

# TEHDASLINJAN SUUNNITTELU JA DOKUMENTOINTI

Kirsi Borén

Opinnäytetyö  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2020

Tekniikan ja liikenteen ala  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Kirsi Borén	Vuosi	2020
<b>Ohjaaja</b>	DI Matti Paaso		
<b>Toimeksiantaja</b>	Lapin ammattikorkeakoulu		
<b>Työn nimi</b>	Tehdaslinjan suunnittelu ja dokumentointi		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	26 + 6		

---

Opinnäytetyö tehtiin Lapin ammattikorkeakoululle. Tavoitteena oli suunnitella ja dokumentoida tuotantolinja lannoitteelle. Tarkoituksena oli työn edetessä opetella Vertex G4 Plant- ja Vertex ED -ohjelmien käyttöä ja saada tuotettua niillä 3D-kuvat ja piirikaaviot tehdaslinjasta. Työhön kuului myös laitevalintojen suunnittelu ja tehdaslinjan toiminnan suunnittelu.

Työssä käsiteltiin suunnittelun ja dokumentoinnin eteneminen ja vaiheet. Työssä myös esitettiin haasteet työn edetessä ja uusien ohjelmien opettelussa. Työn aikana tuli useita haasteita eteen ja huomattiin paljon asioita, joita tulee ottaa huomioon tämän kaltaisia töitä tehdessä. Jokaisesta vaiheesta myös esitettiin lopputulokset ja käydään läpi perusteita, joilla tuotoksiin on päädytty.

Tätä työtä voidaan myöhemmin käyttää pohjana opetuksessa tai toiselle opinnäytetyölle. Kaikki työn tavoitteet saavutettiin niin hyvin kuin annetuilla tiedoilla pystyttiin. Konkreettisten tuotosten lisäksi tärkeänä lopputuloksena on opittu tieto uusien ohjelmien käytöstä, linjan suunnittelusta ja dokumentoinnista.

Technology, Communication and Transport  
Electrical and Automation Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Kirsi Borén	Year	2020
<b>Supervisor</b>	Matti Paaso, MSc		
<b>Commissioned by</b>	Lapland University of Applied Sciences		
<b>Subject of thesis</b>	Designing and documenting a Factory Line		
<b>Number of pages</b>	26 + 6		

---

This thesis was commissioned by Lapland University of Applied Sciences. The objective was to design and document a factory line for fertilizer. The purpose was to learn to use the Vertex G4 Plant and Vertex ED programs and to produce 3D pictures and wiring diagrams of the factory line. The work included also designing the parts to be used and designing how the factory line works.

Different stages and progress of planning and documentation were dealt with in this thesis. This thesis also brought up some challenges during the thesis work and learning the programs. There were many obstacles during this thesis and many things were found out that are important to note when doing work like this. The end results are shown for all stages and there are reasonings for how results were made.

This work can later be used for teaching or for another thesis. All the objectives were accomplished as well as they could with the given information. In addition to the concrete results, an important result was all the knowledge that was gained from learning the programs, designing, and documenting the line.

Key words

3D, Vertex, documentation, wiring diagram, fertilizer

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
2 LAITTEET JA OSAT .....	8
2.1 Valintaperusteet.....	8
2.2 Laitteisto .....	9
3 3D-KUVAT .....	14
3.1 Yleistä .....	14
3.2 Toteutus.....	14
3.3 Haasteet .....	15
3.4 Tulokset .....	15
4 PIIRIKAAVIOT .....	18
4.1 Toteutus.....	18
4.2 Haasteet .....	19
4.3 Tuotokset.....	19
5 TOIMINTA .....	22
5.1 Toimintaperiaate .....	22
5.2 Huomioitavaa ja lisättävää .....	23
6 POHDINTA .....	24
LÄHTEET .....	25
LIITTEET .....	26

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Lapin ammattikorkeakoulua ja Matti Paasoa tämän opinnäytetyön aiheesta, sekä mahdollisuudesta tehdä mielenkiintoinen ja opettavainen opinnäytetyö.

Kiitän myös perhettäni ja avomiestä jatkuvasta tuesta ja motivoinnista opinnäytetyön suhteen.

Kemissä 24.4.2020

Kirsi Borén

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

3D	Kolmiulotteinen
2D	Kaksiulotteinen
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka
PI-kaavio	putkitus- ja instrumentointikaavio, näyttää kokonaiskuvan laitteistosta
Vertex G4 Plant	Ohjelma, jota käytetään yleensä tuotantolinjojen 3D-mallinnukseen
Vertex ED	Ohjelma tyyppikaavioiden ja piirikaavioiden tekoon

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on tuotantolinjan suunnittelu ja dokumentointi. Tuotantolinja on osa lannoitetehdasta. Aiheessa tutustutaan laitteiston valintaan, automaation suunnitteluun ja dokumentointiin. Työn tärkeimmäksi osaksi muodostui 3D-kuvien ja piirikaavioiden tuotto, sekä näiden ohella Vertex-ohjelmien käytön opettelu. 3D-kuvat toteutettiin Vertex G4 Plant -ohjelmalla ja tyyppikaavion Vertex ED -ohjelmalla. Pohjatietoa ohjelmista oli hyvin vähän, koska ne ovat olleet käytössä vain muutamilla opintojaksoilla projektitöissä.

Työ tehdään Lapin ammattikorkeakoululle ja sitä voidaan myöhemmin käyttää osana opetusta tai esimerkiksi pohjana uudelle opinnäytetyölle. Työtä voitaisiin jatkaa suunnittelemalla automaatio-ohjelma ja virtuaalisuimalla tehdas esimerkiksi Genesis 64 ohjelmistolla.

Työstä jouduttiin rajaamaan pois tuotantolinjan virtuaalinen ohjaus ja automaation tarkempi ohjelmointi. Rajauksia tehtiin, koska aika ei olisi riittänyt kaikkeen ja aihe olisi ollut liian laaja kerralla opeteltavaksi. Myös laitevalintojen tarkkuutta on karsittu, koska ei tiedetä tehtaan kaikkia vaatimuksia ja koska suuri osa laitteista tehdään mittatilaustyönä.

## 2 LAITTEET JA OSAT

### 2.1 Valintaperusteet

Laitteiston suunnittelun pohjalla on käytetty valmiina ollutta PI-kaaviota, joka löytyy liitteestä 1. Laitteistoa valitessa tulee ensimmäisenä ottaa huomioon, mikä on käyttötarkoitus. Tässä tapauksessa laitteet tulevat lannoitetehtaaseen, jonka tuotanto on noin 20 kuutiota päivässä. Tuotantomäärä vaikuttaa siihen, kuinka isoja määriä laitteiden pitää kestää jatkuvasti. Tuotantolinjan tarkoitus on syöttää lannoite isosta säiliöstä kuljettimia pitkin pieneen säiliöön ja siitä kahdelle pussituslinjalle. Tässä tapauksessa määritettiin säiliöiden kooksi 20 kuutiota ja 1–1,5 kuutiota. Pussituslinjat ovat erillisiä kokonaisuuksia, joilta tulee vain tieto, kun ne ovat täynnä.

Lannoite on raetta ja sitä halutaan kuljettaa kierrekuljettimilla sekä nauhakuljettimilla. Tarkempaa määritelmää lannoitteen reakoosta tai koostumuksesta ei ole. Kierrekuljettimien maksimikulmaksi määritettiin 15 astetta. Kuljettimia valitessa tulee ottaa huomioon, miten rakeinen materiaali liikkuu erilaisilla kuljettimilla ja minkälaiset reunat kuljetin tarvitsee, jotta materiaali ei tipu reunan yli. Tarkempia vaatimuksia laitteistolle ei asetettu, joten valinnat ovat melko suuntaa antavia ja toimivat enemmänkin esimerkkinä.

