osoitteita</b>	<b>Käytössä</b>	<b>Jäljellä</b>
<b>E56.0-E56.7</b>	8	4	4
<b>E57.0-E57.7</b>	8	5	3
<b>E58.0-E58.7</b>	8	7	1
<b>E59.0-E59.7</b>	8	8	0
<b>Yhteensä (DI)</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>8</b>
<b>A5050</b>	<b>Osoitteita</b>	<b>Käytössä</b>	<b>Jäljellä</b>
<b>PEW598-</b>	8	8	0
<b>PEW614</b>			
<b>Yhteensä (AI)</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>0</b>

## 4.2 Päivitystyön vaihtoehdot

Päivitystyölle on monta mahdollista vaihtoehtoa. Siksi sen suunnitteleminen ja järkevimmän ratkaisun löytäminen on hankalaa. Toimeksiantajan vaatimukset toimivat siis suurimpana ohjenuorana uusien laitteiden valinnalle ja suunnittelutyölle. Edellisen luvun laitekannan selvityksellä luotiin pohja uusien laitteiden hankinnalle. Erilaisten vaihtoehtojen kartoittamisessa käytin paljon Siemensin Industrial Supportin tarjoamia palveluita, datalehtiä ja käyttöohjeita. Olin yhteydessä Siemensin asiakastukeen sähköpostitse, kun selvitin vanhojen ja uusien laitteiden yhteensopivuutta. Kävin myös yritysvierailulla SITEK- Palvelu OY:n Jyväskylän toimipisteellä. Yritysvierailu avasi näkemystäni muun muassa projektin laitevalinnoista. Yritysvierailun jälkeen otin käyttööni Siemensin TIA Selection Tool- ohjelman, jolla tein laitelistat päivitystyön eri vaihtoehdoille. Listasin asioita, joiden koin ohjaavan erilaisten vaihtoehtojen selvittämistä:

- ET200L-SC moduuleilla toteutettua hajautettua I/O-järjestelmää aletaan päivittämään uudempaan ET200SP- laitteistoon moduuli kerrallaan.
- Hajautetun I/O-järjestelmän kenttäväylä määräytyy tilannekohtaisesti.
- Päivitystyössä tulisi ottaa huomioon myös tulevaisuudessa vastaan tulevia projekteja.



#### 4.2.1 Hajautettu I/O- järjestelmä toteutettuna ET200SP- laitteilla

Hajautetun I/O:n osalta suunnittelun lähtökohtana oli, että vanhoja hajautusmoduuleja ei jätetä käyttöön. Tämä helpotti suunnittelu työtä siten, että hajautusmoduuleille tulee etsiä korvaava tuote, vaikka kenttäväylää ei uudistettaisi. Näin ollen rakensin TIA Selection Tool- ohjelmalla laitekokonaisuuden jossa käytetään ET200SP-sarjan laitteita. Ohjelmalla koottu laitedokumentaatio on nähtävissä liitteessä 3.

ET200SP- sarjan tuotteet voidaan sijoittaa Profibus DP- kenttäväylään tai Profinet-verkkoon. Profibus DP- kenttäväylä toteutuksen ongelmaksi muodostui se, että ET200SP vaatii vähintään väylän suoritustasoksi DP-V1 version. Käytössä olevassa laitekonfiguraatiossa kenttäväylä käyttää suoritustasona S7 Compatible versiota, jotta kenttäväylässä olevat muiden laitevalmistajien laitteet on saatu yhteensopivaksi. Kenttäväylän päivitystä hajautetun I/O:n osalta Profinet-verkkoon puoltaa myös mahdolliset tulevaisuuden projektit, suuremmat laitemäärät väylässä sekä joskus tarpeellinen nopeampi tiedonsiirto. Yksi vaihtoehto on siis rakentaa hajautetut moduulit Profinet-verkkoon. Vaihdeettava moduuli vain poistuu Profibus DP- väylästä. Loppujen lopuksi Profibus DP- väylässä on enää Profibus DP- kenttälaitteita.

Mahdollisen Profinet-verkon topologiaksi valitaan joko Profibus DP- kenttäväylän kaltainen laitteelta laitteelle kulkeva yhteys tai tähtitopologia, joka toteutetaan Profinet-verkkoa tukevalla verkkokytkimellä. Arkkileikkurilla etäisyydet eivät muodostu ongelmaksi ja nykyinen laitteelta laitteelle rakenne on osoittautunut melko toimivaksi. Liitteessä 4 on esitelty topologia rakenne, joka olisi mahdollinen tässä päivitystyössä ja tulevaisuudessa. Tämä opinnäytetyö käsittelee muutoksia hajautusmoduulien A5040 ja A5051 kannalta.

Uusi hajautusmoduuli koostuu kenttäväylä liitäntämoduulista ja I/O-korteista. Profinet verkkoa varten tarvitaan liitäntämoduuli IM155-6PN ST, jossa on integroitu väyläliitin kahdelle RJ45-kaapelille. I/O-määrä määrittelee tarvittavien I/O-korttien määrän. Tässä päivitystyössä on tarve 24 digitaalitulolle ja 8 analogiatulolle. Näin ollen moduuliin tulee neljä 8 kanavaista digitaalitulo korttia ja kaksi 4 kanavaista analogia-

tulo korttia. I/O-kortti koostuu niin sanotusta pohjasta, jossa on liittimet anturikaapeleille sekä kortit toisiinsa yhdistävän väylän liittimet. Pohjaan kiinnitetään irrotettava tulo- tai lähtömoduuli. Osa digitaalisista tuloista on kolmijohdinkytkentöjä, joten DI-korttien pohjissa on liittimet anturin jännitteen syötölle, signaali johtimelle ja 0 VDC johtimelle. Näin ollen ei tarvitse kenttäkoteloon asentaa ylimääräisiä riviliittimiä anturikaapeleille. Analogiatulot ovat nelijohdinkytkentöjä ja I/O-kortit ovat juuri nelijohdinkytkentää varten. Kuviossa 26 on vielä koostettu laitelista työssä tarvittavista ET200SP-sarjan laitteista.

Rack	Slot	Name	Article number	Equipment identifier
	100			
Rack_1	0	IM 155-6 PN ST incl. server module, incl. BusAdapter 2xRJ45 (6ES7193-6AR00-0AA0)	6ES7155-6AA01-0BN0	
Rack_1	1	DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	
Rack_1	1	Accessories: BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term. separate (digital/analog, max. 24VDC/10A)	6ES7193-6BP20-0DA0	
Rack_1	2	DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	
Rack_1	2	Accessories: BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term. jumpered (digital/analog, max. 24VDC/10A)	6ES7193-6BP20-0BA0	
Rack_1	3	DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	
Rack_1	3	Accessories: BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term. jumpered (digital/analog, max. 24VDC/10A)	6ES7193-6BP20-0BA0	
Rack_1	4	DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	
Rack_1	4	Accessories: BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term. jumpered (digital/analog, max. 24VDC/10A)	6ES7193-6BP20-0BA0	
Rack_1	5	AI 4xRTD/TC 2,3,4-wire HF	6ES7134-6JD00-0CA1	
Rack_1	5	Accessories: BU type A1, 16 push-in, 2 infeed term. separate, temperature (analog, max. 24VDC/10A)	6ES7193-6BP00-0DA1	
Rack_1	6	AI 4xRTD/TC 2,3,4-wire HF	6ES7134-6JD00-0CA1	
Rack_1	6	Accessories: BU type A1, 16 push-in, 2 infeed term. jumpered, temperature (analog, max. 24VDC/10A)	6ES7193-6BP00-0BA1	

Kuvio 26. Laitelista ET200SP- sarjan hajautusmoduulille.

#### 4.2.2 Kommunikointi prosessorin lisääminen keskusyksikköön

Jotta hajautetun järjestelmän I/O-moduuleille pystytään luomaan Profinet-verkko, edellyttää se myös muutoksia logiikan keskusyksikössä. Käytössä olevassa keskusyksikössä (CPU 318-2) ei ole mahdollisuutta kytkeytyä suoraan Ethernet-verkkoon. Siemensiltä löytyy kuitenkin Simatic S7- sarjan laitteille tietoliikenneprosessoreita, joiden avulla S7 ohjaimet voidaan liittää Ethernet-verkkoon. Jos tietoliikenneprosessori

tukee Profinet-järjestelmää, voidaan sen avulla osoitteet antaa suoraan Profinet IO kenttälaitteille.

Selvitystyön perusteella nykyiseen keskusyksikköön (CPU 318-2) yhteensopiva tietoliikenneprosessori on CP343-1, tuotenumeraltaan 6GK7343-1EX30-0XE0. Kyseinen CP343-1 moduuli voi toimia Profinet IO ohjaimena tai laitteena. Moduulissa on kaksi RJ45-liitäntää tiedonsiirtonopeudeltaan 10...100 Mbit/s. Moduuliin liitäntöihin on integroitu verkkokytin. Moduuli ketjutetaan yhdysliittimen avulla keskusyksikön kanssa samaan asennuskiskoon.

#### 4.2.3 Keskusyksikön vaihtaminen

Vaihtoehtoisesti nykyisen keskusyksikön voisi myös korvata uudemmallalla keskusyksiköllä. Taulukon 4 mukaisesti CPU 318-2 keskusyksikölle korvaavia tuotteita olisi CPU 317-2 PN/DP tai CPU 319-3 PN/DP. Sopivampi keskusyksikkö olisi todennäköisesti CPU 317-2, sen suorituskyky riittää kyseiseen tarkoitukseen. Uusi keskusyksikkö tulee valita siten, että siinä on valmiiksi integroituna MPI/DP-liitäntä sekä liitäntä Ethernet verkolle. Tällä tavoin ei välttämättä tarvita tietoliikenneprosessoria.

Keskusyksikön vaihtaminen uudempaan S7-300-sarjan keskusyksikköön ei ole myöskään kaikkein järkevin vaihtoehto. Ei kannata investoida siihen, että ostetaan jo tuotetuksensa menettäneitä laitteita. Toisaalta, jos keskusyksikköön lisätään kommunikointiprosessori, tuo se mahdollisuuden käyttää Profinet-verkkoa, mutta ei poista sitä tosi asiaa että käytämme edelleen vanhentunutta keskusyksikköä. Jos päädyttäisiin tilanteeseen, että keskusyksikkö vaihdetaan, olisi silloin järkevintä miettiä täysin uuden esimerkiksi S7-1500-sarjan keskusyksikön hankkimista. Tehokkaampi uusi keskusyksikkö mahdollistaisi useamman logiikan poistamisen arkileikkurin ohjausjärjestelmästä. Ohjausjärjestelmästä tulisi täten hieman yksinkertaisempi. Tämänkaltaisen uudistus kuitenkin nostaa päivitystyön kustannuksia ja ohjelmointityön määrä kasvaa.

#### 4.2.4 Hajautusmoduulin lisääminen Profibus DP- kenttäväylään

Päivitystyö on myös mahdollista suorittaa siten, että ainoastaan vanhentuneet hajautusmoduulit vaihdetaan. Tällöin keskusyksikköön ei integroida kommunikointiprosessoria eikä kenttäväylää uusita. Silloin tulee tarkastella ET200SP-sarjan laitteiden yhteensopivuutta nykyiseen kenttäväylään. ET200SP-sarjan laitteita voidaan käyttää Profibus DP- väylässä IM155-6DP HF liitäntämoduulin avulla. Tämänkin tuotteen valmistus on lopetettu vuonna 2019.

Jos kenttäväylää ei vaihdeta Profinet-verkoksi, tulee tutkia voiko nykyisen Profibus DP- kenttäväylän määrittelyä muuttaa. Pitää selvittää onko kenttäväylässä tällä hetkellä olevat laitteet sopivia kenttäväylään, jossa suoritustasona käytetään DP-V1 versiota. DP-V1 versio vaaditaan ET200SP-sarjalle. Tässä vaiheessa ei kuitenkaan voida lähteä päivitystyöhön, jossa alettaisiin vaihtamaan kaikkia kenttälaitteita uudempiin. Tämän takia laitekonfiguraatiota pitää kokeilla ennen varsinaista hajautusmoduulin vaihtoa. Tällä varmistumme siitä, että muut kenttälaitteet toimivat konfiguraatio muutosten johdosta. Tähän muutoksen vaaditaan tuotannon seisauttaminen, koska tuotannon aikana konfiguraation muutosten lataaminen on liian riskialtis työ. Jos tämänkaltainen määrittely ei ole mahdollista, voidaan käyttää vanhempia Siemensin Simatic S7- sarjan hajautusmoduuleja (esim. ET200S- sarja). Tällöin ei kuitenkaan päästä kovin paljon uudempaan laitekantaan ja tuotteiden tuki voi loppua hyvinkin pian.

## 5 Käytännöntoteutus

Edellä tehdyn selvitystyön perusteella päädyimme toimeksiantajan kanssa kahteen eri vaihtoehtoon, joista teimme tarjouspyynnöt toimeksiantajan yhteistyökumppanille:

- ET200SP I/O-moduuli asennetaan Profibus DP- kenttäväylään.
- ET200SP I/O-moduulille rakennetaan uusi Profinet-verkko, mikäli sen asentaminen ei onnistu Profibus DP- kenttäväylään.

Profibus DP- kenttäväylä ratkaisu on sen onnistuessa nopeampi ja halvempi toteutettava. Toimeksiantajalta löytyy tehtaalta jo Profibus DP- kenttäväylälle IM155-6DP HF liitäntämoduuli sekä I/O-kortit ( 4 x 8DI 24 VDC ja 2 x 4AI RTD/TC 4-wire ). Kenttäväylälle ei tarvitse tehdä fyysisiä muutoksia. Työ vaatii kaksi erillistä tuotannon seioskia. Tämän ratkaisun tarjouspyyntö käsittää ainoastaan I/O-korttien asennusta varten tarvittavat pohjayksiköt, jotka yhdistävät I/O-kortit toisiinsa ja sisältävät jousiliittimet kenttäkaapeleita varten.

Profinet-verkon rakentaminen on toinen vaihtoehto. Tällöin laitekonfiguraatioon tulee tehdä suurempia muutoksia. I/O-moduuli liitetään keskusyksikköön lisättyyn kommunikointiprosessoriin ja luodaan paikallinen Profinet-verkko. Kentälle rakennetaan uusi kaapeliyhteys Profinet-kaapelilla. Profinet-verkon lisääminen aiheuttaa todennäköisesti myös ohjelmointityötä, johon tarvitaan ulkopuolista apua. Tarjouspyyntö sisältää liitäntämoduulin IM155-6PN ST Profinet-verkkoa varten sekä kommunikointiprosessorin ( CP343-1 ) keskusyksikölle. Lisäksi tarvitaan Profinet-kaapelia noin 50 metriä sekä Profinet-liittimiä.

Taulukko 6. Päivitystöiden tarjouspyynnöt.

