

Opinnäytetyö (AMK)

Tuotantotalouden koulutusohjelma

Tuotanto

2012

Juha-Pekka Hyvönen

# TESTILAITTEEN SUUNNITTELU PNEUMATIIKKAKULJETTIMIEN LOGIIKKAOHJELMILLE JA OHJAUSKAAPEILLE



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tuotantotalouden koulutus ohjelma | Tuotanto

2012 | 51

Juha Leimu TkT

Juha-Pekka Hyvönen

# TESTILAITTEEN SUUNNITTELU PNEUMATIIKKAKULJETTIMIEN LOGIIKKAOHJELMILLE JA OHJAUSKAAPEILLE

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda suunnitelma testilaitteelle. Testilaitetta käytetään teollisuudessa hyödynnettävien painekuljetinlaitteiden ohjaukseen liittyvien logiikkaohjelmien sekä ohjauskaappien testaamiseen.

Opinätetyössä käydään läpi painekuljetusprosessi teoriassa, sekä painekuljettimen kriittiset komponentit, jotta lukijan on mahdollista ymmärtää testilaitteen toiminta.

Suunnitelman tekemistä kuvaavassa osiossa pyritään tuomaan esille miten ja millä perusteella ratkaisuihin on päädytty. Suunnittelun tuloksena syntyneet dokumentit löytyvät liitteinä opinnäytetyön lopusta.

ASIASANAT:

Ohjaujärjestelmät, kuljettimet, materiaalin käsittely

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Industrial management engineering | Production

2012 | 51

Juha Leimu D.Sc. (Tech.)

Juha-Pekka Hyvönen

# DESIGNING A TESTING DEVICE FOR THE CONTROL CABINETS AND LOGIC PROGRAMS OF A PNEUMATIC CONVEYOR

The goal of this thesis was to create a design for a testing device. This device will be used to test the control cabinets and logic programs of industrial scale pneumatic conveyors.

The critical structural components of an industrial scale pneumatic conveyor were examined and the pneumatic conveying process in theory was explained in this thesis. This gives the reader a possibility to understand how the testing device functions.

In the part that discusses the planning process of the device it is possible to find the reasoning and background for the problems solved and solutions used. The technical documents that were produced in the planning process can be found as appendices at the end of the thesis.

## KEYWORDS:

Control systems, conveyors, material handling

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET (TAI SANASTO)</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
1.1 Työn tausta	8
<b>2 KOPAR GROUPIN ESITTELY</b>	<b>9</b>
<b>3 PAINEKULJETTIMET</b>	<b>10</b>
3.1 Erytyypiset painekuljettimet	10
3.2 Painekuljettimen venttiilit	11
3.3 Painekuljettimen toimintaperiaate	15
3.3.1 Fluidisaatio	16
3.4 Instrumentit	16
3.5 Siirtomenetelmät	17
3.5.1 Pulse dense-menetelmä	17
3.5.2 Järjestelmien luokitus	19
3.5.3 Korkeapainejärjestelmät	19
3.5.4 Sekoitussuhde	20
<b>4 OHJAUSJÄRJESTELMÄT</b>	<b>21</b>
4.1 Ohjauskaappi	21
4.2 Rele	22
4.3 Logiikkaohjaukset	23
4.3.1 Askeltava logiikka	23
4.3.2 Vapaasti ohjelmoitava logiikka	23
<b>5 TESTILAITTEEN SUUNNITTELU</b>	<b>25</b>
5.1 Toimilaitetaulu ja painesäiliö	27
5.2 Kalottiventtiilin toiminnan simulointi	27
5.3 Pintarajakytkin LS1	29
5.4 Testilaitteen toimilaitteet	29
5.4.1 Magneettiventtiilit Y1-Y8	29
5.4.2 Sulkuventtiili Y10 ja sylinterit SY 1, 2, 3	30
5.4.3 Lähestymiskytkimet SS01, SS02 ja SS04 sekä PS01,PS04	31
5.4.4 Painemittarit PI01, PI02 ja painekytkin PS03	31

5.5 Ohjauskaappi	32
5.5.1 Tuloliitännät	32
5.5.2 Lähtöliitännät	33
5.5.3 Johdotukset	34
5.6 Hälytykseen johtavat vikatilanteet ja niiden simulointi	34
5.7 Kompressori	36
5.8 Toiminta ja muutokset testattaessa eri kuljetintyyppjä	37
<b>6 YHTEENVETO</b>	<b>39</b>
6.1 Tulokset	39
6.2 Jatkokehitys	40
<b>LÄHTEET</b>	<b>41</b>

## **LIITTEET**

- Liite 1. Toimilaitetaulun sijoittelukuva
- Liite 2. Johdotukset
- Liite 3. Logiikan kytkennät
- Liite 4. Tuloliitännät
- Liite 5. Analogi tuloliitännät
- Liite 6. Lähtöliitännät
- Liite 7. Lähtöliitännät moduli SM1222
- Liite 8. Moninapaliitin
- Liite 9. Ohjauskaapin sijoittelu
- Liite 10. Ohjauskaapin mitat

# KUVAT

Kuva 1. Suoratoiminen magneettiventtiili	12
Kuva 2. Kalvolla toimiva magneettiventtiili.	12
Kuva 3. Kalottiventtiili (Kopar Group, 2012).	14
Kuva 4. Paine kuljettimen toimintaperiaate (C.R Woodcock ym. 1987, 380).	15
Kuva 5. Suljettu paine kuljetinjärjestelmä	15
Kuva 6. Siirtomenetelmät (Kopar group 2010.)	17
Kuva 7. Siirtoon tarvittava paine eri tulpan pituuksilla (C.R Woodcock ym. 1987, 400).	18
Kuva 8. Pulssituksen aiheuttamat ilmatyynyt ja alentunut paineilman tarve (C.R Woodcock ym. 1987, 401)	19
Kuva 9. Simatic S7-1200 (LPC 2012.)	25
Kuva 10. KTP600 Basic mono panel	26
Kuva 11. Kalottiventtiilien paikka paine kuljettimessa	28
Kuva 12. Paine kuljetin jossa on kaksi päällekkäistä säiliötä	37

## KÄYTETYT LYHENTEET (TAI SANASTO)

(Kirjoita mahdollinen symboli- ja lyhenneluettelo tähän. Ellei luettelo tarvita, poista koko sivu. Käytä luettelon tekstissä tyyliä Lyhenteet ja symbolit.)

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
PS	Pressure Switch, painekytkin
LS	Level Switch, pintarajakytkin
SS	Sensor Switch, lähestymiskytkin
DI	Digital Input, Digitaalinen tuloliitäntä
AI	Analog Input, Analoginen tuloliitäntä

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella testauslaite paineilmalla toimivien kuljettimien ohjauskaappikytkentöjen, sekä logiikkaohjelmien testaukseen. Opinnäytetyö tehdään Kopar Group, Site teollisuuden toimeksiannosta.

Tavoitteena on tuottaa suunnitelma jonka pohjalta testilaite pystytään rakentamaan ja sitä pystytään jatkokehittämään.

## 1.1 Työn tausta

Idea testilaitteen rakentamiseksi on syntynyt vuosien varrella. Yleisimmin virheet logiikkaohjelmissa ja ohjauskaappien kytkennöissä on havaittu käyttöönottovaiheessa, jolloin virheiden korjaaminen on työlästä ja kallista. Testilaitteen tarkoituksena on auttaa löytämään nämä virheet jo ennen käyttöönottotestauksia ja siten, että simuloidaan todellista painekuljetusprosessia jolloin on huomattavasti helpompaa hahmottaa asioiden keskinäiset riippuvuudet ja varmistaa, että ongelma poistuu kokonaan.

Aiemmin ilmenneitä virheitä ohjauskaapeissa ja logiikkaohjelmissa

- Virheelliset johdotukset joko asennus- tai suunnitteluvaiheessa
- Virheelliset ohjelmat. Liitännät poikkeavat piirisuunnittelusta tai ohjelmaversioissa on tapahtunut sekaannus.
- Virheelliset riviliittimet. Riviliittimien paloja puuttuu, vääranäntyyppiset riviliittimet tai ketjutukset puutteellisia.
- Puuttuvat sulakkeet

Testilaitteen avulla kaikki edellämainituista virheistä saadaan korjatuksi aikaisessa vaiheessa.



## 2 KOPAR GROUPIN ESITTELY

Kopar Groupiin kuuluu neljä itsenäistä yritystä: Kopar Oy, Elmomet Oy, Site Teollisuus Oy ja Kopar Baltic AS. (Kopar Group, Jarkko Kankare 17.5 2012.)

Kopar group työllistää 130 henkilöä ja liikevaihto on noin 20 miljoonaa euroa vuodessa. (Kopar Group, Jarkko Kankare 17.5 2012.)

Kopar group palvelee neljää eri teollisuudenhaaraa ja niiden tiettyjä osa-alueita.

- Energiateollisuus. Pohja- sekä lentotuhkan käsittely, kalkin ja hiekan käsittely sekä prosessiveden otto.
- Kaivosteollisuus ja metallurgia. Bulkkitavaran käsittely esim. pöly ja kuona, pneumaattinen kuljetus, rummut ja polttouunit sekä murskaimet.
- Sementtiteollisuus. Pneumaattiset ja mekaaniset kuljettimet sekä seulontajärjestelmät, varastointi- ja annostelujärjestelmät, suodatin- ja pölynpoistojärjestelmät
- Sellu- ja paperiteollisuus. Vedenotot, vakuumifiltrit, bulkkitavaran käsittely (Kopar Group, 2012.)

Kopar on suurin pohjoismainen painekuljetuslaitteiden toimittaja ja kuljettimia toimitetaan vuodessa noin 100, joista suurin osa on standardikuljettimia, mutta mukaan mahtuu myös erilaisia räätälöintejä. (Kopar Group, Jarkko Kankare 17.5 2012.)

### 3 PAINEKULJETTIMET

Painekuljetin on pneumaattinen järjestelmä, jossa yli- tai alipaineen avulla siirretään erilaisia materiaaleja putkistoja pitkin. Pneumatiikkajärjestelmälle ominaisista komponenteista painekuljettimen toimintaan tarvitaan kompressori, paineilmasäiliö, putkistot sekä erilaisia venttiileitä (Fonselius 1994, 5).

Suunniteltavaa testilaitetta käytetään ylipainekuljettimissa joihin tässä työssä viitataan nimellä painekuljetin.

Tarve painekuljetukselle saattaa syntyä kuljetettavan materiaalin ollessa pölisevää, myrkyllistä, palonarkaa tai räjähdysherkkää. Yksi painekuljetuksen suuria etuja on suljettu kuljetusjärjestelmä, jonka ansiosta kuljetettava materiaali ei ole kuljetuksen aikana kontaktissa ympäristön kanssa. (C.R Woodcock ym. 1987, 380).

Useimmissa painekuljettimissa kuljettavana kaasuna toimii ilma. Käsiteltäessä räjähdysherkkiä tai palonarkoja materiaaleja kaasuna voidaan käyttää esimerkiksi typpeä (C.R Woodcock ym. 1987, 380).

#### 3.1 Erityyppiset painekuljettimet

Teollisen painekuljettimen yksinkertaisessa versiossa on yksi materiaalisäiliö johon saapuu prosessista kuljetettavaksi tarkoitettua materiaalia. Jos on tarpeen saavuttaa suurempi kuljetuskapasiteetti voidaan käyttää kahta säiliötä päällekkäin jolloin ylempi säiliö vastaanottaa materiaalia prosessista ja alempana sijaitseva vastaa kuljetus toimenpiteistä.

Jos esimerkiksi rakennuksen korkeuden puolesta ei ole mahdollista laittaa kahta säiliötä päällekkäin, on mahdollista saada kaksi yhdellä säiliöllä toimivaa painekuljetinta kuljettamaan tavaraa samaan vastaanotto paikkaan. Tällaista järjestelyä kutsutaan twin-kuljettimeksi.

