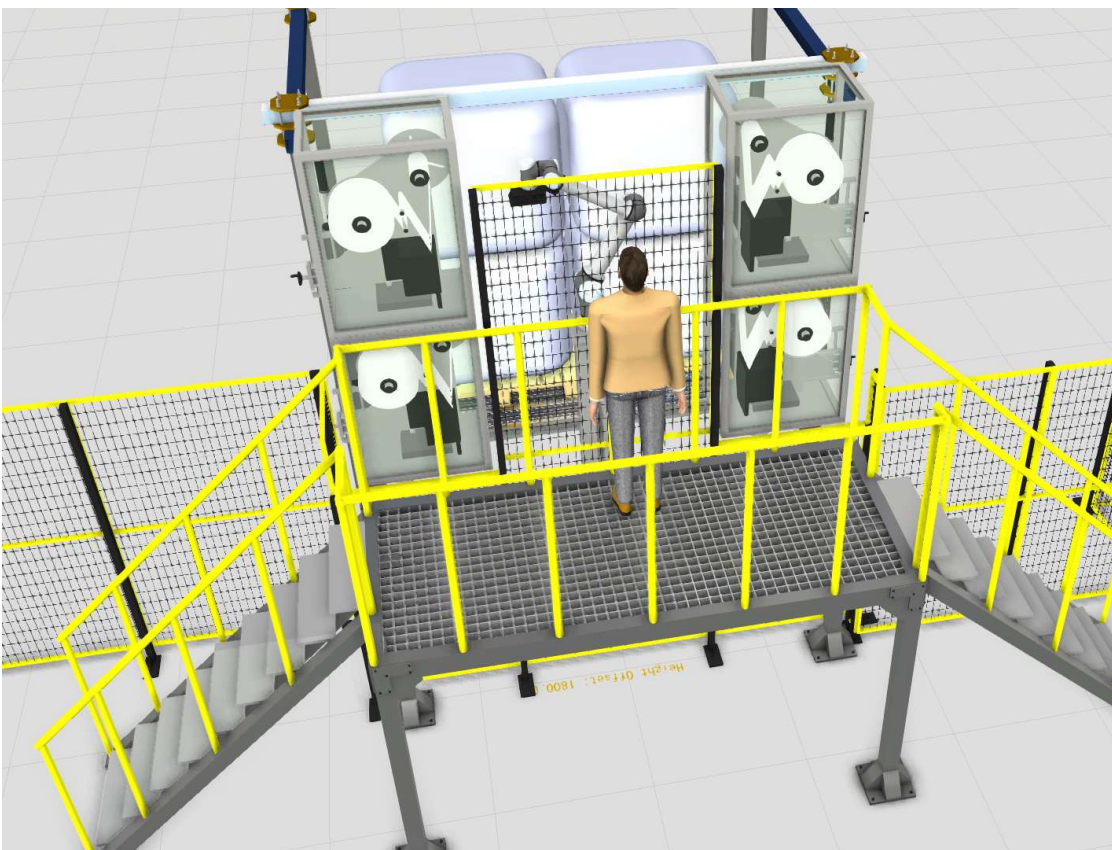


Tero Korvajärvi

Robottisolu asiakastarroituksen



Koneinsinööri AMK

Konetekniikka

Kevät 2023



KAMK • University
of Applied Sciences

Tiivistelmä

Tekijä: Tero Korvajärvi

Työn nimi: Robottisolu asiakastarroitukseen

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), konetekniikka

Asiasanat: robotti, robottisolu, etiketöinti, työskentelytasot, portaat, suojakaiteet, simulointi

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella robottisolu asiakaskohtaiseen etiketöintiin Terrafame Oy:n akkumikaalitehtaan kiteytysosaston tuotevarastoon. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Terrafame Oy. Opinnäytetyö sisältää teoriaosuuden robottisolulle kohdistuvista vaatimuksista, toimeksiantajan antamat määritykset etiketöinti laitteiston toiminnoille sekä suunnitelman, jolla toimeksiantajan määrittelemät tavoitteet toteutetaan.

Opinnäytetyön tutkimusosuudessa selvitettiin etiketöinnin CLP-asetusta, joka sisältää etiketöinnin viranomaisvaatimuksia haitallisiksi luokitelluille aineille. Teoriaosuudessa selvitettiin työskentelytasojen ja kulkuväylien turvallisuusvaatimuksia, jotka määritellään standardeissa. Teoriaosuudessa selvitettiin lisäksi ohjelmistokohtainen parametointi sekä esiteltiin robottisolun suunnitteluun käytetyt ohjelmistot.

Projektin päätavoitteena oli suunnitella toimeksiantajalle sen määrittelemiä tavoitteita toteuttava robottisolu käytössä olevan laitteiston yhteyteen. Robottisolu automatisoi tuotevarastossa käsin tehtävän maa- ja asiakaskohtaisen etiketöinnin. Käynnissäpidon ja työturvallisuuden huomioimiseksi kokonaisuuteen suunniteltiin standardien mukaiset kulkutasot sekä portaat. Robottisolun suunnittelu tapahtui Visual Components -ohjelmistolla. Laitteistolle varatun tilan rakenteiden ja robotin työkalun mallintaminen toteutettiin OnShape -ohjelmistolla. Suunnitteluohjelmistolla luodussa simulaatiossa oli tarkoituksena todentaa laitteiston ja rakenteiden soveltuvuus robotilla toteutettuun automaattiseen etiketöintiin tuotevarastossa.

Opinnäytetyön tavoitteet täyttyivät ja lopputulokseksi saatiin suunnitelma robottisolusta, jolla voidaan aikaisemmin käsityönä suoritettu maakohtainen etiketöinti sekä mahdollinen asiakaskohtainen etiketöinti automatisoida ja sovittaa käytössä olevan laitteiston yhteyteen. Suunnitelulla robottisolulla lisätään automaation määrää tuotannossa. Automaation avulla voidaan käytössä olevia henkilöstöresursseja siirtää tuottavampiin toimintoihin.

Abstract

Author: Tero Korvajärvi

Title of the Publication: a Robot Cell for Customer-specific Labeling

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: robot, robot cell, labelling, working platforms, stairs, guard-rails, simulation

The topic of the thesis was to design a robot cell for customer-specific labeling in the product warehouse of Terrafame Oy's Battery chemical plant at crystallization department. The thesis was commissioned by Terrafame Oy. The thesis includes theoretical part of the requirements for the robot cell, specifications given by the client, labeling for the functions of the equipment, and a plan to implement the goals defined by the client.

In the research part of the thesis, CLP regulation on labeling was investigated, which contains the official labeling requirements for substances classified as harmful. In the theory part, safety requirements of working levels and access routes, which are defined in the standards, were explained. Also, software-specific parameterization was explained including the software used to design the robot cell was presented.

The main goal of the project was to design for the client a robot cell that fulfills the defined goals. The robot cell is planned to work in connection with the equipment in use. The robot cell automates the country- and customer-specific labeling that is done manually in the product warehouse. To consider, the maintenance and work safety, permanent means of access and stairs according to the standards were planned for the robot cell. The design of the robot cell was programmed with Visual Components software. Structures of the space reserved for the hardware and the robot tools geometry were modelled with the OnShape software. The purpose of the simulation created with the design software was to verify the suitability of the equipment and structures for automatic labeling in the product warehouse implemented with a robot.