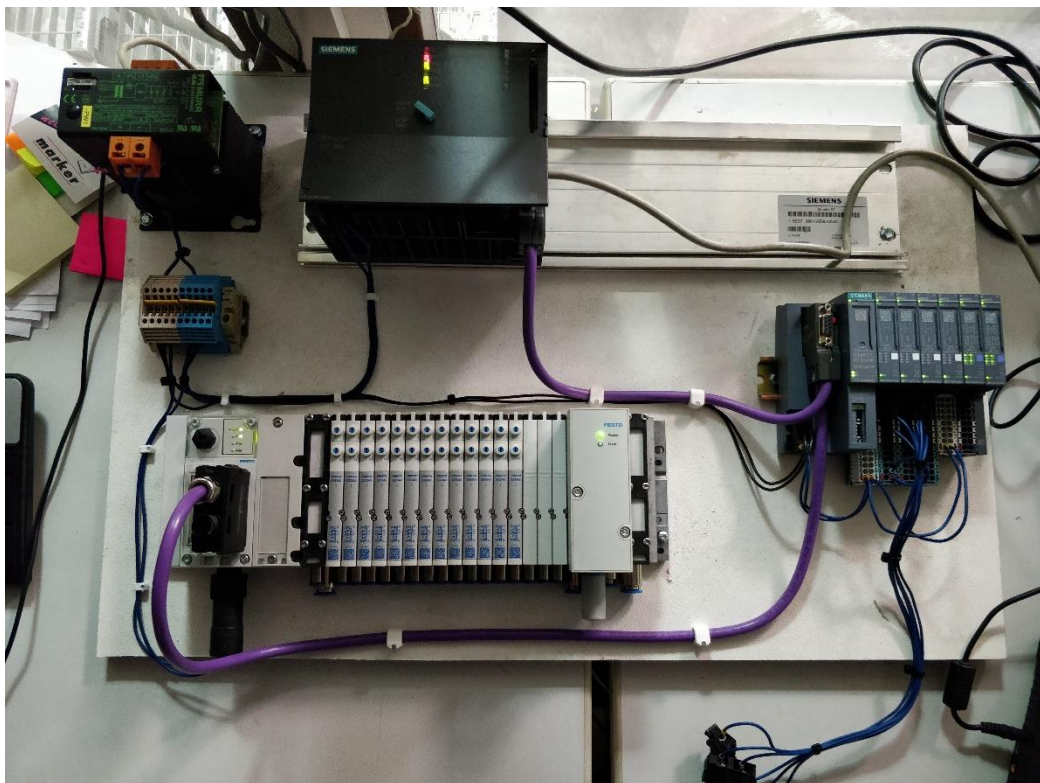
Tarjouspyyntö	Laitteet	Hinta ( YHT. )
Profibus DP toteutus	I/O-korttien pohjat (4kpl)	X €
Profinet toteutus	IM155-6PN ST (1kpl) CP343-1 (1kpl) Profinet-kaapeli (50m) Profinet-liittimet (10 kpl)	X €

## 5.1 Laitekonfiguraatio muutokset

Hajautusmoduulin lisääminen Profibus DP- kenttäväylään vaatii väylän suoritusastaksi DP-V1 version. Kyseinen keskusyksikkö CPU 318-2 tukee DP-V0 ja DP-V1 versioita sekä S7-compatible versiota. Molempien keskusyksikön porttien on käytettävä samaa versiota. Tästä johtuen käytössä olevan kenttäväylän määrittelyä tulee siltä osin muuttaa, koska suoritusaste on S7-compatible ja ET200SP-sarjan laitteet eivät tue tätä. Tämä muutos saattaa aiheuttaa muiden kenttäväylän laitteiden toimintaan ongelmia esimerkiksi jos GSD-tiedostoihin on määritelty ainoaksi käytettäväksi DP-V0

versio. Siksi kenttäväylän suoritustaso on muutettava ja sen kelpoisuus todennettava ennen kuin aletaan asennustöihin ja muihin konfiguraatiomuutoksiin.

Muina uusina muutoksina laitekonfiguraatioon täytyy ladata uuden hajautusmoduulin GSD-tiedostot ja lisättävä moduuli kenttäväylälaitteeksi sekä määritellä I/O-osoitteet vastaavaksi. Tarvittavat GSD-tiedostot on ladattu Siemens Industry Online Support- sivuston kautta arkkileikkurin ohjelmointikoneelle. GSD-tiedoston version tulee olla sama kuin konfiguroitavan laitteen versio, saman version uusimpia versioita kannattaa käyttää, koska niissä on yleensä korjattu esimerkiksi ilmenneitä ohjelmavirheitä. Kenttäväylään liitettyyn moduulin tulee lisätä siinä käytettävät I/O-kortit ja niille tulee antaa osoitteet, jotka tässä työssä määriteltiin siis vastaaviksi vanhan konfiguraation kanssa. Kenttäväylälaitte tarvitsee myös oman laiteosoitteensa.



Kuvio 27. Testi simulaatio.

Koska tilanne vaatii laitekonfiguraation testaamisen kahdessa vaiheessa ja asennukseen tarvittava huoltoseisokki on vasta toukokuun loppupuolella, valmistelin kuvion

27 mukaisen simulaation. Sen avulla pystyttiin osittain toteamaan sen, että DP-V1 versiolla toteutettu kenttäväylä määrittely toimii muiden väylälaitteiden kanssa. Kyseisessä simulaatiossa on ET200SP-sarjan hajautusmoduuli ja vastaavanlainen venttiiliterminaali, joita käytössä on. Myös keskusyksikkö on samanlainen CPU318-2. Simulaation laitekonfiguraatioon tuli myös määrittellä tietenkin kenttäväylän parametrit. Se eroaa käytössä olevan kenttäväylän määrittelystä siten, että DP-portin suoritusaste on DP-V1 ja MPI/DP- portti on konfiguroitu yhdyskäytäväksi ohjelmointilaitteelle MPI-yhteyden kautta. Hajautusmoduulin osoitteet ovat simulaatiossa vastaavat kuin käytössä olevat (ks. kuvio 28).

Sl.	DP ID	Order Number / Designation	I Address	Q Address	Comment
1	68	DI 8x24VDC ST V0.0	56		
2	68	DI 8x24VDC ST V0.0	57		
3	68	DI 8x24VDC ST V0.0	58		
4	68	DI 8x24VDC ST V0.0	59		
5	68	AI 4xRTD/TC 2-, 3-, 4-wire HF V2.0	598..605		
6	68	AI 4xRTD/TC 2-, 3-, 4-wire HF V2.0	606..613		
7	4	Server module V1.1 (0 bytes)			
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					

Kuvio 28. Simulaatioon määriteltyjä hajautusmoduulin I/O-osoitteita.

## 5.2 Kytkentämuutokset

ET200SP -sarjan I/O-korttien pohjat mahdollistavat jokaisen kortin kytkemisen eri potentiaaliin. Jännitesyötöt on järjestetty liitäntämoduulille IM155-6DP HF, digitaalitulo korteille sekä analogiatulo korteille. I/O-korttien käyttöohjeista selviää niiden oikeat kytkennät, kun käytetään 2-, 3- ja 4-johdin kytkentöjä. Käyttöohjeiden ja testausten

avulla piirrettiin työkuvat, joiden perusteella kytkennät kenttäkotelolla H520 toteutetaan. Profibus DP- kenttäväylä ei muutu fyysisen kaapeloinnin osalta mitenkään. Profinet- verkon luontia varten olisi vedettävä sähkökeskuksesta H500 keskusyksiköltä Profinet-kaapeli H520 kenttäkotelolle hajautusmoduulille.

### 5.3 Dokumentaatio

Piirikaavioiden työkuviin muutokset päivitetään AutoCad- ohjelmalla dwg- tiedostoihin, jotta ajantasaiset piirikaaviot on saatavana myös sähköisessä muodossa. Piirikaavioiden muutokset ovat lähinnä liitinnumeroinnin korjaamista, koska kentällä olevia antureita ja kytkimiä ei vaihdeta. Opinnäytetyössä tehdyt laitelistat toimivat myös hyvänä perustietona muille samanlaisille päivityksille arkkileikkurilla. Listat kertovat tarvittavat laitteet ja laitteiden yhteensopivuuden. Liitteessä 5 on esitelty päivitetty piirikaaviot.

### 5.4 Käyttöönotto

Päivitystyön varsinaista asennustyötä ja käyttöönottoa ei dokumentoida opinnäytetyöhön. Siihen on kuitenkin olemassa täydet valmiudet opinnäytetyössä tehdyn selvityksen ja valmistelun avulla. Käyttöönottoa varten tarvitaan vähintään kaksi työpäivää, se sisältää kenttäkotelolle hajautusmoduulin vaihtotyön sekä kytkentätyön. Lisäksi käyttöönotossa ladataan valmiiksi tehty laitekonfiguraatio. Jokainen tarvittu I/O-osoite testataan I/O-testissä, joka toteutetaan esimerkiksi kuvion 29 kaltaisella muuttuja taulukolla. Tämän jälkeen on kuitenkin vielä hyvä suorittaa valvontaa tehdyille päivitykselle, jotta voidaan varmistua sen toimivuudesta.



	Address	Symbol	Display format	Status value	Modify value
1	A 1.0		BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> true	
2	PEW 598		DEC	32767	
3	E 56.1		BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> true	
4	E 58.0		BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> true	
5	E 59.2		BOOL	<input type="checkbox"/> false	
6					<input type="text"/>

Kuvio 29. Simulaation muuttuja taulukko.

Simulaation avulla opinnäytetyöhön saadaan täysin samat käyttöönoton vaiheet kuin arkkileikkurille tehtävään päivitystyöhön. Näitä simulaation vaiheita muun muassa olivat: tarvittavien kenttälaitteiden kasaaminen, Profibus DP- kenttäväylän luominen, laitekonfiguraation laatiminen, muutaman I/O:n johdottaminen testiohjelman luontia ja I/O-testausta varten.

## 6 Tulokset

Tietoperustaa kootessani sain hyvän käsityksen kenttäväylien toimintaperiaatteista ja rakenteista ja tämä helpotti minua selvittäessäni nykyistä laitekantaa arkkileikkurin 500.A1 logiikan osalta. Teoriaosiota rakentaessani jouduin tutkimaan paljon myös laitteiden käyttöohjeita ja ohjeistuksia erilaisista kenttäväylä toteutuksista. Tämän tiedon selvittelyn pohjalta pystyinkin luomaan toimeksiantajalle vaihtoehtoja hajautetun I/O- moduulin päivittämiseen. Päivitystyölle on etsitty sopivat ratkaisut, jos kenttäväylä vaihdetaan Profinet- verkoksi tai säilytetään kenttäväylä Profibus DP- kenttäväylänä.

Vaihtoehtoista yhdessä toimeksiantajan työntekijöiden kanssa valittiinärkevimmät ja yksinkertaisimmat ratkaisut. Nämä kaksi vaihtoehtoa valittiin koska päivitystyö haluttiin pitää maltillisena ja rajata koskemaan vain hajautettuja I/O- moduuleita. Ratkaisut siis olivat hajautusmoduulin asentaminen suoraan Profibus DP- kenttäväylään liitäntämoduulin IM155- 6DP HF avulla tai Profinet-verkon luominen kommunikointiprosessorin CP343-1 ja liitäntämoduulin IM155- 6PN ST avulla. Näitä päivitystyöitä varten koostin listat tarvittavista laitehankinnoista. Sitten tehtiin tarjouspyynnöt molemmista vaihtoehtoista. Tarjouspyyntöjen avulla ja vaadittavia ohjelma- ja konfiguraatiomuutoksia vertailemalla päätimme, että uusi hajautusmoduuli asennetaan Profibus DP- kenttäväylään.

Rakensin testipöydälle simulaation, jonka avulla pystyttiin mallintamaan oikeaa tilannetta. Isona ongelmana valitulle päivitystyölle on nykyisen Profibus DP- kenttäväylän laitekonfiguraatio, joka ei tue uutta I/O- moduulia. Laitekonfiguraatio vaatii muutoksia ja niiden toimivuus on todennettava ennen kuin tehdään hajautetun I/O- moduulin vaihtaminen. Siksi simulaatiolla testattiin vastaavanlaisia laitekokonaisuutta ja pystyttiin osittain todentamaan, että muut kenttälaitteet toimivat vaaditussa laitekonfiguraatiossa. Simulaation ja selvitystyön perusteella on toimeksiantajalla välittömät valmiudet alkaa toteuttamaan vaihtotyötä.

Yhtenä opinnäytetyön tavoitteista oli, että se toimii mallina ja esimerkkinä sekä tuo tietoa toimeksiantajalle vastaavanlaisista päivitystyöistä. Opinnäytetyö selventääkin mielestäni hyvin tämänkaltaisen päivitystyön eri vaiheita ja mitkä asiat ovat onnistumisen kannalta tärkeitä. Tätä opinnäytetyötä voidaan siis käyttää tulevaisuudessa hyvänä ohjenuorana toimeksiantajan vastaavanlaisen päivitystyön toteuttamiselle. Työssä valmistunutta simulaatiota voidaan työpaikalla käyttää opetukseen ja myös erilaisten projektien simuloimiseen. Opinnäytetyön dokumentaatiota voi käyttää oppimiseen ja se silsältää hyviä lähteitä sekä se helpottaa uuden hajautusmoduulin rakenteen ymmärtämistä.

Kaikkiin työn alussa määriteltyihin tavoitteisiin ei kuitenkaan päästy. Aikataulu petti ja selvitystyö ei valmistunut tarpeeksi ajoissa, jotta opinnäytetyön käytännönsuuteen olisi voitu sisällyttää hajautusmoduulin vaihtaminen. Alkuperäisen suunnitelman mukaan tuli luoda 500.A1 logiikalle paikallinen Profinet-verkko hajautusmoduulia varten. Tämä suunnitelma jätettiin varalle ja sitä käytetään vain, jos valittu suoritustapa ei jostain syystä onnistu. Tähän ratkaisuun vaikutti muun muassa se, että Profinet-verkon luominen vaatii enemmän resursseja ja ohjausjärjestelmä muotoutuu jopa entistä monimutkaisemmaksi vaikka halutaan juuri yksinkertaistaa ja selkeyttää kenttäväylän topologiaa.

Opinnäytetyön jälkeen päivitystyö ei ole vielä valmis. Toimeksiantajalla on nyt siis tilanne, jossa vaaditaan kenttäväylän konfiguraation muutoksen toimivuuden testaaminen, joka määrittelee Profibus DP- kenttäväylä ratkaisun kohtalon. Jos konfiguraatioon tehdyt muutokset toimivat voidaan pidemmässä huoltoseisokissa toteuttaa hajautusmoduulin vaihtaminen ja saattaa päivitystyö loppuun. Jos kenttäväylän konfiguraatio ei toimi, antaa opinnäytetyö toimeksiantajalle valmiudet seuraavaan vaiheeseen, joka on hajautusmoduulia varten rakennettava Profinet-verkko. Nämä päivitystyön vaiheet tapahtuvat tuotantotilanteesta riippuen vuoden 2020 loppuun mennessä.

## **7 Pohdinta**

Kun päivitystyö aloitettiin, oli itselläni kirkkaasti mielessä että toteutan selvitystyön ja tämän jälkeen suoritetaan valikoitujen laitteiden käyttöönotto. Tätä varten olin luonut aikataulun ja suunnitelman. Työn alussa kävimme läpi tavoitteita ja tällöin yhtenevä ajatus oli luoda Profinet-verkko, johon hajautusmoduuli asennetaan. Ensimmäisen kerran aikataulu petti, kun vuoden alussa alkoi paperiteollisuuden työtaistelut ja itsekkin olin poissa työpaikalta kaksi viikkoa. Tänä aikana sain luotua opinnäytetyöhön tietoperustan mutta selvitystyötä itse työpaikalla ei lakosta johtuen tapahtunut lainkaan. Aikataulua alkoi myös pitkittämään koronavirus epidemia, joka

vaikutti myös tuotannon järjestelyyn työpaikalla. Tästä johtuen käyttöönottoa varten tarvittavan huoltoseisokin järjestäminen on epävarmaa tai se saattaa siirtyä myöhemmin pidettäväksi.