Eri kuljetintyypeillä ja eri materiaaleja kuljettaessa tarvitaan erilaisia kokoonpanoja. Tyypillisesti painekuljettimessa käytetyt venttiilit esitellään seuraavaksi.

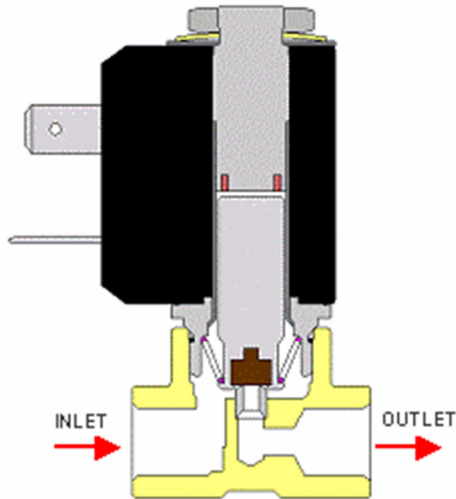
### 3.2 Painekuljettimen venttiilit

Painekuljettimissa käytetyt venttiilit vaihtelevat käyttökohteen, kuljetettavan materiaalin sekä kuljetintyyppin mukaan. Painekuljettimen venttiileitä voidaan ohjata kaikilla tyypisillä tavoilla jotka ovat: Lihasohtaus, mekaaninen ohjaus, paineohjaus, sähköohjaus, sekä yhdistetyt ohjaukset (Fonselius ym. 1994, 132). Käyn seuraavaksi läpi niistä yleisimmät ja niiden käyttötarkoituksen painekuljettimessa.

#### **Magneettiventtiili**

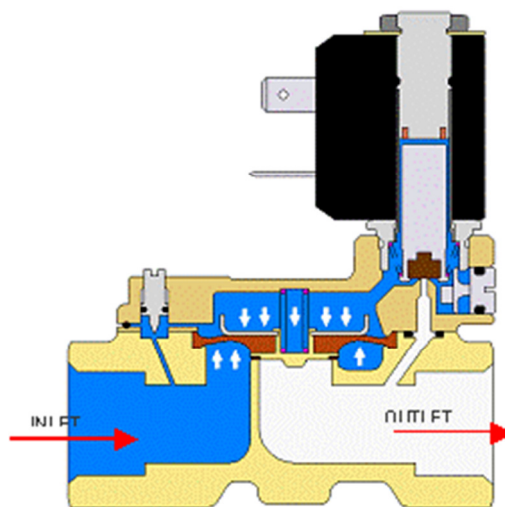
Magneetikeloilla ohjattu venttiili on perusrakenteeltaan samankaltainen, kuin mekaanisesti toimiva istukka- tai luistiventtiili joita yleisesti käytetään pneumaattisessa ohjauksessa. Magneettiventtiilin ero muihin venttiileihin on venttiilin ohjauspäissä. (Keinänen ym. 2001, 74)

Magneettiventtiilin toiminta perustuu sähköenergian muuttamiseen mekaaniseksi energiaksi . Energian muutos saadaan aikaan solenoidilla, joka on sähkömagneetti. Solenoidin sisään on asetettu jousipalautteinen rautasydän, joka saadaan liikkumaan johtamalla solenoidiin sähkövirtaa. Usein solenoidilla ohjataan vain apuventtiiliä, eikä suoraan liikuteta venttiililuistia. Apuventtiilin aukeaminen saa aikaan asennon muuttumisen myös pääventtiilissä. Yksinkertaisemmassa, niin sanotussa suoratoimisessa magneettiventtiilissä solenoidin sisään sijoitettu rautasydän toimii myös venttiililuistina. (Keinänen ym. 2001, 74)



Kuva 1. Suoratoiminen magneettiventtiili

Eräänlainen versio magneettiventtiilistä hyödyntää järjestelmän omaa painetta. Tässä versiossa magneettiventtiilissä on niin sanottu yläkammio, joka paineistetaan painamaan tulosuunnan tukkivaa kalvoa riittävällä paineella. Itse solenoidi ja sen rautasydän kontrolloivat yläkammion painetta. Vetämällä solenoidi yläkammion paine purkautuu järjestelmän menosuuntaan, tulosuunnan sulkeva kalvo avautuu paineen katoamisen seurauksena ja virtaus alkaa.



Kuva 2. Kalvolla toimiva magneettiventtiili.

Nykyaikaisessa painekuljettimessa magneettiventtiilejä käytetään ohjausventtiileinä. Magneettiventtiili on linkki jolla sähköinen ohjaustapahtuma siirretään mekaaniseksi toiminnoksi laitteessa. Ohjelmoitavalla logiikalla voidaan kontrolloida magneettiventtiilien toimintaa, jotka puolestaan ohjaavat niiden taakse kytkettyjä isompia, syöttöpaineeseen kytkettyjä venttiileitä.

Painekuljettimessa magneettiventtiilit on usein sijoitettu suoraan ohjauskaappiin sähköistyksen helpottamiseksi.

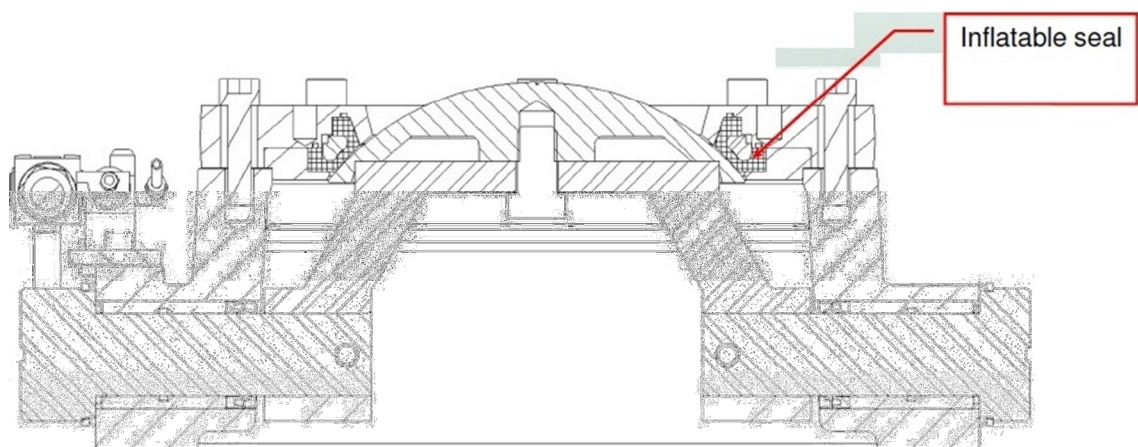
### **Fluidisaatioventtiili**

Fluidisaatioventtiili on painekuljettimen säiliöön kytketty venttiili joka vastaa kuljetuspaineen synnyttämisestä, sekä kuljetettavan materiaalin fluidisoimisesta. Kuten muitakin painekuljettimen venttiileitä, myös fluidisaatioventtiiliä ohjataan magneettiventtiilillä kontrolloidun ohjauspaineen avulla. (Kopar Group, 2012.)

### **Kalottiventtiili**

Kalottiventtiiliä käytetään pääosin korkeapaineisissa painekuljetinjärjestelmissä. (Kopar Group, 2012.)

Kalottiventtiiliä käytetään kontrolloimaan materiaalivirtaa painekuljettimen säiliöihin. Kalottiventtiili on sijoitettu painekuljettimen materiaalisyötön ja vastaanottavan säiliön väliin tai kahdella säiliöllä toimivassa versiossa myös säiliöiden väliin. (Kopar Group, 2012.)



Kuva 3. Kalottiventtiili (Kopar Group, 2012).

Kalottiventtiili liikkuu auki ja kiinni paineilmatoimisen sylinterin avulla. Sylinteri tuottaa riittävästi voimaa, jotta kalottiventtiili voidaan sulkea materiaalivirran ollessa vielä käynnissä, niin sanotusti leikkaamalla läpi materiaalivirran. Materiaalivirran käynnistyessä kalottiventtiili on suunniteltu siirtymään täysin sivuun materiaalivirran tieltä. Tällä ominaisuudella säästetään venttiilin osia erityisesti kuljettaessa hiovaa materiaalia. (Kopar Group, 2012.)

Kalottiventtiili tiivistetään käyttämällä paineistettua kumitiivistettä. Kuva osoittaa missä kumitiivisteiden paikka kalottiventtiilin rakenteessa on. Kumitiivisteiden täyttymistä seurataan painekeytkimen avulla, jos painekeytkin ei laukea todetaan kumitiivisteessä olevan vuoto ja seuraa hälytys. Kumitiivisteelle tulevaa ilmavirtaa on syytä kuristaa ja täyttää kumitiiviste hiljalleen, näin vältetään painekeytkimen laukeamiselta tilanteessa, jossa tiivisteessä on pieni vuoto, mutta ilmavirran määrä sisään on suurempi kuin ulos vuotavan. (Kopar Group, 2012.)

Kalottiventtiilissä on mahdollisuus vesijäähdytykseen, joka mahdollistaa kuumien materiaalien siirron aina +500C° asti. (Kopar Group, 2012.)

### **Huohotusventtiili**

Huohotusventtiili painekuljettimessa synnyttää ilmalle pakoreitin säiliön täyttövaiheessa. Jos painekuljetinta täytetään pienellä materiaalivirralla on tarpeen estää materiaalin valuminen kuljetinputkeen. Tällöin säiliö suljetaan erillisellä poistovenktiilillä. Materiaalivirran hiljalleen täyttäessä säiliötä tarvitsee siellä olleen ilman poistua materiaalivirran tieltä ja huohotusventtiilin tehtävänä on tarjota pakoreitti tälle ilmalle. (Kopar Group, 2012.)

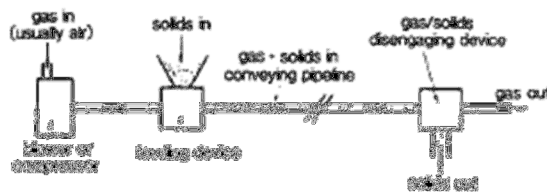
### **Ekstra-ilmaventtiili**

Ekstrailmaventtiili sijaitsee painekuljettimen kuljetusputken alussa. Ekstrailmaventtiilistä syötetään kuljetusputkeen ilmaa jolla parannetaan materiaalin virtausta kuljetusputkessa, sekä saadaan aikaan pulssimainen

materiaalivirta vuorottelemalla ilman tuontia fluidisaatio ja ekstrailmaventtiilin välillä. (Kopar Group, 2012.)

### 3.3 Paine kuljettimen toimintaperiaate

Yksinkertaistettuna painekuljetin on järjestelmä joka kuljettaa kiinteitä kuivia partikkeleita paikasta toiseen. Yleensä kyseessä on rae- tai jauhemainen materiaali. (C.R Woodcock ym. 1987, 380).



Kuva 4. Paine kuljettimen toimintaperiaate (C.R Woodcock ym. 1987, 380).

Painekuljettimessa tulee olla syöttö kuljetettavalle materiaalille sekä varastosäiliö vastaanottavassa päässä joka kykenee erottamaan kuljetuskaasun sekä kuljetettavan materiaalin toisistaan (C.R Woodcock ym. 1987, 380).

Jos on tarpeen kuljettaa materiaaleja eri kaasulla kuin ilma tai kuljetettava materiaali on esimerkiksi myrkyllistä voi olla tarpeen käyttää suljettua painekuljetusjärjestelmää (C.R Woodcock ym. 1987, 389).

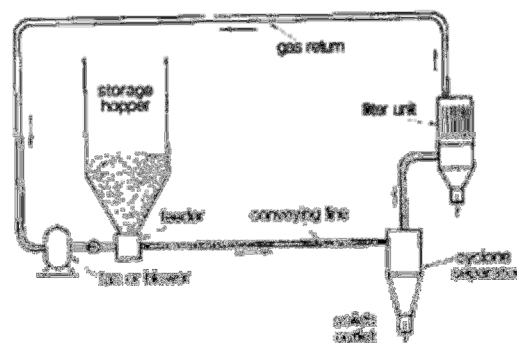


Figure 12.7 A closed-loop pressure conveying system.

