

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja laiteautomaatio

Tutkintotyö

Perttu Vainio

AALTOPAHVIKONEEN VASTAANOTTOLAITTEISTON MODERNISOINTI

Työn ohjaaja
Työn teettäjä

Lehtori Mika Korpinen
Stora Enso Packaging, valvojana Markku Hälinen

Tampereen Ammattikorkeakoulu

Tekniikka ja metsätalous

Konetekniikka

PERTTU VAINIO: Aaltopahvikoneen kuljetinjärjestelmän kehittäminen

Konetekniikan opinnäytetyö, 55 sivua

Hakusanat: Aaltopahvikone, vastaanottolaitteet, kuljetinjärjestelmä

TIIVISTELMÄ

Tässä tutkintotyössä on aiheena Stora Enso Packagingin Lahden tehtaassa aaltopahvikoneen vastaanottolaitteisiin liittyvien kuljettimien ja erilaisten siirtovaunujen toiminnan kehittäminen nykypäivän tekniikan tasolle. Tällä hetkellä kuljetinjärjestelmän turvallisuustaso ei välttämättä ole aivan sillä tasolla kuin voisi toivoa. Lisäksi koko kuljetinjärjestelmän toimintaa ohjaava automaatio on peräisin 80-luvun alusta. Tutkintotyön lähtökohtana on näiden järjestelmään liittyvien epäkohtien korjaaminen siten, että työntekijöiden työturvallisuus saadaan taattua ja lisäksi järjestelmän ohjaukselle suunnitellaan kokonaan uusi ohjauslaitteisto ohjelmineen.

Kuljetinjärjestelmän tehtävänä on kuljettaa aaltopahvikoneesta tulevat valmiit pahviniput koneelta niin kutsutuille varastoradoille. Järjestelmään kuuluu yhtenä osana eräänlainen kääntyvä kuljetinpöytä, jonka turvallisuutta on parannettu lisäämällä pöydän reunoihin edessä olevan esteen tunnistavat turvapuskurit. Kuljettimien ohjaus on uudistettu käyttämällä nykyaikaista ohjelmoitavaa logiikkaa ja lisäksi on suunniteltu kokonaan uusi ohjausohjelma, jolla kuljettimien toiminta on saatu toimintavarmemmaksi ja paremmaksi kuin ennen. Näillä uudistuksilla on saatu kohotettua työturvallisuutta huomattavasti, ja myös järjestelmän toimintavarmuus on parantunut. Uudistusten myötä myös laitteistoon tarvittavien varaosien löytäminen helpottuu, sillä vanhoihin ohjausjärjestelmiin saatavilla olevat varaosat vähenevät koko ajan tekniikan kehittyessä.

Tampere polytechnic

Technology and Forestry

Mechanical Engineering

PERTTU VAINIO: The development of the conveyor system

Final thesis in Mechanical Engineering, 55 pages

Keywords: Corrugator, stacker and conveyor system

ABSTRACT

The aim of this examination is to modernize the conveyor system of the corrugator's stacker. The conveyor system includes many different conveyors and so-called transfer cars. At the moment the functioning of the conveyor system is not safe enough. In addition to that, the automation of the system goes back to the early eighties. So, the main purpose of this examination is to assure the safety of the workers and to design new control system for the whole conveyor system.

The conveyor system's assignment is to convey the completed sheet boards from the stacker to the storage. The conveyor system includes some kind of turn table. The safety of this table will be increased with energy absorbing bumper. The bumpers will be attached to the both edges of the table. The control system will be modernized by using modern programmable logic control and programming a new program for logic. These innovations improve safety at working environment considerably and the conveyor system will be more reliable too. Probably it will also be easier to find spare parts to the new equipment in comparison with original equipment.

SISÄLLYLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
1 JOHDANTO	5
2 YRITYSTIETOA	5
2.1 YLEISTÄ	5
2.2 TUOTTEET	6
2.2.1 Paino- ja hienopaperit	7
2.2.2 Pakkauskartongit	8
2.2.3 Puutuotteet	9
2.3 STORA ENSO PACKAGING	10
2.4 LAHDEN TEHTAAT	10
3 AALTOPAHVI	11
3.1 HISTORIAA	11
3.2 AALTOPAHVILAJIT	12
3.3 AALTOPAHVIN OMINAISUUKSIA	14
4 AALTOPAHVIKONE	16
4.1 YLEISTÄ	16
4.2 AALTOPAHVIKONEEN ERI YKSIKÖT	17
4.2.1 Rullapukki	18
4.2.2 Rullan vaihtaja	18
4.2.3 Pinta- ja aallotuskartongin esilämmitin	19
4.2.4 Aallottaja	20
4.2.5 Ylösvetokuljetin ja silta	23
4.2.6 Esilämmittimet ja liimaussyksikkö	24
4.2.7 Arina	25
4.2.8 Tilauksenvaihto- ja pituusleikkuri	26
4.2.9 Poikkileikkuri	27
4.2.10 Vastaanottolaitteet	28
5 TEHTÄVÄN MÄÄRITTELY	30
6 TYÖN KULKU	32
6.1 KÄÄNTÖPÖYTÄ	32
6.1.1 Turvapuskurit	33
6.2 KULJETTIMIEN OHJAUS	35
6.2.1 Yleistä ohjelmitavista logiikoista	35
6.2.2 Ohjelmitavan logiikan laitteistokokonaisuus ja toimintaperiaate	37
6.2.3 Ohjelmitavan logiikan ohjelmointi	41
7 TYÖN TULOKSET	44
7.1 KÄÄNTÖPÖYTÄ	44
7.2 KULJETINJÄRJESTELMÄ	46
7.2.1 Laitteiston valinta	46
7.2.2 Ohjelmointi	47
8 TULOSTEN TARKASTELU	54
9 LÄHDELUETTELO	55
LIITTEET	56

1 JOHDANTO

Tämän tutkintotyön tarkoituksena on kehittää Stora Enso Packaging Oy:n Lahden tehtailla sijaitsevan aaltopahvikoneen vastaanottolaitteistoa. Ja vielä tarkemmin sanottuna kehitystyö kohdistuu vastaanottolaitteiden automaattiseen kuljetinjärjestelmään. Kuljetinjärjestelmän toiminta perustuu tälläkin hetkellä logiikkaohjaukseen, mutta nykyinen ohjausjärjestelmä ja siihen liittyvät logiikkaohjelmat ovat jo aikansa eläneet. Ne on hämärien muistikuvien mukaan saatettu nykyiseen tilaansa jo 80-luvun alkupuolella. Kuluneen 20 vuoden aikana kehitys on ehtinyt harpata jo valtavan askeleen eteenpäin. Jo pelkkä varaosien hankinta ja taitotiedon puute vanhasta tekniikasta saattaa aiheuttaa ongelmia lähivuosina näinkin nopeasti kehittyvällä tekniikan saralla.

Tarkoituksenani on siis saattaa tämä kuljetusjärjestelmä toimimaan vähintään yhtä hyvin kuin tälläkin hetkellä, mutta uudemmilla ja kehittyneemmillä laitteilla sekä ohjelmilla. Tämän lisäksi pyrin lisäämään myös laitteiden käyttöturvallisuutta, joka tällä hetkellä ei ehkä edusta parasta mahdollista tasoa. Olen keskustellut asian yhteydessä myös koneen käyttömiehistön kanssa mahdollisista parannustoiveista ja -ehdotuksista. He käyttävät konetta päivittäin, joten mielestäni he jos ketkä tietävät, miten laitteiden pitää toimia ja mitä vaatimuksia niille asetetaan. Heiltä sainkin hyviä ja rakentavia kannanottoja parannusten suhteen.

2 YRITYSTIETOA

2.1 Yleistä

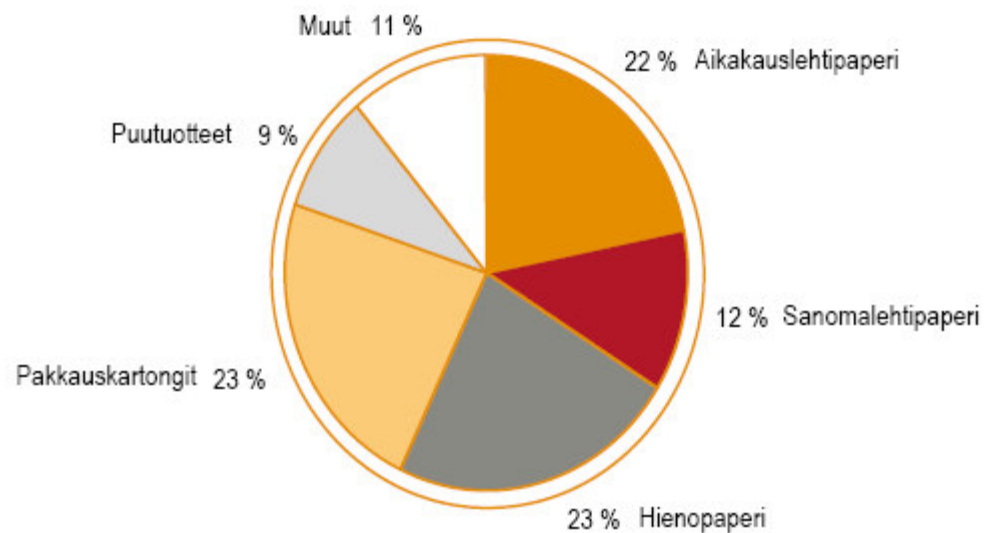
Stora Enso on yksi maailman suurimmista metsäteollisuusyhtiöistä. Se työllistää noin 44 000 henkilöä ympäri maailmaa. Konsernin liiketoiminta on jakautunut jopa yli 40 maahan viidellä eri mantereella, ja sen osakkeet noteerataan Helsingin, New Yorkin ja Tukholman arvopaperipörsseissä.

Stora Enson asiakaspiiri muodostuu pääasiallisesti yrityksistä. Konsernilla on maailmanlaajuinen myynti- ja markkinointiverkosto, mikä mahdollistaa paikallisesti toimivan asiakaspalvelun riippumatta siitä, missä päin maailmaa ollaan. Asiakaspiiriin kuuluu sekä suuria että pieniä kustantamoja, painotaloja ja tukkureita sekä pakkaus-, puusepän- ja rakennusteollisuuden yrityksiä kaikkialta maailmasta. Päämarkkina-alueita ovat Eurooppa, Pohjois-Amerikka ja Aasia.

2.2 Tuotteet

Stora Enson tuotteet voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri pääluokkaan:

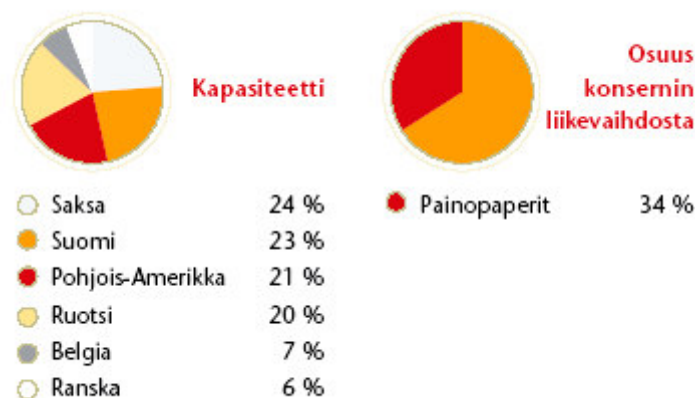
- paino- ja hienopaperit
- pakkauskartongit
- puutuotteet.



Kuva 2.1 Stora Enson tuoteryhmien jakautuminen prosentuaalisesti (Intranet, Stora Enso packaging Oy)

2.2.1 Paino- ja hienopaperit

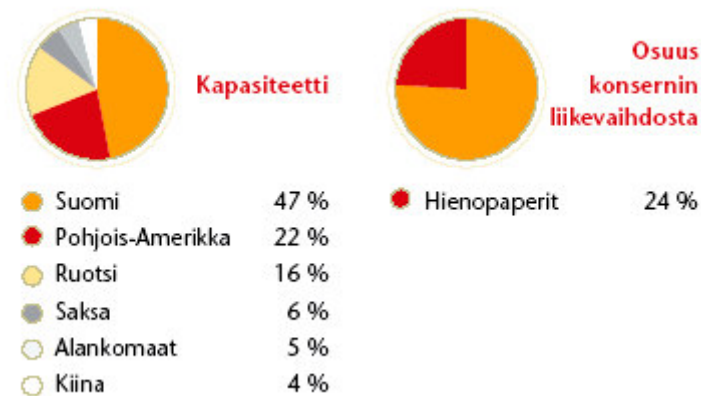
Painopaperituotteisiin voidaan sisällyttää päällystämättömät superkalanteroidut paperit (SC), päällystämättömät koneviimeistellyt paperit (MF), kevyet päällystetyt paperit (LWC), keskiraskaat päällystetyt paperit (MWC), raskaat päällystetyt paperit (HWC), konepäällystetyt paperit (MFC) sekä näiden laatujen lisäksi vielä tapettipaperit, standardisanomalehtipaperi ja erikoislaadut kuten erikoissanomalehti-, luettelo- ja kirjapaperi. Yleisimpiä painopaperituotteiden käyttökohteita ovat aikakauslehdet, mainospainotuotteet, puhelinluettelot, kovakantiset kirjat sekä taskukirjat. Pääasiallisia asiakkaita ovat siis painotalot ja kustantamot. Esimerkiksi aikakauslehtipaperin valmistajana Stora Enso on maailman toiseksi suurin ja sanomalehtipaperin tuottajana maailman neljänneksi suurin.



Kuva 2.2 Painopaperin kapasiteetti maittain sekä sen osuus konsernin liikevaihdosta (Stora Enson vuosikertomus 2003)

Hienopaperituotteisiin lukeutuvat graafiset paperit (päällystetyt hienopaperit), toimistopaperit (päällystämättömät hienopaperit) ja erikoispaperit (tekniset, etiketti- ja joustopakkauspaperit). Hienopaperituotteita käytetään pääasiallisesti asiakirjojen tulostamiseen, kaupallisiin painotuotteisiin, korkealaatuisiin painotuotteisiin, etiketteihin sekä tuotteiden suojaamiseen, kuljetukseen ja

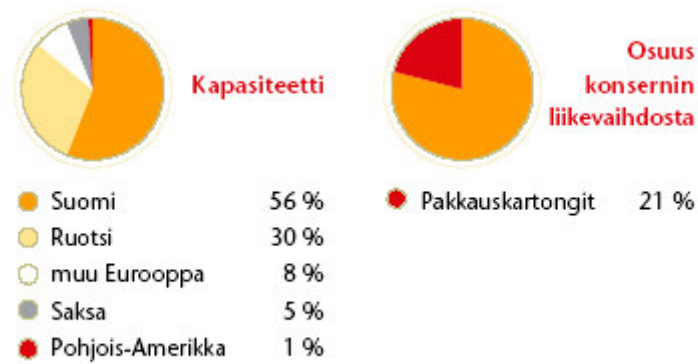
tunnistamiseen. Graafisten papereiden valmistajana Stora Enso on maailman kolmanneksi suurin ja toimistopaperin valmistajana maailman kuudenneksi suurin. Tämän lisäksi Stora Enso on maailman suurin erikoispapereiden valmistaja.



Kuva 2.3 Hienopaperin kapasiteetti maittain sekä sen osuus konsernin liikevaihdosta (Stora Enson vuosikertomus 2003)

2.2.2 Pakkauskartongit

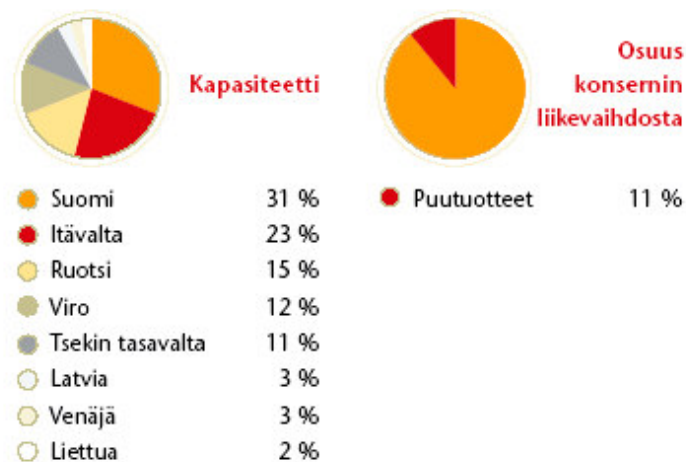
Pakkauskartonkituotteisiin luetaan neste- ja elintarvikepakkauskartongit, kuppikartongit, taivekartongit, aaltopahvi, aaltopahvipakkaukset, hylsykartongit ja hylsytyt sekä laminaattipaperit. Kuluttajapakkauskartonkien valmistajana Stora Enso on yksi maailman suurimmista. Pakkauskartongin jatkojalostajana toimivat hylsytehtaat Alankomaissa, Espanjassa, Iso-Britanniassa, Kanadassa, Kiinassa, Ruotsissa, Saksassa, Suomessa ja Yhdysvalloissa sekä aaltopahvitehtaat Latviassa, Liettuassa, Ruotsissa, Suomessa, Unkarissa, Venäjällä ja Virossa.



Kuva 2.4 Pakkauskartongin kapasiteetti maittain sekä sen osuus liikevaihdosta (Stora Enson vuosikertomus 2003)

2.2.3 Puutuotteet

Esimerkkinä Stora Enson valmistamista puutuotteista voidaan mainita sahatut ja jatkojalostetut puutuotteet rakennus- ja puusepänteollisuuden sekä puutavarakaupan tarpeisiin. Havusahatavaran valmistajana Stora Enso on maailman toiseksi suurin.



Kuva 2.5 Puutuotteiden kapasiteetti maittain sekä niiden osuus liikevaihdosta (Stora Enson vuosikertomus 2003)

2.3 Stora Enso Packaging

Stora Enso Packaging on yksi osa suurta Stora Enso –konsernia, ja sen toimialueeseen kuuluu aaltopahvipakkausten valmistaminen. Sen voidaan sanoa olevan kansainvälinen täyden palvelun aaltopahvipakkausten toimittaja Itämeren alueella, Venäjällä sekä Unkarissa. Nimittäin hyvin usein pakkauksen suunnittelun ja valmistuksen lisäksi Stora Enso Packaging toimittaa asiakkaalle myös pakkausjärjestelmiä. Suomessa Stora Enso Packagingin tehtaot sijaitsevat Heinolassa, Ruovedellä sekä Lahdessa. Näissä tehtaissa valmistetaan flexo-, offset- ja silkkipainettuja aaltopahvipakkauksia, myymälätelineitä sekä kampanjapakkauksia.

2.4 Lahden tehtaot

Kaikki sai alkunsa Lahdessa vuonna 1887, kun pieneen Lahden kylään perustettiin Tornatorin lankarullatehdas. 1930-luvun alussa Tornator siirtyi silloisen Enso-Gutzeitin omistukseen. Tässä vaiheessa rullatuotanto sai loppua, ja tilalle tulivat puusepäntehtas ja paperijalostamo. Vuonna 1963 aaltopahviteollisuus siirtyi Helsingistä Lahteen. Siitä lähtien Lahdesta on toimitettu aaltopahvipakkauksia ympäri maailman. Nimikin on vaihtunut sen ajan Enso-Gutzeitista erilaisten yhdistymisten kautta ensin Pakensoksi vuonna 1994, ja ruotsalaisen Storan ja Enson yhdistymisen myötä vuonna 2000 nimeksi tuli nykyinen Stora Enso Packaging Oy.

Lahdesta löytyy samalta tontilta kaksi erillistä aaltopahvitehdasta (AP1 ja AP2). Näiden lisäksi myös Stora Enso Packagingin pääkonttori sijaitsee Lahdessa. Lahden tehtailla aaltopahvia valmistetaan molemmissa tehtaissa kahdessa vuorossa viitenä päivänä viikossa. Niistä kummastakin löytyy siis oma aaltopahvikoneensa. Lisäksi molemmissa tehtaissa on useampia aaltopahvin jatkojalostuskoneita, joilla tuotantoa syntyy joko kahdessa tai kolmessa vuorossa.

AP1-tehtaalla valmistetaan stanssattuja moniväripainettuja aaltopahvipakkauksia. Sen tuotteet menevät pääasiallisesti elintarviketeollisuuden käyttöön. Tyypillinen asiakas on esimerkiksi meijeri-, makeis- tai juomateollisuuden sektorilta tai vaikkapa puutarha-alalta. AP1-tehtaalla valmistetut aaltopahvipakkaukset ovat melko kevytrakenteisia, kun verrataan niitä vaikkapa AP2-tehtaan valmistamiin pakkauksiin. AP2:lla valmistetaan perinteisiä aaltopahvisia kuljetuslaatikoita, joilta vaaditaan melko hurjia kestävyyskäsitä. Tämän lisäksi AP2:n tuotevalikoimaan kuuluvat myös suuret aaltopahviset konttiratkaisut.