Myös oma aktiivisuus vaikuttaa työn edistymiseen ja työtä olisi voinut tehdä ripeämminkin, tosin hoidin opinnäytetyön aikaan myös muita työtehtäviä. Työtä tehdessäni ajoittain itselleni oli hieman epäselvää, kumpaa toimeksiantaja piti tärkeämpänä, laitteiston asentamista ja saamista käyttöön mahdollisimman nopeasti vai selvitystä vaihtoehtoista ja tarvittavista laitteista? Selvitystyön aikana kävi kuitenkin ilmi, että nopein ja järkevin vaihtoehto on hajautusmoduulin lisääminen Profibus DP- kenttäväylään. Edellä mainitut esteet ja selvinneet asiat johtivat siihen, että varsinaista käyttöönottoa ei dokumentoitu tähän opinnäytetyöhön. Molemmilla työn osapuolilla oli kuitenkin tässä vaiheessa selvä tilanne jatkotoimenpiteiden osalta. Toimeksiantajalla on selvyys mitä tehdään seuraavaksi ja omalta osaltani pystyin viemään opinnäytetyön suorituksen loppuun.

Järkevien vaihtoehtojen valitseminen päivitystyölle oli vaikeaa. Tämänkaltaiset projektit toteutetaan todennäköisesti yleensä isomman projektin yhteydessä, jolloin koko ohjausjärjestelmä saattaa uusiutua. Tällöin työ laajenee huomattavasti, koska huomioon on otettava myös muut kenttälaitteet ja ohjaavan sovelluksen toimintaakin on mietittävä ja sekin mahdollisesti on uusittava. Tähän toimeksiantaja ei halua lähteä tällä hetkellä, mikä on aivan ymmärrettävää. Tämän hetkinen ohjausjärjestelmä on todettu kuitenkin toimivaksi ja siksi päivittäminen kohdennettiin ainoastaan hajautusmoduuleihin.

Ongelmia tuotti yhteensopivuuden löytäminen vanhempien ja uudempien kenttäväylä laitteiden kesken. Laitteiden yhteensopivuuden takia olinkin yhteydessä Siemensin asiakastukeen. Yhteensopivien laitteiden etsimisessä olisikin helpottanut jokin sovellus tai ohjelma, jolla voisi vertailla eri tuoteperheiden laitteita. Siemens Tia Selection- ohjelmalla voi luoda laitekokonaisuuden mutta sillä ei suoraan nähnyt laitteiden yhteensopivuutta.

Jälkikäteen voi todeta, että vaihtoehtoja selvittäessä myös mahdolliset muut suunnitellut päivittämis- ja uudistusprojektit olisi hyvä olla tiedossa. Mielestäni ohjausjärjestelmissä tulisi pyrkiä mahdollisimman yksinkertaisiin ja kompakteihin ratkaisuihin. Ohjausjärjestelmistä saattaa muotoutua hyvinkin monimutkaisia ajan kuluessa kun niitä muokataan. Niihin lisätään uusia eri valmistajien laitteita ja tällöin joudutaan esimerkiksi kenttäväylystä muokkaamaan hyvinkin yksilöllisiä. Ohjausjärjestelmät saattavat sisältää useita logiikoita, jotka toimivat paikallisille väylilleen isäntinä ja ovat samalla alajärjestelmiä, jotka on yhdistetty kaikkia logiikoita ohjaavaan isäntälaitteeseen. Tällöin selvät tulevaisuuden suunnitelmat auttavat miettimään kokonaisuutta. Jos pystytään, päivitetään kerralla suurempi osa koko prosessista ja voidaan välttyä esimerkiksi useilta eri valmistajan tuotteilta tai saadaan saman tuotetuen omaavia uusia laitteita. Näin pysytään tietoisena laitteiden elinkaaresta ja voidaan helpommin varautua tulevaan. Lisäksi tällöin ohjausjärjestelmästä saadaan yksinkertaisempi.

Kun hajautusmoduuli on vaihdettu onnistuneesti käyttäen tämän opinnäytetyön selvitystä apuna on toimeksiantajalla enemmän työkaluja hajautettujen I/O- moduulien päivittämiseen. Jos moduulit ovat Profibus DP- kenttäväylässä voi toimeksiantaja niitä rauhassa, esimerkiksi moduuli kerrallaan huoltoseisokeissa vaihtaa. Tarvittaessa hajautusmoduulin vaihtamisen toimintatapoihin voidaan tehdä muutoksia, mutta se on järkevää vasta, kun ensimmäinen päivitystyö on saatu suoritettua loppuun ja tulokset on arvioitu kunnolla.

## Lähteet

ABB. 2014. AC 800M PROFIBUS DP Installation. ABB:n tekninen opas. Viitattu 9.2.2020. <https://docplayer.net/20120874-Ac-800m-profibus-dp-installation.html>

AEL. 2012. Kartongin arkituksen perusteet. Koulutusmateriaali arkitusyksikön henkilökunnalle. Metsäteollisuuden koulutus. Viitattu 23.1.2020.

Bielomatik Jagenberg GmbH + Co. 2012. Arkkileikkurin P1185/204 DAS- aukirullaimen käyttöopas. Viitattu 23.1.2020.

Bielomatik Leuze GmbH + Co. 2010. Poikkileikkuri P1185/204. Käyttöopas. Viitattu 28.1.2020.

Festo. 2019. Motion Terminal VTEM tuote-esittely. Yrityksen suomenkielinen tuotesivu. Viitattu 6.2.2020.

[https://www.festo.com/cat/fi\\_fi/data/doc\\_engb/PDF/EN/VTEM\\_EN.PDF](https://www.festo.com/cat/fi_fi/data/doc_engb/PDF/EN/VTEM_EN.PDF)

Fonselius, J., Pekkola, K., Selosmaa, S., Ström, M. & Välimaa, T. 1996. Koneautomaatio, AUTOMAATIOLAITTEET. Helsinki: Oy Edita Ab. Viitattu 6.2.2020.

Henning, C. 3.2.2015. A BEGINNER'S GUIDE TO PROFINET. Artikkelin PI North America-yrityksen www-sivuilla. Viitattu 10.2.2020. <https://us.profinet.com/beginners-guide-PROFINET/>

Industrial Ethernet is now bigger than fieldbuses. 16.2.2018. Uutinen Anybus.com www-sivulla. Viitattu 6.2.2020. <https://www.anybus.com/about-us/news/2018/02/16/industrial-ethernet-is-now-bigger-than-fieldbuses>

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2010. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 1.-2. p. Helsinki: WSOYpro Oy. Viitattu 6.2.2020.

Metsä Board - Leading producer of premium fresh fibre paperboards. N.d. Tietoa Metsä Boardista yrityksen www- sivuilla. Viitattu 30.3.2020. <https://www.metsaboard.com/About-Us/Pages/default.aspx>

Metsä Board – Äänekoski board mill. N.d. Tietoa Äänekosken kartonkiyksiköstä Metsä Boardin www-sivuilla. Viitattu 30.3.2020. <https://www.metsaboard.com/About-Us/Aanekoski-board-mill/Pages/default.aspx>

Siemens AG. 2020. Yrityksen englanninkielinen kotisivu, Simatic S7-1500 esittely. Viitattu 5.2.2020. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html>

Siemens AG. 2019. Simatic Net Industrial Ethernet / PROFIBUS IE/PB LINK PN IO. Käyttöohje. Viitattu 7.2.2020. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109744280/simatic-net%3A-industrial-ethernet-profibus-ie-pb-link-pn-io?dti=0&lc=en-FI>

Siemens AG. 2019. SIMATIC NET: Industrial Ethernet / PROFINET Passive network components. Käyttöohje. Viitattu 11.2.2020. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/84922825/simatic-net%3A-industrial-ethernet-profinet-passive-network-components?dti=0&lc=en-HN>

Siemens AG. 2019. SIMATIC NET Industrial Ethernet / PROFINET. Käyttöohje. Viitattu 10.2.2020. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/27069465/simatic-net%3A-industrial-ethernet-profinet-industrial-ethernet-?dti=0&lc=en-FI>

Siemens AG. 2007. ET 200S distributed I/O Digital electronic module 4DI DC24V ST (6ES7131-4BD01-0AA0). Käyttöohje. Viitattu 5.2.2020. [https://support.industry.siemens.com/cs/document/25388087/digital-electronic-module-4di-dc24v-st-\(6es7131-4bd01-0aa0\)?dti=0&lc=en-FI](https://support.industry.siemens.com/cs/document/25388087/digital-electronic-module-4di-dc24v-st-(6es7131-4bd01-0aa0)?dti=0&lc=en-FI)

Siemens AG. 2007. ET 200S distributed I/O Digital electronic module 4DO DC24V/0.5 A ST (6ES7132-4BD01-0AA0). Käyttöohje. Viitattu 5.2.2020. [https://support.industry.siemens.com/cs/document/25390517/digital-electronic-module-4do-dc24v-0-5-a-st-\(6es7132-4bd01-0aa0\)?dti=0&lc=en-FI](https://support.industry.siemens.com/cs/document/25390517/digital-electronic-module-4do-dc24v-0-5-a-st-(6es7132-4bd01-0aa0)?dti=0&lc=en-FI)

Siemens AG. 2000. SIMATIC NET PROFIBUS Networks. Käyttöohje. Viitattu 7.2.2020. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/1971286/simatic-net-profibus-networks?dti=0&lc=en-FI>

Parr, E.A. 2003. Programmable Controllers, An engineer's guide. 3.p. Oxford: Newnes. Viitattu 5.2.2020

Pigan, R. & Metter, M. 2006. Automating with PROFINET. Siemens AG: Saksa. Viitattu 10.2.2020.

PI Technologies for Process Automation. 26.6.2017. PROFIBUS Basic Slide Set. Diaseitys slideshare.net www-sivulla. Viitattu 9.2.2020. <https://www.slideshare.net/ProfibusUK/pi-technologies-for-process-automation>

Profibus (Process Field Bus). N.d. Tietoa profibus-kenttäväylästä Kunbus.com www-sivulla. Viitattu 7.2.2020. <https://www.kunbus.com/profibus-fieldbus.html>

What Is Network Topology? Best Guide to Types and Diagrams. 2019. Artikkelit DNS Stuff.com www-sivulla. Viitattu 6.2.2020. <https://www.dnsstuff.com/what-is-network-topology>

# Liitteet

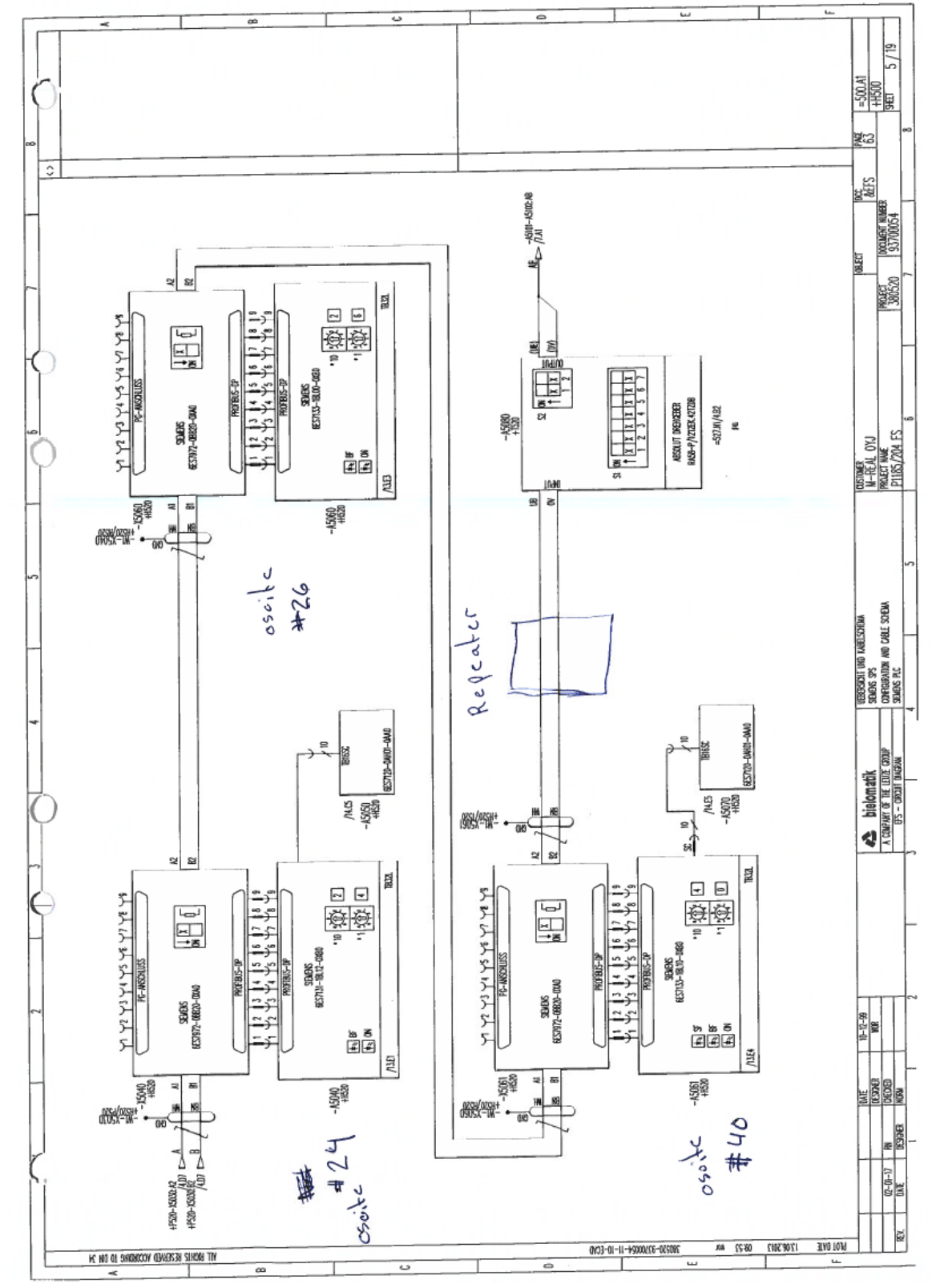
Liite 1. Arkkileikkurin logiikan 500.A1 kenttäväylän laitteet.

The screenshot displays a PLC configuration interface. At the top, a network topology diagram shows a 'Localbus Machine: DP-Mastersystem (1)' connected to various slave devices. These include several 'A510' units (71, 72, 73), 'A500' units (25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 39, 40), 'X51' units (64, 65), and 'X517' units (65). Below the topology is a hardware rack configuration for 'UR' (Universal Robots) with 11 slots. Slot 1 contains a CPU 318-2. Slot 2 contains a DP module. Slots 3-9 contain DI/O modules (DI32xDC24V, DI/O 16x24V/0.5A, DI/O 16x24V/0.5A, DI/O 16x24V/0.5A). Slot 10 contains an MPI/DP module. Slot 11 contains an MPI/DP module. To the right, a table lists the modules with their addresses and comments.