The goals of the thesis were fulfilled, and the result was a plan for the robot cell. The robot cell automates country-specific labeling and possible customer-specific labeling, which used to be manual, and adapts it to the existing equipment. The planned robot cell increases the amount of automation in production. As a consequence of automation, the human resources in use can be transferred to more productive functions.

Sisällys

1	Johdanto	2
2	Terrafame Oy.....	3
3	Robottisolun vaatimukset.....	4
3.1	Etiketöinti	4
3.1.1	Etikettien tietovaatimukset.....	4
3.1.2	Kemikaalien varoitusmerkit	5
3.1.3	Etikettien vähimmäiskoot	6
3.1.4	Terrafame Oy:n käyttämät etiketit	7
3.2	Ohjelmistopohjainen parametointi	7
3.3	Kulkutasot ja portaat.....	8
3.3.1	Kulkutasojen mitoitus	8
3.3.2	Kulkutiet	9
3.3.3	Kulkutasojen ja portaiden suojakaiteet	10
3.4	Käytetyt ohjelmistot.....	12
4	Työn määrittely.....	14
5	Toteutus.....	15
5.1	Käytettävissä oleva tila.....	15
5.2	Robottisolun laitteet	16
5.2.1	Robotin valinta	16
5.2.2	Robotin työkalu	17
5.2.3	Robotin ulottuvuus.....	19
5.3	Etiketin syöttölaitteet.....	19
5.4	Kulkuväylät	20
5.5	Laitesuojat	22
5.6	Etiketöinnin prosessi	23
6	Johtopäätökset ja pohdinta	26
	Lähdeluettelo.....	27

1 Johdanto

Opinnäytetyöni tavoitteena on suunnitella robottisolu, joka mahdollistaa käsin toteutettavan etiketöinnin automatisoinnin. Opinnäytetyön tutkimusosassa käsitellään etiketöinnin ja kulkutajien vaatimuksia, jotka vaikuttavat laitekokonaisuuden suunnitteluun sekä laitteiston ohjelmistokohtaista parametointia ja suunnittelussa käytettyjä ohjelmistoja.

Opinnäytetyön toimeksiantajan Terrafame Oy:n akkukemikaalitehtaan lopputuotteet toimitetaan asiakkaille eräkohtaisesti sinetöidyissä konteissa. Varastonhallinta sekä tilauksienkäsittely tapahtuu automaattivarastossa. Tuotelavoissa olevien eräkohtaisten etikettien avulla varasto tunnistaa tuotelavan ja luo kontitettavan erän tilauksen mukaisesti. Tuotelavoihin liimattava maakohtainen varoitustarra liimataan käsin jokaiseen varastoon sisään menevään tuotesäkkiin.

Opinnäytetyön toteutus on rajattu robottisolun toimintojen suunnitteluun sekä robotin liikeratojen simuloimiseen. Suunnittelussa on otettu huomioon käytettävissä oleva tila sekä laitteistossa toiminnassa oleva laitekanta. Robottisolun turvallisuus sekä kunnossa- ja käynnissäpidon standardit eli vaatimukset ohjaavat kokonaisuuden suunnittelua. Lopputuloksena toimeksiantaja pystyy hahmottamaan rakenteelliset muutokset käytössä olevaan laitekantaan sekä turvavarusteisiin. Suunnitellun laitekokonaisuuden avulla toimeksiantaja pystyy kilpailuttamaan sekä hyödyntämään opinnäytetyössä laadittua suunnitelmaa laitteiston investointiesitystä tehtäessä. Robotiikan avulla voidaan yksinkertaisia ja toistoja vaativia työvaiheita automatisoida ja henkilöstöresursseja siirtää tuottavampiin tehtäviin.

2 Terrafame Oy

Terrafame Oy on Sotkamossa sijaitseva akkukemikaaleja tuottava monimetalliyhtiö. Yhtiön strategisena päämääränä on keventää liikenteen hiilijalanjälkeä tuottamalla vastuullisesti akkukemikaaleja. Tuotanto on helposti jäljitettävissä, kun toimitusketju on kokonaisuudessaan kaivokselta akkukemikaalitehtaaseen samalla tuotantoalueella. Toimintamalli on ainutlaatuinen, minkä avulla asiakkaiden arvostama vastuullisuus on hyvin todennettavissa. [1.]

Metallien erottaminen louhitusta malmista bioliuottamalla on energiatehokas teknologia, ja tällä tekniikalla voidaan toimia kustannustehokkaasti sekä alentaa tuotteen hiilijalanjälkeä merkittävästi. Bioliuotus kuluttaa energiaa jopa 90 prosenttia vähemmän kuin perinteiset menetelmät. Terrafame Oy:llä on Euroopan suurimmat nikkeliavarannot, mitkä mahdollistavat hyvän pitkäaikaisen toimitusvarmuuden. [1.]

Akkukemikaalitehdas on aloittanut toiminnan vuoden 2020 aikana ja tuottaa metallien talteenotossa syntyneistä nikkeli- ja kobolttisulfideista akkuteollisuuden laatuvaatimukset täyttävää nikkeli- sekä kobolttisulfaattia. Akkukemikaalitehtaan tuotannon sivuvirtana syntyy ammoniumsulfaattia, jota käytetään lannoitteena. Akkukemikaalit toimitetaan asiakkaille rakeina sinetöidyissä konteissa. [2.]

3 Robottisolun vaatimukset

3.1 Etiketöinti

Akkukemikaalitehtaan lopputuotteet nikkeli- ja kobolttisulfaatti luokitellaan haitallisiksi ihmiselle sekä ympäristölle[3; 4]. Tuoteinformaatio kemikaaleissa merkitään CLP-asetusten mukaisesti. Merkinnöistä vastaa kemikaalin toimittaja, tässä tapauksessa valmistaja. Merkintävelvoite täyttyy, kun pakkauksesta löytyy informaatio aineen tai seoksen vaarallisuudesta ja opastus suojautumisesta. Ammattikäyttöön suunnatuissa tuotteista tulee löytyä myös tuotteen käyttöturvallisuustiedote. [5.]

Kemiallisen aineen valmistajan tulee ottaa huomioon REACH-asetus, missä säädetään kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista. Valmistajan pitää rekisteröidä aine Euroopan kemikaalivirastoon ECHA:an. Rekisteröinti on pakollista, kun ainetta valmistaa ja toimittaa markkinoille teollisessa mittakaavassa. [6.]

Tässä osiossa käsitellään tuotteen vaatimustenmukaisia pakkausmerkintöjä, ei kuitenkaan vaatimuksia maantie-, rautatie- ja merikuljetuksia varten.

3.1.1 Etikettien tietovaatimukset

CLP-asetuksessa määritellään etikettien merkintävaatimukset, joissa käytetään vakiolausekkeita ja symboleita. Pakkauksen merkinnöistä pitää löytyä tuotetunniste, esimerkiksi kauppanimike sekä tuotteen luokituksen haitalliseksi aiheuttaneiden aineiden nimet. Pakkaukseen pitää olla merkittynä aineen luokittelussa määritellyt varoitusmerkit, huomiosanat sekä vaara- ja turvalausekkeet. Merkinnöistä pitää löytyä kemikaalitoimittajan yhteystiedot sekä kuluttajatuotteissa pakkauskoko (kuva 1). Pakkauksen sisällön ollessa luokiteltuna terveydelle vaaralliseksi tai fyysikaalisten vaikutuksien perusteella, pitää pakkauksesta löytyä UFI-tunniste, jonka avulla myrkytystapauksissa voidaan 16 merkkisellä UFI-tunnisteella yksiselitteisesti liittää seosten koostumus potilaiden hoitotietoihin. Osa merkinnöistä voi olla valmiiksi painettuina pakkausmateriaaleissa. [7.]