3 AALTOPAHVI

3.1 Historiaa

Ensimmäinen aallon muotoista paperimateriaalia koskeva patentti kirjattiin Englannissa jo vuonna 1856. Silloin sitä käytettiin hattujen hikinauhana. Pakkaamistarkoitukseen käytetty aallotettu paperi patentoitiin ensimmäisen kerran Amerikassa vuonna 1871. Siihen aikaan sitä käytettiin pullojen välipehmikkeenä sekä kääreenä. Muutamaa vuotta myöhemmin patentoitiin mullistava tuote, jossa aallotettu paperi oli liimattu kiinni suorana olevaan paperiin. Tämäkin patentti tehtiin Amerikassa vuonna 1874. Itse aaltopahvilaatikoiden valmistus alkoi vasta 20 vuotta tämän jälkeen eli vuonna 1894 ja missäpä muualla kuin Yhdysvalloissa. Vuosisatojen vaihteen paikkeilla myös Euroopassa alettiin kehittää ja valmistaa aaltopahvin valmistamiseen tarvittavia koneita ja laitteita. Tässä vaiheessa valmistus keskittyi lähinnä Englantiin, Saksaan, Ranskaan ja Italiaan. Muutaman vuoden kuluessa aaltopahvia kuitenkin alettiin valmistaa jo muissakin Euroopan maissa. Suomessa sen valmistaminen käynnistyi vuonna 1911. Tästä huolimatta aaltopahvin valmistus ja jalostus koki huomattavaa kehitystä vasta 1. maailmansodan jälkeen.

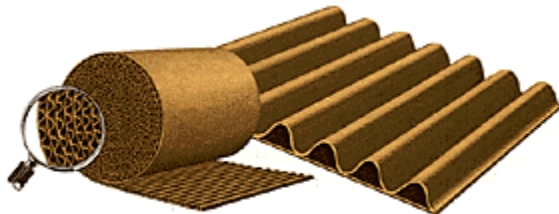
3.2 Aaltopahvilajit

Aaltopahvi muodostuu kolmesta eri kartongista. Kartongeista kaksi on tasomaisesti suorana, ja niiden välissä on kolmas kartonki, joka on taivutettu aaltomaiseksi. Nämä kolme kartonkia ovat kiinni toisissaan liimalla. Liimaus tapahtuu aaltomaiseksi taivutetun kartongin aallon harjakohdissa, joissa se on kosketuksissa suorana oleviin pintakartonkeihin. Tällä rakenteella saavutetaan jäykkä ja paksuuteensa nähden melko kevyt pakkausmateriaali. Valmiin pakkauksen suojausominaisuus riippuu pitkälti materiaaleina käytettyjen kartonkien ominaisuuksista.

Aallotuskartongin tehtävänä tässä kokonaisuudessa on liittää pintakartongit toisiinsa ja pitää ne tietyllä etäisyydellä toisistaan. Pintakartonkien tehtävänä puolestaan on pitää aaltopahvi koossa. Aaltopahvin paksuus riippuu pääasiassa aallotuskartongin aallon korkeudesta. Aaltotyyppejä löytyy useita erilaisia. Lisäksi eri aallonkorkeudella valmistettuja aaltopahveja voidaan yhdistää toisiin päällekkäin. Aaltopahvin perustyyppejä on olemassa neljä erilaista:

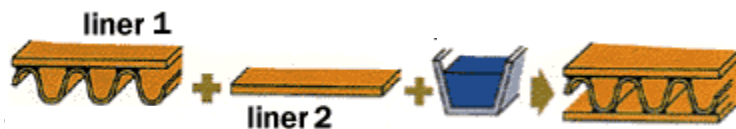
- yksiaaltoinen aaltopahvi
- kaksipuolinen yksiaaltoinen aaltopahvi
- kaksipuolinen kaksiaaltoinen aaltopahvi
- kaksipuolinen kolmiaaltoinen aaltopahvi.

Yksiaaltoinen aaltopahvi muodostuu yhdestä pintakartongista ja aallotuskartongista. Ne liimataan yhteen aallonharjojen kohdalta.



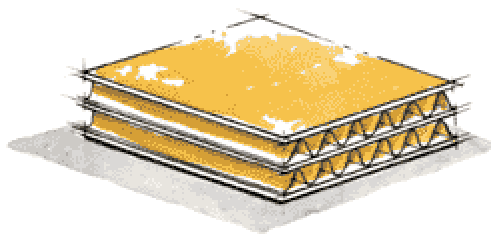
Kuva 3.1 Yksiaaltoisen aaltopahvin rakenne (www.fefco.org)

Kaksipuolinen yksiaaltainen aaltopahvi on yleisimmin käytetty aaltopahvin rakenne. Se koostuu kahdesta pintakartongista ja niiden väliin liimatusta aallotuskartongista.



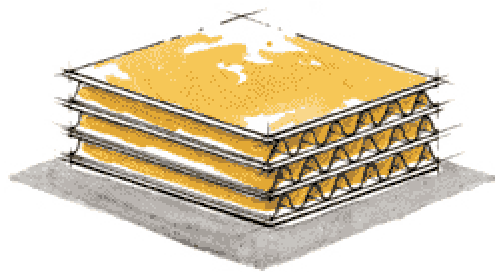
Kuva 3.2 Kaksipuolisen yksiaaltoisen aaltopahvin rakenne (www.fefco.org)

Kaksipuolisen kaksiaaltoisen aaltopahvin rakenne koostuu viidestä eri kartongista. Molemmiin puolin pinnassa on suora pintakartonki ja niiden välissä on kaksi eri aallotuskartonkia. Aallotuskartonkien välissä on vielä yksi suorana oleva kartonki.



Kuva 3.3 Kaksipuolinen kaksiaaltainen aaltopahvi
(<http://cpc.corrugated.org/Basics/BasicAllAbout.aspx>)

Kaksipuolinen kolmiaaltainen aaltopahvi muodostuu peräti seitsemästä eri kartongista. Molemmiin puolin ovat suorat pintakartongit, kuten kaksipuolisessa kaksiaaltoisessa aaltopahvissakin. Välissä on kuitenkin kolme erillistä aallotuskartonkia, ja niitä erottamassa vielä kaksi suoraa kartonkia. Tämä aaltopahvityyppi on melko harvinainen, mutta tällä rakenteella saavutetaan jo erinomainen lujuus aaltopahville.



Kuva 3.4 Kaksipuolinen kolmiaaltainen aaltopahvi

(<http://cpc.corrugated.org>)

3.3 Aaltopahvin ominaisuuksia

Aaltopahvi on maailman käytetyin pakkausmateriaali. Sitä voidaan käyttää mitä erilaisimmissa pakkauskohteissa, ja lisäksi se on puhdasta ja kevyttä. Oikein suunnittelulla aaltopahvipakkauksella saavutetaan hyvät suojaamisominaisuudet, joten se soveltuu hyvin pakkaukseksi herkillekin tuotteille. Kertakäyttöisenä aaltopahvipakkauksen hygieenisuus on erittäin korkealla tasolla. Usein ei tule ajateltuakaan, että aaltopahvilla on myös hyvä eristyskyky. Sen rakenteen sisällähän on suljetussa tilassa runsaasti ilmaa, joka toimii erinomaisena eristeenä lämpöä ja kylmyyttä vastaan. Aaltopahvin varastointi tai kuljetuskaan ei tuota ongelmia, sillä pakkaukset varastoidaan ja toimitetaan litteinä eli kasaamattomina laatikoina. Aaltopahvipakkauksia on myös helppo käsitellä käsin tai automaattisilla täyttö- ja pakkauskoneilla, sillä ne kestävät avaamisen ja sulkemisen useampaankin kertaan. Tänä päivänä ei sovi myöskään unohtaa pakkauksen kierrätyskelpoisuutta. Aaltopahvipakkaus on palautettavissa kuitukiertoon useaan kertaan, sillä kuitujen uudelleenkäyttö on mahdollista jopa 4-5 kertaa.

Jos aaltopahvipakkauksen huonoja puolia tarkastellaan, niin suurin ongelma on lujuusominaisuuksien selkeä heikkeneminen, kun pakkaus joutuu kosketuksiin veden kanssa tai jos ilman suhteellinen kosteus suuresti kasvaa. Mutta tähänkin ongelmaan on kehitelty erilaisia apukeinoja. Kartongit voidaan esimerkiksi käsitellä vahalla, joka lisää pakkauksen kosteuden kestävyttä huomattavasti.

Yleisesti ottaen aaltopahvipakkaus on erinomainen vaihtoehto esimerkiksi muovi- tai metallipakkauksille.

Aaltopahvipakkaus on meille tavallisille kuluttajille erittäin tuttu tuote. Tähän päivään mennessä aaltopahvipakkaus on kehittynyt tasolle, jossa sitä voidaan käyttää melkein mitä tahansa tuotteen pakkaamiseen. Sen ominaisuudet suojaavat erittäin hyvin tuotetta varastoinnin ja kuljetuksen aikana. Aaltopahviin voidaan siis nykyään pakata lähes mitä tahansa. Ainoana poikkeuksena voidaan pitää joitakin erittäin raskaita ja suuria metalliteollisuuden tuotteita. Jopa nesteitä voidaan kuljettaa ja varastoida aaltopahviin pakattuna.

Painatusmahdollisuuden ansiosta aaltopahvipakkaus on helppo ja nopea käsitellä, sillä tuotteen ja valmistajan tiedot saadaan näkyviin pakkausta avaamatta. Painatus mahdollistaa myös näyttävän ja houkuttelevan pakkauksen valmistamisen. Kuluttajista varmasti suurin osa kuitenkin valitsee viime kädessä pakkauksen, joka miellyttää silmää väriensä tai jonkin muun ominaisuuden ansiosta.

Myös aaltopahvipakkauksen rakenteen helppo muokkaaminen antaa sen käyttömahdollisuuksille aivan uusia ulottuvuuksia. Aaltopahvipakkaukseen voidaan käyttää esimerkiksi erilaisia vahviketeippejä, joilla saadaan pakkaukseen tehtyä kestäviä kantokahvoja, ja lisäksi pakkauksen toimivuutta voidaan muokata erilaisilla rakenneratkaisuilla. Lisäksi kotiloissa aaltopahvipakkauksilla saadaan helposti pidettyä erilaiset tuotteet ja tavarat selkeässä järjestyksessä. Näin saadaan kätevästi säästettyä tilaa varastoissa ja komeroissa.

On syytä muistaa, että mitä suurempia vaatimuksia asetamme pakkaukselle, sitä vaikeammaksi sen suunnitteleminen tulee. Voidaankin sanoa, että jokainen aaltopahvipakkaus on nykyään suunniteltu ja valmistettu räätälintyönä tarkasti asiakkaan toiveiden ja tarpeiden mukaan. Tänä päivänä aaltopahvi on maailman eniten käytetty pakkausmateriaali. Sen kokonaiskäyttö on noin 60 miljoonaa tonnia vuodessa.

4 AALTOPAHVIKONE

4.1 Yleistä

Aaltopahvikonetta voidaan kutsua tuotantolinjaksi, joka tekee erilaisista kartongeista ja liimasta jalostusvalmiita aaltopahviarkkeja. Olemassaolonsa aikana aaltopahvikoneen rakenne on pysynyt jokseenkin samanlaisena, mutta koneiden koko ja suorituskyky on kasvanut rajusti viimeisten vuosikymmenten aikana. Tästä suuri kiitos kuuluu varmasti kehittyneelle ja lisääntyneelle automaatiolle, joka on mahdollistanut koneiden helpomman ja nopeamman toiminnan. Aaltopahvikone voidaan karkeasti jakaa kahteen eri osaan: *märkä pää* ja *kuiva pää*. Näihin kahteen osaan voidaan sisällyttää useita työvaiheita ja koneen osia, mutta tarkastellaan niitä lisää hieman myöhemmässä vaiheessa.

Nykypäivän kehittyneillä aaltopahvikoneilla on pituutta jopa yli 100 metriä. Toisaalta taas aaltopahvikoneen leveys on usein uusissakin koneissa 2,5 metriä, kuten se on ollut viimeiset 30 vuotta. Toki on valmistettu leveämpiäkin koneita, mutta se on vielä tänä päivänä melko harvinaista. Uusilla aaltopahvikoneilla saavutetaan erittäin suuria valmistusnopeuksia. Monilla koneilla saavutetaan valmiin aaltopahviradan valmistusnopeudeksi jopa 300–400 m/min. Tehokkaasti toimiessaan nykyaikainen aaltopahvikone pystyy valmistamaan arkit miljoonaa keskikokoista pahvilaatikkoa varten yhden vuorokauden aikana. Tämä on huima määrä, mutta valitettavasti se ei kuitenkaan läheskään aina toteudu käytännössä erilaisten seisokkien ja ongelmien takia. Aaltopahvikoneita valmistetaan sekä vasen- että oikeakätisenä, eli niillä ajaminen tapahtuu eri suuntiin. Esimerkiksi Lahden tehtailla olevat kaksi aaltopahvikonetta ovat erikätisiä.

Aaltopahvikoneen toiminnan voidaan kokonaisuudessaan ymmärtää muodostavan yhden suuren prosessin, mutta todellisuudessa koneen toiminta muodostuu useammasta erillisestä työvaiheesta. Aaltopahvikoneen eri yksiköt ovat tavallaan jokainen itsenäisiä koneita, joten niitä voidaan uusia ja modernisoida tarpeen mukaan vaikkapa yksi kerrallaan. Tästä syystä onkin mahdollista, että jokainen kone saattaa olla eri valmistajan valmistama.

4.2 Aaltopahvikoneen eri yksiköt

Aaltopahvikoneen alkupäätä kutsutaan *märäksi pääksi* ja loppupäätä *kuivaksi pääksi*. Nämä nimitykset juontavat juurensa paperi- ja kartonkikoneiden vastaavista nimityksistä. Aaltopahvikoneella tämä alkupään märkyys voidaan yhdistää siellä käytettyyn vesiperustaiseen liimaan sekä kartonkien kostutukseen käytettyyn kuumaan vesihöyryyn. Koneen loppupään kuivuus taas voidaan selittää sillä, että aaltopahvi kuivataan koneen kuumalla arinalla, ja lopuksi kuiva aaltopahvi leikataan kuivassa päässä vielä oikeanmittaisiksi arkeiksi.

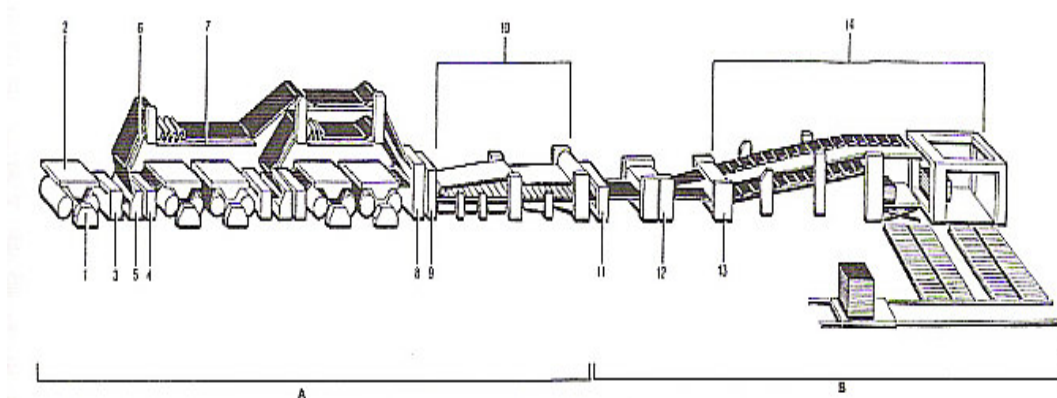
Aaltopahvikone voidaan jakaa kuvan 4.1 mukaisesti erillisiin osiin:

Märkä pää (A)

1. Rullapukki
2. Rullan vaihtaja
3. Pintakartongin esilämmitin
4. Aallotuskartongin esilämmitin
5. Aallottaja
6. Ylösvetokuljetin
7. Silta
8. Esilämmittimet
9. Liimausyksikkö
10. Arina

Kuiva pää (B)

11. Tilauksenvaihtoleikkuri
12. Pituusleikkuri
13. Poikkileikkuri
14. Vastaanottolaitteet



kuva 4.1 Aaltopahvikoneen jaottelu eri osiin (Aaltopahvin valmistus ja jalostus)

4.2.1 Rullapukki

Koko aaltopahvin valmistusprosessin voidaan ajatella alkavan rullapukista, josta kartonki saadaan kätevästi purettua rullalta. Sekä pinta- että aallotuskartongin purkamiseen tarvitaan omat rullapukkinsa, joten prosessin alkuun saamiseksi vaaditaan kaksi rullapukkia jokaiselle aallottajyksikölle; niinpä rullapukkien määrä riippuu aallottajien määrästä koneella. Pintakartongin rullapukki sijaitsee aallotusyksikön toisella puolella ja aallotuskartongin pukki luonnollisesti toisella puolella. Rullapukin voidaan kuvitella olevan tavallaan teline, johon saadaan sijoitettua kaksi kartonkirullaa yhtä aikaa. Samaan aikaan kun toista rullaa puretaan koneen käyttöön, niin toista rullaa valmistellaan valmiiksi rullan vaihtoa varten. Nykyisissä rullapukeissa kartonkirullaa kannatellaan molemmista päistä metallikartiolla. Kartio on laakeroitu nostovarten. Metallikartion akselin päässä on jarru, jolla purkautuvan kartongin kireyttä voidaan säädellä lisäämällä tai vähentämällä jarrun tehoa. Kartongin oikealla kireydellä on suuri merkitys valmistusprosessin onnistumiselle toivotulla tavalla. Rullapukin nostovarsia saadaan liikuteltua ylös ja alas sekä lisäksi vielä sivuttaissuunnassa. Varsien avulla kartonkirulla saadaan nostettua ylös lattialta, ja sivuttaissiirrolla saadaan aikaan oikea puristusvoima kartioiden ja rullan välille. Lisäksi sivuttaissiirrolla saadaan asemoitua rulla oikealle kohdalle aallotusyksikköön nähden. Rullapukit ovat usein niin kutsuttuja kiinteitä malleja, mutta on valmistettu myös pyörillä liikkuvia malleja. Näillä liikkuvilla rullapukeilla voidaan rulla noutaa suoraan käytävältä koneen vierestä. Tällainen liikkuva rullapukkimalli on käytössä myös Lahdessa AP2 -tehtaalla.

4.2.2 Rullan vaihtaja

Rullapukilta purkautuva kartonki johdetaan rullan vaihtajaan, jossa suoritetaan loppuvan rullan vaihto vieressä olevaan täyteen rullaan. Aikaisemmin rullan vaihto suoritettiin täysin käsityönä, joka toimenpiteenä vaati koko koneen nopeuden pudottamista aivan ryömintänopeudelle. Tämä koneen nopeuden pudotus aiheutti joka kerta suuren määrän hylkyä, ja lisäksi siihen tuhrautui

rutkasti tehokasta työaikaa. Niinpä oli alettava kehittää automaattisia rullan vaihtajia.

Nykyaikaisilla vaihtajilla rullan vaihto tapahtuu täysin automaattisesti koneen täydessä nopeudessa. Tämän ansiosta hylkyä syntyy ainoastaan yksi arkki, eli se kohta, jossa liitoksessa käytetty liitosteippi sijaitsee. Tässä kohtaa on kuitenkin syytä mainita, että monissa tehtaissa on vielä käytössä hieman vanhempia vaihtajia, joilla koneen nopeutta on hieman pudotettava liitoksen teon ajaksi. Nykypäivän automaation ansiosta rulla pystytään purkamaan aivan loppuun asti, joten siinäkin kohdin turha hylky saadaan aivan minimiin.

Itse liitoksessa käytetään siis kaksipuoleista teippiä, joka kiinnitetään etukäteen valmisteltavaan täyteen kartonkirataan. Valmiiksi valmisteltu kartonkiradan pää viedään vaihtoasentoon aivan lähelle loppuvaa rataa, jotta tuleva vaihto saadaan suoritettua mahdollisimman nopeasti. Nykyisillä vaihtajilla vaihto onnistuu jopa 400 m/min nopeudella. Kartonkiradan kireyttä pystytään vaihdon aikana säätelemään erilaisten paineilmakäyttöisten periksi antavien telojen sekä rullapukin jarrun avulla. Kun raskas täysi kartonkirulla lähtee pyörimään, on erittäin oleellista, että radan kireyttä saadaan säädeltyä tarpeen mukaan.

4.2.3 Pinta- ja aallotuskartongin esilämmitin

Rullan vaihtajalta kartonkirata ohjataan erilaisten telojen kautta esilämmittimeen. Käytännössä kaikki kartongit esilämmitetään ennen niiden käyttöä itse prosessissa. Esilämmitin on rakenteeltaan melko yksinkertainen yksikkö. Esilämmitin tavallaan halkaisijaltaan suurikokoinen tela, jonka sisään johdetaan kuumaa vesihöyryä. Esilämmitysrumpu on myös eräänlainen paineastia, sillä sen sisällä on suuri höyrynpaine. Lisäksi suurin osa esilämmitinrummuista on pyöriviä.