Kuva 5. Suljettu painekuljetinjärjestelmä

### 3.3.1 Fluidisaatio

Fluidisaatio on fysikaalinen ilmiö jonka ansiosta raemainen kiinteä materiaali saa nesteiden dynaamisia ominaisuuksia. Fluidisaatio tapahtuu, kun kaasua johdetaan kiinteässä muodossa olevien rakeiden läpi. (C.R Woodcock ym. 1987, 381).

Painekuljetuksessa tärkein fluidisaation aikaansaama ominaisuus on fluidisoidun kiinteän materiaalin kyky virrata vapaasti. Tämä ominaisuus mahdollistaa tiheävaiheisen materiaalin kuljetuksen sen sijaan, että materiaalia kuljetettaisiin harvavaiheisena. (C.R Woodcock ym. 1987, 381).

### 3.4 Instrumentit

Teollista prosessia on tarpeen mitata ja valvoa jotta siitä saadaan sujuva ja turvallinen. Valvonta tapahtuu erilaisten aistien eli esimerkiksi antureiden avulla. Antureilla voidaan mitata erilaisia suureita ja niiden antamien tietojen perusteella joko ohjausjärjestelmä suorittaa korjaavia toimenpiteitä tai toimenpiteet tehdään valvomosta käsin. (Keinänen ym. 2007. 187)

Painekuljetusprosessissa käytetään paineen mittaukseen painekytkimiä ja mittareita. Ne poikkeavat toisistaan siten, että painemittarilta saadaan jatkuvasti tietoa järjestelmän paineesta, kun taas painekytkin on joko päällä tai pois päältä riippuen paineen tilasta. (Keinänen ym. 2007. 188)

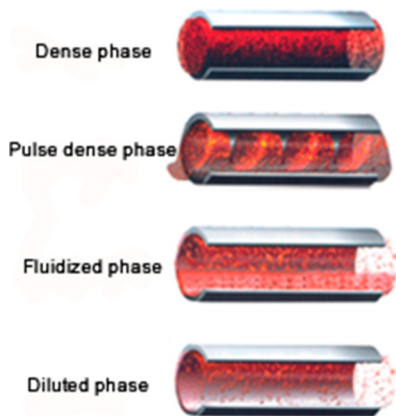
Paineen lisäksi prosessissa tarvitaan lähestymiskytkimiä venttiileiden tilatietojen saamiseksi. Lähestymiskytkin tunnistaa missä asennossa venttiili milloinkin on.

Painekuljettimen säiliön täyttymistä seurataan pintarajakytkimellä. Pintarajakytkimen anturiosa antaa tiedon, kun säiliötä täyttävän materiaalin pinta on noussut niin korkeaksi, että tulkitaan säiliön olevan täynnä. Tämän jälkeen elektroninen kytkin sulkeutuu ja ohjausjärjestelmä saa tiedon, että materiaalia on riittävästi kuljetuksen aloittamiseen. (Keinänen ym. 2007. 192)



### 3.5 Siirtomenetelmät

Käyttökohteesta riippuen valittavissa on 4 erilaista tapaa siirtää materiaalia. Valittu tapa saadaan aikaiseksi säätämällä fluidisaatioilman syöttöä ja extrailman syöttöä.

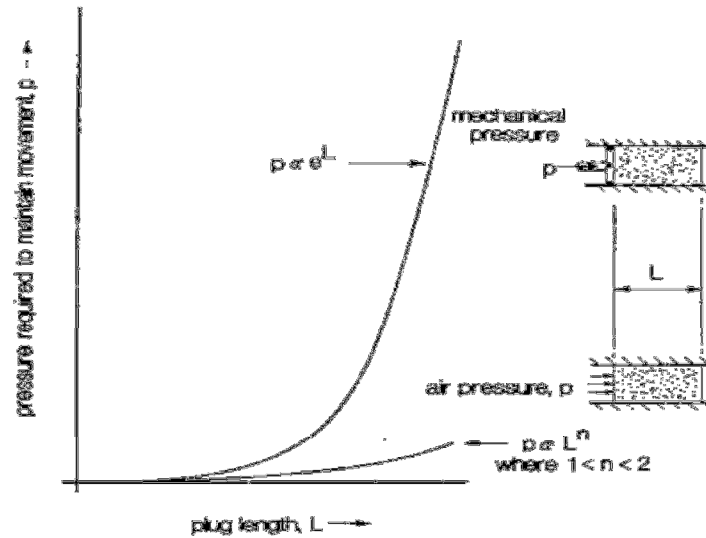


Kuva 6. Siirtomenetelmät (Kopar group 2010.)

Kuvan siirtomenetelmistä Kopar group:n asiakkaille yleensä parhaimmin sopii Pulse dense-menetelmä, sillä se on vaihtoehdoista tehokkain, kilpailukykyisin ja luotettavin (Kopar group 2010.)

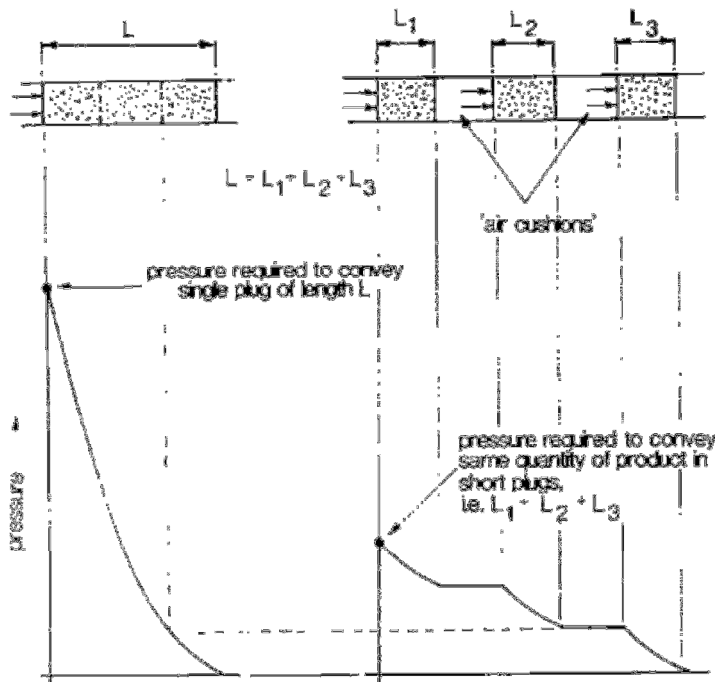
#### 3.5.1 Pulse dense-menetelmä

Valittaessa siirtomenetelmää painekuljetinjärjestelmälle tulee ottaa huomioon siirrettävän materiaalin ominaisuudet. Jos materiaali on hiovaa, tulee siirtonopeudet minimoida. Siirtonopeuden minimoimisessa ongelmaksi muodostuu kitka, joka syntyy kun hitaasti liikkuva materiaali pakkautuu tiheästi kuljettavaan putkeen (C.R Woodcock ym. 1987, 400).



Kuva 7. Siirtoon tarvittava paine eri tulpan pituuksilla (C.R Woodcock ym. 1987, 400).

Pulssittamalla siirrettävä materiaalivirta saadaan materiaalia siirrettyä paksuina, niin sanottuina tulppina. Siirtämällä materiaali tällä tavoin voidaan saavuttaa suuri siirtokapasiteetti ilman kohtuuttomia kitkavoimia tai liian suuria siirtonopeuksia. Suuret siirtonopeudet ovat ongelmallisia erityisesti hiovia materiaaleja siirrettäessä (C.R Woodcock ym. 1987, 401).



Kuva 8. Pulssituksen aiheuttamat ilmatyynynt ja alentunut paineilman tarve (C.R Woodcock ym. 1987, 401)

Putkessa kulkevaan materiaalitulppaan saadaan ilmatyynyjä käyttämällä niin sanottua ilmaveistä. Ilmaveitsi on paikka kuljetusputkessa johon on rakennettu lisäilman syöttöön tarkoitettu järjestelmä. Putkessa on sarja pieniä reikiä tasaisesti sijoitettuna ympäri putken. Fluidisoitu materiaali virtaa ulos säiliöstä kuljetusputkeen ja ilmaveitsen rei'istä syötetty paineilma muodostaa ilmatyynyn materiaalitulpan keskelle. (C.R Woodcock ym. 1987, 380).

### 3.5.2 Järjestelmien luokitus

Pneumaattiset kuljetinjärjestelmät on luokiteltu kolmeen eri ryhmään riippuen järjestelmässä käytetyistä paineista.

- Matalapainejärjestelmät, 0,02 – 0,2 Bar.
- Keskipainejärjestelmät, 0,2 – 1 Bar.
- Korkeapainejärjestelmät, 1 – 10 Bar.

### 3.5.3 Korkeapainejärjestelmät

Jos kuljetettavalla materiaalilla on taipumus paakkuuntua tai sotkeutua korkeapainejärjestelmä on silloin sopivin vaihtoehto. Korkeapainejärjestelmä soveltuu myös kuluttaville ja karkeille materiaaleille. (Kopar Group, 2012.)

Korkeapainejärjestelmille tyypillisiä tunnuslukuja ovat:

- 1-10 barin käyttöpaine. Yleensä noin 2 bar.
  - Materiaalivirran nopeus 0,5 m/s – 30 m/s.
  - Sekoitussuhde  $\mu = 10 - 200$ .
  - Kuljetuskapasiteetti 1 – 200 t/h.
  - Partikkelin, eli rakeen maksimikoko 60 mm.
  - Siirtomatka 10m – 3000m, useimmiten alle 500 m.
- (Kopar Group, 2012.)

### 3.5.4 Sekoitussuhde

Painekuljettimessa sekoitussuhteella tarkoitetaan kuljetettavan tavaran ja kaasun massavirtojen suhdetta.

$$\mu = \frac{M_m}{M_K}$$

Jossa  $\mu$  on sekoitussuhde,  $M_m$  (kg/s) on kuljetettavan tavaran massavirta ja  $M_K$  (kg/s) on kuljetukseen tarvittavan kaasun massavirta. (Kopar Group, 2012.)

## 4 OHJAUSJÄRJESTELMÄT

Ohjausjärjestelmän tarkoitus on toimia käyttäjän ja käytettävän koneen välisenä rajapintana. Ohjausjärjestelmässä tulee olla käyttöliittymä jonka avulla saadaan tietoa koneen tai automaatiojärjestelmän tilasta ja ominaisuuksia voidaan säätää halutun kaltaiseksi. (Keinänen ym. 2001, 206)

Ohjausjärjestelmän toimiessa ilman takaisinkytkentää sanotaan ohjausjärjestelmän olevan avoin. Ohjausjärjestelmän lähtöliitännällä kontrolloidaan toimilaitteen tilaa, esimerkiksi suuntaventtiilillä aikaansaatu sylinteriliike. Järjestelmä muuttuu suljetuksi silloin, kun toimilaitteelta takaisinkytkennän ansiosta saadaan esimerkiksi paikkatietoja ja järjestelmä osaa niiden perusteella itsenäisesti tehdä korjauksia ohjaussuureeseen. (Keinänen ym. 2001, 216)

Halutun kaltaisen toiminnan lisäksi automaatiojärjestelmää suunnitellessa tulee ottaa huomioon muunmuassa: henkilöiden ja ympäristön turvallisuus, ohjauksen aiheuttaman toiminnan yhdenmukaisuus, sekä järjestelmän helppo huollettavuus. Edellä listattujen vaatimusten täyttäminen ei saa kuitenkaan olla esteenä automaatiojärjestelmän mahdollisimman korkealle suoritusasteelle. (Keinänen ym. 2001, 216)

Myös painekuljettimen suunnittelussa tulee tähdätä edellä mainittujen asioiden täyttymiseen.