Säiliöiden koon perusteella arvioitiin säiliöiden mitat. Apuna käytettiin netistä löytynyttä laskuria, joka laskee tilavuuden mukaan mahdollisia mittoja säiliölle (Crown Oil Environmental Limited). Mitat ovat säiliöiden suoran sivun mitat, koska säiliötä ei haluta täyttää ihan pintaan asti. Säiliöiden arvioidut mitat ja muita mittoja näkyy taulukossa 1. Muut mitat perustuvat säiliöiden mitoista arvioituun mitataavaan ja testipiirroksiin niin 3D malleilla kuin paperilla.

Taulukko 1. Laitteiston mittoja

<b>Osat</b>	<b>korkeus (mm)</b>	<b>halkaisija (mm)</b>	<b>pituus (mm)</b>	<b>syvyys (mm)</b>
Iso säiliö	4500	2500	x	2500
Pieni säiliö	1500	1000	x	1000
Nauhakuljettimet	200	x	1100	400
Kierrekuljetin	400	400	8250	400
Pieni säiliö + alla olevat laitteet	4000 (arvio)	x	(pakkauslinjojen pituus ei tiedossa)	1000

Näiden mittojen ja kierrekuljettimien kulmaa apuna käyttäen saatiin kaavalla 1 laskettua kierrekuljettimien yhteismitaksi 15,5 metriä. Koska kuljettimia on kaksi ja materiaali pitää pystyä tiputtamaan kuljettimesta toiselle ja säiliöön, tulee mittoihin laskea hieman lisää. Yhden kierrekuljettimen pituudeksi tuli 8,25 m.

$$c = \frac{a}{\sin \alpha} \quad (1)$$

missä

c on kolmion hypotenuusa eli kierrekuljettimien pituus  
a on kulman vastainen sivu eli loppupään korkeus  
 $\alpha$  on kierrekuljettimien kulma

Korkeudet ja pituudet ovat suuntaa antavia, koska osa laitteista on mittatilaustyötä ja kaikista osista ei ole paljoa tietoa saatavilla, ellei laita tilauskyselyä laitteista. Erityisesti säiliöt tehdään yleensä mittatilaustyönä ja kuljettimia voidaan tarvittaessa muokata muihin laitteisiin sopiviksi. Valittujen osien lisäksi linjaan voidaan lisätä reunuksia tai osia ohjaamaan lannoitteen kulkua ja estämään esimerkiksi materiaalin rouskuminen kierrekuljettimien suuaukoilta.

## 2.2 Laitteisto

Valitut laitteet ovat esimerkkejä ja suuntaa antavia. Tarkempiin valintoihin tarvittaisiin tarkempaa tietoa tuotteesta ja monet osat ovat muokattavissa tarpeen mu-

kaan. Pohjaksi valittujen laitteiden lisäksi voidaan linjaan lisätä esimerkiksi erilaisia antureita, jotta linjan toiminnasta saadaan enemmän tietoa. Valittu laitteisto on suunniteltu yksinkertaiselle minimitoiminnalle, joten lisäominaisuuksia ja ohjauksia on jätetty pois.

Laitteiston pääosina on kaksi säiliötä, joiden koot ovat 20 kuutiota ja 1,5 kuutiota. Säiliöt tehdään yleensä mittatilaustyönä, mutta niiden koot arvioitiin niin, että säiliöihin mahtuu hieman yli vaadittu määrä. Huomioitavia asioita säiliötä valitessa on sen muoto ja kestävyys. Säiliön pitää kestää suuria määriä rakeista materiaalia ja säiliön seinät ovat korkeat. Säiliön muoto on pohjasta suppilomainen, jotta materiaali valuu itsestään pohjassa olevalle sulkusyöttimelle.

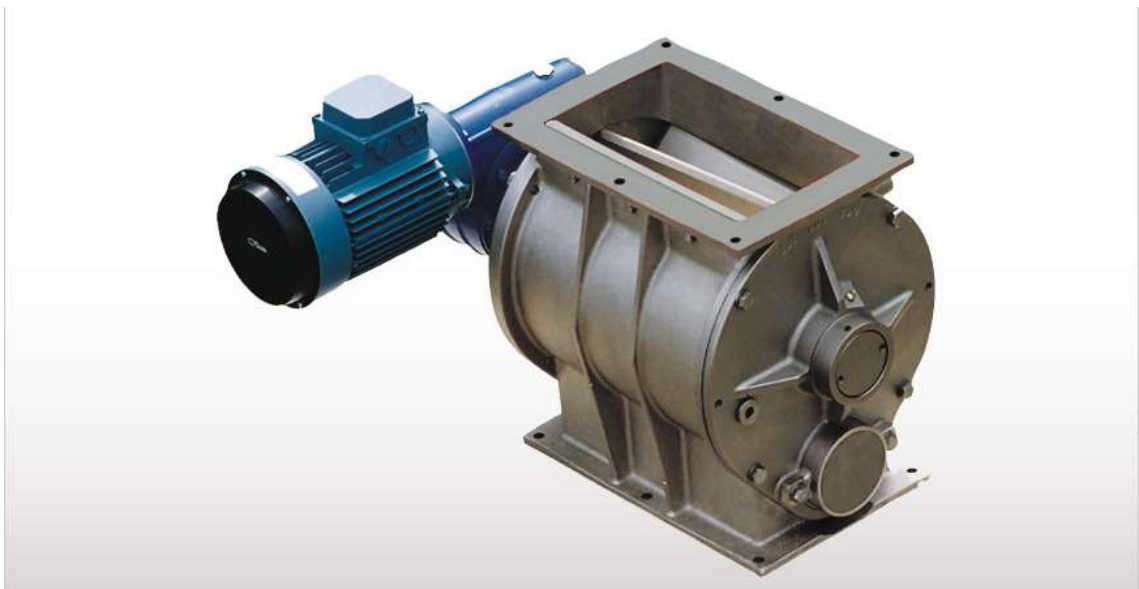
Materiaalin kuljettamiseen valittiin kolme nauhakuljetinta, joista yksi on suuntaa vaihtava. Kuljettimien leveydeksi arvioitiin 400 mm ja pituudeksi 1100 mm. Näillä lyhyillä kuljettimilla siirretään materiaali pois säiliön alta ja suunnanvaihtokuljettimella ohjataan materiaali kahdelle pakkauspaikalle. Kuljettimet voi tarvittaessa vaihtaa pidempiin, jos materiaali tarvitsee kuljettaa kauemmas. Kuljettimiin tulee valita materiaali ja paksuus niin, että se kestää rakeisen materiaalin, jota kulkee hinnalla 20 kuutiota päivässä. Kuljettimissa pitää olla valmiina tai lisätä erikseen reunat, jotta materiaalia ei tipu reunojen yli. Vaihtoehtoisesti reunojen tilalla voi olla kuljetin, joka on taivutettu keskeltä niin, että materiaali pysyy keskellä, mutta silloin kuljettimen tulisi olla hieman leveämpi.

Kierrekuljettimilla materiaali nostetaan ylös pieneen säiliöön. Koska kuljettimille oli määritetty 15 asteen kulma ja pienen säiliön alle pitää mahtua muita kuljettimia, tulee kierrekuljettimista melko pitkiä. Kierrekuljetin on putkimainen ja sen sisällä pyörii kaira, joka nostaa materiaali ylös. Kuvassa 1 on yksi vaihtoehto kierrekuljettimeksi. Näissäkin kuljettimissa tulee ottaa huomioon, että ne sopivat rakeiselle materiaalille ja että siirtokapasiteetti on sopiva.