Esilämmitysrummun kehän ympärillä on liikuteltavia teloja, joilla kartonkiradan ja esilämmitysrummun kosketuspintaa saadaan muuteltua. Näitä teloja kutsutaan arkikielessä taittoteloksi. Näiden taittotelojen avulla saadaan lisättyä tai

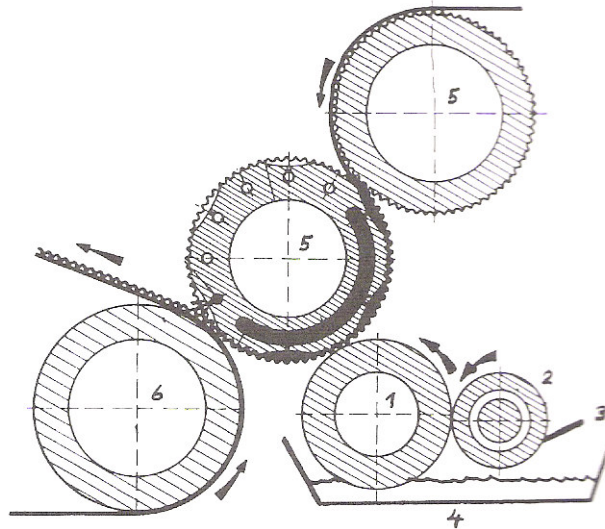
vähennettyä kartongin esilämmitystä tarpeen mukaan. Nykyaikaisissa esilämmittimissä tämä taittotojen säätö tapahtuu automaattisesti koneen nopeuden muuttuessa. Koneiden ajonopeuksien jatkuvasti kasvaessa esilämmityksen tarve on myös kasvanut, joten joissakin koneissa esilämmitysrumpuja on asennettu kaksi päällekkäin tai vaihtoehtoisesti yksittäisen rummun halkaisijaa on suurennettu. Sekä pinta- että aallotuskartongin esilämmittimet ovat toimintaperiaatteiltaan samanlaisia, mutta rumpujen halkaisijoissa saattaa olla eroavuuksia.

4.2.4 Aallottaja

Aallottajan voidaan sanoa olevan koko aaltopahvikoneen sydän. Nimensä mukaisesti aallottajalla tehdään aaltopahviin sen tunnusomainen aaltorakenne. Aallottaminen tapahtuu aallotusteloilla, joita jokaisessa aallottajassa on aina kaksi kappaletta. Aallotustelojen pinta on rakenteeltaan aaltomainen ja telat on sijoitettu aallottajalla päällekkäin lähelle toisiaan siten, että niiden välille saadaan muodostettua aallottamiseen tarvittava välys. Kartonkirata ohjataan näiden kahden telan välistä, jolloin siihen saadaan syntymään haluttu aaltomainen muoto. Aallottajaan kuuluu omana osanaan myös erillinen liimalaitteisto, jonka kautta aallotuskartonki kulkee aallottamisen jälkeen. Liimalaitteistossa on liimatela, jonka avulla liima saadaan levitettyä tasaisesti aallon harjoille läpi radan. Välittömästi liimaamisen tapahduttua pinta- ja aallotuskartonki kohtaavat. Tämän jälkeen kuvioihin astuu vielä kolmas tela, jota kutsutaan puristustelaksi. Puristustela nimensä mukaisesti puristaa kartongit yhteen ja tässä vaiheessa lopullisesti syntyy aallonharjojen ja pintakartongin välille kohdistuva liimasauma. Puristustela voidaan korvata myös jollakin toisella rakenteella, vaikkapa niin kutsutulla puristusmatolla. Näin kuitenkin syntyy siis yksiaaltoinen aaltopahvi, johon yleensä myöhemmässä vaiheessa liimataan vielä toinen pintakartonki, jolloin saadaan valmista kaksipuolista yksiaaltoista aaltopahvia. Aaltopahvin aallon koko riippuu täysin käytetyistä aallotusteloista, joita on käytettävissä useita eri kokoja.

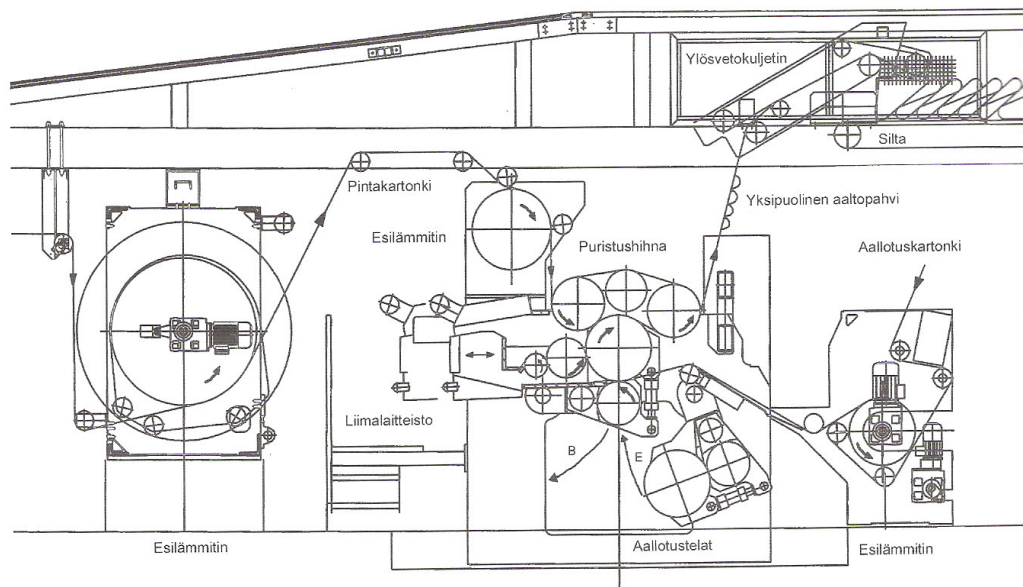
Aallottajalla olevat kaksi aallotustelaa ovat aina pari, joten ne on vaihdettava yhtä aikaa. Tämä telapari on erittäin kallis, joten sen käsittelyssä ja varastoinnissa on oltava aivan erityisen huolellinen. Varsinkin telojen aallotuspinta on varsin arka kaikelle mekaaniselle kosketukselle. Aallotustelojen ikä ilmaistaan poikkeuksellisesti juoksumetreissä, eli kuinka monta miljoonaa metriä niillä on tuotettu valmista aaltopahvia. Myös aallotustelat ovat eräänlaisia paineastioita, sillä niidenkin lämmitys tapahtuu paineistetulla höyryllä. Aallotustelojen tasaisella kuumuudella on aivan erityisen suuri merkitys aaltopahvin valmistusprosessin onnistumiselle. Sen takia telojen onkin annettava lämmitä useita tunteja ennen kuin niillä voidaan aloittaa laadukkaan aaltopahvin valmistaminen. Myös aallotustelojen valmistajalla ja valmistusmenetelmillä on ratkaiseva vaikutus aaltopahvin lopulliseen laatuun. Eri valmistajat käyttävät erilaisia menetelmiä ja raaka-aineita työstäessään uusia teloja. Käytettyjä aallotusteloja voidaan nyky menetelmillä myös päällystää uudelleen. Tällä tavalla vanhoista ja kuluneista teloista on mahdollista saada vielä uuden veroiset telat. Usein päällystysmateriaalina käytetään kromia. Tämä päällystysmahdollisuus pidentää telojen käyttöikä huomattavasti, mutta uudelleen päällystämisen onnistuminen täydellisesti on aina olemassa oleva kysymysmerkki. Telojen kunto on seurattavissa ohuiden teleksikopiopapereiden avulla. Papereita ajetaan 2 - 3 kappaletta läpi telojen välistä, jolloin papereihin jää selkeät puristusjäljet. Näiden jälkien perusteella voidaan määrittää aallonharjojen mahdollinen kuluneisuus ja lisäksi myös telojen kohdistus toisiinsa nähden.

Aallottajan liimalaitteiston tärkeimmät osat ovat liimatela, mittatela, kaavari, liimakaukalo sekä säätölaitteet. Liimatela nostaa pyöriessään liimaa liimakaukalosta, josta liima ajautuu liimatelan ja mittatelan muodostamaan kitaan. Mittatela pyörii liimatelaan nähden vastakkaiseen suuntaan, ja sitä säätelemällä voidaan vaikuttaa liimatelan pintaan jäävän liimakerroksen paksuuteen ja samalla kartonkien liimasaumaan tulevan liiman määrään. Mittatelan pinta on kromattu, joten se on kiiltävä ja tasainen. Liimatelan pinta taas on puolestaan tarkoituksella karhennettu esimerkiksi hiekkapuhalluksella. Näin liima pysyy paremmin telan pinnassa aina kartongin pinnalle asti.



Kuva 4.2 Liimalaitteiston rakenne voi olla vaikkapa tällainen (Aaltopahvin valmistus ja jalostus)

Aallottajia löytyy monia erilaisia. Aikaisemmin aallottajat ovat olleet niin kutsuttuja yksiaaltoisia aallottajia, joilla on voitu valmistaa vain yhtä ja samaa aaltokokoja. Nykyään aallottajat ovat yhä useammin sellaisia, joilla voidaan ajaa useampia aaltoja. Näillä moniaaltoisilla aallottajilla on eri aalloille omat telaparinsa, joita vaihdellaan sen mukaan mitä aaltoa halutaan ajaa. Aallotusyksiköt ovat tavallisesti erittäin meluisia ajon aikana, joten ne on suojattava koko koneen ympäri ulottuvalla suojaeristekopilla. Koppi suojaa työntekijän kuuloa hyvin, mutta siitä huolimatta aallottajalla työskentelevän on käytettävä kuulonsuojaimia. Aallottajilla syntyy paljon hukkalämpöä, joka voidaan ohjata suojakopista ilmanvaihtolaitteilla suoraan pihalle tai vaihtoehtoisesti se voidaan kerätä talteen ja käyttää vaikkapa tehtaan lämmitykseen.



Kuva 4.3 Aallottajan toimintaperiaate kokonaisuudessaan (Aaltopahvin valmistus ja jalostus)

4.2.5 Ylösvetokuljetin ja silta

Aallottajalta ulostuleva valmis yksipuolinen aaltopahvirata ohjataan eteenpäin niin kutsutulla ylösvetokuljettimella. Ylösvetokuljetin muodostuu kahdesta erillisestä hihnakuljettimesta, jotka ovat sijoitettu päällekkäin. Aaltopahvirata kulkee näiden kahden kuljettimen välissä. Ylösvetokuljettimelta rata tavallaan putoaa hieman alemmalla tasolla olevalle vaakatasolle siltakuljettimelle. Pudotessaan aaltopahvirata laskostuu siistille laskokselle. Laskostunut rata tavallaan varastoidaan hetkellisesti sillalle, joka on koneesta riippuen noin 10 – 20 metriä pitkä. Tällä väliaikaisella varastoinnilla on saatu koneen toiminta hieman joustavammaksi, koska laskosten määrää voidaan säädellä. Tämän säätelyn ansiosta saadaan hieman pelivaraa aallottajan nopeuden kanssa, sillä se ei varsinkaan vanhemmissa aaltopahvikoneissa pysy välttämättä aina muun koneen vauhdissa mukana. Jos sillalla ei olisi yhtään niin kutsuttua löysää rataa, niin koneen vauhtia kiihdytettäessä rata todennäköisesti menisi poikki. Lisäksi vanhemmilla koneilla, joilla aallottajan nopeutta joudutaan laskemaan rullan vaihdon ajaksi, voidaan etukäteen ajaa sillalle enemmän rataa. Tällä tavalla voidaan aallottajan nopeutta laskea ja suorittaa rullan vaihto tarvitsematta laskea koko koneen nopeutta. Tästä on suuri apu, sillä jokainen koneen nopeuden

muutos aiheuttaa erilaisia säätötoimenpiteitä ja väistämättäkin syntyy jonkin verran turhaa hylkyä. Koska aaltopahvirata saattaa kulkea sillalla melko pitkiäkin matkoja ennen liimausyksikölle saapumistaan, niin sillalle on usein asennettu myös niin kutsuttuja radan ohjaimia, joilla saadaan rata kulkemaan oikean suuntaisena koneen keskikohdassa.

4.2.6 Esilämmittimet ja liimausyksikkö

Ennen kuin yksipuolinen rata ohjataan itse liimausyksikköön, on matkalla vielä kaksi kappaletta esilämmitysrumpuja, joilla radan lämpötilaa voidaan vielä säädellä ennen toisen pintakartongin liimaamista. Nämä esilämmittimet on sijoitettu aivan liimausyksikön läheisyyteen päällekkäin. Näiden kahden esilämmittimen alla on vielä yksi esilämmitin, jolla voidaan säädellä tässä vaiheessa liimattavan pintakartongin lämpötilaa tarpeen mukaan. Liimausyksikön vieressä on myös vastaavanlainen rullapukki ja rullan vaihtaja kuin aallottajalla.

Liimausyksikön tehtävä kaikessa yksinkertaisuudessaan on levittää liima tasaisesti yksipuolisen radan aallonharjoille, jotta niihin saadaan liimattua kiinni toisen puolen pintakartonki. Liimausyksikön toimintaperiaate on hyvin pitkälle sama kuin aallottajan liimalaitteistollakin. Sieltä löytyvät myös liimatela, mittatela ja kaavari. Liimausyksiköllä liiman levitys on kuitenkin astetta hankalampaa kuin aallottajalla. Aallottajalla liiman levitys tapahtuu vasten metallista aallotustelan aallon harjaa, mutta liimausyksiköllä se on suoritettava pelkästään aallotuskartongin omaa onttoa rakennetta vasten. Liimaustapahtuma itsessään vaatii kuitenkin jonkin verran puristusta. Puristus olisi jotenkin saatava aikaan mutta kuitenkin niin, että aaltorakenne ei vahingoittuisi.

Aikaisemmin puristus saatiin aikaiseksi niin kutsutulla ratsastajatelalla, joka nimensä mukaisesti ratsasti radan päällä. Telan omapaino oli niin suuri, että se olisi puristanut aaltoa liikaa kasaan, joten sen painoa oli vähennettävä jollakin keinolla. Tavallisesti tämä tehtiin paineilmasylintereiden avulla. Tänä päivänä kuitenkin yhä useammassa aaltopahvikoneessa käytetään hieman erilaista systeemiä puristuksen aikaansaamiseksi. Ratsastajatelan tilalla on ruvettu

käyttämään metallipalkkia, johon on jousilla kiinnitetty useita liimatelan muotoa seurailevia metallipaloja. Jousien jäykkyys on saatu riittäväksi liiman saamiseksi aallonharjoille tasaisesti niin, että aallon rakenne ei kuitenkaan murru puristusvoimasta. Lisäksi tällä menetelmällä vältetään turhalta säätelyltä aallon korkeuden muuttuessa.

4.2.7 Arina

Arinalla yksipuoliseen aaltopahviin liimataan kiinni pintakartonki. Tässä vaiheessa aaltopahviin saatetaan vielä runsaasti lisää lämpöä, jotta liimauksessa käytetty tärkkelysliima muodostaisi kartonkien välissä riittävän lujan liimasauman. Arinalla aaltopahville on saatava riittävän jäykkä rakenne, jotta se pystyttäisiin ongelmitta leikkaamaan oikean mittaisiksi arkeiksi heti arinan jälkeen olevilla pituus- ja poikkileikkureilla. Lämmön oikealla määrällä on tässäkin valmistusvaiheessa erittäin suuri merkitys. Lämmön avulla pahvista poistetaan myös liiallista kosteutta, jota muodostuu liimasta ja käytetystä kostutushöyrystä. Mikäli oikeaa lämpötilaa ja kosteusmäärää ei saavuteta, niin valmis aaltopahvi pyrkii käyristymään. Arinan kokonaisuuden voidaan sanoa muodostuvan kahdesta eri osasta: lämmitysosasta ja veto-osasta.

Lämmitysosalla nimensä mukaisesti tapahtuu aaltopahviradan lämmitys. Tarvittava lämpö siirretään pintakartonkiin radan alla sijaitsevien lämpölevyjen välityksellä. Lämpölevyjä on useita peräkkäin, ja niiden tyypillinen pituus ajosuunnassa on 600 mm. Myös lämpölevyjen lämmitys tapahtuu höyryn avulla. Levyjen yläpinta on tehty tasaiseksi, jotta rata kulkisi sitä vasten ongelmitta ja lämpö saataisiin levitettyä mahdollisimman tasaisesti läpi radan. Jotta lämpö saataisiin tehokkaasti siirrettyä levyiltä pintakartonkiin, on saatava aikaan puristus, jolla rataa painetaan kuumia lämpölevyjä vasten. Lämmitysosalla radan yläpuolella kulkee noin 8 – 9 mm paksu huopa, jota painetaan vasten rataa eräänlaisilla talloilla. Tallat on sijoitettu arinan yläosaan riveihin läpi radan. Tallat eivät ole välttämättä kaikki aina käytössä, vaan niiden määrää voidaan säädellä koneen nopeuden ja lämmöntarpeen mukaan.

Veto-osa nimensä mukaisesti vetää rataa yli lämmitysosan. Eli se sijaitsee arinalla välittömästi lämmitysosan perässä. Veto-osassa radan alapuolellakin on huopa, joten rata kulkee veto-osalla kahden huovan välissä.

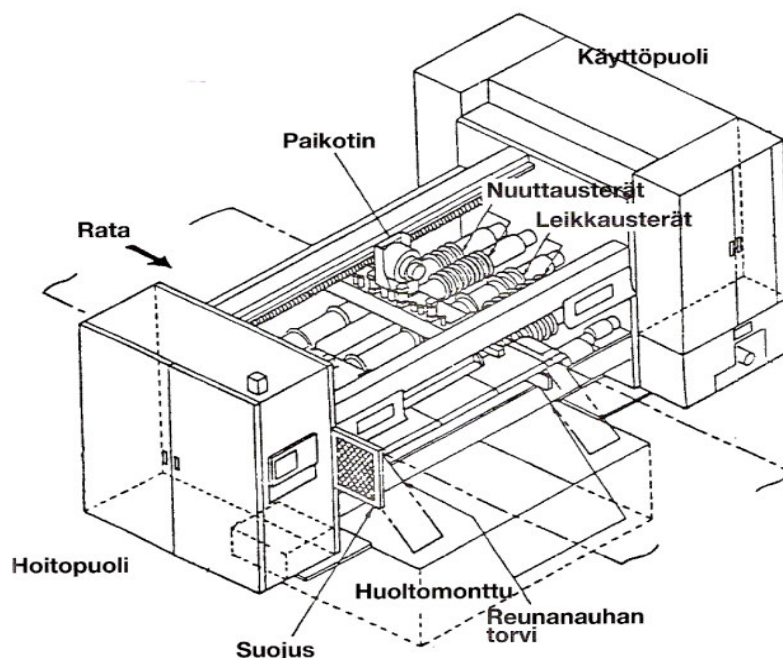
4.2.8 Tilauksenvaihto- ja pituusleikkuri

Arinalta aaltopahvin matka jatkuu leikkureille. Heti arinan jälkeen sijaitsee *tilauksenvaihtoleikkuri*, jolla leikataan rata poikki tilauksenvaihdon yhteydessä. Tällä tavoin saadaan eri tilaukset erotettua toisistaan erilleen ja tilauksen vaihto sitä kautta tapahtumaan oikea-aikaisesti. Tilauksenvaihtoleikkuria voidaan käyttää myös niin kutsuttuna hylkyleikkurina. Sillä voidaan leikata radassa olevat huonot kohdat pois ennen kuin ne ajautuvat eteenpäin koneella. Hylyn leikkuun aikana tilauksenvaihtoleikkurilla suoritetaan radan katkaisu useaan kertaan peräkkäin niin kauan, kunnes huono rataosuus on saatu leikattua. Tässä tapahtumassa syntyy koko radan levyisiä ja ajosuunnassa noin metrin pituisia hylkyarkkeja, jotka putoavat tilauksenvaihtoleikkurin alla olevaan hylkyhäkkiin.

Pituusleikkurilla aaltopahvirata leikataan ajosuunnassa oikean levyisiin kapeampiin ratoihin. Pituusleikkurin yhteydessä pahviin saadaan tarvittaessa ajettua myös niin kutsutut nuuttaukset eli valmiin laatikon käsittelyä helpottavat taivutukset. Lisäksi pituusleikkurilla leikataan radasta pois reunanauhat molemmilta reunoilta. Reunanauhat imetään reunanauhatorviin, jotka kuljettavat reunaroskan putkia pitkin suoraan erilliselle jätteenkäsittelykoneelle.