2-Metoksietanoli, 2-metoxietanoli 109-86-4 (CAS) tai 203-713-7 (EY) tai 603-011-00-4 (Indeksinro.) (10 L)	
<p>Syttyvä neste ja höyry. Saattaa heikentää hedelmällisyyttä tai vaurioittaa sikiötä. Haitallista nieltynä, joutuessaan iholle tai hengitettynä.</p>	<p>Brandfarlig vätska och ånga. Kan skada fertiliteten eller det ofödda barnet. Skadligt vid förtäring, hudkontakt eller inandning.</p>
<p>Lue erityisohjeet ennen käyttöä. Suojaa lämmöltä/kipinöiltä/avotulelta/kuumilta pinnoilta. – Tupakointi kielletty. Vältä höyryn hengittämistä. Käytä suojakäsineitä. JOS KEMIKAALIA ON NIELTY: Ota yhteys MYRKYTYSTIETO-KESKUKSEEN tai lääkäriin, jos ilmenee pahoinvointia. Hävitä sisältöpakkaus paikallisten määräysten mukaisesti.</p>	<p>Inhämta särskilda instruktioner före användning. Får inte utsättas för värme/gnistor/öppen låga/heta ytor. – Rökning förbuden. Undvik att inandas ångor. Använd skyddshandskar. VID FÖRTÄRING: Kontakta GIFTINFORMATIONSCENTRAL eller läkare om du mår dåligt. Innehållet/behållaren lämnas till avfallshantering enligt lokala bestämmelser.</p>
<p>Oy Tehdas Ab, Tehdaskatu 1, 33100 Tampere, Puh. 03 111111</p>	

Kuva 1 Mallietiketti [8]

3.1.2 Kemikaalien varoitusmerkit

Vaaralliseksi luokitelluissa aineissa tulee olla näkyvissä sekä selvästi erottuvina aineen luokittelussa määritellyt vaaramerkit. Aineen vaaditut merkit tulee tarkistaa ajantasaisesta CLP-asetuksesta. [7.]

Nikkeli- ja kobolttisulfaatin vaaditut varoitusmerkit (taulukko 1.).

Taulukko 1 Nikkeli ja kobolttisulfaatin varoitusmerkinnät [7]

Varoitusmerkki: GHS07 – terveysvaara/vaarallinen otsonikerrokselle	
 <p>symboli: huutomerkki</p>	<p>Vaaraluokka ja -kategoria: välitön myrkyllisyys (suun, ihon, hengitysteiden kautta), vaarakategoria 4 ihoärsytys, vaarakategoria 2 silmä-ärsytys, vaarakategoria 2 ihon herkistyminen, vaarakategoriat 1, 1A, 1B elinkohtainen myrkyllisyys — kerta-altistuminen, vaarakategoria 3 hengitysteiden ärsytys narkoottiset vaikutukset otsonikerrokselle vaarallinen, vaarakategoria 1</p>
Varoitusmerkki: GHS08 – vakava terveysvaara	
 <p>symboli: terveysvaara</p>	<p>Vaaraluokka ja -kategoria: hengitysteiden herkistyminen, vaarakategoriat 1, 1A, 1B sukusolujen perimää vaurioittava, vaarakategoriat 1A, 1B, 2 syöpää aiheuttava, vaarakategoriat 1A, 1B, 2 lisääntymiselle vaarallinen, vaarakategoriat 1A, 1B, 2 elinkohtainen myrkyllisyys — kerta-altistuminen, vaarakategoriat 1, 2 elinkohtainen myrkyllisyys — toistuva altistuminen, vaarakategoriat 1, 2 aspiraatiovaara, vaarakategoria 1</p>
Varoitusmerkki: GHS09 – vaarallinen ympäristölle	
 <p>symboli: ympäristö</p>	<p>Vaaraluokka ja -kategoria: Vesiympäristölle vaarallinen: välittömän vaarallisuuden vaarakategoria: Välitön 1 pitkäaikaisen vaarallisuuden kategoriat: krooninen 1, krooninen 2</p>

3.1.3 Etikettien vähimmäiskoot

CLP-asetuksessa määritellään etiketti- ja varoitusmerkkien koot. Etiketin koko määräytyy pakauksen koon mukaan, seuraavan taulukon mukaisesti (taulukko 2).

Taulukko 2 Taulukko etikettien ja varoitusmerkkien vähimmäiskokoja varten[9]

Pakkauksen tilavuus	Etiketin mitat millimetreinä	Kunkin varoitusmerkin mitat millimetreinä (vinoneliön sivujen pituudet)
≤ 3 litraa	vähintään 52x74, jos mahdollista	vähintään 10x10 suositus vähintään 16x16
> 3 litraa, mutta ≤ 50 litraa	vähintään 74x105	vähintään 23x23
> 50 litraa, mutta ≤ 500 litraa	vähintään 105x148	vähintään 32x32
> 500 litraa	vähintään 148x210	vähintään 46x46

3.1.4 Terrafame Oy:n käyttämät etiketit

Asetuksissa vaadittujen etikettien ja merkintöjen lisäksi Terrafame Oy:llä etiketöidään tuotesäkit ja tuotelavat yksilöllisesti. Jokaiseen tuotesäkkiin ja -lavaan tulevat merkinnät eränumerosta, tuotantonumerosta, säkin sekä lavan painosta. Eränumerot määritellään siilokohtaisesti ja ohjausjärjestelmä luo jokaiselle siilolle yksilöllisen eränumeron. Eränumeron avulla tuotelaatu pystytään yksilöimään ja tällä varmistetaan, että asiakas saa laatutavoitteen mukaisen tuotteen. Tuote-etiketin koko on 148*210 mm.

Tuotantoetiketin lisäksi käytössä on maakohtainen varoitustarra, joka tulee jokaiseen tuotepakkaukseen. Varoitustarra sijoitetaan tuotepakkaukseen siten, että se on helppo lukea silloin, kun tehtaalla sinetöidyt kontit aukaistaan kohdemaassa. Varoitustarran koko on A4 210*297 mm.

3.2 Ohjelmistopohjainen parametointi

Robottisolun toimintojen määrittelyssä käytetään ohjelmistopohjaista parametointia, jonka ohjelmointityökalun toimittaa robottijärjestelmän toimittaja. Ohjelmoinnin parametrien eheys ja tietojen turvaaminen on laitteiston tahdotun ja oikeanlaisen toiminnan edellytys. Parametroinnin tietojen tahattoman muuttumisen estämiseksi tietojen ja tietoliikenteen tulee olla valvottuja ja työkalun valtuuttamattomille käytöille on oltava esto, esimerkiksi salasana. Ohjelmistopohjaisella parametroinnilla määritellään esimerkiksi alueet, missä robotti saa liikkua. Parametroinnin tulee olla dokumentoitua, missä on tunnistettavissa käytettävissä olevat parametrit, parametointia

suorittavat henkilöt ja parametroinnin ajankohta. Tällä mahdollistetaan robotin oikeanlainen toiminta ja estetään liikeradan osuminen rakenteisiin, jotka muuten mahtuisivat robotin toiminta-alueen sisäpuolelle.[10.]