### 4.1 Ohjauskaappi

Ohjauskaappi pitää sisällään automaatiojärjestelmän ohjaamiseen tarkoitettuja sähköisiä komponentteja ja niiden kytkennät.

Painekuljettimen ohjauskaappi pitää tyypillisesti sisällään ohjelmoitavan logiikan, magneettiventtiileitä sekä releitä eri tarkoituksiin. Ohjauskaapissa tapahtuu myös verkkojännitteen muuntaminen ohjelmoitavalle logiikalle sopivaksi jännitteeksi. Ohjauskaapin kannessa voi olla paneeli josta saadaan

reaaliaikaista tietoa järjestelmän tilasta ja muutoksia voidaan suorittaa mikäli ne on sallittu paikallisesti tehtäviksi.

## 4.2 Rele

Rele on sähköinen kytkin jolla on monia eri käyttötarkoituksia sähkömekaniikassa. Usein releitä käytetään vahvistamaan heikkoa ohjaussignaalia. Toimintaperiaatteensa vuoksi rele pystyy kytkemään koskettimillaan moninkertaisia virtoja ohjausvirtaan nähden. (Keinänen ym. 2001, 44-45)

Muita releen käyttötarkoituksia ovat muun muassa:

- Potentiaalierotus korkeampijännitteisten kenttälaiteiden ja matalajännitteisen ohjauselektroniikan välillä
- Jännitteen sovitus esim AC -> DC
- Häiriöiden suodatusta ja signaalin käsittelyä
- Turvallisuus turvareleiden muodossa

Suuria sähkövirtoja ohjattaessa releestä käytetään nimitystä kontaktori. Kontaktori-termiä käytetään usein puhuttaessa moottoriohjauksista. (Keinänen ym. 2001, 44-45)

Releen osia ovat: kela, ankkuri, palautusjousi ja kosketinryhmä. Virtapiiri 11-14 sulkeutuu, kun kelaan tuodaan virta. Kela sisältää rautasydämen ja muodostaa sähkömagneetin joka vetää puoleensa raudasta valmistettua ankkuria. Ankkuri yhdistää virtapiirin ja tällöin saadaan suljettu virtapiiri. Kelan ollessa virrattomana jousi palauttaa alkutilanteen. (Keinänen ym. 2001, 44-45)

Releen koskettimet merkitään kaksinumeroisella tunnuksella: Ensimmäinen numero ilmaisee koskettimen sijainnin 1,2,3 ja toinen numero kuvaa koskettimen toimintaperiaatetta, avautuva toiminta ilmoitetaan numeroilla 1 ja 2, sulkeutuva numeroilla 3,4. (Keinänen ym. 2001, 44-45)

### 4.3 Logiikkaohjaukset

Logiikkaohjaus teollisuudessa ja automaatioissa yleisesti perustuu järjestelmän saamaan kaksitilaiseen on/off tyyppiseen tietoon. Myös monet automaatiojärjestelmän toimilaitteista toimivat päälle/pois ja auki/kiinni periaatteella. Ensimmäiset logiikkaohjauksista toteutettiin releillä, mutta releteknikka korvautui ohjelmoitavilla logiikoilla, sillä releohjauksissa kytkennät ovat monimutkaisia ja ohjausyksikön koko on huomattavasti suurempi kuin ohjelmoitavilla logiikoilla toteutetussa ohjauksessa. (Keinänen ym. 2001, 241-242)

Ohjelmoitavia logiikoita kehitettäessä perusajatuksena oli ettei niiden ohjelmointi vaadi tietokonepohjaisia ohjelmointitaitoja vaan aiemmin releteknikasta vastanneet suunnittelijat kykenisivät ohjelmoimaan myös uudet ohjelmoitavat logiikat. (Keinänen ym. 2001, 241-242)

#### 4.3.1 Askeltava logiikka

Selkeän hierarkisessa järjestyksessä, askel askeleelta toimivaa logiikkaa kutsutaan askeltavaksi logiikaksi. Askeltavat logiikat korvasivat aluksi vanhoja pneumatiikka ja releohjauksia, mutta vapaasti ohjelmoitavat PLC-laitteet ovat nykyään hinnaltaan samalla tasolla ja askeltavia logiikoita ei juurikaan käytetä. (Keinänen ym. 2001, 241-242)

#### 4.3.2 Vapaasti ohjelmoitava logiikka

Nykypäivänä vapaasti ohjelmoitavasta logiikasta käytetään nimitystä PLC-logiikka. Perusideana on, että ohjelmoitavan logiikan tuloihin kytketään automaatiojärjestelmän tilaa havainnoivat laitteet joihin kuuluvat erilaiset anturit, painekeytkimet ja aistit. Ohjelmoitavan logiikan lähtöihin kytketään automaatiojärjestelmän toimilaitteet jotka voivat olla esimerkiksi moottoreita, merkkilamppuja, releitä tai magneettiventtiileitä. Oleellisin ero askeltavaan

logiikkaan nähden on se, että vapaasti ohjelmitavaan logiikkaan voidaan kirjoittaa ohjelma joka valvoo tosiaikaisesti automaatiojärjestelmän tilaa. (Keinänen ym. 2001, 241-242)



## 5 TESTILAITTEEN SUUNNITTELU

Testilaitteen suunnittelussa ensimmäinen askel on ymmärtää perusteet painekuljettimen toiminnasta ja ohjausjärjestelmästä todellisessa teollisessa ympäristössä. Välttämätöntä on ymmärtää painekuljettimen eri venttiilien tarkoitus ja toiminta sekä instrumenttien eli antureiden ja mittareiden tarkoitus ja toiminta.

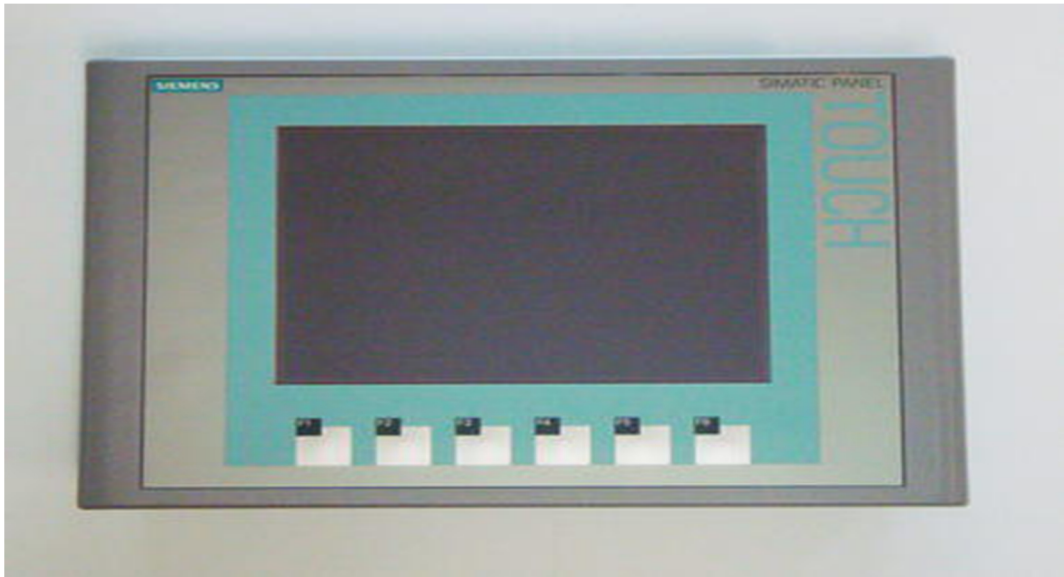
Suurin ero testilaitteen ja painekuljettimen toiminnan välillä on, että testilaitteella ei tulla kuljettamaan mitään kiinteää materiaalia vaan testaus tapahtuu pelkällä paineilmalla. Testilaitteessa valvomon kaltaista yläjärjestelmää tullaan simuloimaan yksinkertaistetusti kytkimillä.

Testilaitteelle suunnitellaan kaksi osaa: taulu jossa toimilaitteet, instrumentit ja painekuljettimen aläsäiliötä vastaava painesäiliö sijaitsevat sekä ohjauskaappi jossa sijaitsee testilaitteen oma logiikka simatic S7-1200, HMI-paneeli sekä hälytysvalot ja yläjärjestelmää simuloivat kytkimet. Lisäksi tarvitaan kompressori.



Kuva 9. Simatic S7-1200 (LPC 2012.)

HMI-paneeliksi on valittu siemensin oma KTP600 basic. Tätä paneelia käytetään myös painekuljettimissa.



Kuva 10. KTP600 Basic mono panel

Keskeinen vaatimus suunnittelussa on varautua siten, että pystytään vaihtamaan testauskohdetta ilman suurta vaivaa. Testauskohteesta riippuen vaihto tarkoittaa uusien venttiilien käyttöönottoa ja logiikan lähtöjen ja tulojen uudelleen kytkentää. Testilaitteen ensimmäinen kokoonpano on suunniteltu jo olemassa olevan logiikkaohjelman pohjalta ja ajatuksena on, että tätä ohjelmaa testattaisiin ensimmäisenä.

Testauskohteen vaihtaminen tarkoittaa monesti myös fyysisesti laitteen siirtämistä toiseen paikkaan. Tästä johtuen laitteen tulee olla niin kevyt että sen kantaminen onnistuu paikasta toiseen.

Pääpaino suunnittelussa on sähkösuunnittelulla. Tarkka kuvaus sähköisestä toiminnasta löytyy liitteenä olevista piirikaavioista.

Mekaniikkasuunnitelmia tarkennetaan mikäli laitetta ryhdytään rakentamaan tämän suunnitelman pohjalta.

## 5.1 Toimilaitetaulu ja painesäiliö

Toimilaitetaulun kooksi valittiin 75x75cm. Tähän kokoon mahtuvat kaikki toimilaitteet riittävän väljästi, jotta sormille jää tilaa letkutuksien tekemiseksi. Toimilaitteita tauluun mitoittaessa pohjana on käytetty mittoja teollisuudessa käytettävistä komponenteista.

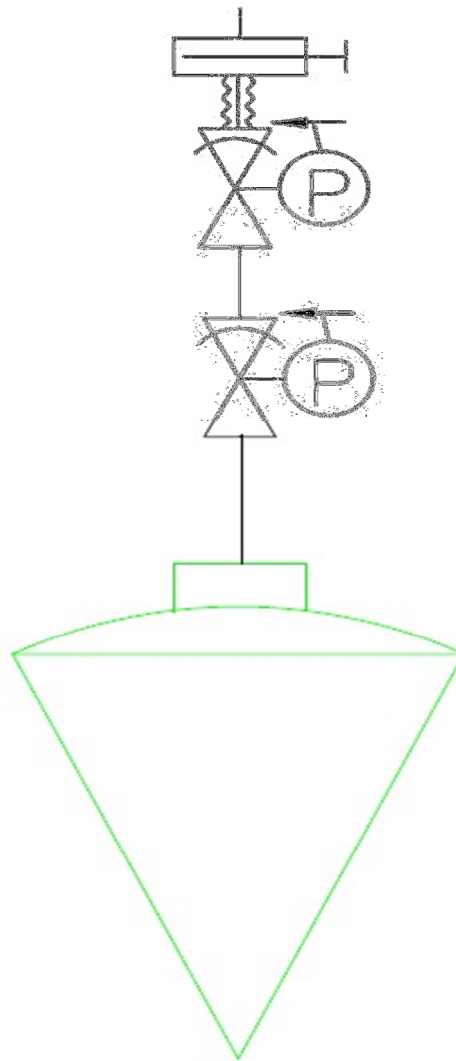
Painesäiliöltä vaaditaan paineenkestoa vähintään kompressorin tuottaman maksimipaineen verran ja sen koko pidetään noin viidessä litrassa. Painesäiliön koko pidetään pienenä jotta pystytään ilman suuria panostuksia tuottamaan järkevässä ajassa riittävä paine laukaisemaan ylipaine hälytykset.