Kuva 1. Esimerkki kierrekuljetin (Wamgroup n.d., Koururuuvikuljettimet CA)

Kummankin säiliön pohjaan tulee sulkusyötin, jolla ohjataan lannoitteen kulkua. Sulkusyötin on kuvan 2 tyyppinen moottorilla toimiva monilapainen laite, jolla pysytään päästämään säiliöstä lannoitetta sopivalla nopeudella. Sulkusyöttimessä tulee ottaa huomioon sopivuus materiaalille ja kääntövoima. Syöttimen pitää jak-saa toimia, vaikka yläpuolella oleva säiliö olisi täynnä.



Kuva 2. Sulkusyötin esimerkki (Wamgroup n.d., Sulkusyöttimet RVC)

Moottoreita tarvitaan jokaiselle kuljettimelle ja sulkusyöttimelle. Monissa laitteissa moottori tulee mukana, joten näitä ei ole erikseen tarkemmin määritetty. Suuntaa vaihtavalle kuljettimelle pitää varata moottori, joka pystyy kääntämään suuntaa. Moottoreissa tulee huomioida riittävä teho, koska kuljettimia ja sulkusyöttimiä ei pyöritetä vain tyhjänä, vaan lannoite voi lisätä taakkaa paljonkin. Moottoreiden turvallista käynnistymistä ja mahdollista nopeuden säätöä varten käytetään taa-juusmuuttajia.

Laitteistoon on merkitty vain käytön kannalta pakolliset anturit. Antureita on vain pienen säiliön ylä- ja alareunassa. Lisäksi anturitieto tulee myös pakkauslinjoilta. Tarvittaessa antureita voidaan lisätä esimerkiksi isoon säiliöön tai kuljettimille. Anturin pitää pystyä havaitsemaan rakeinen materiaali. Materiaalille sopii kapasitiiviset anturit, koska ne toimivat ei-metallisille materiaaleille.

Laitteistoon kuuluu lisäksi kytkimiä ja merkkivaloja moottoreiden ohjaukselle ja käyntitiedolle. Moottoreilla on myös turvakytkimet, lämpösuojat ja sulakkeet. Eri-laisia ohjauksia ja merkkivaloja voidaan lisätä myös tarvittaessa, parantamaan turvallisuutta ja ohjattavuutta. Kytkimet ja suojalaitteet tulee mitoittaa moottorei-hin sopiviksi.

Kaiken laitteiston asennukseen ja kytkentään tarvitaan sopivia kaapeleita ja joh-timia. Iso osa kytkennöistä tehdään kytkentäkaapissa ja laitteiden koteloissa. Kentälle voidaan tarvittaessa lisätä pienempiä kytkentäkaappeja, kunhan uudet kytkennät merkitään piirikaavioihin. Kytkenäkaappiin on sijoitettu automaatiota varten ohjelmoitava logiikka (PLC) ja kaksi riviliittintä. Riviliittimiä on kaksi, koska niiden väliin tulee rele- ja kontaktorikytkentöjä. Kentältä johtimet tulevat X2 riviliit-timeen ja automaatiolta X1 riviliittimeen. Ohjelmoitavaksi logiikaksi on suunniteltu ABB AC500, joka näkyy kuvassa 3. PLC:ssä tulee olla virtalähde, prosessori, di-gitaalinen tulo/lähtökortti, sekä analogiset tulo- ja lähtökortit. Kuvassa olevasta laitteesta puuttuu digitaalinen tulo/lähtökortti. Tarvittaessa PLC voidaan sijoittaa kauemmas linjasta, jos käytössä on esimerkiksi ohjaushuone tai erillinen auto-maatiohuone.



Kuva 3. ABB AC500 (ABB 2020)

### 3 3D-KUVAT

#### 3.1 Yleistä

3D-kuvat ovat tärkeä osa laitteiston dokumentointia. Kuvista on helppo nähdä laitteiden mittasuhteet ja sijainti muihin osiin nähden. Piirroksiin on hyvä laittaa oikeat mitat, jotta ne pitävät paikkansa ja niitä voidaan käyttää myöhemmin hyödyksi. Kuvia voidaan käyttää apuna laitteiden mitoituksessa ja myöhemmissä suunnitteluvaiheissa, kun esimerkiksi suunnitellaan tukirakenteita laitteistolle. 3D-kuvia voidaan myös käyttää hyödyksi tuotantolinjan virtuaalisessa simuloinnissa.

Kuvien piirtäminen aloitetaan selvittämällä oikeat mitat ja piirtämällä ensin 2D-muoto. Tämä muoto voidaan kasvattaa 3D-malliksi materiaalia lisäämällä. Osan muokkaamista jatketaan lisäämällä ja poistamalla siitä materiaalia erilaisilla toiminnoilla. Toiminnot toimivat yleensä niin, että valitaan ensin 2D-piirroksella paikka, johon halutaan tehdä muutos. Jotkin toiminnot toimivat niin, että valitaan valmiista osasta kohdepisteitä, joiden avulla muutokset tehdään.

#### 3.2 Toteutus

Laitteistosta tehdyt 3D-kuvat toteutettiin Vertex G4 Plant -ohjelmalla. Aiempaa kokemusta ohjelmasta ei oikeastaan ollut. Työskentely aloitettiin ohjelmiin tutustumalla ja ohjeiden etsinnällä. Tutustuin ohjelmaan Vertexin omilta sivuilta löytyvien videoiden avulla ja tutustumalla ohjelman sisäisiin ohjeisiin (Vertex 2018, Getting started with Vertex G4). Suurin osa oppimisesta tapahtui kuitenkin itse kokeilemalla ja ominaisuuksia testailemalla.

Ensimmäisenä tehtiin testipohja, johon alettiin mallintamaan laitteiston pääosia ja testaamaan eri ominaisuuksia. Joitakin osia piirrettiin useaan kertaan, koska löytyi parempi tapa päätyä lopputulokseen. Testiversiossa testattiin myös laitteiden kokoamista yhteen kuvaan. Tässä vaiheessa huomattiin, että kokonpanovaiheessa monimutkaisempien osien kokoa oli vaikea säätää. Tämän takia päädyttiin suunnittelemaan paperilla ensiksi osien ja laitteiden tarkemmat mitat.

Tarkkojen mittojen ja parhaaksi todettujen toteutustapojen löydyttyä, aloitettiin lopullisten kuvien piirto. Tarkoitus oli piirtää kuvat Tosibox etäyhteyden kautta koulunohjelmalla, mutta yhteys todettiin liian hitaaksi. Kuvat saatiin piirrettyä opiskelijaversiolla ja siirrettyä koulun verkkoon. Pitkän testailun jälkeen lopullisten versioiden piirto sujui melko hyvin ja osat saatiin myös koottua yhteen kuvaan ilman ongelmia.

### 3.3 Haasteet

Suurimpana haasteena 3D-kuvien piirtämisessä oli uuden ohjelman opettelu. Ohjeita on tarjolla hyvin rajoitetusti. Iso osa ohjeista oli tarkoitettu ihan erilaisiin toteutuksiin, mutta osasta sai hieman vinkkiä omaan työskentelyyn. Tarkempia ohjeita oli hankala etsiä, koska ei tiedetä toimintojen nimiä, tai millaista toimintoa ollaan etsimässä.

Haastavaa ohjelman opettelusta tekee se, ettei voi tietää etukäteen, onko olemassa parempaa työskentelytapaa ja mitä eri toiminnot tekevät. Ohjelman opettelua hidastaa myös jokaisen toiminnon testaus, koska toimintojen nimet ovat osittain epäselviä ja ei tiedä etukäteen, millä nimellä haluttu toiminto on ohjelmassa. Testailun loppuvaiheessakin vielä löytyi uusia parempia tapoja toteuttaa, esimerkiksi säiliön tekeminen ontoksi. Aluksi säiliön suppilo-osan yläreunaan jäi ohut kohta, josta säiliön seinä oli käytännössä poikki.