Slot	Module	Order number	Firmware	MPI address	I address	Q address	Comment
1	CPU 318-2	6ES7 318-2A100-0A80	V3.0				
2	DP				8797*		
3	MPI/DP				8789*		
4	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0		0..3			=500A1-A505
5	DI/O 16x24V/0.5A	6ES7 323-1BL00-0AA0		4..5	0..1		=500A1-A506
6	DI/O 16x24V/0.5A	6ES7 323-1BL00-0AA0		6..7	2..3		=500A1-A507
7	DI/O 16x24V/0.5A	6ES7 323-1BL00-0AA0		8..9	4..5		=500A1-A508
8							
9							
10							
11							



Liite 2. H520 kenttäkotelo Profibus DP laitteet.



## Liite 3. Laitedokumentaatio ET200SP sarjalle.

## TIA Selection Tool Project 500\_A1



## 1. Device properties: ET 200SP (Opinnäytetyö\_500\_A1)

Special product properties	
Editor	Lari Tourunen
Notes	
Created	3/3/2020 10:57:03 AM
Changed	3/3/2020 11:08:53 AM
Equipment identifier	
Unit	None
Location	None
CPU design	
Use Motion Control	No
Standard / Fail-safe Application	Standard
Automatic selection	
Optimization of station design with 2-slot BaseUnits	OneSlot
Shield connection element	No
Color coding labels	No
Reference identification label	No
Heavy duty fixing	No
Integration into the engineering system	
Integration into the engineering system	Integrated in STEP7 V5.x or can be retrofitted with the Hardware Support Package
Configuration control	
Configuration control (option handling)	No
	Information on configuration control is available in the entry "{0}".
Explosion zone EX 2	
Explosion zone EX 2	Not all modules are approved for installation in hazardous area zone 2. You can find information on this in the article {0}.
Environment	
Minimum (°C)	0
Maximum (°C)	40
Condensation	No
Extended environmental conditions	No
Railway approval	None
Railway approval temperature	TX
Extended installation altitude, [m]	Please contact technical support for installation altitudes above 2000m.
Normal conditions	Yes
SIPLUS extreme (increased requirements)	No
Control cabinet	
Mounting position	horizontal
Calculate total currents	Yes

### TIA Selection Tool Project 500\_A1

Device dimensions						
Name	Article number	Slot	Height [mm]	Width modules [mm]	Depth [mm]	Width mounting rail [mm]
IM 155-6 PN ST incl. server module, incl. BusAdapter 2xRJ45 (6ES7193-6AR00-0AA0)	6ES7155-6AA01-0BN0	0	117	50	74	
DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	1	73	15	58	
DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	2	73	15	58	
DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	3	73	15	58	
DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	4	73	15	58	
AI 4xRTD/TC 2,3,4-wire HF	6ES7134-6JD00-0CA1	5	73	15	58	
AI 4xRTD/TC 2,3,4-wire HF	6ES7134-6JD00-0CA1	6	73	15	58	
Server module (spare part), 1 piece	6ES7193-6PA00-0AA0		117	7	36	
Device			141	147	74	482.6

### TIA Selection Tool Project 500\_A1

#### Communication

##### Address space (inputs/outputs)

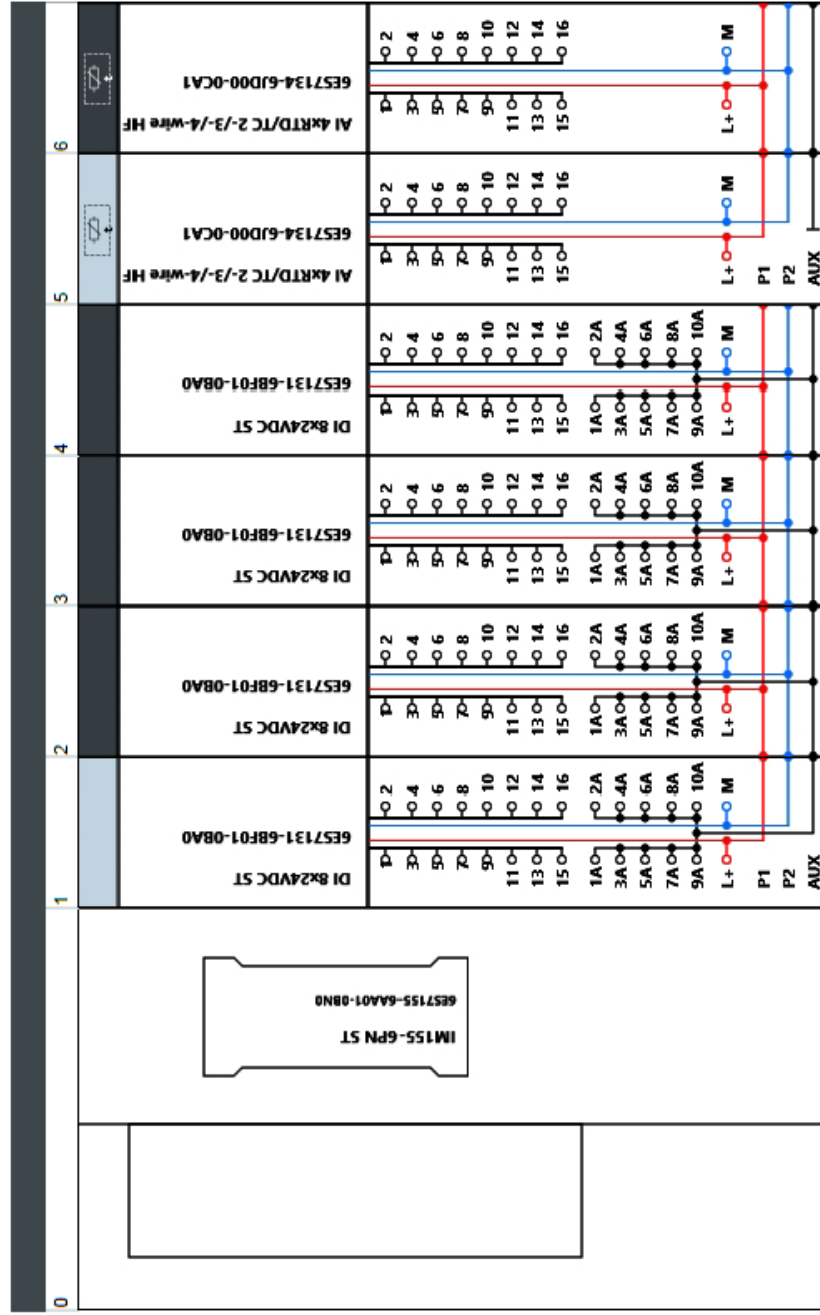
Name	Article number	Slot	Inputs [bytes]	Max. inputs [bytes]	Outputs [bytes]	Max. outputs [bytes]
IM 155-6 PN ST incl. server module, incl. BusAdapter 2xRJ45 (6ES7193-6AR00-0AA0)	6ES7155-6AA01-0BN0	0		512		512
DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	1	1			
DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	2	1			
DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	3	1			
DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	4	1			
AI 4xRTD/TC 2,3,4-wire HF	6ES7134-6JD00-0CA1	5	8			
AI 4xRTD/TC 2,3,4-wire HF	6ES7134-6JD00-0CA1	6	8			
Device			20	512		512

Input/output signals						
Name	Article number	Slot	Digital inputs	Digital outputs	Analog inputs	Analog outputs
DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	1	8	0	0	0
DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	2	8	0	0	0
DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	3	8	0	0	0
DI 8x24VDC ST	6ES7131-6BF01-0BA0	4	8	0	0	0
AI 4xRTD/TC 2,3,4-wire HF	6ES7134-6JD00-0CA1	5	0	0	4	0
AI 4xRTD/TC 2,3,4-wire HF	6ES7134-6JD00-0CA1	6	0	0	4	0
Device			32		8	

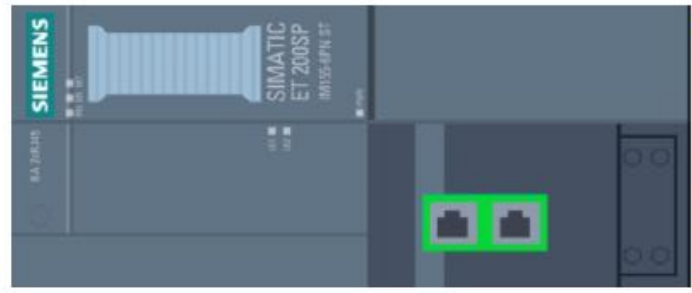



TIA Selection Tool Project 500\_A1




4. Potential distribution: ET 200SP (Opinnäytetyö\_500\_A1)



TIA Selection Tool Project 500\_A1

6. Device graphic with details: ET 200SP (Opinnäytetyö\_500\_A1)

0		<p>IM 155-6 PN ST incl. server module, incl. BusAdapter 2xRJ45 (6ES7193-6AR00-0AA0) 6ES7155-6AA01-0BNO</p>
1		<p>DI 8x24VDC ST 6ES7131-6BF01-0BA0 BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term. separate (digital/analog, max. 24VDC/10A) 6ES7193-6BP20-0DA0</p>
2		<p>DI 8x24VDC ST 6ES7131-6BF01-0BA0 BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term. jumpered (digital/analog, max. 24VDC/10A) 6ES7193-6BP20-0BA0</p>
3		<p>DI 8x24VDC ST 6ES7131-6BF01-0BA0 BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term. jumpered (digital/analog, max. 24VDC/10A) 6ES7193-6BP20-0BA0</p>

4				<p>DI 8x24VDC ST 6ES7131-6BF01-0BA0 BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term. jumpered (digital/analog, max. 24VDC/10A) 6ES7193-6BP20-0BA0</p>
5				<p>AI 4xRTD/TC 2,3,4-wire HF 6ES7134-6JD00-0CA1 BU type A1, 16 push-in, 2 infeed term. separate, temperature (analog, max. 24VDC/10A) 6ES7193-6BP00-0DA1</p>
6				<p>AI 4xRTD/TC 2,3,4-wire HF 6ES7134-6JD00-0CA1 BU type A1, 16 push-in, 2 infeed term. jumpered, temperature (analog, max. 24VDC/10A) 6ES7193-6BP00-0BA1</p>

## TIA Selection Tool Project 500\_A1

## 8. Pin assignment: ET 200SP (Opinnäytetyö\_500\_A1)

**1**

DI 8x24VDC ST

6ES7131-6BF01-0BA0

BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term. separate (digital/analog, max. 24VDC/10A)

6ES7193-6BP20-0DA0

Terminal 1	Assignment 1	Terminal 2	Assignment 2
1	DI0	2	DI1
3	DI2	4	DI3
5	DI4	6	DI5
7	DI6	8	DI7
9	L+	10	L+
11	L+	12	L+
13	L+	14	L+
15	L+	16	L+
1A	AUX1	2A	AUX2
3A	AUX3	4A	AUX4
5A	AUX5	6A	AUX6
7A	AUX7	8A	AUX8
9A	AUX9	10A	AUX10
L+	M		

**2**

DI 8x24VDC ST

6ES7131-6BF01-0BA0

BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term. jumpered (digital/analog, max. 24VDC/10A)

6ES7193-6BP20-0BA0

Terminal 1	Assignment 1	Terminal 2	Assignment 2
1	DI0	2	DI1
3	DI2	4	DI3
5	DI4	6	DI5
7	DI6	8	DI7
9	L+	10	L+
11	L+	12	L+
13	L+	14	L+
15	L+	16	L+
1A	AUX1	2A	AUX2
3A	AUX3	4A	AUX4
5A	AUX5	6A	AUX6
7A	AUX7	8A	AUX8
9A	AUX9	10A	AUX10
L+	M		



## TIA Selection Tool Project 500\_A1

3

DI 8x24VDC ST

6ES7131-6BF01-0BA0

BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term. jumpered (digital/analog, max. 24VDC/10A)

6ES7193-6BP20-0BA0

Terminal 1	Assignment 1	Terminal 2	Assignment 2
1	DI0	2	DI1
3	DI2	4	DI3
5	DI4	6	DI5
7	DI6	8	DI7
9	L+	10	L+
11	L+	12	L+
13	L+	14	L+
15	L+	16	L+
1A	AUX1	2A	AUX2
3A	AUX3	4A	AUX4
5A	AUX5	6A	AUX6
7A	AUX7	8A	AUX8
9A	AUX9	10A	AUX10
L+	M		

4

DI 8x24VDC ST

6ES7131-6BF01-0BA0

BU type A0, 16 push-in, 10 AUX, 2 infeed term. jumpered (digital/analog, max. 24VDC/10A)

6ES7193-6BP20-0BA0

Terminal 1	Assignment 1	Terminal 2	Assignment 2
1	DI0	2	DI1
3	DI2	4	DI3
5	DI4	6	DI5
7	DI6	8	DI7
9	L+	10	L+
11	L+	12	L+
13	L+	14	L+
15	L+	16	L+
1A	AUX1	2A	AUX2
3A	AUX3	4A	AUX4
5A	AUX5	6A	AUX6
7A	AUX7	8A	AUX8
9A	AUX9	10A	AUX10
L+	M		

## TIA Selection Tool Project 500\_A1

5

AI 4xRTD/TC 2,3,4-wire HF

6ES7134-6JD00-0CA1

BU type A1, 16 push-in, 2 infeed term. separate, temperature (analog, max. 24VDC/10A)

6ES7193-6BP00-0DA1

Terminal 1	Assignment 1	Terminal 2	Assignment 2
1	M0+	2	M1+
3	M2+	4	M3+
5	M0-	6	M1-
7	M2-	8	M3-
9	IC0+	10	IC1+
11	IC2+	12	IC3+
13	IC0-	14	IC1-
15	IC2-	16	IC3-
L+	DC24V	M	M

6

AI 4xRTD/TC 2,3,4-wire HF

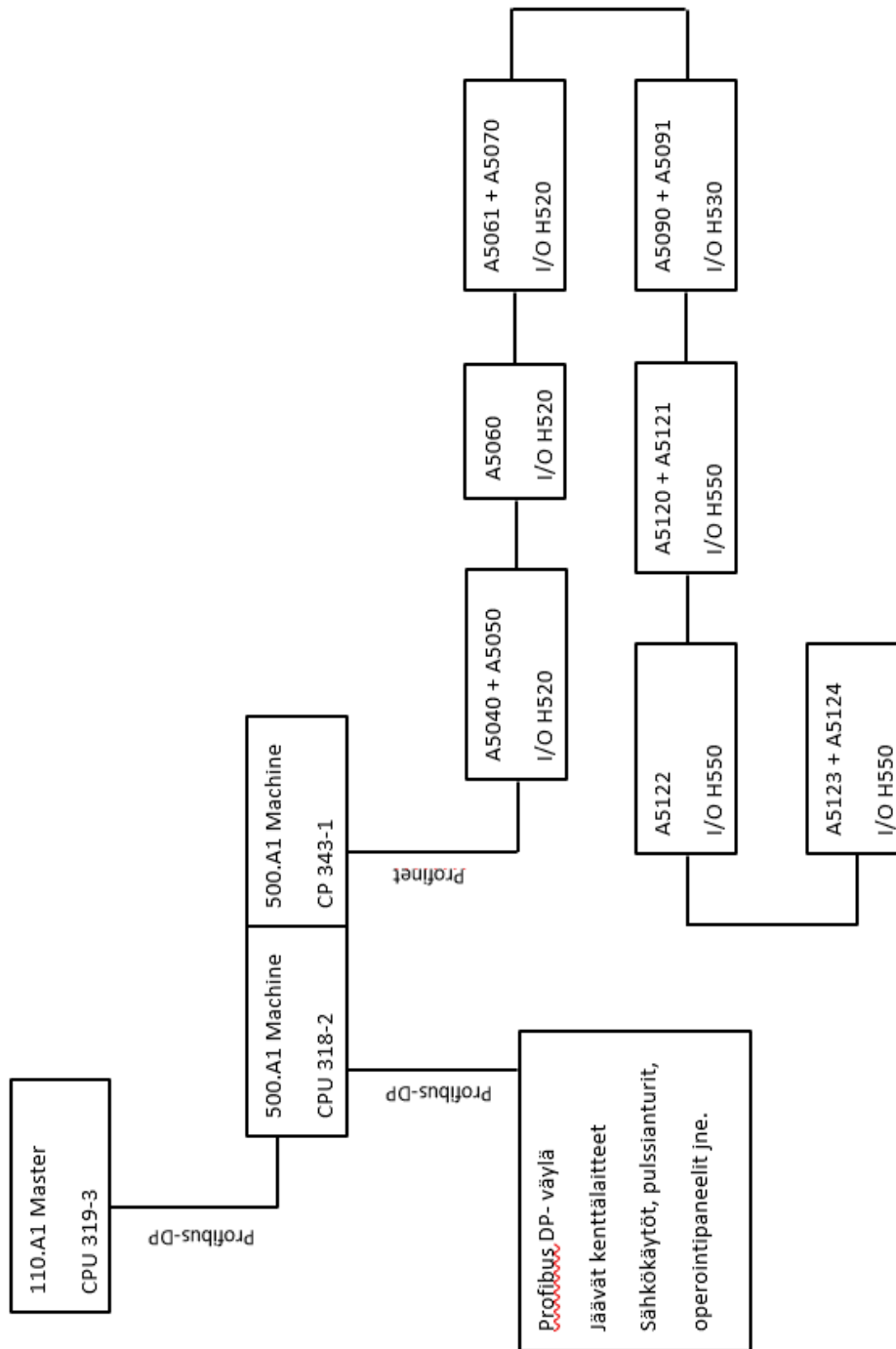
6ES7134-6JD00-0CA1

BU type A1, 16 push-in, 2 infeed term. jumpered, temperature (analog, max. 24VDC/10A)