Painesäiliö kiinnitetään toimilaitetauluun pannalla jonka voi laitetta purkaessa irrottaa helposti.

Tauluun sijoitetut magneettiventtiilit ovat jakotukissa joka on kiinni taulussa. Jakotukin päässä on instrumentti ilmanpainetta tarkkaileva painekeytkin.

## 5.2 Kalottiventtiilin toiminnan simulointi

Ylempänä on käyty läpi kalottiventtiilin toiminta painekuljettimessa. Ohjausjärjestelmän kannalta kalottiventtiilissä olennaisia osia ja tapahtumia ovat ohjaus auki ja kiinni, lähestymiskytkimeltä saatava tieto siitä, että venttiili on todella sulkeutunut tai lähtenyt avautumaan ja painekeytkimen tieto siitä, että sulkeutuneen kalottiventtiilin kuminen tiiviste on kunnossa ja näin ollen täyttynyt. Maksimivarauksella kalottiventtiileitä on käytössä kolme, kaksi kontrolloimassa materiaalivirtaa kuljettimeen säiliön yläosassa tai kahdella säiliöllä varustetussa kuljettimessa säiliöiden välissä, sekä yksi huohotusventtiilinä.



Kuva 11. Kalottiventtiilien paikka painekuljettimessa

Yllä olevasta kuvasta näkyy kalottiventtiilien sijoitus. Kyseisessä kuljettimessa käsitellään kuumaa tavaraa ja näin ollen kalottiventtiileitä säiliöiden välillä on kaksi, joista toinen on metallitiivisteinen.

Kahta kalottiventtiiliä kontrolloimaan materiaalivirtaa käytetään silloin, kun kuljetettava tavara on niin kuumaa, ettei yhden kumitiivisteisen kalotin käyttö ole järkevää. Tällaisessa tapauksessa ylin kaloteista joka on kosketuksessa kuumaan materiaaliin on metallitiivisteinen, eikä näin ollen tarvita painekytkintä seuraamaan tiivisteiden täyttymistä.

Testilaitteessa kalottiventtiilien ohjausta testataan sylinterillä ja kahdella lähestymiskytkimellä, joista ensimmäinen antaa logiikan tulolle tiedon kalottiventtiin sulkeutumisesta ja toinen kuvaa painekytkimen tilaa. Ylhäällä mainitusta syystä yhdessä kalottiventtiilisimulaatioista seurataan siis vain avautumista ja sulkeutumista.

### 5.3 Pintarajakytkin LS1

Pintaraja-anturi antaa painekuljettimessa tiedon, säiliön täyttymisestä siihen pisteeseen, että kuljetus voidaan aloittaa. Testilaitteessa pintarajana toimii kytkin, jonka avulla saadaan annettua rajatieto logiikalle.

### 5.4 Testilaitteen toimilaitteet

Aiemmin todettiin toimilaittevalintojen perustana olleen se, että pystytään simuloimaan kaikkia mahdollisia versioita painekuljettimesta. Tästä johtuen ensimmäisen kokoonpanon toimilaitetaulussa on komponentteja jotka eivät ole käytössä. Lista seuraavaksi kaikki testilaitteesta löytyvät toimilaitteet ja niiden tarkoituksen. Alla olevan listan lisäksi testilaitteen taulusta löytyy sähköisiä kytkentöjä varten riviliitin pakka X30 joka on johdotettu ohjauskaapille lähtevään moninapaliittimeen. Komponenttien koko ja sijainti on dokumentoitu liitteenä olevassa sijoittelupiirustuksessa. Toimilaitetauluun sijoitettujen komponenttien koko on suuntaa antava ja mitoitus on tehty siten, että kaikki tarvittava varmasti mahtuu 75x75cm toimilaitetauluun.

#### 5.4.1 Magneettiventtiilit Y1-Y8

- Y1.1/Y1.2 on säiliön kalottiventtiin toimintaa ohjaava kaksikelainen magneettiventtiili. Merkinnällä Y1.1 tarkoitetaan ensimmäistä kelaa ja Y1.2 toista kelaa.

- Y4 Fluidisaatioventtiilinä toimiva magneettiventtiili joka vastaa säiliön paineesta
- Y3 Yläsäiliön fluidisaatioventtiiliksi varattu magneettiventtiili. Ei käytössä tässä kokoonpanossa
- Y5 Extrailmaventtiili, käytetään kuljetettavan materiaalin pulssituksessa sekä tuomaan kuljetuspainetta putkistoon.
- Y6 Varattu toiselle kokoonpanolle. Ei käytössä tässä kokoonpanossa.
- Y7 Päästöventtiili säiliön alaosassa sijaitseva päästöventtiili avataan kuljetuksen alkaessa.
- Y8.1/8.2 Toista ja kolmatta kalottia ohjaava kaksikelainen magneettiventtiili. Kolmannen kalotin eli huohotusventtiilin ohjaukseen ei käytetä omaa magneettiventtiiliä vaan sitä ohjataan rinnakkain kakkoskalotin kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että materiaalin alkaessa valua säiliöön huohotusventtiili aukeaa samalla ohjaustoimenpiteellä.

#### 5.4.2 Sulkuventtiili Y10 ja sylinterit SY 1, 2, 3

Sulkuventtiili Y10 on käsikäyttöinen venttiili jolla säädetään materiaalin ulosvirtausta ja aiheutetaan tukkeutumis vikatilanteet ylipainerajojen testaamiseksi.

Sylintereistä ensimmäisessä kokoonpanossa käytössä on SY2 ja SY3

- SY1 Ylimmän, metallitiivistetyn kalotin toiminnan testauksesta vastaava sylinteri.
- SY2 Alemman kumitiivisteisen säiliökalotin toiminnan testauksesta vastaava sylinteri.
- SY3 Sylinteri SY2 rinnalla ohjattava huohotuskalottiventtiilin toiminnan testauksesta vastaava sylinteri.

#### 5.4.3 Lähestymiskytkimet SS01, SS02 ja SS04 sekä PS01,PS04

Lähestymiskytkimillä testataan kalottiventtiileiden rajatietoja. Sijoittelukuvasta käy ilmi miten sylinterin liikkeestä saadaan tieto logiikan tuloliitännälle. Osa lähestymiskytkimistä on nimetty painekytkimiksi, koska oikeassa painekuljettimessa niiden paikalla olisi painekytkimet. Logiikkaohjelman testaamisen kannalta on olennaista, että toimilaitteet on nimetty samoilla nimillä kuin oikeassa painekuljettimessa.

- SS01 Ylimmän, metallitiivisteisen säiliökalotin kiinni/auki-rajatiedon antava lähestymiskytkin.
- SS02 Alemman säiliökalotin kiinni/auki-rajatiedon antava lähestymiskytkin.
- PS02 Alemman säiliökalotin kumitiivisteeseen täyttymisestä kertova lähestymiskytkin. Oikeassa painekuljettimessa painekytkin.
- SS04 Huohotusventtiilinä toimivan kalotin kiinni/auki-rajatiedon antava lähestymiskytkin.
- PS04 Huohotusventtiilinä toimivan kalotin kumitiivisteeseen täyttymisestä kertova lähestymiskytkin. Oikeassa painekuljettimessa painekytkin.

#### 5.4.4 Painemittarit PI01, PI02 ja painekytkin PS03

Testilaitteessa on kaksi analogiviestiä logiikan tuloliitäntään lähettävää painemittaria PI01 ja PI02. PI01 mittaa testilaitteen säiliön ilmanpainetta ja on vastuussa tukoksien aiheuttamien ylipainehälytysten antamisesta. PI02 tarkkailee ja mittaa kuljetusilmanpainetta extrailmaventtiilin jälkeen kytkettynä. Instrumentti-ilmanpainetta eli magneettiventtiileille tulevaa ilmanpainetta tarkkaillaan painekytkimellä PS03 joka on sijoitettu magneettiventtiileille instrumentti-ilmaa jakavaan jakotukkiin.

## 5.5 Ohjauskaappi

Ohjauskaappi pitää sisällään päävirtakytkimen, testilaitteen käynnistyskytkimen jossa on myös asento automaattitoiminnalle, teholähteen josta saadaan logiikan tarvitsema 24VDC, Simatic S7-1200 logiikan, SM1222 lähtöliitäntä lisämodulin, riviliittimiä logiikan tuloille ja lähdöille, HMI-paneelin, ethernetkytkimen, kytkimet joilla tarkastellaan prosessista tai yläjärjestelmältä saapuvia lupatietoja sekä merkkivalot jotka kertovat hälytyksistä prosessissa. Osa merkkivaloista tarkoittaa yläjärjestelmälle lähetettyjä tietoja.

Logiikan sähköistykseen liittyvät kytkennät käyvät parhaiten ilmi logiikan naamakuvaksi nimetystä piirikaavioliitteestä. Kyseinen liite selventää myös HMI-paneelin sekä ethernetliityntöjen tekemistä.

Toimitettaessa painekuljettimia kylmiin olosuhteisiin löytyy ohjauskaapista myös lämmitys. Testilaitetta ei ole tarkoitus käyttää kylmissä olosuhteissa joten lämmitys ei ole tarpeen.

Ohjauskaapin fyysinen koko käy ilmi liitteenä olevasta piirustuksesta ja sähköinen toiminta johdotuksineen on kuvattu piirikaavioina.

Relekytkennöille ei ole tarvetta ensimmäisessä kokoonpanossa. Releille on kuitenkin varattu tulevaisuutta ajattellen paikka ohjauskaapissa. Relekytkennöille tulisi tarvetta esimerkiksi siinä tilanteessa, että testattaisiin twin-mallista painekuljetinta

### 5.5.1 Tuloliitännät

Simatic S7 1200 logiikan digitaaliset tuloliitännät on jaettu kahteen osaan: DI A ja DI B. Niiden lisäksi käytössä on analogiset tuloliitännät eli AI. Tuloliitännöiden sähköiset kytkennät löytyvät liitteenä olevasta piirikaaviosta. Kytkimen S1 sähköinen toiminta on kuvattu myös liitteessä johdotuskuva.

DI A:



- I0.0 kytkin S1 käynnistys
- I0.1 kytkin S1 automaattitoiminta
- I0.2 kytkin LS1 pintaraja
- I0.3 lähestymiskytkin SS01
- I0.4 lähestymiskytkin PS01
- I0.5 Painekytkin PS03
- I0.6 Lähestymiskytkin SS02
- I0.7 Tyhjä

#### DI B

- I1.0 Lähestymiskytkin SS04
- I1.1 kytkin ajolupa yläjärjestelmältä
- I1.2 lähestymiskytkin PS04
- I1.3-1.5 varattu mahdollista twin-kuljettimen testausta varten

#### AI

- AI1 painemittari PI01
- AI2 painemittari PI02

#### 5.5.2 Lähtöliitännät

Lähtöliitännät testilaitteessa tarvitaan enemmän kuin Simatic S7-1200 logiikassa on sisäänrakennettuna, joten käyttöön pitää ottaa lisämoduuli SM1222 jolla saadaan ylimääräiset 7 lähtöliitännää käyttöön. Kuten tuloliitännät on digitaaliset lähtöliitännätkin jaettu eri osiin seuraavasti: DQA, DQB ja lisämoduulin SM1222 lähtöliitännät.