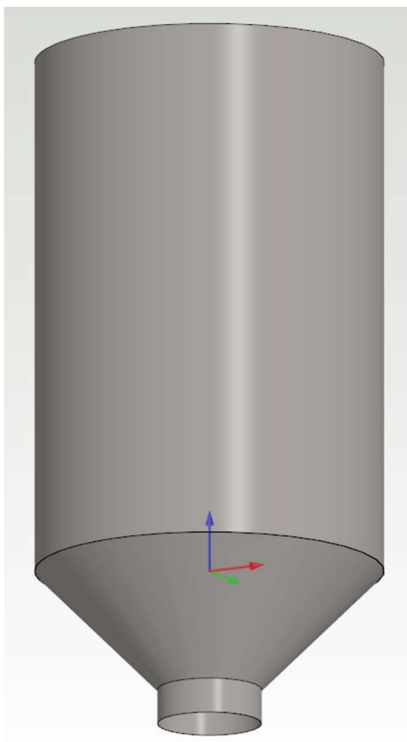
Uuden opettelun lisäksi hidasteita aiheutti ohjelmien päivitys. Ohjelmat olivat hitaita päivittää etänä ja paikallisesti asennettuun ohjelmaan piti erikseen hakeuksella hakea päivitys. Etäohjelman käyttö oli muutenkin erittäin hidasta, joten kuvat oli pakko piirtää paikallisella ohjelmalla. Etäohjelman hitaus hidasti esimerkkien tutkimista ja lopullisen työn siirtoa koulunverkkoon.

### 3.4 Tulokset

Lopputuloksena on yksinkertaiset mallit osista ja niistä koottu kuva linjasta (Liite 2). Osa malleista on melko yksinkertaisia, mutta kuvasta nähdään osien mitta-kaavaa ja sijoittelua. Pakkauslinjat on tehty vain yksinkertaisina laatikoina, koska

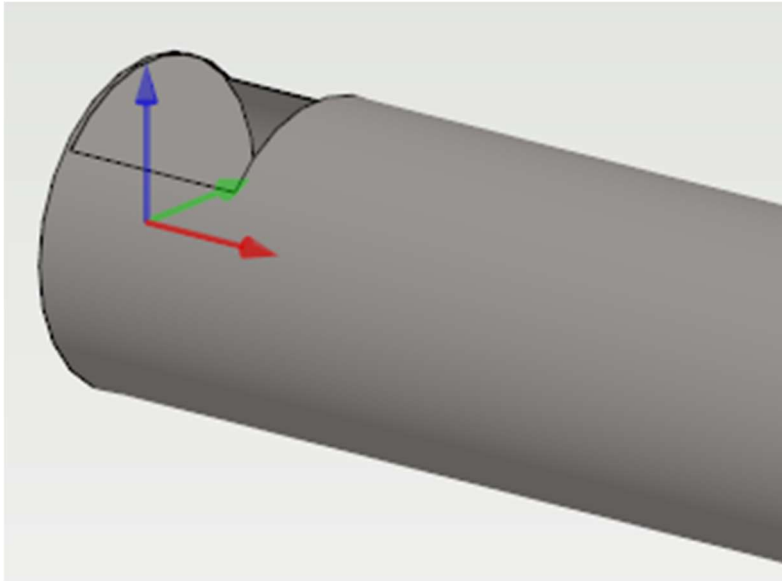
niiden osia tai toimintaa ei ole käsitelty työssä muutenkaan. Kokoonpanossa tuli olla tarkkana, että osat ovat oikeilla kohdilla kaikista suunnista katsottuna.

Vaikeimpia osia piirtää oli säiliöt, kierrekuljetin ja sulkusyötin. Säiliöt olivat ensimmäisinä testikappaleina, joten niistä piirrettiin monta versiota. Lopulta löytyi tapa, jolla ne sai tehtyä siististi ja melko helposti. Lopullinen säiliömalli näkyy kuvassa 4. Tässä mallissa on käytetty aineen poisto ja lisäys toimintoja. Erityisesti aineen poistovaiheessa tulee olla tarkkana, mitkä kohdat valitaan ja missä järjestyksessä.



Kuva 4. Pieni säiliö

Kierrekuljettimen haasteena oli kaarevaan pintaan reiän tekeminen (Kuva 5). Tämäkin onnistui lopulta hyvin, kun oikea toimintatapa löytyi. Suuaukkoa tehdessä piti olla tarkkana, mihin kohtaan aukon tekee. Piti myös varoa, ettei valinta osu reunaan, jolloin toiminto ei toimi oikein. Sulkusyötin oli yksi haastavammista osista, koska siinä oli useampia osia kuin muissa laitteissa. Kuljettimissa haasteena oli saada toinen päätyrulla oikeaan kohtaan.



Kuva 5. Kierrekuljettimen suuaukko

## 4 PIIRIKAAVIOT

### 4.1 Toteutus

Piirikaavio on tapa esittää automaation kytkennät ja johdotukset. Näissä kuvissa esitetään yleensä ohjauslogiikan, antureiden, venttiilien ja taajuusmuuttajien kytkennät. Piirroksiin sisältyy ohjauslogiikan sähköistys ja moottoreiden sähköistys. Lisäksi kuvissa on esitetty yleensä laitteita varten tarvittavat rele- ja kontaktori-kytkennät. Riviliittimet ovat tärkeä osa piirikaavioita, koska niiden avulla paikannetaan, mihin mikäkin on kytketty. Piirikaaviot ovat yksi tärkeimmistä osista dokumentointia, koska niissä näkyy kaikki automaation kytkennät. Niiden avulla voidaan selvittää kytkentöjä, vaikka laitteet olisivat kaukanakin toisistaan.

Piirikaavioiden suunnittelu aloitettiin selvittämällä kaikki ohjauslogiikkaan liitettävät laitteet ja muut piirikaaviota vaativat laitteet. Sisääntuloina on anturitiedot ja joitakin taajuusmuuttajan tietoja. Ulostuloihin kuuluu taajuusmuuttaja tietoja. Lisäksi kaikille moottoreille tarvitaan johdotuskaaviot. Piirikaavioihin tulee myös PLC:n sähköistuksen kuva ja piirros riviliittimistä.

Kun tarvittavat kuvat oli suunniteltu, etsittiin koulun verkosta löytyvästä Automation 2020 projektista esimerkki piirroksia, joista ottaa mallia omiin piirroksiin (Automation 2020). Valitettavasti myös tämä ohjelma toimi erittäin hitaasti etänä, joten esimerkkien tutkiminen oli hidasta. Opintojen aikana on käyty jonkin verran piirikaavioita läpi ja olen tutkinut kyseisiä kuvia ennenkin, joten tämä helpotti esimerkkien löytämistä ja ymmärtämistä

Ohjelmien opettelussa käytettiin apuna internetistä löytyviä ohjeita (Vertex 2018, Näin pääset alkuun). Suurin osa opettelusta tapahtui kuitenkin kokeilemalla, sekä tutkimalla eri toimintoja ja osia. Vaikka kokemusta ohjelmasta oli hieman ennestään, monet perustoiminnot olivat silti aluksi hukassa. Etäyhteyden hitauden takia päädyttiin piirrokset tekemään alusta asti paikallisella ohjelmalla. Tämä lisäsi paljon työtä, koska piti etsiä osat erikseen ja aloittaa tyhjältä pohjalta.

Työ aloitettiin tekemällä ensin testitiedosto, johon etsittiin mallien mukaisia osia ja testattiin toimintoja. Kun riittävät toiminnot löytyivät, tehtiin oikea tiedosto ja aloitettiin mallien mukaisten piirrosten tekeminen. Työskentelyn aikana löytyi

vielä muutamia hyödyllisiä toimintoja, joita ei aluksi huomattu. Työn edetessä myös huomattiin virheitä ja puutteita piirroksissa, joten niihin palattiin välillä takaisin tekemään lisäyksiä ja korjauksia. Kuvien piirtäminen lopulliseen muotoon sujui kuitenkin hyvin ja valmiit kuvat saatiin siirrettyä koulun verkkoon.

