

---

# **RULLAPAKKAUSKONEEN MODERNISOINTI**

esiselvitys



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Valkeakoski, Kevät 2015

*Tero Heinonen*

Tero Heinonen



**VALKEAKOSKI**  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Tero Heinonen	<b>Vuosi</b> 2015
<b>Työn nimi</b>	Rullapakkauskoneen modernisointi, esiselvitys	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Walki Oy Valkeakoski, joka on osa kansainvälistä paperinjalosteita tuottavaa yritystä Walki Groupia. Opinnäytetyön toimeksiantaja halusi esiselvityksen Walki Oy Valkeakosken pakkauskonelinjan modernisointitarpeista.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä modernisoinnin esiselvitys rullapakkauskoneen automaatiosta. Työssä selvitettiin, mitä tuotantoon ja turvallisuuteen liittyviä modernisointitarpeita pakkauskoneesta löydettiin.

Työn teoriaosuudessa kerrotaan, mikä on modernisoinnin tarkoitus, mitä vaatimuksia modernisoinneille on asetettu ja mitä vaiheita modernisointiin kuuluu. Teoriaosuudessa kerrotaan myös koneen riskien arvioinnista, joka tulee suorittaa modernisointiprosessin eri vaiheissa. Lisäksi työssä kerrotaan automaatiomodernisointeihin useasti liittyvistä ohjausjärjestelmistä, turvalaitteista ja turvatoimintojen valvontalaitteista.

Työn tuloksena syntyi esiselvitys, jossa kerrotaan, mitä modernisointitarpeita pakkauskoneesta löytyi. Lisäksi työssä mietittiin mahdollisia ratkaisuja tärkeimmille kehityskohteille. Esiselvitystä pystytään hyödyntämään, kun tehdään päätöksiä mahdollisista investoinneista.

**Avainsanat** Rullanpakkauskone, modernisointi, esiselvitys, koneturvallisuus

**Sivut** 55 s. + liitteet 12 s.

VALKEAKOSKI

Degree programme in Automation Engineering

---

<b>Author</b>	Tero Heinonen	<b>Year</b> 2015
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	Modernization of roll packaging machine, preliminary study	

---

ABSTRACT

This thesis was commissioned by Walki Ltd. Valkeakoski, which is part of international paper processing company Walki Group. Thesis subscriber wanted a statement about modernization of roll packaging machine in Walki Ltd. Valkeakoski.


The aim was to make a preliminary study about the modernization of roll packaging machine. In this thesis was studied what modernization needs was found in the production and safety.

The theory section discusses what the purpose of modernization is, what requirements is set for modernizations and what the phases of modernization are. The theoretical part describes the machine's risk assessment, which must be carried out at different phases of the modernization process. In this Thesis is also told about control systems, safety equipment and safety functions in control systems.

As a result, a preliminary study was made, where is told what modernization needs was found in Walki Ltd Valkeakoski roll packing machine. This Thesis also presents the possible solutions to major development sites. This preliminary study can be utilized when making decisions on potential investments.

**Keywords** Roll packaging machine, modernization, preliminary study.

**Pages** 55 p. + appendices 12 p.



---

Sanasto.

AS-i = Actuator sensor interface

KNL = Käytettävyys, nopeus, laatu

I/O = Input & output, tulot ja lähdöt

PL = Performance level, suorituskyvyn taso

PLC = Programmable logic controller, ohjelmoitava logiikka

SIL = Safety integrity level, turvallisuuden eheystaso

TIA = Totally integrated automation

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	WALKI OY.....	1
3	PAPERINJALOSTUS.....	2
3.1	Paperinjalostuksen tarkoitus.....	2
3.2	Paperinjalostuksen yksikköprosessit.....	2
3.2.1	Aukirullain.....	2
3.2.2	Telastot.....	2
3.2.3	Koronointi.....	2
3.2.4	Sively.....	3
3.2.5	Kuivatus.....	3
3.2.6	Ekstruusio.....	3
3.2.7	Laminointi.....	3
3.2.8	Painatus.....	3
3.2.9	Kiinnirullain.....	4
3.2.10	Pituusleikkuri.....	4
4	RULLAN PAKKAAMINEN.....	4
4.1	Rullapakkauksen rakenne.....	4
4.2	Pakkauskoneet.....	5
4.3	Walkin pakkauskoneen rakenne.....	6
4.4	Walkin pakkausprosessin kulku.....	8
4.4.1	Lamellikuljetin.....	8
4.4.2	Nostopöytä.....	9
4.4.3	Keskitysasema.....	10
4.4.4	Käärintäasema.....	10
4.4.5	Käärerullatelineet.....	11
4.4.6	Paistoasema.....	12
4.4.7	Vaakakuljetin.....	12
4.4.8	Etiketinsuuntauslaite.....	13
4.4.9	Varastokuljetin.....	14
4.4.10	Pystyynnostaja.....	14
5	MODERNISOINTI.....	15
5.1	Modernisoinnin tarkoitus.....	15
5.2	Modernisointiin liittyviä vaatimuksia.....	16
5.3	Modernisoinnin vaiheet.....	17
5.3.1	Esiselvitys.....	17
5.3.2	Tarjouspyyntö.....	17
5.3.3	Tarjous.....	18
5.3.4	Tilaus.....	18
5.3.5	Sopimus.....	18
5.3.6	Suunnittelu.....	18
5.3.7	Toteutus.....	18
5.3.8	Käyttöönotto.....	18

5.3.9	Käyttö .....	19
6	KONEIDEN RISKIEN ARVIOINTI JA HALLINTA .....	19
6.1	Yleistä.....	19
6.2	Riski .....	19
6.3	Riskien arviointi .....	20
6.3.1	Vaarojen tunnistaminen.....	20
6.3.2	Vahinkojen vakavuus .....	21
6.3.3	Vahinkojen toteutumisen todennäköisyys .....	22
6.3.4	Riskin suuruuden määrittäminen .....	23
6.3.5	Toimenpiteet riskien vähentämiseksi .....	23
6.4	Toiminnallisen turvallisuuden luokittelu .....	24
7	OHJAUSJÄRJESTELMÄT .....	25
7.1	Relelogiikka .....	25
7.2	Ohjelmoitava logiikka .....	26
7.3	S7-300 .....	26
7.3.1	S7-400.....	27
7.3.2	S7-1200.....	28
7.3.3	S7-1500.....	28
7.3.4	ET-200.....	29
7.4	Käyttöliittymä.....	29
7.5	Kenttäväylät .....	31
7.6	Ohjelmistot .....	32
7.6.1	STEP 5.....	32
7.6.2	STEP 7 Classic .....	33
7.6.3	WinCC Flexible.....	33
7.6.4	Tia Portal .....	34
7.6.5	Tia selection tool .....	35
8	TURVALAITTEET .....	36
8.1	Erilaisia turvalaitteita .....	36
8.1.1	Toimintaankytkentälaitteet .....	36
8.1.2	Tunnistavat turvalaitteet .....	37
8.1.3	Käyttäjän tiettyyn paikkaan sitovat turvalaitteet .....	37
8.2	Turvalaitteiden ryhmittely .....	37
8.2.1	Lähestymispysäytys.....	37
8.2.2	Aluevalvonta.....	38
8.2.3	Rajavalvonta .....	38
8.2.4	Käyttöpaikassa olemisen valvonta .....	38
9	TURVATOIMINTOJEN VALVONTALAITTEET.....	38
9.1	Pakkotoiminen rele.....	39
9.2	Ohjelmoitava logiikka .....	39
9.3	Turvarele .....	39
9.4	Ohjelmoitava turvalogiikka.....	39
9.5	Turvaväylä.....	40
10	ESISELVITYS .....	41
10.1	Aloitukset .....	41

10.2 Pakkauskoneeseen tutustuminen .....	41
10.3 Pakkauskoneen aineistomateriaali.....	41
10.4 Pohjapiirustuksen luonti.....	42
11 MODERNISOINTITARPEIDEN SELVITYS .....	42
11.1 Pakottavat syyt .....	43
11.2 Aineettomat syyt .....	45
11.3 Tuotantoon liittyvät syyt .....	47
11.4 Turvallisuutta parantavia tekijöitä.....	49
11.5 Pakkauskoneen vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi .....	50
12 MODERNISOINNIN TAVOITTEET .....	51
12.1 Ohjausjärjestelmän uusiminen .....	51
12.2 Turvalaitteet .....	51
12.3 Kääreensyötön ohjaus .....	53
12.4 Viikkaus .....	53
12.5 Pakkauskoneen anturointi .....	53
12.6 Varastokuljetin .....	54
13 POHDINTA.....	54
LÄHTEET .....	55

Liite 1	Pakkauskoneen riskien arviointi ennen modernisointia.
Liite 2	Pakkauskoneen I/O-luettelo
Liite 3	Kuljettimien I/O-luettelo

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Walki Oy:n Valkeakosken tuotantoyksikkö. Tälle opinnäytetyölle ilmeni tarvetta, koska Walki Oy:n rullapakkauskoneen elinkaari on päättymässä. Rullanpakkauskone on alun perin valmistettu vuonna 1974, ja viimeinen isompi modernisointi koneeseen on tehty vuonna 1983, vaikka muuta konekantaa Walkilla on päivitetty säännöllisesti.

Työn tavoitteena oli tehdä esiselvitys pakkauskonelinjaston automaation modernisoinnista. Tarkoituksena oli selvittää, mitä modernisointitarpeita pakkauskonelinjasta löytyy kiinnittämättä liikaa huomiota pienempiin yksityiskohtiin. Samalla löydettyjen modernisointitarpeiden perusteella mietittiin, mitä mahdollisia tavoitteita automaatiomodernisoinnille tulisi asettaa.

Opinnäytetyö aloitetaan kertomalla paperinjalostuksesta. Esimerkiksi pakkauskoneella käytettävä käärepaperi on jalostuskoneella tehtävä tuote. Jotta ymmärrettäisiin myös, millaisia tuotteita paperijalostustehtaan pakkauskoneella käsitellään, käydään työssä lyhyesti läpi myös paperinjalostuksen tärkeimmät yksikköprosessit.

Opinnäytetyön varsinaisessa teoriaosuudessa kerrotaan rullan pakkaamisesta, rullanpakkauskoneista, konemodernisoinnista ja koneturvallisuudesta. Koneturvallisuudesta käsitellään konemodernisoinnin useassa vaiheessa tehtävä koneiden riskien arviointi ja hallinta. Lisäksi kerrotaan ohjauksjärjestelmistä sekä turvalaitteista.

## 2 WALKI OY

Walki Group on paperinjalostustuotteita tuottava kansainvälinen yritys. Walkin kymmenen tuotantoyksikköä sijaitsevat seitsemässä eri maassa: Suomessa, Saksassa, Hollannissa, Puolassa, Englannissa, Venäjällä ja Kiinassa. Suomessa on kaksi tuotantoyksikköä, jotka sijaitsevat Valkeakoskella ja Pietarsaareissa. Walkin tuotantoyksiköiden liikevaihto on yhteensä noin 300 miljoonaa euroa ja henkilöstön määrä on noin 950. (Walki 2015.)

Walki on perustettu yli seitsemänkymmentä vuotta sitten, ja nyt sen omistaa pääomasijoitusyhtiö Capman, joka osti Walki Wisan UPM-kymmeneltä vuonna 2007. (Walki 2015.)

Walki Oy Valkeakosken tuotantolaitos on erikoistunut eristys- ja rakennusmateriaaleihin, teknisiin teollisuuspapereihin ja raskaaseen pakkaamiseen. Valkeakosken tehtaan tuotantokapasiteetti on 60 000 tonnia vuodessa ja henkilöstömäärä noin kaksisataa. (Walki 2015.)



### 3 PAPERINJALOSTUS

#### 3.1 Paperinjalostuksen tarkoitus

Paperi on sellaisenaan erinomainen raaka-aine lehtiin, kirjoihin ja muihin painotuotteisiin. Puukuidut antavat paperille erittäin hyvät mekaaniset lujuusominaisuudet. Lisäksi paperin pinta on optimoitu painatusta varten. Paperin tiiviys on kuitenkin vaatimattomalla tasolla. Pakkauksissa tarvitaan käyttökohteesta riippuen eri aineiden läpäisemättömyyttä. Paperinjalostuksessa tavoitteena on erilaisia materiaaleja yhdistelemällä saada tuotteille haluttuja ominaisuuksia. Pääominaisuuksia ovat erilaiset estokerrokset, joilla voidaan estää esimerkiksi vesihöyryn, rasvojen, kaasujen ja aromien läpäisy.

#### 3.2 Paperinjalostuksen yksikköprosessit

Paperinjalostuskoneessa esiintyy useita yksikköprosesseja. Yksikköprosessien tarkalla hallinnalla varmistetaan, että tuotteista tulee laadukkaita. Pakkauskoneella valmiin rullan ympärille käärittävä käärepaperi on yksinkertainen esimerkki paperinjalostuskoneella valmistettavasta tuotteesta. Jotta olisi helpompi ymmärtää, millaisia tuotteita pakkauskoneella käsitellään, käydään seuraavaksi läpi lyhyesti paperinjalostusprosessin vaiheita.

##### 3.2.1 Aukirullain

Paperin, kartongin tai alumiinin syöttö paperinjalostuskoneeseen tapahtuu aina aukirullauspukista. Aukirullauspukki purkaa rullan hallitusti samalla ylläpitäen tasaista ratakiireyttä. Aukirullauspukkeja on yleensä jalostuskoneessa useampia, mahdollisesti jopa viisi kappaletta. (Karhuketo, Seppälä, Törn & Viluksela 2004, 30.)

##### 3.2.2 Telastot

Päällystettävä materiaali kulkee läpi koneen teloja pitkin. Telat voivat olla vapaasti pyöriviä, tai niissä voi olla kiinni elektronisesti ohjattu sähkökäyttö. Sähkökäytön avulla pystytään säätämään jalostuskoneen ratakiireyttä, joka on yksi paperinjalostuksen perustekijöistä. (Karhuketo ym. 2004, 32–33.)

##### 3.2.3 Koronointi

Koronoinnilla parannetaan päällysteen adheesiota eli kiinnittymistä alusraataan. Koronointi suoritetaan tyypillisesti koronalaitteistolla. Laitteistolla synnytetään suurtaajuinen sähkövirta, jonka jännitealue on 10–30 kV. Sähkö siirretään lyhyellä kaapelilla käsittelyasemalle, jossa tapahtuu itse koronapurkaus ajettavan materiaalin läpi. Sähkövirta polttaa materiaalin pinnassa olevat epäpuhtaudet ja pystyssä olevat kuidut pois ja parantaa täten päällysteen tarttumista. Ennen laminointi- tai päällystysnippiä sijoitettuja

koronoita kutsutaan esikoronoiksi. Jälkikoronoita käytetään esimerkiksi painovärin tarttuvuuden parantamiseksi. (Karhuketo ym. 2004, 36–37.)

### 3.2.4 Sively

Nestemäisten aineiden annostelua ja levittämistä radan pintaan kutsutaan sivelyksi. Sively on mahdollista tehdä useilla eri menetelmillä, mutta paperinjalostuksessa käytetään useimmiten kammiokaavarimenetelmää. Sivelyllä voidaan esimerkiksi liimata huonosti toisiinsa tarttuvia materiaaleja yhteen. (Karhuketo ym. 2004, 39.)

### 3.2.5 Kuivatus

Kuivatuksessa on tavoitteena poistaa ylimääräinen liuotin päällysteestä sekä parantaa ratamateriaalin adheesiota nostamalla materiaalin lämpötilaa. Kuivatusta käytetään myös painatuksen jälkeen. Kuivatus tapahtuu kuivausuunissa, jossa ratamateriaalin pintaan puhalletaan kuumaa kuivatusilmaa voimakkaalla nopeudella. (Karhuketo ym. 2004, 44–45.)

### 3.2.6 Ekstruusio

Ekstruusiosprosessin tavoitteena on tuottaa suurella nopeudella sula, ohut muovifilmi liikkuvan materiaalin päälle mahdollisimman tasaisesti ja hallitusti. Itse ekstruusio on samanlainen riippumatta siitä, onko kyseessä ekstruusiolaminointi vai -päällystys. Ekstruusiossa käytettävä päällyste on huoneenlämmössä kiinteää muovia, joka toimitetaan rakeina eli granulaatteina. (Karhuketo ym. 2004, 47–48.)

### 3.2.7 Laminointi

Paperinjalostuksessa laminoinnilla tarkoitetaan kahden ratamaisen materiaalin liittämistä toisiinsa. Jäähdytystelan ja kumimaisen puristustelan muodostamassa laminoitinipissä puristetaan kaksi tai useampia kerroksia niin lujaa yhteen, että pintojen välille syntyy haluttu adheesio. (Karhuketo ym. 2004, 52–53.)

### 3.2.8 Painatus

Fleksopaino eli kohopainomenetelmä on erityisesti pakkausteollisuudessa suosittu painomenetelmä. Siinä painamiseen käytetään joustavia painolevyjä tai -laattoja. Aiemmin jalostusteollisuudessa käytettiin erillisiä järeitä painokoneita, mutta nykyään painokoneet ovat useasti osana konetta, jolloin painatus saadaan tehtyä samalla ajolla kuin itse jalostustuotekin. Painatuksen jälkeen tarvitaan erillinen uuni kuivattamaan painojälki. Tyypillisiä painatuksia ovat esimerkiksi tuotteiden tunnusvärit ja yritysten logot. (Karhuketo ym. 2004, 116.)

### 3.2.9 Kiinnirullain

Jalostuskoneen loppupäässä on kiinnirullausyksikkö. Kiinnirullaimen tehtävänä on rullata tehty tuote koneen maksiminopeudella oikeaan kireyteen. Kiinnirullauksessa syntyvää rullaa kutsutaan konerullaksi. Konerulla sisältää mahdollisesti aloitushylkyä, katkoksista aiheutunutta hylkyä sekä koneen säätöjen aiheutunutta hylkyä, jotka poistetaan pituusleikkurilla. (Karhuketo ym. 2004, 31.)

### 3.2.10 Pituusleikkuri

Pituusleikkurilla valmis konerulla leikataan asiakkaan tilaamaan leveyteen. Usein konerulla jaetaan useaksi pienemmäksi rullaksi, jotka ovat kooltaan pienempiä kuin alkuperäinen rulla. Pituusleikkurin tehtävänä on myös poistaa konerullista asiakkaalle kelpaamaton materiaali, jota syntyy prosessin aloituksissa ja usein myös lopetuksissa. Jokaista jalostuskonetta kohden tarvitaan yksi pituusleikkuri. (Karhuketo ym. 2004, 56.)

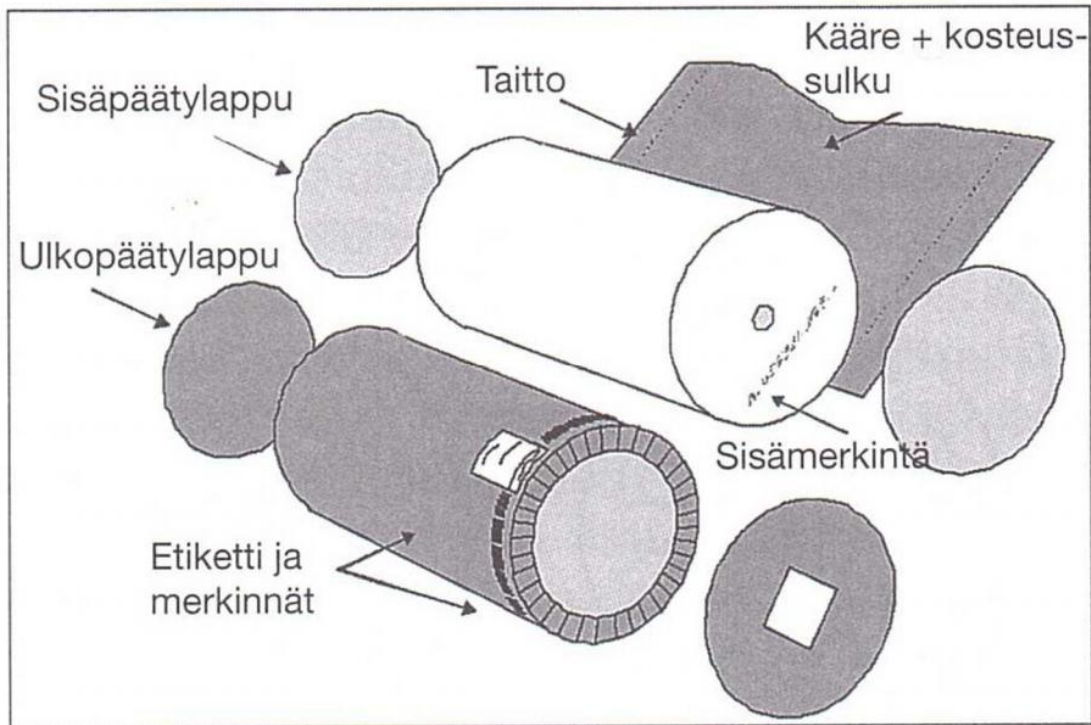
## 4 RULLAN PAKKAAMINEN

### 4.1 Rullapakkauksen rakenne

Rullapakkausten rakenne on pysynyt samanlaisena jo useita vuosikymmeniä. Pakkausmateriaalin valinta perustuu asiakkaan vaateisiin tai kokemukseen hyväksi havaitusta materiaaleista. Yleisimmin käytetty pakkaustapa perustuu kartonkipohjaiseen kääreeseen. Rullan pakkaamisen tarkoituksena on pyrkiä minimoimaan kaikki ne ulkoiset rasitukset, jotka aiheuttavat rullan jatkojalostuksessa häiriöitä. Kartonkipohjaiseen rullapakkauskääreeseen perustuva pakkaus koostuu yleisesti seuraavista materiaaleista:

- hylsyttappi
- sisämerkintä
- sisäpäätylappu
- kääre
- taite
- liimaus
- ulkopäätylappu
- etiketti ja merkinnät.

Kuvassa 1 on esitettyä perinteisen rullapakkauksen rakenne.



Kuva 1. Rullapakkauksen rakenne (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 242).

#### 4.2 Pakkauskoneet

Paperinjalosteiden pakkauskoneina käytetään samanlaisia koneita kuin paperirullien pakkaamiseen paperitehtaissa. Erona paperirullien pakkaamiseen verrattuna on se, että paperinjalosteista syntyy paljon eri levyisiä rullia ja siitä johtuen pakkauskoneella tarvitaan useita käärekokoja. Vaihtoehtoisesti uudemmissa pakkauskoneissa kääreitä voidaan ajaa limittäin, jolloin eri kääreleveyksiä voidaan vähentää.

Uudemmat pakkauskoneet toimivat täysin automaattisesti, jolloin konemiehelle jää tehtäväksi vain huolehtia tarvittavien materiaalien riittävydestä. Koneen toimintaan ei tarvitse puuttua kuin mahdollisissa vikatilanteissa. Useasti näissä koneissa kaikki työvaiheet saadaan tehdyksi yhdessä työpisteessä robottien avulla. Vanhemmissa pakkauskoneissa taas on tyypillistä, että rulla kulkee koneen lävitse ja siihen tehdään useissa työpisteissä yksi työvaihe kerrallaan. Näissä koneissa on useasti 2–3 työntekijää jokaisessa työvuorossa.

Itse pakkausprosessi, riippumatta siitä onko kyseessä uudempi vai vanhempi kone, etenee usein seuraavasti: ensin rullan pätyihin kiinnitetään sisäpäätylaput, sitten rullan ympäri kääritään kolme kierrosta kartonkipohjaista kosteussuojakäärettä, johon tehdään automaattitaitto pätyihin, ja lopuksi rullan pätyihin kuumasaumataan ulkopäätylaput. (Karhuketo ym. 2004, 56.)

Paperinjalosteet ovat kallisarvoisia tuotteita, joten niiden pakkaamisessa täytyy olla huolellinen. Useasti jalostetun rullan päälle kääritäänkin manuaalisesti kutistemuovikalvo pölysuojaksi välittömästi rullauksen jälkeen. (Karhuketo ym. 2004, 56.)