#### DQ A:

- Q0.0 kalottiventtiili 1 ensimmäinen kela Y1.1
- Q0.1 kalottiventtiili 1 toinen kela Y1.2
- Q0.2 fluidisaatioventtiili Y4
- Q0.3 extrailmaventtiili Y5

- Q0.4 päästöventtiili Y7
- Q0.5 yläsäiliö fluidiventtiili Y3
- Q0.6 hälytysvalo H1
- Q0.7 hälytysvalo H2 yläjärjestelmätieto kalottihälytys

#### DQ B:

- Q1.0 hälytysvalo H3 yläjärjestelmätieto kuljetusvikahälytys
- Q1.1 hälytysvalo H4 yläjärjestelmätieto käyntitieto

#### SM1222

- Q2.0 hälytysvalo H5 yläjärjestelmätieto kuljetusilmahälytys
- Q2.1-Q2.3 tyhjä varattu releille
- Q2.4 kalottiventtiili 2 ensimmäinen kela Y8.1
- Q2.5 kalottiventtiili 2 toinen kela Y8.2

#### 5.5.3 Johdotukset

Testilaitteen ensimmäisessä kokoonpanossa johdotukset on suunniteltu siten, että toimilaitteet johdotetaan taulussa sijaitsevalle riviliittimelle ja ohjauskaapissa hälytysvalot, kytkimet, logiikan tulo- ja lähtöliitännät johdotetaan ohjauskaapissa sijaitsevalle riviliittimelle. Riviliittimet johdotetaan moninapaliittimille molemmissa päissä. Käyttämällä moninapaliittimiä voidaan testilaitte helposti purkaa ja siirtää toiseen testauspaikkaan. Asiakkaalle lähteviä uusia ohjauskaappeja testattaessa ei ole muita vaihtoehtoja kuin kytkeä toimilaitteet kunkin, yksilöllisesti suunnitellun ohjauskaapin logiikan tulojen ja lähtöjen mukaan.

#### 5.6 Hälytykseen johtavat vikatilanteet ja niiden simulointi

Painekuljettimen logiikkaohjelmaan asetetaan erilaisia raja-arvoja ja pisteitä joiden toteutumista seurataan instrumenttien avulla. Prosessin turvallisuuden kannalta on tärkeää pystyä seuraamaan prosessin etenemistä ja pystyä

katkaisemaan prosessi joko valvomo toimenpiteenä tai automaattisesti jonkin tapahtuman laukaisemana.

Testilaitteesta löytyvät instrumentit eli lähestymiskytkimet, painekytkimet ja painemittarit on sijoitettu siten, että pystytään seuraamaan testiprosessin toimintaa, niin kuin se todellisessa painekuljetusprosessissa tapahtuisi. Ainoa poikkeus instrumentoinnissa on pintarajakytkin LS1. Pintaraja-anturin käyttö testilaitteessa ei ole mahdollista, koska se vaatisi kuljetettavaa materiaalia säiliöön. Pintaraja-anturiin liittyviä vikatilanteita pystytään kuitenkin lavastamaan antamalla pintaraja tietoa vastaava jännitesignaali käsin käytettävällä kytkimellä. Hälytys pintaraja anturilta syntyy siinä tapauksessa, että saadaan ilmoitus säiliön täyttymisestä pintarajaan saakka, mutta pintaraja ei laske määrätyn ajan kuluessa. Tällöin tulkitaan häiriö prosessissa ja järjestelmä antaa hälytyksen sekä keskeyttää prosessin.

Listaan seuraavaksi instrumenttikohtaisesti vikatilanteet joista kunkin instrumentin on tarkoitus ilmoittaa.

- Lähestymiskytkimet SS01 ja PS01 sekä muut kalotteihin liittyvät lähestymiskytkimet antavat sylinterin liikkeessa tiedon logiikalle kalottiventtiilin sulkeutumisesta, avautumisesta ja painetiivisteiden täyttymisestä. Kalotin sulkeutumiselle on asetettu maksimi aikaraja jonka ylityttyä tulkitaan, että kalotin toiminnassa on häiriö. Aikaraja käynnistyy samaan aikaan, kun kalottia ohjaava magneettiventtiili ohjataan tilaan jossa kalotin tulisi avautua tai sulkeutua
- PI01 on painemittari joka antaa tietoa säiliön paineesta. Käytännössä säiliön paineen nousu tarkoittaa, että järjestelmässä on tukos ja paineen noustua yli 2,3 barin katkaistaan fluidisaatioilman syöttö ja suljetaan poistiventtiili. Kuljetusilman syöttöä jatkamalla yritetään saada kuljetusputkisto avatuksi. PI02 painemittari näyttää kuljetus ilmanpaineen. Liian alhainen paine johtaa hälytykseen, sillä se tarkoittaa joko sitä että ilmanpaine ei ole riittävä kuljetukseen ja tukokset ovat mahdollisia tai ettei kuljetettavaa materiaalia ole putkessa ja ilmaa puhalletaan turhaan tyhjään putkistoon.

- PS03 painekytkin joka tarkkailee instrumenteille tulevaa ilmanpainetta eli tässä tapauksessa magneettiventtiilien käyttöpainetta. Todellisessa painekuljettimessa magneettiventtiilit ja instrumentti ilmanpaineen tarkkailu on usein sijoitettu ohjauskaappiin. Jos instrumentti ilmaa ei saada riittävän suurella paineella ajautuu järjestelmä hälytystilaan.

## 5.7 Kompressori

Kompressoria valittaessa kiinnitettiin huomiota lähinnä siihen, ettei kompressori ole liian painava ja testilaitte säilyy helposti liikuteltavana. Painetuoton kannalta vaatimukset ovat 5 litran säiliön täyttäminen hieman yli 2 bar:n, joten se ei aseta juurikaan vaatimuksia. Sylinterien tarvitsee tuottaa liike lähestymiskytkimien tilan vaihtamiseksi, joten mekaanisesta liikkeestä johtuva paineilman kulutus on testilaitteessa melko mitätön.

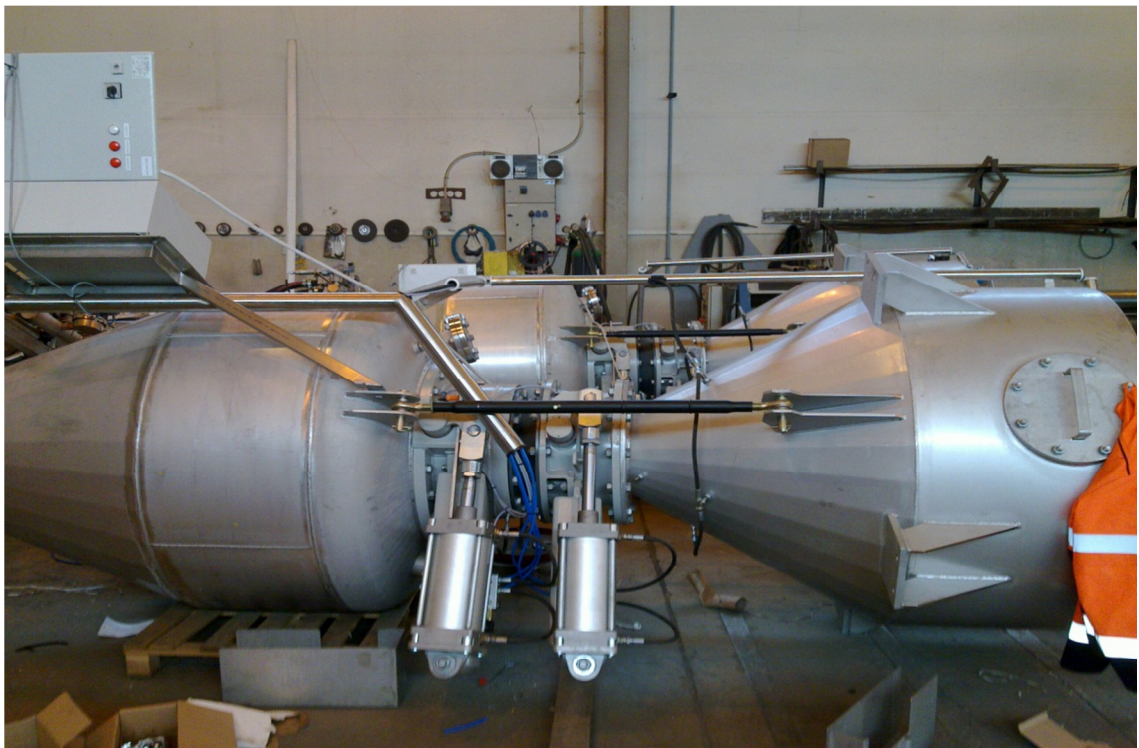
Kompressoriksi valittiin edullinen OL-15 jonka tekniset tiedot ovat seuraavat:

- Jännite: 230 V
- Moottoriteho: 1,5 hv:n (1,1 kW)
- Virta: 5 A
- Kierrosluku: 2850 rpm
- Säiliön tilavuus: 6 l
- Vapaasti tuotettava ilmamäärä (6 baaria): 118 l/min
- Sylinterin läpi virtaava ilmamäärä: 179 l/min
- Suurin työskentelypaine: 8 baaria
- Äänenpaine LdB: 80 dB(A)
- Äänenvoimakkuus LWA: 95 dB(A)
- Kotelointiluokka: IP 23
- Mitat: 33 x 26 x 50 cm (p x l x k).
- Paino: 12 kg

## 5.8 Toiminta ja muutokset testattaessa eri kuljetintyypppejä

Testilaitteen käytössä oleva kokoonpano määräytyy testattavan painekuljettimen venttiilien mukaan. Venttiilit joita tarvitaan painekuljettimessa riippuvat kuljetettavasta materiaalista ja prosessin luonteesta. Painekuljettimia tehdään aina asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöitynä, joten kaikkia eri variaatioita ei voida varmuudella tietää. Aikaisemmin tehtyjen toimitusten perusteella voidaan kuitenkin olettaa, että testilaitteessa käytössä oleva muunneltavuus riittää useimmille eri variaatioille.

Esimerkkinä tehtävistä muutoksista eri tyyppistä kuljetinta testattaessa voidaan käyttää painekuljetinta jossa on kaksi päällekkäistä säiliötä, eli välisäiliö-mallia. Liitteenä esitetty sijoittelukuva muuttuisi siten, että käyttöön otettaisiin magneettiventtiili Y3 joka on varattu yläsäiliön fluidisaatioventtiiliksi.



Kuva 12. Paine kuljetin jossa on kaksi päällekkäistä säiliötä

Sähköisen toiminnan kannalta testauskohteen muuttuminen tarkoittaa hyvin todennäköisesti toimilaitteiden tulo- ja lähtöliitännäjäjärjestyksen muuttamista.

Toimilaitteiden nimet tulevat myös poikkeamaan ensimmäisestä kokoonpanosta toiseen siirryttäessä.

## 6 YHTEENVETO

Suunnittelun käynnistämisesä tärkeintä oli painekuljetusprosessin perusteiden ymmärtäminen. Perusteisiin luetaan tässä tapauksessa venttiileiden ja toimilaitteiden toiminta, ohjausjärjestelmän toiminta sekä perusteet virtaustekniikasta ja kuljetettavan materiaalin käsittelystä. Jokaisella osa-alueella täytyi ymmärtää niin sähköinen kuin mekaaninenkin toiminta. Alussa läpi käyty teoriaosuus on se sama materiaali jonka pohjalta tarvittavat tiedot suunnitteluun on saatu

Testilaitteen ulkomuodosta oli jo kokeneen suunnittelijan vahva käsitys, jonka pohjalta toimilaitteiden sijoittelu tehtiin. Toimilaitteiden koko todellista laitetta rakennettaessa tulee todennäköisesti poikkeamaan tässä suunnitelmassa esitetystä. Mitoitus ja tilanvaraukset on tehty varmasti riittäväksi ja riippuen budjetista toimilaitteiden koko voi olla huomattavasti pienempi kuin todellisessa painekuljettimessa.

Haastavin osuus suunnittelussa oli testilaitteen sähköisen toiminnan suunnittelu ja kuvaaminen. Aikaa kului miettiessä miten saadaan simuloitua painekuljetusprosessi yksinkertaistetusti käyttämällä pelkkää paineilmaa sekä pitämällä testilaitteen koko mahdollisimman pienenä. Oman lisänsä ajatustyöhön tuo se, että testilaitteen kokoonpano ja käytettävät toimilaitteet tulevat vaihtumaan aina kuljetin kohtaisesti.