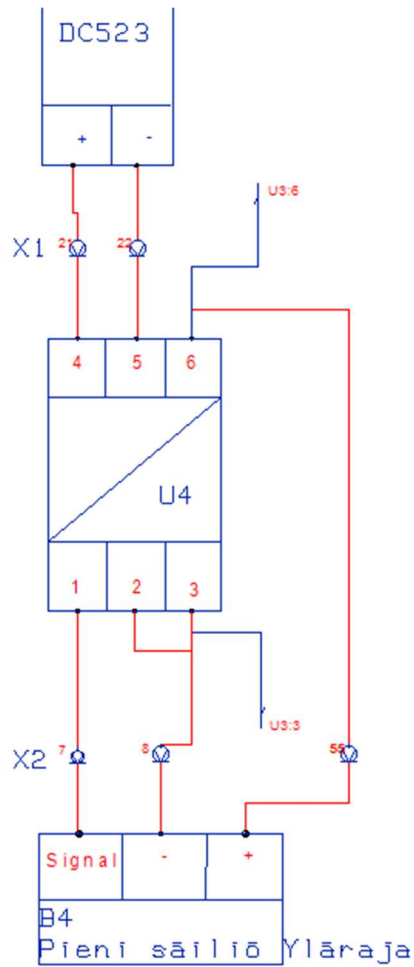
## 4.2 Haasteet

Ensimmäinen haaste piirikaavioita tehdessä oli ohjelman opettelu. Vaikka ohjelma oli jokseenkin tuttu ennestään, ei kokonaisen kuvan tekeminen tyhjästä onnistunut aluksi ilman tarkempaa opettelua. Ohjelmaan löytyi hyvin vähän ohjeita netistä, mutta itse testailemalla toiminnot löytyivät melko nopeasti. Opettelun jälkeen haasteena oli oikeiden mallien löytäminen. Lannoitetehdas eroaa melko paljon mallina ja opinnoissa käydyistä järjestelmistä. Tämän takia oli hieman epävarmaa, minkälaisia piirikaavioita tarvitaan ja miten laitteiden ja automaation tulisi toimia.

Haastetta lisäsi myös oikeiden osien löytäminen. Kaikkien osien nimet eivät olleet tiedossa ja kaikkia osia ei ohjelmasta suoraan löytynyt. Tämän takia jouduttiin opettelemaan symbolieditorin käyttöä. Etäohjelman hitaus haittasi esimerkkien tarkempaa tutkimista, joten päädyttiin malleista ottamaan ruutukaappaukset. Piirroksissa on edelleen pieniä eroja koululla tehtyihin kuviin verrattuna.

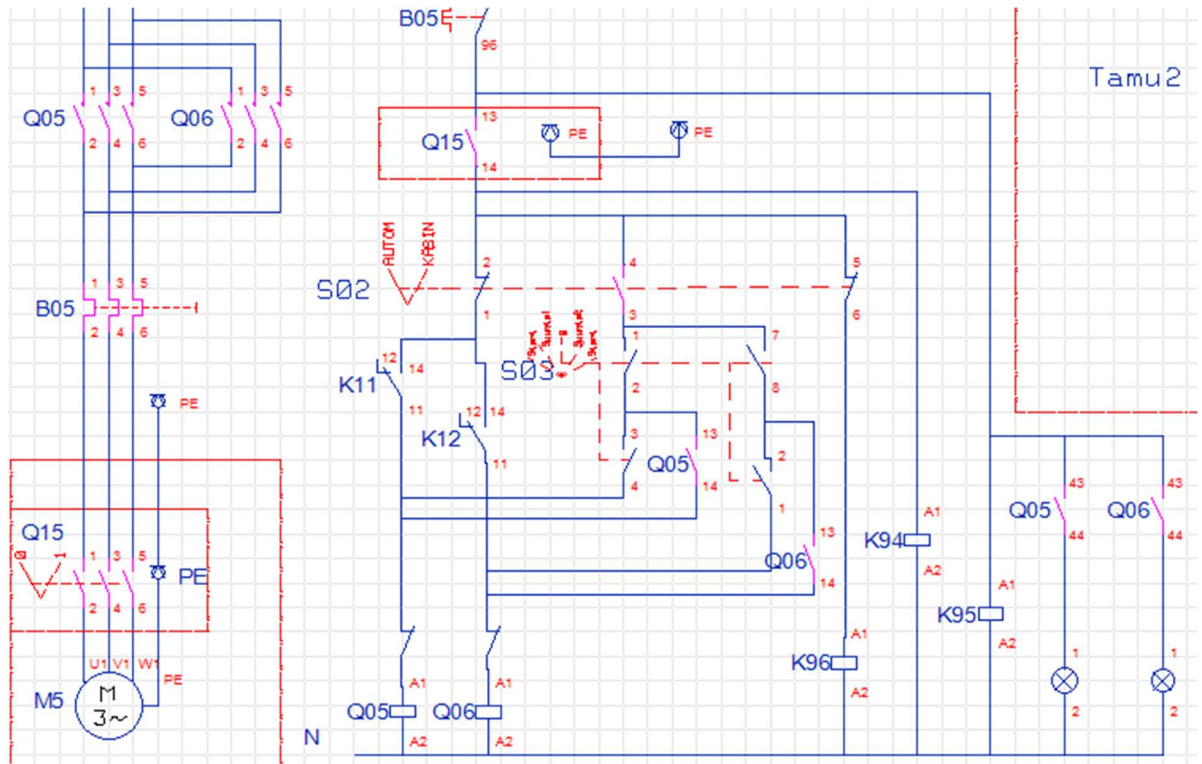
## 4.3 Tuotokset

Piirikaavioihin tuli yhteensä 37 kuvaa. Kuviin kuuluu piirrokset PLC:n sähköistyksestä (Liite 3) ja riviliittimistä (Liite 4). Näiden kuvien piirtämisessä ei ollut isompia ongelmia, koska niihin löytyi osat ja hyvät malliesimerkit. Myös antureiden piirikaaviot oli melko helppo toteuttaa, koska ne ovat melko yksinkertaisia ja niissä on hyvin vähän osia (Kuva 6).



Kuva 6. Anturin piirikaavio

Moottoreiden piirikaavioissa oli enemmän tekemistä, koska niissä on paljon enemmän osia ja piirrettävää. Näitä varten joutui muutamia osia muokkaamaan, jotta saatiin malleja vastaavat osat. Vaativin ja suurin piirros oli suunnanvaihtomoottori, jossa on käsi- ja automaattiohjaukset (Kuva 7). Liitteessä 5 näkyy suunnanvaihtomoottorin ohjaus kokonaisuudessaan. Myös taajuusmuuttaja kuvat olivat työläitä, koska niitä oli paljon, vaikka kuvat olivatkin yksinkertaisia.



Kuva 7. Suunnanvaihtomoottorin käsi- ja automaattiohjaus

## 5 TOIMINTA

### 5.1 Toimintaperiaate

Kaikki suunniteltu toiminta perustuu liitteessä 6 näkyvään toimintakertomustaulukkoon. Tämä taulukko oli osana tehtävänantoa ja sen pohjalta on suunniteltu linjan toiminta. Pelkistetysti linjan tehtävä on kuljettaa isoon säiliöön syötetty lannoite kuljettimia pitkin pieneen säiliöön ja sieltä pakkauslinjoille. Tarkemmasta toiminnasta ei ole tarkkaa vaatimusta, joten tässä esitetty tarkempi toiminta on esimerkki ja vaihtoehto toiminnalle.