Leikkausterät sijaitsevat kaikki samalla poikittaisella akselilla, jota pitkin niitä voidaan liikuttaa sivuttain oikeille kohdille. Pyöreät leikkausterät ovat nykypäivän leikkureissa noin 1 – 2 mm paksuja ja niiden halkaisija on noin 250 – 300 mm. Aikaisemmin leikkureissa käytettiin kahta vastakkaista leikkausterää, mutta nykyään leikkausterillä ei ole enää alapuolisia vastinteriä, vaan pahviradan alle on sijoitettu esimerkiksi tiheä harja tai metallipyörä, jossa on rako yläterää varten. Näin on saavutettu huomattavasti parempi leikkausjälki, ja leikkauksessa syntyvää pölyä on saatu selvästi vähennettyä.

Nuuttausterät sijaitsevat leikkausteristä poiketen usein kahdella eri akselilla. Tämä johtuu siitä, että nuuttaukset on usein saatava erittäin lähelle toisiaan. Jos ne olisivat samalla akselilla, niin niitä ei saisi tarpeeksi lähelle toisiaan terien paksuuden takia. Nuuttausterät eivät tietenkään leikkaa rataa kokonaan läpi, vaan ne tekevät pahviin ohuen painauman, jolla helpotetaan pahvin taivuttamista laatikon kokoamisvaiheessa.

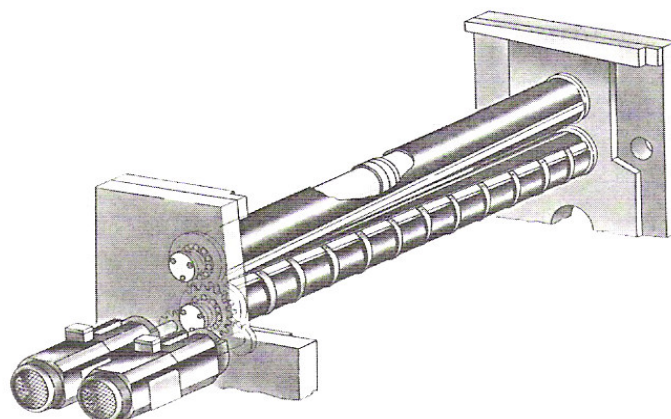


Kuva 4.4 Erään pituusleikkurin rakennekuva (Aaltopahvin valmistus ja jalostus)

4.2.9 Poikkileikkuri

Pituusleikkurilta ulos tullessaan oikeaan leveyteen leikattu aaltopahvirata ohjataan *poikkileikkurille*. Poikkileikkurilla on tavallisesti kaksi erillistä leikkuriasemaa. Tällä saadaan mahdolliseksi kahden eri tilauksen yhtäaikainen ajaminen. Tilaukset on etukäteen suunniteltava siten, että ne saadaan sopivalla reunanauhalla mahtumaan käytössä oleviin rataleveyyksiin. Yhtä aikaa ajettavista tilauksista toinen ohjataan alemmalle ja toinen ylemmälle leikkuriasemalle. Poikkileikkurin teriä pyörittää suoraan yksi tai useampi sähkömoottori. Terät on tavallisesti kiinnitetty rumpumaiseen terärunkoon ja ne on kiinnitetty tarkoituksella hieman kierteelle rummun pintaan. Kierteisellä kiinnityksellä

saadaan suurillakin ajonopeuksilla leikkausjälki kohtisuoraksi radan reunaan nähden.



Kuva 4.5 Poikkileikkurin terät on kiinnitetty runkoonsa kierteelle (Aaltopahvin valmistus ja jalostus)

Poikkileikkurin leikkaustapahtuma on erittäin suurta tarkkuutta vaativa toimenpide. Oikea-aikainen leikkaus saadaan aikaan pulssiantureiden avustuksella. Pulssiantureiden avulla aaltopahviradan nopeus mitataan suoraan pahvin pinnasta. Ohjausyksikkö lukee anturin antamia mittaustuloksia ja antaa teriä pyörittäville moottoreille käskyn suorittaa radan poikkileikkaus juuri oikealla hetkellä. Lyhyillä arkeilla terien on kiihdytettävä vauhtiaan leikkauksien välissä ja pitkillä arkeilla päinvastoin pysähdyttävä hetkeksi odottamaan, jotta leikkaus saataisiin tapahtumaan juuri oikealla hetkellä. Kaikesta huolimatta leikkaus saadaan tapahtumaan jopa puolen millin tarkkuudella. Leikkaustapahtuman tarkkuudesta ja terien jatkuvasta pyörimisnopeuden vaihtelusta johtuu, että juuri poikkileikkuri on useasti koko aaltopahvikoneen nopeutta rajoittava tekijä.

4.2.10 Vastaanottolaitteet

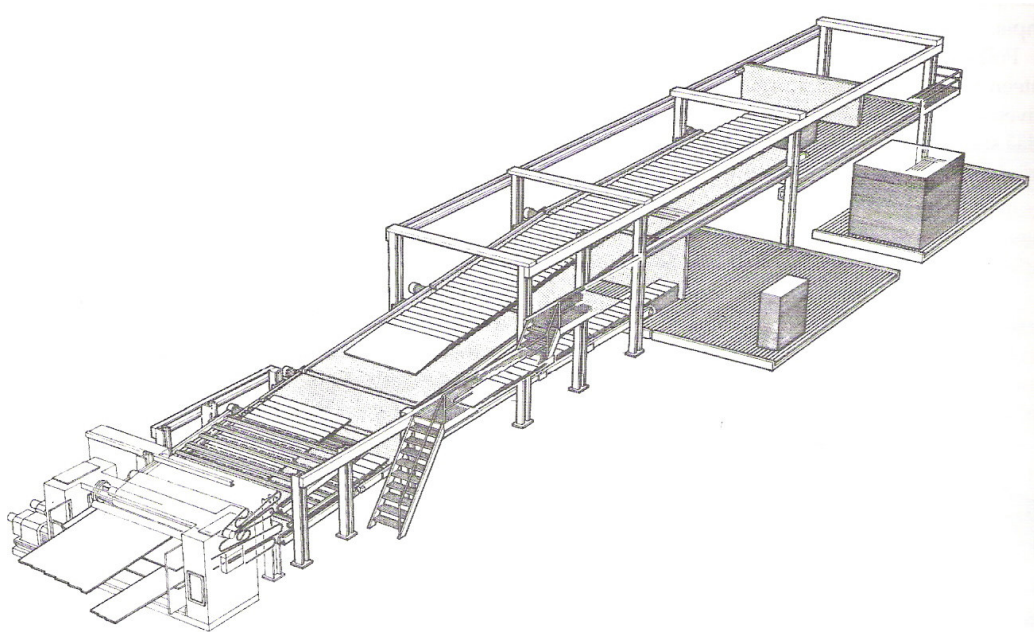
Viimeisenä osiona aaltopahvikonelinjastossa ovat vastaanottolaitteet. Poikkileikkurilta ulos tulevat valmiit ja oikean mittaiset pahviarkit jatkavat matkaansa vastaanottopöydällä. Vastaanottopöytiä, kuten myös asemia poikkileikkurilla, on kaksi kappaletta. On olemassa sekä ylä- että alapöytä.

Pöytiä käytetään sen mukaan, miten tilaukset on jaettu poikkileikkurilla. Poikkileikkurin yläasemalta arkit ohjataan yläpöydälle ja vastaavasti alaseemalta alapöydälle. Valmiit arkit kulkevat pöydillä olevia kuljetinmattoja pitkin siististi päällekkäin limitettyinä. Yläpöydältä arkit kuljetetaan niin kutsutulle nostopöydälle, johon ne pinotaan siistiksi nipuksi. Nostopöydällä on vastinlevy, jota vasten limitetyt arkit saadaan pinotuksi suoraksi pinoksi. Nostopöytä seuraa pinon korkeutta antureiden avulla ja laskee alaspäin sitä mukaa kuin pino kasvaa. Kun arkipino on saavuttanut halutun korkeuden, niin yläpöydän kuljettimet tyhjentävät itsensä kiihdyttämällä nopeuttaan vähäksi aikaa. Tämän tyhjennyksen ansiosta saadaan nostopöydälle aikaa laskeutua aivan alas ja laittaa valmis arkipino jatkamaan matkaansa seuraavalle kuljettimelle. Kun nostopöytä on tyhjä, niin se nousee taas ylös ja on valmis ottamaan vastaan uuden pinon pahviarkkeja.

Alapöydän toimintaperiaate on samanlainen kuin yläpöydällä. Erona voidaan kuitenkin nähdä se, että ei ole olemassa erillistä nostopöytää, vaan itse alapöytä nousee ylöspäin sitä mukaa kuin arkipino kasvaa. Alapöydän voisi siis kuvitella olevan eräänlainen nostosilta. Täytyy kuitenkin muistaa, että vastaanottopöydissä on vuosien varrella käytetty monia erilaisia ratkaisumalleja, ja varsinkin vanhemmissa aaltopahvikoneissa saattaa kohdata aivan erilaisen systeemin vastaanottolaitteissa kuin mitä edellä on kuvattu. Alapöydälläkin on esimerkiksi saatettu käyttää samanlaista nostopöytää kuin yläpöydällä, mutta silloin on oltava lattiassa monttu, johon nostopöytä voi laskeutua pinon kasvaessa. Kuvassa 4.6 voimme nähdä eräänlaisten vastaanottolaitteiden koko rakenteen, joka alkaa poikkileikkurilta ja jatkuu aina varastokuljettimille asti.

Kun arkit on saatu pinottua siisteihin pinoihin, niiden matka jatkuu erilaisia kuljettimia pitkin varastoon odottamaan jatkojalostusta tai pakkaamista sellaisenaan asiakkaalle. Myös pahvipinon varastoinnissa on erilaisia käytäntöjä eri tehtailta. Lahdessa AP1:llä pinot kuljetetaan vielä ennen varastointia automaattisen lavauslaitteen läpi, jossa pinot nostetaan kuormalavoille. Tämän jälkeen ne siirretään trukeilla varaston puolelle. AP2:lla varastointi on hieman erilainen verrattuna AP1:een. Siellä nimittäin nippuja ei nosteta lavoille ollenkaan, vaan varastona toimivat pitkät varastoradat. Näille

varastoradoille niput kuljetetaan erilaisilla kuljettimilla ja siirtovaunuilla. Molemmissa käytännöissä voidaan nähdä omat hyvät puolensa. AP1:llä varastointi voidaan suorittaa kahdessa tai jopa kolmessa kerroksessa, kun nostetaan pinoja trukilla päällekkäin. Näin saavutetaan huomattavasti enemmän kallisarvoista varastotilaa kuin varastorasysteemissä. Toisaalta taas AP2:n varastointitavalla säästytään lavojen ylimääräiseltä siirtelyltä trukkien avulla, kun pinot siirtyvät automaattisia kuljettimia pitkin suoraan varastoon. Joka tapauksessa tässä vaiheessa on aaltopahvikone saanut tehtävänsä päätökseen, eli suurilta rullilta purettu kartonki on muuttunut valmiiksi aaltopahviarkeiksi.



Kuva 4.6 Yksi ratkaisumalli vastaanottolaitteistosta (Aaltopahvin valmistus ja jalostus)

5 TEHTÄVÄN MÄÄRITTELY

Tässä tutkintotyössä siis paneudutaan jo aiemminkin esillä olleen AP2:n vastaanottolaitteisiin. Ja vielä tarkemmin sanottuna automaattiseen kuljetinjärjestelmään (LIITE 1), jonka tehtävänä on kuljettaa valmiit pahviniput

aaltopahvikoneelta varastoradoille odottamaan jatkojalostusta. Kun pahviarkit on saatu pinottua vastaanottopöydiltä siisteihin pinoihin, ne tulevat ulos aaltopahvikoneesta ja jatkavat matkaansa pitkin suoraa rullakuljettimia. Molempien vastaanottopöytien perässä on peräkkäin kaksi suoraa kuljetinta. Näiden kuljettimien jälkeen pinot siirtyvät eräänlaiseen siirtovaunuun, joka kulkee kiskoja pitkin poikittaissuunnassa kuljettimiin nähden. Tämä niin kutsuttu Witron -vaunu noutaa automaattisesti pinot siinä järjestyksessä kuin ne saapuvat suorien kuljettimien päähän. Witronilta pinojen matka jatkuu taas uudelle suoralle kuljettimelle, johon Witron tyhjentää molemmilta pöydiltä noutamansa kuormat. Kun Witron on taas tyhjä, se lähtee hakemaan uutta pinoa kyytiinsä. Tämän suoran kuljettimen jälkeen pahvit siirtyvät kääntöpöydälle, joka tekee 90 asteen käännöksen ja luovuttaa pinot taas eteenpäin toiselle siirtovaunulle. Tämän siirtovaunun tehtävä on ottaa pinot kääntöpöydältä kyytiin ja kuljettaa ne halutulle varastoradalle. Varastoratoja on yhteensä kolmetoista, ja aaltopahvikoneen miehistö määrittää etukäteen, mille mikin arkkitilaus halutaan varastoida. Kun siirtovaunu on saapunut oikean varastoradan kohdalle, se luovuttaa pinon varastoitavaksi ja palaa takaisin odottamaan seuraavaa kuormaa. Kuljetinjärjestelmän tarkoitus on siis siirtää taukoamatta nippuja aaltopahvikoneelta varastoradoille siten, että aaltopahvikoneen nopeutta ei tarvitsisi muutella tai jopa pysäyttää koko konetta ruuhkien takia.

Jo tälläkin hetkellä kuljetinjärjestelmän toiminta perustuu logiikkaohjaukseen, mutta osa tekniikasta on peräisin jopa 20 vuoden takaa. Ensimmäisten suorien kuljettimien ja Witronin ohjaus on melko nykyaikaista, mutta siitä eteenpäin ohjaustekniikka on uudistamisen tarpeessa. Joten lähtökohtana tälle tehtävälle on uudistaa ohjaustekniikka järjestelmälle Witronista eteenpäin ja tietysti myös laatia kokonaan uusi ohjelma logiikalle. Tavoitteena kuitenkin on, että järjestelmä toimii uudistuksen jälkeen vähintään yhtä hyvin kuin aikaisemminkin. Järjestelmä täyttää tehtävänsä nykyäänkin aivan asialliseen tapaan, mutta jo varaosien hankinta tuottaa usein suuria vaikeuksia. Tämän lisäksi tarkoituksena on pohtia hieman turvallisuusnäkökohtia kääntöpöydän suhteen, sillä siinä ei ole käytännössä olemassa minkäänlaisia turvalaitteita sen varalle, että joku esimerkiksi huomaamattaan jää kääntyvän pöydän alle.

6 TYÖN KULKU

6.1 Kääntöpöytä

Kääntöpöydän turvallisuuden parantamiseksi totesin olevan kaksi varteenotettavaa vaihtoehtoa, joita oli syytä tutkia ja vertailla keskenään hieman tarkemmin. Toinen vaihtoehto oli toteuttaa se turvalokennojen avulla ja toinen oli käyttää niin kutsuttua turvapuskuria.

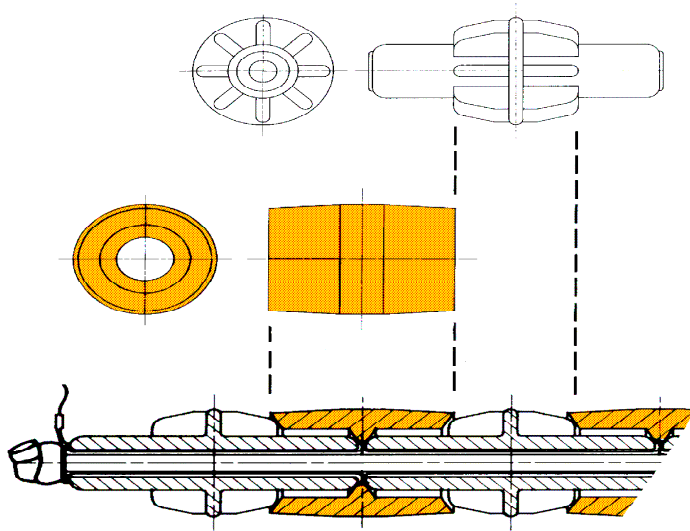
Jos toteutuksessa käytettäisiin turvalokennoja, niin turvallisuutta saataisiin kyllä lisättyä huomattavasti, mutta käytännön tuotantotilanteissa saattaisi tulla monenlaisia yllätyksiä. Pöydän liike on kuitenkin kääntyvää, joten lähettimien, vastaanottimien ja niiden toiminnassa mahdollisesti tarvittavien peilien sijoittelu saattaisi tuottaa ylitsepääsemättömiä vaikeuksia. Toisaalta pöydän ympärille olisi mahdollista muodostaa valokennojen avulla eräänlainen suoja-alue, joka estäisi kaiken liikkumisen pöydän lähetyvillä. Tämäkin ratkaisumalli tuottaisi kuitenkin tiettyjä ongelmia monissa käytännön tilanteissa, sillä tuotannon kannalta olisi kuitenkin tarpeellista ajoittain päästä liikkumaan pöydän lähetyvillä ilman että siitä aiheutuu koneen turha pysähtyminen. Käyttämällä turvapuskuriratkaisua ainakin tältä ongelmalta vältyttäisiin. Turvapuskuri on kiinteästi kiinni itse kääntöpöydässä, ja se pysäyttää pöydän vasta törmätessään vieraaseen esteeseen pöydän kääntösäteellä.

Aikani näitä kahta vaihtoehtoa vertailtuani tulin siihen tulokseen, että ainoa oikea tapa lähteä parantamaan kääntöpöydän turvallisuutta on käyttää pöydän reunaan kiinnitettävää turvapuskuria. Se on yksinkertainen ratkaisu ja lisäksi se mahdollistaa työskentelyn myös pöydän lähetyvillä. Yksinkertaisuudestaan huolimatta se kuitenkin on tehokas turvalaite, joka estää ketään jättämästä esimerkiksi jalkaansa kääntyvän pöydän alle.

6.1.1 Turvapuskurit

Turvapuskurin rakenne ja toiminta voivat olla parhaassa tapauksessa todella yksinkertainen kokonaisuus. Tietysti on taas muistettava, että toiminnan toteutuksia löytyy todennäköisesti lähes yhtä monta kuin valmistajiakin. Tutustuin työn edetessä useampien eri valmistajien tarjoamiin puskureihin vierailemalla heidän internet-sivustoillansa ja tutkimalla erilaisia esitteitä. Yhteistä kaikille ratkaisuille joka tapauksessa tuntui olevan, että vaihtoehtoja löytyy todella monia ja lisäksi useisiin erilaisiin käyttökohteisiin.

Erään valmistajan turvapuskurin toiminta perustuu kaikessa yksinkertaisuudessaan avautuvan kontaktiketjun periaatteeseen. Eli sähköä johtava kontaktiketju katkeaa, kun puskuriin kohdistuu riittävän suuri kosketuspaine. Tämä ratkaisumalli voidaan kytkeä suoraan turvareleeseen ilman mitään erillistä valvontayksikköä. Kontaktiketjun katkeamiseen tarvittavan paineen mukaan voidaan valita useista erityyppisistä puskurista kuhunkin käyttötärpeeseen sopiva puskuri. Joskus puskurin on tarpeellista kestää hieman suurempiakin mekaanisia kosketuksia ja toisinaan sen on tunnistettava myös hyvin pienet vastukset. Kyseessä olevassa kääntöpöydässä puskurin ei tarvitse kestää kovinkaan suuria mekaanisia esteitä, sillä pöydän edessä ei käytännössä pitäisi olla muita esteitä kuin ihmisen jalka. Ja tällaisissa tapauksissa on hyvä, että puskuri reagoi nopeasti esteen sattuessa eteen. Kuvassa 6.1 voimme nähdä kyseisen valmistajan ratkaisun kontaktiketjun toiminnasta ja sen rakenteesta. Ulkoisen paineen kohdistuessa ketjuun oranssi kiilarulla painautuu sisäänpäin avaten samalla sähköä johtavista valkoisista kontaktirullista koostuvan ketjun. Ketjun katketessa virran kulku ketjun läpi tietysti loppuu ja samalla pysäyttää laitteen, johon turvapuskuri kytketty.