Aikataulullisesti viivästymistä sähköisen dokumentoinnin tekemisessä aiheutti valmiiden piirrosmerkkikirjastojen puuttuminen ja piirrosmerkkien tekemiseen kului odotettua enemmän aikaa.

### 6.1 Tulokset

Työn lopputuloksena saatiin aikaan suunnitelma joka antaa yleiskuvan laitteen rakenteesta, sähköisestä toiminnasta ja jonka pohjalta voidaan ilman suurta lisätyötä testilaitte rakentaa käytännössä. Työhön on myös kerätty

painekuljetusprosessiin olennaisesti liittyvää perustietoa jonka omaksuttuaan lukijan on mahdollista ymmärtää paremmin testilaitteen toimintaa ja sitä mihin tarkoitukseen se on suunniteltu.

## 6.2 Jatkokehitys

Tulevaisuudessa testilaitteella voidaan haluta testata twin-mallisia painekuljettimia. Tämä tarkoittaisi toisen identtisen testilaitteen rakentamista ja nykyiseen ohjauskaappiin releiden asentamista ja kytkemistä. Kahdessa eri ohjauskaapissa sijaitsevien logiikoiden tulisi kommunikoida keskenään. Tässä tapauksessa releitä käytettäisiin potentiaalinen erotukseen ohjauskaappien välillä. Relettä ohjataan logiikan ulostuloliitännällä, mutta koskettimet ovat toisen ohjauskaapin potentiaalissa liitettynä toisen ohjauskaapin logiikan sisääntuloliitännään. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ohjauskaappien välille tarvitaan kaapelointi. Tällä tavoin voidaan toteuttaa logiikoiden välinen kommunikointi.

Siinä vaiheessa, kun tiedossa on uusia testikohteita laitteelle ja tiedetään uusien kohteiden sähköinen toiminta, voidaan tehdä uusi dokumentointi toimilaitteista sekä tulo- ja lähtöliitännöistä. Dokumentit voidaan koota eräänlaiseksi kytkentä ja käyttöohjeeksi kulkemaan testilaitteen mukana. Esimerkiksi uutta ohjauskaappia testatessa testaajalla tulee olla tiedossa minkä tyyppiseen kuljettimeen ohjauskaappi on tehty ja tällä tiedolla voi testilaitteen dokumenteista hakea ohjeet kytkentöjen tekemiseen.

Syventävällä osaamisella ja tiedolla logiikkaohjelmoinnista on mahdollista kehittää testilaitteelle malli mittauspöytäkirjasta. Jotta mittauspöytäkirjasta saadaan käyttökelpoinen pitää sen tekemiseen osallistua kokeneita suunnittelijoita, jotta saadaan kartoitettua kaikki logiikkaohjelman koodissa testattavat asiat ja niiden keskinäiset riippuvuudet.



## LÄHTEET

Byrnes, D 2010. Autocad 2011 for dummies. Hoboken: Wiley

Fonselius, J 1994. Koneautomaatio: Pneumatiikka. 8., uudistettu painos. Helsinki: Edita

Keinänen, T.;Kärkkäinen, P.;Metso, T.;Putkonen, K. 2000. Koneautomaatio 2: Logiikat ja ohjausjärjestelmät. Helsinki: WSOY

LPC 2012. Simatic S7-1200. Viitattu 3.9.2012. <http://www.lpc-uk.com/front/images/s7-1200.jpg>

MGA Controls 2011. M&M international solenoid valves. Viitattu 15.7.2012 <http://www.mgacontrols.com/2011/02/24/mm-international-solenoid-valves/>

Keinänen, T; Kärkkäinen, P;Lähetkangas, M;Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY

Keinänen, T; Kärkkäinen, P. 2005. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. Helsinki: WSOY

Kopar Group. 2012. Kopar in energy. Viitattu 18.6.2012

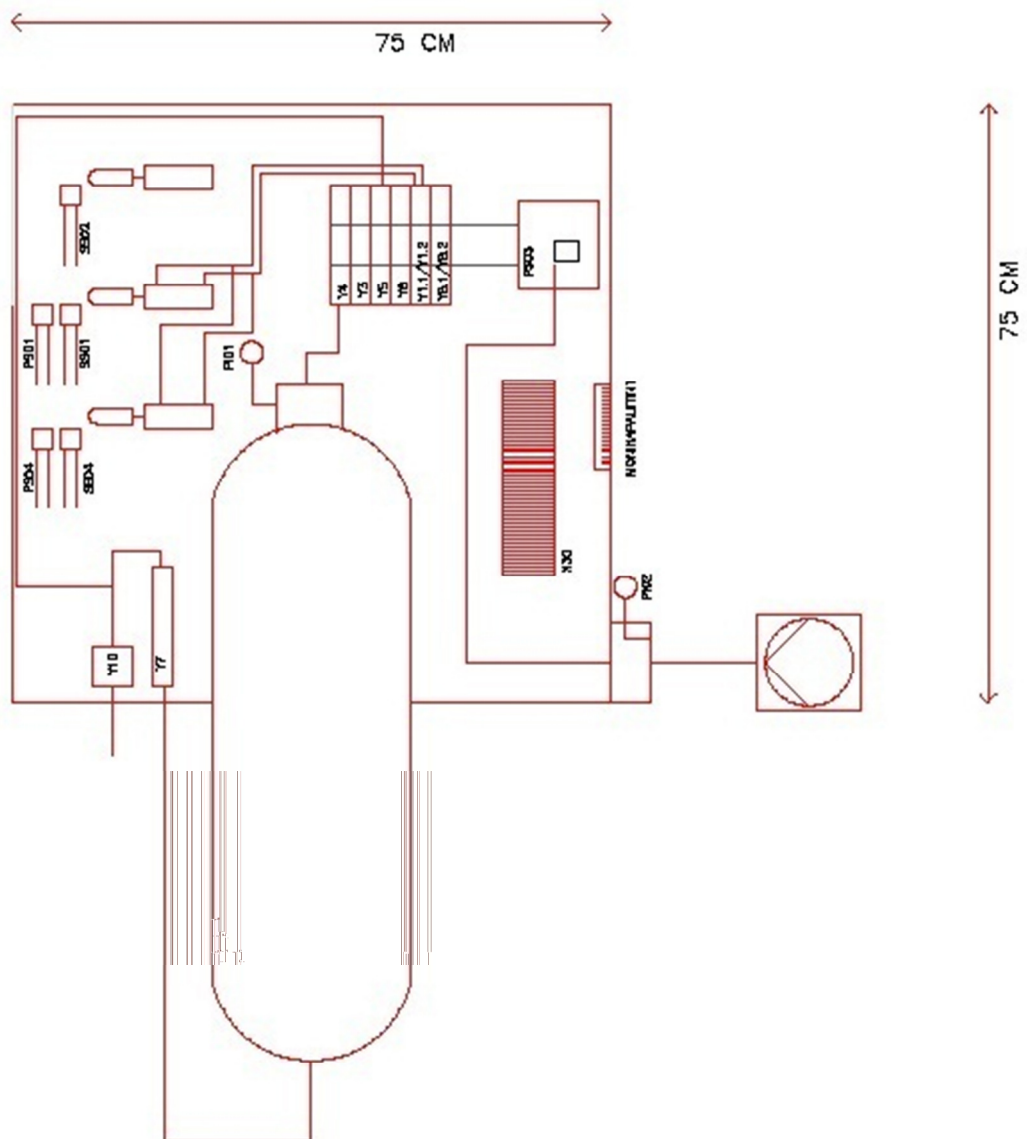
Kopar Group 2010. Pneumatic material handling. Viitattu 25.6.2012 <http://www.kopar.fi/en/products/pneumatic>

Kopar Group 2010. Cupola Valve. Viitattu 27.6.2012. <http://www.kopar.fi/en/products/pneumatic/cupola.html>

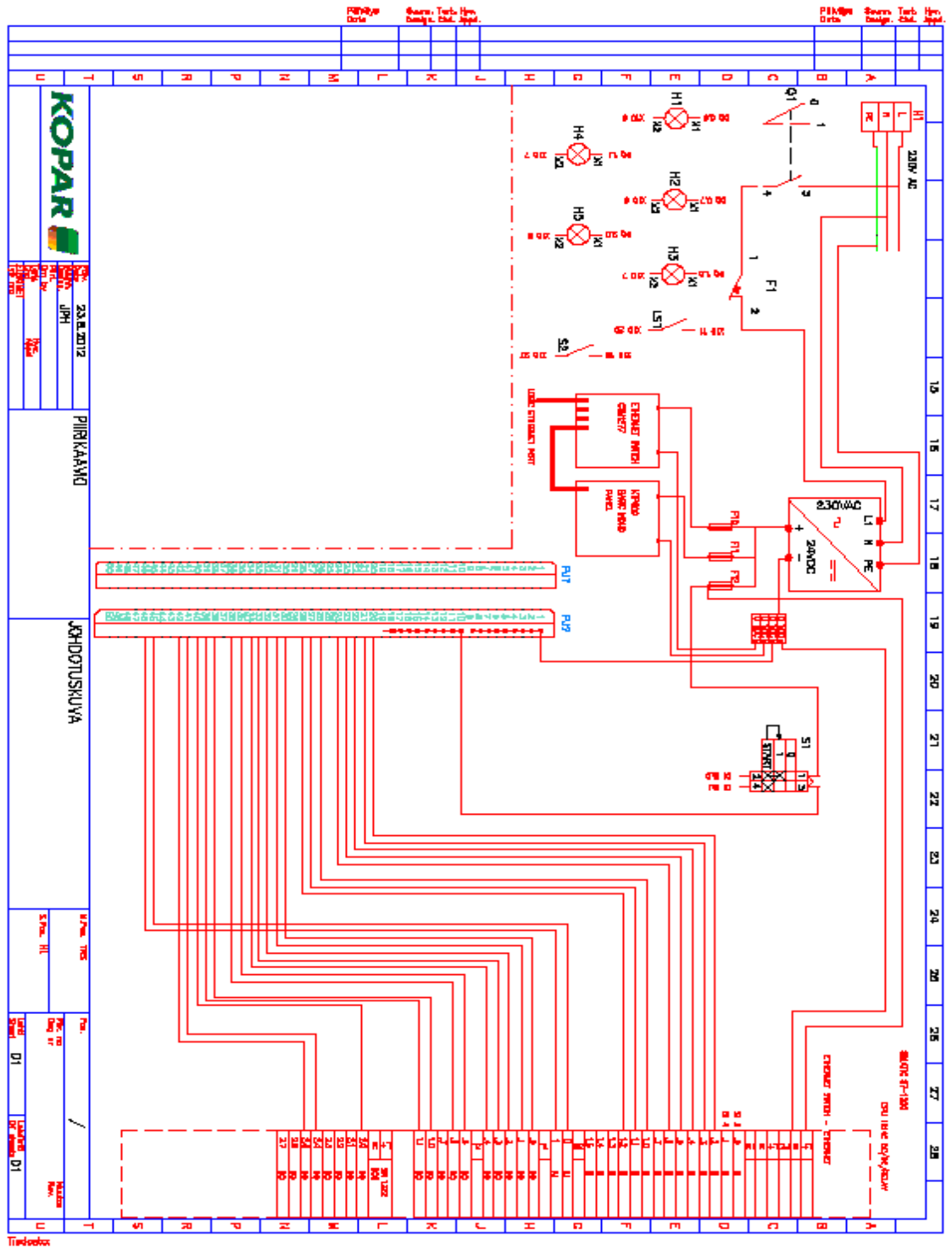
Rittal 2012. Industrial enclosures. Viitattu 1.10.2012. [www.rittal.com](http://www.rittal.com) > Products > Product portfolio > Industrial enclosures > Compact enclosures > Plastic enclosures KS > Without viewing window > 1453.500.