Linjalle on tarkoitus kerran päivässä tuoda 20 kuutiota lannoitetta isoon säiliöön. Säiliöstä syötetään lannoitetta kuljettimien kautta pieneen säiliöön niin kauan, että pienen säiliön yläraja antaa tiedon säiliön täyttymisestä. Syöttöä jatketaan, kun pienen säiliön alaraja antaa tiedon, että säiliö on lähes tyhjä. Antureiden tulee olla asennettu niin, että ne eivät ole ihan säiliön ylä- tai alarajalla. Tällä varmistetaan, että anturitiedon jälkeen on vielä tilaa syöttää säiliöön kuljettimille jäänyt materiaali. Lisäksi varmistetaan, että pieni säiliö ei ole tyhjä ennen kuin uutta tuotetta saadaan isosta säiliöstä.

Samaan aikaan kun lannoitetta syötetään pieneen säiliöön, pienestä säiliöstä voidaan syöttää lannoitetta kuljettimia pitkin suunnanvaihtokuljettimelle. Kuljetin vaihtaa suuntaa aina kun toinen pakkauslinja antaa tiedon täyttymisestä. Jos kumpikin pakkauslinja sattuu olemaan täynnä, suljetaan pienen säiliön syöttö ja pysäytetään suuntaa vaihtava kuljetin.

Kaikissa kuljettimissa ja sulkusyöttimissä on mahdollisuus käsi- ja automaattiajoon. Linjan yksinkertaistamiseksi suoraan menevät kuljettimet toimivat yhdessä. Käsiäjolla mahdollistetaan linjan tyhjennys esimerkiksi vikatilanteessa tai siivousta varten. Jokaisella moottorilla on kuitenkin oma lämpörele ja sulake, näin helpotetaan vian etsintää ja estetään laitteiston rikkoutumista. Jokaisella moottorilla pitää myös olla omat turvalukitukset.

## 5.2 Huomioitavaa ja lisättävää

Tärkeimpiä asioita linjan toimintaa suunnitellessa on turvallisuus ja kestävyys, sekä vaatimusten mukainen toiminta. Näitä asioita parannetaan niin laitteistolla kuin linjan hyvällä toiminnan suunnittelulla. Toiminta pitää olla suunniteltu tuotteelle ja tarpeeseen sopivaksi. Tässä työssä tarpeita ei ole määritelty kovin tarkasti, mutta jo näillä on päästy alkuun laitteiston koon ja toiminnan suunnittelussa. Turvallista toimintaa suunnitellessa tulee ottaa huomioon, mitkä voivat olla vaarallisia kohtia linjassa ja miten nämä vaarat eliminoidaan.

Myöhemmin linjaan voidaan lisätä erillisiä ohjauksia kuljettimille tai muuttaa moottoreille eri nopeuksia. Linjaan voidaan myös lisätä erilaisia antureita, joilla kerätään tietoa laitteistosta ja linjasta, sekä lisätään turvallisuutta. Antureilla voidaan esimerkiksi toteuttaa turva-alue laitteiston ympärille, jolla estetään ihmisiä pääsemästä liian lähelle liikkuvaa linjaa. Myös laitteistoa voidaan suojata ja seurata antureilla, esimerkiksi asettamalla anturit kuljettimien päihin tai isoon säiliöön. Näillä anturitiedoilla voidaan paikantaa viallisia kohtia linjassa. Näiden toimien tärkeys korostuu erityisesti isommissa linjastoissa.

## 6 POHDINTA

Työtä tehdessä huomasin, miten tärkeitä taustatiedot ja vaatimukset ovat. Ilman tarkkoja tietoja on haastavaa valita oikeanlaiset laitteet ja toiminnot. Lisäksi huomasin, kuinka vähän tietoa laitteista on saatavilla suoraan yksityishenkilölle, sekä kuinka paljon teollisuudessa käytetään mittatilaustyönä tehtyjä osia. Erityisesti piirikaavioita tehdessä huomasin, kuinka tärkeässä osassa dokumentointi on. Jos pienikin asia jäi merkitsemättä muistiin tai piirrokseen, sekoitti se koko työn hetkeksi.

Opinnäytetyötä tehdessä olen oppinut paljon laajemman kokonaisuuden suunnittelusta. Erityisesti siitä, kuinka paljon eri asioita tulee ottaa huomioon jokaisessa vaiheessa, jotta saadaan suunniteltua turvallinen ja toimiva linja. Työn aikana monessa kohdassa huomasin omia aiemmin tehtyjä virheitä ja puutoksia, joita joutui myöhemmin korjaamaan ja täydentämään. Tästä oppi myös jättämään aikatauluun tilaa odottamattomia asioita varten. Ohjelmien opettelu vei paljon aikaa ja oppiminen ei koskaan loppunut. Vielä työn viime metreillä löytyi uusia toimintoja ja parannettavia asioita.

Lopputulokseksi saatiin tuotettua 3D-kuvat ja piirikaaviot laitteille. Lisäksi työssä saatiin esiteltyä laitteita ja perusteita niiden valinnalle. Toimintakertomuksen ja laitteiston pohjalta saatiin kuvattua linjan toimintaperiaate. Tarkempaan ohjauslogiikan toiminnan suunnitteluun ei ollut aikaa tai ohjelmistoa käytössä. Ehkä tärkeimpänä lopputuloksena on kuitenkin opittu tieto Vertex-ohjelmien käytöstä ja toiminnasta. Nämä opitut asiat tulevat olemaan erittäin arvokasta myöhemmin työelämässä.

## LÄHTEET

ABB 2020. AC500. Viitattu 27.4.2020 <https://new.abb.com/plc/fi/ohjelmoitavat-logiikat/ac500>

Automation 2020. Lapin AMK. Projekti koulun verkossa. Viitattu 6.4.2020 \\telu-lab01\Vertex\vxed\_srv\_en\_2017\shared\projects\Automation2020

Crown Oil Environmental Limited 2020. Tank Size Calculator. Viitattu 5.2.2020 <https://www.crownoilenvironmental.co.uk/tank-size-calculator/>

Vetrex 2018. Getting started with Vertex G4. Viitattu 7.2.2020 <https://kb.vertex.fi/g42018en/getting-started-with-vertex-g4>

Vertex 2018. Näin pääset alkuun. Viitattu 14.3.2020 <https://kb.vertex.fi/ed2018fi/naein-paeaaset-alkuun>