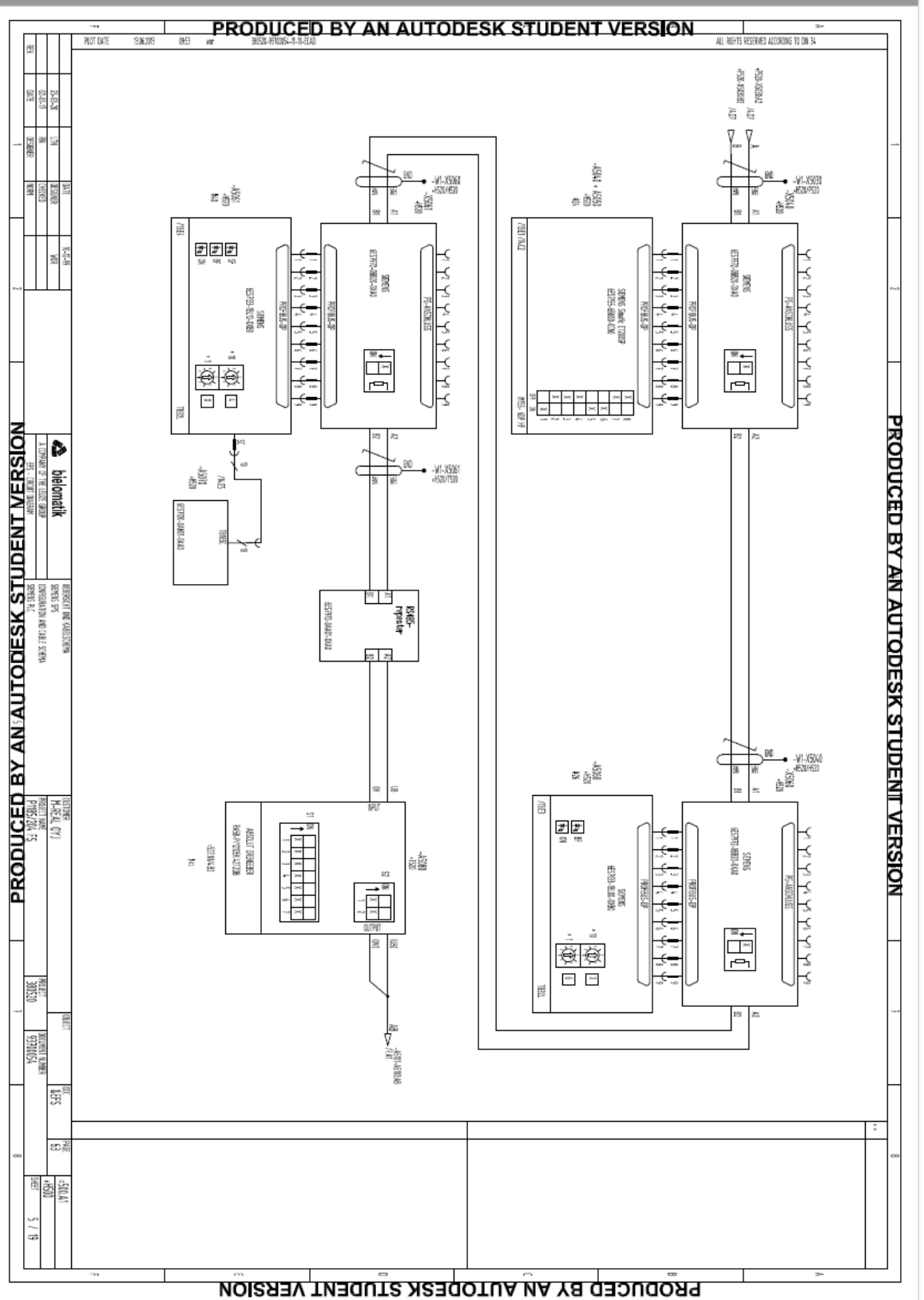
6ES7193-6BP00-0BA1

Terminal 1	Assignment 1	Terminal 2	Assignment 2
1	M0+	2	M1+
3	M2+	4	M3+
5	M0-	6	M1-
7	M2-	8	M3-
9	IC0+	10	IC1+
11	IC2+	12	IC3+
13	IC0-	14	IC1-
15	IC2-	16	IC3-
L+	DC24V	M	M

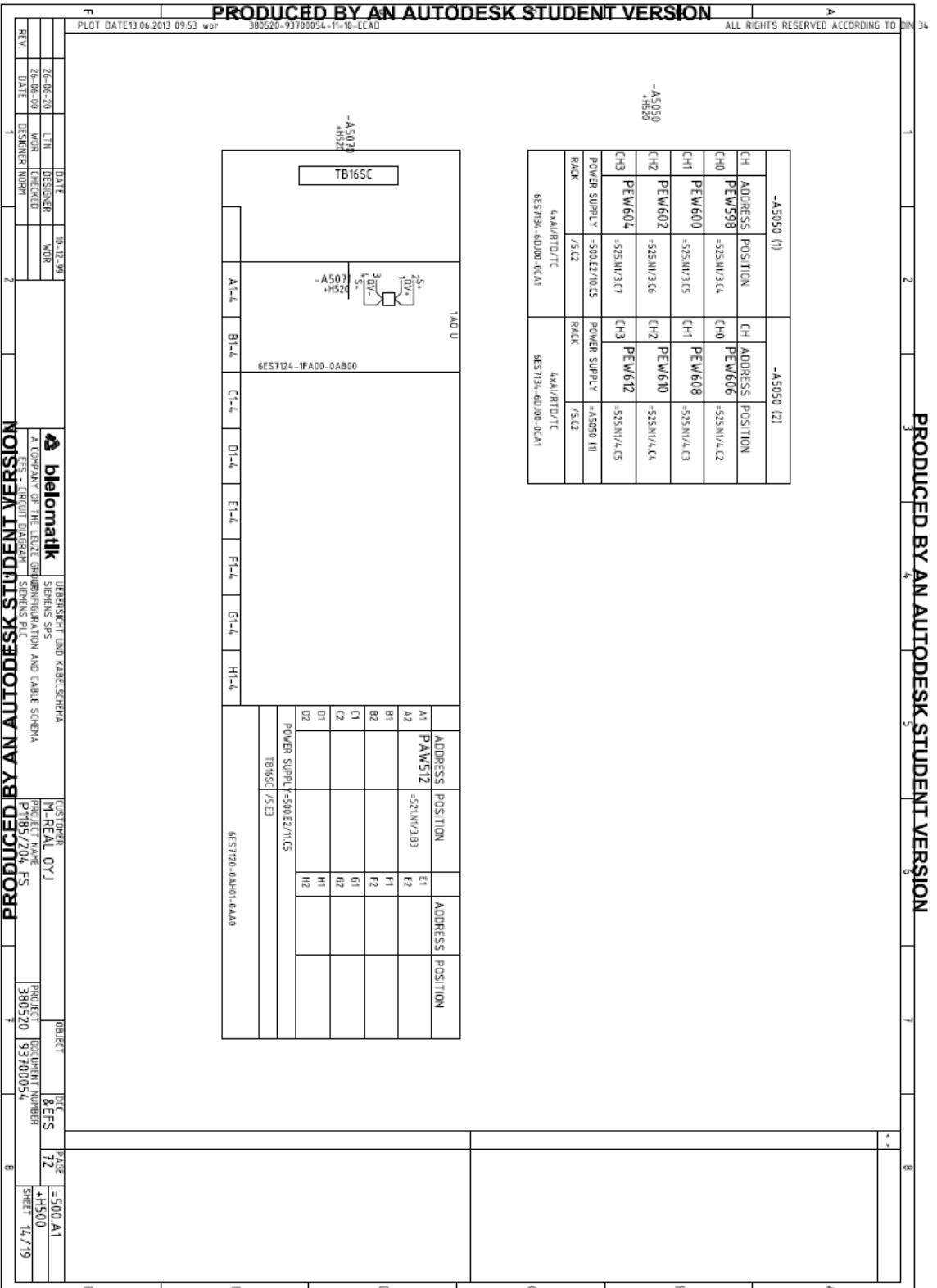
## Liite 4. Uusi kenttäväylä määrittely 500.A1 logiikalle



Liite 5. Päivitetyt piirikaaviot



ABSOLUTE ADDRESS	POSITION	ABSOLUTE ADDRESS	POSITION	ABSOLUTE ADDRESS	POSITION	ABSOLUTE ADDRESS	POSITION
1 E56.0	-500.N3/1E4	1 AE2.0	-531.N1/1E4	17 E60.0	-525.N1/2E6	17 E60.0	-527.N1/1E3
2 E56.1	-500.N3/1E5	2 AE2.1	-531.N1/1E5	18 E60.1	-525.N1/2E7	18 E60.1	-527.N1/1E4
3 E56.2	-500.N3/1E6	3 AE2.2	-531.N1/1E6	19 E60.2	-520.O1/1E2	19 E60.2	-527.N1/1E5
4 E56.3	-500.N3/1E6	4 AE2.3	-531.N1/1E6	20 E60.3	-520.O1/1E2	20 E60.3	-527.N1/1E6
5 E56.4	-500.N3/1E6	5 AE2.4	-531.N1/1E6	21 E60.4	-525.N1/3E2	21 E60.4	-527.N1/1E7
6 E56.5	-500.N3/1E6	6 AE2.5	-531.N1/1E6	22 E60.5	-525.N1/3E2	22 E60.5	-527.N1/1E8
7 E56.6	-500.N3/1E6	7 AE2.6	-531.N1/1E6	23 E60.6	-525.N1/3E2	23 E60.6	-527.N1/1E9
8 E56.7	-500.EZ/10.B3	8 AE2.7	-531.N1/1E6	24 E60.7	-525.N1/3E2	24 E60.7	-527.N1/1E9
POWER SUPPLY -AS500 (E56)		POWER SUPPLY -AS500 (E56)		POWER SUPPLY -AS500 (E56)		POWER SUPPLY -AS500 (E56)	
RACK /5E2		RACK /5E2		RACK /5E2		RACK /5E2	
8kx1/24VDC 6ES7131-6BF01-0BA0		8kx1/24VDC 6ES7131-6BF01-0BA0		16kx1/16x1/24VDC 6ES7133-1BL00-0XB0		32kx1/24VDC 6ES7131-1BL00-0XB0	
-AS500 (E57)		-AS500 (E59)		-AS500 (E59)		-AS500 (E59)	
1 E57.0	-511.N1/1E2	9 AE3.0	-531.N1/1E6	17 E60.0	-525.N1/2E6	17 E60.0	-527.N1/1E3
2 E57.1	-511.N1/1E3	10 AE3.1	-531.N1/1E6	18 E60.1	-525.N1/2E7	18 E60.1	-527.N1/1E4
3 E57.2	-511.N1/1E4	11 AE3.2	-531.N1/1E6	19 E60.2	-520.O1/1E2	19 E60.2	-527.N1/1E5
4 E57.3	-511.N1/1E5	12 AE3.3	-531.N1/1E6	20 E60.3	-520.O1/1E2	20 E60.3	-527.N1/1E6
5 E57.4	-511.N1/1E6	13 AE3.4	-531.N1/1E6	21 E60.4	-525.N1/3E2	21 E60.4	-527.N1/1E7
6 E57.5	-511.N1/1E6	14 AE3.5	-531.N1/1E6	22 E60.5	-525.N1/3E2	22 E60.5	-527.N1/1E8
7 E57.6	-511.N1/1E6	15 AE3.6	-531.N1/1E6	23 E60.6	-525.N1/3E2	23 E60.6	-527.N1/1E9
8 E57.7	-511.N1/1E6	16 AE3.7	-531.N1/1E6	24 E60.7	-525.N1/3E2	24 E60.7	-527.N1/1E9
POWER SUPPLY -AS500 (E58)		POWER SUPPLY -AS500 (E59)		POWER SUPPLY -AS500 (E59)		POWER SUPPLY -AS500 (E59)	
RACK /5E2		RACK /5E2		RACK /5E2		RACK /5E2	
8kx1/24VDC 6ES7131-6BF01-0BA0		8kx1/24VDC 6ES7131-6BF01-0BA0		16kx1/16x1/24VDC 6ES7133-1BL00-0XB0		32kx1/24VDC 6ES7131-1BL00-0XB0	
-AS500 (E58)		-AS500 (E59)		-AS500 (E59)		-AS500 (E59)	
1 E58.0	-521.N1/1E3	2 E59.0	-525.N1/1E5	17 E60.0	-525.N1/2E6	17 E60.0	-527.N1/1E3
2 E58.1	-521.N1/1E3	3 E59.1	-525.N1/1E6	18 E60.1	-525.N1/2E7	18 E60.1	-527.N1/1E4
3 E58.2	-521.N1/1E6	4 E59.2	-525.N1/1E6	19 E60.2	-520.O1/1E2	19 E60.2	-527.N1/1E5
4 E58.3	-521.N1/1E7	5 E59.3	-525.N1/1E6	20 E60.3	-520.O1/1E2	20 E60.3	-527.N1/1E6
5 E58.4	-521.N1/1E7	6 E59.4	-525.N1/2E2	21 E60.4	-525.N1/3E2	21 E60.4	-527.N1/1E7
6 E58.5	-521.N1/1E7	7 E59.5	-525.N1/2E2	22 E60.5	-525.N1/3E2	22 E60.5	-527.N1/1E8
7 E58.6	-500.N1/2E2	8 E59.6	-525.N1/2E4	23 E60.6	-525.N1/3E2	23 E60.6	-527.N1/1E9
8 E58.7	-500.N1/2E2	8 E59.7	-525.N1/2E5	24 E60.7	-525.N1/3E2	24 E60.7	-527.N1/1E9
POWER SUPPLY -AS500 (E58)		POWER SUPPLY -AS500 (E59)		POWER SUPPLY -AS500 (E59)		POWER SUPPLY -AS500 (E59)	
RACK /5E2		RACK /5E2		RACK /5E2		RACK /5E2	
8kx1/24VDC 6ES7131-6BF01-0BA0		8kx1/24VDC 6ES7131-6BF01-0BA0		16kx1/16x1/24VDC 6ES7133-1BL00-0XB0		32kx1/24VDC 6ES7131-1BL00-0XB0	