3.3 Kulkutasot ja portaat

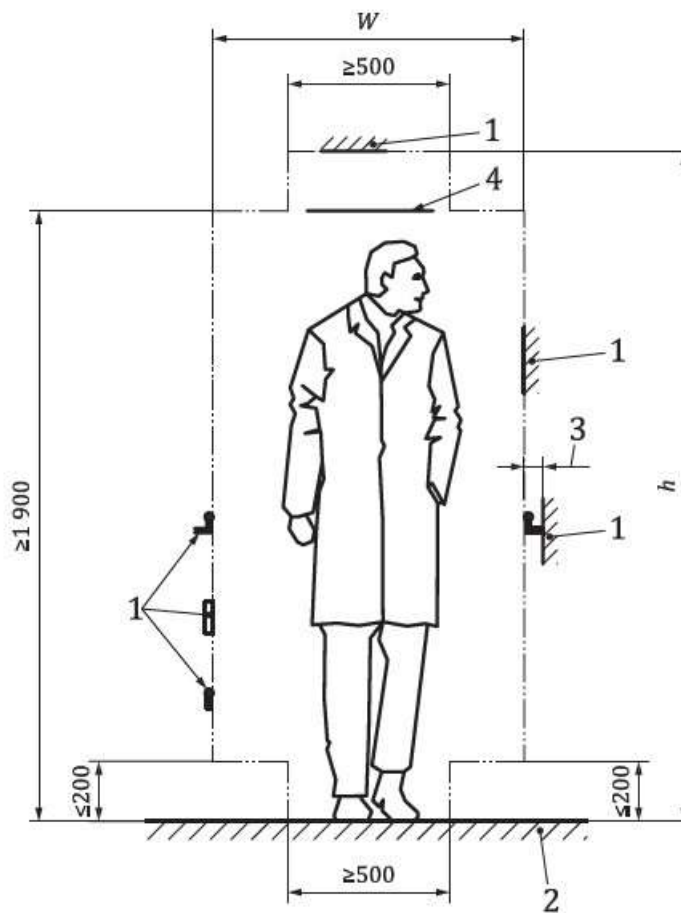
Laitteiden käynnissä- ja kunnossapidolle on olennaista, että laitteen huollolle sekä kunnossapidolle tärkeisiin kohteisiin päästään turvallisesti ja vaivattomasti. Tasojen ja kulkuteiden mitoitus perustuu ihmisen mitoitukselle [11]. Kun kiinteiden laitteiden käyttökohteet joudutaan sijoittamaan lattiatasolta korkeammalle, muuttuvat kohteet vaikeasti saavutettaviksi ja työ pitää suorittaa lattiatasoa korkeammilta tasoilta [12]. Tikkailta ja irtotasoilta työskentely on kielletty yli 1 m:n korkeudesta. Mikäli yli 1 metrin työskentelyn taso ylittyy, tulee kohteeseen toteuttaa kiinteä työskentelytaso laitteiden huoltoa ja kunnossapitoa varten. [13.]

Tässä osiossa käsitellään kiinteiden työskentelytasojen sekä niille johtavien kiinteiden portaiden ja suojakaiteiden vaatimuksia.


3.3.1 Kulkutasojen mitoitus

Kulkutasojen mitoituksessa on otettava huomioon koneen kunnossapidon ja käytön vaatimukset. Kulkutasojen vapaaseen pituuteen sekä leveyteen vaikuttavat mahdolliset työkalujen ja varaosien kuljettamisen tarpeet, työskentelijöiden sekä kulkutasoa käyttävien henkilöiden lukumäärä, työtehtävien taajuus ja kesto sekä asennot ja voiman käytön tarve. Edellisten vaatimusten lisäksi mitoituksessa tulee ottaa huomioon mahdollisten henkilökohtaisten suojavälineiden käyttö. [13.]

Standardissa määritellään kulkutason vapaan leveyden w minimiksi 800 mm. Tapauksessa, missä kulkutasoa käyttää tavallisesti enemmän kuin yksi ihminen, leveyden w on oltava vähintään 1000 mm. Vapaan korkeuden vaatimus on vähintään 2100 mm, ilman kiinteitä esteitä (kuva 2).



Selite

- | | |
|---|--|
|  | Vapaan kulkutilan rajoitus |
| 1 | Pysyvä este, kuten suojakaide, seinä, kone tai katto |
| 2 | Kulkutaso/työskentelytaso |
| 3 | Käsijohteen ja esteen välinen pienin väli |
| 4 | Tason poikki oleva este |
| w | Vapaa leveys |
| h | Vapaa korkeus |

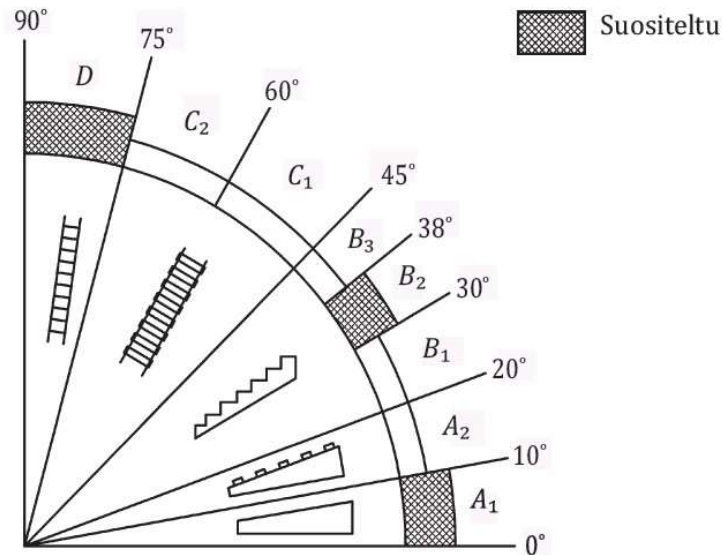
HUOM. Esteitä, esim. kulkutason poikki meneviä putkia, ei ole esitetty.

Kuva 2 Kulkuteiden vapaat mitat [13]

3.3.2 Kulkutiet

Kulkutien valinta koneille ja koneiden kunnossapidon ja käytön mahdollistaville kulkutasoille pyritään valitsemaan ensisijaisuusjärjestyksen mukaan. Ensisijaisesti pyritään koneelle kulkemaan suoraan maa- tai lattiatasolta. Kun koneen käytön ja kunnossapidon vuoksi joudutaan nousemaan

korkeammalle kuin lattia- tai maataso, pyritään kulkutie toteuttamaan kiinteillä luiskilla tai portailla (kuva 3). Käytännössä jossain tapauksissa kulkutie koneelle ja laitteelle on mahdotonta toteuttaa edellisillä ratkaisuilla, jolloin voidaan käyttää porrastikkaita tai tikkaita. [14.]