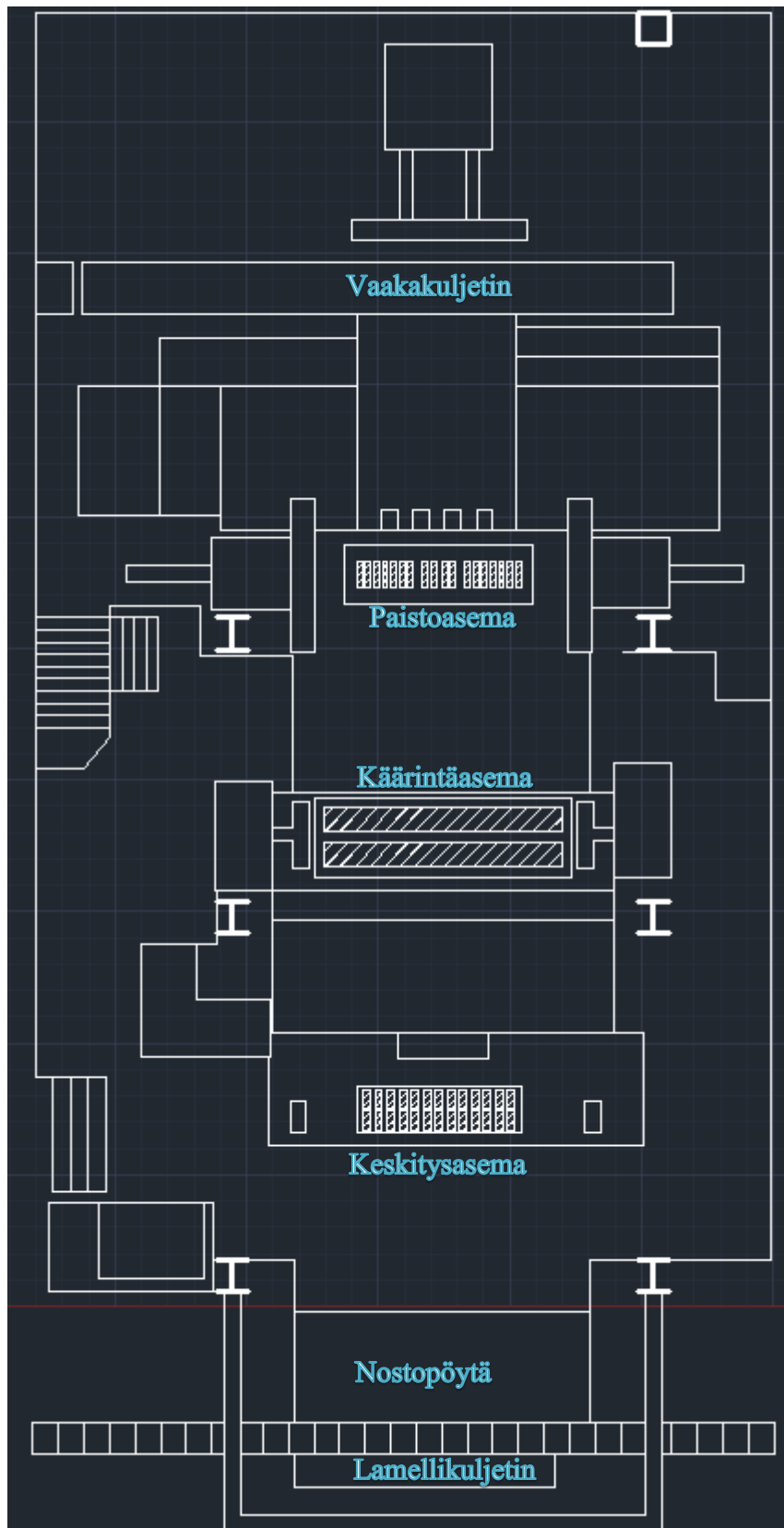
### 4.3 Walkin pakkauskoneen rakenne

Kuviossa 1 on esitettyinä pakkauskoneen periaatekuva, johon on kirjattu pakkauskoneen osat:

- lamellikuljetin
- nostopöytä
- keskitysasema
- käärerullatelineet
- käärintäasema
- paistoasema.

Lisäksi pakkauskonelinjaan kuuluvat seuraavat osat:

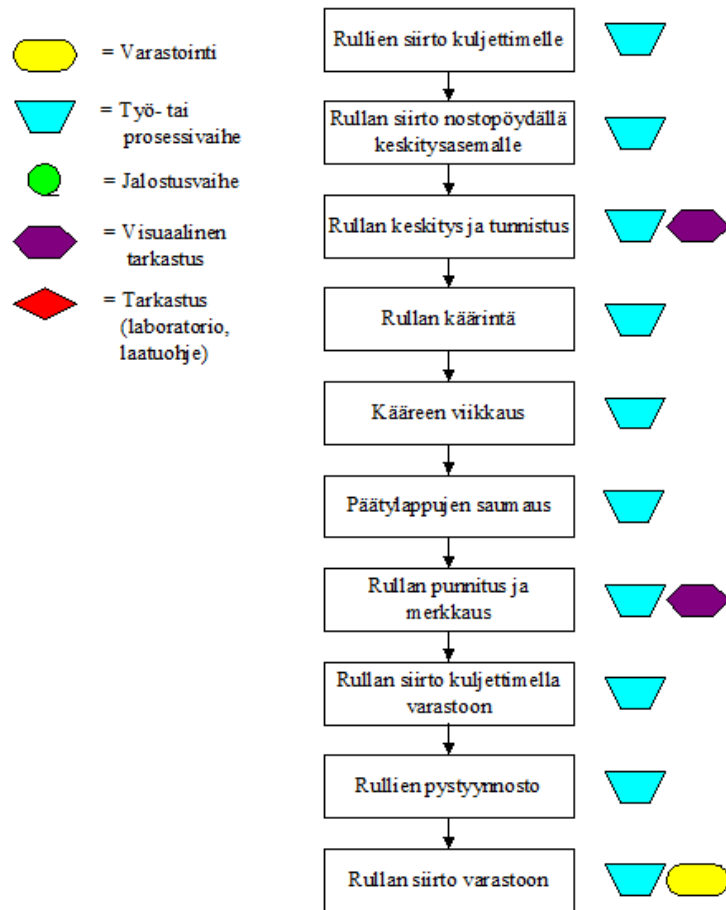
- vaakakuljetin
- etiketinsuuntauslaite
- varastokuljetin
- pystyynnostaja.



Kuvio 1. Pakkauskoneen periaatekuva (Tero Heinonen 2014).

#### 4.4 Walkin Pakkausprosessin kulku

Walkilla pakkausprosessi etenee sekvensseinä. Kun rulla on nostettu pakkaus koneeseen, se etenee vaihe vaiheelta, kunnes se siirretään varastoon valmiiksi pakattuna. Kuviossa 2 esitetään pakkausprosessin kulku Walki Oy:ssä.



Kuvio 2. Pakkauskoneneen työnkulku (Walki-toimintajärjestelmä).

Seuraavissa luvuissa käydään läpi rullapakkauksen työvaiheet yksityiskohdaisemmin.

##### 4.4.1 Lamellikuljetin

Lamellikuljettimella siirretään pituusleikkureilla asiakkaiden tilauksen mukaan leikatut paperirullat pakkauskoneneelle (Kuva 2). Pakkauskoneneelle siirretään rullia kahdesta suunnasta. Lamellikuljettimen ajosuunta valitaan ohjauspulpetista.



Kuva 2. Lamellikuljetin (Tero Heinonen 2014).

Ennen kuin rulla saapuu nostopöydän kohdalle, laskee logiikkaohjelma rullan leveyden valokennojen ja pulssianturin avulla. Rullan leveydellä ohjelma osaa pysäyttää lamellikuljettimen silloin, kun rulla on laskennallisesti keskellä konetta.

### 4.4.2 Nostopöytä

Kun rulla on pysäytetty nostopöydän kohdalle, rullantyönnin työntää sen lamellikuljettimelta pakkauskoneen nostopöydälle (Kuva 3). Nostopöytä nostaa rullan ylös keskitysasemalle, jossa keskitysaseman vastaanotin ottaa rullan hallitusti vastaan. Kun rulla on lähtenyt nostopöydältä, nostopöytä palaa takaisin ala-asentoon ottamaan vastaan seuraavaa rullaa.



Kuva 3. Rullan keskitys ja nostopöytä (Tero Heinonen 2014).



### 4.4.3 Keskitysasema

Keskitysasemalla rullankeskittimet keskittävät rullan mekaanisesti työntämällä rullaa sivulta päin kahdesta suunnasta. (Kuva 4). Tällä varmistetaan, että rulla on varmasti keskellä konetta, jotta rullakääre tulee keskelle rullaa. Samalla pakkausmies teippaa rullan päätyihin sisäpäätylaput ja ottaa rullasta etiketin irti. Etiketistä luetaan viivakoodi, jonka avulla rulla tunnistetaan tehdasjärjestelmästä.



Kuva 4. Vastaanotin ja rullankeskittimet (Tero Heinonen 2014).

### 4.4.4 Käärintäasema

Keskitysasemalta työnkin työntää rullan käärintäasemalle (Kuva 5). Käärintäasemalla kantotelat ottavat rullan vastaan kääntyen samalla pyöritysasentoon. Kantotelojen oikea-aikaisella kääntymisellä saadaan poistettua rullan liike-energia. Kantoteloilla rullaa pyöritetään ja samalla rullan päälle ajetaan käärettä ylätasolta ohjausritilää pitkin. Kun käärettä on ajettu aseteltu määrä, rulla pysäytetään kääreen liimauksen ja katkaisun ajaksi.

Kun kääre on katkaistu ja liima on levitetty kääreen häntään, alkavat kantotelat jälleen pyörittämään rullaa ja liimaa rullakääreen hännän pyörivään

rullaan. Samalla hydraulimoottorilla pyöritettävät viikkaajat lähtevät pyörimään ja siirtyvät lähes kiinni rullaan taittaen rullakääreen ylimääräisen reunan rullaa vasten.



Kuva 5. Käärintäasema ja viikkaajat (Tero Heinonen 2014).

### 4.4.5 Käärerullatelineet

Walkin pakkauskoneessa on yhteensä yhdeksän erilaista rullakäärettä, kuusi tavallista ja kolme erikoiskäärettä (Kuva 6, s. 12). Käärerullatelineet sijaitsevat pakkauskoneen ylätasanteella. Ohjauspulpetista pakkausmies valitsee oikean rullakääreen pakattavan rullan leveyden ja asiakkaan vaatimusten mukaan. Kun oikea rullakoko on valittu, ohjauspulpetista katkaisupainiketta painamalla katkaisuterä katkaisee vanhan kääreen. Katkaisuterän jälkeinen rullakääre tippuu alas ohjausritilälle, josta pakkausmies siivoa sen pois. Katkaisuterää edeltävä kääre jää omaan vetonippiinsä odottamaan seuraavaa käyttökertaa. Jokainen rullakoolle on oma vetonippi, jolla kääre ajetaan kääreensyötön vetonippiin. Vetonippien avulla kääre saadaan ajettua alas ohjausritilälle.



Kuva 6. Käärerullatelineet (Tero Heinonen 2014).

### 4.4.6 Paistoasema

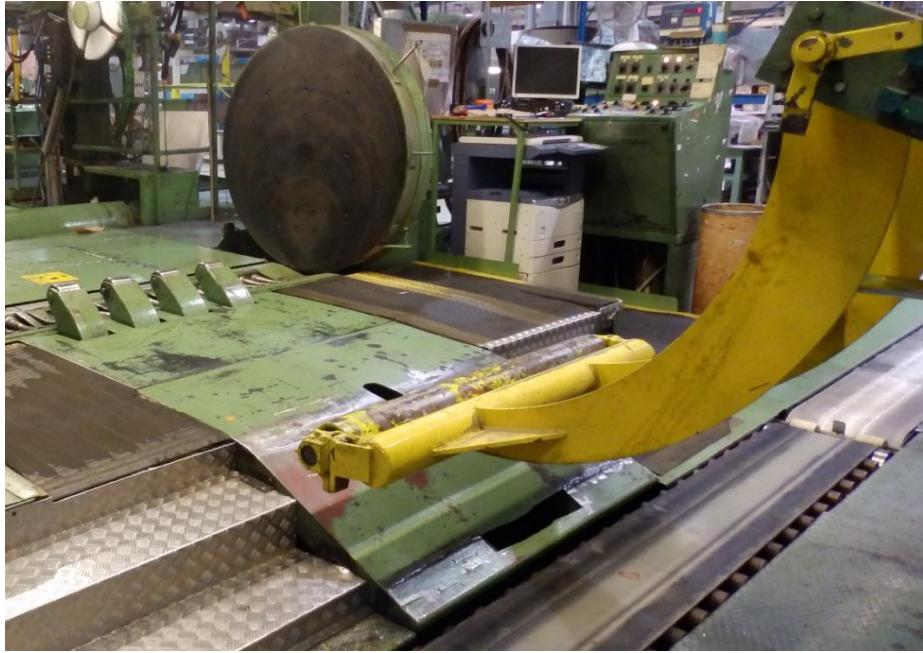
Kun rullan käärintävaihe on valmistunut, käärintäaseman vastaanotin työntää rullan paistoasemalle, jossa paistoaseman vastaanotin ottaa rullan vastaan (Kuva 7). Paistoasemalla pakkausmies laittaa paistolevyihin kiinni ulkopäätylaput, jotka pysyvät paistolevyissä kiinni alipaineen avulla. Hydraulikkasylinteri työntää kuumat paistolevyt rullan päätyjä vasten ja samalla kuumasaumaten päätylaput kiinni rullaan.



Kuva 7. Paistoasema (Tero Heinonen 2014).

### 4.4.7 Vaakakuljetin

Paistoasemalta työnnin työntää rullan vaakakuljettimelle, jossa vastaanotin ottaa rullan pehmeästi vastaan (Kuva 8, s. 13). Vaakakuljettimella rulla punnitaan. Punnituksen jälkeen rulla siirretään kuljettimella eteenpäin ja rullaan asetetaan etiketti, josta selviävät rullan tiedot.



Kuva 8. Vaakakuljetin ja vastaanotin (Tero Heinonen 2014).

### 4.4.8 Etiketinsuuntauslaite

Kuljetinlinjan päässä on etiketinsuuntauslaite (Kuva 9). Laitteiston tarkoituksena on saada varastoon vieritettyihin rulliin etiketti osoittamaan samaan suuntaan rullan halkaisijasta riippumatta. Laitteisto helpottaa trukinkuljettajan työtä, koska kaikki etiketit ovat helposti luettavissa.



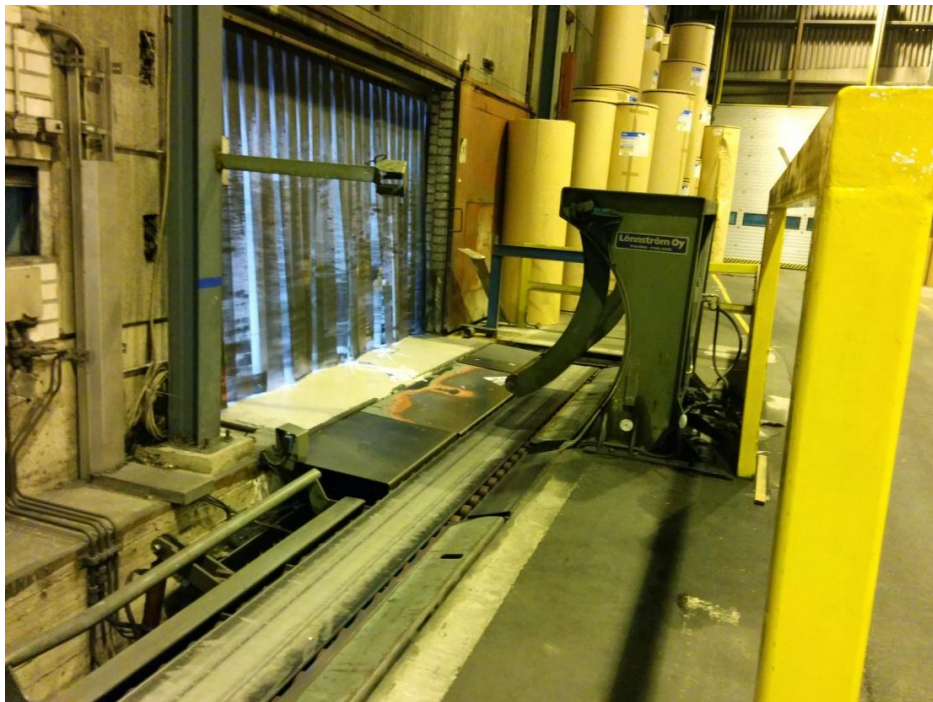
Kuva 9. Etiketin suuntauslaitteisto (Tero Heinonen 2014).

Etiketin suuntauslaitteistossa on rullan halkaisijan mittaus. Kun rullan halkaisija on mitattu, laitteisto nostaa rullan telojen päälle, pyörittää rullan oi-

keaan asentoon ja työntää rullan seinässä olevasta aukosta varaston puolelle. Jokaiselle rullakoolle on ohjelmoitu tieto siitä, kuinka paljon rullaa telan päällä pyöritetään. Laitteiston toimimisen edellytyksenä on, että pakkausmies laittaa etiketin aina samaan kohtaan rullaa.

### 4.4.9 Varastokuljetin

Etiketin suuntauslaitteelta rullat työnnetään luiskaa pitkin seinän läpi valmiin tavaran varastoon. Varaston puolella vastaanotin ottaa rullan vastaan (Kuva 10). Varastokuljettimen lähtiessä liikkeelle mitataan rullan halkaisija valokennojen sekä pulssianturin avulla. Jos rullan halkaisija on liian pieni pystyyn nostettavaksi, työnnetään se pois kuljettimelta ennen pystyynnostajaa. Halkaisija tietoa käytetään myös varmistamaan, ettei isompaa rullaa pinota pienemmän rullan päälle.



Kuva 10. Varastokuljetin ja vastaanotin. (Tero Heinonen 2014).

### 4.4.10 Pystyynnostaja

Varastokuljettimen päässä on rullan pystyynnostaja (Kuva 11, s. 15). Pystyynnostajan tehtävänä on nostaa kyljellään makaavat rullat pystyasentoon, jolloin niiden käsittely ja pinoaminen on mahdollista. Pakkausmies määrittelee ohjauspulpetista, millaisiin pinoihin rullat pinotaan.



Kuva 11. Rullan pystyynnostaja.

Kun rullat on nostettu pystyyn, trukkipuski siirtää rullat varastossa omalle paikalleen odottamaan asiakkaalle lähettämistä.

## 5 MODERNISOINTI

### 5.1 Modernisoinnin tarkoitus

Tällä hetkellä suomalaisessa teollisuudessa päädytään yhä useammin uusinvestointien sijaan koneiden ja järjestelmien modernisointiin. Modernisoinnilla tarkoitetaan käytössä olevan koneen tai koneyhdistelmän uusimista siten, että koneen elinkaari jatkuu uudistettuna eli koneeseen tehdyt muutokset eivät olennaisesti muuta koneen käyttötarkoitusta ja ominaisuuksia. Modernisoinnin tavoitteena on parantaa tuottavuutta, turvallisuutta, kunnossapitoa tai sopivuutta uusiin tuotteisiin. Tyypillisesti modernisoinnilla pystytään parantamaan useampaa edellä mainittua tekijää. (Malm & Hämäläinen 2006, 7 ja 14.)

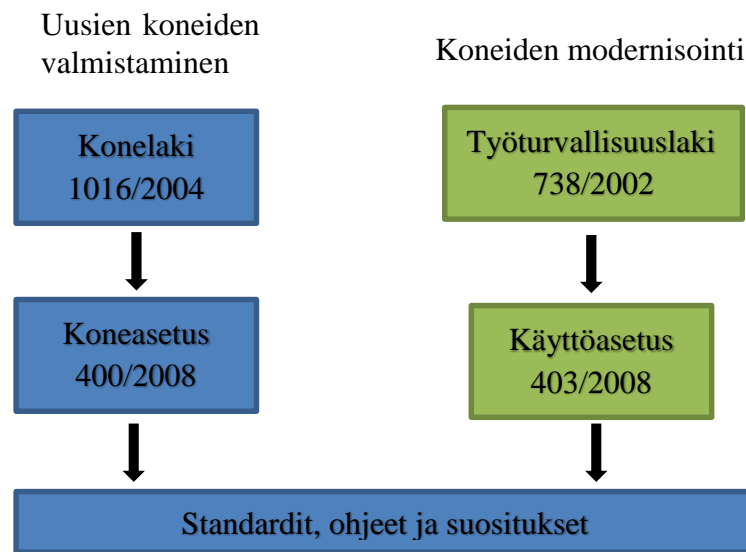
Useasti modernisoinnin kohteena ovat vanhat koneet. Näiden koneiden turvallisuus ei ole läheskään samalla tasolla kuin uusien, konepäättöksen mukaisesti valmistettujen koneiden. Tämän vuoksi modernisoinnin yhteydessä olisi tarkastettava uusien turvatekniikoiden käyttömahdollisuuksia. (Malm & Hämäläinen 2006, 8.)

Tyypillisesti modernisointiprojekteissa vaikutetaan konejärjestelmän käyttöön ja toimintatapaan (esim. manuaali- ja automaattikäyttö). Tästä syystä suunnittelussa pitää kiinnittää huomiota turvallisuuteen ja käytettävyyteen, koska muutokset liittyvät useasti näihin. (Malm, Venho-Ahonen & Vanhala 2010, 3.)

### 5.2 Modernisointiin liittyviä vaatimuksia

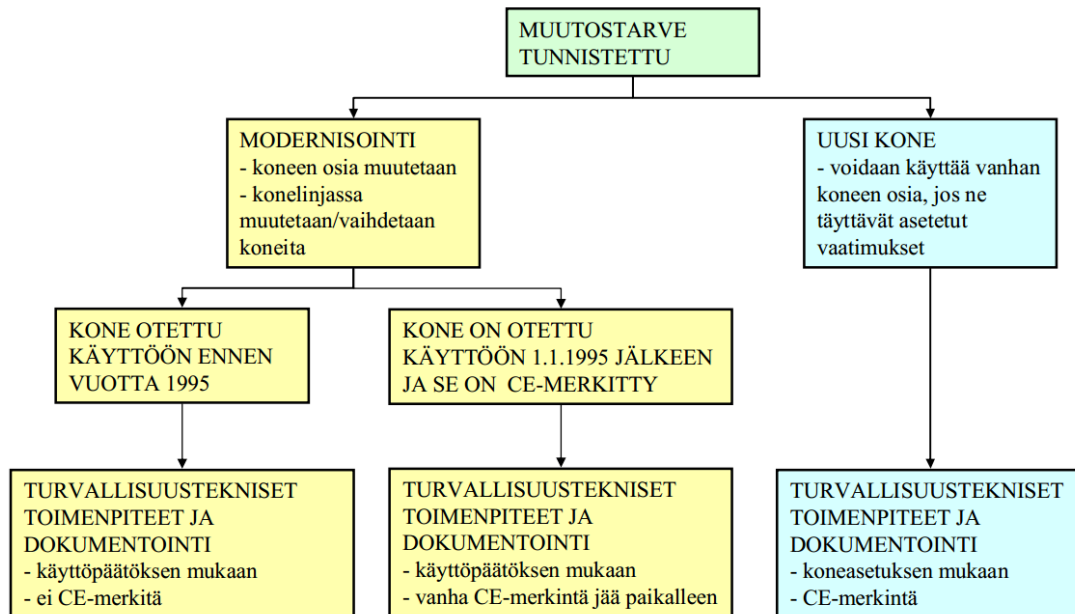
Yleiset periaatteet turvallisille uusille koneille määritellään vuoden 2005 alussa voimaan astuneessa konelaissa. Tarkemmat vaatimukset on esitetty koneasetuksessa, jolla Suomessa on saatettu voimaan EU:n konedirektiivi 2006/42/EC. Direktiivi asettaa vaatimuksia lähinnä konevalmistajille. (Malm ym. 2010, 5.)

Koneen turvalliselle käytölle yleiset vaatimukset antaa työturvallisuuslaki 738/2002. Tarkemmat vaatimukset ovat EU:n työvälineitä koskevassa direktiivissä 89/655/EEC ja sen lisäyksissä 95/63/EC, 2001/45/EC. Suomessa nämä vaatimukset kattaa käyttöasetus, joka tuli voimaan vuoden 2009 alussa. (Malm ym. 2010, 5.)



Kuvio 3. Koneturvallisuuksäädökset.