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ALL RIGHTS RESERVED ACCORDING TO DIN 34

PLOT DATE 13.06.2013 09:53 wor 380520-93700054-11-10-ECAD

-A5050 (1)		-A5050 (2)	
CH	ADDRESS POSITION	CH	ADDRESS POSITION
CH0	PEW598 =S25.NV/3L4	CH0	PEW606 =S25.NV/4C2
CH1	PEW600 =S25.NV/3C5	CH1	PEW608 =S25.NV/4C3
CH2	PEW602 =S25.NV/3I6	CH2	PEW610 =S25.NV/4L4
CH3	PEW604 =S25.NV/3L7	CH3	PEW612 =S25.NV/4C5
POWER SUPPLY	=S00E2/70LS	POWER SUPPLY	=A500 I0
RACK	/5.C2	RACK	/5.C2
4x4U/RTD/TC 6ES7194-6D00-0CA1		4x4U/RTD/TC 6ES7194-6D00-0CA1	

ADDRESS	POSITION	ADDRESS	POSITION
A1	PAW512	E1	
A2	=S21.NV/3B3	E2	
B1		F1	
B2		F2	
C1		G1	
C2		G2	
D1		H1	
D2		H2	
POWER SUPPLY =S00E2/70LS			
TB06SC /5.E3			
6ES7120-0AH01-0AA0			

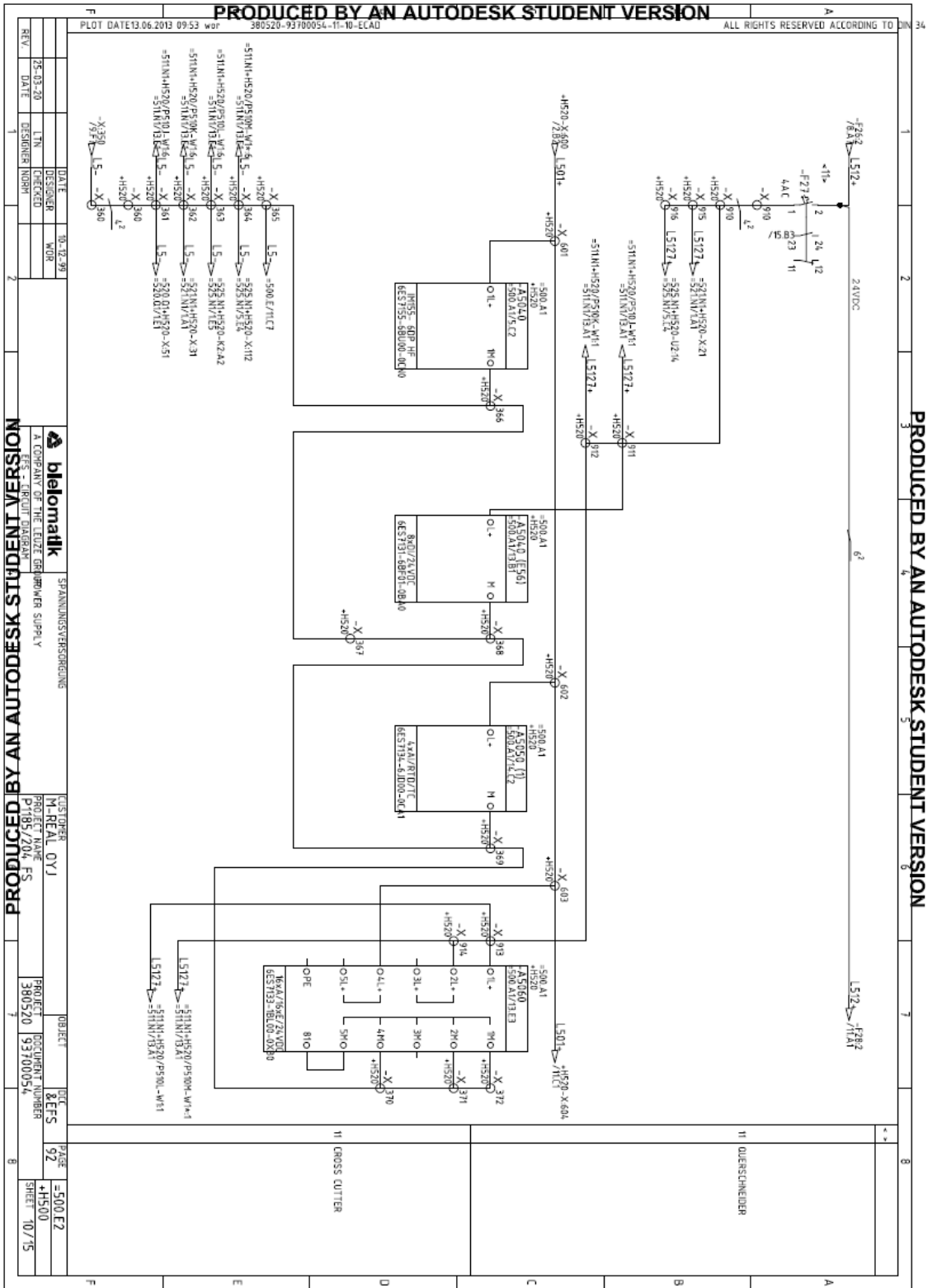
DATE	10.12.09	DESIGNER		DATE	10.12.09	DESIGNER	
DATE	26.06.20	WORK		DATE	26.06.20	WORK	
DATE		CHECKED		DATE		CHECKED	
DATE		DESIGNER		DATE		DESIGNER	

blatomatik  
SERVIS SPS  
A COMPANY OF THE TERZE GRADENIGERBRIEDUNG AND CALI SCHIHA  
EFS - CIRCUIT DIAGRAM  
SERVIS SPS

CUSTOMER: M. REAL OYJ  
PROJECT NAME: P1195/204 FS  
PROJECT: 380520  
OBJECT: 93700054

REFS: 8  
PAGE: 72  
SHEET: 14/19

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

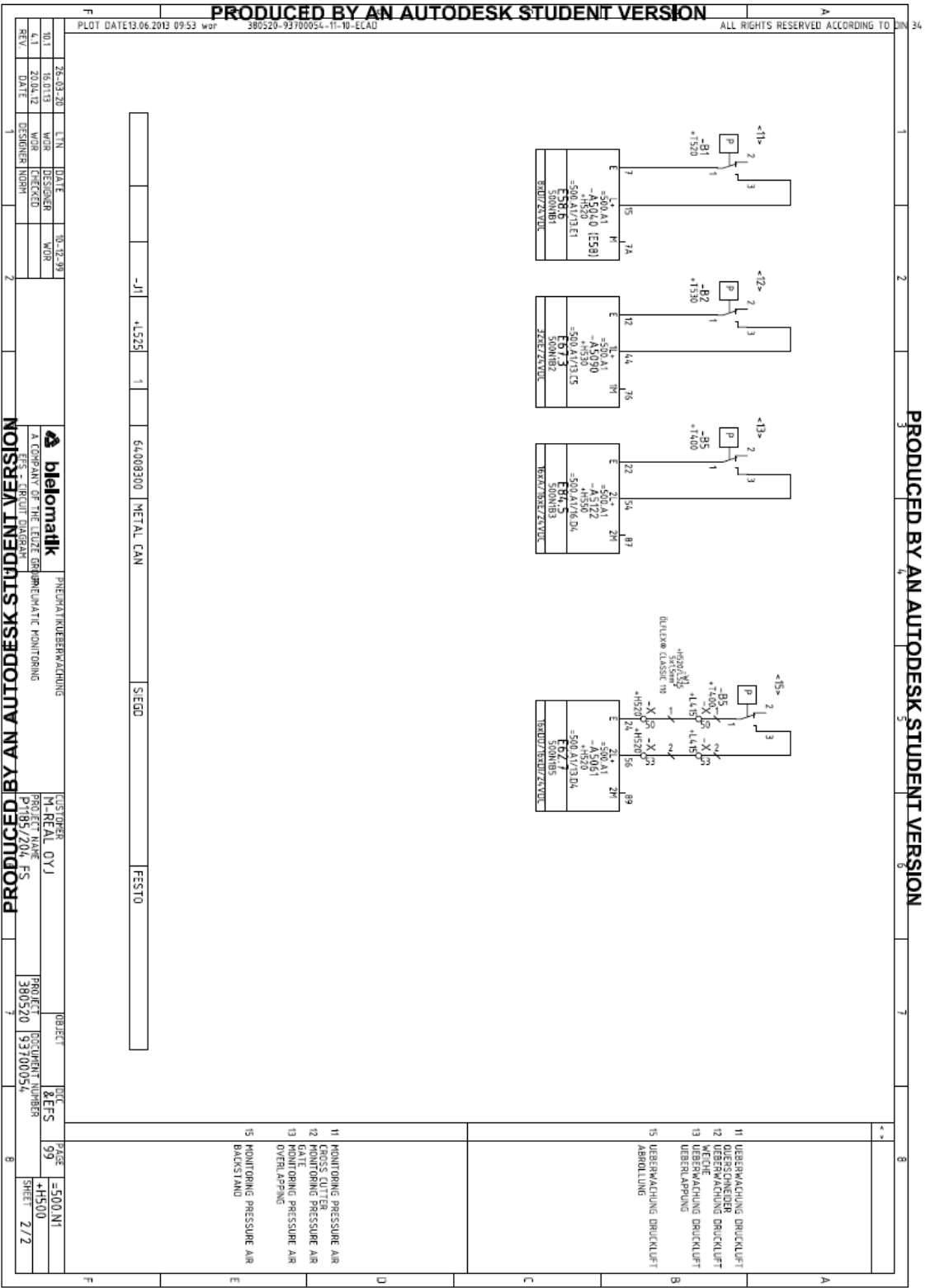


PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

REV	DATE	DESIGNER	CHECKED	WDR
25-03-20				
<p>blomark A COMPANY OF THE LEUZER GROUP POWER SUPPLY</p>				
<p>CUSTOMER RETAIL OYJ</p>		<p>PROJECT NAME SS</p>		
<p>PROJECT NUMBER 380520</p>		<p>OBJECT REQUIREMENT NUMBER 97100054</p>		
<p>PAGE 92</p>		<p>DATE 10-12-99</p>		
<p>SHEET 10/15</p>		<p>SPANUNGSVERSORGUNG</p>		

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



REV.	DATE	DESIGNER	CHECKED	DATE	WORK
1	26.03.20	LN	DATE	10.12.99	WORK
1	16.11.13	WDR	DESIGNER		WORK
1	20.04.12	WDR	CHECKED		WORK
1		DESIGNER	KÜHN		WORK

**blomalk**  
 A COMPANY OF THE LEITZ GROUP  
 PRECISE AIR MOUNTING MONITORING

PNEUMATIKUEBERWACHUNG  
 FESTO  
 METAL CAN  
 SEED

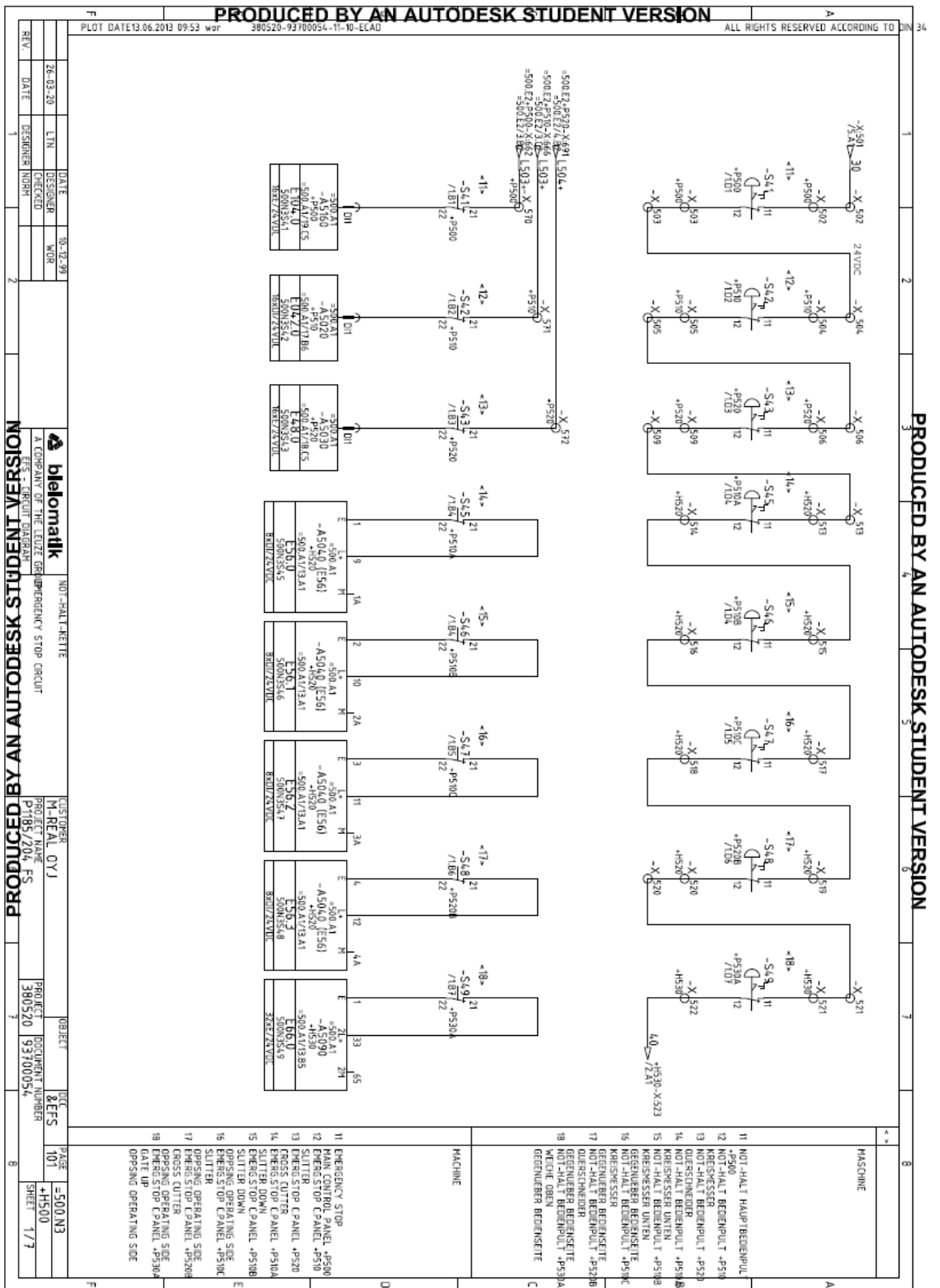
CUSTOMER: H-REAL OYJ  
 PROJECT NAME: P1057/2013 ES  
 PROJECT OBJECT: 380520 93700054