Selite

A₁ Luiska, suositeltava alue

A₂ Luiska, jonka pinta on liukastumista estävä

B₁ Portaat

B₂ Portaat, suositeltava alue

B₃ Portaat

C₁ Porrastikkaat

C₂ Porrastikkaat

D Kiinteät tikkaat, suositeltava alue

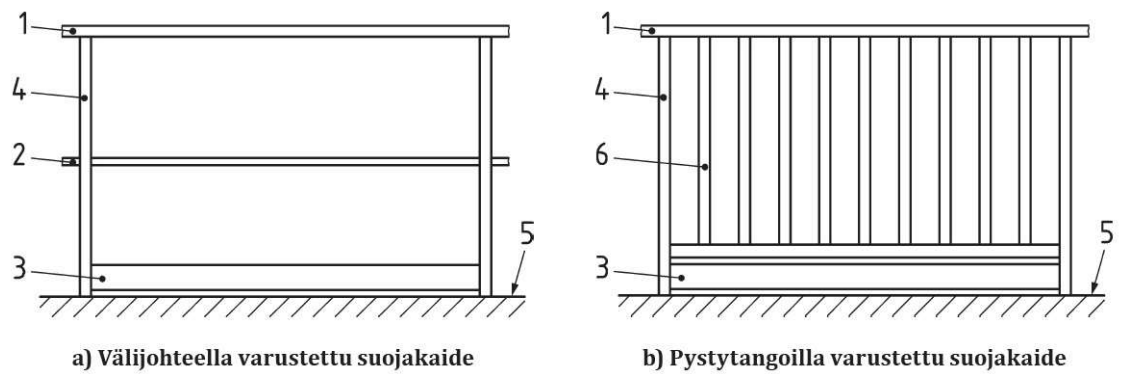
Kuva 3 Erilaisten kulkuteiden käyttöalueet[14]

3.3.3 Kulkutasojen ja portaiden suojakaiteet

Kulkutasoilla ja portailla tulee olla kaiteet, joilla estetään sivulle tapahtuva henkilön tai esineen putoaminen. Kaiteiden materiaalit tulee valita käyttöolosuhteiden mukaisesti ja niiden rakenne on suunniteltava kestämään ennakoitavissa oleva käyttö. [14.]

Kulkutasojen korkeuden ollessa vähintään 500 mm vaaditaan kulkutasoille suojakaiteet ja jalkalista. Suojakaiteille on määritetty vähimmäiskorkeus 1100 mm ja se tulee olla saman suuntainen kuin kävelylinja. Suojakaiteessa tulee olla vähintään yksi kaiteen suuntainen välijohte, mikä pienentää vapaan tilan 500 mm:n maksimiin kaiteen, välijohteen ja jalkalistan välisillä etäisyyksillä. Esineiden putoamisen estämiseksi kulkutasolta, suojakaiteen alaosassa tulee olla umpinainen vähintään 100 mm korkea jalkalista maksimissaan 12 mm:n etäisyydellä tasosta. Kaidetolppien väli

pyritään pitämään maksimissaan 1500 mm, ja mitan ylittävällä tolppavälillä on varmistettava kai-
teen rakenteen ja liityntärakenteen riittävä kestävyys (kuva 4). [15.]

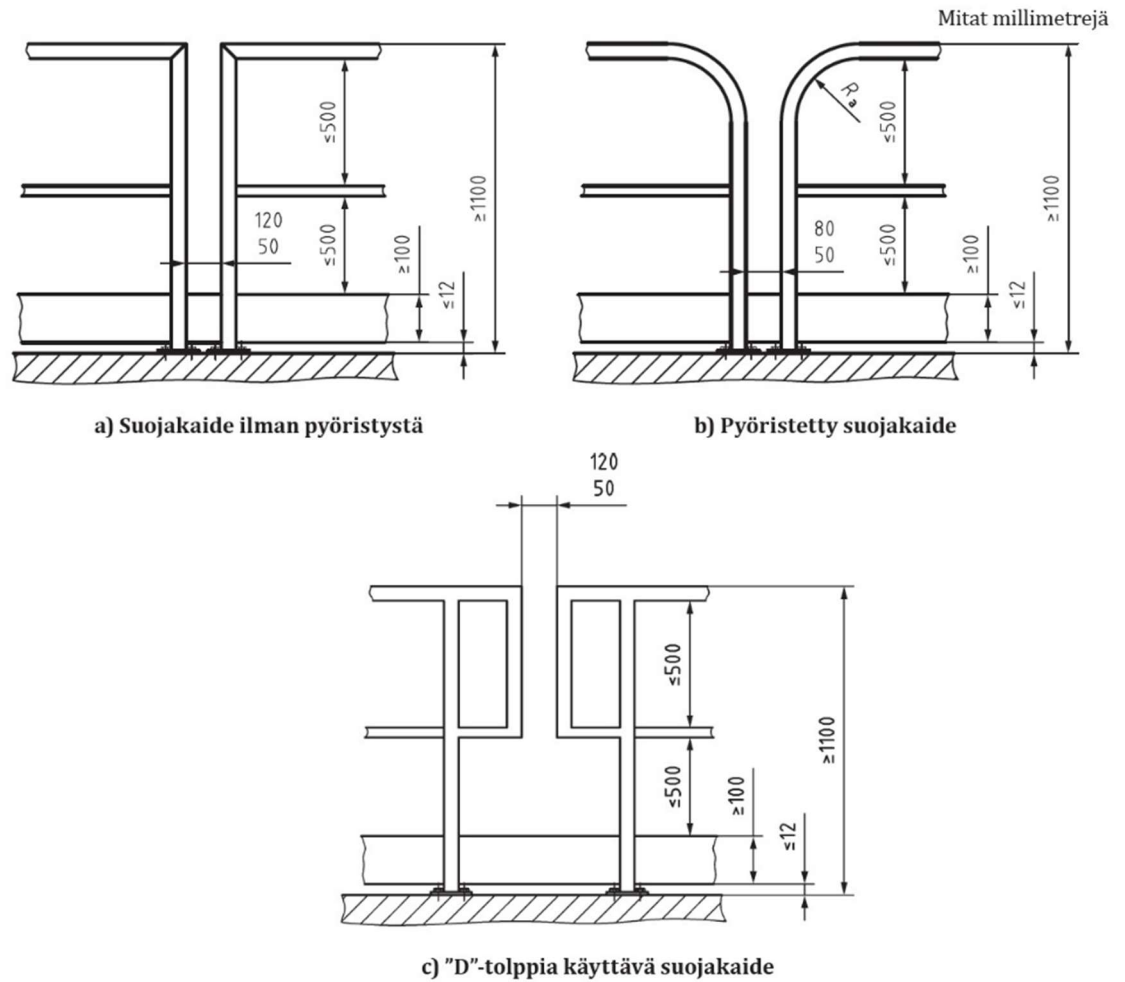


Selite

1	Käsihohde	4	Kaidetolppa
2	Välijohde	5	Kävelytaso
3	Jalkalista	6	Pystytangot

Kuva 4 Esimerkkejä tyypillisen suojakaiteen rakenteen osista[15]

Kaiteiden ollessa erilliset rakenteet tulee niiden välissä oleva aukko suunnitella liikkumisen aiheuttaman puristumisen ja leikkautumisen estäviksi. Jos liityntäkohtaan ei pystytä suunnittelemaan kiinteätä rakennetta, on kaiteiden väliin jätettävä mitoitettu vapaatila, mihin käsi ei puristu ja välistä putoaminen ei ole mahdollista. Kaidarakennetyypeillä on erilaiset mitoitukset vapaalle tilalle: minimi on kaikissa sama 50 mm ja maksimivälin vaihdellessa 80 mm:n ja 120 mm:n välillä (kuva 5). [15.]



Selite

R_a Säde

Kuva 5 Suojakaiteen kahden jakson välinen tila [15]

Samaa mitoitus- ja rakenneperiaatetta käytetään myös kaiteiden ja kiinteiden esteiden tai rakenteiden välisen vapaan tilan mitoituksessa.