Kuva 6.1 Kontaktiketjun rakennekuva (HAAKE:n sähköinen esite)

Kontaktirullat ja kiilarullat on sijoitettu ketjuun vuoron perään, ja niiden määrä riippuu tietysti täysin tarvittavan puskurin pituudesta. Kontaktiketju on sijoitettu puskurissa täyteaineena olevan joustavan PUR-vaahdon sisälle. Kontaktiketju on usein sijoitettu aivan puskurin etuosaan, jotta esteen tunnistaminen olisi mahdollisimman tehokasta. Itse puskuri on kiinnitetty alumiiniseen taustalevyyn, jonka avulla puskuri kiinnitetään paikoilleen. Alumiinilevyssä sijaitsevat myös kytkennässä tarvittavat kaapeliliitännät. Tämän mallin selkeä etu on sen yksinkertainen rakenne ja toiminta. Ja koska erillistä valvontayksikköä ei tarvita, niin myös puskurin kytkentä vaikkapa jälkiasennuksena on erittäin yksinkertaista. (LIITE 2)

Toisena esimerkkinä turvapuskurin toimintamalleista voitaisiin ottaa esille puskuri, jonka toiminta perustuu kuituoptiikkaan. Kohdatessaan esteen puskuri painuu kasaan eli kuidun vääntyessä valon läpäisykyky heikkenee, ja kun valo ei saavuta vastaanotinta, valvontayksikön turvakoskettimet avautuvat. Tämän puskurimallin toimintaherkkyys on säädettävissä valvontayksiköstä käsin. Puskuri koostuu kestäväällä uretaanilla päällystetystä polyuretaaniosasta sekä alumiiniprofiilista, jonka sisällä valokuitu sijaitsee. Tämän puskurimallin yhteydessä joudutaan siis käyttämään erillistä valvontayksikköä. Kokonaisuudessaan järjestelmä on itse valvova. Tämä tarkoittaa sitä, että jos

puskuriin tai valvontayksikköön tulee vika, kaapelivaurio tai oikosulku, niin ulostulot avautuvat ja aiheuttavat siten turvapysähdyksen. Pysähdyksen kuittaaminen tapahtuu joko automaattisesti tai vaihtoehtoisesti käsin. Kyseisen turvapuskurin leveys voi maksimissaan olla 2500 mm/kanava ja valvontayksikköä on saatava jopa 8-kanavaisena, joten leveyttä on ainakin tarpeeksi saatavilla. Kyseessä oleva valvontayksikkö suorittaa itse valvonnan joka 5 ms:n välein ja sen reaktioaika on alle 20 ms.

6.2 Kuljettimien ohjaus

Kuljettimien käytön ohjaukseen on olemassa vain yksi varteenotettava vaihtoehto. Tämä vaihtoehto on tietysti logiikkaohjaus. Jo tälläkin hetkellä kuljettimien ohjaus tapahtuu ohjelmoitavan logiikan avustuksella, mutta tehtävän tarkoituksena on modernisoida ohjausjärjestelmä ja ohjelmisto nykypäivänä käytössä olevalle tekniselle tasolle. Lähtökohtana tehtävässä on se, että uudistuksen jälkeen kuljetinjärjestelmä toimii vähintään yhtä hyvin ja monipuolisesti kuin nykyäänkin.

6.2.1 Yleistä ohjelmoitavista logiikoista

Vielä 1960 luvun alkupuolella kaikkien automaatiojärjestelmien ohjaus tapahtui releistä ja johdon pätkistä koostuvilla ohjauspiireillä, joita voisi paremminkin kutsua todellisiksi johtoviidakoiksi. Mutta jo saman vuosikymmenen loppupuolella tuli markkinoille ensimmäinen ohjelmoitava logiikka eli PLC (Programmable Logic Controller). Nämä historiamme ensimmäiset ohjelmoitavat logiikat olivat aluksi käytössä vain USA:n autoteollisuudessa, jossa jo siihen aikaan autojen mallit vaihtuivat melko usein. Tiuhaan tapahtuneiden mallimuutosten takia tuotanto-ohjelmia jouduttiin muuttamaan vähintään yhtä usein kuin suunniteltiin uusia automalleja. Mallimuutoksista huolimatta tuotantokoneet pysyivät pääsääntöisesti ennallaan, joten alettiin kehitellä keinoa, jolla koneiden ohjauksen muutos tapahtuisi jollakin helpommalla ja nopeammalla tavalla kuin releteknikka mahdollisti. Tästä alkoi ensimmäisten ohjelmoitavien logiikoiden taival kohti nykypäivän suuria ja monipuolisia ohjelmoitavia logiikoita. Ohjelmoitavien logiikoiden yleistymisen

myötä on teollisuuden parissa välttytty monilta ongelmallisilta vioilta, joita esimerkiksi yhden releen hajoaminen saattoi aiheuttaa koneen toiminnassa.

PLC on siis lyhenne sanoista Programmable Logic Controller, joka suoraan suomennettuna taipuu muotoon ohjelmoitava looginen ohjausjärjestelmä. Vaikka ohjelmoitavat logiikat koostuvat elektronisista piireistä ja ne sisältävät useita mikroprosessoreita, niiden käyttäjältä ei vaadita tuntemusta elektroniikan saralta. Logiikkajärjestelmien kehitystyön lähtökohtana on pidetty sitä, että niiden käyttö olisi mahdollisimman selkeää ja helppoa. Lisäksi niiden toiminnan on oltava täysin varmaa ja luotettavaa. Ohjelmoitavien logiikoiden käytön tulee myös mahdollistaa selvästi monimutkaisempien ohjaustehtävien suorittaminen kuin perinteisen releohjauksen. Tämän päivän ohjelmoitavista logiikoista voidaan todeta ainakin se, että näissä tavoitteissa on onnistuttu todella hyvin. Jopa henkilön, joka on koko ikänsä toteuttanut ohjauksia pelkästään reletekniikalla, on helppo pienen harjoittelun kautta siirtyä käyttämään nykyaikaista ohjelmoitavaa logiikkaa.

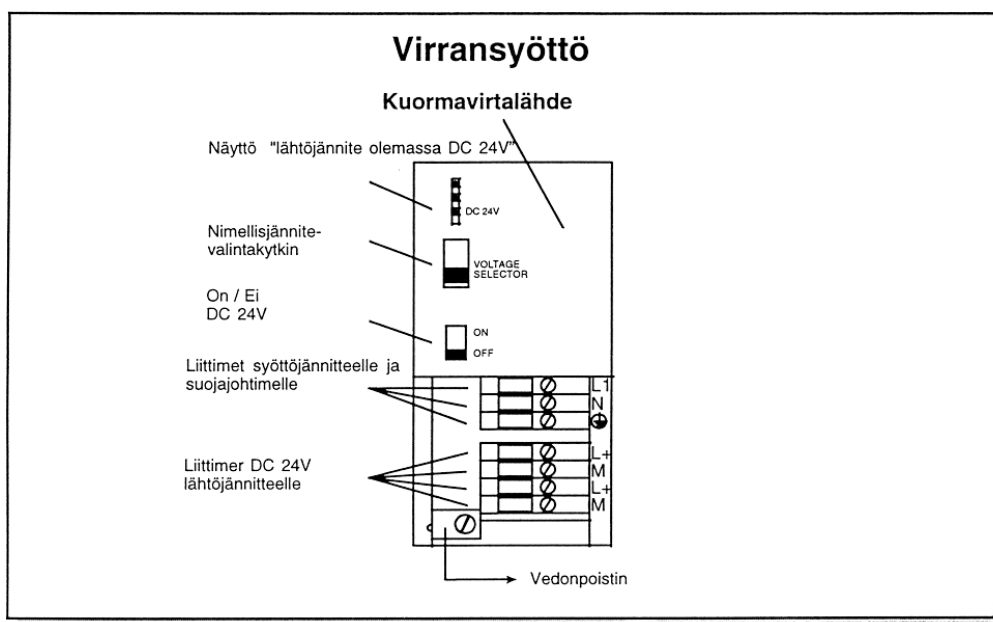
Ohjelmoitavista logiikoista löytyy tänä päivänä varmasti jo satoja erilaisia malleja ja laitekokonaisuuksia mitä erilaisimpiin käyttötarkoituksiin. Ohjelmoitavan logiikan toiminta on nopeasti ajateltuna melko yksinkertaista. Ensin logiikka ottaa vastaan ja lukee signaalitulonsa, joka saattaa tulla vaikkapa joltakin anturilta tai kytkimeltä. Tämän jälkeen se suorittaa ohjelmointilaitteella tehdyn ja ohjelmamuistiin tallennetun ohjelman, jonka perusteella se sitten ohjaa lähtöjään eli ohjattavan koneen toimintaa. Laitteiston rakenteen ja laitekokonaisuuden perusteella ohjelmoitavat logiikat voidaan jakaa kahteen selkeään pääryhmään.

Kompaktissa pikkulogiikassa on näppärästi yhdistetty CPU eli keskusyksikkö ja melko vähäinen I/O määrä samaan toisiinsa integroituun pakettiin. Nämä melko yksinkertaiset ja pienimuotoisiin ohjauksiin tarkoitetut kokonaisuudet ovat tänä päivänä hyvin edullisia, ja niiden käyttö jo pienissäkin ohjaustehtävissä on taloudellisesti kannattavaa.

Selkeästi vaativampiin ohjauksiin käytetään *modulaarisia logiikoita*, koska näissä tapauksissa laitteistokokoonpanot ja määrät vaihtelevat suuresti sovelluskohtaisesti. Modulaarisilla logiikoilla eri moduuleita voidaan asentaa halutulla tavalla tarpeen mukaisesti. Moduulit asennetaan virtalähteellä varustettuun kehikkoon ja niitä voidaan yhdistellä toisiinsa väylällä. Näitä kehikkoja voi olla useampiakin peräkkäin ketjutettuna. Itse ohjelman suoritus tapahtuu keskusyksikössä (CPU). Eri valmistajilta löytyy nykypäivänä erittäin laaja valikoima erilaisia keskusyksiköitä mitä monimuotoisimpiin sovelluksiin. Keskusyksiköitä voi olla kehikossa yhtäaikaaisesti useampiakin, jos yhden keskusyksikön tarjoamat resurssit eivät riitä.

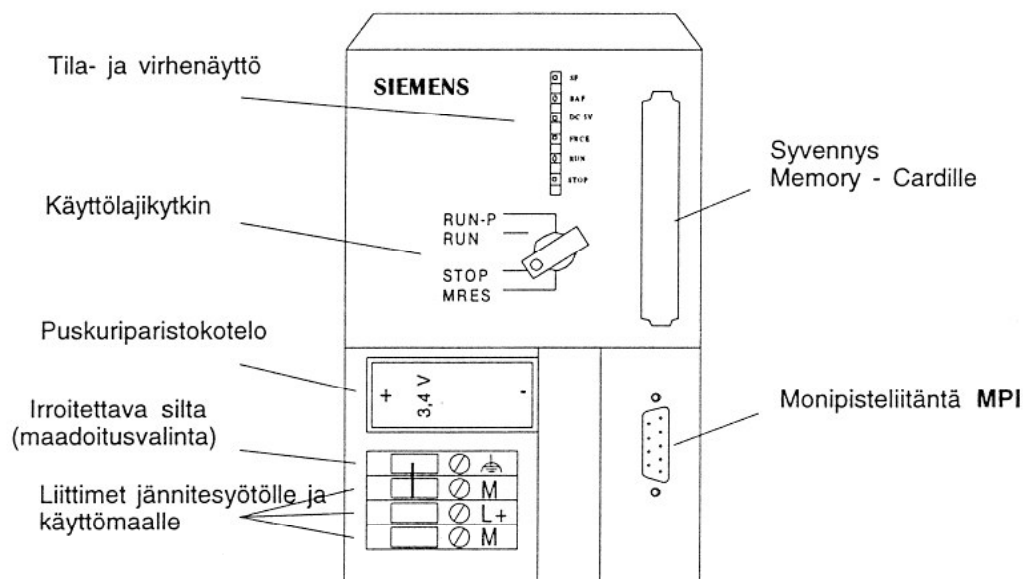
6.2.2 Ohjelmoitavan logiikan laitteistokokonaisuus ja toimintaperiaate

Automaatiolaite tarvitsee toimiakseen 24 voltin syöttöjännitteen. Laitteistoon kuuluva *kuormavirtalähde* (kuva 6.2) muuttaa verkkojännitteen (230 VAC) 24 voltin tasajännitteeksi.



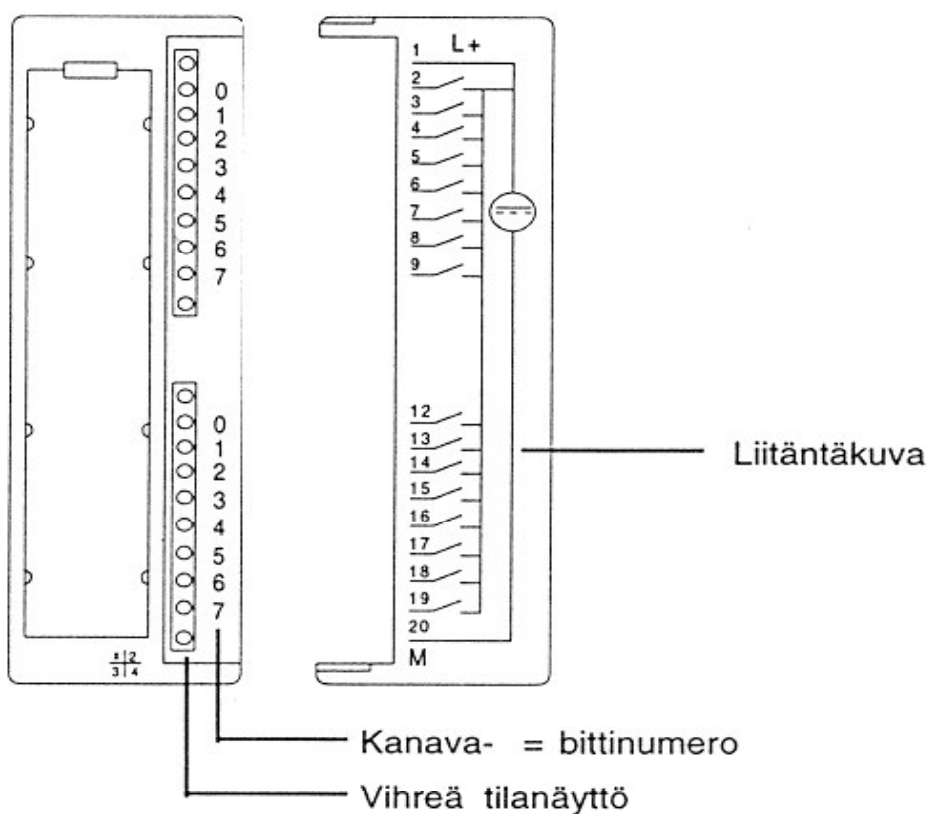
Kuva 6.2 Laitteistoon kuuluva kuormavirtalähde (Tampereen ammattikorkeakoulun opintomateriaali)

Toisena osana laitteiston kokonaisuudessa voitaisiin ottaa esiin ohjelmoitavan logiikan *keskusyksikkö eli CPU*. Keskusyksikön voisi sanoa olevan koko ohjelmoitavan logiikan sydän. Keskusyksikön muistiin ajetaan ja tallennetaan koko laitteiston toimintaa ohjaava ohjelma. Keskusyksikkö lukee ohjelmaa ja ohjailee ohjattavan laitteen toimintaa ohjelmassa annettujen käskyjen mukaisesti. Se suorittaa ohjelmaa asettamalla lähdöt sellaisiin tiloihin, jossa niiden tulojen ja ohjelmassa annettujen käskyjen mukaan pitää olla. Kuvassa 6.3 näkyvän käyttöajikytkimen avulla valitaan keskusyksikön haluttu toiminta. Kun kytkin on asennossa STOP, niin ohjelmaa ei suoriteta. Vastaavasti kytkimen ollessa asennossa RUN ohjelmaa suoritetaan eli laitteisto on täydessä työntouhussa. Kun kytkin on asennossa RUN-P, keskusyksikköön on mahdollista syöttää uusi tai muutettu ohjelma ohjelmointilaitteelta. Lisäksi keskusyksiköstä löytyy erilaisia ledejä, joilla kerrotaan logiikan eri tiloista ja virhetapahtumista. Yksiköstä löytyy myös valmiit liittimet jännitesyötölle sekä käyttömaalle. Kuvassa olevasta mallista löytyy edellä mainittujen lisäksi myös paikka muistikortille ja puskuriparistolle sekä monipisteliitin.



Kuva 6.3 Ohjelmoitavan logiikan sydän eli keskusyksikkö (Tampereen ammattikorkeakoulun opintomateriaali)

Olellainen osa laitekokonaisuutta ovat myös *I/O moduulit*. *I/O* moduuleita ovat prosessin tilaa lukevat tulomoduulit ja prosessia ohjaavat lähtömoduulit. *I/O* moduuleita on olemassa sekä digitaalisia että analogisia. Kuvassa 6.4 on kuvattu yhdenlainen versio digitaalisesta tulomoduulista. Tulomoduuleihin kytketään tulosignaalit erilaisilta antureilta ja kytkimiltä, kun taas lähtömoduuleihin kytketään kaikki toimilaitteet ja niihin liittyvät toimielimet. Digitaalinen tulo lukee esimerkiksi kytkimeltä tulevaa tietoa, ja analoginen tulo puolestaan lukee jotain arvoa kuvaavaa signaalia esimerkiksi jännitettä, lämpötilaa tai vaikka kierroslukua. Analoginen signaali voisi siis olla vaikkapa jännite 0-5 VDC. Tämä tieto muutetaan A/D-muuntimella numeeriseksi arvoksi, jonka myös CPU ymmärtää. Päinvastoin taas analogisessa lähdössä CPU:n antama numeerinen arvo pitää muuttaa D/A-muuntimella analogiseksi ohjaussignaaliksi esimerkiksi säätöventtiilille. Kaikki laitteiston ulkopuolelta tulevat signaalit joudutaan muuttamaan signaaliyksiköllä 5 voltin tasolle, sillä automaatiolaitteisto toimii sisäisesti sillä jännitetasolla.



Kuva 6.4 Digitaalinen tuloyksikkö (Tampereen ammattikorkeakoulun opintomateriaali)

Automaatiolaitteen käytössä vaadittava tieto on varastoitu laitteiston niin kutsuttuun *muistimoduuliin*. Ohjelmoitavan logiikan muisti voidaan karkeasti jakaa kahteen erilaiseen muistityyppiin: *käyttömuisti* (user memory) ja *järjestelmämuisti* (system memory).

Käyttömuisti voidaan puolestaan jakaa kahteen erilliseen osaan. Käytössä oleva ohjelma on kokonaisuudessaan tallennettu *latausmuistiin* (load memory), joka voi olla CPU:n sisään integroitu muistipiiri tai vaihtoehtoisesti erillinen muistikortti, jolle on usein varattu paikka CPU:n etupaneelistä. Toinen käyttömuistin osa on *työmuisti* (work memory). Työmuistissa sijaitsee tarpeellinen osa latausmuistin sisällöstä eli ohjelmakoodi ja sen vaatima data. Tiedon siirtyminen latausmuistista työmuistiin tapahtuu automaattisesti syöttöjännitteen kytkemisen yhteydessä.

Järjestelmämuistiin voidaan sisällyttää ohjelman erilaiset muuttujat kuten tulot ja lähdöt. Tulojen ja lähtöjen lisäksi järjestelmämuistista löytyvät myös esimerkiksi laskurit (counter) sekä ajastimet (timer), joilla toteutetaan erilaiset odotus- ja valvonta-ajat.

Kaikki nämä esillä olleet moduulit voidaan vaivattomasti kiinnittää vieri viereen juuri tätä tarkoitusta varten valmistettuun metallikiskoon. Näin laitteisto saadaan pidettyä siistissä järjestyksessä ja se on helposti hallittavissa. Jos tarve vaatii useamman automaatiolaitteiston kytkemistä toisiinsa, tämä tapahtuu niin kutsuttujen *kenttäväylien* avulla. Kenttäväylien avulla on pystytty vähentämään huomattavasti kaapelointikustannuksia ja lisäksi asennukseen kuluva aikaa. Kenttäväylien käytössä oli pitkään ongelmana standardoinnin puute. Lähes jokaisella valmistajalla oli olemassa oma väyläratkaisunsa ja aiheutti suuria vaikeuksia, kun haluttiin kytkeä toisiinsa eri valmistajien laitteita. Toimintavarmin ratkaisuhan tietysti olisi aina käyttää saman valmistajan tuotteita, mutta joskus eteen tulee kuitenkin tilanteita, jolloin on pakko käyttää eri valmistajia. Tällainen tilanne saattaa tulla eteen esimerkiksi silloin, kun vanhaan laitteistoon halutaan lisätä uusia automaatiolaitteita. Nykyään on onneksi päästy siihen pisteeseen, että laitteiden yhdistämisessä selvittää usein parin eri valmistajan tuotteilla. Tänä päivänä varsinkin Euroopassa käytetään

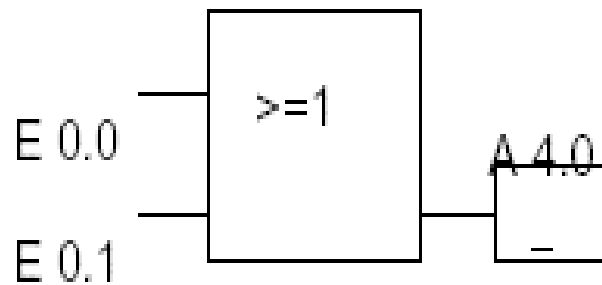
yleisimmin PROFIBUS (Process Field Bus) -väylää. Pohjois-Amerikassa puolestaan käytössä on useimmiten DeviceNet tai vaihtoehtoisesti ControlNet-niminen väyläratkaisu.