DATE: 13.06.2013  
 PROJECT NUMBER: 380520  
 DRAWING NUMBER: 93700054

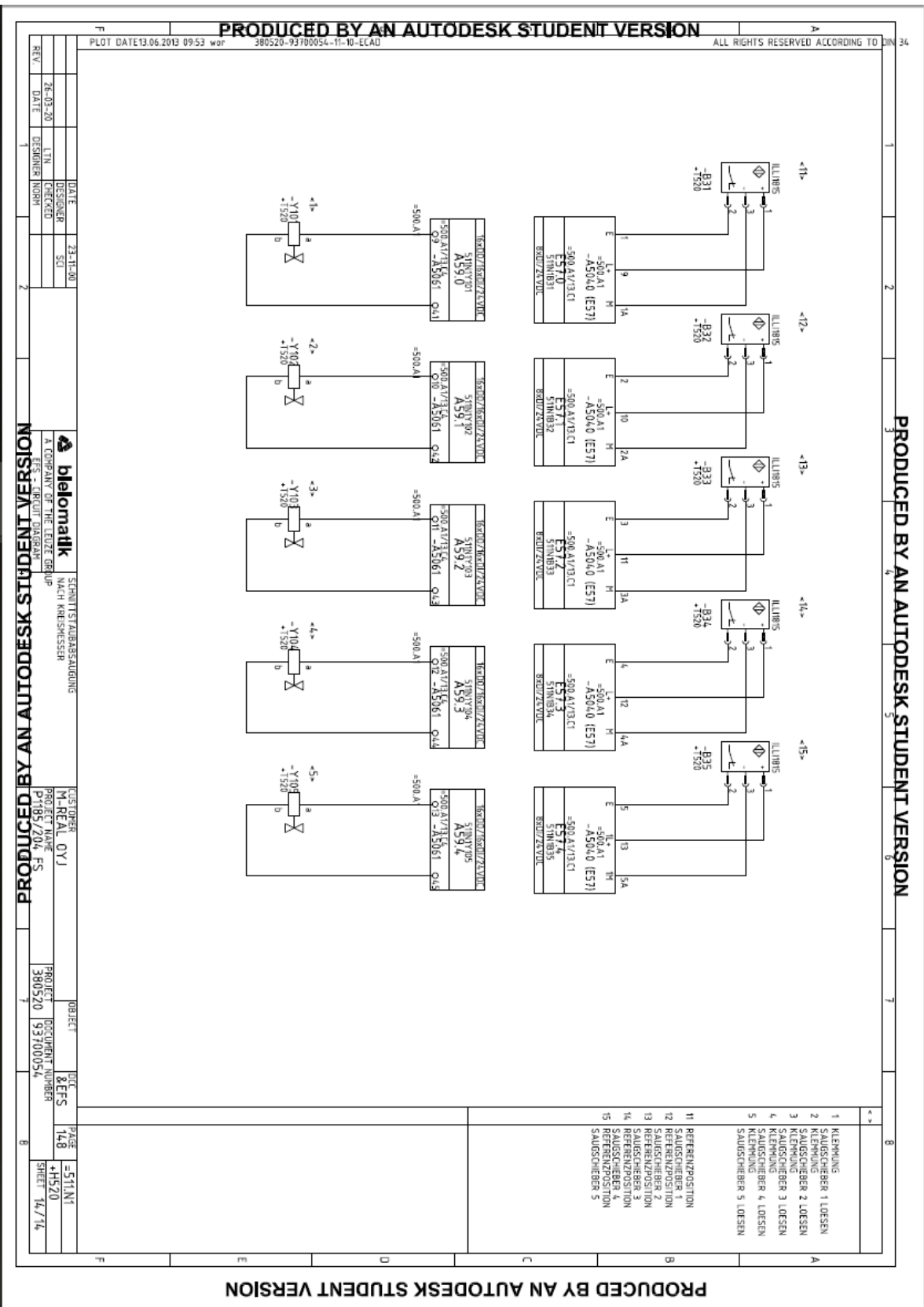
PAGE: 99  
 SHEET: 2/2

NO.	DESCRIPTION
11	MONITORING PRESSURE AIR
12	PRESS CUTTING GATE
13	MONITORING PRESSURE AIR
14	MONITORING PRESSURE AIR
15	MONITORING PRESSURE AIR BACKSTAND





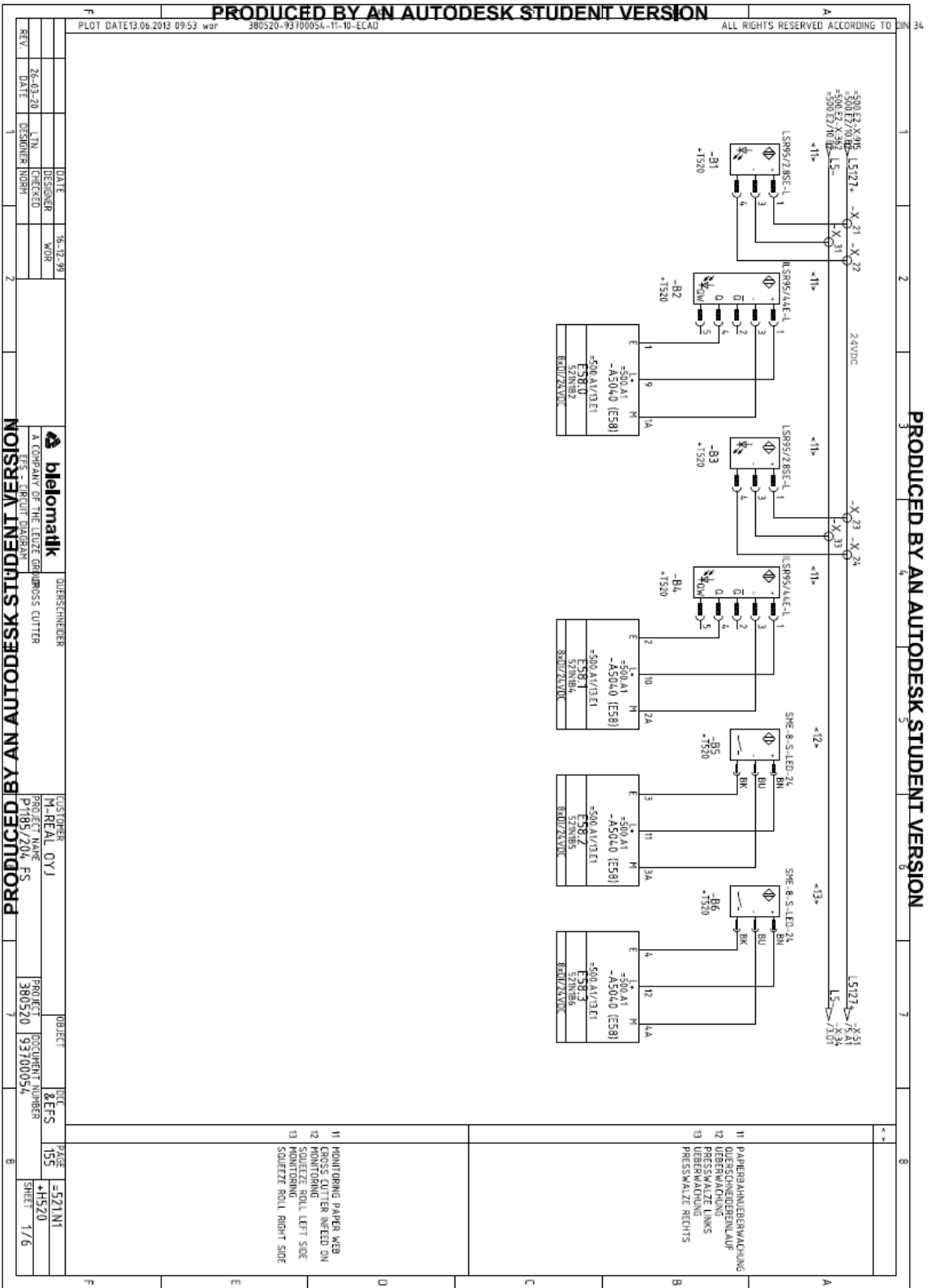
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

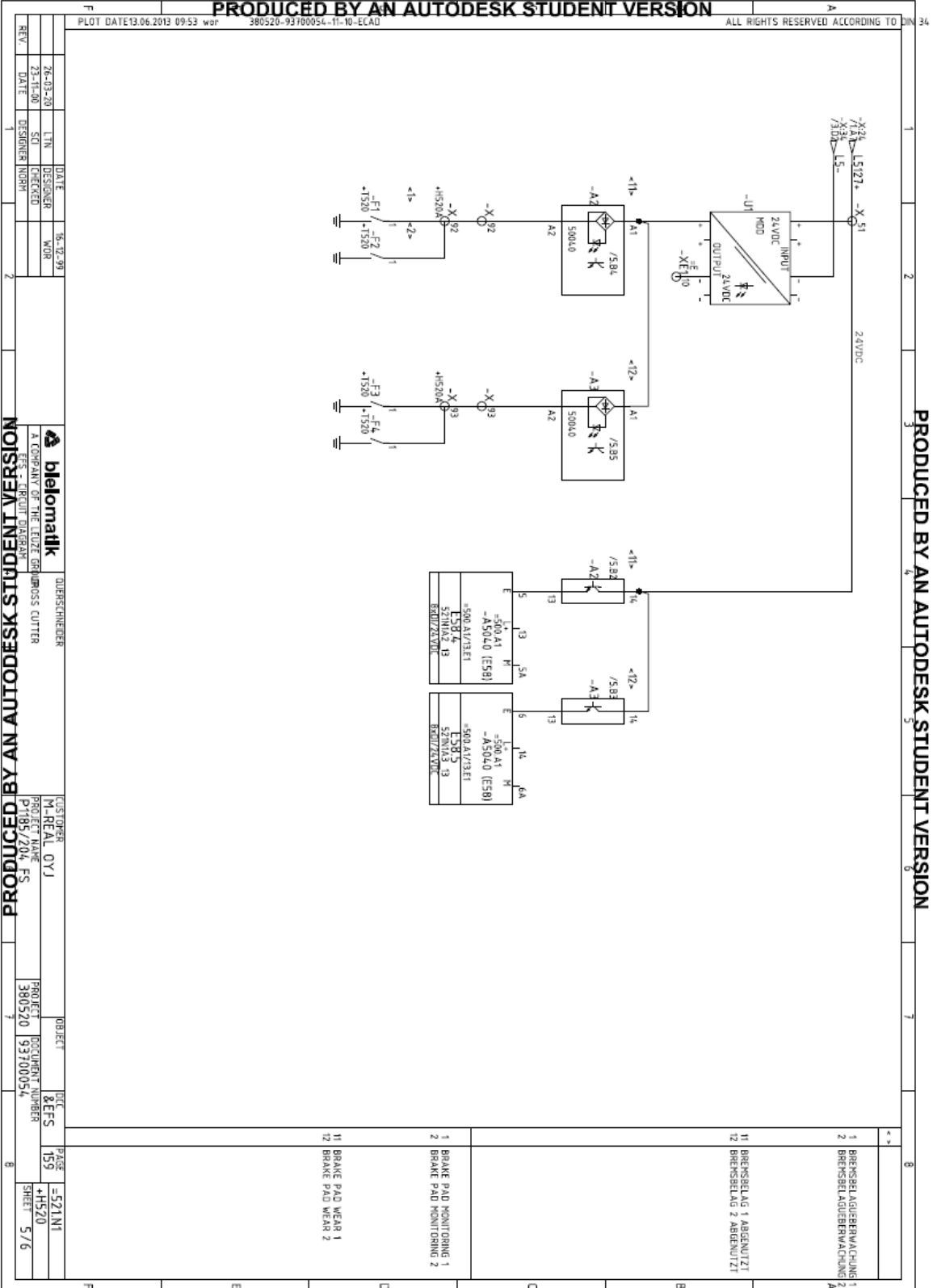


PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

- 1 KLEMPUNG
- 1 SAUSCHREIBER 1 LÖSEN
- 2 KLEMPUNG
- 2 SAUSCHREIBER 2 LÖSEN
- 3 SAUSCHREIBER 3 LÖSEN
- 4 KLEMPUNG
- 4 SAUSCHREIBER 4 LÖSEN
- 5 KLEMPUNG
- 5 SAUSCHREIBER 5 LÖSEN
- 11 REFERENZPOSITION
- 11 SAUSCHREIBER 11 LÖSEN
- 12 REFERENZPOSITION
- 12 SAUSCHREIBER 12 LÖSEN
- 13 REFERENZPOSITION
- 13 SAUSCHREIBER 13 LÖSEN
- 14 REFERENZPOSITION
- 14 SAUSCHREIBER 14 LÖSEN
- 15 REFERENZPOSITION
- 15 SAUSCHREIBER 15 LÖSEN





PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ALL RIGHTS RESERVED ACCORDING TO...  
 PLOT DATE 13.06.2013 09:53  
 380520-93700054-11-10-ECAD

REV	DATE	DESIGNER	CHECKED	DATE	DESIGNER	CHECKED
1	26-03-20	LN	WOR	06-12-09	LN	WOR
2	23-11-00	SCI				

**blalomatik**  
 A COMPANY OF THE LENZ GRUBBOS CUTTER  
 QUESCHNEIDER

CUSTOMER: M. REAL OYJ  
 PROJECT NAME: P1185/204\_FS

PROJECT: 380520  
 DOCUMENT NUMBER: 93700054

PAGE: 159  
 SHEET: 57/6

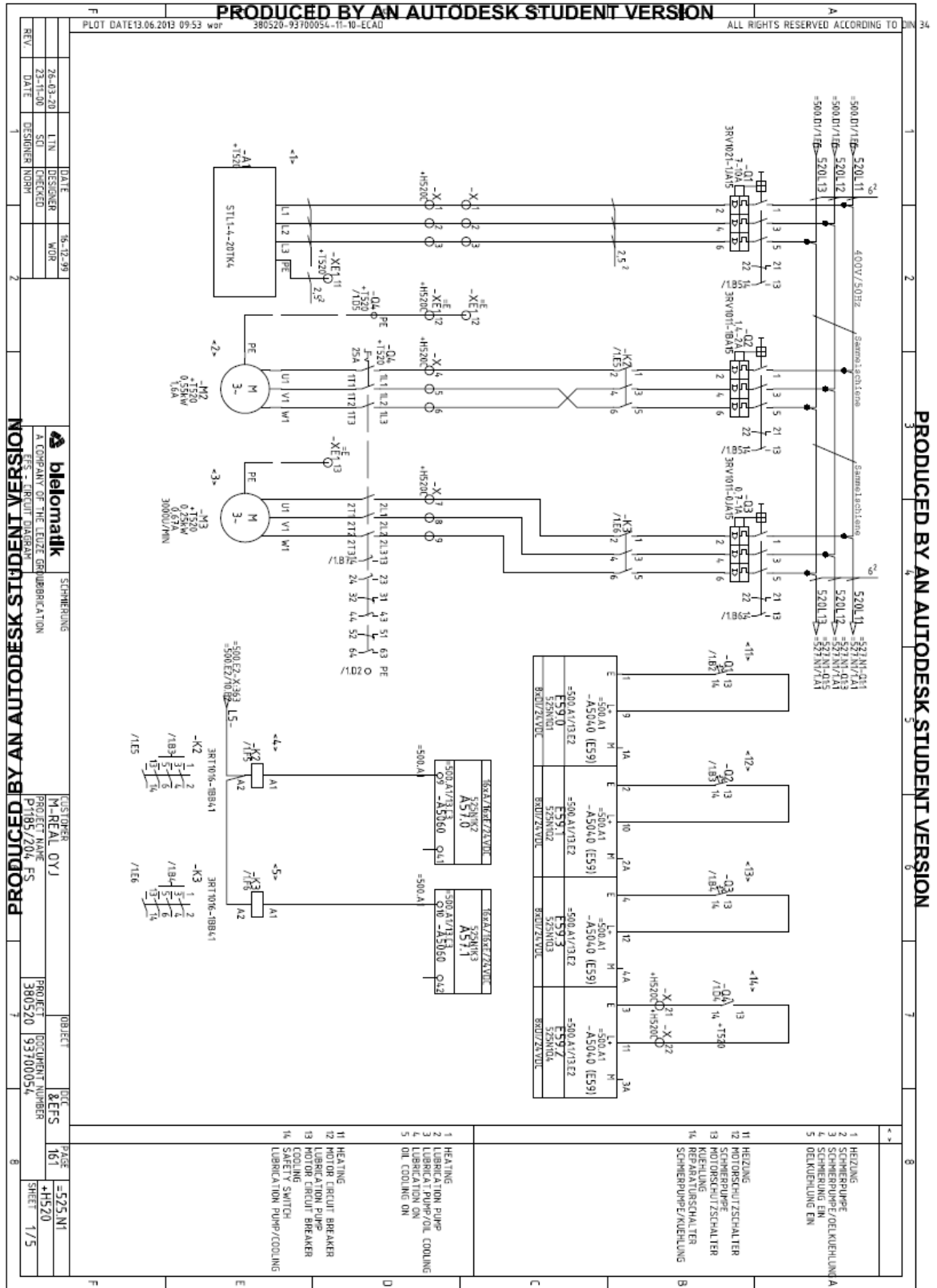
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