Kun todetaan, että vanhassa koneessa on muutostarpeita, on päätettävä, hankitaanko uusi kone vai modernisoidaanko vanhaa. Jos päätetään hankkia tai valmistaa uusi kone, voidaan käyttää myös vanhan koneen osia, mikäli niitä käyttämällä voidaan täyttää koneasetuksen asettamat vaatimukset. Kuviossa 3 esitetään tähän valintaan liittyviä kysymyksiä. (Malm ym. 2010, 5–6).



Kuvio 4. Koneen muutostarpeen jälkeen tehtävät valinnat.

### 5.3 Modernisoinnin vaiheet

Automaatiouusintojen turvallisuus konejärjestelmissä -raportissa (2010, 18-24) esitetään yleinen malli modernisointiprosessista, joka on erityisesti ohjausjärjestelmien ja modernisointeihin sopiva. Se sisältää 9 vaihetta, jotka ovat esiselvitys, tarjouspyyntö, tarjous, tilaus, sopimus, suunnittelu, toteutus, käyttöönotto ja käyttö. Modernisoinnin eri vaiheissa tehdään riskien arviointi. Useasti riskien arvioinnin ensimmäisissä vaiheissa tietoa on vähän, mutta kun hanke etenee, tiedon määrä kasvaa ja riskien arviointi tarkentuu.

#### 5.3.1 Esiselvitys

Esiselvityksen tavoitteena on selvittää tuotannosta ja turvallisuudesta aiheutuvat modernisointitarpeet. Esiselvityksessä tutkitaan järjestelmää ja analysoidaan, mitä järjestelmän osia on tarve kehittää, mitä ongelmia nykyisessä järjestelmässä on ja arvioidaan kunnossapidon tarpeet.

Työnantajalla on velvollisuus tehdä riskin arviointi, jossa ilmenee käytössä olevan koneen käytön turvallisuus.

Esiselvityksen tavoitteena on vastata kysymyksiin, tarvitseeko modernisoida ja miksi modernisoidaan (Malm ym. 2010, 19).

#### 5.3.2 Tarjouspyyntö

Ennen tarjouspyynnön tekoa tulee päättää, pidetäänkö avoin vai suljettu tarjouskilpa. Tarjouspyyntöön määritellään kohde, määrä, laji ja laatu. Tarjouspyynnön tulisi olla mahdollisimman tarkka ja yksityiskohtainen, jotta



tarjoaja ei joudu esittämään korkeaa hintaa sen takia, että katsoo toimitukseen tarvittavan lisäyksiä tarjouspyyntöön verrattuna. Myös mahdolliset erityisvaatimukset tulee määritellä tarjouspyyntöön.

Tarjouspyynnön tavoitteena on tuottaa keskenään yhteismitallisia ja vertailukelpoisia tarjouksia. (Malm ym. 2010, 20.)

### 5.3.3 Tarjous

Tarjouksen tavoitteena on vastata tarjouspyynnössä esitettyihin pyyntöihin. Tarjouksessa tulisi yksilöidä riittävän tarkasti, mitä luvataan tehdä ja millä ehdoilla. (Malm ym. 2010, 21.)

### 5.3.4 Tilaus

Tilaus on dokumentti, jolla luvataan toteuttaa tilaajan asettamat velvoitteet. (Malm ym. 2010, 21.)

### 5.3.5 Sopimus

Sopimuksessa sovitaan ja ilmaistaan toimitusehdot, tehtävät, velvollisuudet ja vastuut. Päävastuu on työnantajalla. Myös muutoksen tekijällä ja alkupe räisen koneen valmistajalla on oma vastuunsa.

Modernisointiprojekteissa on tyypillistä, että projektin edetessä tulee esille sellaisia asioita, joita ei ole määrittelyvaiheessa otettu huomioon. Sopimuksessa on hyvä sopia suunnitelmien jäädytyspäivä, jonka jälkeen puutteet tai muutostarpeet maksaa tilaaja. (Malm ym. 2010, 21.)

### 5.3.6 Suunnittelu

Suunnittelu dokumentoidaan kirjallisesti ja siinä ilmaistaan toteutuksessa tarvittavat tiedot. Suunnittelussa järjestellään toimijoiden välinen yhteistyö, tarkennetaan vaatimuksia ja suunnitellaan käytännön toteutus. Suunnittelun lopuksi varmistetaan, että kaikki tarvittava on tehty toteutusta varten. (Malm ym. 2010, 22.)

### 5.3.7 Toteutus

Tavoitteena on, että muutostyö saadaan toteutettua ja dokumentoitua. Useasti henkilökunnalle järjestetään koulutus, jossa toimittajan ammattihenkilömiehet opastavat modernisoidun koneen käytössä. (Malm ym. 2010, 23.)

### 5.3.8 Käyttöönotto

Käyttöönotossa koneelle tehdään koekäyttö, käyttöönottotarkastus, vaatimusten mukaiset tarkastukset ja riskin arviointi mahdollisten jäännösriskien osalta. (Malm ym. 2010, 23.)

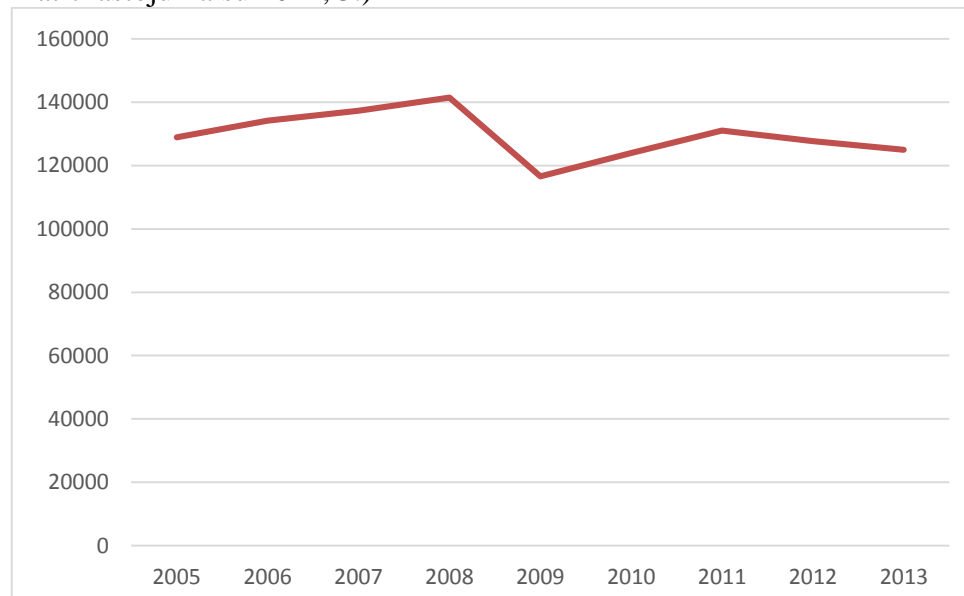
### 5.3.9 Käyttö

Kun kone on käytössä, työnantajan tulee koko ajan varmistaa, että kone on turvallinen käyttää. Käytön aikana esimerkiksi kunnossapitojärjestelmään kirjataan koneelle tehdyt huoltotoimenpiteet ja tarkastukset. Tavoitteena on, että järjestelmä pysyy jatkuvasti turvallisena. (Malm ym. 2010, 24.)

## 6 KONEIDEN RISKIEN ARVIOINTI JA HALLINTA

### 6.1 Yleistä

Lainsäädännön mukaan koneiden tulisi olla niin turvallisia, että niillä ei satu tapaturmia. Kuten kuviosta 5 voidaan havaita, tavoitteeseen on vielä pitkä matka. Työtapaturmia sattui vuonna 2013 palkansaajille 124 947 kappaletta. Lukumäärät ovat kahdessa vuodessa jonkin verran pienentyneet, mutta se johtuu ennen kaikkea työn määrän vähenemisestä. (Työtapaturmat-tilastojulkaisu 2014, 3.)

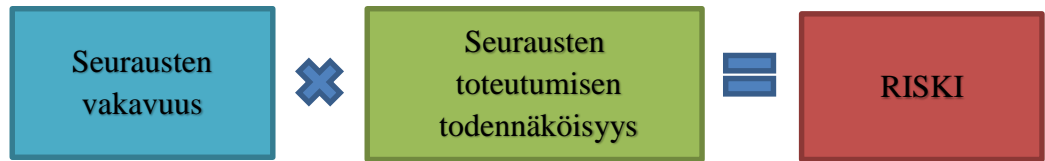


Kuvio 5. Palkansaajien työtapaturmat vuosina 2005–2013.

Tapaturmataajuus eli työtapaturmien lukumäärä suhteessa tehtyyn työhön laski vuonna 2013 lähes kaikilla toimialoilla. Se kertoo suoraan siitä, että työturvallisuuden taso on Suomessa parantunut, vaikka millään toimialalla turvallisuudessa ei ole tehty suuria harppauksia. (Työtapaturmat-tilastojulkaisu 2014, 3.)

### 6.2 Riski

Riski tarkoittaa haitallisen tapahtuman todennäköisyyttä ja vakavuutta. Riskin suuruutta pyritään määrittelemään antamalla mahdollisten vaarallisten tapahtumien seurauksille ja niiden toteutumiselle jonkin valitun jaottelun mukaiset lukuarvot. Kun nämä luvut kerrotaan keskenään, saadaan riskin suuruutta kuvaava luku (Kuvio 6). (Siirilä 2009, 40.)



Kuvio 6. Riskin määritelmä.

Työturvallisuuslaissa edellytetään, että työsuhteesta johtuvat riskit ovat mahdollisimman pienet. Riskejä on myös pyrittävä jatkuvasti poistamaan tai vähentämään. Myös vanhojen koneiden riskejä on pienennettävä sitä mukaa, kun tekniikan ja turvalaitteiden kehittyminen tekee turvallisuuden parantamisen mahdolliseksi. (Siirilä 2009, 41.)

Työnantajalla on koneiden ja työympäristön tarkkailun ja arvioinnin velvoite. Jos työpaikalla havaitaan liian suureksi arvioituja riskejä, ne on poistettava tai niitä on pienennettävä.

### 6.3 Riskien arviointi

Käytössä on useita seurausten ja todennäköisyyksien lukuarvoihin perustuvia riskien arviointimenetelmiä. Lähes kaikissa käytettävissä riskienarvioinnin menetelmissä lukuarvojen jaottelut ovat erilaisia. Mitään standardoitua menetelmää ei ole käytössä. Erilaisia menetelmiä esitellään esimerkiksi riskien arvioinnin standardin SFS-EN ISO 13 121 osana 2 olevassa teknisessä raportissa. (Siirilä 2009, 40.)

Seuraavassa käydään läpi yksi tapa riskien arvioinnin prosessin vaiheista.

#### 6.3.1 Vaarojen tunnistaminen

Riskien arviointi aloitetaan vaarojen tunnistamisella. Koneesta tunnistetaan aluksi kaikki mahdolliset ja osittain mahdollisimmatkin koneen ominaisuuksista ja käyttötavoista aiheutuvat vaaratekijät. Tässä vaiheessa kirjataan vain vaaratekijät, eikä kiinnitetä vielä huomiota seurausten vakavuuteen ja todennäköisyyteen. (Siirilä 2009, 42.)

Vaaratekijöiden tunnistaminen on tärkeä vaihe, koska tunnistamatta jäävien vaarojen poistaminen tai niihin liittyvien riskien vähentäminen ei ole mahdollista. (Siirilä 2009, 42.)

Perusteelliset luettelot mahdollisista vaaratekijöistä, vaaratilanteista ja vaarallisista tapahtumista löytyvät riskien arvioinnin standardin SFS-EN ISO 14 121-1 liitteistä. Kun kaikki liitteen vaihtoehdot käydään läpi, on epätodennäköistä, että mikään kovin olennainen vaara jää tarkastamatta. (Siirilä 2009, 42.)

Tarkasteltavia vaaratekijöitä ovat esimerkiksi seuraavat:

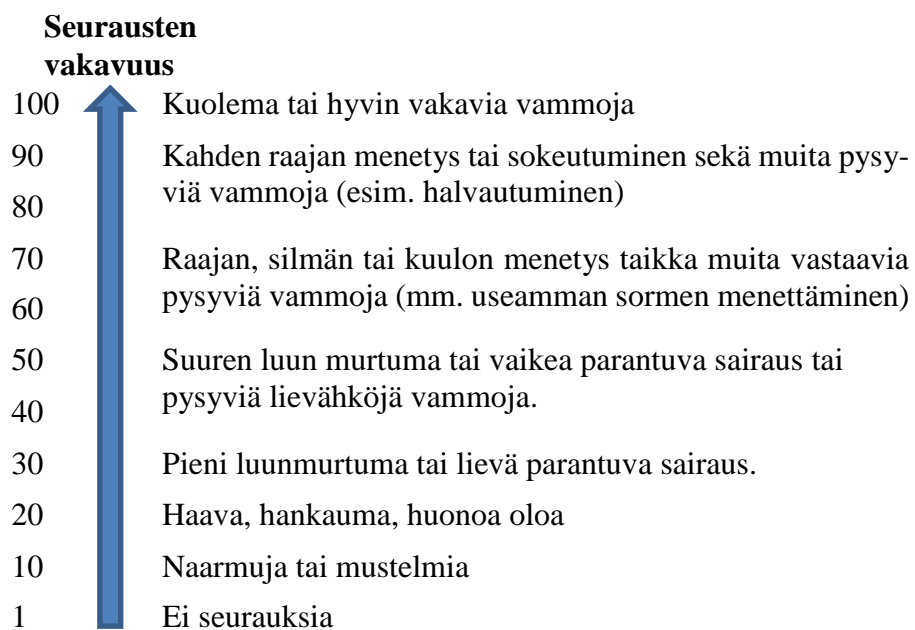
- mekaaniset vaarat
- energialähteistä aiheutuvat vaarat
- lämpötilasta johtuvat vaarat
- energiasyötön katkeamisesta tai muista toimintahäiriöistä aiheutuvat vaarat.

### 6.3.2 Vahinkojen vakavuus

Kun vaaratekijät on tunnistettu, arvioidaan jokaisesta vaaratekijästä aiheutuvien mahdollisten seurausten vakavuus. Tässä vaiheessa vakavuutta arvioidaan koneen ominaisuuksien perusteella, eikä seurausten todennäköisyyteen oteta vielä kantaa. Myöskään koneeseen ajateltuja suojuksia tai muita riskiä vähentäviä toimenpiteitä ei oteta huomioon. (Siirilä & Kerttula 2007, 34.)

Seurauksien vakavuuteen vaikuttavat koneen ominaisuuksista esimerkiksi koneen ja sen osien koko sekä nopeus. Isommassa koneessa voi koko keho jäädä liikkuvien osien puristamaksi, kun taas pienemmässä koneessa seuraukset saattavat kohdistua esimerkiksi vain sormiin. (Siirilä 2009, 42.)

Kun riskejä arvioidaan, jonkinlaisen sovitun ohjeellisen jaottelun on oltava käytössä, jotta on mahdollista verrata eri vaaratekijöihin liittyvien riskien arviota. Tässä esimerkissä seurausten vakavuus on jaoteltu asteikolle 1–100. Lukuarvo 1 tarkoittaa, että seuraukset vastaavat pientä nipistystä tai naarmua. Lukuarvo 100 tarkoittaa, että seurauksena on kuolema tai hyvin vakava vamma. Muut seuraukset tulisi sijoittaa näiden ääritapauksia kuvaavien lukuarvojen välille, kuten kuviossa 7 on esitetty.



Kuvio 7. Seurausten jakaminen välille 1–100 (Siirilä 2009, 44).

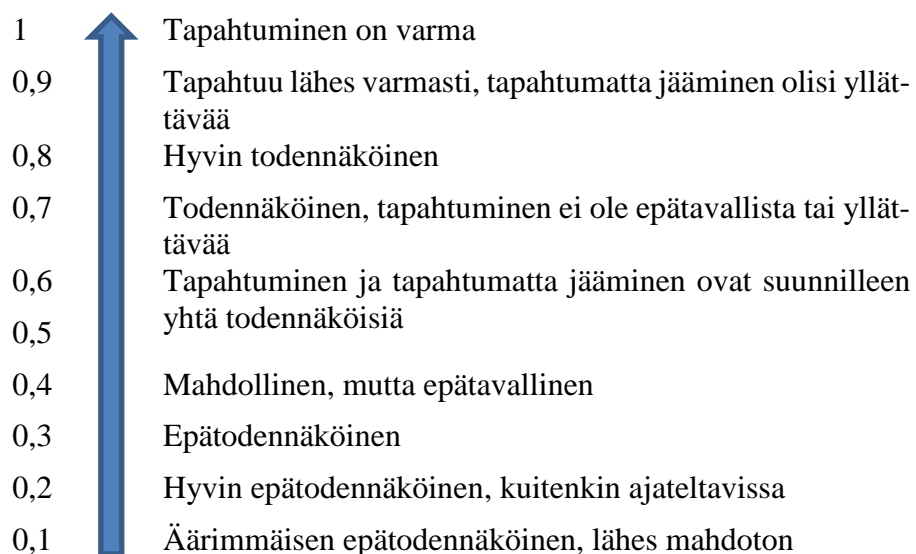
## 6.3.3 Vahinkojen toteutumisen todennäköisyys

Vaaratekijöistä aiheutuvien mahdollisten seurausten todennäköisyyden arvioiminen on hankalaa, ja eri ihmisten tekemät arviot eroavat suuresti toisistaan. Arvioinnin tekeminen olisikin syytä tehdä ryhmätyönä, jotta ihmisen käsitykset eivät vaikuttaisi liikaa lopputulokseen. Ryhmän kokoonpanon tulisi pysyä samana koko ajan, jotta arvioinnin tulokset olisivat vertailukelpoisia. (Siirilä 2009, 45.)

Arvioinnissa on otettava mahdollisimman laajasti huomioon kaikki todennäköisyyteen vaikuttavat tekijät, jotta arvioinnista saataisiin mahdollisimman täsmällinen. Huomioitavia asioita ovat esimerkiksi seuraavat kysymykset:

- Ovatko seuraukset äkillisiä vai hitaasti syntyviä?
- Syntyvätkö seuraukset normaalissa tuotantotyössä, huoltotyössä, vai erilaisissa häiriö- ja poikkeustilanteissa?
- Miten riski eroaa eri työntekijäryhmille?
- Esiintyykö vaaratilanne koko ajan vai vain koneen käynnin aikana?
- Onko ihmisiä vaaravyöhykkeellä toistuvasti, jatkuvasti vai satunnaisesti?
- Mitkä ovat vikaantumisen seuraukset ja todennäköisyydet?

Myös vahinkojen toteutumisen todennäköisyydelle on olemassa useita jaotteluja. Eri menetelmissä todennäköisyys on jaettu kahteen tai useampaan tasoon. Tässä esimerkissä on käytetty jakoa kymmeneen todennäköisyyden tasoon välillä 0,1–1. Lukuarvo 0,1 tarkoittaa, että todennäköisyys on lähes mahdoton. Lukuarvo 1 tarkoittaa, että toteutuminen on käytännössä varmaa. Muut todennäköisyydet tulisi sijoittaa näiden kahden ääripään välille. Esimerkiksi todennäköisyys 0,5 tarkoittaa, että tapahtuminen tai tapahtumatta jääminen ovat yhtä todennäköisiä. Kuviossa 8 on esimerkki todennäköisyyden jaottelusta. Käytännössä näin tiheän jaottelun täsmällinen käyttäminen on vaikeaa. (Siirilä 2009, 45–46.)

**Todennäköisyys**

Kuvio 8. Todennäköisyyden jakaminen välille 0,1–1 (Siirilä 2009, 45).

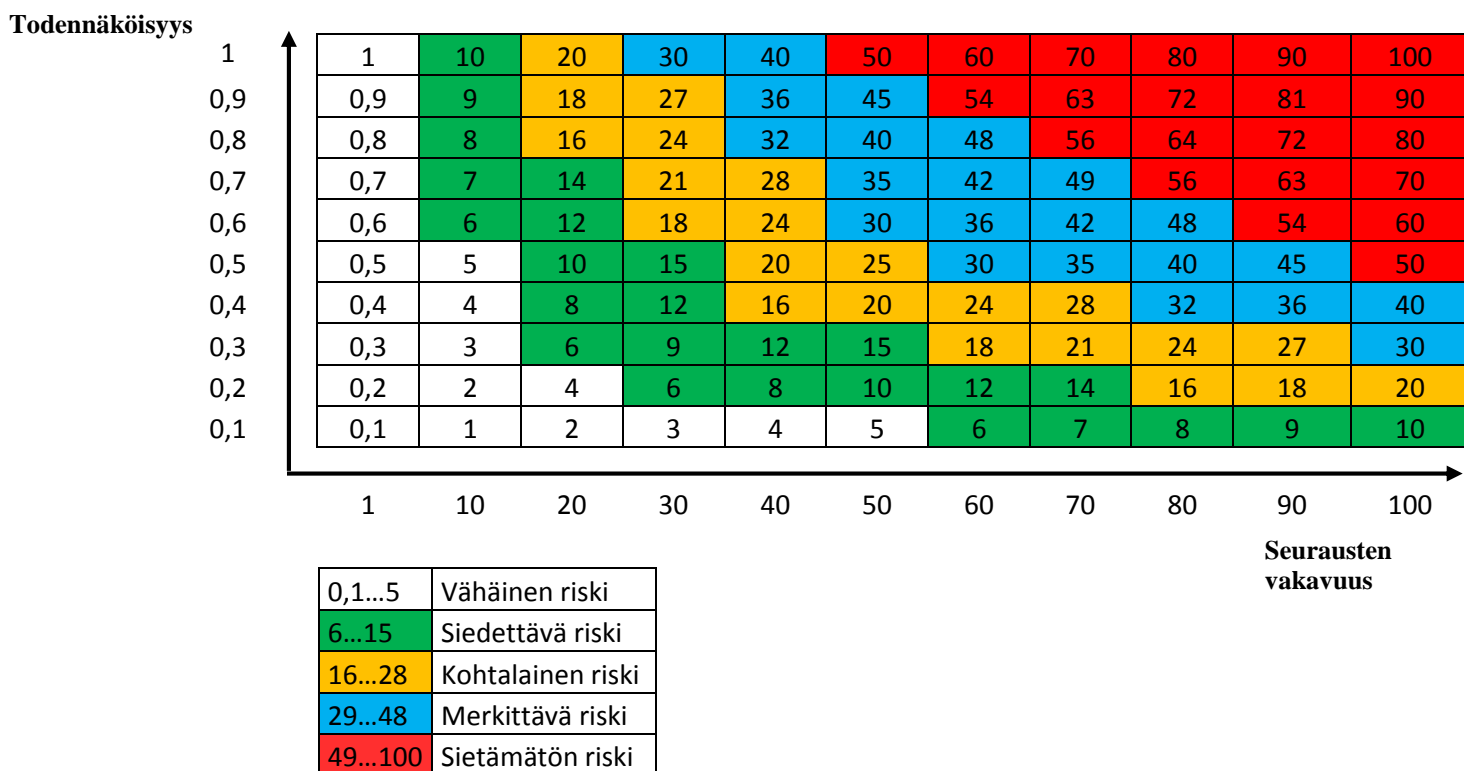
### 6.3.4 Riskin suuruuden määrittäminen

Kun mahdolliset vaaratekijät on tunnistettu ja niille on arvioitu seurausten vakavuus ja todennäköisyys, saadaan riskin arvoa kuvaava lukuarvo kertomalla nämä luvut keskenään.

Tässä esimerkissä riskit on jaettu viiteen riskitasoon suomeksikin julkaistun brittistandardi BS8800:n mukaan. Riskitaso saadaan kertomalla seurausten ja todennäköisyyden arvot keskenään. Riskitasot ovat: sietämätön, merkittävä, kohtalainen, siedettävä tai vähäinen. (Siirilä 2009, 52.)

Taulukossa 1 on yritetty havainnollistaa arvioinnin tuloksien jakautumista eri riskiluokkien välillä. Kun jokaiselle mahdolliselle vaaratekijälle on saatu taulukosta lukemalla oma riskiluokka, saadaan selville, tarvitaanko toimenpiteitä riskin vähentämiseksi.

Taulukko 1. Riskin suuruus (Siirilä & Kerttula 2007, 47).