6.2.3 Ohjelmoitavan logiikan ohjelmointi

Tänä päivänä ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmointi tapahtuu pääasiassa tietokoneiden ja niihin tarjolla olevien erityisten ohjelmointiohjelmien avustuksella. Ohjelmoinnissa saatetaan myös käyttää jotakin muuta PC:n kaltaista ohjelmointilaitetta, mutta useimmiten käytössä on juuri PC. Ohjelmoijan käytössä on yleisesti neljä erilaista ohjelmointikieltä. Kaksi näistä on niin kutsuttuja graafisia kieliä ja kahden voidaan puolestaan sanoa olevan tekstimuotoisia ohjelmointikieliä. Graafisista ohjelmointikielistä toinen on niin kutsuttu tikapuukaavio (Ladder Diagram, LAD), joka on ehkä yleisimmin käytetty ohjelmointikieli Yhdysvalloissa. Euroopassa taas on yleisesti käytetty joko käskylistamuotoa (Instruction List, IL) tai nykypäivänä yhä useammin käytettyä funktiolohkokaaviomuotoa (Function Block Diagram, FBD), jota myös tämän tehtävän yhteydessä on käytetty. Funktiolohko-ohjelmoinnissa prosessin etenemistä kuvataan erilaisilla graafisilla lohkoilla. Haluttu ohjelmointikielen tyyppi valitaan ohjelman käynnistämisen yhteydessä.

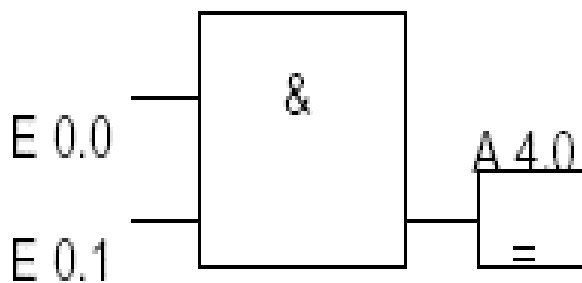
Ohjelmoitavan logiikan ohjelmointi perustuu tulojen ja lähtöjen signaalitilojen ohjaamiseen. Niiden tila voi olla joko 1 tai 0. Koska funktiolohkokaaviossa lähtöjä ja tuloja ohjailaan erilaisten graafisten operaatiolohkojen avulla, niin on syytä seuraavaksi käydä läpi muutamia yleisimpiä ohjelmoinnissa käytettyjä perusoperaatioita.

Kuvassa 6.5 on kuvattu TAI -operaatio, jonka avulla voidaan kysyä kahden tai useamman tulon signaalitilaa. Tulon tunnuksena ohjelmoinnissa käytetään kirjaintunnusta E. Mikäli yhdenkin lohkon liitetyn tulon signaalitila on 1, niin lähtö (A) saa myös tilan 1. Mikäli taas yksikään tuloista ei ole tilassa 1, niin myöskään lähtö ei saavuta tilaa 1.



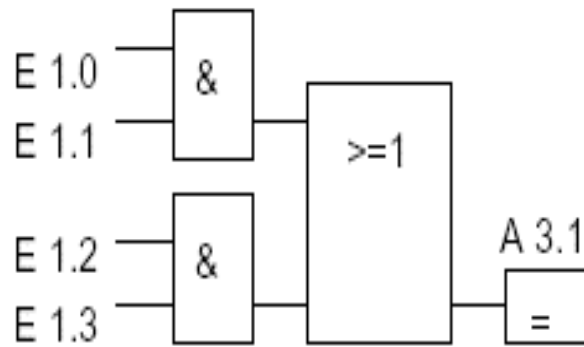
Kuva 6.5 TAI -operaatio

JA -operaatiolla voidaan myös seurata kahden tai useamman tulo signaalitilaa. Mikäli kaikki operaatioon liitettyjen tulojen tila on 1, niin myös lähtö saavuttaa tilan 1. Jos taas yksikin tulo on tilassa 0, niin myös lähtö jää tilaan 0.



Kuva 6.6 JA -operaatio

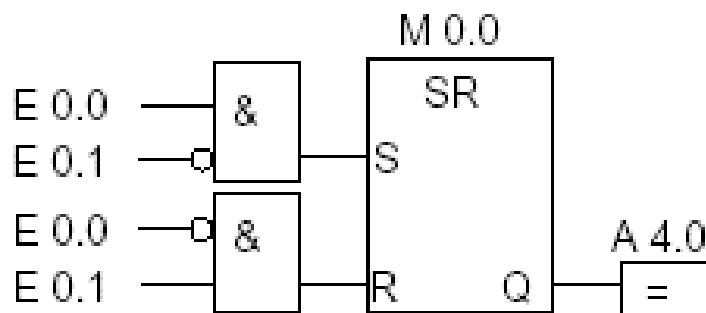
Mikäli operaatiot on sijoitettu kuvan 6.7 mukaisesti, niin lähtö toteutuu eli saa tilan 1, jos jompikumpi JA operaatioista toteutuu. Mikäli taas kumpikaan JA -operaatioista ei toteudu, niin myös lähtö jää tilaan 0.



Kuva 6.7 JA operaatio ennen TAI operaatiota

Toisaalta tilanne voi olla myös päinvastoin eli TAI -operaatioita on liitetty ennen JA -operaatiota. Siinä tapauksessa lähtö toteutuu, mikäli kaikki JA -operaatioon liitetyt TAI -operaatiot toteutuvat.

Useimmiten lähdön tilaa ohjailaan niin kutsutulla KIIKKU -operaatiolla (flipflop). Kuvasta 6.8 selviää, että kiikun tuloon S (Set) liitettyjen operaatioiden toteutuessa kiikku asettaa lähdölle tilan 1. Lähtö on tilassa 1 niin kauan, kunnes kiikun tuloon R (Reset) liitetyt operaatiot toteutuvat ja muuttavat lähdön taas tilaan 0.



Kuva 6.8 Kiikku eli flipflop

Näillä operaatioilla pääsee jo mukavasti ohjelmoinnin alkuun, mutta niiden lisäksi ohjelmoinnissa on käytössä myös lukuisa määrä esimerkiksi erilaisia

laskureita, ajastimia ja vertailutoimintoja. Niitä voidaan käyttää tarvittaessa vaikkapa erilaisten viiveiden tai kappaleiden laskemisen toteuttamiseen prosessin ohjelmoinnissa. Ohjelmointioperaatioita on olemassa niin valtava määrä, että on mahdoton käydä niitä läpi tässä vaiheessa siten, että ne olisivat vielä helposti ymmärrettävissä. Edellä esiteltyjen operaatioiden avulla saamme kuitenkin jonkinlaisen kuvan ohjelmoitavan logiikan ohjelmoinnista.

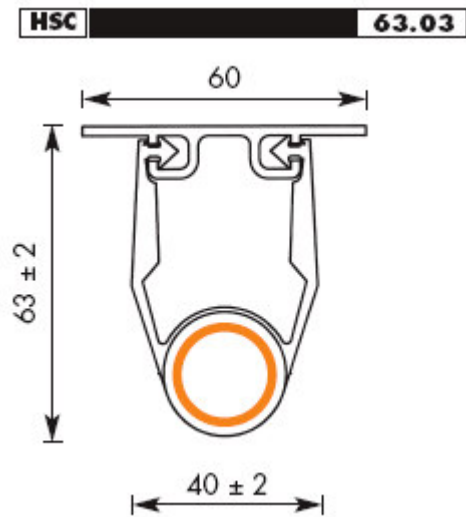
7 TYÖN TULOKSET

7.1 Kääntöpöytä

Kääntöpöydän turvallisuuden lisäämiseksi oli siis tarkoitus lisätä pöydän molempiin reunoihin niin kutsutut turvapuskurit. Aikaisemmin kohdassa 6.1.1 esillä oli kaksi erilaista turvapuskurin toteuttamistapaa. Kyseessä olevan kääntöpöydän tilanteessa parempana vaihtoehtona voidaan pitää saksalaisen HAAKE -nimisen yrityksen valmistamaa ja Suomessa ainakin SKS:n jälleenmyymää turvapuskuria, jonka toiminta perustuu avautuvan kontaktiketjun periaatteeseen. Tämä avautuvaan kontaktiketjuun perustuva toimintamalli on selkeä ja yksinkertainen, ja lisäksi se on helppo lisätä kääntöpöydän ohjaukseen jälkikäteen. Se on myös helppo saattaa oikeaan määrämittaansa lisäämällä vain tarvittava määrä rullia peräkkäin jonoon. Kyseessä olevan kääntöpöydän leveys on noin 4500 mm. Kyseistä puskuria saa vakiona aina 6 m:iin asti, joten sekään ei aiheuta ongelmia eikä lisäkustannuksia. Tarkoitushan on asentaa puskuri molemmille puolille pöytää, joten puskuria ja ketjua tarvitaan yhteensä 9000 mm (2x4500 mm).

Valittavan turvapuskurin malli on HSC 63.03, jonka rakennekuvan voimme nähdä kuvassa 7.1. Tässä mallissa alumiininen kiinnityslevy on suorapintainen ja sen korkeus on 60 mm, joten se on helppo kiinnittää kääntöpöydän reunaan. Levyn kiinnitys tapahtuu mukana tulevien kiinnitysruuvien avulla. Turvapuskurin ulkoiset mitat jäävät kohtuullisen pieniksi (63 mm x 40 mm), joten se saadaan hyvin sovitettua pöydän reunoihin siten, että se ei ota pöydän

kääntyessä kosketusta kiinteään kuljettimen tai siirtovaunun reunaan aiheuttaen turhia pysähdyksiä linjassa.



Kuva 7.1 Valitun turvapuskurin rakennekuva (HAAKE:n sähköinen esite)

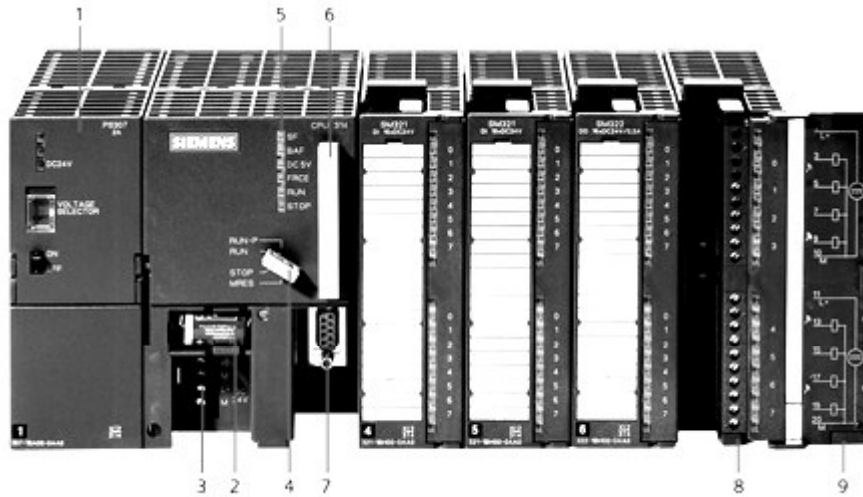
Aivan turvapuskurin etureunaan sijoitetun kontaktiketjun valmistusmateriaali on muovi, ja sen kontaktipinnat ovat hopeoitua kuparia. Ketjussa käytettävä nimellisjännite on 50 VAC / 75 VDC ja nimellisvirta on 0,5 A. Kyseisellä turvapuskurilla on melko laaja käyttölämpötila-alue (-20 °C..+55 °C), mikä mahdollistaa sen käytön useassa eri paikassa. Puskurin liittäminen toimilaitteeseen vaatii ainoastaan kaksi erillistä johdinta, joita on saatavilla aina 50 m:iin asti. Johtimien pituus siis riittää tässä tilanteessa vallan mainiosti. Puskuria saa sekä mustana että punaisena. Lisäksi sitä on saatavilla myös keltamustalla suojaraidoituksella varustettuna. Turvapuskurin liittäminen turvareleeseen voidaan toteuttaa yksinkertaisesti esimerkiksi liitteessä 2 esitetyn kytkentäkaavion mukaisesti.

7.2 Kuljetinjärjestelmä

7.2.1 Laitteiston valinta

Kuljetinjärjestelmän ohjaus on tehty tässä tehtävässä kokonaan uudelta pohjalta. Se on ehkä helpoin ja selkein tapa tässä tapauksessa, kun vanha ohjaus ja siinä käytetty ohjelmointiohjelma eroavat huomattavasti nykyajan ohjelmoinnista ja ohjelmista. Kuljetinjärjestelmän toiminta kuitenkin säilyy ennallaan, ja joitakin vanhoja laitteiston osia, esimerkiksi antureita, on mahdollista hyödyntää ja ne voidaan siirtää vanhasta laitteistosta uuteen. Niiden paikkakin voidaan säilyttää lähestulkoon entisellään. Mutta joka tapauksessa koko ohjelmoitava logiikka ja tietysti myös siihen tiiviisti liittyvät ohjelmat uusitaan.

Tehtävän toteuttamiseen valittiin logiikka, jonka valmistaja on Siemens. Siemens on nykypäivänä yksi käytetyimmistä automaatiolaitteiden valmistajista, ja sen tuotteet ovat hyvin laajalti tunnettuja ympäri maailman. Logiikan ohjelmointi toteutettiin luonnollisesti myös Siemensin omalla ohjelmointiohjelmalla. Siemensin mallivalikoimasta valittiin logiikaksi Simatic S7-300 -sarjan logiikka, joka antaa käyttäjälleen erittäin laajat käyttö- ja laajennusmahdollisuudet; jospa vaikka tulevaisuudessa tulisi tarvetta laajentaa laitteistoa. S7-300 on rakenteeltaan modulaarinen ja huoltovapaa logiikka. Sen asentaminen onnistuu niin pysty- kuin vaaka-asentoonkin käytössä olevan tilan vaatimusten mukaan. Asennustavasta riippuen logiikan sallittu ympäristölämpötila muuttuu hieman. Jos logiikka asennetaan pystyyn, niin lämpötila saa olla 0 – 40 °C. Jos taas kysymyksessä on vaaka-asennus, niin lämpötila saa olla 0 – 60 °C. Kuvassa 7.2 näemme Simatic S7-300-sarjan logiikan kokonaisuudessaan oikeaoppisesti koottuna eli siten, että virtalähde ja CPU on asennettu oikeaan reunaan. Pystyasennuksessa ne tulee asentaa alimmaisiksi.



Kuva 7.2 Simatic S7-300 -logiikka (Tampereen ammattikorkeakoulun koulutuspaketti)

Kuvaan on numeroitu kokonaisuuteen kuuluvia oleellisia osia:

1. Kuormavirtalähde
2. Varmuusparisto
3. 24 VDC liitântä
4. Käyttölajikytkin
5. Tilaa ilmaisevat ledit
6. Muistikortti
7. Monipisteliitântä
8. Liittimet
9. Etukansi

Mikäli tulevaisuudessa kohdataan tarvetta laitteiston laajennukselle useammilla yksiköillä, niin se tapahtuu helposti esimerkiksi PROFIBUS-kenttäväylän avustuksella.

7.2.2 Ohjelmointi

Itse ohjelmointi suoritettiin Siemensin omalla PC-pohjaisella ohjelmointiohjelmalla. Se on toteutettu aikaisemminkin esillä olleella funktiolohkokaavio-menetelmällä. Seuraavassa käymme läpi ohjelman vaihe

vaiheelta ja voimme seurata ohjelman etenemistä liitteenä 3 olevasta valmiista ohjelmasta.

Network 1

Ensimmäisessä piirissä toteutetaan laitteiston niin kutsuttu käynnistyspiiri. Eli kuljetusjärjestelmä saadaan kokonaisuudessaan käyntiin, mikäli tämän piirin lähtö saadaan toteutumaan. Ohjelmasta voimme nähdä, että käyntiä säätelemään on asetettu SR kiikku. Käynti toteutuu, mikäli painetaan START -painiketta, joka on liitetty kiikun S (Set) liityntään.

Kiikun resetin (R) viereen on lisätty pieni ympyrä, jota kutsutaan negaatioksi. Tämä negaatio muuttaa resettiin liitetyn operaation tilan päinvastaiseksi. Eli kiikun resetointi toteutuu, mikäli siihen liitetyn operaation tila on nolla tai muuttuu nollassa. Toisin sanoen tässä tapauksessa kiikku resetoituu, jos siihen liitetty JA -operaatio ei toteudu. Tällä toiminnolla varmistetaan, että jos joko seis- tai hätäseispainiketta painetaan, niin kiikku resetoituu ja pysäyttää laitteen käynnin.

Network 2

Seuraavassa piirissä ohjataan kuljettimen 1 (LIITE 1) toiminta. Tämä piiri näyttää jo paljon monimutkaisemmalta verrattuna edelliseen, mutta sen toiminta on lopulta aivan yksinkertaista, kunhan hieman ajattelee asiaa tarkemmin. Myös kuljettimen toimintaa ohjataan SR -kiikun avulla. Tässä piirissä kiikun S (Set) liityntään on liitetty TAI -portti, joten kiikun asettamiseksi on olemassa kaksi erilaista vaihtoehtoa. Molemmissa vaihtoehtoissa vaatimuksena on, että edellä esitelty käyntipiiri toteutuu. Itse asiassa se on vaatimuksena kaikkien piirien toteutumiseksi, mikä varmistaa sen, että kuljetinjärjestelmässä ei liiku yksikään laite, jos seis- tai hätäseispainiketta on painettu. Tämä on erittäin tärkeää työturvallisuuden toteutumisen kannalta.

Ylimpänä oleva vaihtoehto käynnistää kuljettimen 1 tilanteessa, jossa uusi pahvikuorma on saapumassa Witronilta ja edellinen kuorma on jo poistunut kuljettimelta 1 eli kuljetin on tyhjä.

Toinen vaihtoehto kuvaa tilannetta, jossa kuorma on jo kuljettimella 1 ja odottaa, että pääsee jatkamaan matkaansa eteenpäin. Vaatimuksena tälle on, että kuorma tosiaan on kuljettimella odottamassa sekä se, että edellinen kuorma on jo ehtinyt kokonaan kääntöpöydälle asti. Lisäksi ohjelmaan on lisätty varmuuden vuoksi vaatimus siitä, että kuljettimella 2 ei ole enää muita kuormia odottamassa vuoroaan.

Kuljetin 1 pysähtyy kahdessa eri tilanteessa. Toinen tilanteista on sellainen, että uusi kuorma saapuu perille kuljetin 1:lle ja kuljettimella 2 on vielä edellinen kuorma odottamassa etenemistään. Tässä tilanteessa kuljettimen on pysähdyttävä ja kuorman odotettava niin kauan, että kuljetin 2 vapautuu ja matka voi jatkaa. Toinen tilanne taas on luonnollisesti se, että kuorma voi esteettä jatkaa matkaansa aina perille asti kuljettimelle 2 eikä uusia kuormia ole tulossa Witronilta kuljettimelle 1. Näiden lisäksi tilanne resetoituu myös silloin, kun seis- tai hätäseispainiketta painetaan.

Network 3

Seuraavassa piirissä ohjaus jatkuu luonnollisesti kuljettimen 2 ohjauksella. Myös kuljettimen 2 ohjaus tapahtuu SR -kiikun avulla, ja se käynnistyy kahdessa erilaisessa tilanteessa. Kuljettimen käynnistyminen voi tapahtua silloin, kun kuljettimen 1 perille saapuu uusi kuorma, eikä kuljettimella 2 ole edellinen kuorma enää odottamassa eli kuljetin on tyhjä. Toinen mahdollinen käynnistyminen kuljettimelle 2 on tilanne, jossa sen päällä on kuorma jo valmiina odottamassa eikä kääntöpöydällä ole muita kuormia, eli edellinen kuorma on jo kerinnyt jatkaa matkaansa siirtovaunulle. Lisäksi on oltava tietysti olemassa ehto, että kääntöpöytä on kotiasemassaan. Tällä estetään mahdollisuus sille tilanteelle, että kuljetin 2 työntäisi kuorman suoraan lattialle kääntöpöydän ollessa kääntyneenä siirtovaunun luokse.

Kuljettimen 2 toiminta pysähtyy tilanteessa, jossa kuorma saapuu kokonaan perille kääntöpöydälle, eikä kuljettimelta 1 ole enää tulossa uusia kuormia kuljettimelle 2. Kuljettimen 2 toiminta lakkaa myös siinä tilanteessa, kun uusi kuorma saapuu perille asti kuljettimelle 2, ja samanaikaisesti kääntöpöydällä on

vielä edellinen kuorma kyydissä tai kääntöpöytä ei olekaan kotiasemassa. Tässä tapauksessa kuorma jää odottamaan etenemisvuoroaan kuljettimen 2 päälle.