3.4 Käytetyt ohjelmistot

Solun luonnostelu, liikeratojen ohjelmoiminen ja mallintaminen toteutettiin Visual Components -ohjelmistolla. Visual Components -ohjelmistolla voidaan mallintaa ja visualisoida laajojakin toiminnallisia prosesseja. Ohjelman mallikirjastosta löytyy useita valmiita parametrisia elementtejä, ja niiden avulla käytettävissä olevan tilan soveltuvuuden hahmottaminen ja muuntelu edistää tavoitellun lopputuloksen tehokasta saavuttamista. Prosessissa käytettyjen laitteiden ohjelmointi

ja parametointi luodussa virtuaalimallissa simuloi todellista maailmaa ja ohjelmiston avulla saadaan hyvä kuva, miten laitteisto toimisi haluttujen tavoitteiden mukaisesti [16]. Ohjelmistoa käytettiin Kajaanin ammattikorkeakoulun Citrix-etäyhteyden avulla [17].

Mallissa käytetyt elementit, joita Visual Componentsissa ei valmiina kirjastossa ollut mallinnettiin OnShapessa. OnShape on kokonaan pilvipohjainen parametripohjainen 3d-mallinnusohjelmisto [18]. Robottisolun tilavuusmallit siirrettiin step-tiedostomuodossa Visual Componentsin mallikirjastoon [14].

4 Työn määrittely

Projektin lopputuloksena on Terrafame Oy:n asiakastarroitukseen sopiva robottisolu. Asiakastarroitus toteutetaan valmiissa ja käytössä olevassa tila- ja laiteympäristössä. Projektin lopputuloksena on suunnitelma robottisolusta, missä automatisoidaan maakohtainen tarroitus sekä mahdollistetaan asiakaskohtainen etiketöinti. Tässä osiossa käsitellään projektille tilaajan antamia vaatimuksia.

Etiketöintisolun on toimittava automaattisesti, valmiin ja toimivan prosessin osana. Tuotesäkkien etiketöinnissä käytetään maakohtaisia ja asiakaskohtaisia etikettejä.

Tuotesäkkien etiketöinnissä käytettävät etiketit ovat A4 ja A5 kokoisia tarroja. Etiketit voivat olla valmiiksi painettuja tai niitä on mahdollista tulostaa kullekin erälle yksilöllisesti. Etiketöintiä ohjaa CLP ja REACH asetukset. [6; 7.]

Tuotesäkkeihin etiketöitävät asiakaskohtaiset tiedot saadaan suoraan tuotannon ohjausjärjestelmästä. Kommunikointi toteutetaan standardin SFS-EN ISO 13849-1 Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet mukaisesti [19].

Etiketöintisolun toteutetaan konestandardin SFS-EN ISO 12100 vaatimusten mukaisesti. Muita etiketöintisolun vaikuttavia standardeja ovat:

-SFS-EN ISO 14122-2:2016 Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 2: Työskentelytasot ja kulkutasot

-SFS-EN ISO 14122-3:2016 Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 3: Portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet.

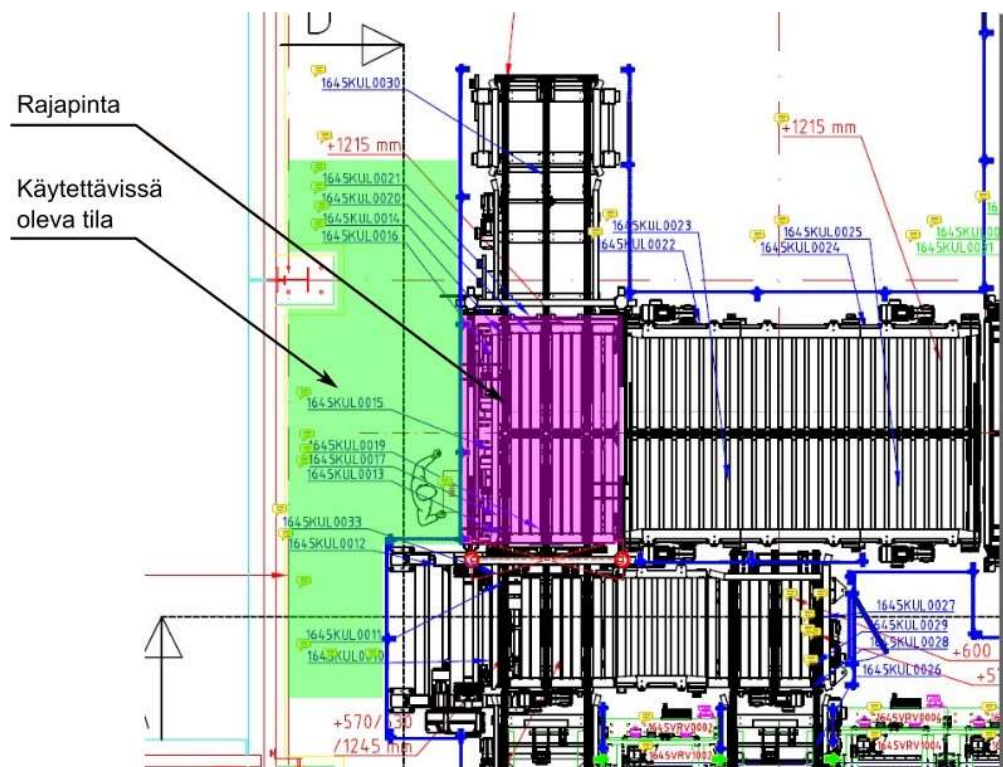
Edellä mainittujen standardien ja asetusten lisäksi laitteistoon vaikuttaa direktiivi 2006/42/EY. [12; 13; 15.]

5 Toteutus

Projektityö toteutettiin virtuaalisena mallina. Mallin avulla simuloitiin robottisolun toimintaa, robottisoluun vaadittavia rakenteita ja toiminnallisuutta tilaajan vaatimusten mukaisesti. Tässä osiossa käsitellään työn toteutusta.