### 6.3.5 Toimenpiteet riskien vähentämiseksi

Jokaiselle riskitasolle on määrätty tarvittavat toimenpiteet, joita tulee noudattaa, jos riskin taso ylittää sallitun rajan. Tässä jaottelussa sallittu raja on 15.

Vaadittavat toimenpiteet käytössä olevan koneen ja uuden koneen välillä eroavat hieman. Uutta konetta suunniteltaessa konetta ei saa ottaa käyttöön, ennen kuin riskien tasot ovat riittävän pienet. Jo käytössä olevalla koneella voidaan työskentelyä vielä jatkaa, jos riskin taso ei ole sietämätön. Vaikka

riskitaso sallisikin työskentelemisen, on riskejä kuitenkin vähennettävä saltilulle tasolle sovitussa aikataulussa. (Siirilä 2009, 53.)

Taulukossa 2 on esitetty vaadittavat toimenpiteet riskitasojen mukaan konetta käytettäessä sekä uutta konetta suunniteltaessa.

Taulukko 2. Tarvittavat toimenpiteet eri riskitasoilla (Siirilä 2009, 53).

RISKIN TASO		Konetta käytettäessä	Konetta Suunniteltaessa
Sietämätön	49...100	Konetta ei saa ottaa käyttöön. Jos kone on jo käytössä, sillä tehtävä työ on keskeytettävä. Työn teon saa jatkaa kunnes riskiä saadaan riittävästi vähennettyä.	Suunnittelua on jatkettava, kunnes riski on riittävän pieni.
Merkittävä	29...48	Konetta ei saa ottaa käyttöön ennen kuin riski on vähennetty ainakin kohtalaiseksi. Jos kone on jo käytössä, on harkittava työn keskeytystä. Jos työtä kuitenkin jatketaan, on riskien vähentäminen toteutettava kiireellisesti.	Suunnittelua on jatkettava, kunnes riski on riittävän pieni.
Kohtalainen	16...28	Riskejä on vähennettävä. Suunniteltujen toimenpiteiden toteuttamiselle on tehtävä aikataulu.	Suunnittelua on jatkettava, kunnes riski on riittävän pieni.
Siedettävä	6...15	Seuranta ja valvonta ovat tarpeen. Riskitaso arvioitava myöhemmin uudelleen.	Seuranta ja valvonta ovat tarpeen. Riskitaso arvioitava myöhemmin uudelleen.
Vähäinen	0,1...5	Toimenpiteitä riskin vähentämiseksi ei tarvita.	Toimenpiteitä riskin vähentämiseksi ei tarvita.

#### 6.4 Toiminnallisen turvallisuuden luokittelu

Toiminnallisen turvallisuuden luokittelulla kuvataan vikojen todennäköisyyttä ja ohjausjärjestelmän kykyä selvitä turvatoiminnoista vikatilanteessa. Tällä hetkellä toiminnallisen turvallisuuden luokitteluun on olemassa kaksi standardiperhettä, ISO:n 13849-1 ja IEC:n 61508. (Malm ym. 2010, 14.)

Ohjausjärjestelmästandardissa SFS-EN ISO 13849-1 esitetään turvallisuuden arviointiin yksinkertaistettu menetelmä, jossa arviointi perustuu nimettyihin luokkiin ja PL-suoritusastoihin. PL-tasoja on viisi, a, b, c, d ja e. Ne määrittävät vaarallisen vikaantumisen todennäköisyytenä tuntia kohti. Suoritusasteilla määrittävät turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän kyky suorittaa turvatoiminto ennakoitavissa olevissa olosuhteissa. Luokat B, 1, 2, 3 ja 4 kuvaavat ohjausjärjestelmän rakennetta, eli miten ohjausjärjestelmän turvallisuus on varmistettu vikatilanteissa. (Siirilä 2009, 143.)

SFS-IEC 61508 -standardissa ja sen alakohtaisessa sovellusstandardissa SFS-EN 62061 määrittävät SIL-luokitukset eli turvallisuuden eheystasot. SIL-taso kuvaa vaarallisen vikaantumisen todennäköisyyttä tunnissa. Turvallisuuden eheystaso määrittävät SFS-EN 62061 -standardissa kolmella

tasolla, SIL 1, SIL 2 ja SIL 3, kun IEC 61508 -standardissa on lisäksi SIL 4 -taso. Käytännössä SIL 4 -tasoa ei käytetä koneturvallisuussovelluksissa, koska sitä pidetään tarpeettoman vaativana. (Hietikko, Malm & Alanen 2009, 28–29.)

Standardeja voidaan käyttää ristiin siten, että osa järjestelmän osista käsitellään toisella standardilla ja osa toisella. Taulukossa 3 on esitetty standardien keskinäisiä vastaavuuksia. Tilanne on vähän sekava, ja tulevaisuudessa tavoitteena onkin standardien yhdistäminen, kun niitä seuraavan kerran uusitaan. (Siirilä 2009, 146.)

Taulukko 3. Suoritus-tason, luokan ja turvallisuuden eheystason vastaavuus (mukailten Siirilä 2009, 147).

Suoritus-taso (PL)	Luokka	Turvallisuuden eheystaso (SIL)	Keskimääräinen vaarallisen vian todennäköisyys tunnissa (1/h)	Monta vuotta todennäköisesti kuluu ennen vikaantumista
a	B	-	$10^{-5} \dots 10^{-4}$	1...10
b	1-2	1	$3 \cdot 10^{-6} \dots 10^{-5}$	10...40
c	1-3	1	$10^{-6} \dots 3 \cdot 10^{-5}$	40...100
d	3	2	$10^{-7} \dots 10^{-6}$	100...1 000
e	4	3	$10^{-8} \dots 10^{-7}$	1 000...10 000

## 7 OHJAUSJÄRJESTELMÄT

Yksittäisen koneen tai toiminnon ohjaamiseen käytettyä ohjausta kutsutaan ohjausjärjestelmäksi. Ohjausjärjestelmiä ovat esimerkiksi ohjelmoitavat loogikat ja PID-säätimet. Myös säätöjärjestelmää, joka toteutetaan erillisellä säätöön tarkoitettulla ohjaimella, voidaan kutsua ohjausjärjestelmäksi. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2010, 210.)

Ohjausjärjestelmiä on kahdentyyppisiä, suljettuja ja avoimia. Ohjausjärjestelmää, jossa toimilaitteita ohjataan ilman, että niiden todellisesta tilasta on tietoa, kutsutaan avoimeksi ohjausjärjestelmäksi. Siinä järjestelmä antaa käskyn toiminnolle, eikä sillä ole tietoa, onko toimilaite suorittanut komennon mukaisen toiminnon. Suljetussa ohjausjärjestelmässä taas ohjausjärjestelmä antaa käskyn toiminnolle, ja sen jälkeen seuraa antureiden antaman tiedon perusteella, tapahtuuko toiminta annetun komennon mukaisesti. (Keinänen, ym. 2010, 210.)

### 7.1 Relelogiikka

Ennen kuin nykyiset ohjausjärjestelmät kehitettiin, tehtiin sähköiset ohjausjärjestelmät käyttämällä sähkömekaanisia kytkimiä eli releitä. Piirustuslaudalla laadittiin relekaavio, jonka perusteella sähköasentaja kytki releet ohjauskeskuksessa. Kaikki nykyisinkin käytössä olevat loogiset toiminnot saatiin tehtyä kytkemällä releitä sarjaan ja rinnakkain. Myös ajastintoiminnot saatiin tehtyä erilaisilla ajastinreleillä. (Keinänen ym. 2010, 211.)



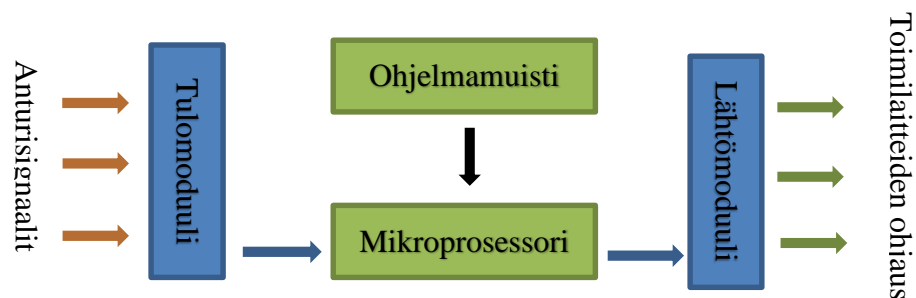
Järjestelmät, joissa on käytetty relelogiikkaa, ovat kovin monimutkaisia ja muutosten tekeminen näihin järjestelmiin on useasti hankala toteuttaa. Nykyään releitä käytetään vain hyvin yksinkertaisissa, muutaman tulon ja lähdön ohjauksissa. (Keinänen ym. 2010, 211.)

### 7.2 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitava logiikka eli PLC on mikroprosessorilla varustettu tietokone, jota käytetään reaaliaikaisten automaatioprosessien ohjaukseen. Ohjelmoitavat logiikat ovat nykyaikaisen automaation perusta. Yksittäisellä logiikalla voidaan korvata satoja aiemmin käytettyjä releitä ja ajastimia. (Keinänen ym. 2010, 212.)

Ohjelmoitavat logiikat on otettu alun perin käyttöön autoteollisuudessa, missä ohjelmistopäivityksillä voitiin korvata ohjausjärjestelmien uudelleenjohtotukset. Näin muutosten tekeminen järjestelmään helpottui vanhoihin releohjauksiin verrattuna. (Keinänen ym. 2010, 212.)

Ohjelmoitava logiikka sisältää tulo- ja lähtömoduuleita, joihin kaikki kentälaitteet on kytketty. Tulomodulleihin kytketyt anturit antavat prosessista tilatietoja prosessorille. Prosessori lukee käsittelyohjeet ohjelmamuistista ja ohjaa lähtömodulleihin kytkettyjä toimilaitteita ohjelman mukaisesti (Kuvio 9). (Keinänen ym. 2010, 212.)



Kuvio 9. Ohjelmoitavan logiikan periaate.

Walkilla on käytössä pääsääntöisesti Siemensin simatic -logiikkatuotteita. Siemensin ohjelmoitavat logiikat ovat ylivoimaisesti käytetyin logiikka-merkki teollisuudessa.

### 7.3 S7-300

Yksi Siemensin käytetyimmistä logiikkatuotteista on S7-300-logiikka (Kuva 12, s. 27). Sen käyttökohteet ovat todella lukuisat erilaisista prosessi- ja kappalevarateollisuuden ohjauksista aina yksittäisten koneiden ohjauksiin. S7-300-sarjassa on useita eritehoisia logiikoita niin pieniin kuin suuriinkin projekteihin. Lisäksi S7-300-logiikkasarjasta löytyy koneturvallisuuden viranomaismääräykset täyttävät turvalogiikat. (Siemens 2015.)



Kuva 12. Siemens S7-300-sarjan logiikka (Siemens 2015).

### 7.3.1 S7-400

S7-400-logiikkasarja on suunniteltu erityisesti vaativien ja laajojen prosessien ohjauksiin sekä käyttöön, jossa jatkuva ohjaus on tärkeä niin ihmisten kuin prosessin kannalta (Kuva 13). S7-400-logiikkasarja soveltuu erityisesti prosessi- ja koneohjausten päälogiikaksi. S7-400-ohjaimet voidaan jakaa tavallisiin, koneturvallisuuden vaatimukset täyttäviin sekä kahdennettuihin ohjaimiin. Kahdennettuja ohjaimia voidaan käyttää myös turvaohjausten toteuttamiseen. (Siemens 2015.)



Kuva 13. Siemens S7-400-sarjan logiikka (Siemens 2015).

### 7.3.2 S7-1200

Siemensin S7-1200-logiikkasarja on tarkoitettu pienten ja keskisuurten laitteiden automatisointiin käytettävä mikrologiikka (Kuva 14). Se on myös mahdollista liittää laajempiin ohjausjärjestelmiin. Tällä logiikkasarjalla on korvattu vanhempi S7-200-logiikkasarja. Tyypilliset käyttökohteet S7-1200-logiikalle ovat teollisuuden peruskohteet kuten kuljetinjärjestelmät ja pakkauskoneet. S7-1200:aa ei ole rajoitettu korvaamaan vain releohjauksia, vaan sen PID-säätäjät ja liikkeenohjaustoiminnot mahdollistavat monimutkaisetkin sovellukset. S7-1200:aan voidaan ladata erilaisia kirjastoja, jotka sisältävät paljon erilaisia toimintoja. Näin suunnittelu- ja ohjelmointityö helpottuvat, kun erilaisia toimintoja on valmiina. (Siemens 2015.)

S7-1200-sarjan logiikoilla voidaan toteuttaa vastaavia sovelluksia kuin S7-300-sarjan logiikoilla.



Kuva 14. Siemens S7-1200-sarjan logiikka (Siemens 2015).

### 7.3.3 S7-1500

S7-1500 on Siemensin uusin logiikkaohjain (Kuva 15, s. 29). S7-1500-sarjan logiikat ovat suunniteltu pienten sekä suurempien kokonaisuuksien ohjaamiseen. Tyypillisesti sarjan tuotteet on tarkoitettu kohteisiin, joissa tarvitaan monipuolista ja laajennettavaa ohjausratkaisua. S7-1500 ei ole rajoitettu pelkästään perinteisiin automaatiotoimintoihin, vaan sen sisältämällä PID-säätäjillä ja liikkeenohjaustoiminnoilla voidaan toteuttaa erilaisia kokonaisuuksia, joihin on aikaisemmin tarvittu lisäkomponentteja tai erikoisohjelmistoja. S7-1500-sarjassa on myös SIL3-tasolle asti hyväksytyjä turvalogiikkaohjaimia. (Siemens 2015.)

S7-1500-sarjan tuotteilla voidaan tehdä sovelluksia, joita aiemmin on toteutettu S7-300- ja S7-400-logiikkaohjaimilla..



Kuva 15. Siemens S7-1500-sarjan logiikka (Siemens 2015).

### 7.3.4 ET-200

ET-200 on etäasema, jota käytetään nykyaikaisissa automaatiosovelluksissa tulo- ja lähtöpiirien hajauttamisessa prosessiaseman luota lähemmäksi toimilaitteita (Kuva 16). Etäasema liitetään kenttäväylän kautta pääohjaimen. Tällaisesta toteutuksesta käytetään nimitystä hajautettu I/O. Hajautetun I/O:n avulla pystytään vähentämään ja selkeyttämään johdotuksia ja säästämään kustannuksista. Myös komponenttien vaihto ja vikojen paikantaminen helpottuu. (Siemens 2015.)



Kuva 16. Siemens ET-200 etäasema (Siemens 2015).

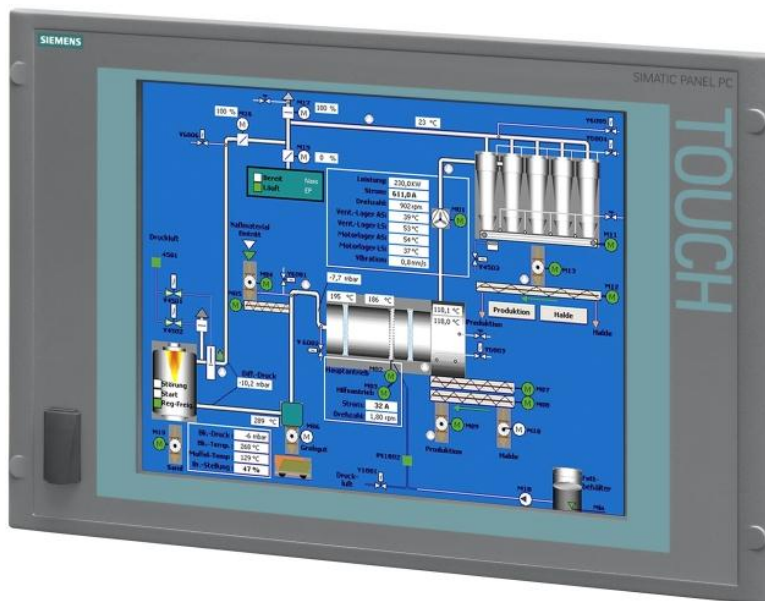
### 7.4 Käyttöliittymä

Automaatiojärjestelmissä käyttöliittymällä tarkoitetaan laitteen osaa, jonka avulla käyttäjä voi seurata ja ohjata konetta tai prosessia (Kuva 17). Perinteisissä järjestelmissä käyttöliittymänä toimivat ohjauspulpeteista löytyvät kytkimet, mittarit, näytöt ja merkkivalot.



Kuva 17. Perinteinen ohjauspulpetti (T. Heinonen 2015).

Teollisuuskäytössä kosketusnäytöt ja valvomotietokoneet ovat korvanneet perinteisemmät ohjausratkaisut (Kuva 18). Varsinkin käyttöliittymien visuaalisuus on kehittynyt valtavasti. Ohjattavasta järjestelmästä voidaan esittää helppolukuista ja havainnollista informaatiota, josta käyttäjä saa tietoa prosessin tilasta. Näytöllä voidaan esittää prosessin tilan mukaan muuttuvia näkymiä, jolloin näytöllä näkyy vain senhetkiseen tilaan tarvittavat tiedot ja ohjauspainikkeet. Myös muutosten tekeminen kosketusnäytölle on helppoa, koska näyttöjä voidaan muokata uudelleen tarpeen mukaan. Esimerkiksi uusien näkymien ja painikkeiden lisääminen tai poistaminen sujuvat vaivattomasti.

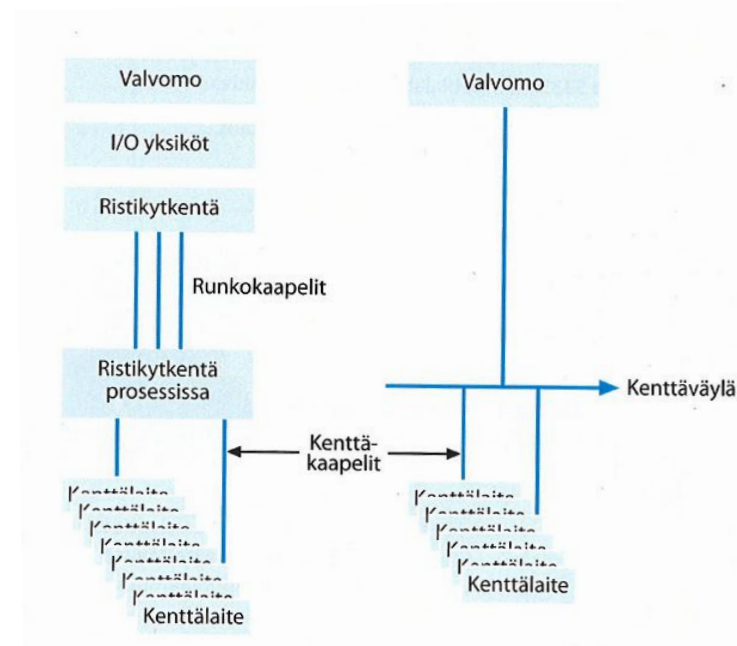


Kuva 18. Siemensin teollisuus-pc (Siemens 2015).

## 7.5 Kenttäväylät

Kenttäväyläksi kutsutaan teollisuuden ohjausjärjestelmissä käytettävää digitaalista, kaksisuuntaista ja sarjaväyläistä tietoliikenneverkkoa, joka mahdollistaa tiedon siirtämisen kenttäväylämoduulien ja järjestelmän välillä. Kenttäväylämoduuleita voivat olla esimerkiksi logiikan tulo- ja lähtömoduulit, anturit, säätimet ja moottorinohjaimet. Kenttäväylä on siis laiteverkko, joka mahdollistaa eri kenttälaitteiden yhdistämisen yhdeksi automaatiojärjestelmäkokonaisuudeksi. Erilaisia kenttäväyläprotokollia on jo useita kymmeniä, mm. Profibus, Profinet, As-i-väylä, Foundation fieldbus ja Ethercat. (Sundquist n.d., 3.)

Koska kenttäväylämoduulit ovat kytkettynä toisiinsa yhdellä tiedonsiirto-kaapelilla, pystytään kaapelointia yksinkertaistamaan huomattavasti perinteiseen automaatiojärjestelmään verrattuna. Täten pystytään säästämään kaapelointikustannuksista. Se myös nopeuttaa laiteasennuksia ja vähentää kaapelointivirheitä. Kuviossa 10 on esitettyä perinteisen ristikytkentäteknikan ero kenttäväyläteknikkaan verrattuna. (Heinonkoski 2013, 118.)



Kuvio 10. Perinteinen ristikytkentä ja kenttäväylä (Heinonkoski 2013, 119).

Eri käyttökohteisiin on olemassa erilaisia väyläratkaisuja. Prosessien ohjauksessa ja jatkuvassa säädössä käytetään varsinaisia kenttäväyliä. Niitä käytetään järjestelmän ja älykkäiden kenttälaitteiden väliseen tiedonsiirtoon. Älykkäillä kenttälaitteilla on oma prosessori, jonka avulla järjestelmän toimintoja voidaan hajauttaa kenttälaitteille. Tyypillisesti näiden laitteiden väliset sanomat ovat vaihtelevia ja pitkiä.

Laiteväyliä käytetään pienten laitekokonaisuuksien ohjaamiseen. Sitä käytetään paljon esimerkiksi kappalevarateollisuudessa tiedonsiirrossa tavanomaisille kenttälaitteille. Laiteväylissä sanomat ovat lyhyitä ja tiedonsiirto kohtalaisen nopeaa.

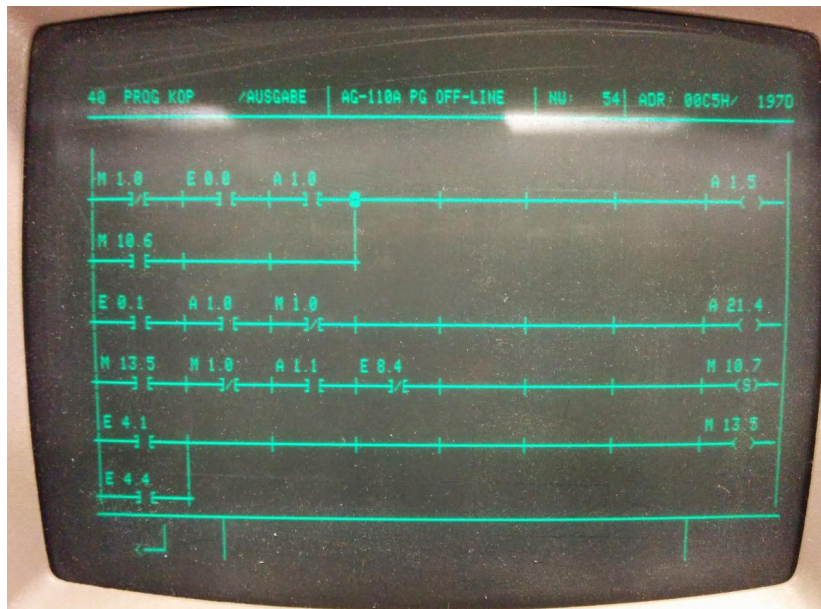
Anturiväylää käytetään antureiden, toimilaitteiden ja laitteistojärjestelmien tiedonsiirrossa. Väylä sopii erityisesti yksinkertaisiin, mutta paljon liittyn- töjä sisältäviin ratkaisuihin. Anturiväylässä kulkevan tiedon määrä on pieni, joten tiedonsiirto on nopeaa.

### 7.6 Ohjelmistot

Nykyajan automaatiosovelluksissa ohjelmistoilla on suuri merkitys loppu- tulokseen. Mitä tehokkaampia ohjelmistot ovat, sitä nopeammin ja kustan- nustehokkaammin sovellus valmistuu. Nykyaikaiset ohjelmistot mahdollis- tavat monipuolisemman suunnittelun yhden työkalun avulla. Esimerkiksi logiikkojen, käyttöliittymien ja turvaratkaisujen ohjelmointi onnistuu tar- vittaessa yhden ohjelmiston avulla. (Siemens Oy 2015.)

#### 7.6.1 STEP 5

Siemensin S5-sarjan logiikoille tarkoitettu STEP-5-ohjelmointiohjelman ensimmäinen versio ilmestyi vuonna 1979 (Kuva 19). Vuonna 1996 ilmes- tynyt versio 6.5 oli ensimmäinen MS-DOS-käyttöjärjestelmässä toiminut versio. STEP-5-ohjelman viimeisin versio 7.23 ilmestyi 12.8.2004. Sen jäl- keen Siemens alkoi vähitellen luopua S5-sarjan kehityksestä. (Wallenius 2012.)