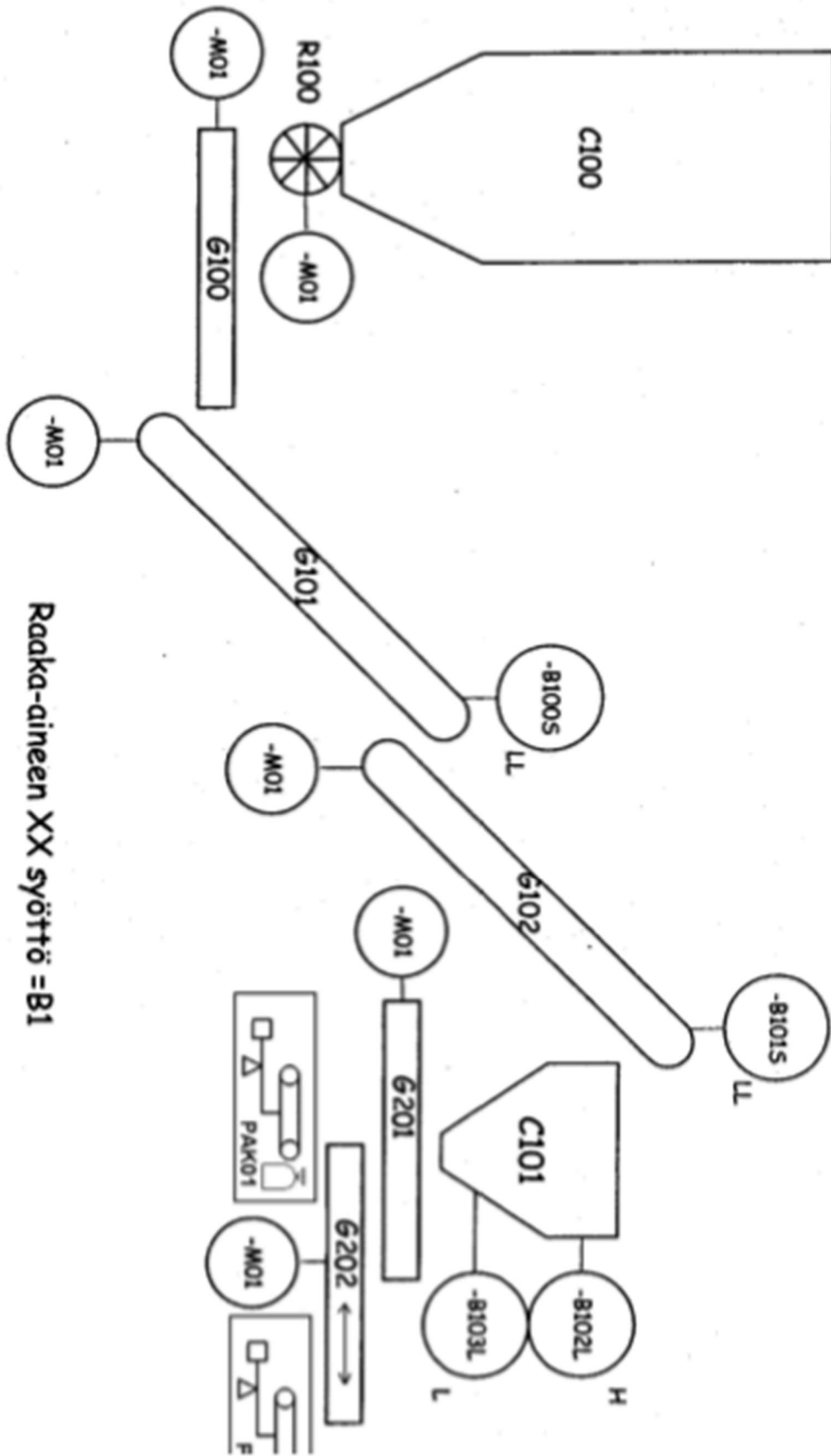
Wamgroup. N.d. Koururuuvikuljettimet CA. Viitattu 28.1.2020 <https://wamgroup.fi/fi-FI/WAMFI/Product/CA/Koururuuvikuljettimet>

Wamgroup. N.d. Sulkusyöttimet RVC. Viitattu 28.1.2020 <https://wamgroup.fi/fi-FI/WAMFI/Product/RVC/Sulkusyottimet>

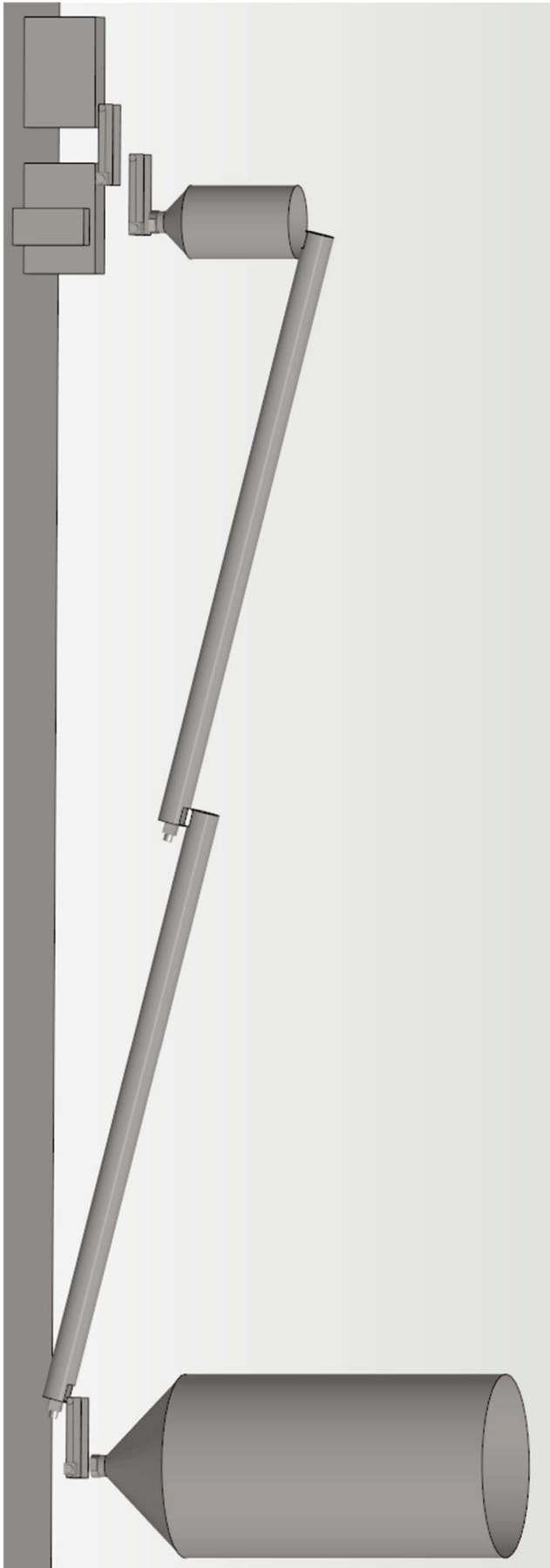
## LIITTEET

- Liite 1. PI-kaavio
- Liite 2. 3D-kokoonpano
- Liite 3. PLC:n sähköistys
- Liite 4. Riviliittimien piirikaavio
- Liite 5. Suunnanvaihtomoottorin piirikaavio
- Liite 6. Toimintakertomus