Woodcock C.R.; Mason J.S. 1987. Bulk solids handling: an introduction to the practice and technology. London: Blackie and son ltd.

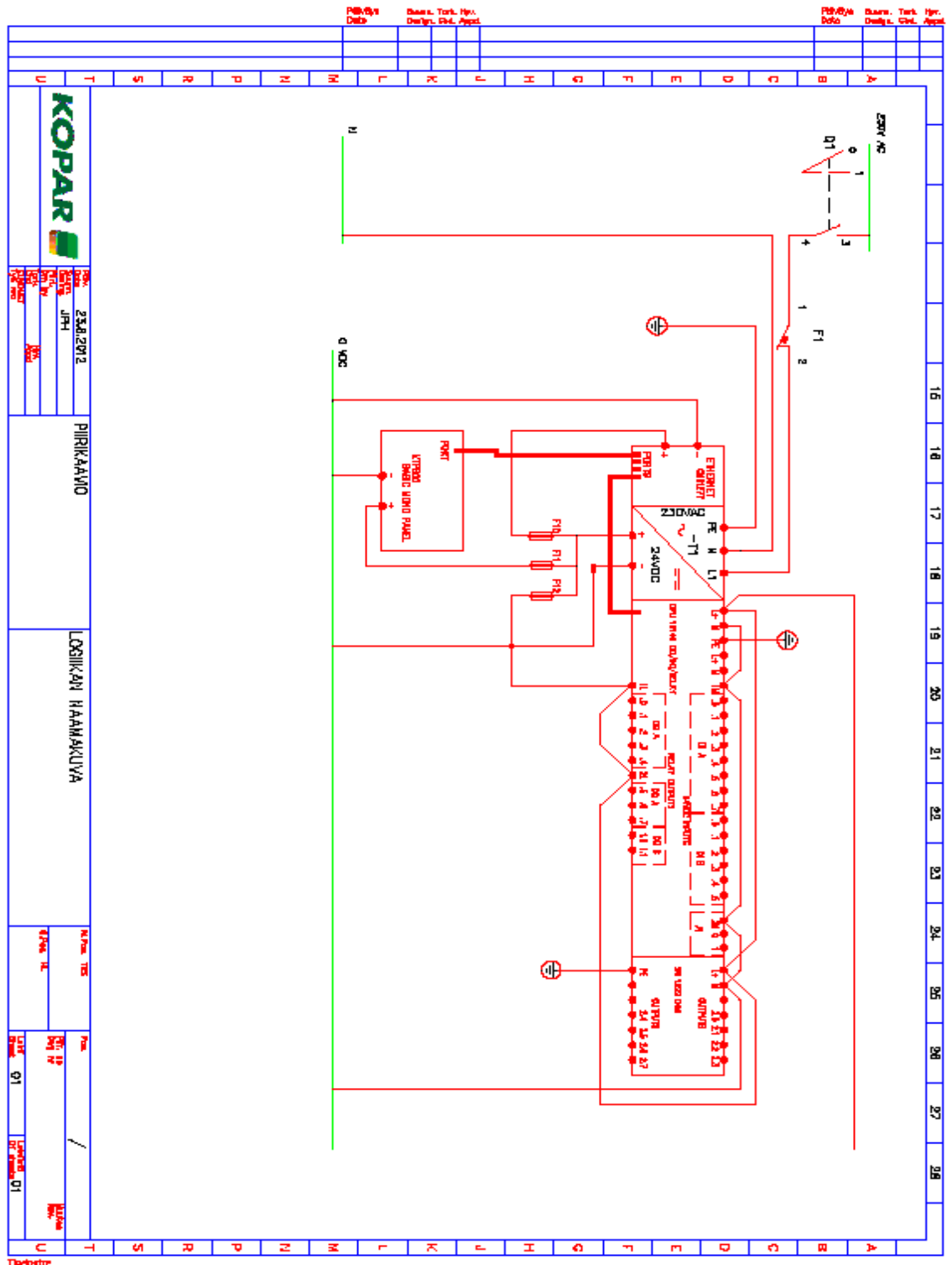
# LIITE 1. SIJOITTELUKUVA



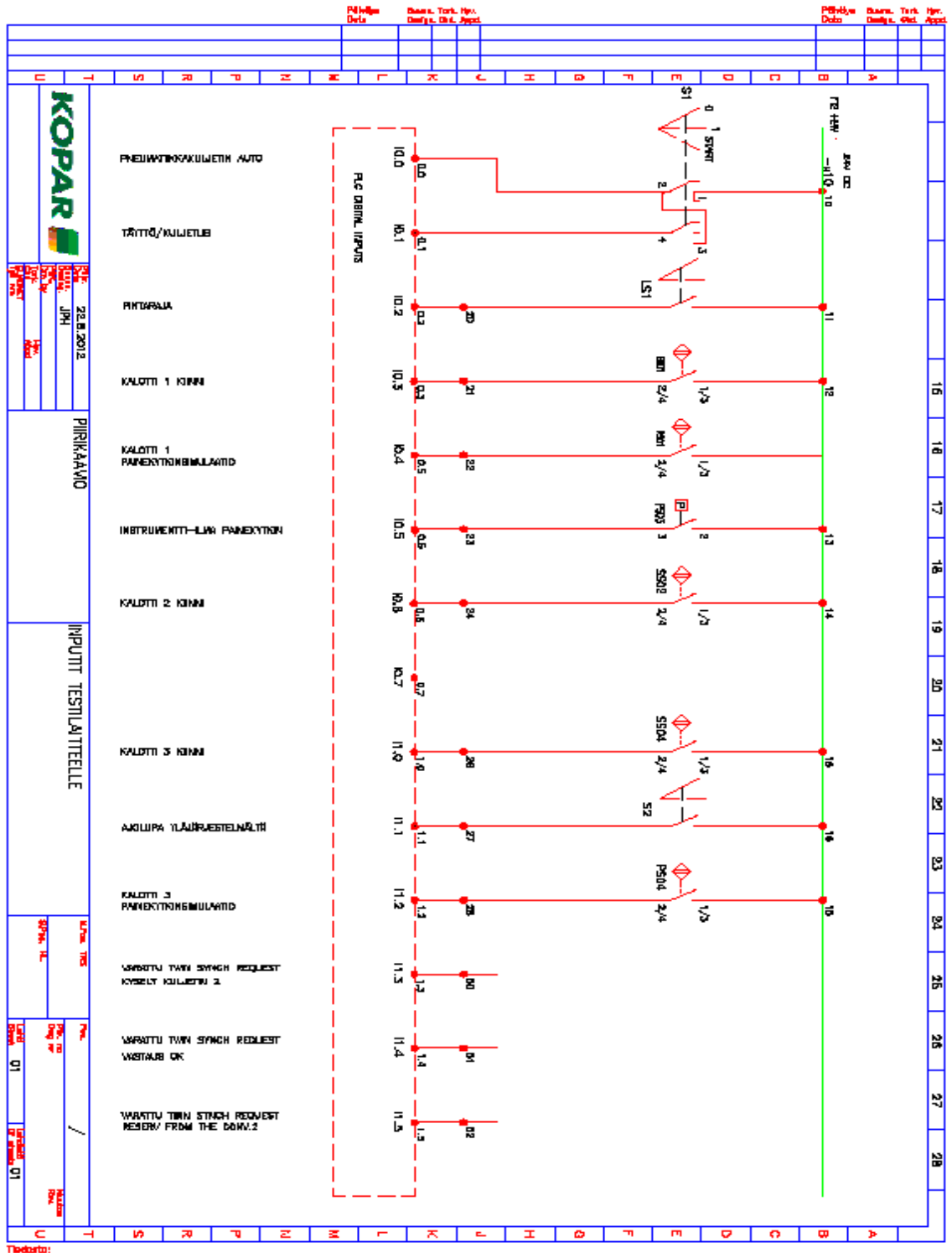
# LIITE 2. JOHDOTUKSET



# LIITE 3. LOGIIKAN KYTKENNÄT

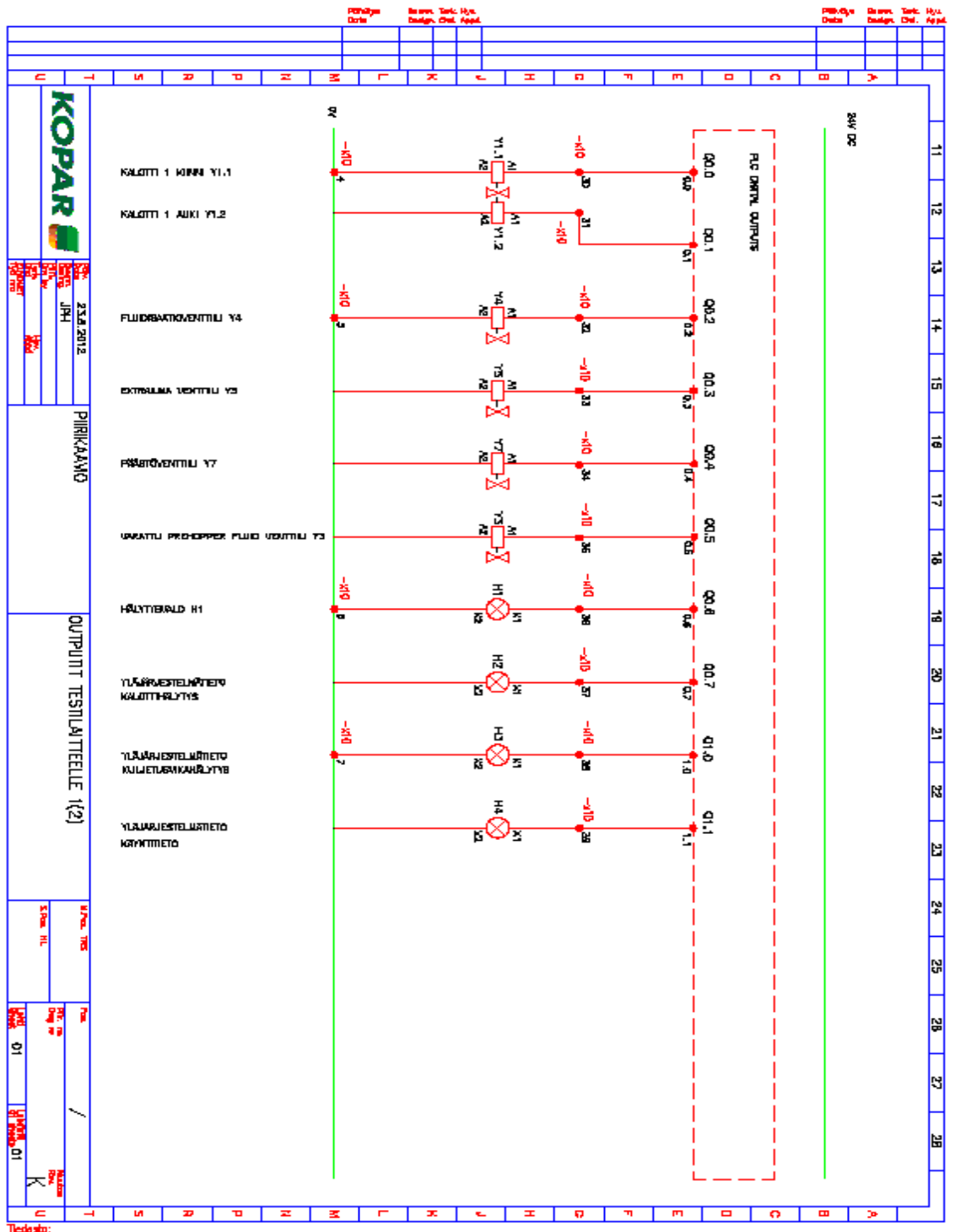


# LIITE 4. TULOIITÄNNÄT





# LIITE 6. LÄHTÖLIITÄNNÄT



# LIITE 7. LÄHTÖLIITÄNNÄT MODULI SM1222