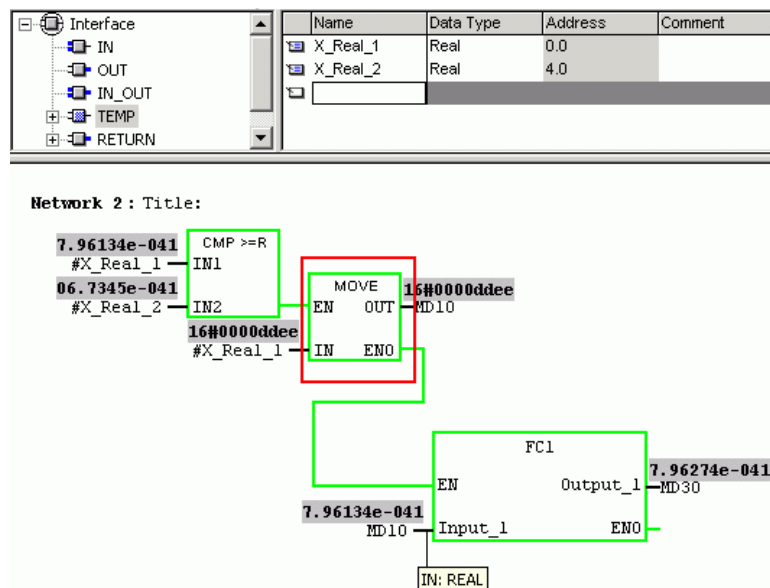
Kuva 19. AG-110A STEP-5 -ohjelmointinäkökymä (T. Heinonen 2015).

S5-sarjaa ja STEP-5-ohjelmistoa käytetään edelleen teollisuudessa. S5-sar- jasta ollaan kuitenkin siirtymässä S7-sarjaan laitteistojen uusimisien yhtey- dessä, koska STEP-5-osaajien määrä on vähentynyt, eikä valmistaja takaa enää varaosien saatavuutta S5-sarjan tuotteille. Siirtyminen on tehty hel-

poksi niin laitteiden kuin ohjelmankin osalta. Vanhat STEP-5-ohjelmat voidaan konvertoida s7-ohjelmiksi. Konvertoinnin jälkeen ne voidaan siirtää S7-sarjan logiikkaan. (Siemens Oy 2015.)

### 7.6.2 STEP 7 Classic

Siemens S7-sarjan logiikoille tarkoitettu ohjelmointiohjelma STEP-7 julkaistiin vuonna 1995. STEP-7-ohjelman myötä siirryttiin MS-DOS-käyttöjärjestelmästä Windows-käyttöjärjestelmään. Käytännössä tämä näkyi näppäimistöohjauksen muuttumisesta hiiriohjaukseen. Myös STEP-7:n ulkoasu ja käytettävyys muuttuivat oleellisesti edeltäneestä STEP-5:stä. (Wallenius 2012.)



Kuva 20. STEP-7 v5.5 -ohjelmointinäkymä (Siemens Oy 2015).

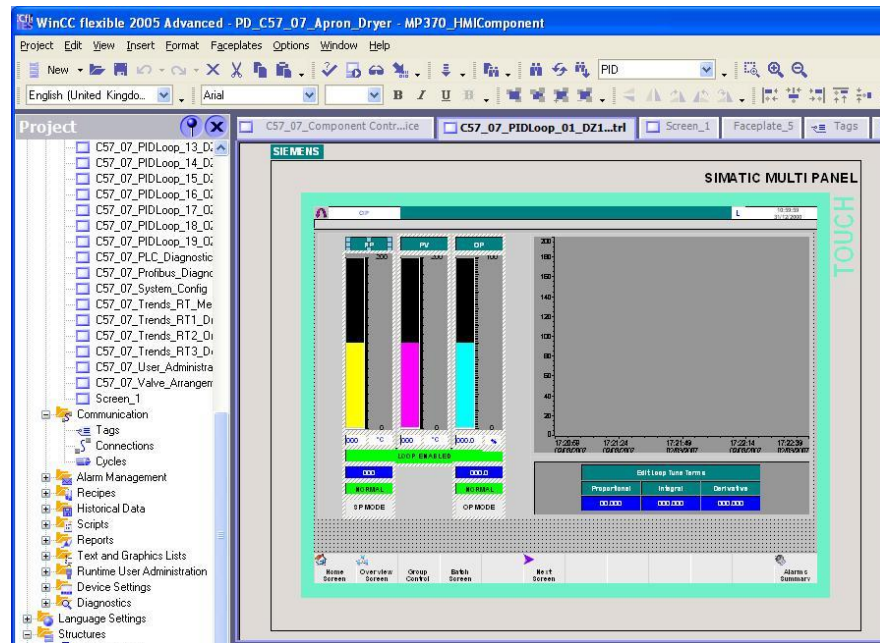
STEP 7 on suunnitteluohjelmisto, joka on tarkoitettu koko projektin kokonaisvaltaiseen suunnitteluun. Ohjelmistolla voidaan ohjelmoida ja konfiguroida logiikkaohjaimia, määrittää kommunikointilinkkejä ja liittää logiikkaohjelma visualisointijärjestelmiin. Ohjelmaa voidaan myös hyödyntää käytönnotossa sekä vianetsinnässä. Perussuunnittelutyökalulla voidaan ohjelmoida S7-300-, S7-400- ja PC-pohjaisia logiikkaohjaimia. STEP-7 classic on vielä Siemensin yleisimmin käytössä oleva ohjelma logiikoiden ohjelmointiin. Sen viimeisin versio on STEP-7 v5.5 (Kuva 20). (Wallenius 2012.)

### 7.6.3 WinCC Flexible

WinCC Flexible on ohjelmisto, joka on tarkoitettu koneläheisen visualisoinnin ohjelmointiin (Kuva 21, s. 34). Sillä voidaan ohjelmoida operointipaneelit pienistä Micro-paneeleista aina isoihin PC-sovelluksiin saakka. Valmiit kirjastot ja näyttöelementit tekevät WinCC Flexiblen konfiguroin-



nista tehokasta. WinCC Flexible integroituu myös muihin Simatic-tuotteisiin, jolloin niiden keskinäinen tiedonvälitys on joustavaa. (Siemens Oy 2015.)



Kuva 21. WinCC Flexiblen ohjelmointinäkömä (Siemens 2015).

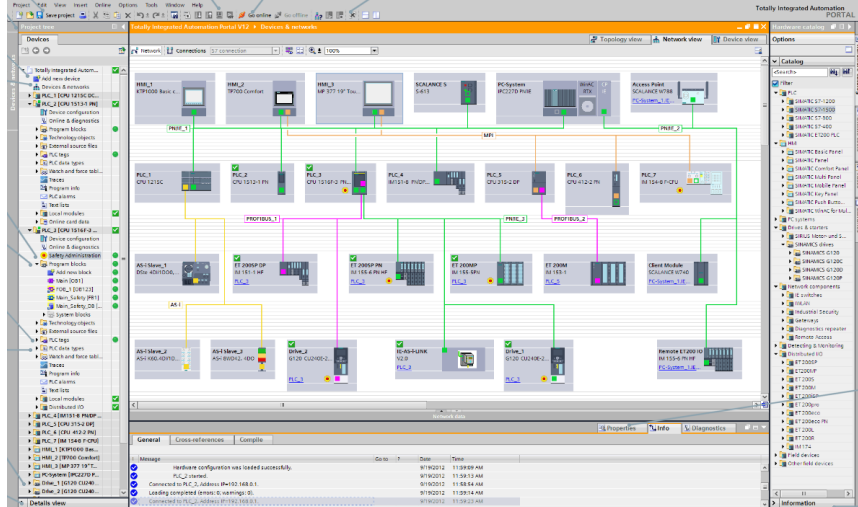
### 7.6.4 Tia Portal

TIA Portal on Siemensin kehittämä yhtenäinen automaatio suunnittelu- ja ohjelmointialusta, joka yhdistää ohjelmoitavat logiikat, visualisoinnin, tajuusmuuttajat, turvatekniikan ja väyläliitännät. Yhdistämällä nämä ominaisuudet yhteen ohjelmaan saadaan käyttäjäystävällisempi kokonaisuus, jolloin vain yhden ohjelman opiskelu riittää. Tällä tavoin on myös helpompi havaita inhimillisten virheiden, kuten määrittelyiden päällekkäisyyksien ja virheellisten syöttöjen, synty. TIA Portalilla on siis mahdollista tehdä suunnittelu- ja tuotantoprosessit koko tuotantoketjulle. (Siemens Oy 2015.)

Logiikan ohjelmointi suoritetaan STEP-7-ohjelmalla, josta on olemassa kolme eri versiota: basic, professional ja safety (Kuva 22, s. 35). Basic-ohjelma on tarkoitettu ainoastaan S7-1200-ohjelmointiin. Professional-versiolla voidaan ohjelmoida S7-300-, S7-400-, S7-1200-, S7-1500- ja WinAC-logiikoita. Safety-lisenssi mahdollistaa turvahyväksytyjen ohjausten toteuttamisen S7-300-, S7-400-, S7-1500- ja WinAC-logiikoilla. STEP-7-ohjelman viimeisin versio on STEP-7 v13. (Siemens Oy 2015.)

Käyttöliittymäsunnittelussa käytettävällä WinCC V11 -ohjelmalla voidaan visualisoida esimerkiksi käyttöpaneelit sekä kokonaiset tuotannonohjauksen valvomojärjestelmät. Kaikki Simatic HMI -aitteet voidaan ohjelmoida samalla laitteella. Ohjelman sovellusnäkömä on samanlainen pienistä paneeleista aina suurin SCADA-järjestelmiin. (Siemens Oy 2015.)

TIA Portal -alusta sisältää myös SINAMICS StartDrive -ohjelmiston, joka integroi SINAMICS-käytöt automaatioympäristöön. Sinamics-taajuusmuuttajien käyttöönotto sujuu helposti ja nopeasti samalla ohjelmistolla. Se myös nopeuttaa, helpottaa ja tehostaa suunnittelua. (Siemens Oy 2015.)

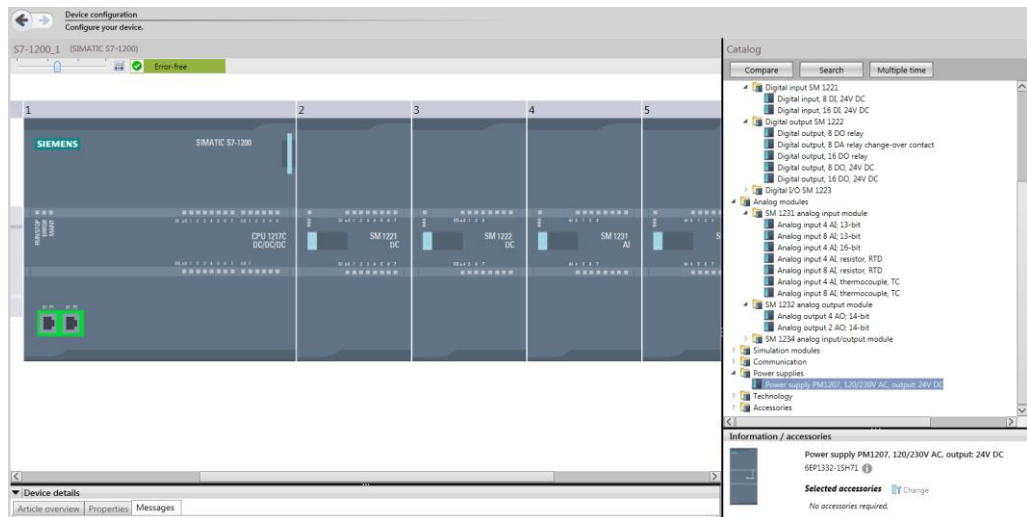


Kuva 22. Tia Portalin ohjelmointinäkymä (Siemens 2015).

### 7.6.5 Tia selection tool

Tia selection tool -ohjelmalla voidaan valita, konfiguroida ja tilata Siemensin tuotteita (Kuva 23). TIA Selection Tool -ohjelmaan on yhdistetty useita konfiguraattoreita. Ohjelmalla voidaan määrittää esimerkiksi projektin lojiikkakokoonpano, paneelit ja teollisuuden tiedonsiirto-komponentit. Käytössä on yksi ohjelma, joka voidaan käynnistää suoraan Siemensin kauppapalvelusta tai asentaa paikallisesti tietokoneelle. Kauppapalvelusta käynnistettävä versio tuo kirjautuneelle käyttäjälle tuotteiden hintatiedot. Ohjelma tarjoaa ohjatusti oikeiden tuotteiden valinnan projektiin. (Siemens Oy 2015.)

Ohjelmasta saadaan suoraan tilauslista Siemensin kauppapalveluun. Tehty konfiguraatio voidaan tallentaa myös pdf-tiedostoksi. Ohjelmasta saadaan haettua konfiguraation komponenteille manuaalit, 2D-kuvat, sertifiikaatit ja datalehdet. (Siemens Oy 2015.)



Kuva 23. Tia selection tool -ohjelma (T. Heinonen 2015).

## 8 TURVALAITTEET

Jos riskien arvioinnissa havaittua riskiä ei ole mahdollista pienentää kiinteillä suojuksilla ja koneen rakenteilla, on riskiä pienennettävä siirrettävillä suojuksilla, turvalaitteilla ja niiden yhdistelmillä. Turvalaitteen tehtävänä on varmistaa, että koneen vaarallisiin osiin päästään koskettamaan vain koneen ollessa turvallisessa tilassa. Turvalaitteen tulee myös estää odottamaton liike henkilön ollessa vaarakohdassa. (Siirilä 2009, 348.)

### 8.1 Erilaisia turvalaitteita

On erittäin tärkeää, että kuhunkin käyttökohteeseen valitaan sellainen turvalaite, joka siinä ympäristössä havaitsee vaarakohdassa olevan tai vaaravyöhykkeelle menossa olevan ihmisen luotettavasti. Huonosti valittu laite voi hankaloittaa merkittävästi koneen käyttöä, jolloin vaarana on turvalaitteen ohittaminen koneen käytön helpottamiseksi. Turvalaitteen valintaan vaikuttaa mm. koneesta aiheutuvat riskit sekä käyttöolosuhteet. (Siirilä 2009, 357.)

#### 8.1.1 Toimintaankytkentälaitteet

Toimintaankytkentälaitteen tarkoitus on estää koneen toiminta sellaisissa tilanteissa, joissa ihmisen on mahdollista olla vaaravyöhykkeellä tai koneen toiminnasta voisi aiheutua muuta vaaraa. Yleisin toimintaankytkentälaitte on suojuksen kiinni olemista valvova rajakytkin ja siihen liittyvä ohjausjärjestelmän osa. Toimintaankytkentälaitteena voidaan pitää myös vaaravyöhykkeelle pääsyn mahdollistavaa siirtoavainta. Siirtoavaimen saa poistettua kytkimestä vain, kun kytkin on seis-asennossa. (Siirilä 2009, 344.)

### 8.1.2 Tunnistavat turvalaitteet

Tunnistavan turvalaitteen tarkoitus on havaita vaarakohdassa oleva tai vaaravyöhykettä lähestyvä henkilö ja lähettää viesti koneen ohjausjärjestelmään. Ohjausjärjestelmä reagoi viestiin ja pysäyttää koneen ja estää sen käynnistymisen henkilön ollessa vaaravyöhykkeellä. Tunnistavilla turvalaitteilla voidaan tehdä aluevalvontaa ja rajavalvontaa.

Tunnistavia turvalaitteita on kahta tyyppiä: koskettamatta tunnistavat ja kosketuksen tunnistavat. Koskematta tunnistavia ovat esimerkiksi valoverhot, valopuomit ja laserskannerit. Kosketuksen tunnistavia ovat esimerkiksi tuntomatto ja tuntoreuna. (Siirilä 2009, 345.)

### 8.1.3 Käyttäjän tiettyyn paikkaan sitovat turvalaitteet

Kiinteästi asennetuilla jatkuvaa vaikuttamista vaativilla turvalaitteilla varmistetaan käyttäjän olemisen turvallisessa paikassa koneen tai sen osien liikkeessä. Tavallisia käyttäjän tiettyyn paikkaan sitovia turvalaitteita ovat pakkokäyttöiset hallinta- ja sallintalaitteet.

Pakkokäyttöinen hallintalaite on jalalla, kädellä tai käsillä käytettävä ohjauslaite, jolla käynnistetään ja ylläpidetään koneen toimintaa niin kauan, kun hallintaelin on vaikutettuna. Hallintalaite tulee asentaa sellaiseen paikkaan, josta käyttäjä ei yllä vaarakohtaan. Asennuspaikan tulee myös olla sellaisessa paikassa, josta käyttäjä ei ehdi vaarakohtaan siinä vaiheessa, kun hallintaelimeen vaikuttaminen lopetetaan. (Siirilä 2009, 346.)

Sallintalaite puolestaan sallii vaikutettuna koneen toiminnan, mutta ei ohjaa itse konetta. Koneen varsinaiset liikkeet hoidetaan erillisellä hallintaelimellä tai automaattiohjauksella. Liikkeiden käynnistyminen ja käynnissä olemisen edellyttävät, että ohjausjärjestelmään tulee viesti samaan aikaan sekä sallintalaitteelta että koneen liikkeet hoitavalta hallintaelimeltä tai ohjaukselta. (Siirilä 2009, 346.)

## 8.2 Turvalaitteiden ryhmittely

Turvalaitteita voidaan ryhmitellä eri tavoilla. Seuraavaksi läpikäytävissä esimerkeissä käytetty ryhmittely on tehty turvalaitteen käyttötarkoituksen ja ihmisen havaitsemiskohdan perusteella.

### 8.2.1 Lähestymispysäytys

Kun vaarallisten liikkeiden pysäyttämiseen käytetään lähestymispysäytystä, sallitaan henkilön pääseminen vaaralliselle alueelle vain turvalaitteella valvotusta kohdasta. Vaaravyöhykkeelle on siis mahdollista päästä vain turvalaitteeseen vaikuttamalla. Kun ihminen lähestyy vaaravyöhykettä, turvalaite havaitsee ihmisen ja lähettää ohjausjärjestelmään signaalin. Ohjausjärjestelmä pysäyttää koneen tai asettaa sen muuhun turvalliseen tilaan. (Siirilä 2009, 358.)

Lähestymispysäytykseen perustuvassa valvonnassa turvalaite on sijoitettava niin kauas vaarakohdasta, että vaaralliset liikkeet ehtivät pysähtyä ennen kuin niihin koskettaminen on mahdollista. Turvalaite ei myöskään havaitse valvontalinjan ohitse mennyttä ihmistä. Tästä syystä turvalaitteen kuittaus tulee järjestää niin, että kuittauspaikasta on hyvä näkyvyys vaara-alueelle. (Siirilä 2009, 358.)

### 8.2.2 Aluevalvonta

Aluevalvonnan turvallisuusperiaate perustuu siihen, että turvalaite havaitsee jatkuvasti henkilön tai henkilön kehon osan tämän ollessa vaaravyöhykkeellä. Useasti aluetta valvovat laitteet toimivat sekä lähestymispysäytymisenä että läsnäoloa valvovina laitteina. Pysäytyskäsky annetaan ihmisen saapuessa havaitsemisalueen rajalle, ja käsky pysyy aktiivisena niin kauan kuin ihminen on havaitsemisvyöhykkeellä. Tällaista turvalaitetta käytetään erityisesti vaaraa aiheuttavan odottamattoman käynnistyksen estämiseen. Turvalaitteeksi sopii vaakasuoraan tai viistoon asennettu valoverho, laser-skanneri, passiivinen infrapunaturvalaite tai tuntomatto. (Siirilä 2009, 358.)

### 8.2.3 Rajavalvonta

Rajavalvonnassa henkilön pääsy vaaravyöhykkeelle sallitaan vain liikkeiden ollessa pysähtyneenä. Kun ihminen lähestyy vaarakohtaa, turvalaite havaitsee ihmisen ja antaa pysäytyskäskyn ohjausjärjestelmälle. Lukinnalla varustettu koneen toimintaan kytketty suojuus sallii pääsyn vaaravyöhykkeelle vasta, kun koneen liikkuvat osat ovat pysähtyneenä. (Siirilä 2009, 358.)

Vaaravyöhykkeelle tulee olla hyvä näkyvyys, koska turvalaite ei enää havaitse ihmistä, kun tämä on mennyt valvontalinjan ohitse. Myös kuittaus on tarpeen vaaravyöhykkeeltä pois tulemisen jälkeen. (Siirilä 2009, 358.)

### 8.2.4 Käyttöpaikassa olemisen valvonta

Koneen käyttäjän määriteltyyn kohtaan sitovia turvalaitteita käytettäessä periaatteena on, että koneen käynti sallitaan vain, kun henkilö vaikuttaa turvallisen etäällä vaarakohdista olevaan kiinteästi asennettuun sallintalaitteeseen. Kun laitteeseen vaikuttaminen lopetetaan, ohjausjärjestelmään lähtee pysäytyskäsky. Tällainen turvalaite suojaa vain sallintalaitteeseen vaikuttavan henkilön. Lisäksi tällainen laite on helppo ohittaa, ellei laitteeseen ole lisätty sellaisen estämiseen tarkoitettuja ominaisuuksia. (Siirilä 2009, 357.)

## 9 TURVATOIMINTOJEN VALVONTALAITTEET

Kaikki turvatoiminnon aikaansaavat komponentit kuuluvat turvapiiriin. Turvapiiri on ketju, joka alkaa turvalaitteesta ja päättyy turvatoiminnon suorittaviin koneen toimilaitteisiin ja jarruihin. Turvapiirissä on aina valvontalaite, joka tutkii turvalaitteelta tulevaa signaalia ja toteuttaa sen perusteella

turvatoiminnon. Valvontalaitteena voidaan käyttää perinteistä relelogiikkaa, ohjelmoitavaa logiikkaa, turvarelettä tai ohjelmoitavaa turvalogiikkaa.

### 9.1 Pakkotoiminen rele

1980-luvun alussa peruskomponentti turvallisissa piirirakenteissa oli ns. pakkotoiminen rele. Releen avulla on mahdollista valvoa pääkoskettimien tilaa apukoskettimien avulla. Pakkotoimisilla releillä on mahdollista toteuttaa monenlaisia kytkentöjä, joissa yksittäinen vika havaitaan koskettimien vaihtaessa tilaansa. Pakkotoimisen releen koskettimet on sidottu toisiinsa mekaanisesti, jolloin koskettimet ovat toisiinsa nähden aina samassa asennossa. Tällä oletuksella valvontaan voidaan käyttää releen vapaana olevaa kosketinta.

### 9.2 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitavaa logiikka voidaan käyttää varsinaisen järjestelmän ohjauksen ohella myös turvapiirien valvontalaitteena. Logiikkaa käytettäessä turvapiireistä voi tosin tulla monimutkaisia, koska muita komponentteja tarvitaan enemmän. Hyödyllinen käyttökohte onkin konemodernisoinneissa, joissa logiikka on jo entuudestaan käytössä, mutta keskuksissa ei ole riittävästi tilaa uusille valvontalaitteille. (Vähäyjylkkä 2013, 24.)

### 9.3 Turvarele

Turvarele on laite, joka on suunniteltu valvomaan pieniä ja yksinkertaisia turvapiirejä. Turvareleessä on sisäänrakennettuna kaksi erillistä relettä, joita ohjataan samalla ohjaussignaalilla. Näiden releiden koskettimet on kytketty sarjaan, ja ne ovat myös relelogiikan tavoin pakkotoimisia. Turvareleellä pystytään testaamaan valvottavan turvalaitteen piiriä ja takaisinkytkennän avulla ohjattavia toimilaitteita. Näiden ominaisuuksien avulla aikaansaadään hyvä suoritustaso sekä korkea diagnostiikan kattavuus. (Vähäyjylkkä 2013, 25.)

### 9.4 Ohjelmoitava turvalogiikka

Ensimmäiset turvalogiikat on otettu käyttöön koneautomaatiossa 1990-luvun puolessavälissä. Turvalogiikkaa käytetään useasti kohteissa, joissa turvalaitteiden määrä on suurempi ja ohjausjärjestelmältä vaaditaan monenlaisia turvatoimintoja. Suurin ero turvareleen ja turvalogiikan välillä on se, että turvarele otetaan käyttöön pelkillä kytkennöillä, mutta turvalogiikka otetaan käyttöön ohjelmallisesti. Ohjelmoitavilla laitteilla on mahdollista toteuttaa huomattavasti monipuolisempaa valvontaa kuin yksinkertaisemmilla tekniikoilla. Turvalogiikat ovat modulaarisia, jolloin turvatulojen ja -lähtöjen määrään voidaan vaikuttaa moduuleja lisäämällä.