Liite 1. PI-kaavio

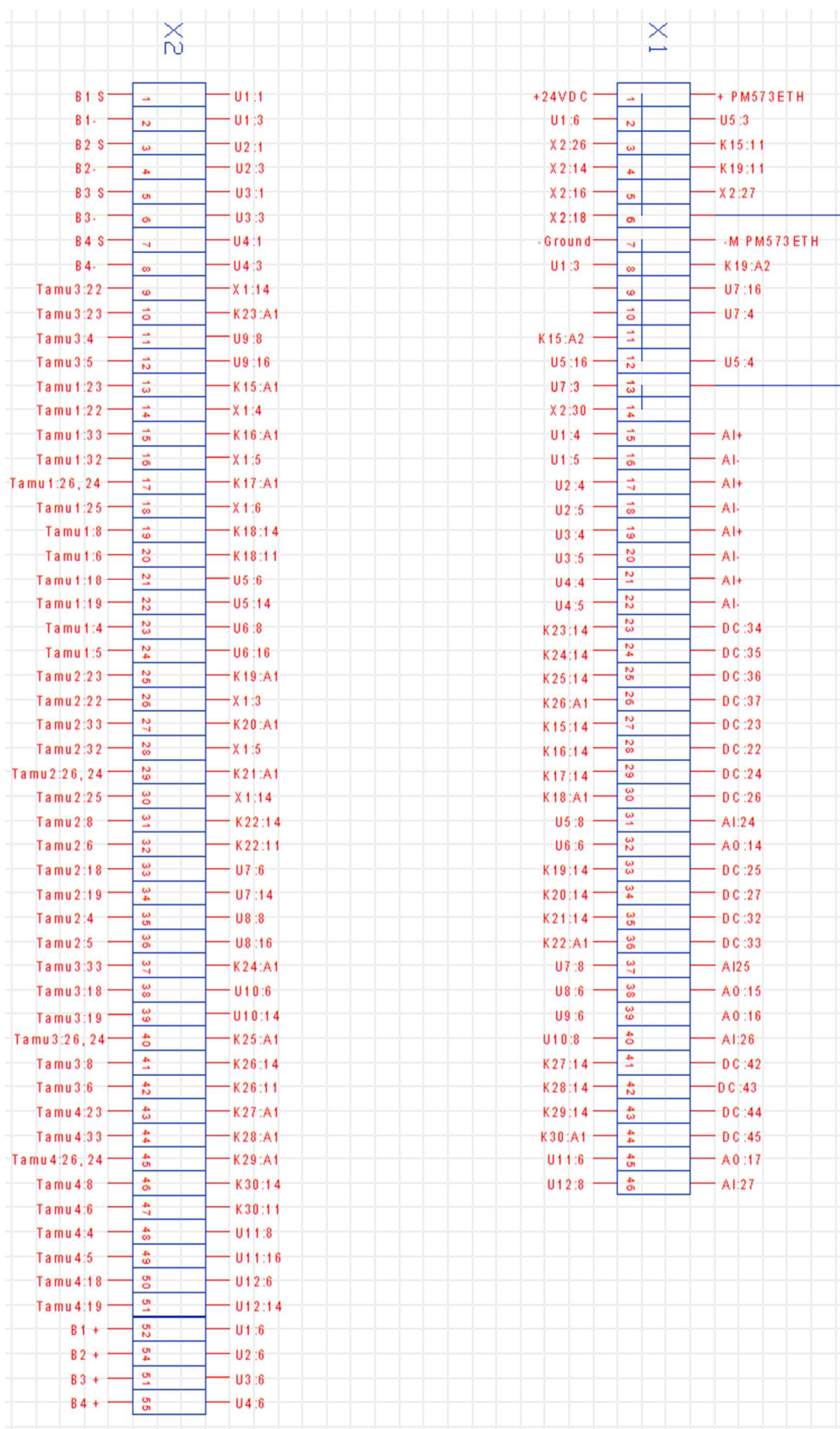


## Liite 2. 3D-kokoonpano

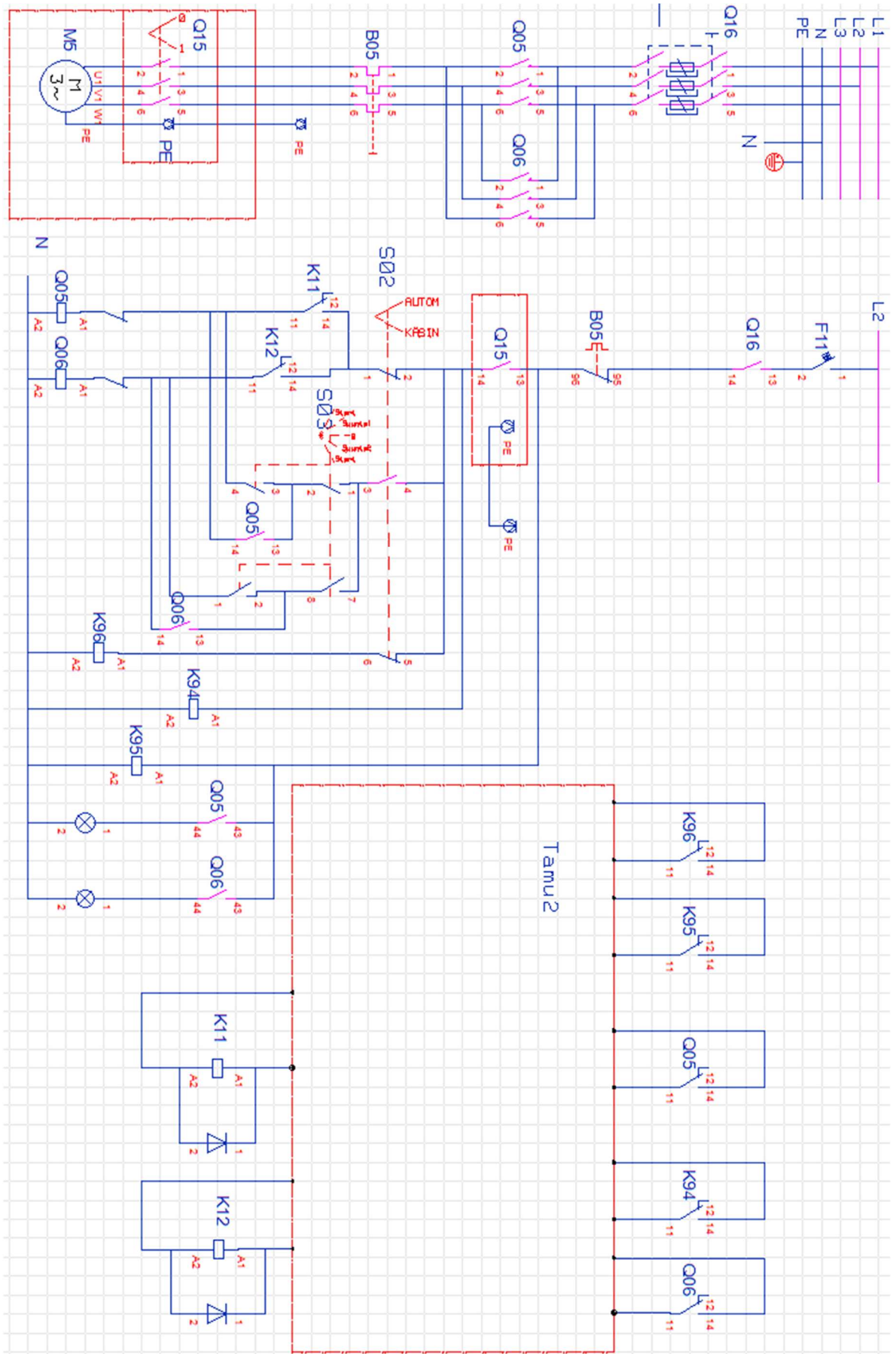




## Liite 4. Riviliittimien piirikaavio



Liite 5. Suunnanvaihtomoottorin piirikaavio



## Liite 6. Toimintakertomus

Description of running modes			
ID	Function	Description	comments
1	Control location	Process has a single control location, where it can be started and stopped and where it's monitored from. Control location has indication of the running conditions and running.	Local control switches). Line control- and monitoring devices are attached as a part of an existing control room. Also check "Maintenance use"
2	Control location selection	Control location selection is performed by switched located near the motor drives and the line can be started from the control room, when all the machines are on automatic-use.	-
3	Starting Conditions	Starting is possible, when all the machines are in remote, there is no communication fault, and emergency stop is not active. Indication for starting condition	-
4	Start	Process starts after giving a start command	-
5	Starting	After the starting command a starting alarm will be given (Adjustable to max10s), after which the process gets the starting command. Starting order is G102, G101, G100 and R100. R100 starting condition is, that C101 level is not in effect. Process is started by signaling.	Starting alarm is given as a audiovisual alarm. Alarm towers and -horn count and location are determined later.
6	Running	All machines not including feeder R100 will run when the starting signal is in effect. If some of the machines after the feeder malfunctions, R100 will be stopped. R100 stops when C101 level is HIGH and starts again when C101 level reaches LOW	If some part of the process malfunctions, the machines after it are emptied.
7	Stop	Process is stopped by removing the starting signal.	-
8	Stopping	Process stopping is the reverse of starting. Every machine after R100 will run for a short time to empty the process area (Of Product).	-
9	Emergency stop	Drives G102, G101, G100 and R100 form a single emergency stop area, second emergency stop area is the conveyors G201, G202 and packing machines PAK1 and PAK2. Control system	Packing machines are independent of eachother (Packing machine inner stopping and interlocking in their own control cabinets)
10	starting prevention	Every motor drive is equipped with a monitored separation device.	-
11	Maintenance	Every motor drive is equipped with a local control switch, which allows for singular maintenance use.	-
12	Control	Drive electrical cabinet fault, field fault, drive ready and communication monitoring. Packing machine starting condition.	Emergency stop monitoring signal.