5.1 Käytävissä oleva tila

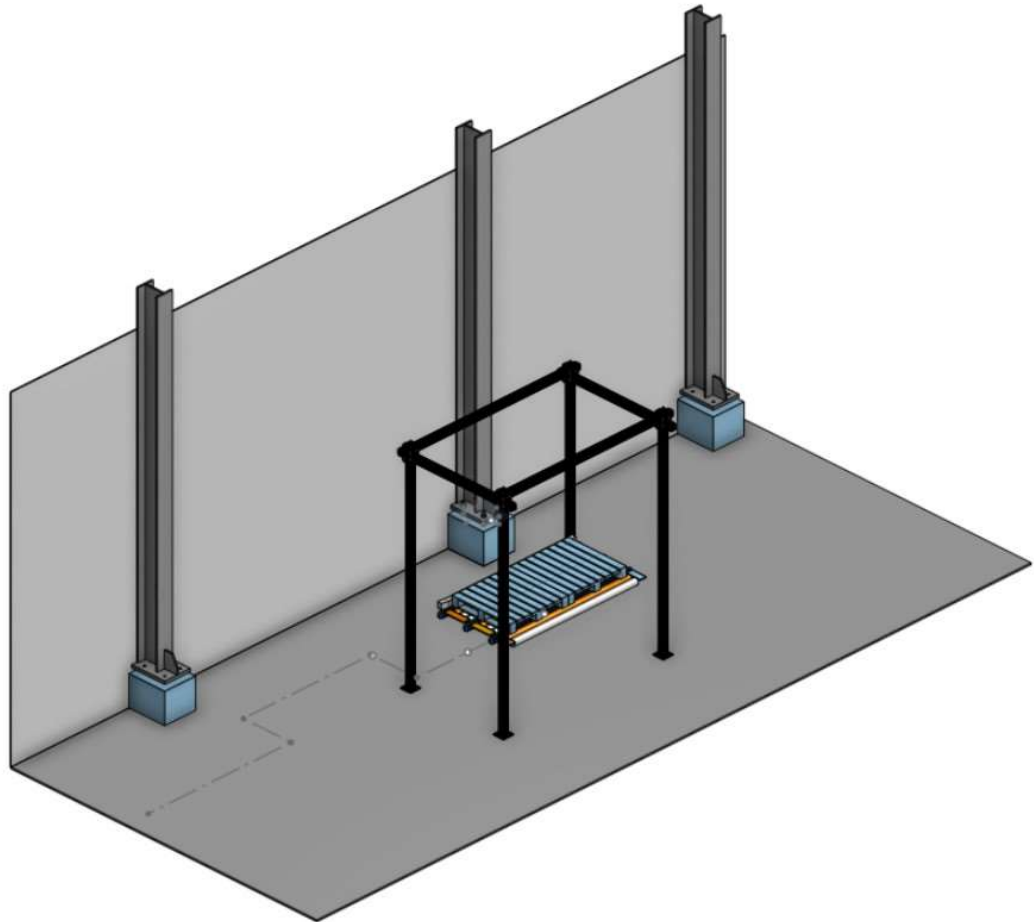
Robottisolu on suunniteltu sijoitettavaksi automaattivaraston ja kontituslaitteiston rajapintaan. Tuotevarastossa lavat järjestäytyvät automaattisesti tilauksen mukaisesti. Lavat siirtyvät kontitukseen automaattisesti tilauksen valmistuttua ja kontituksen ollessa käynnissä. Rajapinnassa tuotelavat järjestyvät konttilauksen mukaisesti paririviin, minkä jälkeen lavat siirtyvät automaattisesti eteenpäin (kuva 6).



Kuva 6 Robottisolun tila.

Käytävissä olevaa tilaa rajoittavat käytössä olevat laitteet sekä varaston kiinteät rakenteet. Rakenteet, jotka vaikuttavat robottisolun toimintaan on mallinnettu (kuva 7). Tämän luonnoksen

avulla pystytään paikantamaan uuden robottisolun tilavaatimus ja mallintamaan toimintojen vaatimukset.



Kuva 7 Kiinteät rakenteet mallinnettu kuvakaappaus, Onshape

5.2 Robottisolun laitteet

Etiketöintisolun laitteisto koostuu toiminnallisesta kokonaisuudesta, robotista ja siihen liitetyistä työkaluista sekä etikettien tulostimista ja etikettiapplikaattoreista.

5.2.1 Robotin valinta

Robottisoluuun valittavaan robottiin kohdistuu fysikaalisia määreitä, joiden pitää toteutua, että valittu robotti toimii laitteiston osana. Robotilla tulee olla riittävä ulottuvuus, jotta halutut toimi-

nalliset liikeradat ovat mahdollisia toteuttaa suunnitellussa ympäristössä. Hyötykuorma pitää riittää työkohteessa vaadittujen työkalujen ja tarraimien käyttöön. Fysikaalisten ominaisuuksien lisäksi kohteeseen valitun robotin liitännät tulee olla riittävän monipuoliset tukeakseen työssä vaadittuja ominaisuuksia. Lisäksi robotin käyttöympäristö, käytettävyys ja käynnissäpito tulee ottaa huomioon laitteiston valinnassa.

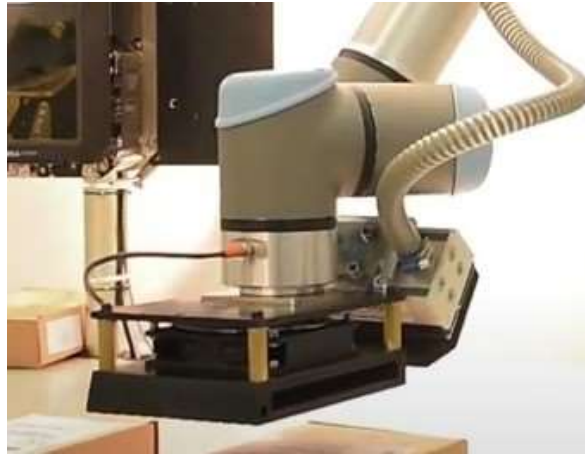
Pakkaamossa on käytössä UR10e, joten on luontevaa tutkia kyseisen mallin soveltuvuutta myös suunniteltuun tarroitussoluun (taulukko 3). Robottisolun laadukkaan käynnissäpidon etuna on samanlaisen robottikäsivarren käyttäminen. Varastoitava varaosa nimikkeistö ei laajene, käyttäjillä on kokemusta toiminnasta ja käsivarsi on toiminut asianmukaisesti vastaavissa käyttöolosuhteissa.

Taulukko 3 UR10e perustiedot[mukailtu 20]

	UR10e
Payload	12.5 kg
Reach	1300 mm
IP classification	IP54
Weight including cable	33.5 kg
Operating Temperature Range	0-50°C
Humidity 90%RH (non-condensing)	90%RH (non-condensing)
	Control box
IP classification	IP44
Operating Temperature Range	0-50°C
Humidity	90%RH (non-condensing)
I/O ports	
Digital in	16
Digital out	16
Analog in	2
Analog out	2
Quadrature Digital Inputs	4
Communication	500 Hz Control frequency Modbus TCP PROFINET Ethernet/IP USB 2.0, USB 3.0
	Teach pendant
IP classification	IP54
Humidity	90%RH (non-condensing)

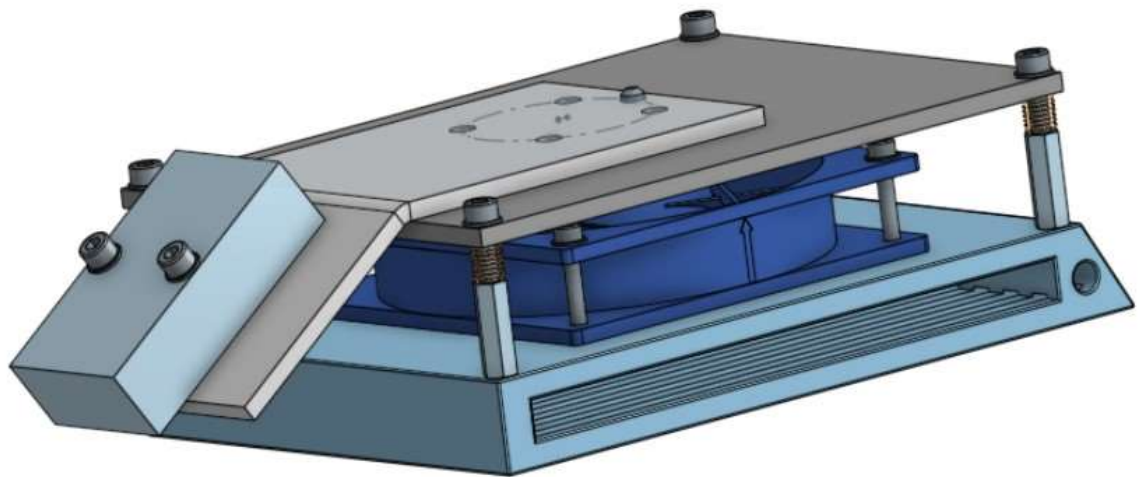
5.2.2 Robotin työkalu

Etiketöintiin tarvittavat robotin työkalut koostuvat tarra-aplikaattorista sekä kamerasta (kuva 8).