### 9.5 Turvaväylä

Kun ohjausjärjestelmää suunnitellaan, on turvallisuuteen liittyvä tiedonsiirto otettava mukaan luotettavuuden arviointiin. Riskiarvioinnin perusteella voi osoittautua, että kenttäväylien toiminta ja luotettavuus eivät sellaisenaan ole riittäviä turvallisuuteen liittyvien järjestelmien hallintaan. Turvaväylä on tavallisista kenttäväylistä muunneltu väylä, jolla saadaan turvallisuuteen liittyvien signaalien luotettava siirto eri laitteiden välillä. Turvaväylässä on varsinaisen tiedonsiirtoprotokollan lisäksi otettu huomioon sarjaliikenteen virhetilanteet. Turvaväylä osaa tunnistaa virheen ja toimia sen mukaisesti, eikä tiedonsiirto katkea, vaan tieto saadaan varmasti lähettäjältä vastaanottajalle. Jos turvasignaalin viive ylittää suurimman sallitun ajan tai jos turvasignaaliin tulee virhe, ajetaan kohde automaattisesti turvalliseen tilaan. Turvaväylän turvatoimenpiteet on usein toteutettu lisäämällä erillinen turvakerros tiedonsiirtokerrosten päälle.

## 10 ESISELVITYS

### 10.1 Aloitus

Opinnäytetyö aloitettiin keskustelemalla Walki Oy:n kunnossapitopäällikkö Jari Salmisen kanssa. Keskustelussa käytiin läpi pakkauskoneen ongelmakohtia ja mietittiin, miten työ rajattaisiin.

Keskustelussa päädyttiin tekemään koko pakkauskonelinjastolle modernisoinnin esiselvitys. Työssä keskityttäisiin pakkauskonelinjastoon laajana kokonaisuutena, eikä kiinnitettäisi vielä liikaa huomiota yksittäisiin osaluokiin. Esiselvitysmateriaalin perusteella voitaisiin esitellä alihankkijoille pakkauskoneen nykytilaa mahdollisen modernisoinnin yhteydessä.

### 10.2 Pakkauskoneeseen tutustuminen

Kun opinnäytetyö saatiin rajattua, jatkettiin tutustumalla pakkauskoneeseen paikan päällä. Pakkauskoneen toimintaa seurattiin ja konemiehiltä kyseltiin, mitä ongelmakohtia heidän mielestään pakkauskoneesta löytyy. Pelkästään seuraamalla pakkauskoneen toimintaa saatiin pakkauskoneesta selville useita kohteita, joita on tarve kehittää. Eniten ongelmia pakkausprosessissa aiheuttavat häiriöt rullakääreiden kanssa. Rullakäärettä syötettäessä kääreet rypistyvät alas tullessa tai sitten ne eivät tule alas ollenkaan. Myös konemiehet pitivät kääreongelmia pahimpana ongelmakohtana.

Myös turvallisuudessa havaittiin puutteita. Kun rullat nostetaan nostopöydällä keskitysasemalle, rullat tulevat pakkausmiehen selän takaa, jolloin on mahdollisuus jäädä rullan ruhjomaksi. Myös keskitysasemassa oleva rullan keskittäjä toimii automaattisesti rullan tullessa tunnistusasemalle, jolloin työntekijän jalka on vaarassa jäädä keskittäjän mekaanisten liikkeiden puristamaksi.

### 10.3 Pakkauskoneen aineistomateriaali

Pakkauskoneen aineistomateriaaliin tutustuminen aloitettiin Walkin kunnossapitojärjestelmästä. Walkilla käytetään Arttu-kunnossapitojärjestelmää, josta voitiin tutkia pakkauskoneelle tehtyjä työ- ja vikatietoja. Lisäksi Walkin toimintajärjestelmästä tulostettiin tiedot koneella sattuneista työtaturmista, läheltä piti -tilanteista sekä vaaratilanteista. Tätä dokumentaatiota pystyttiin käyttämään apuna modernisointitarpeiden selvittämisessä.

Pakkauskoneen sähkökuvista sähköisessä muodossa löytyvät ainoastaan etiketinkohdistuslaitteesta ja kolmesta myöhemmin lisäystä käärerullatelineestä tehdyt kuvat. Muut kuvat löytyvät paperisina kopiona automaatio-  
korjaamon hyllystä sekä sähkökäyttöhuoneesta. Alkuperäiset kuultopaperille käsin piirretyt sähköpiirustukset löytyvät piirustusarkistosta.



Sähkökuviin tutustumisen jälkeen tehtiin pakkauskoneen logiikan tuloista ja lähdöistä I/O-luettelo Excel-taulukkolaskentaohjelmalla (Taulukko 4). I/O-luetteloon kirjattiin tulojen ja lähtöjen osoitteet, kojettunnukset, käyttöjännite ja lyhyt selitys siitä, mihin toimintoon ne liittyvät. I/O-luettelosta selviää myös, kuinka paljon tuloja ja lähtöjä pakkauskoneessa on käytetty. Pakkauskonejärjestelmän ohjaus on jaettu kahteen osaan, pakkauskoneeseen ja kuljettimiin. Pakkauskoneesta löydettiin 68 tuloa ja 48 lähtöä (Liite 2). Kuljettimista löydettiin 103 tuloa ja 53 lähtöä (Liite 3). Näitä tietoja käytetään modernisoinnin edetessä suunnitteluvaiheeseen.

Taulukko 4. Esimerkki pakkauskoneen I/O-luettelosta.

Osoite	Kojettunnus	Selitys	Huom.
E0.0	S2	Syöttönostin käsiajo ylös	230V
E0.1	S2	Syöttönostin käsiajo alas	230V
E0.2	S3	Keskittimen topparit ylös	230V
E0.3	S3	Keskittimen topparit alas	230V
E0.4	S4	Keskitys käsiajo	230V
E0.5	S5	Keskittimen poistyönnin käsiajo ylös	230V
E0.6	S5	Keskittimen poistyönnin käsiajo alas	230V
E0.7	S6	Käärintäasema vastaanottoasentoon	230V

#### 10.4 Pohjapiirustuksen luonti

Pakkauskoneen pohjapiirustusta tarvitaan keskuksien ja kytkentäkoteloiden paikkojen suunnittelussa. Lisäksi pohjapiirustusta voidaan hyödyntää käyttöliittymässä, sillä nykyaikaiset käyttöliittymät mahdollistavat grafiikan esittämisen. Käyttöliittymässä voitaisiin esittää esimerkiksi tietoa turvalaitteiden tilasta. Kuvasta nähtäisiin saman tien, missä kyseinen turvalaite sijaitsee.

Pakkauskoneesta ei ole paikkaansa pitävää pohjapiirustusta. Edellinen pohjapiirustus oli vuodelta 1974, ja sen jälkeen koneeseen on tehty useita muutoksia. Pakkauskoneen jälkeisistä kuljettimista löydettiin vuonna 1983 tehty laitesijoituspiirustus. Myös tähän kuvaan täytyy tehdä muutoksia mahdollisen modernisoinnin yhteydessä. Pohjapiirustus piirrettiin autocad-lt-ohjelmalla. Tarvittavat mitat mitattiin lasermittarilla ja rullamitalla.

## 11 MODERNISOINTITARPEIDEN SELVITYS

Automaatiomodernisointi voidaan aloittaa, kun todetaan, että syyt ovat tarpeeksi pakottavia ja hetki on tuotannollisesti sopiva. Automaatiouusintojen turvallisuus konejärjestelmissä –tutkimusraportissa (2010, 18-24) esitetään modernisointipäätökseen vaikuttavia tekijöitä. Raportissa modernisoinnin syyt on jaettu neljään osaan: pakottavat syyt, aineettomat syyt, tuotantoon liittyvät syyt ja turvallisuutta parantavat tekijät. Tämän luvun tarkoituksena on kertoa, mitä syitä modernisointipäätökselle on ja mitä syitä pakkauskoneesta löydettiin.

## 11.1 Pakottavat syyt

Modernisoinnin syyt ovat pahimmillaan toimintaa rajoittavia, jolloin pakottava syy tai rajoitus hankaloittaa tai kokonaan estää tuotannon jatkamisen vanhalla järjestelmällä. (Malm ym. 2010, 8.)

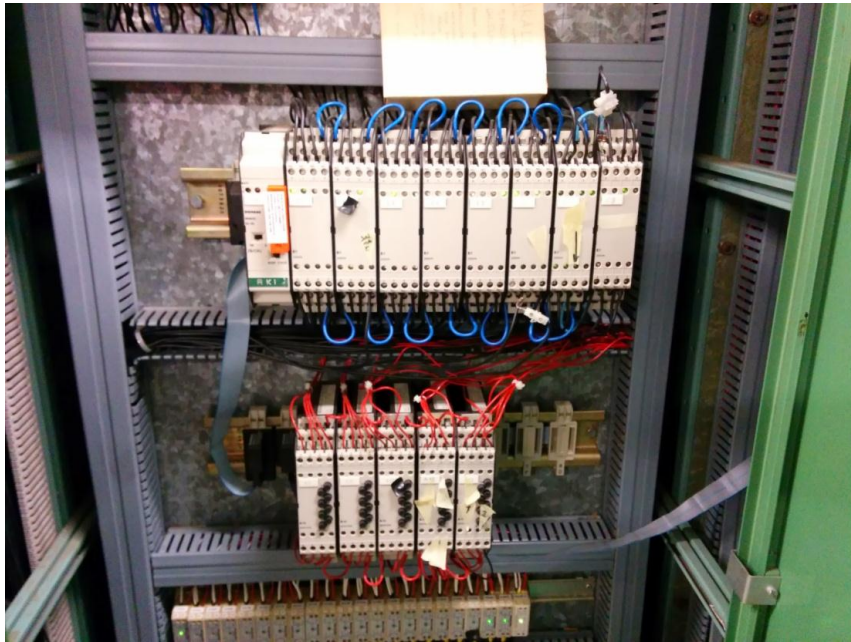
Taulukossa 5 on esitettyä esimerkkejä modernisointipäätökseen johtavista pakottavista syistä.

Taulukko 5. Modernisointipäätökseen vaikuttavat pakottavat syyt (Malm ym. 2010).

<b>Modernisoinnin syy</b>	<b>Esimerkkejä ja tarkennuksia</b>
Varaosien saatavuus	Varaosat ovat pysyvästi loppu tai vähissä. Voi heijastua muihinkin järjestelmiin yhteensopivuusongelmina.
Vakavan tapaturman riskin pieneneminen	Vaaratilanneilmoitukset ja läheltä piti -tilanteet
Tiedostetun merkittävän riskin poistaminen	Löydetään uusi merkittävä riski. Riski voi olla taloudellinen tai liittyä laitteistoon, ympäristöön tai ihmisiin.
Laitetta koskeva osaaminen	Vanhan järjestelmän osaajien väheneminen aiheuttaa hankaluuksia tuotantoon ja kunnossapitoon. Uutta tekniikkaa käyttämällä helpotetaan osaajien saamista.
Ominaisuuksien paraneminen	Esimerkiksi tarkkuuden ja nopeuden parantaminen.
Vanhan koneen rikkoutuminen	Kone tai sen osa menee rikki.
Työturvallisuusmääräyksiä täyttämisen	Vanhassa koneessa nykyiset työturvallisuusmääräykset eivät välttämättä täyty.
Tuotantokatkos	Vaikuttaa lähinnä uusinnan ajoittamiseen, koska modernisointi on toteutettava tuotantokatkoksen aikana.

Varaosien saatavuuden heikentyminen on usein ensimmäinen asia, joka saa yrityksen pohtimaan modernisoinnin ajankohtaisuutta. Pakkauskoneella automaatio on sen verran iäkäs, että useita varaosia ei enää valmisteta.

Hyvänä esimerkkinä tästä toimii pakkauskoneella ohjausjärjestelmänä toimiva Siemensin simatic S5 -sarjan 110A-logiikka (Kuva 24, s. 43). Simatic S5 -tuotesarja julkaistiin vuonna 1979 ja pakkauskoneelle 110A-logiikka on tullut 1980-luvun alussa. Simatic S5 on aktiivituotannosta poistunut logiikkaohjain, ja valmistajan mukaan sen elinkaari on loppunut vuonna 2013. Tämän jälkeen valmistaja ei takaa enää varaosien saatavuutta S5-sarjan tuotteille.



Kuva 24. Siemens S5 100A:n tuloja ja lähtöjä (Tero Heinonen 2014).

Siemens logiikkaa ohjelmoidaan PG-100-ohjelmointilaitteella (Kuva 25). Ohjelmointilaitte on käyttöliittymältään hankala. Lisäksi ohjelmointilaitte on saksankielinen. Vaikka ohjeet komennoista ja valikoista löytyvät myös suomeksi, on ohjelmointilaitteen käyttäminen hidasta ja vaikeaa.



Kuva 25. Siemens S5 -ohjelmointilaitte (Tero Heinonen 2014).

Pienenkin ohjelmamuutoksen tekeminen nykyisellä ohjelmointilaitteella on erittäin työlästä. Ohjelmointilaitetta käytetään niin harvoin, että muutoksen tekijä joutuu opettelemaan laitteen käytön aina alusta. Siksi muutoksen tekeminen saattaa viedä hyvin paljon aikaa. Nykyaikaisella ohjelmointilaitteella samanlaisen muutoksen tekeminen sujuu erittäin nopeasti.

Pakkauskoneesta on tehty useita vaaratilanneilmoituksia, ja vuonna 2014 tapahtui yksi pitkän sairasloman vaatinut tapaturma. Niin kuin ennen modernisointia tehdyssä riskiarvioinnissa (Liite 1) esitetään, on pakkauskoneessa useita kohtalaisen suuria riskejä, jotka vaativat riskin pienentämistä vähintään siedettävälle tasolle.

Tällä hetkellä pakkauskoneessa ei ole varsinaisia turvalaitteita. Koneesta löytyy neljä köysihätäpysäytintä sekä hätäseispainikkeita ohjauspulpeteista. Hätäpysäytys ei ole varsinainen turvatoiminto, vaan täydentävä suojaustoimenpide, joka on tarkoitettu pienentämään suojusten ja turvalaitteiden käytön jälkeen koneeseen jääviä jäännösriskkejä. Pakkauskoneen turvalaitteet eivät täytä tältä osin nykyisiä työturvallisuusmääräyksiä.

Pakkauskoneen modernisoinnin yhteydessä tarvittava tuotantokatkos todettiin haastavaksi järjestää. Pakkauskoneen läpi menee päivittäin niin paljon pakattavia rullia, että nykyisellä miehistömäärällä niiden käsin pakkaaminen ei ole mahdollista.

## 11.2 Aineettomat syyt

Modernisoinnilla on usein merkittävä vaikutus käytettävyyden paranemisessa. Automaatioasteen kasvattamisella saadaan prosesseista useasti helpokäyttöisempiä, kun automaatio hoitaa työtehtävien osia, jotka ovat aikaisemmin tarvinneet tietotaitoa.

Taulukossa 6 on esitettyinä pakkauskoneesta löydettyjä, modernisointipäätökseen vaikuttavia aineettomia syitä.

Taulukko 6. Modernisointipäätökseen vaikuttavat aineettomat syyt (Malm ym. 2010).

Modernisoinnin syy	Esimerkkejä ja tarkennuksia
Käytettävyyden ja ergonomian parantaminen.	Koneen toimintojen ymmärrettävyyden ja työergonomian parantaminen.
Järjestelmien samankaltaisuuden lisääntyminen.	Helpottaa varaosienhallintaa ja kunnossapitotyöntekijöiden työtä.
Tuotteiden laadun parantaminen.	
Tuotevariaatioiden mahdollistuminen.	Mallivariaatioiden lukumäärän muutos, uudet tuotteet.
Diagnostiikan paraneminen	Vikojen paikallistaminen nopeutuu.
Uuden teknologian hyödyntäminen.	
Reaaliaikaisen tiedon saanti prosesseista.	

Pakkauskoneen käyttöliittymänä toimivat ohjauspulpetit todettiin vaikeaselkoisiksi ja epäkäytännöllisiksi (Kuva 26). Epäselvä käyttöliittymä vaikeuttaa toimintojen ymmärrettävyyttä. Myös virheellisten toimintojen tekeminen vahingossa on mahdollista.



Kuva 26. Pakkauskonteen ohjauspulpetti (T. Heinonen 2014).

Diagnostiikan paraneminen auttaa varsinkin kunnossapitotyöntekijöitä, koska vikojen hakeminen helpottuu ja nopeutuu. Tällä hetkellä pakkauskonessa ei ole mitään diagnostiikkatoimintoja. Jos kone ajautuu häiriö- tai vikatilaan, voi tilanteen selvittäminen olla työlästä.

Pakkauskonella on käytössä selvästi muuta tehdasta vanhempaa tekniikkaa, joten samojen varaosien hyödyntämien muilta automaatioasteeltaan paremmilta koneilta ei ole mahdollista. Uutta teknologiaa hyödyntämällä pystyttäisiin myös yksinkertaistamaan joitain järjestelmän toimintoja. Esimerkiksi halkaisijan mittaukset voitaisiin suorittaa yhdellä anturilla nykyisen valokennoihin ja pulssilaskentaan perustuvan tekniikan asemesta.

Pakkausten laatuun eniten vaikuttava tekijä pakkauskonella on käärensyöttö ja rullan ylimenevän kääreen viikkaus rullan päissä. Käärerullan ohjausristikot ovat useasti niin liimaisia, että käärerulla menee ruttuun alaspäin tullessaan. Useasti kääre menee niin huonoon kuntoon, että pakkausmiehet joutuvat poistamaan huonon kääreen käsin hylkyyn. Viikkauksessa ongelmia aiheuttaa, jos pakattavan rullan leveys on paljon lähinnä olevan rullakääreen leveyttä pienempi. Tällöin jää ylimääräistä käärettä liikaa ja viikkauksesta ei tule siistiä. Viikkaajalla ei myöskään ole mahdollista tehdä pituussuuntaista liikettä, jolloin viikkaajan asento rullaan nähden riippuu pakattavan rullan halkaisijasta.

Walki Groupissa ollaan ottamassa käyttöön kaikkia Walkin koneita koskeva KNL-laskenta. KNL-laskentaa käytetään tuotantolinjojen tehokkuuden mit-

tauksessa. Vaikka Walkilla tarkoituksena on tutkia jalostuskoneiden tehokkuutta, todettiin mittauksen mahdollisuus hyödylliseksi myös pakkausko-  
neella.

### 11.3 Tuotantoon liittyvät syyt

Modernisoinnilla voi olla vaikutuksia joko suoraan tuotantoon, jolloin hyödyt ovat heti laskettavissa, tai tuotteen ominaisuuksiin, jolloin hyödyt ovat välillisiä. Automaatiomodernisointi ei välttämättä kaikissa tapauksissa vai-  
kuta suoraan tuotantonopeuteen, koska mekaniikka ja prosessi ovat rajoit-  
tavampia tekijöitä. (Malm ym. 2010, 8.)

Taulukossa 7 on esitettyä pakkauskoneesta löydettyjä tuotannollisia syitä.

Taulukko 7. Modernisointipäätökseen vaikuttavat tuotannolliset syyt (Malm ym. 2010).

<b>Modernisoinnin syy</b>	<b>Esimerkkejä ja tarkennuksia</b>
Ylläpidon helpottuminen	Vanhaan järjestelmään on tehty paljon huonosti doku- mentoituja muutoksia, jolloin järjestelmän hallittavuus on hankalaa.
Järjestelmän käyttämisen helpottu- minen.	Uusien työntekijöiden kouluttaminen helpottuu.
Automaatioasteen kasvattaminen	
Luotettavuuden paraneminen	Koneen kyky suorittaa määrätty toiminto vikaantumatta määritellyissä olosuhteissa annetun ajan.
Häiriötiheyden pienentyminen	
Saatavuus	Järjestelmä on käyttäjien käytettävissä enemmän aikaa.
Nykyisen järjestelmän toimimatto- muus ja ongelmat	

Pakkauskoneen alkuperäiset dokumentit ovat olleet koneen valmistuessa  
asianmukaiset, mutta vuoden 1983 modernisoinnin yhteydessä kuvista on  
tullut puutteelliset. Kuvat todettiin todella huonokuntoisiksi. Ne ovat suu-  
rimmaksi osaksi vain paperisena, mikä hankaloittaa niiden päivitystä muu-  
tosten yhteydessä. Tästä syystä dokumentteihin onkin tehty paljon kynäkor-  
jauksia. Sähkökuvista havaittiin myös eroavaisuuksia käyttöhuoneen sekä  
automaatiokorjaamon kansioiden välillä.

Järjestelmän käyttämisen helpottuminen lyhentää mahdollisten uusien  
työntekijöiden kouluttamisaikaa. Automaation avulla pystytään hoitamaan  
automaattisesti asioita, jotka tällä hetkellä tehdään käsin.

Pakkauskoneessa on paljon häiriöitä, jotka aiheutuvat järjestelmän iäkkyy-  
destä. Suuri osa häiriöistä johtuu värinän takia vinoon menneistä valoken-  
noista. Myös pölyn ja lian huomattiin aiheuttavan häiriöitä valokennojen  
toiminnassa. Satunnaisesti tulee myös häiriöitä, jotka poistuvat itsestään en-  
nen kuin vikaa ehditään selvittämään. Tällaiset viat varsinkin usein toistu-  
essaan huonontavat järjestelmän saatavuutta ja työllistävät kunnossapitoa.

Pakkauskoneen käyttöhuone sijaitsee 100 metrin päässä pakkauskoneesta. Suuri etäisyys aiheuttaa kaapeleissa jännitehäviötä, jonka takia pakkauskooneella on jouduttu käyttämään 230 V:n ohjaujännitettä 24 V:n asemesta. Lisäksi pitkiin kaapeleihin indusoituu jännitettä, joka aiheuttaa mm. käyttöhuoneessa sijaitsevien releiden merkkivalojen syttymisen, vaikka releet eivät olekaan vetäneet. Pitkä välimatka pakkauskoneen ja käyttöhuoneen välillä hankaloittaa myös kunnossapitotöitä.

Pakkauskoneen vetonippien moottorit on kytketty suoralla käynnistyksellä. Suoran käynnistuksen haittana on erittäin suuri käynnistysmomentti. Käynnistysmomentin ollessa tarpeettoman suuri se rikkoo pakkauskoneella kytкимиä. Tätä esiintyy useasti silloin, kun kääresyötössä on häiriö ja pakkausmies ohjaa vetonippiä käsiajolla.

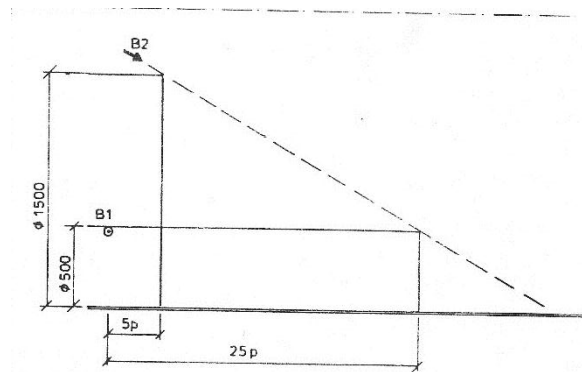
Kääreensäytössä ongelmia aiheuttaa myös käärerullan kääntyminen nipin ympärille. Jos pakkausmies on ajanut käärettä käsiajolla huolimattomasti, voi kääre olla kiertynyt telan ympärille useita kierroksia. Kääreen purkaminen telan ympäriltä on hidasta, koska telat sijaitsevat niin hankalassa paikassa.

Pakkausmiehet toivoivat parannusta käärerullan jarrunsäätöön. Rullakääreen kireyttä säädetään ohjaamalla käärerullatelineen jarrumäärää. Jarrunsäätö hoidetaan ohjauspulpetista käsiasäädöllä, jolloin säätäminen on hankalaa. Liiallinen jarrumäärä estää kääreen tulemisen, kun taas liian vähäinen jarrumäärä aiheuttaa kääreeseen löysää.

Pakkauskoneen hydraulikka on rajoitettu tällä hetkellä niin, että hydraulimoottoreilla toimivat viikkaajat sekä hydraulisyylintereillä toimivat paistolevyt eivät voi toimia samaan aikaan. Tämä järjestely hidastaa pakkaamista jonkin verran.

Varastokuljettimen ohjaus ja halkaisijanmittaus on toteutettu valokennoilla ja pulssianturilla. Valokennoihin tarttunut lika sekä valokennojen vinoon mennyt kohdistus aiheuttavat järjestelmään häiriötilanteita.

Rullan halkaisija mitataan kahden valokennon ja pulssianturin avulla (Kuva 27). Järjestelmä laskee, kuinka monta pulssia tulee valokennojen vaikuttamisen välillä. Jos järjestelmälle tulee virheellinen tieto pulssien määrästä, on mahdollista, että suurempi rulla nostetaan pienemmän rullan päälle.



Kuva 27. Rullanhalkaisijan mittauksen periaate (T. Heinonen 2015).

## 11.4 Turvallisuutta parantavia tekijöitä

Turvallistamistarpeiden perustelevinen modernisointipäätöksen teossa on usein vaikeaa. Vanhan koneen turvallisuusmääräysten täyttymistä voi olla vaikea määrittää. Apuna päätöksen perustelemisessa voidaan käyttää arvioita tapaturmien kustannuksista yritykselle. Kustannusten määrittelevinen voi kuitenkin olla vaikeaa.

Taulukossa 8 on esitettyä pakkauskoneesta löydettyjä turvallisuutta parantavia tekijöitä.

Taulukko 8. Modernisointipäätökseen vaikuttavat turvallisuutta parantavat tekijät (Malm ym. 2010).

Modernisoinnin syy	Esimerkkejä ja tarkennuksia
Parempi vikojen hallinta diagnostiikan avulla	Vian tunnistaminen helpompaa, jolloin käyttäjän ohjeistaminen jatkotoimenpiteistä onnistuu paremmin.
Vähemmän häiriöitä	Tapaturmat sattuvat usein häiriötilanteissa.
Turvalaitteita vaarakohtiin	Valoverhot, turvarajakytimet, toimintaan kytketyt suojuukset, laser-skannerit, turvareunat, turvamatot
Odottamattoman- tai vahinkokäynnistyksen eston parempi hallinta	
Hätäpysäytyksen, pysäytyksen ja energiankatkaisun parempi hallinta	
Hallintalaitteiden tarkoituksenmukainen sijoittelu	Käytettävyys, sijoittelu, ergonomia, vaaditut turvaetäisyydet
Turvallisempi kunnossapito	Kunnossapidettävien kohteiden sijainti, kunnossapidon tarve ja määrä, kunnossapidon ajoitus

Tapaturmat sattuvat useasti häiriötilanteissa. Koska pakkauskoneella häiriötilanteita sattuu usein, todettiin, että niiden määrän pienentäminen tulisi olla yksi tärkeimmistä asioista, mihin tulisi kiinnittää huomiota. Koska pakkauskoneella ei ole vikadiagnostiikkaominaisuuksia, ei vika- tai häiriötilanteessa pakkausmiehelle välity mitään tietoa siitä, mikä vian tai häiriön aiheutti. Tämä vaikeuttaa jatkotoimenpiteitä koneen saamiseksi jälleen toimintakuntoiseksi. Useasti nämä tilanteet työllistävät kunnossapitotyöntekijöitä.

Pakkauskoneella havaittiin vaarakohtia, joihin on mahdollista päästä käsiksi liikkuvien osien ollessa liikkeessä. Näissä kohteissa ei kuitenkaan ole käytetty tarkoituksenmukaisia turvalaitteita, joilla voitaisiin varmistaa liikkuvan koneen tai koneen osan ja ihmisen kohtaaminen.

Yleinen tapaturman syy koneilla ja konelinjoilla on koneen odottamaton käynnistyminen. Usein syy odottamattomaan käynnistykseen on käynnistysvalmiina olevan koneen anturiin vaikuttaminen. Havaittiin, että myös pakkauskoneella tämä on mahdollista, koska vaara-alueelle menemistä ei valvota mitenkään.

Jokaisessa koneessa on oltava laitteet, jolla kaikki energiansyöttö katkaistaan luotettavasti. Erotuslaitteet on voitava lukita ”erotettu”-asentoon. Ener-



giasyötönkatkaisun jälkeen koneessa oleva energia on voitava purkaa turvallisesti. Pakkauskoneella ei ole käytössä selkeää toimintatapaa, miten toimitaan tilanteissa joissa erotusta tarvitaan. Useasti lyhyissä huoltotilanteissa koneen toiminta käännetäänkin vain käsiajolle erottamisen sijasta.

### 11.5 Pakkauskoneen vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi

Walkilla koneille tehdään osana työsuojelua säännöllisesti vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi. Edellisen arvioinnin oli suorittanut työsuojeluvaltuutettu, koneen esimies ja kaksi koneen työntekijää 12.2.2014. Tätä arviointia hyödynnettiin laadittaessa projektin alussa tarvittavaa riskienarviointia. Automaation kannalta tärkeimmät riskit on esitetty liitteessä 1.

Walkilla on käytössä jaottelu, jossa riskien seurausten vakavuudet ja niiden toteutumisen todennäköisyydet ovat jaettu kolmeen luokkaan (Kuvio 11). Näin saadaan yhteensä viisi erilaista riskiluokkaa, jotka on esitetty kuviossa 9. Tämä menetelmä on tehty alun perin työpaikkojen riskien yleistä arviointia varten, eikä näin karkea jaottelu sovi koneiden riskien arviointiin kovin hyvin. Ongelmia aiheuttaa tilanne, jossa riskin seurakset ovat vakavat ja riskin todennäköisyys on pienin mahdollinen. Nämä luvut kertomalla saadaan riskin arvoksi kohtalainen. Kun päädytään kohtalaiseen riskiin, tulisi riskiä vähentää vähintään siedettävälle tasolle. Jos riskin vakavuutta ei saada pienennettyä esimerkiksi koneen perusominaisuuksien vuoksi, ei myöskään riskin arvoa saada pienennettyä, koska todennäköisyyden pienentäminen ei ole enään mahdollista. Jos tämän menetelmän sijaan käytettäisiin taulukossa 1 esitettyä useampaan luokkaan jaoteltua menetelmää, tulisi riskin arvoksi siedettävä.

Todennäköisyys

1 2 3	1	VÄHÄINEN RISKI Suoritustaso a	SIEDETTÄVÄ RISKI Suoritustaso b Eheystaso (SIL) 1	KOHTALAINEN RISKI Suoritustaso c Eheystaso (SIL) 1
	2	SIEDETTÄVÄ RISKI Suoritustaso b Eheystaso (SIL) 1	KOHTALAINEN RISKI Suoritustaso c Eheystaso (SIL) 1	MERKITTÄVÄ RISKI Suoritustaso d Eheystaso (SIL) 2
	3	KOHTALAINEN RISKI Suoritustaso c Eheystaso (SIL) 1	MERKITTÄVÄ RISKI Suoritustaso d Eheystaso (SIL) 2	SIETÄMÄTÖN RISKI Suoritustaso e Eheystaso (SIL) 3
		1	2	3

Vakavuus

Kuvio 11. Riskien arviointimenetelmä Walki Oy:ssä.

## 12 MODERNISOINNIN TAVOITTEET

Tässä luvussa kerrotaan, mitkä ovat tärkeimmät kehityskohteet, joita pakkauskoneen automaatiomodernisoinnissa tulisi kehittää. Pakkauskoneen automaatiosuunnittelu riippuu paljon siitä, millaisiin mekaanisiin ratkaisuihin mahdollisessa modernisoinnissa päädytään ja kuinka suuresta investoinnista on kyse.

### 12.1 Ohjausjärjestelmän uusiminen

Helpoin keino varmistaa tuotannon jatkuvuus on uudistaa ohjausjärjestelmä silloin, kun se vielä toimii. Ajoissa aloitettu ja hyvin suunnittelu ohjausjärjestelmän uusiminen voidaan parhaimmillaan toteuttaa tuotannon normaalien seisakkien aikana. Pakkauskoneella uusinta joudutaan tekemään osissa, koska lähes kaikki jalostetut rullat pakataan pakkauskoneella ja pitkiä tuotantoseisakkeja ei voida järjestää. Ohjausjärjestelmän uusiminen asetettiin tärkeimmäksi uudistuskohdeksi. Kun pakkauskone on saatu toimimaan uudessa ohjausjärjestelmässä, voidaan järjestelmän muita osia kehittää osittain kerrallaan, jolloin vältetään pakkauskoneen pitkiltä seisakeilta.

Pakkauskonelinjastoa ohjataan tällä hetkellä kolmella erillisellä logiikalla, kahdella S5-110A-logiikalla sekä yhdellä S7-300-logiikalla. S5-sarjan logiikoista toinen ohjaa pakkauskoneen toimintoja ja toinen pakkauskoneen jälkeisiä kuljettimia ja pystyynnostajaa. Uudemmallalla S7-300-logiikalla ohjataan etiketinsuuntauslaitteistoa.

Pakkauskone suunniteltiin yhä jaettavaksi kolmelle logiikalle. Etiketinsuuntauslaitteisto jäisi omaksi yksikökseen omalle S7-300-logiikalle. Pakkauskoneen jälkeisille kuljettimille ja pystyynnostajalle suunniteltiin oma S7-300-sarjan logiikka, joka pystyy toimimaan itsenäisesti. Lisäksi varaston puolelle lisättäisiin ET-200-etäasema, johon kytkettäisiin varaston puolella olevat anturit. Itse pakkauskoneen toimintaa ohjaisi S7-400-sarjan logiikka, joka toimisi samalla järjestelmän päälogiikkana. Pakkauskoneelle suunniteltiin lisäksi ET-200-etäaseman lisäys. Logiikat ja etäasemat olisivat yhteydessä Profinet-kenttäväylällä. Kaikki uudet ohjauskaapit suunniteltiin sijoitettavaksi tasolle pakkauskoneen yläpuolelle.

Vanhojen ohjauspulpettien tilalle suunniteltiin kahta Siemensin kosketusnäyttöpaneelia. Kosketusnäytöt suunniteltiin sijoitettavaksi niin, että niiden käyttäminen olisi mahdollisimman ergonomista ja sijoituspaikka olisi riittävän kaukana koneen vaarallisista liikkeistä.

Uusi käyttöliittymä on helposti muokattavissa pakkausmiesten tarpeiden mukaiseksi ja tarvittaessa mekaanisia kytkimiä voidaan lisätä, jos niille nähdään tarvetta esimerkiksi käsiajossa.

### 12.2 Turvalaitteet

Pakkauskoneen varastokuljetin suunniteltiin eristettäväksi korkealla turvaaidalla. Rullien kulkuaukkoihin asennetaan passivoivat valoverhot, jotka

sallivat rullien kulun, mutta pysäyttävät kuljettimet ihmisen yrittäessä sisään kulkuaukosta. Huoltotilanteita varten turva-aidassa on lukittu ovi, joka on avattavissa vasta sitten, kun liikkeet ovat pysähtyneet.

Pakkauskoneen turvallisuusratkaisut riippuvat paljon siitä, millaisiin mekaanisiin ratkaisuihin mahdollisessa modernisoinnissa päädytään. Pakkauskoneen eristäminen turva-aidalla ei ole mahdollista, koska se hankaloittaisi liiaksi pakkausmiesten työntekoa. Todettiin, että käyttäjän turvalliseen paikkaan sitovien turvalaitteiden ja rajavalvontalaitteiden yhdistelmä olisi mahdollisesti toimivin ratkaisu.

Turvatoimintojen valvontalaitteeksi suunniteltiin käytettäväksi erillistä turvalogiikkaa. Ohjausjärjestelmästä erillisen turvalogiikan ainoana tehtävänä on vastata turvalaitteiden valvonnasta. Walkilla on käytetty aikaisemmin Reerin Mosaic-turvalogiikkaa, joka on todettu toimivaksi ratkaisuksi.

Reerin Mosaic on modulaarinen ohjelmoitava turvalogiikka, jolla voidaan tehdä PLe-suoritusluokan turvasovelluksia (Kuva 28). Mosaicilla pystytään valvomaan esimerkiksi seuraavia turvalaitteita:

- hätäseispainikkeet
- turvaloverhot
- laserskannerit
- optiset anturit
- mekaaniset kontaktit
- turvamatot.



Kuva 28. Reer Mosaic -turvalogiikan moduuleita (Reer 2015).

Tavallisiin turvareleisiin verrattuna Mosaic tarvitsee vähemmän komponentteja ja se on helpompi kytkeä. Mosaic ohjelmoidaan tietokoneella USB-kaapelin avulla. Ohjelmoitiin käytetään Mosaic safety designer -ohjelmistoa. Ohjelmointi tehdään loogisilla ohjelmointitoiminnoilla. Ohjelman käyttöliittymä toimii valikosta pudotettavilla toimilohkoilla, ja sitä on yksinkertainen käyttää. (Reer 2015.)

Yhteen turvalogiikkaprojektiin voidaan liittää enintään 128 turvasääntuloa, 32 turvaostuloa ja 14 laajennusmoduulia. Turvamoduulit voidaan hajauttaa väylällä, jolloin moduulit voidaan sijoittaa lähelle turvalaitteita. Reerin turvalogiikasta on myös ulkoinen monitorointimahdollisuus useimpiin kenttäväyliin. Näin ohjausjärjestelmään saadaan tieto turvalaitteiden tilasta. (Reer 2015.)

### 12.3 Kääreensyötön ohjaus

Kääreen vetonippien moottoreille suunniteltiin taajuusmuuttajaohjaus. Taajuusmuuttajan avulla saadaan vetonipit käynnistymään pehmeästi, jolloin vältytään kytkimien turhalta rasittamiselta. Myös kääreen syöttöä pystytään hallitsemaan paremmin.

Kääreen kireyssäätöön suunniteltiin automaattisäätöä. Käärerullatelineessä vaadittavaan jarrutukseen vaikuttaa jarrutettavan rullan massa. Koska käärerullan massa suhteessa rullan halkaisijaan on vakio, voidaan jarrutuksen suuruus laskea rullan halkaisijan funktiona. Käärerullatelineisiin suunniteltiin rullan halkaisijan mittausta. Ohjausjärjestelmään asetetaan tarvittavat jarrumäärät muutamalle halkaisijan arvolle ja ohjausjärjestelmään luodaan säätökäyrä näiden pisteiden välille.

Lisäksi kääreensyöttöön suunniteltiin lisättäväksi anturi, joka havaitsee käärerullan syöttämisen alas ohjausritilälle. Jos käärettä syötetään, mutta sitä ei tule alas asetetun aikayksikön sisällä, voidaan olettaa kääreensyötössä olevan häiriö ja syöttö katkaistaan. Näin vältytään käärerullan kiertymisen vetonipin ympärille.

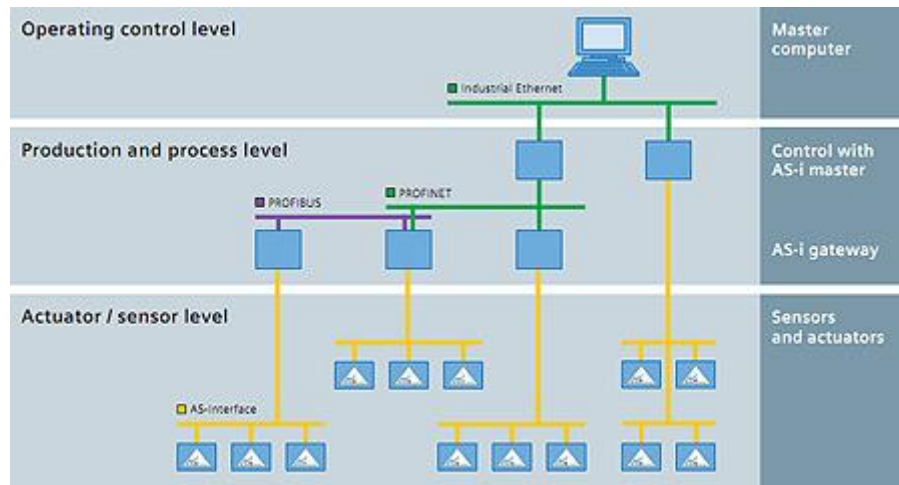
### 12.4 Viikkaus

Viikkaukseen suunniteltiin sähkömoottoreilla johteessa kulkevia kelkkoja, joilla saadaan tehtyä sivuttaissuuntainen liike. Myös pystysuuntainen liike, jolla liikutetaan koko johdetta, tehdään sähkömoottorilla. Näillä liikkeillä saadaan tehtyä kohdistus keskelle rullaa.

Kelkkoihin kiinnitetään pneumatiikkasyylinterillä kääntyvät varret, joiden päihin viikkarit ovat kiinnitetty. Viikkarin pyörimisliike saadaan aikaiseksi sähkömoottorilla hammashihnan välityksellä. Viikkarin pyörimisnopeutta voidaan tarvittaessa säätää helposti taajuusmuuttajan avulla. Samalla saadaan aikaisemmin viikkareiden pyörytykseen käytetty hydraulinen teho muun järjestelmän käyttöön.

### 12.5 Pakkauskoneen anturointi

Pakkauskoneen vanhat induktiiviset anturit ja valokennot suunniteltiin korvattavaksi AS-i-väylään liitettävillä antureilla. AS-i on alimman tason kenttäväylä, joka on suunniteltu korvaamaan perinteistä rinnakkaiskaapelointia (Kuva 29). AS-i-väylällä pystytään tekemään yksinkertainen anturointi nopeasti ja helposti, koska kaikki komponentit voidaan kytkeä vain yhtä kaapelia käyttämällä.



Kuva 29. As-i-väylän periaate (Siemens Oy 2015).

## 12.6 Varastokuljetin

Varastokuljettimelle rullan halkaisijan mittaukseen suunniteltiin kohteen etäisyyttä mittaavaa laseranturia. Etäisyyden perusteella pystytään laskemaan rullan halkaisija. Vaihtoehtoisesti tieto rullan halkaisijasta saadaan etiketin suuntauslaitteistosta. Myös varastokuljettimen ohjauksen anturointiin suunniteltiin muutettavaksi As-i-väylään liitettäväksi.

## 13 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä esiselvitys pakkauskoneen modernisoinnista Walki Oy Valkeakosken tuotantoyksikössä. Esiselvityksen avulla saatiin selkeä kuva siitä, mitä asioita pakkauskoneessa tulisi kehittää. Tarvittavan tiedon kokoamista helpotti työsuhde Walki Oy Valkeakosken kunnossapidossa.

Työlle ei annettu varsinaista aikarajaa, joten tarvittavan aineiston kerääminen voitiin tehdä rauhassa. Aikataulutuksen puuttuminen kuitenkin hankaloitti työn etenemistä. Tähän asiaan opinnäytetyön tekijän tulee vastaisuudessa kiinnittää huomiota. Omat haasteensa työlle tuotti yrityksessä käydyt yhteistoimintaneuvottelut, jonka vaikutukset tuntuivat myös pakkauskonelinjaston työntekijöissä.

Työn johtopäätöksenä voidaan todeta, että Walki Oy:n pakkauskoneelle tulisi kiireellisesti tehdä modernisointi. Modernisoinnilla saadaan pakkauskoneen turvallisuustasoa nostettua ja voidaan vähentää pakkauskoneen tapaturmariskiä. Lisäksi modernisoinnilla saadaan jatkettua pakkauskoneen elinkaarta ja näin voidaan varmistaa, ettei tuotantokatkoksia pääse syntymään.

Työstä oli paljon apua opinnäytetyön tekijälle. Tekijä oppi paljon koneturvallisuudesta, modernisoinnista sekä ohjausjärjestelmistä. Lisäksi karttuivat tekijän tiedot paperinjalostuksesta sekä pakkauskoneista.

## LÄHTEET

- Heinonkoski, R. 2013. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Helsinki: Opetushallitus.
- Hietikko, M., Malm, T., Alanen, J. 2009. VTT Tiedotteita 2485: Koneiden ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Espoo: VTT.
- Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2003. Paperin ja kartongin valmistus. 3. Uudistettu painos. Jyväskylä: Tekijät ja Opetushallitus.
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2010. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 2. painos Helsinki: WSOYpro Oy.
- Malm, T. & Kivipuro, M. 2004. VTT Tiedotteita 2264: Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmät konesovelluksissa. Espoo: VTT.
- Malm, T. & Hämäläinen, V. 2006. VTT Tiedotteita 2359: Turvallisuustietoinen koneiden ja tuotantolinjojen modernisointiprosessi. Espoo: VTT.
- Malm, T., Venho-Ahonen, O. & Vanhala, M. 2010. Tutkimusraportti VTT-R-04369-10 Automaatiouusintojen turvallisuus konejärjestelmissä. Tampere: VTT.
- Reer mosaic. 2014. Käyttöohje.  
[http://213.229.71.90/reer\\_dati/FILESSIC/D5/0063611\\_ING.pdf](http://213.229.71.90/reer_dati/FILESSIC/D5/0063611_ING.pdf)
- Siemens Oy. 2015. Teollisuus.  
<http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuus.php>
- Siirilä, T. 2009 Koneturvallisuus osa 3. Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. Keuruu: Inspecta koulutus Oy
- Siirilä, T. & Kerttula, T. 2007. Koneturvallisuuden perusteet. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy
- Sundquist, M. n.d. Teollisuusautomaation standardit Osio 8: Turvaväylät ja niiden valinta: tekninen raportti IEC/TR 62513. Sesko.
- Vähäjylkkä, M. 2013. Koneturvallisuus osana sähkösuunnittelua. Centria ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikka. Opinnäytetyö.
- Walki Oy. 2014. Viitattu 9.10.2014 <http://www.walki.com/web/walki-in-brief>
- Walki Oy. 2014. Toimintajärjestelmä. Rajoitettu saatavuus. Viitattu 9.10.2014

Wallenius, H. 2012. Siemens TIA Portal V11. Logiikkaohjelmoinnin perusteet. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö.

Aloituskeskustelu 18.12.2013. Jari Salminen, Walki Oy

Keskustelu 20.1.2014. Jari Salminen, Walki Oy

## PAKKAUSKONEEN RISKIEN ARVIOINTI ENNEN MODERNISOINTIA

A	Tapaturmavaarat
B	Ruumiillisenkuormituksen vaaratekijät
C	Fysikaaliset vaaratekijät

SEURAUKSET/ ESIINTYMINEN	VÄHÄISET	HAITALLISET	VAKAVAT
EPÄTODENNÄKÖINEN	1	2	3
MAHDOLLINEN	2	3	4
TODENNÄKÖINEN	3	4	5

Prosessivaihe	Vaaran kuvaus	Vaara luokitus	Tod. Näk	Vaka- vuus	Riski- luokitus
<b>2. Välivarastointi</b>					
VLK503	Käärintäaseman rullien välivarasto viettää kuljettimelle päin, puristumisvaara kahden rullan väliin	A	2	2	3
<b>Pakkauskoneen käyttö</b>					
Rullan siirto nostopöydällä keskitys- asemalle	Rullan auttaminen käsin, erityisesti kun edellinen (löysä) rulla ei ole siirtynyt keskittimeltä käärintään ja se pitää työntää käsin käärintään, osuminen valosilmään, uusi rulla nousee keskitysasemalle puristumisvaara rullan alle.	A	2	2	3
Rullan keskitys ja tunnistus	Puristumisvaara keskittimien ja rullan väliin, erit. rullat 6" hylsillä ilman nopea, koska varastoon palautuksissa, valosilmä menee hylsyn läpi, eikä kone osaa keskittää rullaa oikein.	A	1	3	3
Rullan siirto käärintään	Puristumisvaara rullan alle	A	1	3	3
Rullan käärintä	Käärerullan nosto ylätasolle, rullan putoamisvaara	A	1	3	3
	Käärerullia vaihdettaessa rullaa pukkiin kiinnittäessä tai hylsyä poistettaessa vaara jättää sormet / käsi karan ja hylsyn väliin	A	1	3	3



Viikkaus	Iskun vaara viikkareiden liikkussa, erit. 280cm rulla jota joutuu saattamaan kepin avulla.	A	1	2	2
Kevyet kreppirullat	Kevyet kreppirullat siirtyvät pois käärintäasemalta viikkausajan ollessa liian suuri.	A	1	2	2
	Liian leveän kääreen käyttö, viikkarit eivät viikkaa kunnolla, joutuu pitämään kääreitä rullaa vasten, puristumisvaara.	A	1	2	2
Päätylappujen saumaus	Kuumat pinnat puristimessa, palovamman vaara, kuumuudesta johtuva rasitus, erit. kesällä, isot rullat	A C	2 2	2 2	3 3
	puristumisvaara puristimen ja rullan väliin	A	1	3	3
	Halkaisijaltaan pienet ja leveät tai pehmeät rullat eivät poistu paistolevyiltä kuljettimelle, joutuu työntämään.		1	2	2
	Puristumisvaara rullan ja rullastopparin väliin. Häiriötilanteessa mahdollista astua rullastopparin toimiaukkoon.	A	1	3	3
	Rullan tulo rullanpysäyttimen yli, puristumisvaara rullan alle	A	1	3	3
	Puristumisvaara päätylappua asetettaessa.	A	1	1	1
Kuljetin	Painavien rullien avustus kuljettimella (esim. 3000kg)	B	2	1	2
	Pakkauskoneen kuljettimiin (vaaka-, väli- ja van-teituskuljettimet) jalan kiinnijääminen, tapaturmavaara.	A	2	2	3
Rullan siirto pystyyn nostajalta valmis varastoon tai käsin lavotukseen	Rullien pystyyn nosto rullan kaatumisvaara, alle jääminen, erit. halk. Pienet, kevyet ja viikkaukseltaan huonot rullat	A	1	2	2

## PAKKAUSKONEEN I/O-LUETTELO

Osoite	Kojetunnus	Selitys	Huom.
E0.0	S2	Syöttönostin käsiajo ylös	230V
E0.1	S2	Syöttönostin käsiajo alas	230V
E0.2	S3	Keskittimen topparit ylös	230V
E0.3	S3	Keskittimen topparit alas	230V
E0.4	S4	Keskitys käsiajo	230V
E0.5	S5	Keskittimen poistyönnin käsiajo ylös	230V
E0.6	S5	Keskittimen poistyönnin käsiajo alas	230V
E0.7	S6	Käärintäasema vastaanottoasentoon	230V
E1.0	S6	Käärintäasema poistoasentoon	230V
E1.1	S7	Ohjausristikot käsiajo ylös	230V
E1.2	S7	Ohjausristikot käsiajo alas	230V
E1.3	S8	Origan liike eteen käsiajo	230V
E1.4	S9	Kääreen alkupään liimaus käsiajo	230V
E1.5	S9	Kääreen loppupään liimaus käsiajo	230V
E1.6	S10	Leikkuuterän kääntö käsiajo	230V
E1.7	S11	Kääreen syöttö käsiajo	230V
E2.0	S12	Käärintätelojen pyöritys käsiajo	230V
E2.1	S13	Origan liike taakse käsiajo	230V
E2.2	S14	Viikkaajan lasku käsiajo	230V
E2.3	S15	Viikkaajan siirto käsiajo	230V
E2.4	S16	Viikkaajan pyöritys käsiajo	230V
E2.5	20 b 4	Ohjaus rullankulku käsi	230V
E2.6	20 b 4	Ohjaus rullankulku auto	230V
E2.7	20 b 4	Ohjaus rullankulku auto start	230V
E3.0	11 d 11	Tulokuljettimen suunta	230V
E3.1	20b4	Ohjaus Rullankulku käsi start	230V
E3.2			230V
E3.3	21 b 3	Päätylapun asetuspaikan valinta: Keskitys	230V
E3.4	25 b 2	Syöttönostimen toiminnan valinta	230V
E3.5	21 b 3	Päätylapun asetuspaikan valinta: Muualla	230V
E3.6	22 b 4	Kytkin kiinni/auki	230V
E3.7	22 b 5	Rullan tulo nopea	230V
E4.0	22 b 5	Rullan tulo hidas	230V
E4.1	21 b 13	Syöttönostin yläraja (ylempi)	230V
E4.2	21 b 11	Syöttönostin alaraja	230V
E4.3	21 b 23	Päätylaput asetettu (Vetokytkin)	230V
E4.4	21 b 12	Syöttönostin yläraja (alempi)	230V
E4.5	22 b 22	Alaristikon alaraja	230V
E4.6			230V
E4.7	22 b 23	Alaristikon yläraja	230V

## PAKKAUSKONEEN I/O-LUETTELO

E5.0			230V
E5.1	11 K 1	Syöttökuljetin eteen	230V
E5.2	11 K 2	Syöttökuljetin taakse	230V
E5.3	11 b 14	Syöttötyönnin edessä	230V
E5.4		Kääreen pituuslaskurilta syöttö seis	230V
E5.5			230V
E5.6	27 d 13	Rulla puristuksessa	230V
E5.7	K 482	Päätylevyt auki	230V
E6.0	22 b 28	Käärintäasema vastaanottoasento	24V
E6.1	22 b 27	Käärintäasema käärintäasento	24V
E6.2	22 b 26	Käärintäasema poistoasento	24V
E6.3	11 b 12, 11 b 12.1	Syöttönostimella liian iso rulla	24V
E6.4	11 b 11	Syöttönostimen kuittausvalopainike	24V
E8.0	21 b 17	Tulokuljetin matkapulssi	24V
E8.1	21 b 16	Rulla kuljetinkeskityksessä	24V
E8.2	21 b 21	Keskitin auki	24V
E8.3			24V
E8.4	21 b 22	Rulla keskityksessä	24V
E8.5	21 b 20	Keskittimen poistoyönnin alhaalla	24V
E8.6	22 b 15	Rulla käärintäasemalla	24V
E8.7	22 b 14	Rulla tulossa käärintäasemalle	24V
E9.0	22 b 16		24V
E9.1	22 b 18	Tarkistus, onko kääre liimasuuttimen alla	24V
E9.2	22 b 20	Origan takaraja hoitopuoli	24V
E9.3	22 b 17	Origan eturaja käyttöpuoli	24V
E9.4	22 b 19	Rullan tunnistin	24V
E9.5	20 K 1	Hätä-seis rullan kulku	24V
E9.6	20 K 2	Hätä-seis kääreen syöttö	24V
E9.7	K 498	Puristimien START-tieto logiikalle	24V
E10.0	21 b 19	Keskittimien vastaanotin alaraja	24V
E10.1	27 d 5	Paistoaseman vastaanottaja ylhäällä	24V
E10.2	22 b 24	Liimalaite käyttövalmis	24V
E10.3			24V
E10.4			24V
E10.5	21 b 24	Rulla kuljetinkeskityksessä ajosuunta taakse	24V
E10.6	22 b 25	Kärkiliiman kohdan haistaja	24V
E10.7			24V
T13.0	1	Käärintätelat poistoasennossa	
T13.1	0	Käärintätelat käärintäasentoon	
T13.2			
T13.3			

## PAKKAUSKONEEN I/O-LUETTELO

T14.0	0,4	Vapaa	
T14.1	0,8	Loppupään liimaus odotusaika	
T14.2	2	syöttö seis pulssin hidastus	
T14.3	0,5	Keskittimen toppari odotusaika	
T15.0	4	Rullan keskitysaika	
T15.1	Säädettävä	Viikkausaika	
T15.2	2	Syöttönostin ylös	
T15.3	1	Käärintäaseman poistyönin odotusaika	
A1.0	20h2(K2)	Rullan kulku käsiajo	
A1.1	20h1(K4)	Rullan kulku automaattiajo	
A1.2	(K6)		
A1.3	(K8)		
A1.4	11d19(K10)	Rulla keskitetty tulokuljettimella	
A1.5	21S1A(K12)	Syöttönostin ylös	
A1.6	21S1B(K14)	Syöttönostin alas	
A1.7	21y3(K16)	Keskittimen vastaanotin	
A2.0	21y1(K18)	Rullan keskitys koneella	
A2.1	21y2(K20)	Keskittimen poistyönin	
A2.2	(K22)	Vapaa	
A2.3	22y9(K24)	Yläristikko	
A2.4	22y6(K26)	Kantotelan Jarru	
A2.5	22y7B(K28)	Viikkaajan siirto työ	
A2.6	22y8(K30)	Hännänpidin	
A2.7	22Y7a(K32)	Alaristikko alas	
A3.0	22y4(K34)	Origan liike taakse	
A3.1	22y1(K36)	Kääreen hännän liimaus	
A3.2	22y5(K38)	Leikkuuterän kääntö	
A3.3	24d22(K40)	Kääreen syöttö	
A3.4	22c1(K42)	Käärintätelojen pyöritys	
A3.5	22y2(K44)	Kääreenpään pitopuhallus	
A3.6	22y3(K46)		
A3.7	22y10(K48)	Viikkaajan lasku	
A4.0	22y11a(K50)	Viikkaajan siirto	
A4.1	22S2A(K52)	Viikkaajan pyöritys	
A4.2	27S4B(K54)	Vapaakierron suuntaventtiili, viikkaajien pyöritys	
A4.3	27S4A(K56)	Vapaakierron suuntaventtiili, Paistolevyjen puristus	
A4.4	(K58)	Vapaa	
A4.5	29S1(K60)	Vapaakierron ohjaus	
A4.6	24d28(K62)	Kääreen syöttö seis	
A4.7	22y10B(K64)	Viikkaajan nosto	

## PAKKAUSKONEEN I/O-LUETTELO

A5.0	22y12(K66)	Viikaajien kevennys	
A5.1	(K68)	Lukitus puristimien START-piirissä	
A5.2	(K70)	Puhallus kääreensyötössä	
A5.3	(K72)	Kääreen alkupään liimaus	
A5.4	(K74)	Viikaajien siirto Auki	
A5.5	(K76)		
A5.6	(K78)		
A5.7	(K80)		
A8.0		Kantotelojen kytkin	Relelähtö
A8.1	11 h 3	Liian ison rullan merkkivalo	Relelähtö
A8.2		Syöttökytkimen lukitus liian isolla rullalla	Relelähtö
A8.3		Vapaa	Relelähtö
A8.4	22 S1.1	Käärintäasema käärintäasentoon lyhyt isku	Relelähtö
A8.5	22 S1.1	Käärintäasema vastaanottoasentoon lyhyt isku	Relelähtö
A8.6	22 S1.2	Käärintäasema käärintäasentoon pitkä isku	Relelähtö
A8.7	22 S1.2	Käärintäasema poistoasentoon pitkä isku	Relelähtö

## KULJETTIMIEN I/O-LUETTELO

Osoite	Kojetunnus	Kohde	Selitys	Huom.
E1.0	10K1	Ohjausjännite	Ei hätä-seis	230VAC
E1.1	40K1	Ohjausjännite, hydraulikoneikko	Öljynpinta ja lämpötila	230VAC
E1.2	13K1	Vaakakuljetin	Käy eteen	230VAC
E1.3	15K1	Välikuljetin	Käy eteen	230VAC
E1.4	17K1	Vanteituskuljetin 1	Käy eteen	230VAC
E1.5	18K1	Vanteituskuljetin 2	Käy eteen	230VAC
E1.6	32K1	Siirtokuljetin	Käy eteen	230VAC
E1.7	34K1	Pystyynnostajan kuljetin	Käy eteen	230VAC
E2.0	36K1	Pystyynnostajan poistokuljetin	Käy eteen	230VAC
E2.1	37K1	Varastointikuljetin	Käy eteen	230VAC
E2.2	41K1	Hydrauliikkapumppu 1	Käy	230VAC
E2.3	42K1	Hydrauliikkapumppu 2	Käy	230VAC
E2.4	27d17	Pakkauskone	Rulla lähtee päätypu-ristimelta	230VAC
E2.5		Vanteituskone	Käyntilupa kuljettimelle	230VAC
E2.6		Vanteituskone	Käyntikäsky kuljettimelle	230VAC
E2.7		Vanteituskone	Läpiajo vapaa	230VAC
E3.0	10S5	Ohjausjännite	Käsiajo	230VAC
E3.1	10S5	Ohjausjännite	Automaattiajo -1	230VAC
E3.2	10S5	Ohjausjännite	Automaattiajo -K	230VAC
E3.3	12S1	Rullanpysäytin	Eteen, käsiajo	230VAC
E3.4	12S1	Rullanpysäytin	Taakse, käsiajo	230VAC
E3.5	13S1	Vaakakuljetin	Valmis, rulla punnittu	230VAC
E3.6	13S2	Vaakakuljetin	Eteen, käsiajo	230VAC
E3.7	13S2	Vaakakuljetin	Taakse, käsiajo	230VAC
E4.0	15S1	Välikuljetin	Valmis, rulla vieritetty	230VAC
E4.1	15S2	Välikuljetin	Eteen, käsiajo	230VAC
E4.2	15S2	Välikuljetin	Taakse, käsiajo	230VAC
E4.3	16S1	Vanteitus	0-1, Valinta	230VAC
E4.4	16S2	Esterulla 1 (etuperin)	Ylös, käsiajo	230VAC
E4.5	16S3	Esterulla 2 (takaperin)	Ylös, käsiajo	230VAC
E4.6	17S1	Vanteituskuljetin 1	Eteen, käsiajo	230VAC
E4.7	17S2	Vanteituskuljetin 1	Taakse, käsiajo	230VAC
E5.0	18S1	Vanteituskuljetin 2	Eteen, käsiajo	230VAC
E5.1	18S1	Vanteituskuljetin 2	Taakse, käsiajo	230VAC
E5.2	19S1	Siirtotyönnin	Työntö, käsiajo	230VAC
E5.3	30S1	Pino varastointikuljettimelle	1 rulla, valinta	230VAC
E5.4	30S1	Pino varastointikuljettimelle	2 rulla, valinta	230VAC
E5.5	30S1	Pino varastointikuljettimelle	3 rulla, valinta	230VAC
E5.6	30S1	Pino varastointikuljettimelle	4 rulla, valinta	230VAC

## KULJETTIMIEN I/O-LUETTELO

E5.7	30S2	Pinot varastointikuljettimelle	0-1, 1 = pinot pareit- tain	230VAC
E6.0	41S1	Hydrauliikkapumppu 1	1	230VAC
E6.1	41S1	Hydrauliikkapumppu 1	K	230VAC
E6.2	42S1	Hydrauliikkapumppu 2	1	230VAC
E6.3	42S1	Hydrauliikkapumppu 2	K	230VAC
E6.4	40.1	Painekytin		230VAC
E6.5		Rulla paistettu (TP)		230VAC
E6.6		Paistolevyn 2 asemapaikka		230VAC
E6.7	11d	Pakkauskoneen syöttökuljetin	Työntimet toiminnassa	230VAC
E7.0	12B1	Rullanpysäytin	Valokenno, rulla tulee	230VAC
E7.1	13B1	Vaakakuljetin	Valokenno, rulla päässä	230VAC
E7.2	15B1	Välikuljetin	Valokenno, rulla päässä	230VAC
E7.3	18B1	Vanteituskuljetin 2	Valokenno, rulla alku- päässä	230VAC
E7.4	18B2	Vanteituskuljetin 2	Valokenno, keskitys	230VAC
E7.5	19B1	Siirtotyönnin	Valokenno, rulla pois- tuu	230VAC
E7.6	37B3	Varastointikuljetin	Ajoneuvoilmaisoin	230VAC
E8.0		paistolevyn 1 asemapaikka		230VAC
E8.1		START		230VAC
E8.2		Puristus seis		230VAC
E8.3		Valokenno 1		230VAC
E8.4		Valokenno 2		230VAC
E8.5		Painekytin Puristus alkaa		230VAC
E8.6		Käsiohjaus puristus		230VAC
E8.7		Käsiohjauslevyt auki		230VAC
E9.0	10S6	Ohjausjännite	0-1 autom. ajo (va- rasto)	24VDC
E9.1	31S1	Siirtopysäytin	Eteen, käsiajo	24VDC
E9.2	31S1	Siirtopysäytin	Taakse, käsiajo	24VDC
E9.3	32S1	Siirtokuljetin	Eteen, käsiajo	24VDC
E9.4	32S1	Siirtokuljetin	Taakse, käsiajo	24VDC
E9.5	30S3	Rullien poisto lattialle	0.1, valinta (kaikki rul- lat)	24VDC
E9.6	33S1	Poistin	Työntö, käsiajo	24VDC
E9.7	34S1	Pystyynnostajan kuljetin	Eteen, käsiajo	24VDC
E10.0	34S1	Pystyynnostajan kuljetin	Taakse, käsiajo	24VDC
E10.1	35S1	Pystyynnostaja	Ylös, käsiajo	24VDC
E10.2	35S1	Pystyynnostaja	Alas, käsiajo	24VDC
E10.3	36S1	Pystyynnostajan poistokuljetin	Eteen, käsiajo	24VDC
E10.4	37S1	Varastointikuljetin	Eteen, käsiajo	24VDC

## KULJETTIMIEN I/O-LUETTELO

E10.5	40.1	Painekytin	75 bar	24VDC
E10.6	40.2	Painekytin	60 bar	24VDC
E11.0	12S2	Rullan pysäytin	Lähestymiskytkin, edessä	24VDC
E11.1	12S3	Rullan pysäytin	Lähestymiskytkin, takana	24VDC
E11.2	16S4	Esterulla 1 (etupää)	Lähestymiskytkin, alhaalla	24VDC
E11.3	16S5	Esterulla 1 (etupää)	Lähestymiskytkin, pystyssä	24VDC
E11.4	16S6	Esterulla 2 (peräpää)	Lähestymiskytkin, alhaalla	24VDC
E11.5	16S7	Esterulla 2 (peräpää)	Lähestymiskytkin, pystyssä	24VDC
E11.6	18S2	Vanteituskuljetin 2	Lähestymiskytkin, matkapulssi	24VDC
E11.7	31B1	Siirtopysäytin	Valokenno, rulla tulee	24VDC
E12.0	31S2	Siirtopysäytin	Lähestymiskytkin, edessä	24VDC
E12.1	31S3	Siirtopysäytin	Lähestymiskytkin, takana	24VDC
E12.2	32B1	Siirtokuljetin	Valokenno, halkaisijamittaus alku	24VDC
E12.3	32B2	Siirtokuljetin	Valokenno, halkaisijanmittaus	24VDC
E12.4	32B3	Siirtokuljetin	Valokenno, rulla päässä	24VDC
E12.5	32S2	Siirtokuljetin	Lähestymiskytkin, matkapulssi	24VDC
E12.6	33B1	Poistin	Valokenno, rulla poistuu	24VDC
E12.7	34B1	Pystyynnostajan kuljetin	Valokenno, rulla päässä	24VDC
E13.0	35S2	Pystyynnostaja	Lähestymiskytkin, alhaalla	24VDC
E13.1	35S3	Pystyynnostaja	Lähestymiskytkin, pystyssä	24VDC
E13.2	35S4	Pystyynnostaja	Lähestymiskytkin, hidastusalueet	24VDC
E13.3	36B1	Pystyynnostajan poistokuljetin	Valokenno, pystyynnostaja vapaa	24VDC
E13.4	36B2	Pystyynnostajan poistokuljetin	Valokenno, rulla päässä	24VDC
E13.5	37B1	Varastointikuljetin	Valokenno, rullien väli	24VDC
E13.6	37B2	Varastointikuljetin	Valokenno, rulla päässä	24VDC



## KULJETTIMIEN I/O-LUETTELO

T15.0	10	Ohjausjännite	Vilkkutaajuus	Ajastin
T15.1	12	Rullanpysäytin	Taakse	Ajastin
T15.2	15	Välikuljetin	Tyhjäkäynti	Ajastin
T15.3	17	Vanteituskuljetin 1	Tyhjäkäynti	Ajastin
T0.1	32	Siirtokuljetin	Pystyynnostajan kuljetin timen käynnistys	Ajastin
T0.2	34	Pystyynnostajan kuljetin	tyhjäkäynti	Ajastin
T0.3	36	Pystyynnostajan poistokuljetin	Tyhjäkäynti	Ajastin
A1.0	10H1	Ohjausjännite	Merkkivalo, käsiajo	24VDC
A1.1	10H2, -H4	Ohjausjännite	Merkkivalo, automaattiajo	24VDC
A1.2	10H3	Ohjausjännite	Merkkivalo, on	24VDC
A1.4	41H1	Hydrauliikkapumppu 1	Merkkivalo, käynti	24VDC
A1.5	42H1	Hydrauliikkapumppu 2	Merkkivalo, käynti	24VDC
A1.6	34H1	Pystyynnostajan kuljetin	Merkkivalo, ruuhka	24VDC
A9.0	(K402)	Rullan pysäytin	Työntölupa päätypuristimelle	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A9.1	13K1 (K404)	Vaakakuljetin	Eteen	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A9.2	13K2 (K406)	Vaakakuljetin	Taakse	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A9.3	15K1(K408)	Välikuljetin	Eteen	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A9.4	15K2(K410)	Välikuljetin	Taakse	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A9.5	(K412)	Vanteituskone		Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A9.6	(K414)	Vanteituskone		Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A9.7	17K1 (K416)	Vanteituskuljetin 1	Eteen, nopea	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A10.0	17K2 (K418)	Vanteituskuljetin 1	Taakse, nopea	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A10.1	17K3 (K420)	Vanteituskuljetin 1	Eteen, hidas	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A10.2	18K1 (K422)	Vanteituskuljetin 2	Eteen, nopea	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A10.3	18K2 (K242)	Vanteituskuljetin 2	Taakse, nopea	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A10.4	18K3(K426)	Vanteituskuljetin 2	Taakse, hidas	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A10.5	32K1 (K428)	Siirtokuljetin	Eteen	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A10.6	32K2 (K430)	Siirtokuljetin	Taakse	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A10.7	34K1 (K432)	Pystyynnostajan kuljetin	Eteen	Lähtö 24VDC, rele 230VAC

## KULJETTIMIEN I/O-LUETTELO

A11.0	34K2 (K434)	Pystyynnostajan kuljetin	Taakse	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A11.1	36K1 (K436)	Pystyynnostajan poistokuljetin	Eteen	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A11.2	37K1 (K438)	Varastointikuljetin	Eteen	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A11.3	41K1 (K440)	Hydrauliikkapumppu 1	Käynti	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A11.4	42K1 (K442)	Hydrauliikkapumppu 2	Käynti	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A11.5		Vapaana		Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A11.6	17Y1 (17K4)	Vanteituskuljetin 1	Jarrun avaus	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A11.7	18Y1 (18K4)	Vanteituskuljetin 2	Jarrun avaus	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A12.0	12Y1 (K452)	Rullan pysäytin	Iskuvaimennus	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A12.1	12Y2 (K454)	Rullan pysäytin	Eteen	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A12.2	12Y2 (K456)	Rullan pysäytin	Taakse	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A12.3	16Y1 (K458)	Vanteitus (etupää)	Esterulla 1 ylös	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A12.4	16Y2 (K460)	Vanteitus (takapää)	Esterulla 2 ylös	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A12.5	19Y1 (K462)	Siirtotyönnin	Työntö	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A12.6	31Y1 (K464)	Siirtopysäytin	Eteen	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A12.7	31Y1 (K466)	Siirtopysäytin	Taakse	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A13.0	33Y1 (K468)	Poistin	Työntö	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A13.1	35Y1 (K470)	Pystyynnostaja	Ylös	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A13.2	35Y1 (K472)	Pystyynnostaja	Alas	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A13.3	35Y2 (K474)	Pystyynnostaja	Ylös, nopea	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A13.4	35Y2 (K476)	Pystyynnostaja	Alas, nopea	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A13.5	40Y1 (K478)	Hydrauliikka	Vapaakierto, pumppu 1	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A13.6	40Y2 (K480)	Hydrauliikka	Vapaakierto, pumppu 2	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
A13.7	(K482)	Tieto logiikalle 2	Puristimet auki	Lähtö 24VDC, rele 230VAC

## KULJETTIMIEN I/O-LUETTELO

	SV1a	Puristin	Levy 1 kiinni	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
	SV2b	Puristin	Levy 2 kiinni	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
	SV4	Puristin	Nopea liike	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
	SV3	Puristin	Paineen tasaus	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
	TP	Puristin	Paistoaika	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
	SV1b	Puristin	Levy 1 auki	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
	SV2a	Puristin	Levy 2 auki	Lähtö 24VDC, rele 230VAC
	SV5a	Puristin	Puristimien ohjaus mahdollisuus	Lähtö 24VDC, rele 230VAC