Network 4

Neljännessä piirissä ohjataan kääntöpöydän kuljettimen oikeanlainen toiminta. Kuljetin lähtee käyntiin tilanteessa, jossa kuljettimelta 2 on tulossa uusi kuorma, ja kääntöpöytä on kotiasemassaan eikä kääntöpöydällä ole jo kuormaa kyydissä. Toinen mahdollinen tilanne kuljettimen käynnistymiselle on sellainen, että kääntöpöydässä on kuorma kyydissä ja se suorittanut kääntöliikkeen loppuun asti. Tässä tilanteessa käynnistämiseksi on vaatimuksena myös se, että kelkka on kotiasemassa eikä kelkan kyydissä ei ole enää edellistä kuormaa.

Kääntöpöydän kuljetin pysähtyy tilanteessa, jossa uusi kuorma saapuu kuljettimelta 2 pöydän kyytiin ja jatkaa matkaansa pöydän perille asti. Toinen mahdollinen kuljettimen pysähtyminen voi tapahtua silloin, kun pöytä on luovuttanut kuorman kyydistään kelkan kyytiin, ja kuorma on saapunut perille asti kelkkaan. Tässä vaiheessa on varmuuden vuoksi ehtona myös se, että kääntöpöytä on tosiaan kääntyneenä.

Network 5

Seuraavaksi ohjataan kääntöpöydän kääntyminen. Kääntyminen tapahtuu ainoastaan siinä tilanteessa, että kääntöpöytä on kotiasemassaan ja se on juuri ottanut kyytiinsä uuden pahvikuorman.

Kääntöliike pysähtyy joko silloin, kun se saapuu perille kelkan luokse tai silloin, kun pöydän reunassa oleva turvapuskuri tunnistaa jonkin esteen pöydän kääntöradalla.

Network 6

Piiri kuusi suorittaa kääntöpöydän paluuliikkeen takaisin kotiasemaan. Paluuliike käynnistyy tilanteessa, jossa kuorma on siirtynyt kokonaan pöydältä kelkan kyytiin ja lisävaateeksi on taas varmuuden vuoksi asetettu se, että lähtötilanteessa pöytä on tosiaan kääntyneenä.

Paluukääntö loppuu siihen, kun pöytä on palannut takaisin kotiasemaansa tai vaihtoehtoisesti siihen, että turvapuskuri havaitsee matkalla jonkin esteen.

Network 7

Seuraavalla piirillä ohjataan takakelkan kuljettimen toiminta kuormaustilanteessa. Kuormauksen suorittaminen voidaan aloittaa, mikäli kelkassa ei ole enää edellistä kuormaa kyydissä, ja kelkan on tietysti lisäksi oltava kotiasemassaan. Näiden ehtojen lisäksi on ohjelmaan varmuuden vuoksi asetettu ehdoiksi myös, että kääntöpöytä on varmasti kääntyneenä kelkan viereen ja kääntöpöydällä on myös kuorma kyydissä, jotta on jotain mitä kuormata kelkkaan.

Kelkan kuormaaminen loppuu siinä tilanteessa, kun kuorma eli tässä tapauksessa pahvipino on saatu kokonaisuudessaan kelkan kyytiin. Tietysti myös tämä kuormaustoiminta loppuu, mikäli seis- tai hätäseisnappia painetaan.

Network 8

Tässä piirissä määritellään kelkassa olevan varoitussummerin toiminta. Ohjaus on toteutettu siten, että sumneri soi aina, kun kelkka liikkuu eteenpäin tai taaksepäin

Network 9

Tässä piirissä ohjataan kelkan kulku eteenpäin kohti oikeaa varastorataa. Jotta kelkka saadaan hidastamaan oikea-aikaisesti sekä sen jälkeen pysähtymään oikean varastoradan kohdalle, niin kulun ohjaamiseen on käytettävä apuna laskuria. Jokaisen varastoradan kohdalle on lattiaan kelkan kulkuradalle kiinnitetty metallipala, jonka kelkkaan asennettu induktiivinen anturi tunnistaa kelkan kulkiessa sen ylitse. Haluttu radan numero on etukäteen määrätty valvomosta käsin, ja sen tiedon perusteella laskuri laskee oikean kohdan, milloin se alkaa hidastaa vauhtiaan. Metallipalat on sijoitettu lattiaan siten, että hidastus alkaa jo haluttua rataa edeltävän radan kohdalla. Ohjelmassa käytetty laskuri on niin kutsuttu taaksepäin laskeva laskuri. Tämä tarkoittaa sitä, että sille määritellään alkuarvo, ja annettu arvo vähenee aina yhdellä joka kerta, kun

anturi tunnistaa lattiaan kiinnitetyn metallipalan. Kelkka kulkee eteenpäin niin kauan, kunnes saavutetaan laskurin arvoksi nolla.

Laskuri saa arvoksi nolla, eli samalla kelkka pysähtyy, mikäli seis- tai hätäseisnappia painetaan tai jos turvatutka havaitsee kelkan kulkuradalla jonkin esteen.

Network 10

Piirissä 10 tapahtuu kelkan hitaan etenemisen ohjaus. Hidastus alkaa välittömästi, kun edellisessä piirissä oleva laskuri on saavuttanut arvokseen nolla. Lisäksi ehdoksi on asetettu, että laskurin nollautuminen ei saa johtua siitä, että turvatutka on havainnut esteen. Tällä on varmistettu se, että kelkka ei jatka matkaansa hitaalla nopeudella, jos tutka on havainnut kelkan edessä vaikkapa ihmisen.

Kelkka on saavuttanut oikean varastoradan ja pysähtyy, kun sen asemantunnistinanturi seuraavan kerran tunnistaa lattiaan kiinnitetyn metallipalan. Tämän lisäksi kelkan hidas eteneminen loppuu myös silloin, kun turvatutka havaitsee esteen tai jos seis -nappia painetaan.

Network 11

Kun kelkka on saavuttanut määränpänsä, eli sille määrätyn varastoradan, niin seuraavaksi tapahtuu kuorman purkaminen kelkan kyydistä radalle. Purku alkaa heti, kun kelkka saapuu perille. Lisäehtoina ohjelmassa tietysti on, että varastoradalla on tilaa kuormalle ja varmuuden vuoksi myös se, että kelkan kyydissä tosiaan on kuorma.

Kelkan purku loppuu, kun kuorma on saatu kokonaisuudessaan radalle. Varmuuden vuoksi ohjelma vielä tarkistaa, että kuorma ei enää ole osittainkaan kelkan kyydissä, vaan se on täysin varastoradan puolella.

Network 12

Kun kelkka on saatu purettua kuormastaan kokonaan, seuraavaksi se ohjataan palaamaan takaisin kohti kotiasemaansa. Paluu aloitetaan heti, kun purku on suoritettu ja se loppuu, kun kelkkaan asennettu paluun tunnistin tunnistaa lattiassa olevan metallin. Kulku loppuu tietysti myös silloin, jos turvatutka 2 havaitsee esteen kelkan paluuradalla.

Network 13

Viimeisenä vaiheena ohjelmassa ohjataan kelkan hidastus, kun se on palaamassa kotiasemaansa. Kelkan hidastus alkaa välittömästi, kun paluuntunnistinanturi aktivoituu ja kelkan nopea paluuliike on loppumaisillaan.

Luonnollisesti kelkan hidas paluuliike loppuu, kun kelkka saavuttaa kotiasemansa. Hidas liike loppuu tietysti myös siinä tilanteessa, jos tutka havaitsee esteen kelkan ja sen kotiaseman välillä.

Näin saimme käytyä vaihe vaiheelta läpi ohjelman, jolla aaltopahvikoneen vastaanottokuljettimien toiminta saadaan toimimaan halutulla tavalla. Kun kelkka on palannut takaisin kotiasemaansa, se on taas valmis ottamaan kyytiinsä uuden kuorman ja sen kierto alkaa alusta. Kelkan kuljettaessa kuormia oikeille radoille edellä olevat kuljettimet voivat kerätä kyytiinsä uusia kuormia odottamaan eteenpäin pääsyä. Koska kuljettimet, kääntöpöytä ja kelkka pystyvät toimimaan yhtäaikaisesti ja täysin automaattisesti, niin itse aaltopahvikonetta pystytään käyttämään tasaisesti ilman turhia pysäytyksiä. Eli jos varastoradoilla riittää tilaa eikä kuljettimilla esiinny mitään suurempia ongelmia, niin kuljetinjärjestelmä pystyy kuljettamaan kuormat oikeille radoille riittävän nopeasti. Tämä takaa aaltopahvikoneelle häiriöttömän käynnin, ja mikä tärkeintä, sen myötä tasaisen laadun.

8 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä opinnäytetyössä saavutettua tulosta voidaan pitää yleisesti ottaen varsin onnistuneena. Kääntöpöydän turvallisuutta saadaan lisättyä melko yksinkertaisilla ja kustannuksiltaan edullisilla muutoksilla huomattavasti verrattuna alkuperäiseen turvallisuustasoon. Pöydän molempiin reunoihin lisättävät turvapuskurit parantavat työntekijöiden turvallisuutta heidän työskennellessään kääntyvän pöydän lähetyvillä. Ilman puskureita on mahdollista, että pöytä voi kääntyä vaikkapa jonkun jalan päälle murtaen sen massallaan takuuvarmasti. Kun reunoissa on turvapuskurit, niin ne tunnistavat mahdollisen esteen pöydän edessä ja pysäyttävät pöydän välittömästi. On syytä muistaa, että työturvallisuus on asia, jota ei voi koskaan ottaa liian vakavasti.

Kuljetinjärjestelmän automaattisen ohjauksen osalta saavutettiin myös melko hyvä lopputulos. Ohjelman kulku on käyty läpi useaan otteeseen ja kaikki mahdolliset huomiota vaativat seikat on ohjelman toimivuuden kannalta mietitty tarkasti ja monelta kannalta. Ainoana miinuksena voidaan pitää sitä seikkaa, että ohjelmaa ei ole teknisistä syistä voitu vielä koekäyttää todellisissa käytännön tilanteissa. On melko varmaa, että ohjelmaan joudutaan käyttöönoton yhteydessä tekemään viimeisteleviä muutoksia, sillä testausvaiheessa tulee aina esiin joitakin yllättäviä seikkoja, joita on lähes mahdoton huomioida ohjelman tekovaiheessa. Joka tapauksessa ohjelmaa voidaan pitää erittäin luotettavana ja toimivana lähtökohtana kuljetinjärjestelmään tulevaisuudessa tehtävään muutostyöhön.

9 LÄHDELUETTELO

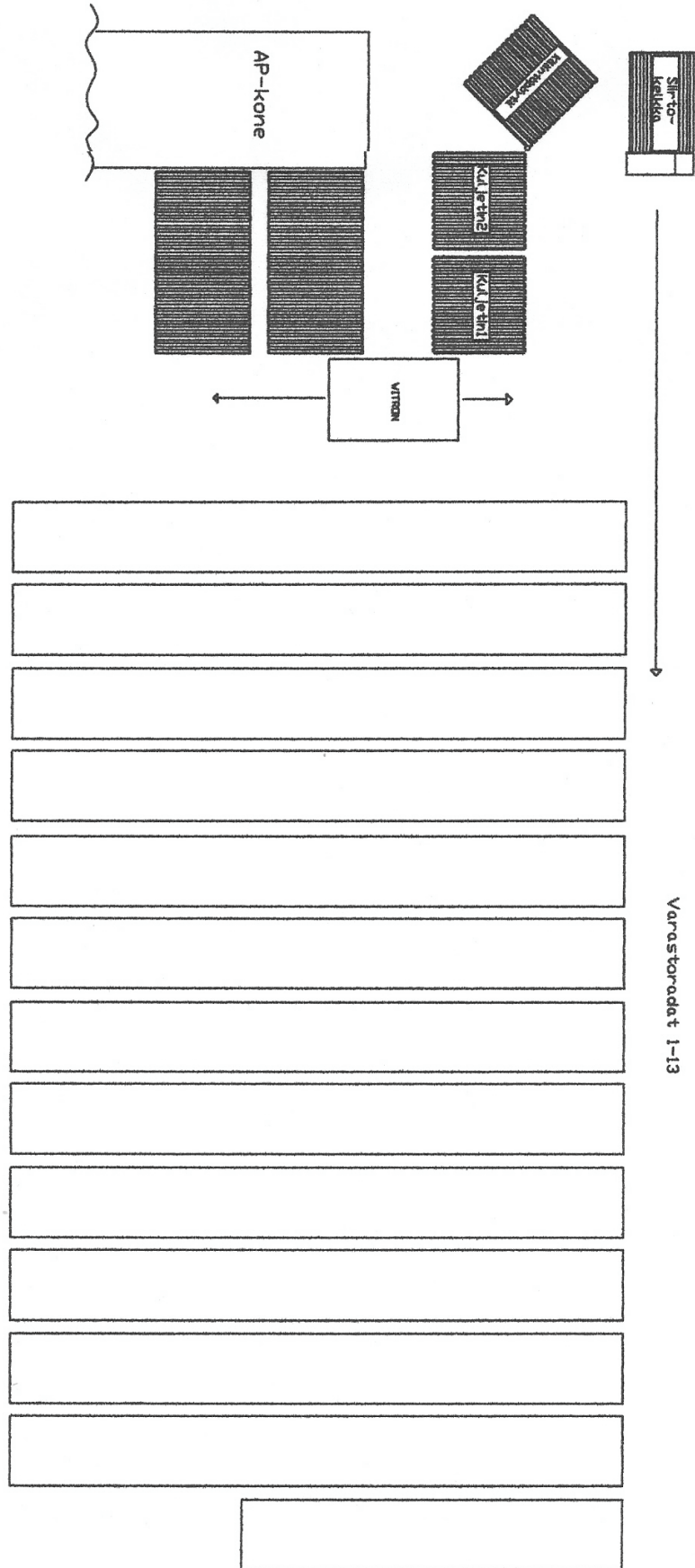
Painetut lähteet:

1. Aaltonen, Kalevi, - Airila, Mauri, - Andersin, Hans, - Ekman, Kalevi, - Kauppinen, Veijo, - Liukko, Timo, - Pohjala, Petri, Tuotantoautomaatio. Karisto oy, 1992.
2. Automaation perustieto. Suomen sähköurakoitsijaliitto ry. Espoo 1991.
3. Fonselius, Jaakko, - Pekkola, Kari, - Selosmaa, Seppo, - Ström, Markku, - Välimaa, Taisto, Koneautomaatio, Automaatiolaitteet. Oy Edita Ab, Helsinki, 1996.
4. Fonselius, Jaakko, - Rinkinen, Jari, - Vilenius, Matti, Koneautomaatio, Servotekniikka. Oy Edita Ab, Helsinki, 1998.
5. Kotamäki, Miikka, - Nyberg, Timo R, Koneautomaatio 2000. Valtion painatuskeskus, Helsinki, 1992.
6. Laakso, Osmo, - Rintamäki, Taisto, Aaltopahvin valmistus ja jalostus. Gummerus kirjapaino oy, Jyväskylä, 2000.
7. Mäkelä, Seppo, Tampereen ammattikorkeakoulu, opetusmateriaali. Tampere, 2000-2004.

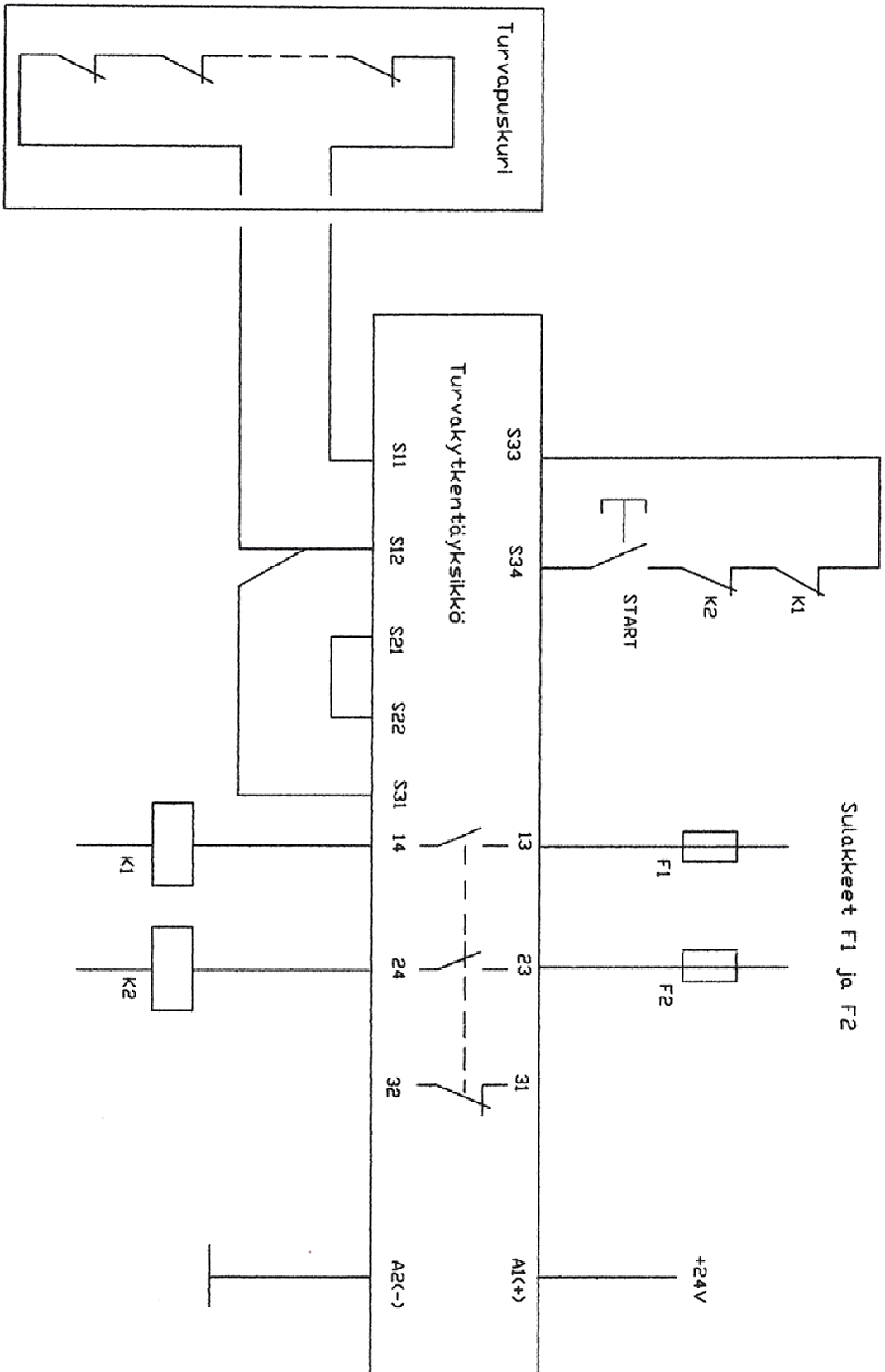
Painamattomat lähteet:

1. <http://www.aaltopahvi.fi>
2. <http://www.cpc.corrugated.org>
3. <http://www.fefco.org>
4. <http://www.gelbau.com>
5. <http://www.sks.fi>
6. <http://www.storaenso.com>

LIITE 1



LIITE 2



K1 ja K2=Kääntöpyöydän jousipiirin kontaktorit, kohdennettu turvapiiri
 START=käynnistys-/uudelleenkäynnistyspainike

LIITE 3/1

SIMATIC AP2\SIMATIC 300 Station\CPU314(1)\...\OB1 - <offline> 03/06/2005 22:14:11

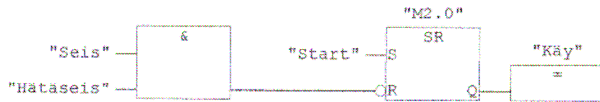
OB1 - <offline>

Name: Family:
 Author: Version: 0.1
 Block version: 2
 Time stamp Code: 9.6.2004 11:26:33
 Interface: 15.2.1996 16:51:12
 Lengths (block/logic/data): 00676 00532 00020

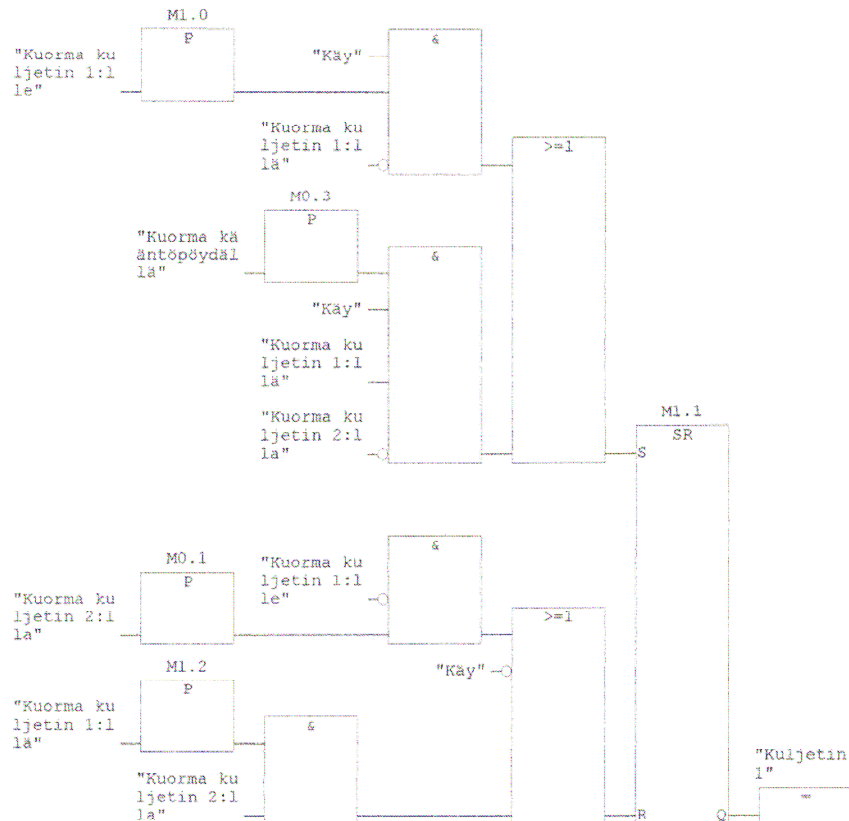
Address	Declaration	Name	Type	Initial value	Comment
0.0	temp	OB1_EV_CLASS	BYTE		Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
1.0	temp	OB1_SCAN_1	BYTE		1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2 -n of OB 1)
2.0	temp	OB1_PRIORITY	BYTE		Priority of OB Execution
3.0	temp	OB1_OB_NUMBR	BYTE		1 (Organization block 1, OB1)
4.0	temp	OB1_RESERVED_1	BYTE		Reserved for system
5.0	temp	OB1_RESERVED_2	BYTE		Reserved for system
6.0	temp	OB1_PREV_CYCLE	INT		Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
8.0	temp	OB1_MIN_CYCLE	INT		Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
10.0	temp	OB1_MAX_CYCLE	INT		Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
12.0	temp	OB1_DATE_TIME	DATE AND TIME		Date and time OB1 started

Block: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"
 AP2 -koneen kuljetinjärjestelmä

Network: 1 Käynnistyspiiri
 Käynnistyspiirillä kuljetinjärjestelmä saatetaan automaattikäyttöön.