- 1 BREMSBELAG 1 ABGENUTZT
- 2 BREMSBELAG 2 ABGENUTZT

- 1 BRAKE PAD MONITORING 1
- 2 BRAKE PAD MONITORING 2

- 11 BRAKE PAD WEAR 1
- 12 BRAKE PAD WEAR 2



REV	DATE	DESIGNER	CHECKED	WORK
1	26-03-20	LIN		
2	23-11-00	SC		
3		DESIGNER		
4		INORH		

DATE	16-12-99
DATE	
DATE	

**blomatik**  
A COMPANY OF THE LÖTZE GROUP  
PROJECT DESIGN

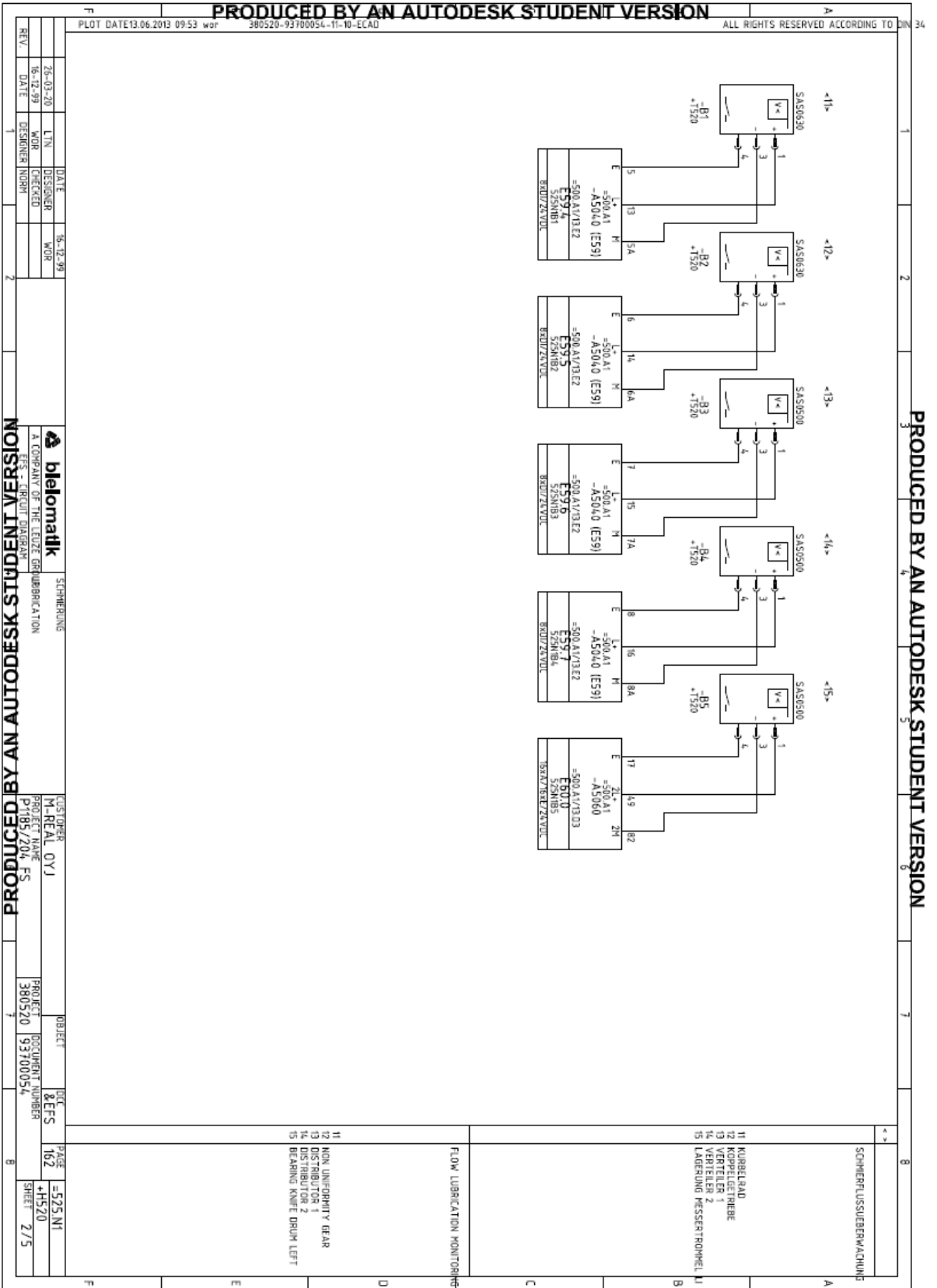
CUSTOMER: H-REKAL OYJ  
PROJECT NAME: P1187/04 FS  
PROJECT: 380520

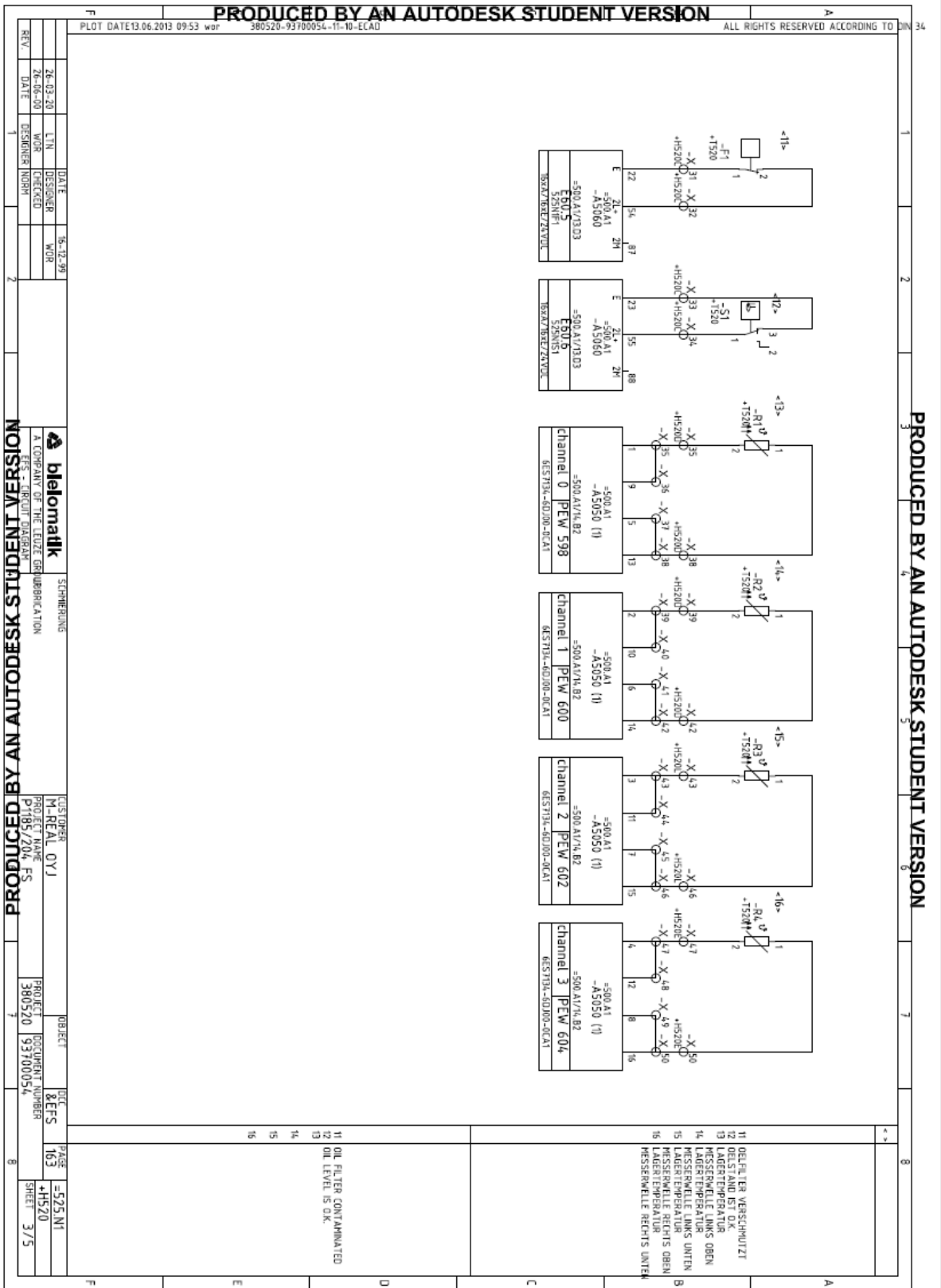
OBJECT: 193700054  
REFS: 161  
PAGE: 525 N1  
SHEET: 1/5

11 HEIZUNG  
12 MOTOR SCHUTZSCHALTER  
13 SCHIERNRUEPE/OELKUEHLUNG  
14 REPARATURSCHALTER  
15 SCHIERNRUEPE/OELKUEHLUNG

1 HEIZUNG  
2 SCHIERNRUEPE/OELKUEHLUNG  
3 SCHIERNRUEPE/OELKUEHLUNG  
4 SCHIERNRUEPE/OELKUEHLUNG  
5 OELKUEHLUNG EN

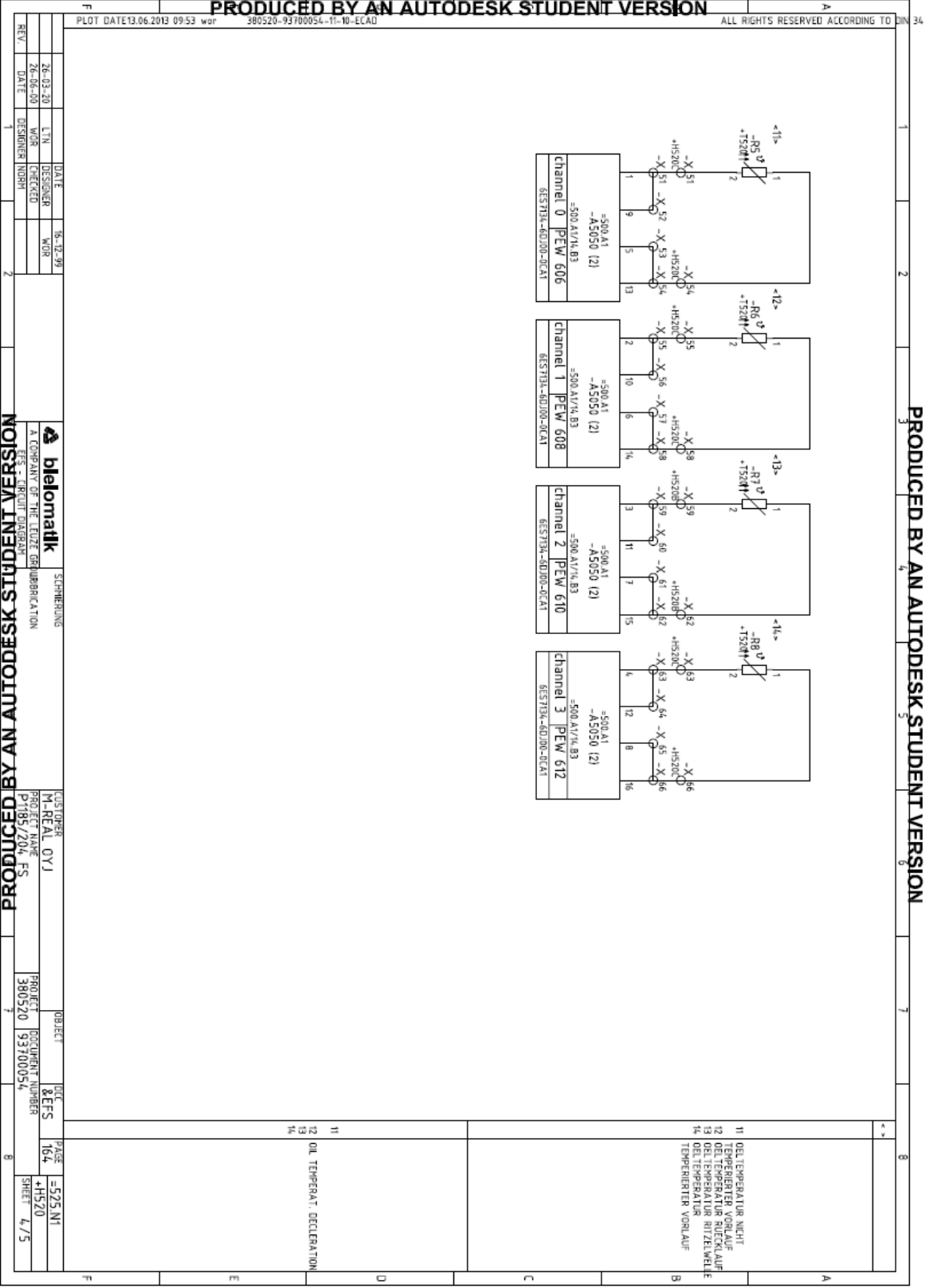
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION





PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PLOT DATE 13.06.2013 09:53 wbr 380520-93700054-11-10-ECAD ALL RIGHTS RESERVED ACCORDING TO

REV	DATE	DESIGNER	CHECKED	DATE	DESIGNER	CHECKED
1	26.03.20	LTN	WBR	26.06.20	WBR	
2						

<b>blomark</b> A COMPANY OF THE LEUZE GROUP FCS - CIRCUIT BOARD SCHAFFING		CUSTOMER M-REAL OYJ PROJECT NAME P1195/204 FS PROJECT 380520 DOCUMENT NUMBER 93700054
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION		OBJECT REFS 164 PAGE 5/25 NT +H520 SHEET 4/5

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION