



# Pakkaamon automaation kehittäminen

Marko Mehto

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2023

Älyteollisuuden automaattioratkaisujen ylempi tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Älyteollisuuden automaatoratkaisujen ylempi tutkinto-ohjelma

MEHTO, MARKO:  
Pakkaamon automaation kehittäminen

Opinnäytetyö 77 sivua, joista liitteitä 6 sivua  
Toukokuu 2023

---

Opinnäytetyön aiheena oli Nammo Vihtavuori Oy:n ruutipakkaamon automaation kehittäminen. Työn tarkoituksena oli tehdä suunnitelma pakkaamon työvaiheiden automatisoimisesta ja kartoittaa tähän soveltuvia laitteita. Tällä hetkellä suurin osa työvaiheista suoritetaan käsityönä ja automatisoinnin avulla on tarkoitus vähentää työn fyysistä kuormittavuutta sekä lisätä pakkauskapasiteettia. Pakattava tuote on räjähdysainetta, josta aiheutuu erityisvaatimuksia laitteiden valintaan.

Työn aluksi tehtiin pakkaamon nykytilaselvitys, jossa käytiin läpi pakkaamon työvaiheet, niiden suorittamistapa ja kartoitettiin käytössä olevat tilat. Tämän perusteella valittiin automatisoitavat työvaiheet. Työn teoriaosuudessa perehdyttiin ruutipakkaamon laitevalintaan, pakkauksiin ja punnituslaitteistoon liittyviin säädöksiin.

Näiden selvityksien jälkeen alettiin tutkia, millaisilla laitteilla automatisointi on mahdollista toteuttaa. Laitevalintaa tehtiin yhdessä laitetoimittajien kanssa ja laitteiden ominaisuuksiin perehdyttiin yksityiskohtaisemmin. Työssä selvitettiin, myös millaisia riskiarviointeja ruutipakkaamon työvaiheiden automatisointiin liittyen on tehtävä.

Työn tuloksena saatiin tiivistelmä eri säädöksiä vaikutuksesta ruutipakkaamon laitevalintaan ja löydettiin ratkaisuja työvaiheiden automatisoinnin toteuttamiseen. Lisäksi saatiin havainnollistettua automatisointiin liittyviä riskiarvioinnin vaiheita. Työn tuloksia voidaan hyödyntää pakkaamon automatisointiprojektin toteutuksessa.

---

Asiasanat: räjähdde, pakkaamo, laitevalinta, automaatio

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Master's Degree Programme in Automation in Smart Industry

MEHTO, MARKO:  
Improving the Automation of the Packaging Department

Master's thesis 77 pages, appendices 6 pages  
May 2023

---

The subject of the thesis was to improve automation of the Nammo Vihtavuori Oy smokeless powder packaging department. The purpose was to make a plan for the automation of work stages and find out which machines are suitable for it. The goal is to reduce the physical load of the work and increase the packaging capacity. Smokeless powder is an explosive that places special requirements on the selection of machines.

The study started with finding out the current state of the packaging department, which included work phases, work methods and packaging facilities. Based on this study, the work steps to be automated were selected. The theoretical part of the study was based on finding out the legal requirements for smokeless powder packaging. The selection of the machines was made together with machine suppliers and the properties of the machines were studied in more detail.

The results of the thesis are a literature review of the legal requirements for smokeless powder packaging and a plan for the automation of packaging department. In addition, the stages of risk assessment related to automation were illustrated. The results of the study can be used in the implementation of the packaging department automation project.

---

Key words: explosive, packaging department, machine selection, automation

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Tausta .....	7
1.2	Tarkoitus ja tavoitteet .....	7
1.3	Rajaus .....	8
1.4	Työn toteutus ja kehittämismenetelmät .....	8
2	NITROSELLULOOSARUUTI .....	10
2.1	Historia .....	10
2.2	Valmistus .....	10
2.3	Ominaisuudet .....	12
3	RUUDIN PAKKAUSLAITTEIDEN VALINTAAN KESKEISESTI LIITTYVÄT LAIT, ASETUKSET JA MÄÄRÄYKSET .....	14
3.1	Lait ja asetukset .....	14
3.1.1	Työympäristö .....	15
3.1.2	Laitteita hankkivaa työnantajaa koskevat laiteturvallisuuksäädökset .....	16
3.1.3	Laitteiden valmistajaa koskevat laiteturvallisuuksäädökset .....	18
3.2	Räjähteiden kuljetusmääräykset .....	23
3.3	Punnituslaitteistoa koskevat säädökset .....	26
4	RÄJÄHDETILAT .....	28
4.1	Räjähdetilojen tilaluokat .....	28
4.2	Räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokitus .....	28
4.3	Räjähdetilojen laitevalinta .....	29
4.4	Räjähdetilojen sähköasennukset .....	31
5	PAKKAAMON TYÖVAIHEET JA NYKYTILA .....	33
5.1	Toiminnan kuvaus .....	33
5.2	Pakkaamon nykytila .....	34
6	SUUNNITELMA PAKKAAMON TYÖVAIHEIDEN AUTOMATISOINNISTA .....	35
6.1	Automatisointiasteen määrittely .....	35
6.2	Laatikon muodostus ja pussin asettelu laatikkoon .....	36
6.2.1	Laatikkoaihioden syöttö ja erottelu .....	37
6.2.2	Laatikkoaihion aukitaittelija ja pohjan sulkija .....	38
6.2.3	Pussin asettelija ja purkurata .....	39
6.3	Ruudin annostelija .....	41
6.4	Tarkastusvaaka .....	42
6.5	Pussin suljentalaitte .....	43
6.5.1	Kuljetin ja laatikon paikoitus .....	44

6.5.2 Pussin suljenta .....	45
6.6 Laatikonsulkija.....	49
6.6.1 Kuljetin ja kansiläppien suljenta.....	49
6.6.2 Kannen teippaus.....	50
6.7 Etiketöinti .....	51
6.7.1 Etiketin tulostus .....	52
6.7.2 Tarraetiketin liimaus .....	53
6.8 Lavaus .....	54
6.8.1 Lavausrobotti.....	55
6.8.2 Tarttuja .....	56
6.9 Konenäkötarkastukset.....	58
6.9.1 Laatikon suljennan tarkastus .....	58
6.9.2 Pussin asettelun tarkastus.....	59
6.9.3 Pussin suljennan tarkastus.....	60
6.9.4 Etiketin tarkastus ja jäljitettävyys .....	60
7 AUTOMATISOINTIIN LIITTYVÄT RISKIARVIOINNIT .....	62
7.1 HAZOP-poikkeamatarkastelu.....	62
7.2 Räjähdyksineen kulkeutuminen laitteessa .....	63
7.3 Syttymislähteiden selvittäminen .....	64
8 POHDINTA .....	66
LÄHTEET.....	69
LIITTEET .....	72
Liite 1. UN-sertifikaatti EESF04STF (Eurofins n.d.) 1(3).....	72
Liite 2. Syttymislähdeselvitys lavausrobotti 1(3) .....	75

**LYHENTEET JA TERMIT**

2D-koodi	Kaksiulotteinen viivakoodi, jota käytetään tuotteiden ja materiaalien merkitsemiseen
ATEX	Atmosphères explosibles. Lainsäädännön ja standardisoinnin alue, joka koskee räjähdysvaarallisia tiloja ja tiloissa käytettäviä laitteita
Dpi	Dots per inch eli pistettä tuumalle
ESD	Electrostatic discharg eli sähköstaattinen purkaus
Ex-tila	Räjähdysvaarallinen tila
Energeettiset aineet	Aineita tai seoksia, jotka reagoivat kemiallisesti vapauttaen energiaa tarkoitettuun käyttösovellukseen
HAZOP	Hazard and Operability Study, poikkeamatarkastelu
IP-pakkaus	Industrial Powder pakkaus. Teollisuuskäyttöön tarkoitettu ruutipakkaus
IP-luokka	Ingress Protection eli tunkeutumissuojaus. Luokitus ilmaisee laitteen suojauksen pölyä ja nesteitä vastaan
PP	Polypropeeni
PVC	Polyvinyylikloridi
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
UN	United Nations eli yhdistyneet kansakunnat
VAK	Vaarallisten aineiden kuljetus
VNa	Valtioneuvoston asetus
YK	Yhdistyneet kansakunnat

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Nammo Vihtavuori Oy:n tuotteiden kysyntä on ollut viime vuosina voimakkaassa kasvussa. Suurin osa kasvusta on kohdistunut tuotteisiin, jotka lähetetään asiakkaille teollisuuskäyttöön soveltuvissa pakkauksissa. Näitä pakkauksia kutsutaan yrityksessä IP-pakkauksiksi. Pakattava tuote on nitroselluloosaruutia. Pakkaus huone on luokiteltu räjähdetilaksi, joka aiheuttaa erityisvaatimuksia laitteiden valintaan.

## 1.2 Tarkoitus ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä suunnitelma IP-pakkaamon automatisoinnin kehittämiseksi. Tällä hetkellä pakkaamo toimii hyvin manuaalisesti. Automatisoinnin avulla on tarkoitus vähentää työn fyysistä kuormittavuutta ja lisätä pakkauskapasiteettia.

Tämän opinnäytetyön tavoitteina ovat:

- Määrittää IP-pakkaamon automatisoivat työvaiheet
- Tehdä suunnitelma millaisilla laitteilla pakkaamon automatisointi voidaan toteuttaa
- Tehdä kooste ruutipakkaamon laitteiden valintaan vaikuttavista säädöksistä
- Tehdä kooste, siitä kuinka räjähdetilasta aiheutuvat vaatimukset tulee huomioida laitteiden rakenteissa
- Tehdä lyhyt kuvaus pakkaamon automatisointiin liittyvistä riskiarvioinneista, jonka pohjalta voidaan tehdä myöhemmässä vaiheessa kokonaisuuden laajariskiarvio

Tavoitteiden saavuttamiseksi muodostui seuraavat tutkimuskysymykset:

- Mitkä pakkauksen työvaiheet voidaan automatisoida?
- Millaisilla laitteilla ruutipakkaamon automatisointi voidaan toteuttaa?

- Mitkä säädökset määrittelevät ruudin pakkauslaitteiden valintaa?
- Mitkä ovat räjähdetilasta aiheutuvat vaatimukset pakkauslaitteille?
- Millaisia riskiarviointeja pakkaamon laitteille tarvitsee tehdä?

### **1.3 Rajaus**

Tässä työssä on esitelty keskeiset räjähdetilojen laitevalintaan liittyvät säädökset, jotka liittyvät nimenomaan räjähteiden kaupalliseen teolliseen valmistukseen. Yleisiä kaikkia laitteita tai Puolustusvoimiin tai muuhun viranomaistoimintaan liittyviä määräyksiä ei ole työssä tarkemmin käyty läpi.

Työssä esitellään laitteita, joilla ruutipakkaamon automatisointi voidaan toteuttaa. Laitevalinta pohjautuu pakkauslinjakokonaisuuksien toimittajille lähetettyyn tarjouskyselyyn. Tarjouskyselyaineiston sisältö on salassa pidettävää tietoa, joten sitä ei tässä työssä käydä läpi. Saaduissa tarjouksissa ratkaisut jakautuivat joko valmislaitteilla tai laitetoimittajan omavalmisteisilla erikoiskoneilla toteutettaviin kokonaisuuksiin. Valmislaitteilla tarjotut tarjoukset olivat laitteiltaan hyvin samantaisia, koska osoittautui että nippusiteellä pussin sulkevaa suljentalaitetta ei löytynyt kuin yhdeltä valmistajalta. Omavalmisteisilla erikoiskoneilla tarjotuissa ratkaisuisa yksityiskohdat ovat määrittelemättä, koska laitteiden varsinainen suunnittelu tehdään vasta tilauksesta. Tämän vuoksi pakkauslaitteiden välistä vertailua ei ole työssä esitetty.

### **1.4 Työn toteutus ja kehittämismenetelmät**

Työn teoriaosuus on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Riskiarviointien kuvauksessa on myös käytetty kirjallisuuskatsausta ja aiemmin yrityksessä tehtyjä riskiarviointeja. Pakkaamon työvaiheiden ja nykytilan selvitys sekä automatisoitavien työvaiheiden määrittelyyn tarvittava tieto kerättiin työntekijöiden haastatteluna. Haastatteluja ei ole tehty strukturoidusti, vaan käytännön tarpeista lähtevillä keskusteluilla. Lisäksi haastattelujen pohjalta on työyhteisössä käyty pienryhmä-

keskusteluja. Teknisten ratkaisujen tiedon kerääminen on toteutettu tarjouskyselyaineistolla ja laitetoimittajien kanssa käydyillä keskusteluilla sekä laitteiden datalehtien, käyttöohjeiden ja niiden toimintaa esittelevien videoiden avulla.

Ruudin syttymisominaisuuksien tunteminen on työn kannalta tärkeää, jotta turvallinen lopputulos saavutetaan. Työn alussa käydään läpi lyhyesti nitroselluloosaruudin historiaa, valmistusta ja ominaisuuksia. Työn teoriaosuudessa tutkitaan säädöksiä ja määräyksiä, jotka vaikuttavat ruutipakkaamon laitteiden valintaan. Tämän osuuden on tarkoitus toimia koosteena säädöksistä ja määräyksistä vastaaviin räjähdetiloihin liittyviin projekteihin. Tämän vuoksi säädösten ja määräysten kohdat on poimittu tekstiin suorina lainauksina. Niiden sisältö on linkitetty tähän työhön lyhyin kommentein. Kappaleessa neljä tutkitaan räjähdetilojen tilaluokitusta ja tehdään kooste siitä, millaisilla ratkaisuilla säädöksiä ja määräyksiä vaatimukset voidaan räjähdetilojen laitteissa saavuttaa.

Kappaleessa viisi käydään läpi pakkaamon työvaiheet ja nykytila, jonka pohjalta valitaan automatisoitavat työvaiheet. Tämän jälkeen valitaan laitteet, joilla ruutipakkaamon automatisointi on mahdollista toteuttaa ja esitellään niiden ominaisuuksia. Laittevalinta pohjautuu pakkauslinjakokonaisuuksien toimittajille lähetettyyn tarjouskyselyyn. Laitteiden ominaisuuksiin perehdyttiin laitetoimittajien kanssa käytyjen keskustelujen sekä laitteiden datalehtien, käyttöohjeiden ja niiden toimintaa esittelevien videoiden avulla. Työn loppuosassa on lyhyt kooste pakkaamon automatisointiin liittyvistä riskiarvioinneista.

## 2 NITROSELLULOOSARUUTI

### 2.1 Historia

Nitroselluloosaruudista käytetään myös nimityksiä savuton ruuti, yksikomponenttiruuti ja N-ruuti. Perinteiseen mustaan ruutiin verrattuna nitroselluloosaruuti palaa lähes savuttomasti, joten tämän vuoksi siitä käytetään nimitystä savuton ruuti. Savuttoman ruudin palamistuotteet ovat kaasumaisia, kun taas mustan ruudin palamistuotteista yli puolet on kiinteitä hiukkasia. (Uola 1998, 38.)

Nitroselluloosaruudin kehitys sai alkunsa, kun saksalainen Christian Schönbein tutki puuvillakuidun ominaisuuksia 1840-luvulla. Hän antoi väkevän rikki- ja typpihapposeoksen vaikuttaa puuvillakuituihin, josta muodostui hyvin herkästi syttyvää pumpuliruutia eli nitroselluloosaa. Varsinainen nitrausreaktio selluloosasta nitroselluloosaksi oli yksi Schönbeinin tärkeimmistä tuotoksista, jotka pohjautuivat Braconnotin jo vuonna 1833 tekemiin tutkimuksiin. 1880-luvulla ranskalainen Paul Vieille huomasi tutkimuksissaan, että liuottamalla nitroselluloosakuituja eetterialkoholiliuoksessa siitä muodostui kiinteää taipuisaa massaa, josta pystyi painamalla muokkaamaan levyjä. Näistä levyistä pystyi leikkaamaan eri kokoisia paloja ja hiutaleita, joiden palonopeus vaihteli systemaattisesti niiden koon mukaan. Tämän prosessin myötä syntyneitä ruutia kutsutaan yksikomponenttiseksi nitroselluloosaruudiksi. (Nimell 2022, 2)

### 2.2 Valmistus

Yksikomponenttisessä nitroselluloosaruudissa on vain yksi energettinen komponentti, joka on nitroselluloosa. Ruudin valmistusprosessin yhteydessä siihen lisätään aina stabilisaattoria, jonka avulla luonnostaan epästabiili nitroselluloosa saadaan kohtuullisen hyvin säilyväksi. Lisäksi käytetään myös lisäaineita, joilla vaikutetaan mm. liekin muodostukseen ja lämpötilaan, ruudin mekaanisiin ominaisuuksiin, massan muokattavuuteen ja ruudin palo-ominaisuuksiin.

Yksikomponenttiruudin valmistusprosessi koostuu seuraavista päävaiheista:

- Gelatinointi, jossa nitroselluloosaa sekoitetaan voimakkaasti ja liuotetaan saman aikaisesti liuottimella, josta lopputuloksena muodostuu gelatinoitunut muovailtava ruutimassa. Liuottimena käytetään yleisimmin eetterin ja etanolin seosta. Tässä prosessin vaiheessa massaan lisätään tarvittavat lisäaineet.
- Puristus, jossa ruutimassa muokataan halutun muotoiseksi ruutinauhaksi puristamalla se matriisin läpi.
- Leikkaus, jossa ruutinauha leikataan halutun pituisiksi jyviksi, levyiksi, liuskoiksi, putkiksi jne.
- Liuottimen poisto, jossa ruudista poistetaan nitratussa massassa olleet ja gelatinoinnissa massaan lisätyt liuottimet. Liuottimen poisto koostuu yleensä useista peräkkäisistä vaiheista, joissa poisto tapahtuu lämpöä, ilmavirtausta, vakuumia tai vettä käyttäen.
- Pintakäsittely, jossa ruutikappaleet pinnoitetaan grafiitilla, palonopeuden säätöaineilla ja muilla mahdollisesti tarvittavilla lisäaineilla. Pintakäsittely voidaan suorittaa, jonkun liuottimenpoistovaiheen yhteydessä tai niiden välillä joko kuivana rummussa tai vesikäsittelyn aikana.
- Kuivaus, jossa esimerkiksi lämpimällä ilmalla poistetaan ruutiin prosessin aikana jäänyt vesi. Ruutia kuivataan, kunnes sen jäännöskosteus vastaa ruudin hygroskooppisuutta normaalikosteudessa eli sitä kosteutta, jonka ruuti imee itseensä luonnostaan sitä ympäröivästä ilmasta. Tätä kutsutaan ruudin tasapainokosteudeksi.
- Homogenisointi, jossa saman valmistuserän eri prosessivaiheissa erillään käsitellyt osaerät sekoitetaan keskenään mahdollisimman tasalaatuisiksi kokonaisuudeksi.
- Lopullinen kosteuden tasaus.
- Pakkaus, jossa ruuti pakataan asiakkaan tilauksen mukaisiin pakkauksiin.

(Räjähdekirja 2005, 160–161.)

## 2.3 Ominaisuudet

Ruuteja valmistetaan moniin eri tarkoituksiin (kuva 1) ja niiden ominaisuudet vaihtelevat suuresti ruutilaadun mukaan. Ruudille tavanomaisesti ilmoitettavia ominaisuuksia ovat suhteellinen palamisnopeus, ruuti jyvän mitat, tilavuuspaino, kosteus ja energiasisältö (taulukko 1).

Perinteiset nitroselluloosaruudit syttyvät ulkoisen lämpölähteen vaikutuksesta, kun niiden pinnan lämpötila kohoaa riittävän korkeaksi. Nopeassa kuumentamisessa ruudin syttymiseen vaadittu lämpötila on noin 170 °C. (Nimell 2022, 22) Tyypillisesti ruudit ovat herkästi syttyviä ja palavia aineita, mutta useimmat niistä voivat tietyissä olosuhteissa olla myös räjähtäviä aineita. Räjähdys voi tapahtua, jos ruuti sytytetään riittävän suurella räjähdyspanoksella tai palaminen tapahtuu voimakkaasti suljetussa tilassa. Ruudit vaativat kuitenkin syttyäkseen merkittävästi suurempia energiamääriä ja usein myös korkeampia lämpötiloja kuin palavat tai räjähtävät kaasut tai liuotinhöyryt. (Räjähdekirja 2005, 156.)



KUVA 1. Erilaisia nitroselluloosaruuteja (Nammo Vihtavuori Oy 2022)

TAULUKKO 1. Ruutien ominaisuuksia (Nammo Vihtavuori Oy, 2022, 2)

VIHTAVUORI POWDERS								
Powder	Burning rate* (N110 = 100)	Length mm	Diameter mm	Bulk density g/l	Moisture content %	Energy content J/g	Package	Concent. of nitroglycerine %
							Cardboard box	
N105	123	1,1	0,8	730	1,1	3950	15 kg	
N110	100	1,1	0,8	800	1,1	3700	15 kg	
N120	81	0,8	0,6	860	1,1	3700	20 kg	
N130	71	1,0	0,8	870	1,1	3750	20 kg	
N133	62	1,0	0,8	870	1,1	3600	20 kg	
N135	57	1,0	0,8	870	1,1	3550	20 kg	
N140	54	1,0	0,9	910	1,1	3700	20 kg	
N150	51	1,3	1,0	910	1,1	3750	20 kg	
N160	46	1,3	1,0	920	1,1	3650	20 kg	
N165	43	1,3	1,0	920	1,1	3500	20 kg	
N170	39	1,7	1,1	960	1,1	3700	20 kg	
24N41	39	2,3	1,3	970	1,1	3700	20 kg	
20N29	36	2,3	1,3	960	1,1	3600	20 kg	
N310	310	0,7	0,6	560	1,2	4100	9 kg	
N320	278	1,0	0,8	550	1,1	4100	12 kg	
N32C	234	1,2	1,1	420	1,1	3050	12 kg	
N330	198	1,0	0,8	620	1,1	4100	15 kg	
N340	187	1,0	0,8	620	1,1	4100	15 kg	
N350	166	1,0	0,8	660	1,1	4100	15 kg	
3N36	281	0,6	0,5	590	1,1	4100	9 kg	
3N37	162	0,6	0,6	720	1,1	4100	15 kg	
3N38	142	0,6	0,6	730	1,1	4000	15 kg	
N530	55	0,8	0,8	930	0,6	3950	20 kg	12
N540	52	1,0	1,0	940	0,6	4000	20 kg	12
N550	50	1,0	1,0	940	0,6	3900	20 kg	12
N555	46	1,2	1,1	940	0,6	3700	20 kg	4
N560	43	1,4	1,2	960	0,6	4000	20 kg	12
N565	42	1,4	1,2	960	0,6	4000	20 kg	12
N568	42	1,5	1,4	907	0,6	3850	20 kg	6
N570	42	2,3	1,3	960	0,6	4000	20 kg	15

### 3 RUUDIN PAKKAUSLAITTEIDEN VALINTAAN KESKEISESTI LIITTYVÄT LAIT, ASETUKSET JA MÄÄRÄYKSET

#### 3.1 Lait ja asetukset

Räjähteiden valmistuksessa käytettävien laitteiden valinnassa on huomioitava yleiset laitteita koskevat säädökset ja lisäksi erityisesti räjähteiden käsittelyä koskevat lait ja asetukset (kuvio 1). Yleisesti lähes kaikkien tuotantolaitteiden vaatimuksia säätelevät:

- 738/2008 Työturvallisuuslaki.
- 1016/2004 Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta (konelaki).
- 400/2008 Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (koneasetus).
- 403/2008 Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (käyttöasetus).

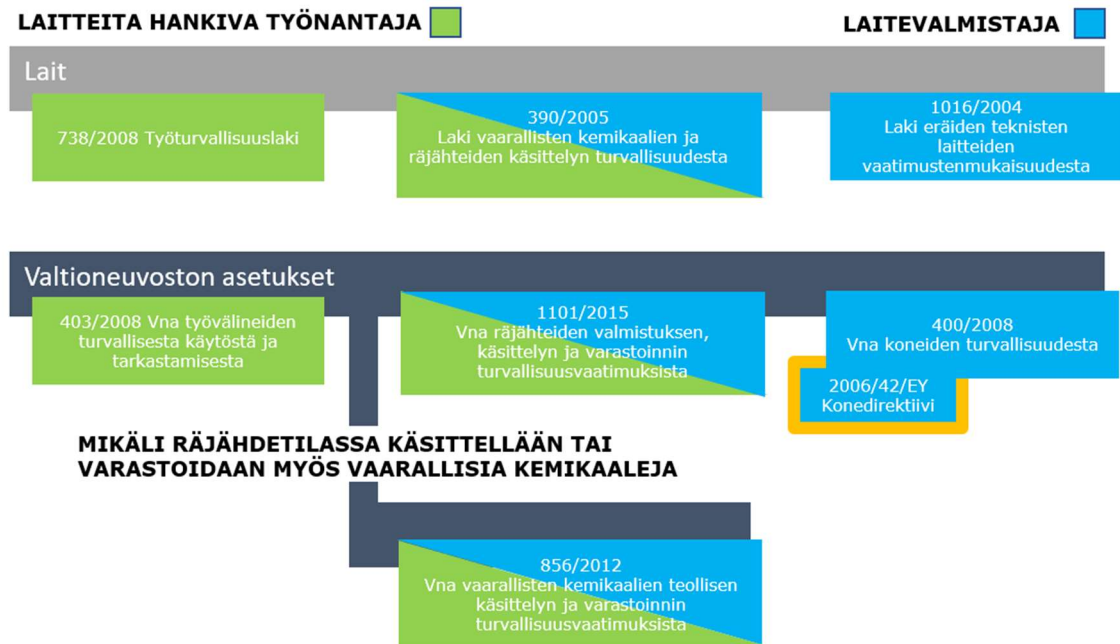
Räjähdetilassa, jossa räjähdysvaara johtuu yksinomaan räjähdysaineesta, laitteiden valintaa säätelevät edellisten lisäksi:

- 390/2005 Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta.
- 1101/2015 Valtioneuvoston asetus räjähteiden valmistuksen, käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista.

Mikäli räjähdetilassa käsitellään tai varastoidaan räjähdysaineiden lisäksi vaarallisia kemikaaleja, niin laitteiden valintaa säätelee edellisten lisäksi:

- 856/2012 Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista

## RÄJÄHDETILOJEN LAITEVALINTAA KOSKEVAT KESKEISIMMÄT MÄÄRÄYKSET



KUVIO 1. Räjähdetilan laitevalintaa koskevat keskeisimmät lait ja asetukset.

### 3.1.1 Työympäristö

Työympäristöä koskevia vaatimuksia on esitetty 738/2008 työturvallisuuslaissa ja 390/2005 laissa vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta. Nämä vaatimukset koskevat mm. työympäristön suunnittelua, pelastusteitä ja ilman epäpuhtauksia. Alla on muutamia poimintoja säännösten työympäristöön liittyvistä kohdista, jotka on huomioitava tässä kyseisessä pakkaamon automatisointiprojektissa.

**Työympäristön suunnittelu:** Työympäristön rakenteita, työtiloja, työtä tai tuotantomenetelmiä taikka työssä käytettävien koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden sekä terveydelle vaarallisten aineiden käyttöä suunnitellessaan työnantajan on huolehdittava siitä, että suunnittelussa otetaan huomioon niiden vaikutukset työntekijöiden turvallisuuteen ja terveyteen ja että ne ovat aiottuun tarkoitukseen soveltuvia. (Laki 738/2008)

Räjähteiden valmistus on luvanvaraista toimintaa. Luvan ehtoina on, että toimintaan liittyvät riskit kartoitetaan perusteellisesti. Tuotantoprosessien turvallisuuden arviointiin Nammo Vihtavuori Oy:ssä käytetään HAZOP-poikkeamatarkastelua. Tätä menetelmää on esitelty tarkemmin kappaleessa 7.1.

”Työpaikalla tulee olla riittävä määrä asianmukaisia uloskäytäviä ja pelastusteitä, jotka on aina pidettävä vapaina” (Laki 738/2008). Räjähdysaineita käsiteltäessä on tärkeää, että hätätilanteessa työntekijä voi nopeasti ja turvallisesti poistua työpisteestä. Tässä kyseisessä kohteessa ruudin pakkaamohuoneessa on useita hätäuloskäyntejä. Laitevalintaa ja erityisesti niiden sijoittelua tilaan tehtäessä on huomioitava, että ne eivät estä turvallista poistumista työpisteestä.

Työpaikalla, jossa esiintyy ilman epäpuhtauksia, kuten pölyä, savua, kaasua tai höyryä työntekijävahingoittavassa tai häiritsevässä määrin, on niiden leviäminen mahdollisuuksien mukaan estettävä eristämällä epäpuhtauden lähde tai sijoittamalla se suljettuun tilaan tai laitteeseen. Ilman epäpuhtaudet on riittävässä määrin koottava ja poistettava tarkoituksenmukaisen ilmanvaihdon avulla. (Laki 738/2008)

Useimmat ruudit pintakäsitellään grafiittijauheella, joka parantaa ruudin sähköjohtavuutta ja juoksevuutta latauskoneissa. Tästä aiheutuu kuitenkin se, että ruutia käsiteltäessä ilmaan leviää grafiittia ja ruutia sisältävää pölyä. Pölyn poisto on huomioitava pakkauslaitteita valittaessa.

Vaarallisia kemikaaleja tai räjähteitä sisältäviä laitteistoja ja laitteita saa sijoittaa rakennukseen vain siinä määrin kuin se on toiminnan järjestämisen kannalta välttämätöntä. Tuotantotiloissa saa olla vaarallisia kemikaaleja tai räjähteitä vain sellaisia määriä, jotka ovat toiminnan ja turvallisuuden kannalta perusteltuja. (Laki 390/2005)

Ruudin annostelussa käytettävät laitteet tulee suunnitella siten, että niihin varastoituu ruutia mahdollisimman vähän. Lisäksi samanaikaisesti auki olevien ruutipakkauksien määrä on minimoitava.

### **3.1.2 Laitteita hankkivaa työnantajaa koskevat laiteturvallisuussäädökset**

Laitteiden ja koneiden turvallisuutta koskevissa säädöksissä vastuu turvallisuudesta kohdistuu koneiden suunnittelijoihin, valmistajiin, myyjiin sekä koneita hankkiviin ja käyttäviin työnantajiin (Työturvallisuuskeskus n.d.).

Laiteturvallisuutta koskevia säädöksiä ovat:

- 738/2008 Työturvallisuuslaki
- 1016/2004 Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta
- 390/2005 Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta

- 400/2008 VNa koneiden turvallisuudesta
- 403/2008 VNa työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta
- 1101/2015 VNa räjähteiden valmistuksen, käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista.

Alla on poimintoja työnantajaa koneiden hankintaan ja käyttöön liittyen koskevista säädöksistä, jotka on huomioitava tässä kyseisessä pakkaamon automatisointiprojektissa.

Työpaikan rakenteellinen ja toiminnallinen turvallisuus ja terveellisyys: Työpaikan rakenteiden, materiaalien ja varusteiden sekä laitteiden tulee olla turvallisia ja terveellisiä työntekijöille. Niiden tulee olla käsiteltävissä, kunnostettavissa ja puhdistettavissa turvallisesti. (Laki 738/2008)

Hankittavien laitteiden riskiarvio kannattaa tehdä ensimmäisen kerran jo niiden tarjouskyselyvaiheessa, jolloin sen pohjalta voidaan vertailla eri toimittajien laitteiden turvallisuuseroja ja valita käyttöön sopiva laite. Laitteiden asennuksen jälkeen tehdään uusi riskiarvio, jossa vielä tarkastetaan miten ne soveltuvat kyseiseen työympäristöön.

Vaaran arviointi ja poistaminen: Työnantajan on järjestelmällisesti selvitettävä ja arvioitava työvälineen turvallisuus. Erityisesti tämä on tehtävä tuotannon ja työmenetelmien muutosten yhteydessä. Arvioinnissa on kiinnitettävä huomiota työvälineen ja sen liikkuvien osien, ulkoisen rakenteen, fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien, automaattisten toimintojen, sähkön sekä muihin kyseisen työn ja käyttöolosuhteiden aiheuttamiin vaaroihin ja haittoihin. Jos työvälineen käyttö aiheuttaa vaaraa tai haittaa, työnantajan on ryhdyttävä vaaran tai haitan poistamiseksi tarvittaviin toimenpiteisiin välittömästi. Ensisijaisesti vaara tulee poistaa työvälineen rakenteeseen tai sen ympäristöön liittyvillä teknisillä toimilla, kuten vaara-alueelle pääsyn estävillä tai vaarallisten osien liikkeen ennen vaara-alueutta pysäyttävillä laitteilla. Jos vaaraa ei voida poistaa teknisillä toimilla, työvälineen käytönturvallisuus tulee varmistaa opastuksella, varoituslaitteilla, turvamärkeillä ja henkilönsuojaimilla. (VNa 403/2008)

Tässä pakkaamon automatisointiprojektissa pakkaamon työmenetelmät tulee muuttumaan suurelta osin. Automaattiset toiminnot korvaavat nyt käsin tehtäviä toimintoja, joten riskiarviointi joudutaan tekemään täysin uusiksi. Laitteiden turvallisuus mm. turvatoiminnot ja suojat on otettava huomioon projektin alusta alkaen. Niiden lisääminen jälkikäteen on monesti hankalaa ja myöskin koneen käytettävyyks voi jälkikäteen tehtävien muutosten vuoksi kärsiä.

Työvälineen valitseminen ja sijoittaminen:

Työnantajan on valittava työntekijän käyttöön kyseiseen työhön ja työolosuhteisiin sopiva ja turvallinen työväline. Työvälineen mitoituksen ja lujuuden on vastattava työn vaatimuksia. Työvälinettä ei saa kuormittaa tai rasittaa vaaraa aiheuttavasti. Työvälinettä käytettäessä on otettava huomioon sitä käyttävän työntekijän työskentelypaikka ja työasento sekä ergonomiset periaatteet. Työväline on sijoitettava siten, että sitä voidaan käyttää turvallisesti. Erityisesti on otettava huomioon, että työvälineen käyttämiseen on riittävästi tilaa ja että työvälineen käyttämä tai tuottama energia tai aine voidaan siirtää turvallisesti. (VNa 403/2008)

Räjähteitä käsiteltäessä laitteiden mitoitukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska liika kuormittuminen voi aiheuttaa laitteen vaarallisen ylikuumentumisen. Laitteiden sijoittelu on tässä projektissa haasteellista pakkaamotilan ahtauden vuoksi, joten yhtenä laitteiden valintakriteerinä on pidettävä niiden fyysistä kokoa.

Räjähdyksen estäminen

Syttymislähteiden selvittäminen:

Toiminnanharjoittajan tulee selvittää räjähteiden valmistus-, käsittely- ja varastointitiloissa pysyvästi olevat tai siellä muutoin käytettävät syttymislähteet, jotka voivat aiheuttaa syttymisen tai räjähdysen. Syttymislähteisiin liittyvää vaaraa arvioitaessa on otettava huomioon tilassa olevien räjähteiden ja palavienaineiden syttymisominaisuudet. (VNa 1101/2015)

Laitetoimittajille annetaan tarjouskyselyaineiston yhteydessä tiedot ruudin ominaisuuksista ja kerrotaan yleiset vaatimukset suojaustoimenpiteistä, joita vaaditaan syttymislähteiden syntymisen ehkäisemiseksi. Varsinaisessa laitteen suunnitteluvaiheessa syttymislähteet on selvitettävä järjestelmällisesti, niiden tunnistamista on havainnollistettu tämän työn kappaleessa 7.2

### **3.1.3 Laitteiden valmistajaa koskevat laiteturvallisuussäädökset**

Alla on poimintoja laitteiden valmistajia koskevista säädöksistä, jotka on huomioitava tässä kyseisessä pakkaamon automatisointiprojektissa. Niihin liittyvät kommentit on kirjoitettu tämän opinnäytetyön toimeksiantajan eli laitteiden hankkijan näkökulmasta.

#### Valmistajan yleinen huolehtimisvelvollisuus:

Valmistajan tulee suunnitella ja valmistaa tekninen laite rakenteiltaan, varusteiltaan ja muilta ominaisuuksiltaan sellaiseksi, että se soveltuu tarkoitettuun käyttöön eikä tällaisessa käytössä aiheuta tapaturman vaaraa eikä terveyden haittaa. Jos tapaturman vaaraa tai terveyden haittaa ei voida muutoin riittävästi poistaa, on käytettävä tarkoituksenmukaisia suojaustoimenpiteitä. Vaaroista ja haitoista on varoitettava tehokkaasti. (Laki 1016/2004)

Laitetoimittajille lähetettävässä tarjouskyselyaineistossa määritellään tarkasti laitteen käyttötarkoitus, pakkauskoot, tahtiaika ja olosuhde, jossa laitetta tullaan käyttämään. Laitevalmistajan velvollisuutena on rakentaa laite, joka toimii kyseisessä sovelluksessa turvallisesti.

#### Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen:

Valmistajan tulee teknisen laitteen ominaisuuksien edellyttämällä tavalla:

- 1) luotettavasti osoittaa, että tekninen laite on vaatimusten mukainen; vaaralliset tekniset laitteet on asiantuntijalaitoksen tyyppitarkastettava tai varmistettava niiden vaatimustenmukaisuus;
- 2) koota vaatimustenmukaisuuden osoittamista ja valvontaa varten tekniset asiakirjat;
- 3) laatia teknisen laitteen mukana toimitettavaksi asianmukaiset käyttö- ja muut ohjeet; sekä
- 4) varustaa tekninen laite merkinnällä sen vaatimuksenmukaisuudesta ja, jollei sen tunnistaminen ole muuten ilmeistä, tarpeellisella tunnistamismerkinnällä. (Laki 1016/2004)

Nammo Vihtavuori Oy:ssä on laadittu oma sisäinen vastaanottovaatimusdokumentti, jonka sisällön mukaisesti hankitulle laitteelle suoritetaan vastaanottotarkastus. Sen yhtenä osuutena on laitteiden EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen, CE-tyyppikilven, riskiarvion, käyttö- ja huolto-ohjeen tarkastus. Laitteen EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa on oltava maininta laitteen käyttötarkoituksesta, joka on tässä tapauksessa ruudin pakkaaminen.

Tuotantolaitoksen valmistus-, varastointi- ja käyttölaitteistot ja -laitteet tulee suunnitella, mitoittaa, rakentaa ja sijoittaa siten, että niiden tavanomaisesta käytöstä ja ennalta mahdollisiksi arvioitavista poikkeustilanteista ei aiheudu sellaisia räjähdyksiä, tulipaloja tai kemikaalipäästöjä, joista seuraisi välittömiä henkilö-, ympäristö- tai omaisuusvahinkoja tuotantolaitoksessa ja sen ulkopuolella. Laitteistot ja laitteet tulee sijoittaa siten, että niitä voidaan tarkoituksenmukaisesti käyttää, huoltaa ja tarkastaa. Laitteistot ja laitteet tulee varustaa toimintaan ja siitä aiheutuviin vaaroihin nähden tarkoituksen mukaisilla, turvallisen käytön ja onnettomuustilanteisiin varautumisen edellyttämällä varoitus- ja turvamerkinnöillä. (Laki 390/2005)

Laitteiden sijoittelun suunnittelu tehdään yhdessä laitetoimittajan kanssa. Laitteen riskiarvioinnissa tarkastellaan sen soveltuvuus tilaluokkaan ja ruudin pakkaamiseen. Vastaanottotarkastuksessa tarkastetaan, että laitteessa on suomenkieliset ohje- ja varoitusmerkinnät.

#### 1.5.2. Staattinen sähkö

Kone on suunniteltava ja rakennettava sellaiseksi, että mahdollisesti vaaraa aiheuttavien sähköstaattisten varausten syntyminen estetään tai rajoitetaan, tai koneessa on oltava laitteet varausten purkamiseksi.

#### 1.5.6. Tulipalo

Kone on suunniteltava ja rakennettava siten, että vältetään palo- ja ylikuumenemisriskit, joita itse kone tai siinä tuotetut tai käytetyt kaasut, nesteet, pöly, höyryt tai muut aineet aiheuttavat.

#### 1.5.7. Räjähdyks

Kone on suunniteltava ja rakennettava siten, että vältetään kaikki räjähdysriskit, joita itse kone tai siinä tuotetut tai käytetyt kaasut, nesteet, pöly, höyryt tai muut aineet aiheuttavat.

Koneen on oltava voimassa olevien yhteisön erityisdirektiivien tai niitä vastaavien kansallisten säädösten mukainen sellaisten räjähdysriskien osalta, jotka aiheutuvat sen käytöstä räjähdysvaarallisessa ilmaseoksessa. (VNa 400/2008)

Laitteen suunnitteluvaiheessa on selvitettävä siinä mahdollisesti olevat syttymislähteet. Siinä tutkitaan yksityiskohtaisesti voiko joku laitteen osa, toiminto tai virhetoiminto muodostaa syttymislähteen. Löydetyille syttymislähteille määritellään toimenpide, jolla niiden syntyminen voidaan estää. Vastaanottotarkastuksessa tarkastetaan, että syttymislähdeselvityksessä määritellyt toimenpiteet on toteutettu. Lisäksi tarkastetaan mm. laitteen maadoitukset, potentiaalintasaus, käytetyt materiaalit, pintalämpötila valvonnat ja osien kiinnitysten varmistukset. VNa 400/2008 on johdettu konedirektiivistä 2006/42/EY, jonka soveltamisoppaassa Guide to application of the Machinery Directive 2006/42/EC on kerrottu hieman yksityiskohtaisempia ohjeita staattisen sähkö, tulipalon ja räjähdysten aiheuttamien riskien estämiseksi. Lisäksi ohjeessa on mainittu, että tulipaloriskin arviointia, ehkäisemistä ja siltä suojautumista koskevat yleiset vaatimukset esitetään standardissa EN ISO 19353 ja räjähdysriskiin liittyen standardissa EN 1127-1 (European Commission 2019, 226–227). Nämä standardit eivät kuitenkaan varsinaisesti koske räjähdetilassa käytettäviä laitteita, koska niiden soveltamisalaa on rajattu siten, että EN ISO 19353 ei koske räjähdysvaarallisessa ympäristössä

käytettäviä koneita ja EN 1127-1 ei sovelleta laitteisiin, joiden räjähdysvaaran aiheuttaa yksinomaan altistuminen räjähtäville aineille (SFS-EN ISO 19353:2019, 7; SFS-EN 1127-1:2019, 5).

#### Laitteistovaatimukset

##### 31 §

Laitteistosuunnittelua koskevat perusvaatimukset

Räjähteiden valmistus- ja käsittelylaitteistot sekä -järjestelmät tulee suunnitella ja valita siten, että onnettomuudet voidaan estää mahdollisimman tehokkaasti ja että onnettomuuksien seuraukset pystytään rajoittamaan mahdollisimman vähäisiksi. Laitteiden käyttö tulee suunnitella mahdollisimman pitkälti kaukokäyttöisiksi.

Suunnittelussa tulee noudattaa seuraavia periaatteita:

- 1) laitteistojen ja turvajärjestelmien suunnittelussa käytetään parasta ajanmukaista ja kyseisen toiminnan riskien hallinnan kannalta perusteltua tekniikkaa;
- 2) onnettomuudessa kerralla vapautuva räjähdde-, kemikaali- ja energiamäärä pyritään minimoimaan laitekokojen ja tuotantotapojen valinnoilla;
- 3) ulos sijoitettavien laitteistojen sekä muiden rakenteiden ja toimintojen suunnittelussa otetaan huomioon sään vaikutukset toimintaan ja rakenteisiin;
- 4) laitteistot suunnitellaan räjähdyspaineen kestäviksi tai niihin rakennetaan paineenkevennys, joka ohjataan turvalliseen suuntaan;
- 5) vaaratilanteiden estämiseen, havaitsemiseen ja seurausten rajoittamiseen varaudutaan;
- 6) hätäpysäytysjärjestelmä ja hälytysjärjestelmät sekä muut turvallisuuden kannalta kriittiset järjestelmät toimivat myös tavanomaisen energijärjestelmän pettäessä;
- 7) räjähteitä sisältävien laitteistojen tuki- ja muut rakenteet, joiden sortumisesta voi aiheutua erityistä vaaraa, suojataan siten, että ne kestävät mahdollisesta tulipalosta aiheutuvat lämpösäteilyvaikutukset;
- 8) valmistus- ja käsittelyvaihe jaetaan työkohteisiin siten, että yhdessä työkohteessa tapahtuva onnettomuus ei aiheuta hengen tai terveyden menettämisen vaaraa muissa työkohteissa. (VNa 1101/2015)

Laitteiden kaikki tehoa käyttävät laitteet on varustettava pintalämpötilavalvonalla, jotta ne eivät voi toimia syttymislähteinä. Laitteet pitää suunnitella siten, että paineilman tai sähköön katkeaminen ei aiheuta ruutipakkauksen putoamista lattialle tai koneiden osien väliin.

##### 32 §

Valvonta-, hallinta- ja turvajärjestelmät

Räjähteiden valmistuksen ja käsittelyn prosessit tai toiminnot tulee mahdollisuuksien mukaan varustaa järjestelmin, joilla onnettomuudet tai muut vaaralliset tapahtumat voidaan havaita ajoissa, joilla

vaarallisten tapahtumien etenemistä voidaan rajoittaa tai estää, ja joilla onnettomuuksien seuraukset voidaan rajoittaa mahdollisimman vähäisiksi. Tällaisia valvonta-, hallinta- ja turvajärjestelmiä ovat:

- 1) käyttöautomaatiojärjestelmä, jolla prosessi tai toiminta pidetään ennalta määritellyissä olosuhteissa;
- 2) hätäpysäytysjärjestelmä, joka mahdollistaa prosessin alasajon tai toimintojen turvallisen keskeyttämisen käsikäyttöisesti mahdollisen automaattisen hätäpysäytyksen lisäksi; hätäpysäytysjärjestelmän toiminnan tulee olla riippumaton 1 kohdassa tarkoitetusta järjestelmästä;
- 3) laitteistojen ja säiliöiden ylitäyttymisestä hälyttävä ja ylitäyttöä estävä järjestelmä;
- 4) järjestelmä, jonka avulla kemikaalin käsittelyyn tai varastointiin liittyvät häiriöt tai poikkeavat olosuhteet voidaan havaita onnettomuuksien estämisen kannalta riittävän ajoissa;
- 5) järjestelmä, jolla vaaralliset reaktiot voidaan mahdollisuuksien mukaan estää tai pysäyttää tai jolla niitä voidaan hidastuttaa tai suunnata vaarattomimpaan suuntaan;
- 6) käyttöautomaatiosta riippumaton turva-automaatiojärjestelmä, jolla toteutetaan turvallisuuden kannalta kriittiset lukitukset, suojaukset tai vastaavat ja jolla voidaan estää prosessin joutuminen vaaralliseen tilaan tai jonka avulla prosessi voidaan ohjata turvalliseen tilaan; turva-automaatiojärjestelmän tulee olla niin suunniteltu, että häiriötilanteessa toimilaitteet jäävät tai siirtyvät ennalta määriteltyyn turvalliseen tilaan ja toiminnan luonteen ja vaarallisuuden kannalta riittävä luotettavuus on otettu huomioon;
- 7) varaenergiajärjestelmä, jolla voidaan ylläpitää turvallisuuden kannalta kriittisiä toimintoja.

Turvallisuusjärjestelyt räjähteiden valmistus- ja käsittelykohteessa on mahdollisuuksien mukaan varmistettava siten, etteivät ne ole vain yhden varotoimenvarassa.

Edellä 1 momentissa tarkoitetut järjestelmät ja laitteet on suunniteltava, sijoitettava ja tarvittaessa suojattava siten, että ne ovat käytettävissä onnettomuustilanteessa. (VNa 1101/2015)

Pakkauslinjan ohjausjärjestelmän on huolehdittava, että ruutipakkausta käsittelevät laitteet toimivat maltillisilla nopeuksilla. Tällöin mahdollisissa törmäystilanteissa muodostuvat voimat pysyvät pieninä ja pakkauksen käsittely toimii varmemmin oikealla tavalla. Pakkauslinja on varustettava hätäseispainikkeilla, joilla hätätilanteissa kaikkien koneiden liikkeet saadaan pysäytettyä. Pakkauksen ylitäyttöä valvotaan vaa'alla ja pakkaamotila on suojattu kipinäntunnistimilla olevalla vesisammutusjärjestelmällä.

### 33 §

Laitteiden merkintä

Laitteissa on oltava merkinnät, joista tulee ilmetä laitteen tunnus, joka vastaa kaavioissa ja kunnossapitajärjestelmässä käytettyä tun-

nusta. Putkistoihin on tarvittaessa merkittävä kemikaalien virtaus-suunta ja virtaava aine. Lisäksi laitteisiin tulee merkitä sen toiminnan keskeyttävät hätäpysäytyslaitteet ja hälytyslaitteet. (VNa 1101/2015)

Laitetoimittajalle annetaan tehtaan kunnossapitojärjestelmästä laitetunnukset, joita käytetään suunnitelmissa laitepositiotunnuksina ja sama tunnus merkitään kilvellä laitteeseen.

## **3.2 Räjähdeiden kuljetusmääräykset**

Räjähdeitä sisältävää rahtia kuljetettaessa on noudatettava vaarallisten aineiden kuljetuksia koskevia määräyksiä. Vaarallisten aineiden kuljetukseen käytettävillä pakkauksilla täytyy olla UN-sertifikaatti, joka todistaa pakkauksen täyttävän kyseistä kuljetusta koskevat määräykset. UN-sertifikaatissa on mm. annettu tietoja millä tavalla pakkaus on suljettava, jotta se täyttää VAK-määräyksen vaatimukset. Tässä pakkaamon automatisointiprojektissa käytettävän pakkauksen UN-sertifikaatissa kerrotaan että, laatikon pohja ja kansi suljetaan 50 mm leveällä teipillä, joka taitetaan 100 mm laatikon sivuille (liite 1). Tämä on huomioitava, kun valitaan laatikon teippaukseen liittyviä laitteita.

YK-numero muodostuu kirjaimista UN ja sen jälkeen olevasta nelinumeroisesta luvusta. Tämän avulla voidaan tunnistaa kuljetettava vaarallinen aine tai vaarominaisuuksiltaan samanlaisten aineiden ryhmä. Samalla aineella voi olla useampia YK-numeroita riippuen aineen pitoisuudesta tai olomuodosta. Numero on annettu aineen vaaraluokituksen ja koostumuksen mukaan. (Suhonen, S. 2006.)

Tässä kyseisessä projektissa savuton ruuti pakataan sisäpussilla olevaan pahvilaatikkoon. Tällä tavalla pakattuna savuttoman ruudin YK-numero on UN 0161 ja luokituskoodi on 1.3C.

Luokituskoodi koostuu vaarallisuusluokan numerosta ja yhteensopivuusryhmän kirjaimesta. Vaarallisuusluokkien määritelmät: 1.3 Räjähdeet, jotka ovat palovaarallisia ja joista aiheutuu joko vähäistä räjähdys- tai sirpalevaaraa tai molempia, mutta jotka eivät ole massa-räjähdysvaarallisia. Tähän vaarallisuusluokkaan kuuluvat räjähteet, jotka  
(a) palaessaan aiheuttavat huomattavasti säteilylämpöä, tai

(b) palavat yksitellen aiheuttaen vähäistä räjähdys- tai sirpalevaaraa tai molempia

Räjähteiden yhteensopivuusryhmien määritelmät: C Ajoaineet tai muut humahtavat (deflagroivat) räjähteet.

RUUTI, SAVUTON:UN 0160, 0161, 0509

Aine, joka perustuu ajoaineena käytettävään nitroselluloosaan. Termi sisältää yksipohjaiset ajoaineet [nitroselluloosa (NC) yksinään], kaksipohjaiset ajoaineet [kuten NC ja nitroglyseroli (NG)] sekä kolmipohjaiset ajoaineet [kuten NC/NG/nitroguanidiini]. (United Nations 2022a, 114, 134)

Pakkauksessa on merkintä UN 4G/X26/S/YR/FIN/EESF04STF, jonka sisältö on esitelty kuviossa 2. Siinä oleva X-kirjain kertoo, että pakkaus on läpäissyt pakkausryhmien 1, 2 ja 3 mukaiset testit. Pakkausryhmän 1 testi on näistä vaativin ja se määrittelee, että pudotustestissä käytetään pudotuskorkeutena 1,8 metriä (United Nations 2022b, 307).



KUVIO 2. Pakkauksen merkintä, joka ilmaisee, että näin merkitty pakkaus vastaa tyyppihyväksytyä, testit läpäissyttä rakennetyyppejä ja täyttää määräykset

UN-sertifikaatissa kerrotaan, millaiset hyväksymistestit pakkaukselle on suoritettu. Tässä tapauksessa on suoritettu pudotuskoe ja pinoamiskoe. Näiden toteutustapa on määritelty vaarallisten aineiden kuljetusta säätelevässä määräyksessä ADR Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road Volume 2. Tästä määräyksestä on alle poimittu pahvilaatikoon pakattua savutonta ruutia koskevat kohdat (taulukko 2; taulukko 3).

Pudotuksessa tasapudotusta lukuun ottamatta painopisteen on oltava suoraan osamakohdan yläpuolella. Jos pudotuskokeessa on mahdollista käyttää useampaa kuin yhtä pudotustapaa, on käytettävä tapaa, joka todennäköisimmin aiheuttaa pakkauksen rikkoutumisen. (United Nations. 2022b, 305.)

TAULUKKO 2. Pudotuskoe pahvilaatikon (United Nations 2022b, 305, muokattu)

Pakkaus	Koekappaleiden lukumäärä	Pudotustapa
(b) Pahvilaatikon	Viisi (yksi jokaista pudotusta varten)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensimmäinen pudotus: tasapudotus pohja edellä</li> <li>- Toinen pudotus: tasapudotus yläpuoli edellä</li> <li>- Kolmas pudotus: tasapudotus pitkä sivu edellä</li> <li>- Neljäs pudotus: tasapudotus lyhyt sivu edellä</li> <li>- Viides pudotus: kulma edellä</li> </ul>

Kokeen hyväksyminen:

- Jos kiinteille aineille tarkoitettu pakkaus testataan pudotuskokeessa ja kansi törmää alustaan, katsotaan koekappaleen läpäisseen testin, jos sisältö pysyy sisäpakkauksessa tai sisäastiassa (esim. muovisäkissä) siinäkin tapauksessa, että suljin ei ole enää pölytiivis.
- Pakkaus tai ulkopakkaus yhdistetyssä pakkauksessa tai pakkausyhdistelmässä ei saa vahingoittua siten, että se heikentää kuljetusturvallisuutta.
- Sisäastioiden, sisäpakkauksen tai esineiden on pysyttävä kokonaan ulkopakkauksen sisällä, ja sisäastiasta/-astioista tai sisäpakkauksesta/-pakkauksista ei saa vuotaa täytösainetta.
- Ulkopakkaus tai säkin uloin kerros ei saa vahingoittua siten, että se heikentää kuljetusturvallisuutta. Pientä vuotoa sulkimista tai sulkimista pudotusiskun yhteydessä ei pidetä pakkauksen virheellisyytenä edellyttäen, että muita vuotoja ei esiinny.

- Luokan 1 aineille tarkoitetuissa pakkauksissa ei saa olla murtumaa, joka saattaisi mahdollistaa räjähteen ulospääsyn ulkopakkauksesta.  
(United Nations 2022b, 307.)

TAULUKKO 3. Tämän kyseisen projektin pakkauksen pinoamiskoe (United Nations 2022b, 309, muokattu)

Koekappaleiden lukumäärä	Koemenetelmä
Kahdeksan	Koekappaleen yläpintaa kuormitetaan voimalla, joka vastaa yhteismassaltaan kolleja, jotka voidaan pinota sen päälle kuljetuksen aikana. Pinoamiskorkeus koekappale mukaan lukien on oltava vähintään 3 metriä. Koekappaletta on kuormitettava 24 tunnin ajan.

Kokeen hyväksyminen:

Koekappaleiden on pysyttävä tiiviinä. Yhdistettyjen pakkausten taikka pakkausyhdistelmien sisäästioiden tai -pakkausten on pysyttävä tiiviinä. Koekappaleissa ei saa olla sellaisia vikoja, jotka voivat vaikuttaa kuljetuksen turvallisuuteen, tai muodonmuutoksia, jotka voivat alentaa sen lujuutta tai aiheuttaa epästabiilisuutta kollippi-  
noissa. (United Nations 2022b, 309.)

### 3.3 Punnituslaitteistoa koskevat säädökset

Ruudin pakkausvaiheessa annostellaan punnituslaitteistoa käyttäen oikea määrä ruutia kuhunkin pakkaukseen. Annostelun jälkeen pakkaus siirretään vielä tarkastusvaa'alle, jolla varmistetaan pakkauksessa olevan ruudin määrä. Ruuti las-  
kutetaan asiakkaalta painon perusteella, joten tarkastusvaa'an tulee olla kauppaliseen käyttöön tyyppihyväksytty ja varmennettu. Tarkastusvaakaa käytetään automaattisesti, joten vaa'an tulee täyttää automaattista vaakaa koskevat säädökset. Näitä on esitetty seuraavissa laissa, valtioneuvoston asetuksissa ja direktiiveissä:

- 707/2011 Mittauslaitelaki
- 1432/2016 VNa mittauslaitteiden olennaisista vaatimuksista, vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja teknisistä erityisvaatimuksista
- 2014/32/EU Mittauslaitedirektiivi

Alla on poimintoja automaattista vaakaa koskevista säädöksistä, jotka on huomioitava tässä kyseisessä pakkaamon automatisointiprojektissa.

2 § Lain soveltamisala: Tässä laissa säädetään mittauslaitteille ja -menetelmille asetettavista vaatimuksista ja niiden varmentamiseen liittyvistä toimenpiteistä, kun mittauslaitetta ja -menetelmää käytetään:

1) elinkeinotoiminnassa tuotteen tai palvelun hinnan taikka muun taloudellisen edun määrittämiseen mittaustulosten perusteella pois lukien laivojen lastaukseen ja lastin purkuun liittyvät mittausjärjestelmät. (Laki 707/2011)

Mittauslaitelaki koskee tämän projektin tarkastusvaakaa, koska vaa'alla varmistetaan, että pakkauksessa on ruutia asiakkaalta laskutettava määrä.

Mittauslaitteen käyttöönotto:

Mittauslaitetta ei saa ottaa käyttöön ennen kuin sen vaatimustenmukaisuus on osoitettu ja luotettavuus varmennettu.

Mittauslaitteen luotettavuuden varmentaminen ennen käyttöönottoa sisältää laitteen rakenteen ja toiminnantarkastamisen sekä mittaustulosten vertaamisen soveltuvalla tavalla suurimpiin sallittuihin virherajoihin.

Edellä 2 §:n 1 momentin 1 ja 2 kohdassa sekä 3 §:ssä tarkoitetun mittauslaitteen luotettavuuden varmentaa ennen käyttöönottoa ilmoitettu laitos tai tarkastuslaitos. Laitteen valmistaja voi varmentaa laitteen luotettavuuden, jos valmistajalla on siihen vaikutuksiltaan vastaava menettely, joka on ilmoitetun laitoksenhyväksymä ja valvoma. (Laki 707/2011)

Tarkastusvaaka on varmennettava ennen sen käyttöönottoa. Nammo Vihtavuori Oy:ssä vaakojen varmennuksessa käytetään Kiwa Inspecta Oy:tä, joka on ilmoitettu laitos. Valtioneuvoston asetuksessa 1432/2016 mittauslaitteiden olennaisista vaatimuksista, vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja teknisistä erityisvaatimuksista viitataan mittauslaitedirektiivin, jonka vaatimukset mittalaitteen tulee täyttää. Mittauslaitedirektiivissä on kerrottu hyvin yksityiskohtaisesti automaattisia vaakoja koskevat määräykset. Näitä ei ole tässä työssä tarkemmin esitelty.

## 4 RÄJÄHDETILOJEN TILALUOKAT

### 4.1 Räjähdetilojen tilaluokat

Räjähdetilalla tarkoitetaan tilaa, jossa valmistetaan tai varastoidaan räjähteitä. Nämä ovat räjähdysvaarallisia tiloja, joissa räjähdysvaarallisen ilmaseoksen aiheuttaa yksinomaan räjähdysaine. (Tukes n.d., 2.)

”Suomessa räjähdetilat jaetaan A- ja B-luokkaan. A-luokan tila on huone, sen osa tai muu rajoitettu tila, jossa räjähteen valmistus, käsittely tai varastointi voi aiheuttaa räjähteen pölyämisestä tai haihtumisesta johtuvan räjähdysvaaran” (SFS-käsikirja 604-2:2021, 327). ”Erityisen vaarallisia ovat aloiteräjähdysaineet, mustaruuti sekä eräät valo- ja paukkumassat” (Tukes n.d., 2).”

”B-luokan tila on huone, sen osa tai muu rajoitettu tila, jossa valmistetaan, käsitellään tai varastoidaan sellaisia tai siten pakattuja räjähteitä, ettei niiden pölyämisestä tai haihtumisesta aiheudu välitöntä räjähdysvaaraa” (SFS-käsikirja 604-2:2021, 327). ”Tällaisia tiloja ovat mm. varastot, joissa räjähteet on varastoitu tiiviisiin ja kestäviin pakkauksiin” (Tukes n.d., 2).

### 4.2 Räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokitus

Mikäli räjähdetilassa käsitellään tai varastoidaan räjähdysaineiden lisäksi muita aineita, joista voi muodostua räjähdysvaarallinen ilmaseos, niin tilaluokitus pitää tehdä myös räjähdysvaarallisten tilojen eli Ex-tilojen tilaluokituksen mukaisesti. Tällöin kaikkien tilassa käytettävien laitteiden tulee olla ATEX-säädösten mukaisia. Tilaluokkien määritelmät on esitetty kaasuille taulukossa 4 ja pölyille taulukossa 5.

TAULUKKO 4. Kaasu-ilmaseoksista johtuva tilaluokitus (Tukes 2017, 16)

TILALUOKKA	MÄÄRITELMÄ
<b>Tilaluokka 0</b>	Tila, jossa ilman ja kaasun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy <b>jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.</b>
<b>Tilaluokka 1</b>	Tila, jossa ilman ja kaasun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy <b>normaalitoiminnassa satunnaisesti.</b>
<b>Tilaluokka 2</b>	Tila, jossa ilman ja kaasun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen <b>normaalioloissa on epätodennäköistä ja se kestää vain lyhyen ajan.</b>

TAULUKKO 5. Pöly-ilmaseoksista johtuva tilaluokitus (Tukes 2017, 17)

TILALUOKKA	MÄÄRITELMÄ
<b>Tilaluokka 20</b>	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy <b>jatkuvasti, pitkäaikaisesti ja usein</b>
<b>Tilaluokka 21</b>	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy <b>normaalitoiminnassa satunnaisesti.</b>
<b>Tilaluokka 22</b>	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen <b>normaalioloissa on epätodennäköistä ja se kestää vain lyhyen ajan.</b>

Tilaluokituksen perusteella määräytyvät tiloissa olevien, sinne asennettavien tai sinne tilapäiseen käyttöön tuotavien laitteiden turvallisuusvaatimukset (Tukes 2017, 15).

### 4.3 Räjähdetilojen laitevalinta

Räjähdetilojen laitevalintaan liittyen ei ole laadittu yhteisiä eurooppalaisia EN-standardeja, joten jokaisessa EU-maassa käytetään omia kansallisia vaatimuksia. Suomessa räjähdetilojen sähköasennuksiin ja sähkölaitteiden valintaan on annettu vaatimuksia ohjeessa SFS-käsikirja 604-2:2021 Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 2: Sähköasennukset, tarkastus ja huolto, luku 3 Räjähdetilat. Ohje on rajattu koskemaan vain sähköstä aiheutuvia vaaroja.

Nammo Vihtavuori Oy:ssä räjähdetilojen laitevalintaan on laadittu oma sisäinen ohje, joka on esitetty tiivistettynä alla. Ohje perustuu aiemmin kappaleessa 3.1 tarkemmin esiteltyihin säädöksiin ja SFS-käsikirjassa 604-2:2021 annettuihin räjähdetilaa koskeviin ohjeisiin sekä yrityksessä turvallisiksi todettuihin käytäntöihin.

Laitteen suunnittelu ja riskianalyysi vaiheessa selvitetään, kuinka räjähdysaineita käsitellään laitteessa ja miten räjähdysaine tai sen aiheuttama pöly voi kulkeutua laitteessa. Sähkölaitteiden suojausluokan täytyy olla vähintään IP54 eli suojattu pölyltä ja roiskevedeltä. Myös mekaanisten laitteiden rakenteiden suunnittelussa tulee huomioida, ettei räjähdysaineen syttymisvaaraa aiheudu.

Laitteiden pintalämpötila ei saa ylittää 2/3 räjähdysaineen humahduslämpötilasta. Humahduslämpötila tulee selvittää räjähdysaineen ominaisuuksista. Savuttoman ruudin humahduslämpötila on 170 °C, joten pintalämpötilaraja on 113 °C. Tehoa käytävissä laitteissa lämpötilan on oltava valvottu ja mikäli lämpötilaraja saavutetaan, niin tehon syöttö on katkaistava.

Staattisen sähkön aiheuttamat riskit tulee selvittää suunnittelun aikana sekä riskianalyyseissä.

- Laitteen rakentamisessa ei saa käyttää eristäviä aineita
- Materiaalin pinta- ja tilavuusresistiivisyys saa olla enintään 1 GΩ
- Laitteen johtavat osat, jotka ovat suurempia kuin 50x50 mm on yhdistettävä potentiaalilin tasaukseen
- Laitteen rakentamisvaiheessa tulee mittauksin todentaa, että osat ovat maadoitettuja
- Pneumatiikkaputkina käytetään varausta poistavaa putkea
- Läpinäkyvät ikkunat sekä suojat tulee olla varausta poistavaa materiaalia

Laitteiden materiaalit tulee valita siten, että mahdollisissa törmäystilanteissa ei synny kipinöintiä. Laitteiden osat tulee olla kiinnitettynä varmallalla tavalla, jotta tuotteen sekaan ei päädy vierasesineitä, jotka voivat toimia syttymislähteinä.

Tehoa käyttäviä laitteita koskevia vaatimuksia:

#### Moottorit

- Moottorit on varustettava termistorilla tai muulla lämpötilavalvonnalla. Teholtaan yli 55 kW moottoreissa on oltava lisäksi pintalämpötilamittaus.

#### Valaisimet

- Mikäli räjähdysainetta tai -pölyä ei esiinny, valaisimessa tulee olla D- hyväksyntä palovaaralliseen tilaan.
- D-luokitellussa valaisimessa pintalämpötila on maksimissa 90 °C, mikäli räjähdysaineen pintalämpötilavaatimus on alle 90 °C, tulee käyttää hyväksyttyä ATEX-valaisinta
- Mikäli räjähdysainetta tai -pölyä esiintyy, tulee valaisimen olla ATEX-hyväksytty

#### Magneettiventtiilit

- Magneettiventtiilit sijoitetaan erilliseen koteloon tai mikäli magneettiventtiileitä ei koteloida, niin täytyy niiden kelat olla Ex-hyväksytyjä

#### Muut tehoa käyttävät laitteet (esim. vaakapääte)

- Mikäli räjähdysainetta tai -pölyä ei esiinny, laitteen tulee olla vähintään IP54
- Mikäli räjähdysainetta tai -pölyä esiintyy, tulee laitteen olla ATEX-hyväksytty

## 4.4 Räjähdetilojen sähköasennukset

Räjähdetilat ovat standardin SFS 6000-4-42 mukaisia palovaarallisia tiloja ja niiden sähköasennuksissa pitää noudattaa standardisarjan SFS 6000 pienjännitesähköasennukset vaatimuksia. Lisäksi on noudatettava SFS-käsikirjassa 604-2:2021 annettuja räjähdetilaa koskevia ohjeita ja siinä erikseen mainituissa tapauksissa standardin SFS-EN 60079-14 räjähdysvaaralliset tilat vaatimuksia. SFS-käsikirjassa 604-2:2021 räjähdetiloja koskevassa luvussa 3 on annettu ohjeita mm. seuraaviin:

- Räjähdetilojen tilaluokitus

- Sähköasennusten perusvaatimukset
- Sähkölaitteiden valinta
- Sähkölaitteiden ja piirien suojaus
- Maadoitus ja potentiaalintasaus
- Ylijännitesuojaus ja salamasuojaus
- Johtojärjestelmät
- Dokumentointi

(SFS-käsikirja 604-2:2021, 327–330.)

## 5 PAKKAAMON TYÖVAIHEET JA NYKYTILA

### 5.1 Toiminnan kuvaus

IP-pakkauksessa ruuti pakataan pahvilaatikon sisälle asetettuun antistaattiseen muovipussiin. Pakkaamisen työvaiheet koostuvat kahdeksasta päävaiheesta, jotka ovat suoritusjärjestyksessään:

- Laatikon muodostus: Pahvilaatikat toimitetaan pakkaamolle pinoissa, joissa laatikot ovat kokoon taitettuina. Laatikon sisämitat ovat leveys 305 mm, pituus 275 mm ja korkeus 380 mm. Laatikon muodostuksessa laatikko taitellaan auki ja sen pohja suljetaan sekä teipataan kiinni.
- Muovipussin asettelu laatikkoon: Muovipussi asetellaan laatikkoon mahdollisimman seinämiä myötäillen ja muovipussin helmat taitetaan laatikon ulkopuolelle.
- Ruudin annostelu: Annostelulaite syöttää ruutia ylhäältäpäin muovipussilla varustettuun laatikkoon. Laatikko on vaa'an päällä ja kun annosmäärä saavuttaa asetusarvon, niin syöttö lopetetaan.
- Pussin suljenta: Annostelun jälkeen pussin helmat nostetaan ylös ja puristetaan yhteen samalla ilmaa pussin sisältä poistaen. Kun ilma on poistunut riittävästi, niin pussin suu suljetaan nippusiteellä.
- Laatikon suljenta: Laatikon kansi taitellaan kiinni ja keskisauma teipataan.
- Etiketöinti: Etikettitarra irrotetaan tarrapohjasta ja liimataan oikeaan kohtaan laatikon kylkeä.
- Etiketin luenta: Etikettitarrassa oleva viivakoodi luetaan viivakoodin lukijalla ennen laatikon siirtämistä kuljetuskonttiin. Tämän perusteella muodostuu tieto kontin sisällöstä.
- Laatikoiden lavaus: Laatikot lavataan kuljetuskonttiin kuljetusta varten. Konttiin laitetaan kyseisen tuotteen pakkausohjeen mukainen määrä laatikoita. Kuljetuskontti koostuu pohjana olevasta umpinaisesta vanerisesta kuormalavasta sekä vanerisista sivuseinistä ja kannesta. Lavauksen aikana kuljetuskontissa on paikallaan sivuseinät vain kolmella sivulla, mikä helpottaa lavauksen tekemistä. Lavauksen valmistuttua kiinnitetään neljäs sivuseinä ja kansi. Lopuksi kuljetuskontti vanteutetaan teräsvanteilla.

## 5.2 Pakkaamon nykytila

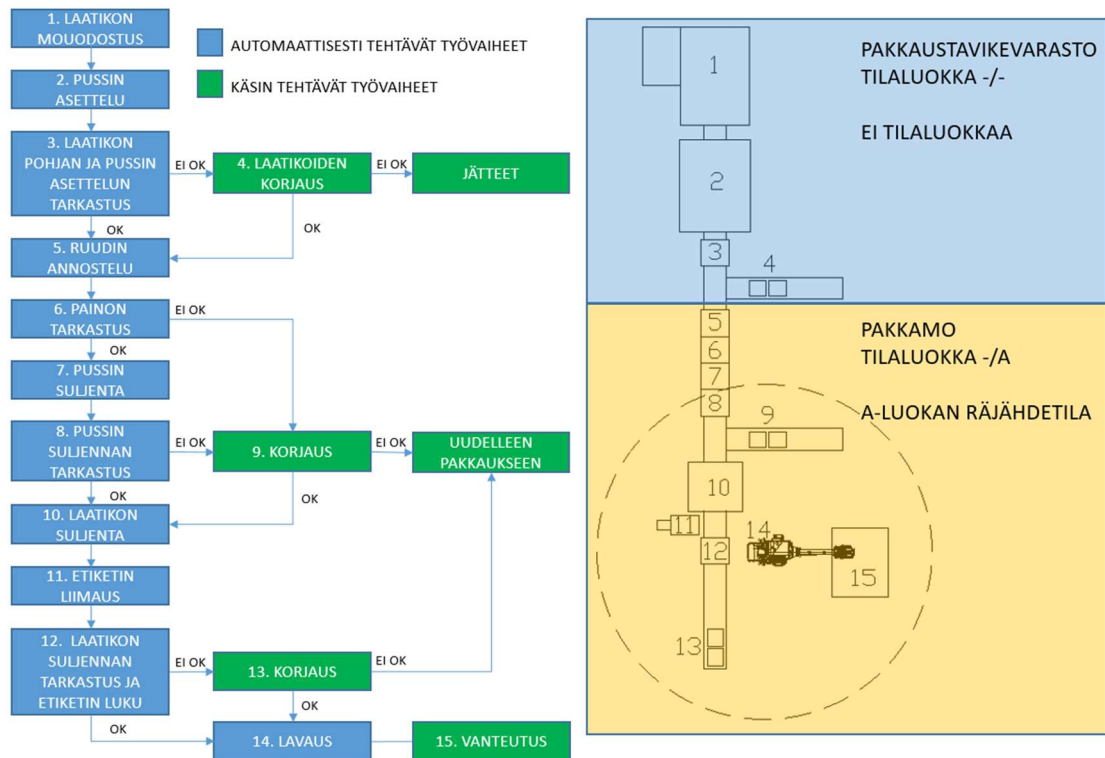
Tällä hetkellä IP-pakkaamon työvaiheet suoritetaan suurimmaksi osaksi käsi-työnä, vain ruudinannostelu toimii puoliautomaattisesti. Työ on fyysisesti raskasta, koska painavin käsin pakattava pahvilaatikko painaa enimmillään 26 kg. Työergonomiaa on parannettu erilaisten apulasojen avulla, mutta silti työ sisältää raskaita nostoja. Tilan mataluuden vuoksi kunnollisten nostoapuvälineiden sijoittaminen tilaan on hankalaa. Ruudin annostelun aikana ilmaan leviää pieniä määriä grafiittia ja ruutia sisältävää pölyä, joka heikentää työolosuhteita. IP-pakkauksessa työskentelee kolme työntekijää vuoroa kohden.

## 6 SUUNNITELMA PAKKAAMON TYÖVAIHEIDEN AUTOMATISOINNISTA

### 6.1 Automatisointiasteen määrittely

Tavoitteena pakkaamon automatisoinnissa on vähentää työn fyysistä kuormittavuutta ja lisätä pakkauskapasiteettia. Lisäksi tavoitteena on, että pakkaamosta vapautuisi henkilöstöresursseja tehtaan muihin työtehtäviin. Pakkaamotiloja ei automatisoinnin yhteydessä uusita. Automatisointiastetta rajoittavia tekijöitä on pakkaamotilan ahtaus ja se että lattiatilaa tarvitsee varata linjalla jatkossakin käsin pakattaville tuotteille. Käsin pakattavaksi jää pakkauskokoja, joita pakataan harvoin ja joiden pakkaaminen on nopeaa. Lisätilaa laitteille saadaan pakkaamuhuoneen vieressä olevasta pakkaustarvikevarastosta, jossa voidaan suorittaa ennen ruudin annostelua tehtäviä työvaiheita.

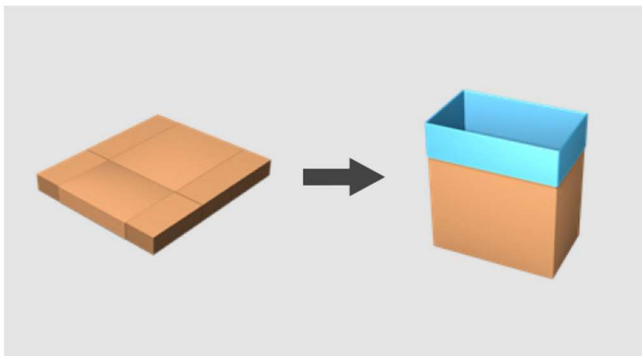
Pakkauslinjalla on turvallisuussyistä oltava aina vähintään yksi työntekijä valvomassa toimintaa, joten osa työvaiheista voidaan jättää käsin tehtäviksi. Tämän perusteella automatisoitaviksi työvaiheiksi valittiin laatikon muodostus, pussin asettelu, ruudin annostelu, pussin suljenta, laatikon suljenta, etiketöinti ja tarkastukset (kuvio 3). Käsin tehtäviksi työvaiheiksi jää tarkastuksissa hylättyjen pakkausten korjaaminen, kuljetuskonttien siirto ja vanteutus.



KUVIO 3. Suunnitelma automatisoitavista työvaiheista

## 6.2 Laatikon muodostus ja pussin asettelu laatikkoon

Laatikon muodostukseen ja pussin asetteluun laatikkoon on saatavilla yhdistelmälaitteita, jotka tekevät molemmat työvaiheet. Näissä laatikkoaihiot asetetaan koneen syöttöradalle, josta ne menevät koneen sisälle. Koneen sisällä tapahtuvien useiden työvaiheiden jälkeen purkuradalle tulee kokoon taiteltu laatikko, jonka pohja on teipattu kiinni ja muovipussi on tiiviisti laatikon sisällä (kuvio 4). Tässä on esitelty Pattyn Ceflex-41 koneen toimintaa (kuva 2).



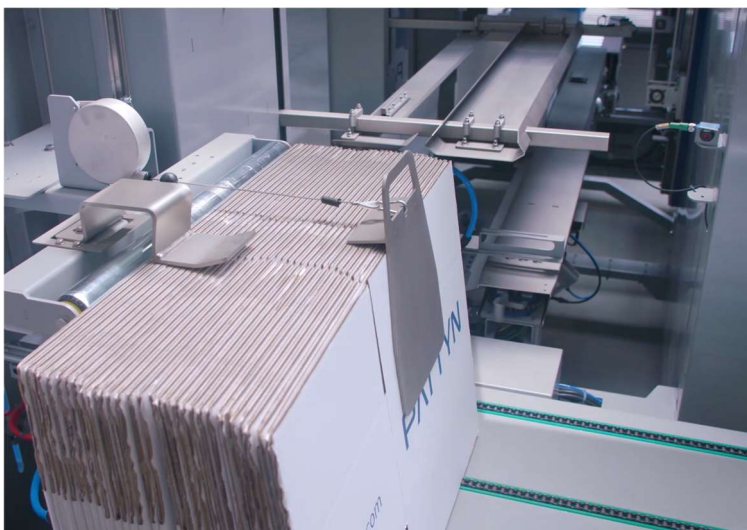
KUVIO 4. Laatikon muodostus ja pussin asettelu (Pattyn n.d., 1)



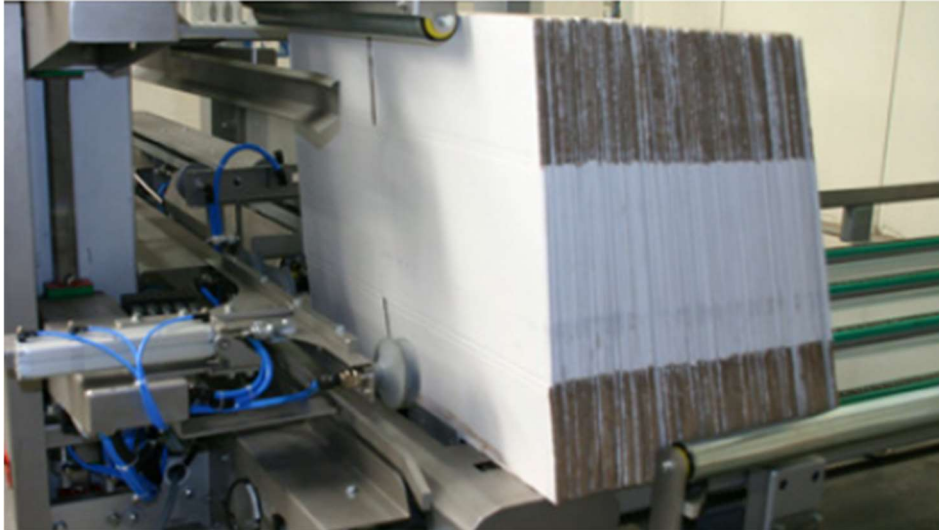
KUVA 2. Laatikon muodostaja pussin asettelulla Pattyn Ceflex-41 (Pattyn n.d.)

### 6.2.1 Laatikkoaihioiden syöttö ja erottelu

Syöttörata syöttää kokoon taitetut laatikkoaihiot koneen sisälle. Tässä kyseisessä Pattyn Ceflex-41 koneessa on syöttörata toteutettu sähkömoottorikäyttöisellä ketjukuljettimella ja lisäksi laatikkoaihionipun yläreunaa tuetaan kevennyslaitteeseen yhdistetyllä tuella (kuva 3). Erottelija poimii laatikkoaihionipusta yksittäisen aihion auki taiteltavaksi (kuva 4). Siinä on imukuppitarttuja, jonka avulla laatikkoaihio nostetaan syöttöradan pysäyttimen yli auki taitteluun menevälle kuljettimelle.



KUVA 3. Laatikon muodostajan syöttörata. (Pattyn 2020)



KUVA 4. Laatikon muodostajan syöttöradan erottelija (Pattyn 2020)

### 6.2.2 Laatikkoaihion aukitaittelija ja pohjan sulkija

Auki taittelussa laatikon sivut avataan muotoonsa. Sivuihin tartutaan imukuppi-tarttujilla ja paineilmakäyttöisillä vipuvarsilla, jotka kääntävät ne auki asentoon (kuva 5). Auki taittelun jälkeen kuljetin siirtää laatikon pohjan suljentaan, jossa pohjan sivut taitellaan ohjauspelleillä kiinni ja keskisauma teipataan pakkausteipillä (kuva 6). Teipin ylitys laatikon sivulle on vakiona noin 60 mm, mutta ylitystä voidaan tarvittaessa lisätä tässä sovelluksessa vaadittavaan sataan millimetriin.



KUVA 5. Laatikon muodostajan laatikon aukitaittelija (Pattyn 2020)



KUVA 6. Laatikon muodostajan pohjan sulkija (Pattyn 2020)

### 6.2.3 Pussin asettelija ja purkurata

Laatikon pohjan teippausvaiheen aikana laatikon sisälle asetellaan muovipussi. Pussit ovat rullalla koneen yläosassa, josta pussin asettelija repäisee pussin irti ja samalla aukaisee sen (kuva 7). Pussin asettelija tarttuu pussiin sormi tyypisellä tarttujalla ja irti repäisyn jälkeen pussin sisälle puhalletaan ilmaa, joka pulauttaa sen muotoonsa. Tämän jälkeen pussin sisään käännetään paineilmatoimitet ohjaimet. Tarttujat ja ohjaimet ovat kiinnitetty runkoon, jota siirretään pystysuunnassa servomootorilla, jonka avulla pussi asetetaan laatikon sisälle. Lopuksi ohjaimet taittavat pussin suun laatikon laidan yli (kuva 8). Pussin asettelun jälkeen purkurata siirtää laatikon pois koneen sisältä ja se on valmis käytettäväksi seuraavassa pakkauksen työvaiheessa (kuva 9). Pattyn Ceflex-41 pystyy muodostamaan, laatikon koosta riippuen, enimmillään 12 laatikkoa minuutissa (Pattyn n.d., 2).



KUVA 7. Laatikon muodostajan pussin asettelija (Pattyn 2020)



KUVA 8. Laatikon muodostajan pussin asettelija (Pattyn 2020)



KUVA 9. Laatikon muodostajan purkurata (Pattyn 2020)

### 6.3 Ruudin annostelija

Ruudin annostelija syöttää tärykuljettimien avulla ruutia muovisella sisäpussilla varustettuun vaa'an päällä olevaan laatikkoon (kuva 10). Annostelijan sisällä on virtauksen hidastus- ja sulkuläppä. Hidastusläppä ohjataan päälle, kun annosmäärä on lähellä asetusarvoa ja kun pysäytysraja saavutetaan, niin tärykuljetin pysäytetään ja sulkuläppä suljetaan. Annostelija on kytketty pölynpoistojärjestelmään, jolla estetään ruutipölyn leviämistä pakkaamon alueelle.

Annostelija on nykyisessä käsipakkauslinjassa olemassa oleva laite ja se on tarkoitus hyödyntää automatisoidussa linjassa. Annostelijaa tarvitsee muuttaa siten, että se voidaan kytkeä automaattisen linjan ohjausjärjestelmään. Tällä hetkellä sitä käytetään pelkästään käsipainikkein. Lisäksi annostelijan tärykuljettimen nopeudensäätö pitää muuttaa käsikäyttöisestä automaattiseksi. Pölynpoistoa tulee myös parantaa huuvaratkaisulla, jotta pölyn leviämistä saadaan vähennettyä.



KUVA 10. Ruudin annostelija (Nammo Vihtavuori Oy 2022)

#### 6.4 Tarkastusvaaka

Annostelun jälkeen pakkaus siirretään tarkastusvaa'alle, jolla varmistetaan annostelun oikeellisuus. Ruuti laskutetaan asiakkaalta painon perusteella, joten tarkastusvaa'an tulee olla kaupalliseen käyttöön tyyppihyväksyty ja varmennettu. Tarkastusvaakaa käytetään automaattisesti, joten vaa'an tulee täyttää automaattista vaakaa koskevat säädökset. Tässä on esitelty Radwag DWT/RC SY automaattisen tarkastusvaa'an ominaisuuksia (kuva 11).



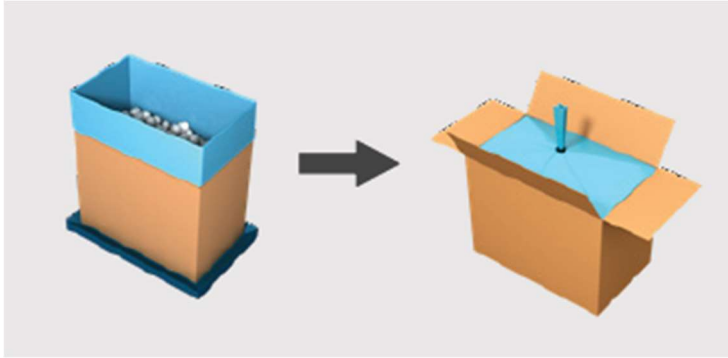
KUVA 11. Radwag DWT/RC SY automaattinen tarkastusvaaka (Radwag 2023)

### **Vaa'an ominaisuudet**

Radwag DWT/RC SY on tarkastusvaaka, joka on tarkoitettu automaattiseen punnitukseen käyttöön. Sillä on 2014/32/EU mittauslaitedirektiivin mukainen tyyppihyväksyntä, joten se soveltuu käytettäväksi tässä sovelluksessa. Vaa'an luotettavuus on kuitenkin vielä varmennettava sen paikalleen asennuksen jälkeen, jotta sitä voidaan käyttää kaupallisessa käytössä. Varmennuksen voi suorittaa Tukesin hyväksymä tarkastuslaitos esimerkiksi Kiwa Inspecta Oy. Laitteessa on hihnakuljettin, jolla punnittavat kappaleet ajetaan yksitellen sen läpi. Tuotteen punnitus tapahtuu vauhdissa ja tulokset tallentuvat eräkohtaisesti tarkastusvaa'an ohjausjärjestelmän tietokantaan. Vaaka pystyy punnitsemaan enimmillään 50 kappaletta minuutissa. Tarkastusvaaka kertoo kättelysignaalien kautta linjan ohjaukselle, jos tuotteen paino ei ole toleranssin sisällä. Tämän tiedon perusteella väärän painoiset tuotteet ohjataan korjattaviksi. (Radwag 2023.)

### **6.5 Pussin suljentalaitte**

Pussin suljentalaitte sulkee pahvilaatikon sisällä olevan pussin annostelun jälkeen. Annosteluvaiheen jälkeen laatikko siirretään kuljetinradalla pussinsuljentalaitteen syöttökuljettimelle, joka siirtää laatikon laitteen sisälle. Pussi suljetaan tiiviisti nippusiteellä ja lopuksi kuljetin siirtää laatikon ulos koneesta (kuvio 5). Tässä on esitelty Pattyn DTW-21-HE koneen toimintaa (kuvio 6).



KUVIO 5. Pussin suljenta (Pattyn 2021, 1)



KUVIO 6. Pussin suljentalaite (Pattyn 2021, 1)

### 6.5.1 Kuljetin ja laatikon paikoitus

Koneen läpi kulkee hihnakuuljetin, joka siirtää laatikon sidontakohtaan ja sen jälkeen ulos koneesta. Laatikko pysäytetään pussin suljentakohtaan paineilmatoisella pysäyttimellä. Radan alta ohjataan ylös pysäytin, joka pysäyttää laatikon radan kulkusuunnassa. Tämän jälkeen radan sivusta painetaan paineilmasylinterillä ohjain laatikon kylkeen, jolla paikoitetaan sivuttaissuunta (kuva 12).



KUVA 12. Laatikon paikoituksen pysäytin ja sivuohjain (Pattyn 2020)

### 6.5.2 Pussin suljenta

Paikoitetun laatikon sisällä olevan pussin reunat nostetaan ylös laatikon kulmiin käännettävillä alipainetarttujilla (kuva 13 ja 14). Pussin suun noston jälkeen laatikon kansi avataan täysin auki asentoon paineilmatoimisilla painimilla (kuva 15). Tämä mahdollistaa pussin suljennan aivan laatikon sivujen yläpinnan korkeudelta. Pussin suu puristetaan nippuun, jonka jälkeen nippusiteen kiinnityslaite ohjataan pussin suun ympärille ja laite sulkee pussin tiiviisti nippusiteellä (kuva 16). Pussin suun nippuun puristuksen yhteydessä on mahdollista, että pussin sisältä poistuvan ilman mukana vapautuu ilmaan ruutipölyä. Tämän vuoksi laite on varustettava tehokkaalla pölynpoistojärjestelmällä.

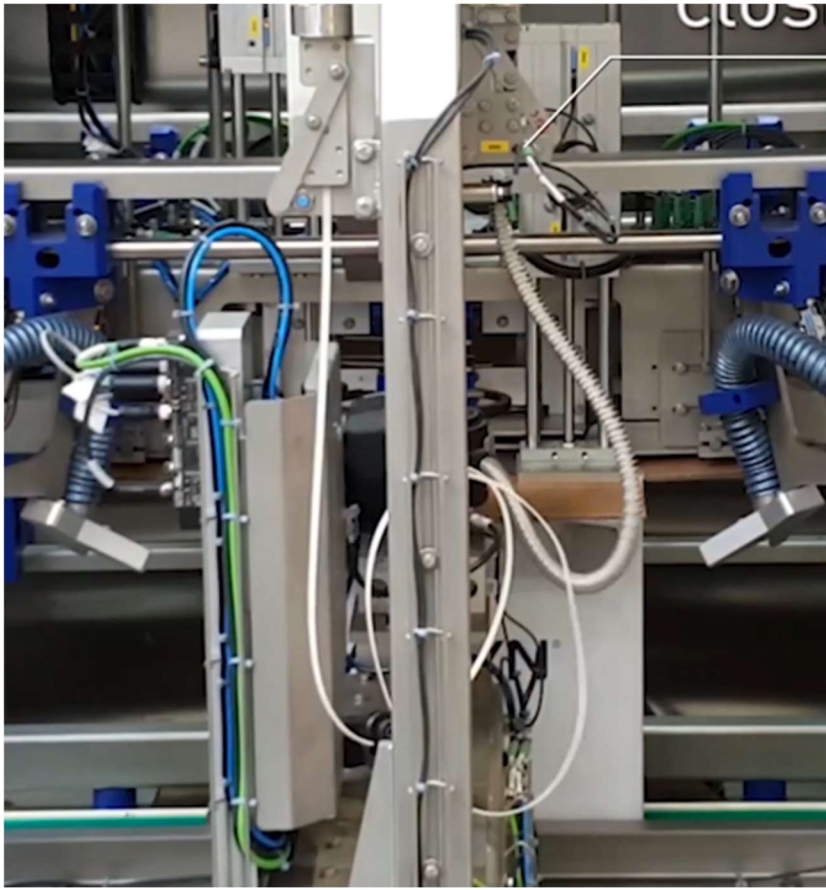
Laitteeseen on integroitu HellermannTyton ATS3800 automaattinen nippusiteiden kiinnityslaite, joka muodostaa nippusiteen rullalla olevista lukko-osista ja sidontanauhasta (kuva 17 ja 18). Lukko-osia on rullassa 5000 kappaletta ja sidontanauhaa 500 metriä. Pattyn DTW-21-HE pussin suljentalaitte pystyy sulkemaan 4 pussia minuutissa (Pattyn 2021, 1).



KUVA 13. Pussin suljennan alipainetarttuajat ala-asennossa (Pattyn 2020)



KUVA 14. Pussin suljennan alipainetarttuajat yläasennossa (Pattyn 2020)



KUVA 15. Pussin suljenta, laatikon kansi täysin avattuna ja pussin suu nippuun puristettuna (Pattyn 2020)



KUVA 16. Pussin suljenta tehty (Pattyn 2020)



KUVA 17. HellermanTyton ATS3080 automaattinen nippusiteen kiinnityslaite (HellermanTyton 2023)



KUVA 18. HellermanTyton ATS3080 automaattinen nippusiteen kiinnityslaite penkkiasennussarjaan liitettynä, sidontanauha ja lukko-osat (HellermanTyton 2023, muokattu)

## 6.6 Laatikonsulkija

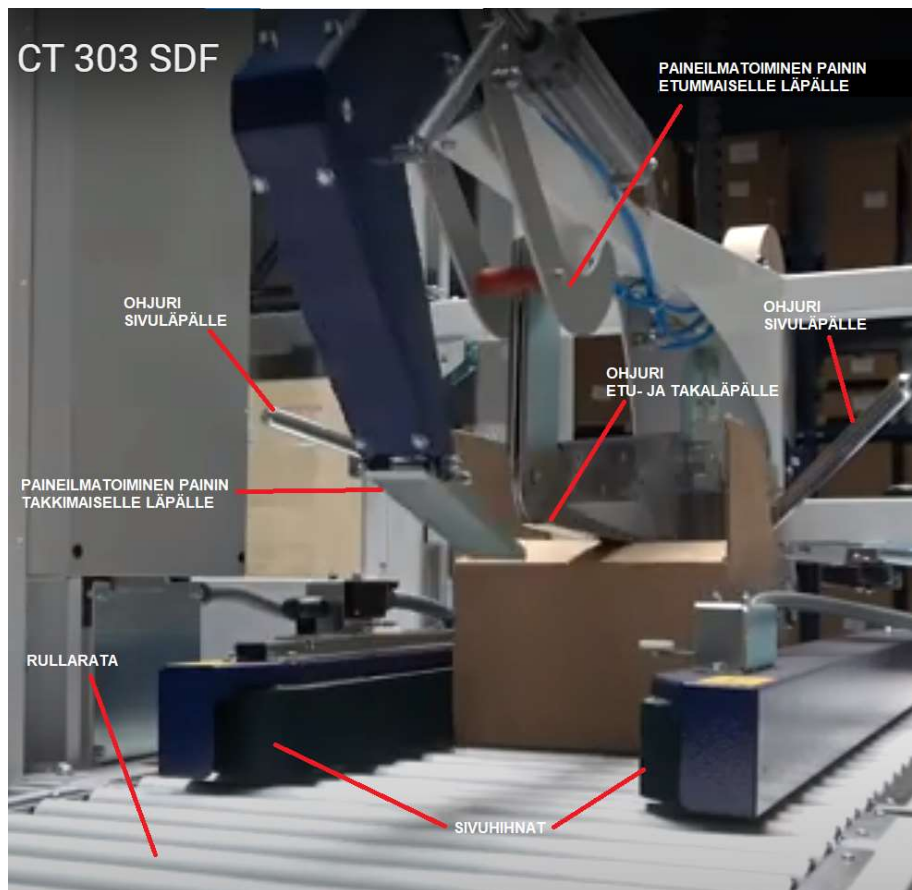
Pussinsuljennan jälkeen laatikko siirretään laatikon suljentaan. Laatikonsulkija taittaa laatikon kansiläpät kiinni ja liimaa keskisaumaan teipin. Tässä on esitelty Cyklop CT 303 SDF koneen toimintaa (kuva 19).



KUVA 19. Cyklop CT 303 SDF automaattinen laatikonsulkija (Cyklop 2022)

### 6.6.1 Kuljetin ja kansiläppien suljenta

Laatikko kuljetetaan suljentalaitteen läpi moottoroiduilla sivuhihnoilla. Sivuhihnat säädetään siten, että ne ottavat sopivan tiukasti kiinni laatikon sivuihin. Laatikon pohja on vapaasti pyörivää rullarataa vasten. Kansiläpät suljetaan laatikon yläpuolella olevilla kiinteillä ohjureilla ja lisäksi etummaisesta ja takimmaisesta läpän suljennassa käytetään apuna paineilmatoimisia painimia (kuva 20).



KUVA 20. Cyklop CT 303 SDF automaattinen laatikonsulkija, kansiläppien suljenta (Cyklop 2022, muokattu)

### 6.6.2 Kannen teippaus

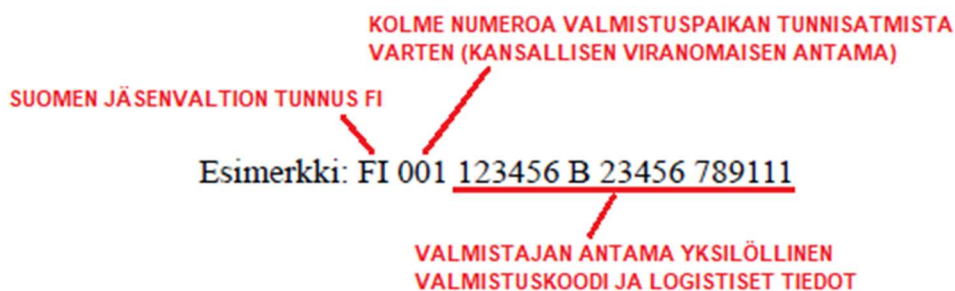
Suljentalitteessa on teippauslaite, joka liimaa pakkausteipin laatikon kannen keskisaumaan (kuva 21). Teippinä voidaan käyttää 50 mm tai optiona 75 mm leveää PP- tai PVC-teippiä. Teipin tyyppi pitää valita siten, että se kestää hyvin erilaisissa olosuhteissa ja sopii käytettäväksi automaattisessa teippauskooneessa. VAK-määräyksessä kerrotaan, että jos pahvilaatikon sulkemisessa käytetään liimausta tai teippiä, on liiman oltava vedenkestävää (United Nations 2022b, 297). Cyklop CT 303 SDF laatikonsulkija pystyy sulkemaan, laatikon koosta riippuen, enimmillään 23 laatikkoa minuutissa (Cyklop 2022, 2).



KUVA 21, Cyklop CT 303 SDF automaattinen laatikonsulkija, kannen teippaus (Cyklop 2022)

## 6.7 Etiketöinti

Laatikon kylkeen liimataan tarraetiketti, jossa on valmistajan nimi, tuotteen nimi, tuotenumero, eränumero, laatikon numero, pakkauspäivämäärä, brutto- ja nettopainot. Lisäksi etiketissä on yksilöllinen aakkosnumeerinen koodi ja saman tiedon sisältävä viivakoodi, jonka sisältö on määritelty valtioneuvoston asetuksessa räjähteiden vaatimustenmukaisuudesta 1440/2016 (kuvio 7). Etiketin koko on 148 x 210 mm (A5). Tässä on esitelty Zebra ZE521 etikettitulostimen ja sen kanssa yhteensopivan Ventus 620 etiketöintilaitteen ominaisuuksia.



KUVIO 7. Esimerkki VNa 1440/2016 mukaisesta räjähteen yksilöllisestä aakkosnumeerisesta koodista

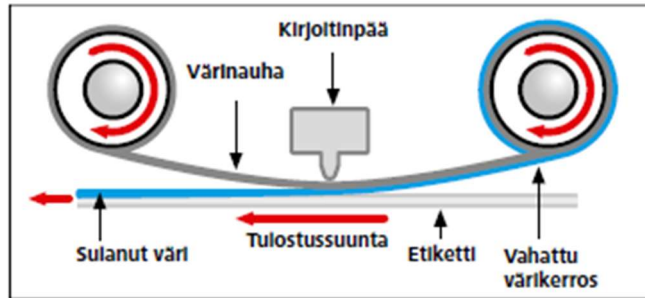
### 6.7.1 Etiketin tulostus

Zebra ZE521 etikettitulostin käyttää tulostustekniikkana suoralämpötulostusta ja lämpösiirtotulostusta (kuva 22). Tässä sovelluksessa käytetään lämpösiirtotulostusta, koska sillä saavutetaan kestävämpi tulostusjälki verrattuna suoralämpötulostukseen. Tulostimen tulostustarkkuus on 12 pistettä millimetrille eli 300 dpi ja maksimi tulostusleveys on 168 mm (Zebra 2023).

Lämpösiirtokirjoittimen toiminta perustuu kirjoitinpään lämmittämiseen, jonka jälkeen tulostusjälki siirtyy värinauhasta tulostettavaan materiaaliin (kuvio 8). Lämpösiirtotulostuksella saadaan aikaan selkeä tulostusjälki, joka kestää vaihtelevia olosuhteita ja mekaanista rasitusta. (HellermanTyton 2023, 445.)



KUVA 22. Zebra ZE521 etikettitulostin. (Zebra 2021)



KUVIO 8. Lämpösiirtotulostuksen toimintaperiaate (HellermanTyton 2023, 445)

### 6.7.2 Tarraetiketin liimaus

Ventus 620 on etikettitulostimeen liitettäväksi tarkoitettu etiketöintilaitte ja se on yhteensopiva Zebra ZE521 tulostimen kanssa (kuva 23). Sillä voidaan kiinnittää etiketti laatikon sivuun tai päälle. Etiketti kiinnitetään laatikkoon paineilmasylinterillä käytettävällä kiinnityspäällä. Etiketti irrotetaan tarranauhapohjasta taittamalla jyrkästi tarranauhaa, jonka jälkeen kiinnityspää ottaa etiketin liimattomalta puolelta kiinni alipaineella (kuva 24). Oikealla hetkellä kiinnityspää ohjataan kiinni laatikon sivuun ja tarraetiketti kiinnittyy siihen. Tällä etiketöintilaitteella voidaan kiinnittää maksimissaan 148 x 210 mm (A5) kokoinen etiketti ja sen nopeus on maksimissaan 60 etikettiä minuutissa (Klinger 2016, 2).



KUVA 23. Ventus 620 etiketöintilaitte (Klinter 2016)



KUVA 24. Ventus 620 etiketöintilaitteen kiinnityspää (Klinter 2016, muokattu)

## 6.8 Lavaus

Laatikoiden lavauksessa voidaan käyttää teollisuusrobottia, joka varustetaan laatikoille sopivalla tarttujalla. Laatikot lavataan kuljetuskonttiin, jossa on lavauksen aikana paikallaan sivuseinät kolmella sivulla (kuva 25). Robotti on valittava siten että se pystyy käsittelemään 30 kg:n painoisen laatikon ja yltää lavaamaan sen

kuljetuskonttiin. Lisäksi valinnassa on huomioitava robotin antistaattisuus, IP-suojausluokka ja puhdistettavuus ruutipölystä. Tässä on esitelty Stäubli TX200L robotin ominaisuuksia.



KUVA 25. Vanteutettu kuljetuskontti (Nammo Vihtavuori Oy 2022)

### 6.8.1 Lavausrobotti

Stäubli TX200L on 6-akselinen teollisuusrobotti, jota voidaan käyttää monissa eri sovelluksissa (kuva 26). Se soveltuu hyvin tähän kyseiseen lavaussovellukseen, koska sen runko on tiiveysluokaltaan IP65 eli se on pölytiivis ja suojattu vesisuihkulta. Robotin ranteen tiiveysluokka on IP67 eli se on pölytiivis ja kestää lyhyt aikaista upotusta veteen. Se on saatavissa paineistettavana versiona, jossa runko voidaan paineistaa paineilmalla, joka vielä varmentaa pölysuojauksia.

Servomoottorit ja kaapelit ovat asennettu rungon sisälle, joka tekee pinnoista siileä sekä helposti puhdistettavat. Lisäksi se on saatavana ESD-suojattuna versiona, joka estää robotin varautumisen ja staattisesta sähköstä aiheutuvan kipinöinnin. Robotin nostokyky on 80 kg ja ulottuvuus 2594 mm. Laatikot lavataan aina samalla lavauskuviolla, joten robotin ohjelmoinnin kannalta tämä sovellus on selkeä toteuttaa. (Stäubli 2023, 2.)



KUVA 26. Staubli TX200 teollisuusrobotti (Staubli 2023)

### 6.8.2 Tarttuja

Tarttujan suunnittelu on yksi eniten robottisovelluksen toimintaan vaikuttavista tekijöistä. Ruudinpakkaussovelluksessa täytyy erityistä huomiota kiinnittää turvallisuuteen, jonka vuoksi laatikko ei saa tippua tarttujasta, vaikka paineilman syöttö katkeaisi. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi tarttujalla, jossa on laatikon pohjan alle tulevat tuet. Ne ohjataan tartuntavaiheessa laatikon alle ja irrotusvaiheessa takaisin auki asentoon (kuva 27 ja 28). Tarttujan suunnittelussa on myös huomioitava, että kaikki sen osat on kiinnitetty varmallalla tavalla. Irronneet osat voivat aiheuttaa tuotteen sekaan joutuessaan vierasesineenä syttymisriskin ruudin jatkokäsittelyprosessissa.



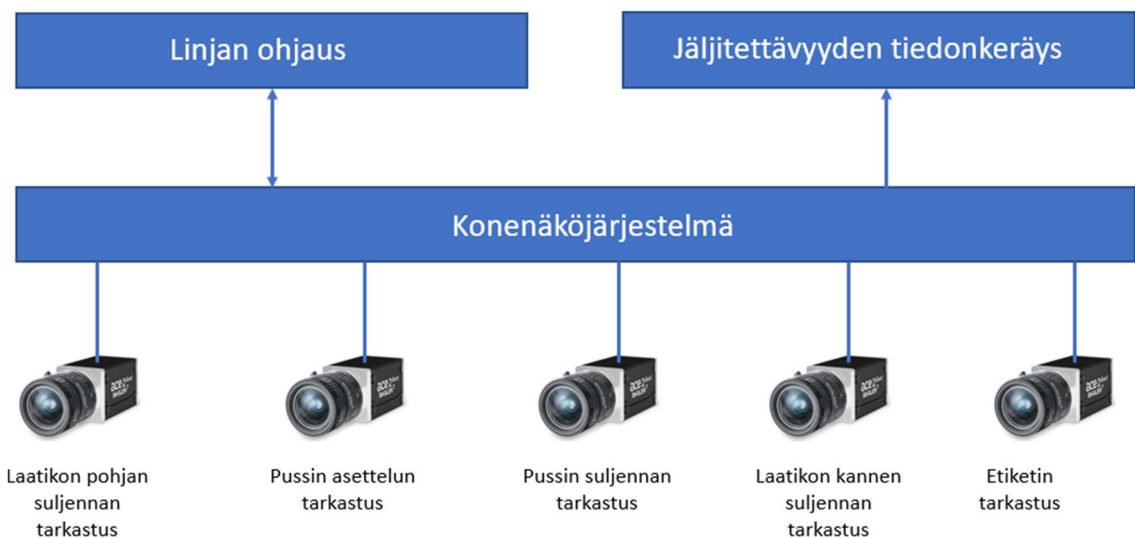
KUVA 27. Laatikon pohjan tuennalla varustettu laatikkotarttuja auki asennossa (Siviko 2022)



KUVA 28. Laatikon pohjan tuennalla varustettu laatikkotarttuja kiinni asennossa (Siviko 2022)

## 6.9 Konenäkötarkastukset

Pakkauslinjan turvallisen toiminnan kannalta on tärkeää, että konenäöllä tarkastetaan pussin asettelu laatikkoon sekä laatikon ja pussin suljenta (kuvio 9). Mikäli näissä tarkastuksissa huomataan poikkeama, niin kyseinen laatikko ohjataan korjauspaikalle. Korjauspaikassa käyttäjä käsin korjaa pakkauksen tai poistaa sen jätteisiin. Näiden lisäksi konenäköä käytetään laatikkoon liimatun etiketin luokun ja tarkastukseen. Etiketistä tarkastetaan, että viivakoodi ja saman sisältöinen aakkosnumeerinen koodi ovat luettavissa. Mikäli etiketissä huomataan virhe, niin laatikko siirretään korjauspaikalle.



KUVIO 9. Konenäköjärjestelmän rakenne

### 6.9.1 Laatikon suljennan tarkastus

Laatikon pohjan suljenta pitää tarkistaa heti laatikon muodostuksen jälkeen. Kamerajärjestelmä valitaan siten, että se pystyy erottamaan pohjan suljennassa käytetyn kirkkaan pakkausteipin ruskeasta laatikosta ja laatikon pohjan ja sivun välisen raon. Kameralla tarkistetaan, että teipin ylitys sivulle on vähintään UN-sertifikaatissa vaadittu 100 mm (kuva 29). Lisäksi tarkistetaan, että pohja on kunnolla kiinni. Pohjan suljennan tarkistaminen on tärkeää, koska muuten laatikon sisällä oleva ruuti voi pudota lavausvaiheessa lattialle tai koneiden osien väliin. Tästä voi aiheutua pahimmillaan ruudin syttyminen. Laatikon kannen suljennan tarkastus tehdään vastaavalla tavalla.



KUVA 29, Laatikon suljennan tarkastus (Nammo Vihtavuori Oy 2023)

### 6.9.2 Pussin asettelun tarkastus

Laatikon sisälle asetellun muovipussin asettelu tarkastetaan ennen ruudin annostelua. Tällä varmistetaan, että ruuti ei pääse menemään pussin ja laatikon väliin, josta se voisi valua kuljetuksen aikana ulos laatikosta. Kamerajärjestelmän tulee tunnistaa, että harmaan läpinäkyvän pussin suu on käännetty riittävästi laatikon sivulle (kuva 30).



KUVA 30, Pussin asettelun tarkastus (Nammo Vihtavuori Oy 2023)

### 6.9.3 Pussin suljennan tarkastus

Pussin suljennan tarkastaminen tehdään heti pussin suljennan jälkeen. Sillä varmistetaan, että pussin suljennassa käytetty nippuside on kiristynyt oikein. Kame-rajärjestelmän tulee tunnistaa musta nippuside vaalean harmaan pussin suun päältä ja varmistaa mittaamalla, että se on kiristynyt riittävästi (kuva 31).



KUVA 31. Pussin suljennan tarkastus (HellermanTyton 2023, muokattu)

### 6.9.4 Etiketin tarkastus ja jäljitettävyys

Etiketin tarkastus tehdään lavauksen yhteydessä, koska samalla muodostetaan tiedonkeräysjärjestelmään tuotteen jäljitettävyystieto. Eli tässä vaiheessa yhdistetään tietyn laatikon tiedot sen kuljettamisessa käytettävän kuljetuskontin tietoon. Räjähdeiden jäljitettävyys on lakisääteinen vaade.

Räjähdeiden jäljitettävyysvelvoite (ns. Track & Trace, laki 1140/2016, VNa 1440/2016) edellyttää, että räjähteet ja kaikki pakkausyksiköt on merkitty yksilöllisellä tunnisteella. Räjähdeiden kulku on pystyttävä tunnisteiden avulla jäljittämään koko ketjussa (valmistajalta/maahan-tuojalta loppukäyttäjälle). Räjähdealan yrityksen tulee huolehtia siitä,

että heidän kirjanpitoinsa täyttää Track & Trace -vaatimuksen. (Tukes 2022, 3.2.)

Etiketin tarkastuksen kamerajärjestelmä tulee valita siten, että se pystyy lukemaan tuotteen etiketissä olevan viivakoodin, joka on tässä tapauksessa 2D-koodi. Lisäksi sen tulee tunnistaa etiketissä oleva aakkosnumeerinen koodi, josta tarkistetaan merkkien luettavuus (kuvio 10). Aakkosnumeerisen koodin sisältö on sama kuin 2D-koodin eli se on 2D-koodin silmin luettava muoto.

**2D-KOODI, JOKA LUETAAN TIEDONKERÄYSJÄRJESTELMÄÄN  
TUOTTEEN JÄLJITETTÄVYYSTIEDON MUODOSTAMISEKSI**



**2D-KOODIN SILMIN LUETTAVA MUOTO, JONKA MERKKIEN LUETTAVUUS TARKISTETAAN**

**(90) F1001 (250) 202211N000100 (11) 221102 (240) T10140 (10)  
202211 (3100) 000020 (3301) 000215**

KUVIO 10, Etiketin tarkistus

## 7 AUTOMATISOINTIIN LIITTYVÄT RISKIARVIOINNIT

### 7.1 HAZOP-poikkeamatarkastelu

Tuotantoprosessien turvallisuuden arvioinnissa Nammo Vihtavuori Oy:ssä käytetään HAZOP-poikkeamatarkastelua. Tällä menetelmällä tulee käydä läpi yksityiskohtaisesti myös kaikki edellisessä kappaleessa kuusi esitellyt laitteet ja tämän perusteella määräytyy laitteisiin räjähteiden käsittelyn turvallisuusvaatimuksista aiheutuvat muutokset. Yleisiä vakiolaitteisiin vaadittavia muutoksia ovat mm. moottoreiden pintalämpötilavalvonnat, lisäpotentiaalintasaukset, kotelointien ja suojusten parantaminen. Taulukossa 6 on havainnollistettu HAZOP-poikkeamatarkastelun käyttöä liittyen tämän kyseisen projektin lavausrobotin käyttöhyödykkeisiin. Räjähdetiloja koskevaan poikkeamatarkasteluun liitetään myös selvitykset räjähdysaineen kulkeutumisesta laitteessa ja syttymislähteistä. Näitä selvityksiä on kuvattu tarkemmin kappaleissa 7.2 ja 7.3.

HAZOP on vaarojen tunnistamisen perusmenetelmä, joka arvioi systemaattisesti järjestelmän kunkin osan ja tutkii miten poikkeamat suunnittelutavoitteissa voivat sattua sekä voivatko ne aiheuttaa ongelmia. Tekniikan perustavoitteet ovat:

- Tuottaa laitteiston tai prosessin täydellinen kuvaus, sisältäen suunnitteluperusteet
- Tarkastella järjestelmällisesti laitteiston tai prosessin jokainen osa, jotta paljastetaan, miten poikkeamat suunnitteluperusteissa voivat sattua
- Päättää voivatko nämä poikkeamat johtaa vaaroihin tai toimintaongelmiin

(SFS-IEC 60300-3-9 2000, 24, 36.)

TAULUKKO 6. HAZOP-poikkeamatarkastelu lavausrobotin käyttöhyödykkeet

HAZOP-poikkeamatarkastelu, Lavausrobotti				
Avainsana	Poikkeama	Mahdolliset syyt	Seuraukset	Tarvittava toimenpide
<b>Käyttöhyödykkeet</b>				
Ei, ei mitään	Ei paineilmaa	Katkos paineilman syötössä	Robotin tarttuja ei pysy kunnolla kiinni ja pakkauslaatikko putoaa tarttujasta. Laatikon sisällä oleva ruuti voi joutua koneiden osien väliin ja syttyä.	1. Paineilmalle painekeytkin, joka toimii robotin lavauksen aloituksen lukitusehtona. 2. Tarttujan rakenne tehtävä sellaiseksi, että laatikko ei pysty tippumaan. Tuenta pohjasta.
Ei, ei mitään	Sähkökatko	Vikavirtasuojan laennut	Robotti pysähtyy ja pakkauslaatikko putoaa nopean pysäytyksen vuoksi tarttujasta. Laatikon sisällä oleva ruuti voi joutua koneiden osien väliin ja syttyä.	1. Käytetään maltillisia liikenopeuksia, jolloin pysähdyksestä ei aiheudu kovia voimia. 2. Tarttujan rakenne tehtävä sellaiseksi, että laatikko pysyy tarttujassa nopeissakin pysähdyksissä

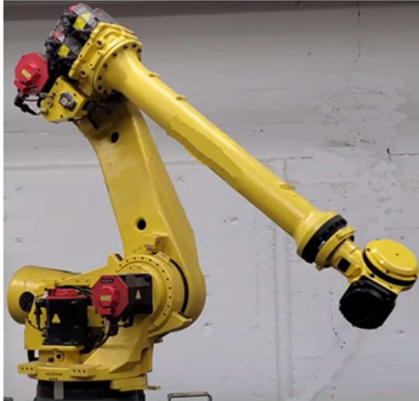
## 7.2 Räjähdyksineen kulkeutuminen laitteessa

Räjähdetiloissa käytettävien laitteiden hankinta, suunnittelu ja riskianalyysi vaiheessa on selvitettävä, miten räjähdysaine tai sen aiheuttama pöly voi kulkeutua laitteessa. Valmiita laitteita hankittaessa tämä on tehtävä laitetuottajien vertailun yhteydessä ennen ostopäätöstä. Tässä on havainnollistettu selvitystä räjähdysaineen kulkeutumisesta liittyen tämän kyseisen projektin lavausrobottiin (kuvio 11).

**Räjähdsaineen kulkeutuminen laitteessa**

Tilaluokka: Räjähdetila A-luokka, ilmassa on ruutipölyä

Laitetoimittaja	Laite	Suojausluokka	Rakenne	Puhdistettavuus	Soveltuvuus
Toimittaja 1	Robotti 1	Ranne + J3, IP67 Muut IP54 (IP56 optio)	Servomootorit ja kaapeloinnit suoraan rungolla. Rungossa aukkoja	Huono: rungossa aukkoja, pinta-asennetut kaapelit ja servomootorit. Paljon kohtia, joista pölynpoistaminen on hankalaa.	Voidaan käyttää tilassa vain erillisellä paineistetulla suojahupulla varustettuna
Toimittaja 2	Robotti 2	IP65/IP67	Servomootorit ja kaapelit sijoitettu rungon sisälle. Runko tiivis ja paineistettavissa, joka varmentaa pölysuojausta.	Hyvä: sileä selväpiirteinen runko.	Voidaan käyttää tilassa



Robotti 1



Robotti 2

KUVIO 11, Selvitys räjähdysaineen kulkeutumisesta laitteessa

**7.3 Syttymislähteiden selvittäminen**

Räjähteiden valmistusta, käsittelyä ja varastointia koskeva VNa 1101/2015 velvoittaa toiminnanharjoittajaa selvittämään räjähdetiloissa olevat syttymislähteet. Tunnetut syttymislähteet on kerrottu standardissa SFS EN-ISO 80079-36:2016 Räjähdsvaaralliset tilat. Osa 36: Räjähdsvaarallisten tilojen muut kuin sähkölaitteet. Perusmenetelmät ja vaatimukset. Tämä standardi ei varsinaisesti koske räjähdetiloja, mutta syttymislähteiden osalta sitä voidaan soveltaa myös niihin.

Tunnetut syttymislähteet:

- Kuumat pinnat
- Mekaaniset kipinät
- Liekit, kuumat kaasut
- Sähköstä johtuvat kipinät
- Sähköiset hajavirrat ja katodinen korroosiosuojau
- Staattinen sähkö

- Salamointi
- Sähkömagneettiset aallot
- Ionisoiva säteily
- Korkeataajuinen säteily
- Ultraääni
- Adiabaattinen puristus
- Kemiallinen reaktio

#### Lisätarkastelut

- Liikkuvien osien välisessä raossa olevat pölykasautumat tai muut aineet (SFS EN-ISO 80079-36 2016, 30, 45.)

Edellä mainittujen lisäksi räjähdysaineilla tulee syttymislähteenä pitää myös iskua, koska osa räjähdysaineista pystyy syttymään herkästi iskuenergian voimasta. Syttymislähdeselvityksessä on myös käsiteltävä mahdollisesti laitteesta irtoavat osat eli vierasesineet, jotka voivat toimia syttymislähteenä prosessissa. Liitteessä 2. on havainnollistettu syttymislähteiden selvittämistä liittyen lavausrobottiin.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyön päätavoitteina oli määrittää IP-pakkaamon automatisoitavat työvaiheet ja tehdä suunnitelma millaisilla laitteilla niiden automatisointi voidaan toteuttaa. Pakkaamon työvaiheet ovat selkeitä yksittäisiä toimintoja, joten automatisoitavien työvaiheiden määrittely onnistui helposti. Osa työvaiheista oli kuitenkin pakko jättää käsin tehtäväksi, koska pakkaamotilan ahtaus rajoittaa sinne sijoitettavien laitteiden määrää.

Työn tuloksena löydettiin laitteita ja ratkaisuja, joilla automatisointi on mahdollista toteuttaa. Ratkaisut perustuivat pakkauslinjatoimittajilta saatuihin tarjouksiin. Toimittajista osa tarjosi ratkaisua perustuen valmiskoneisiin ja osa omavalmisteisiin erikoiskoneisiin. Näiden ratkaisujen vertailu osoittautui hankalaksi, koska omavalmisteisten erikoiskoneiden suunnittelu alkaa vasta kun ne on tilattu.

Tarjousten vertailua voisi helpottaa kehittämällä tarjouskyselyaineistoa. Yksi vaihtoehto olisi, että tarjouskyselyaineiston mukana olisi valmis tarjouspohja, johon olisi yksityiskohtaisesti lueteltu asiat joihin tarjouksen tekijän pitää vastata. Näin tarjoukset olisivat keskenään mahdollisimman saman sisältöisiä. Tätä voisi käyttää selkeissä projekteissa, joissa yksityiskohdat ja ratkaisut ovat alusta alkaen selvillä. Useimmiten kuitenkin yksityiskohdat ovat vielä epäselviä tarjouskyselyvaiheessa. Näissä tapauksissa ensimmäinen tarjouskyselykierros on tehtävä käytettävissä olevilla lähtötiedoilla. Saatujen tarjousten myötä useimmiten hahmottuu laiteratkaisut, joilla sovellus on toteutettavissa ja myös yksityiskohdat selkenevät. Näiden lisätietojen pohjalta voidaan tehdä yksityiskohtainen jatkokyselylomake, joka lähetetään kaikille tarjoajille. Näin tarjoukset saataisiin muokattua saman sisältöisiksi ja niiden vertailu helpottuisi.

Tässä työssä vaikeimmin automatisoitavaksi työvaiheeksi osoittautui pussin sulkeminen. Sulkemisessa käytetään nippusidettä, joka on harvinainen tapa sulkea pakkaus. Tämän vuoksi pakkauslinjatoimittajilla oli vaikeuksia löytää tähän sopivaa valmista laitetta. Selvittelyjen jälkeen osoittautui, että tähän sopiva valmislaitte löytyy vain yhdeltä pakkauskonevalmistajalta. Tämä ohjasi valmiskoneilla tarjonneiden toimittajien laitevalinnat keskenään hyvin samanlaisiksi.

Laitteiden sijoitteluun liittyen on jatkokehityksenä tehtävä pakkaamon tarkka layout-suunnitelma. Tämä on tehtävä yhdessä pakkaamon työntekijöiden kanssa, jotta lopputuloksesta saadaan mahdollisimman toimiva. Layout-suunnitelmassa on kiinnitettävä erityistä huomiota turvallisuuteen. Laitteet eivät saa estää turvallista pääsyä hätäuloskäynneille.

Työn yhtenä tavoitteena oli tehdä kooste ruutipakkaamon laitteiden valintaan vaikuttavista säädöksistä. Tämä vaihe osoittautui työlääksi, koska laitevalintaan liittyviä säädöksiä on useita ja olennaiset tiedot piti etsiä näiden säädösten sisältöä tarkasti läpi käymällä. Työn tuloksena saatiin kooste pakkauslaitteiden valintaan liittyvistä säädöksistä ja miten vastuut näissä jakautuvat laitteita hankkivan työnantajan ja laitevalmistajan välillä. Koostetta voidaan jatkossa hyödyntää tuleviin projekteihin.

Tavoitteena oli myös tehdä kooste, siitä kuinka räjähdetilasta aiheutuvat vaatimukset tulee huomioida laitteiden rakenteissa. Tällä oli tarkoitus selventää, miten säädöksissä asetetut vaatimukset voidaan räjähdetiloissa saavuttaa. Tämä osoittautui haastavaksi vaiheeksi, koska työn aikana selvisi, että räjähdetiloissa käytettävistä laitteista ei ole laadittu yhteisiä eurooppalaisia erityisdirektiivejä eikä standardeja. Räjähdetilassa käytettävien laitteiden tulee täyttää konedirektiivin vaatimukset, joten yksityiskohtaisia ohjeita laitteiden vaatimuksista ei ole. Räjähdetilan sähköasennuksista ja -laitteiden valinnasta on Suomessa kansallinen ohje SFS-käsikirjassa 604-2, mutta tämäkään ei ole varsinainen standardi. Näin ollen räjähdetilasta aiheutuvien riskien arviointi ja laitteiden yksityiskohtaisten vaatimusten määrittely on pitkälti laitetoimittajan ja toiminnanharjoittajan vastuulla.

Työn tuloksena saatiin tehtyä kooste räjähdetilojen luokittelusta, räjähdetilan laitevalinnasta ja sähköasennuksista. Räjähdetilojen laitevalintaan liittyen aineistoa oli niukasti saatavissa, joten koosteessa hyödynnettiin yrityksessä jo käytössä olevaa sisäistä ohjetta. Tämän vuoksi kooste soveltuu käytettäväksi vain tämän työn toimeksiantajan kohteissa.

Räjähdetilojen laitevalinnan vaatimuksista olisi hyödyllistä tehdä vielä lisätutkimusta. Lähteinä tässä voisi käyttää esimerkiksi eri maiden kansallisia räjähdetiloja koskevia ohjeita. Näitä tutkimalla voitaisiin selvittää, että onko niiden sisältöä mahdollista hyödyntää yleispätevän ohjeen muodostamiseen. Tälle olisi tarvetta, koska useimmille laitetoimittajille räjähdetilan vaatimukset ovat vieraita. Tämä on hyvin ymmärrettävää, koska räjähteitä valmistaa Suomessa vain muutama toimija, joten räjähteiden valmistukseen ja käsittelyyn liittyvät laiteprojektit ovat suhteellisen harvinaisia. Tämän vuoksi toiminnanharjoittajan on oltava hyvin perillä räjähteiden käsittelyn vaaratekijöistä ja jaettava tätä tietoa laitetoimittajille. Laitetoimitusprojekti vaatii toiminnanharjoittajan ja laitetoimittajan välillä tiivistä yhteistyötä, jotta turvallinen lopputulos saavutetaan. Lisäksi apuna kannattaa käyttää myös ulkopuolisia räjähteiden valmistukseen ja käsittelyyn perehtyneitä asiantuntijoita, jotka pystyvät auttamaan riskien tunnistuksessa sekä turvallisten ratkaisujen löytämisessä. Tätä rajoittaa tosin se, että tämän alan asiantuntijoita on vain hyvin rajallisesti käytettävissä.

Lisäksi työssä oli tavoitteena tehdä lyhyt kuvaus pakkaamon automatisointiin liittyvistä riskiarvioinneista. Tämä saatiin työssä tehtyä ja sitä voidaan hyödyntää mm. tämän työn jatkokehityksenä, jossa laitteille tulee tehdä yksityiskohtainen riskiarvio. Tässä tulee tarkastella räjähdetilaan sijoitettavien laitteiden yksityiskohdat ja varmistaa niiden rakenteiden tilaluokkaan sopivuus. Tämä voidaan toteuttaa HAZOP poikkeamatarkastelulla, jossa selvitetään mitä muutoksia laitteisiin on mahdollisesti tehtävä, jotta ne soveltuvat ruudin turvalliseen käsittelyyn.

Opinnäytetyön aihe oli ajankohtainen, koska ruudin ja ammustarvikkeiden kysyntä on maailman tilanteen vuoksi ollut voimakkaassa kasvussa ja alan toimijoilta on vaadittu tuotantokapasiteetin nostamista mm. EU-jäsenmaiden puolustusministereiden taholta. Työssä käsitelty ruutipakkaamon automatisointi on päätetty toteuttaa. Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin ja sen tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa vastaavissa projekteissa.

## LÄHTEET

Cyklop. 2022. CT 303 SDF laatikonsulkija. Viitattu 29.4.2023.  
<https://cyklop.co.uk/wp-content/uploads/CT-303-SDF-FI-2022.pdf>

European Commission. 2019. Guide to application of the Machinery Directive 2006/42/EC, Edition 2.2. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/38022>

Eurofins. n.d. Etsi sertifikaatteja. Viitattu 5.3.2023. <https://sertifikaattihaku.fi/>

HellermanTyton. 2023. Tuoteluettelo. Viitattu 11.2.2023. [https://www.hellermanntyton.fi/binaries/content/assets/downloads/fi/tuoteluettelo-2023-2024/ht\\_tuoteluettelo\\_2023\\_fi.pdf](https://www.hellermanntyton.fi/binaries/content/assets/downloads/fi/tuoteluettelo-2023-2024/ht_tuoteluettelo_2023_fi.pdf)

Klinger. 2016. Ventus 620 mäntäaplikaattori. Viitattu 10.3.2023.  
<https://www.klinger.fi/wp-content/uploads/2016/09/Ventus620-tuotekortti.pdf>

Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta 26.11.2004/1016. Viitattu 14.2.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041016>

Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 3.6.2005/390. Viitattu 14.2.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050390>

Mittauslaitelaki 17.6.2011/707. Viitattu 20.3.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110707>

Nammo Vihtavuoro Oy. 2022. Vihtavuori Industrial Powders brochure, [https://www.vihtavuori.com/wp-content/uploads/2022/03/Vihtavuori-IP-brochure-2022\\_ENG.pdf](https://www.vihtavuori.com/wp-content/uploads/2022/03/Vihtavuori-IP-brochure-2022_ENG.pdf)

Nimell, M. 2022. Pistooliruudin stabiilisuustestin ja ruudin ominaisuuksien tutkiminen. Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto. Pro gradu -tutkielma. Viitattu 4.3.2023. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/80560>

Pattyn. n.d. Ceflex-41datasheet. Viitattu 10.2.2023. <https://www.pattyn.com/en/packaging-machines/combined-solutions/combined-case-erector-bag-inserter-ceflex41>

Pattyn. 2021. DTW-21-HE datasheet. Viitattu 11.2.2023. [https://www.pattyn.com/sites/default/files/2021-04/DTW-21-HE\\_EN.pdf](https://www.pattyn.com/sites/default/files/2021-04/DTW-21-HE_EN.pdf)

Radwag. 2023. DWT/RC SY Checkweigher. Viitattu 20.4.2023. <https://radwag.com/en/dwt-rc-sy-checkweigher,w1,S9H,107-105-101#3>

SFS-EN 1127-1:2019. 2019. Räjähdyksivaaralliset tilat. Räjähdyksen esto ja suojaus. Osa 1: Peruskäsitteet ja menetelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 13.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/840071.html.stx>

SFS-EN ISO 19353:2019. 2019. Koneturvallisuus. Palontorjunta ja palosuojelu. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 13.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/889633.html.stx>

SFS EN-ISO 80079-36:2016. 2016. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 36: Räjähdyksivaarallisten tilojen muut kuin sähkölaitteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 26.2.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/8/423028.html.stx>

SFS-IEC 60300-3-9. 2000. Luotettavuusjohtaminen osa 3: käyttöopas. Luku 9: Teknisten järjestelmien riskianalyysi. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 25.2.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/IEC/ID2/6/14949.html.stx>

SFS-käsikirja 604-2:2021. 2021 Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 2: Sähköasennukset, tarkastus ja huolto. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Suhonen, S. 2006. Palo- ja pelastussanasto. Helsinki: Suomen pelastusalan keskusjärjestö, Suomen palopäällystöliitto

Suomen Kemian Seura Räjähdeyhdistys. 2005. Räjähdekirja. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Stäubli. 2023. TX200 range 6 axis industrial robots. Viitattu 27.4.2023. <https://www.staubli.com/content/dam/robotics/brochures/6-axis/datasheet/TX200-6-axis-product-data-sheet-EN.pdf>

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738. Viitattu 12.2.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Työturvallisuuskeskus. n.d. Koneet, laitteet ja työvälineet. Viitattu 19.1.2023. <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/tyoympariston-turvallisuus/koneet-laitteet-ja-tyovalineet/>

Tukes. n.d. Räjähdetilojen tilaluokitus ja sähkölaitteistot. Helsinki: Turvatekniikan keskus.

Tukes. 2017, ATEX-starttipaketti. Helsinki: Turvatekniikan keskus. Viitattu 14.4.2023. <https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/ATEX-starttipaketti-2017.pdf/b440ed57-218e-4eda-a5b9-42df468e0b5f/ATEX-starttipaketti-2017.pdf>

Tukes. 2022. Räjähdeiden varastointi opas. Viitattu 25.5.2023. <https://tukes.fi/rajahteiden-varastointiopas>

Uola M. 1998. Räjähdeet Suomessa, Historiaa mustasta ruudista 2000-luvulle. Tampere: Digiprint Finland Oy.

United Nations. 2022a. ADR Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road Volume 1. [https://unece.org/sites/default/files/2023-01/ADR2023\\_Vol1e.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2023-01/ADR2023_Vol1e.pdf)

United Nations. 2022b. ADR Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road Volume 2. [https://unece.org/sites/default/files/2023-01/ADR2023\\_Vol2e.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2023-01/ADR2023_Vol2e.pdf)

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403. Viitattu 20.2.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403>

Valtioneuvoston asetus räjähteiden valmistuksen, käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista 29.8.2015/1101. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20151101>

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400. Viitattu 16.2.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>

Zebra. 2023. ZE511/ZE521 Print Engines Spec Sheet. Viitattu 10.3.2023. <https://www.zebra.com/gb/en/products/spec-sheets/print-engines/ze511-ze521.html>

## LIITTEET

Liite 1. UN-sertifikaatti EESF04STF (Eurofins n.d.)

1(3)




---

## UN-CERTIFICATE FOR PACKAGING

(TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS)

---

**Number of certificate** EESF04STF

**Holder of certificate** Stora Enso Packaging Oy  
Hennalankatu 270  
FI-15700 Lahti  
Finland

**Manufacturer** Stora Enso Packaging Oy  
Hennalankatu 270  
FI-15700 Lahti  
Finland

<b>Product</b>	
<b>Packaging code</b>	4G
<b>Description</b>	Cardboard box 0201 Product code FG038142
<b>Materials</b>	Cardboard, grade 28 C RR
<b>Closing</b>	Top and bottom closed with tape folded 100 mm to the sides. Tape width 50 mm.
<b>Dimensions</b>	Inner dimensions: 305 mm x 275 mm x 380 mm
<b>Total weight</b>	26 kg

Pictures		
Marking on the packaging	 4G/X26/S/YR/FIN/EESF04STF YR is replaced by the year of manufacture. Text size, see ADR Volume II section 6.1.3.1	
Regulations (used)	ADR, European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road, Volume II RID, Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail IMDG CODE, International Maritime Dangerous Goods Code Finnish Transport and Communications Agency Regulation on the Transport of Dangerous Goods by Road/Rail Regulations by the Finnish Maritime Administration on the transport of dangerous goods as bulk cargo by sea ICAO, Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air. IATA, Dangerous Goods Regulations, for the Air Transport	
Packaged materials	UN 0161, manufacturer Nammo Vihtavuori Oy, packed in plastic bag	
Packaging group	I, II and III	
Approval tests	ADR European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road Volume II: 6.1.5.3, 6.1.5.6	
Certificate is valid until	09.11.2027	
Date and place	16.11.2022, Espoo, Finland	
Signatures	 Tiina Tirkkonen ADR Inspection Body, Senior Expert	 Katja Vahtikari ADR Inspection Body, Manager, Certification & Inspection

This certificate is valid until November 9, 2027 on condition that there is no modification which alters the design, material or the manner of construction of a packaging and the manufacturer and Eurofins Expert Services have a valid contract on certification. Inquiries concerning the validity of the certificate may be addressed to Eurofins Expert Services. Other conditions are listed below.

Documents based upon for approval	Document id.	Date	Issued by	Scope
	VTT-S-07369-12	01.11.2012	VTT	Type testing
	Document	03.11.2017	Stora Enso Packaging Oy	Declaration of conformity
	EUF129-22004828-T1	09.11.2022	Eurofins Expert Services Oy	Type testing
History of the certificate	This UN-certificate replaces UN-certificate VTT0STF			

Conditions of the certificate:

The content shall be packed in plastic bag as in the tested packagings.

Where reference is made in this certificate to any regulations, publications, standards or other documents, it shall be construed as a reference to such publication in the form of which it is in force at the date of this certificate.

The manufacturer is responsible for the quality and continuous quality control of the product. In granting this certificate, Eurofins Expert Services does not accept responsibility to any person or body for any loss or damage incurred in respect of personal injury arising as direct or indirect result of the use of this product.

The use of the name of Eurofins Expert Services or the name Eurofins in any other form in advertising or partial distribution of this certificate is only permissible with written authorisation from Eurofins Expert Services.

## Liite 2. Syttymislähdeseelvitys lavausrobotti

1(3)

Tunnetut syttymislähteet (SFS EN-ISO 80079-36 2016)	Poikkeama	Mahdolliset syyt	Seuraukset	Tarvittava toimenpide
Kuumat pinnat	Servomootori kuumentuu	Käyttö raskaalla kuormituksella tai laitteen vikaantuminen.	Ruuti voi syttyä	1. Servomootoreihin lämpötilan valvonta, lämpötilaraja maks. 113 °C. 2. Ylimoitetaan robotti, jottei raskasta kuormitusta muodostu. 3. Tehokas pölynpoistojärjestelmä ja säännöllinen siivous, jottei pölyä kerry tilaan ja laitteiden päälle. Pölyn kertymistä pinnoille seurataan.
Kuumat pinnat	Tarttujan magneettiventtiin kela kuumentuu	Laite vika	Ruuti voi syttyä	Magneettiventtiilit koteloidaan IP54 suojausluokan koteloon.
Mekaaniset kipinät	Robotti törmää muihin rakenteisiin	Ohjelmointivirhe tai tarttujan rikkoutuminen.	Ruuti voi syttyä	1. Ohjelmointia tekevät vain siihen koulutuksen saaneet henkilöt. 2. Ohjelmat testataan huolellisesti ennen käyttöönottoa. 3. Tarttuja valmistetaan kipinöimättömästä materiaalista. 4. Käytetään maltillisia liikenopeuksia
Liekit, kuumat kaasut	Ei esiinny	-	-	-
Sähköstä johtuvat kipinät	Robotin kaapelin eriste vaurioituu ja johdin pääsee koskettamaan runkoa.	1. Kaapeliin on pääsyt osumaan joku ulkoinen esine esim. teräksinen vanteutusnauha. 2. Robotti törmää muihin rakenteisiin ja kaapeli jää väliin.	Ruuti voi syttyä	1. Työkalujen ja pakkausmateriaalien kanssa toimitaan huolellisesti. 2. Säännöllinen ennakkohuolto ja huolellinen tarkastus häiriötilanteiden jälkeen.

jatkuu

<b>Tunnetut syyt- mislähteet (SFS EN-ISO 80079-36 2016)</b>	<b>Poikkeama</b>	<b>Mahdolliset syyt</b>	<b>Seuraukset</b>	<b>Tarvittava toimenpide</b>
Sähköiset hajavirrat ja katodinen korroosiosuojaus	Ei esiinny	-	-	-
Staattinen sähkö	Robotti varautuu ja varaus purkautuu, kun robotti on lähellä johtavaa esinettä.	1. Maadoituskaapeli on irronnut tai katkennut. 2. Robotin tarttujan puutteellinen maadoitus. 3. Tarttujassa on käytetty eristäviä materiaaleja	Ruuti voi syttyä	1. Säännöllinen ennakko huolto. 2. Maadoitus suunnitellaan ja toteutetaan hyvin 3. Käytetään vain johtavia materiaaleja, jottei varautumista tapahdu.
Salamointi	Ei esiinny			
Sähkömagneettiset aallot	Ei esiinny			
Ionisoiva säteily	Ei esiinny			
Korkeataajuinen säteily	Ei esiinny			
Ultraääni	Ei esiinny			
Adiabaattinen puristus	Ei esiinny			
Kemiallinen reaktio	Ei esiinny			
Liikkuvien osien välisessä raossa olevat pölykasautumat tai muut aineet	Robotin nivelien tai tarttujan liikkuvien osien välissä oleva ruutipöly kuumentuu kitkan vaikutuksesta.	Säännöllinen puhdistus on jäänyt tekemättä.	Ruuti voi syttyä	1. Tehokas pölynpoistojärjestelmä ja säännöllinen siivous, jottei pölyä kerry tilaan ja laitteiden päälle. Pölyn kertymistä liikkuvien osien väliin seurataan. 2. Varustetaan robotti suojahupulla

## 3(3)

Muut syttymislähteet	Poikkeama	Mahdolliset syyt	Seuraukset	Tarvittava toimenpide
Isku	Robotti törmää laatikon kanssa lavausta tehtäessä kuljetuskontin reunaan.	1. Kuljetuskontti ei ole oikealla paikalla. 2. Ohjelmointivirhe	Ruuti voi syttyä	1. Ohjelmointia tekevät vain siihen koulutuksen saaneet henkilöt. 2. Ohjelmat testataan huolellisesti ennen käyttöönottoa. 3. Kuljetuskonttien paikoitusta varten lavaohjurit, joissa anturointi. 4. Käytetään maltillisia liikenopeuksia
Vierasesine	Robotin tarttujasta irtoaa osa	Kiinnitys on löystynyt	Ruuti voi syttyä. Vierasesine voi aiheuttaa syttymislähteen asiakkaan prosessissa	1. Osien kiinnitys varmalla tavalla: lukkomutterit, niittaus tai hitsaus. 2. Säännöllinen ennakkohuolto.