Network: 2 Kuljetin 1
 Tässä piirissä ohjataan kuljettimen 1 automaattinen toiminta.



LIITE 3/2

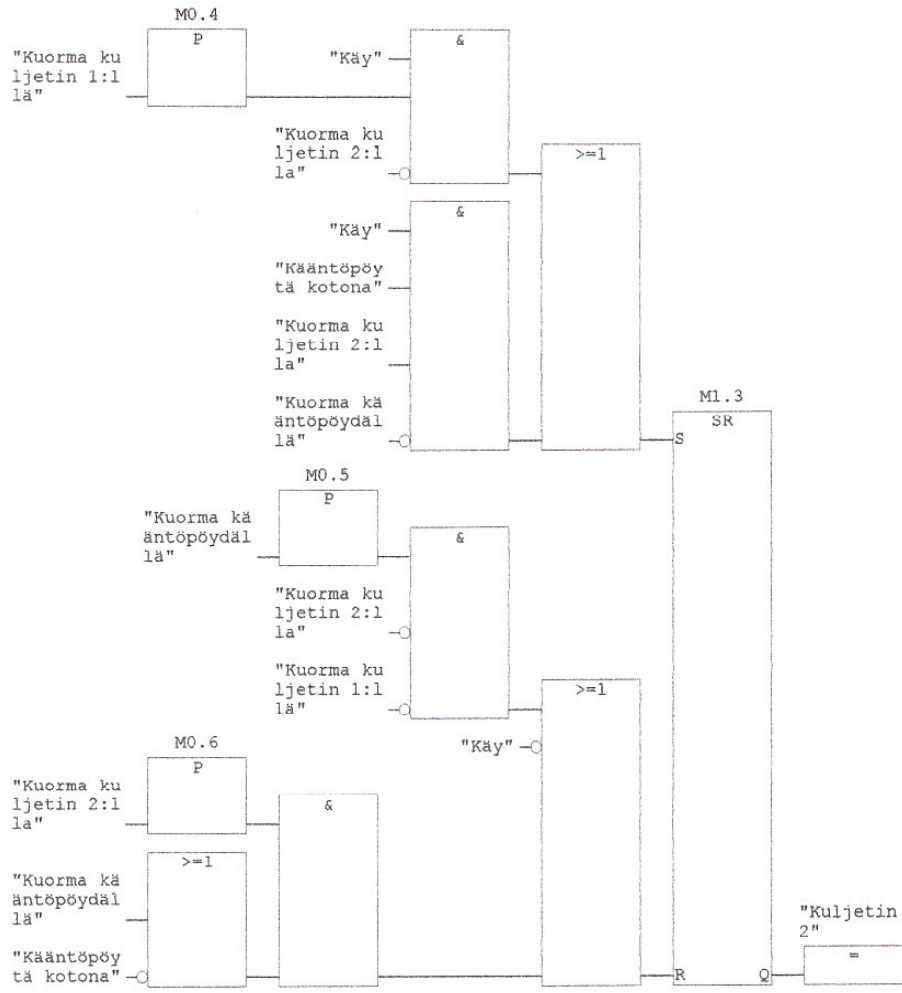
SIMATIC

AP2\SIMATIC 300 Station\CPU314(1)\...\OB1 - <offline>

03/06/2005 22:22:2

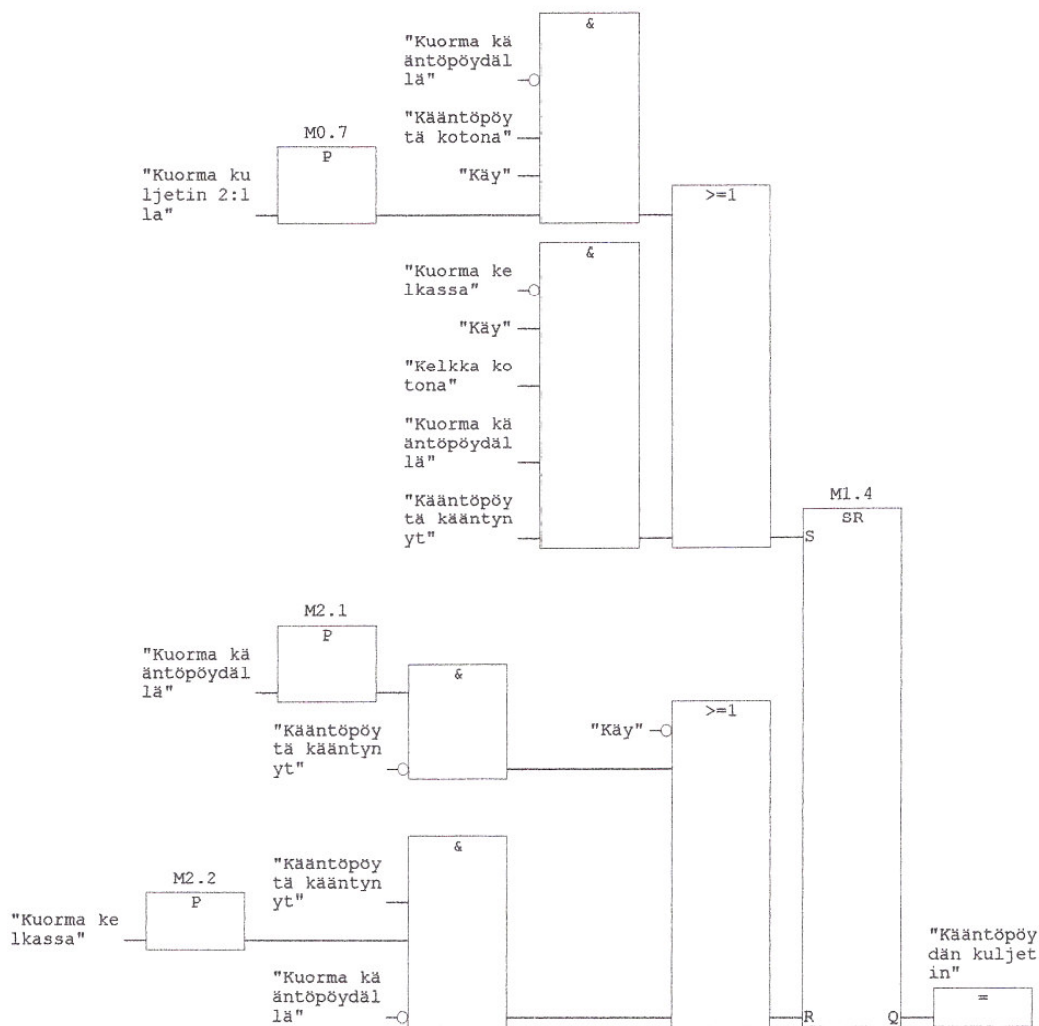
Network: 3 Kuljetin 2

Tässä piirissä ohjataan kuljettimen 2 automaattinen toiminta.

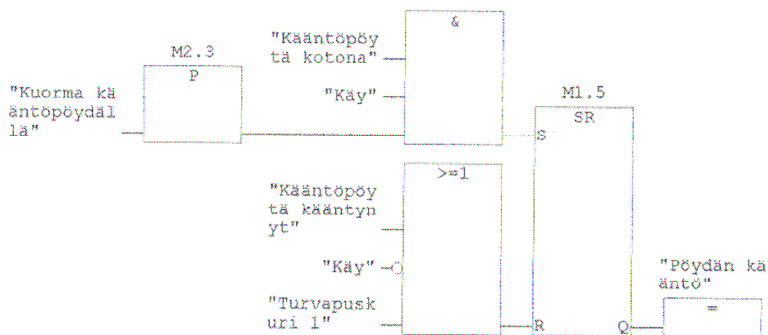


LIITE 3/3

Network: 4 Kääntöpöydän kuljetin
 Tällä piirillä ohjataan kääntöpöydän kuljettimen automaattinen toiminta.

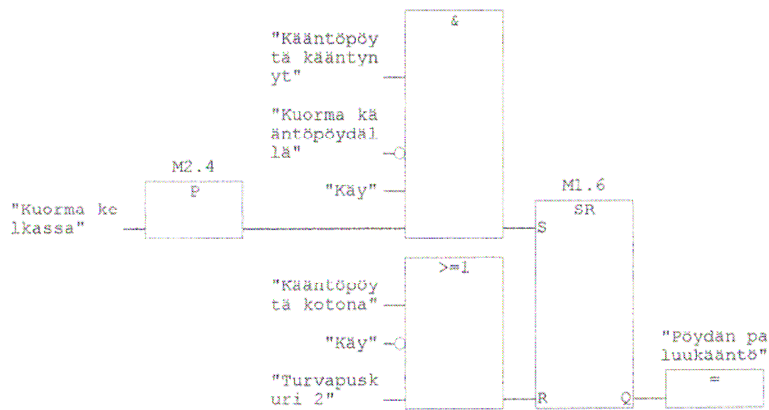


Network: 5 Kääntöpöydän kääntö
 Tällä piirillä ohjataan kääntöpöydän kääntymistä.

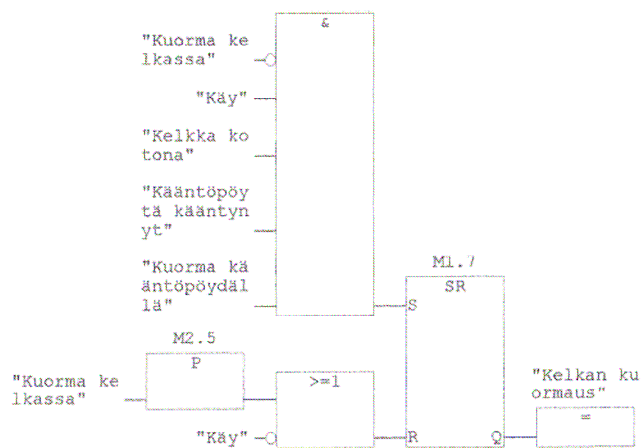


LIITE 3/4

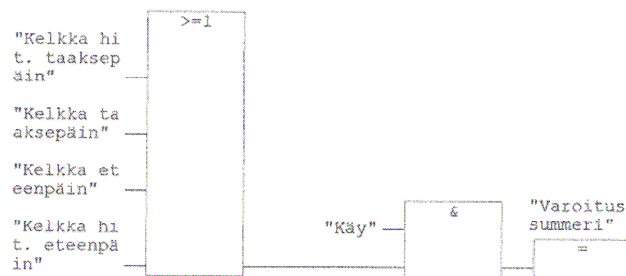
Network: 6 Kääntöpöydän paluukaantö
 Tällä piirillä ohjataan kääntöpöydän paluu kotiasemaan.



Network: 7 Kelkan kuljetin
 Tällä piirillä ohjataan kelkan kuljetinta kuormaustilanteessa.

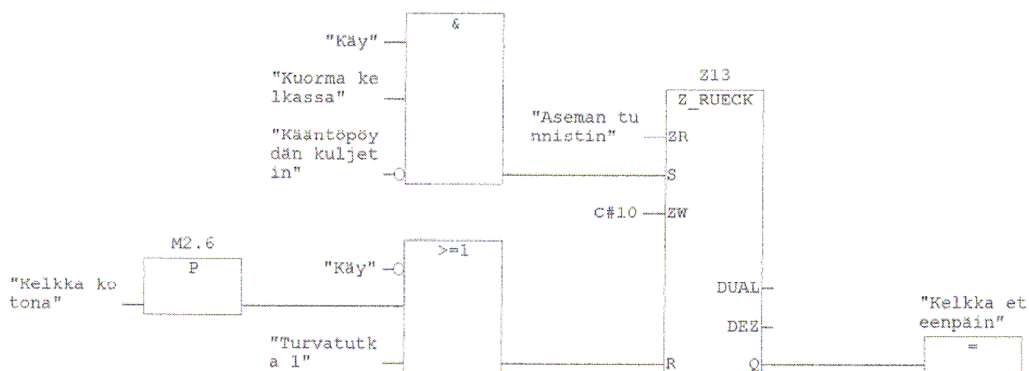


Network: 8 Varoitussummeri

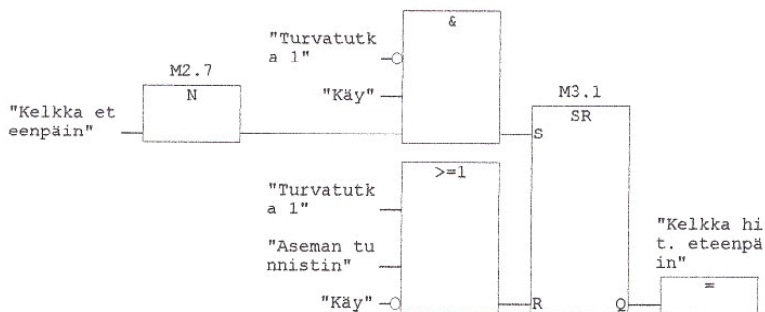


LIITE 3/5

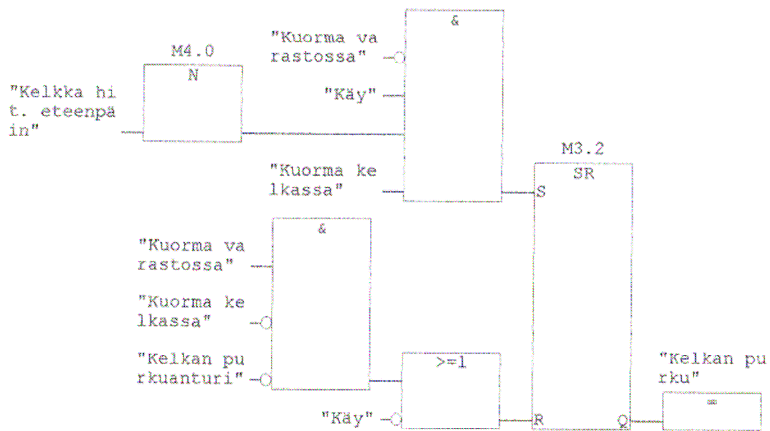
Network: 9 Kelkan kulku eteenpäin
 Tällä piirillä ohjataan kelkan kulku eteenpäin.



Network: 10 Kelkan hidastus
 Tässä piirissä ohjataan kelkan oikea-aikainen hidastus.

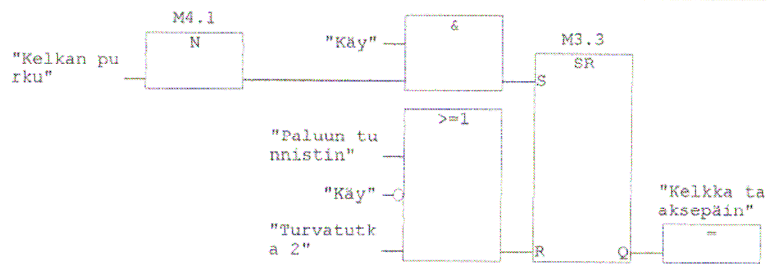


Network: 11 Kelkan purku
 Tällä piirillä ohjataan kelkan purkua.

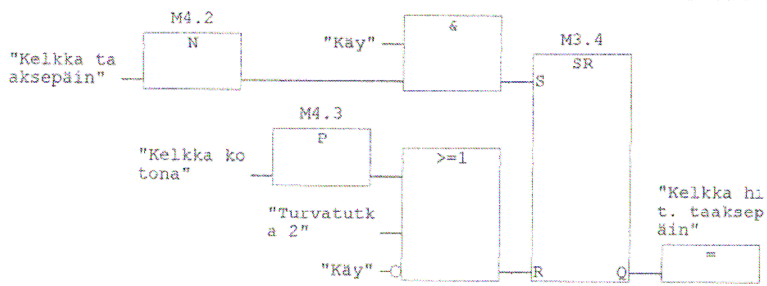


LIITE 3/6

Network: 12 Kelkan kulku taaksepäin
 Tällä piirillä ohjataan kelkan kulkua takaisin kotiasemaan.



Network: 13 Kelkan hidastus
 Tässä piirissä ohjataan kelkan oikeahetkinen hidastus palattaessa kotiasemaan.



LIITE 3/7

Properties of symbol table

Name:	Symbols
Comment:	
Created on:	02.06.2004 08:21:39
Last modified on:	06.03.2005 23:00:42
Last filter criterion:	All Symbols
Number of symbols:	34/ 34
Last Sorting:	Symbol Ascending

Symbol	Address	Data type	Comment
Aseman tunnistin	E 125.7	BOOL	Anturi 9
Hätäseis	E 124.2	BOOL	
Kelkan kuormaus	A 124.5	BOOL	
Kelkan purku	A 125.2	BOOL	
Kelkan purkuanturi	E 126.0	BOOL	Anturi 7
Kelkka eteenpäin	A 124.6	BOOL	
Kelkka hit. eteenpäin	A 125.0	BOOL	
Kelkka hit. taaksepäin	A 125.4	BOOL	
Kelkka kotona	E 125.1	BOOL	Anturi 10
Kelkka taaksepäin	A 125.3	BOOL	
Kuljetin 1	A 124.0	BOOL	
Kuljetin 2	A 124.1	BOOL	
Kuorma kelkassa	E 125.2	BOOL	Anturi 8
Kuorma kuljetin 1:lle	E 124.3	BOOL	Anturi 1
Kuorma kuljetin 1:llä	E 124.4	BOOL	Anturi 2
Kuorma kuljetin 2:lla	E 124.5	BOOL	Anturi 3
Kuorma kääntöpöydällä	E 124.6	BOOL	Anturi 4
Kuorma varastossa	E 126.1	BOOL	Anturi 11
Käy	M 0.0	BOOL	
Kääntöpöydän kuljetin	A 124.2	BOOL	
Kääntöpöytä kotona	E 124.7	BOOL	Anturi 5
Kääntöpöytä kääntynyt	E 125.0	BOOL	Anturi 6
M2.0	M 2.0	BOOL	
Paluun tunnistin	E 126.2	BOOL	Anturi 14
Pöydän kääntö	A 124.3	BOOL	
Pöydän paluukääntö	A 124.4	BOOL	
Seis	E 124.1	BOOL	
Start	E 124.0	BOOL	
Turvapuskuri 1	E 125.3	BOOL	
Turvapuskuri 2	E 125.4	BOOL	
Turvatuika 1	E 125.5	BOOL	
Varoitus sumeri	A 125.1	BOOL	
Turvatuika 2	E 126.3	BOOL	