Kuva 8 Kuvakaappaus KLINGER Finland Oy etiketöinti robotin työkalu [21]

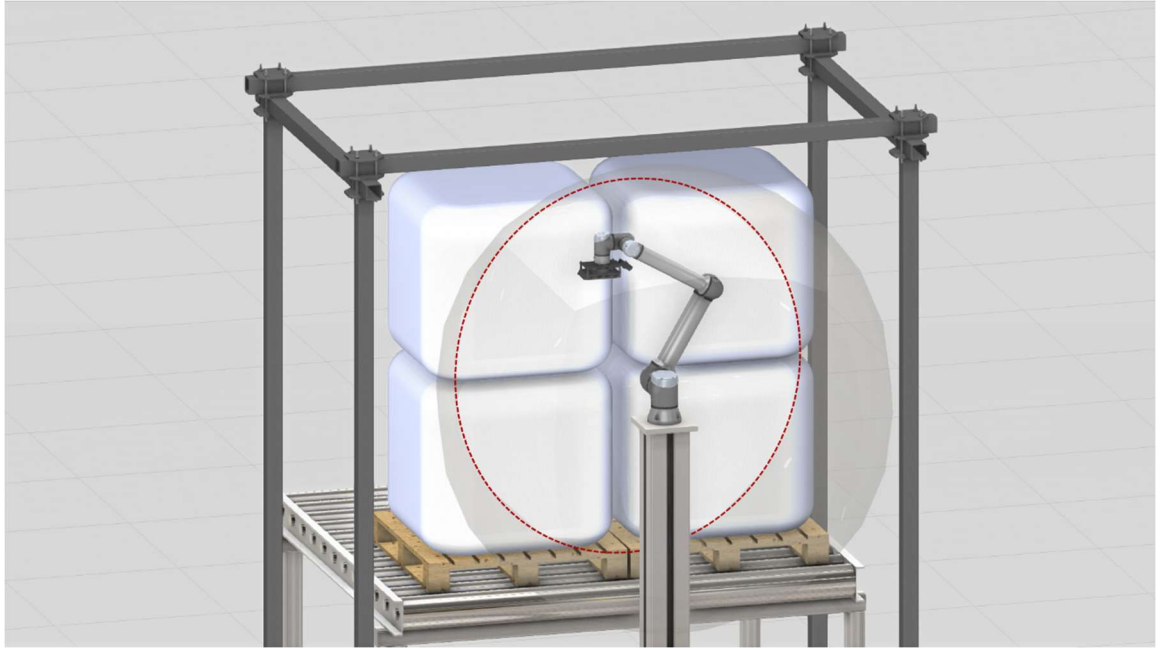
Työkalu on mallinnettu toiminnassa olevan mallin avulla (kuva 9). Mallin geometriaa pystytään hyödyntämään robottisolun liikeratataarkastelussa.



Kuva 9 Mallinnettu etikettityökalu

5.2.3 Robotin ulottuvuus

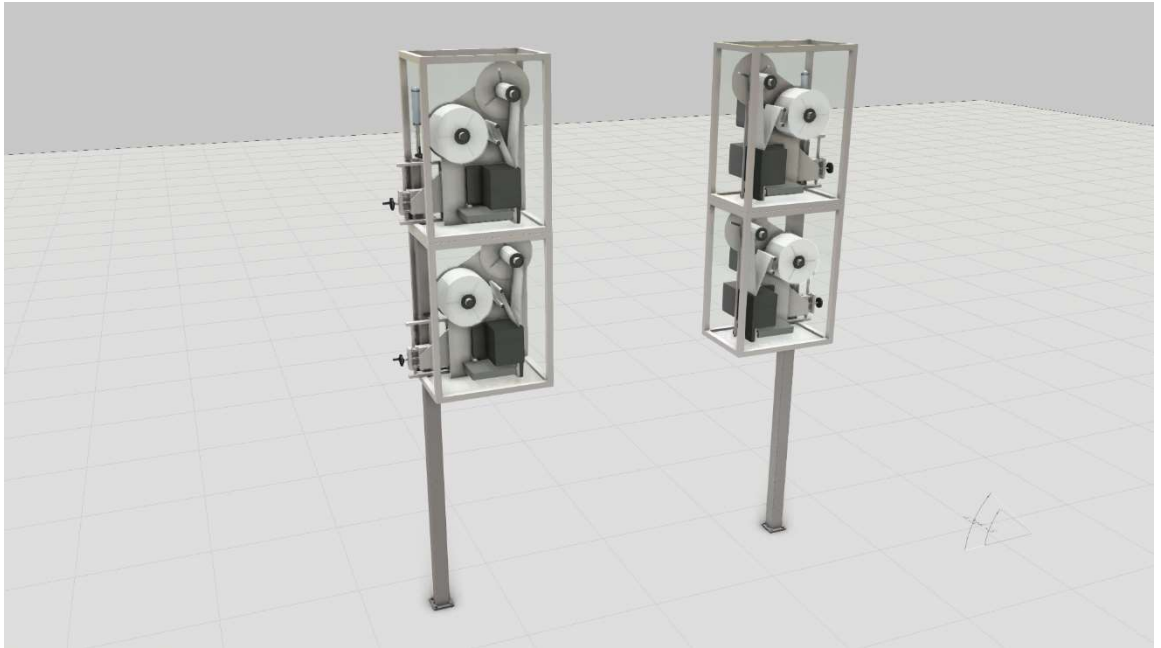
Robotin liikeratojen ulottuvuuden tarkistelu on suoritettu Visual Componentsissa. Luonnoksen avulla voidaan todeta, että ulottuvuus valitulla robotilla riittää etiketöitäviin tuotesäkkeihin (kuva 10).



Kuva 10 Robotin ulottuvuus tuotesäkkien pintoihin merkitty punaisella katkoviivalla.

5.3 Etiketin syöttölaitteet

Etiketöintisolun luonnoksessa on käytetty Visual Componentsin mallikirjastoista löytyvää yleistä etikettiapplikaattoria. Mitoitus mallikirjaston applikaattorissa on todenmukainen ja soveltuu luonnokseen hyvin. Etikettien määrän ollessa yhdestä kolmeen tuotesäkissä pitää applikaattoreita olla vähintään kaksi kappaletta ja lisäksi jatkuvan toiminnan mahdollistamiseksi laitteet tulee olla kahdennettuja (kuva 11).



Kuva 11 Tarra-applikaattorit,

Etiketin syöttölaitteet syöttävät etikettejä tulostimelta robotin työkalulle, joka siirtää ja kiinnittää tarraetiketin tuotepakkaukseen.

Etiketin syöttölaitteet vaativat ympärilleen vaativissa olosuhteissa, missä esimerkiksi mahdollinen pöly voi haitata laitteen toimintaa suojan ulkoisia haittoja vastaan.

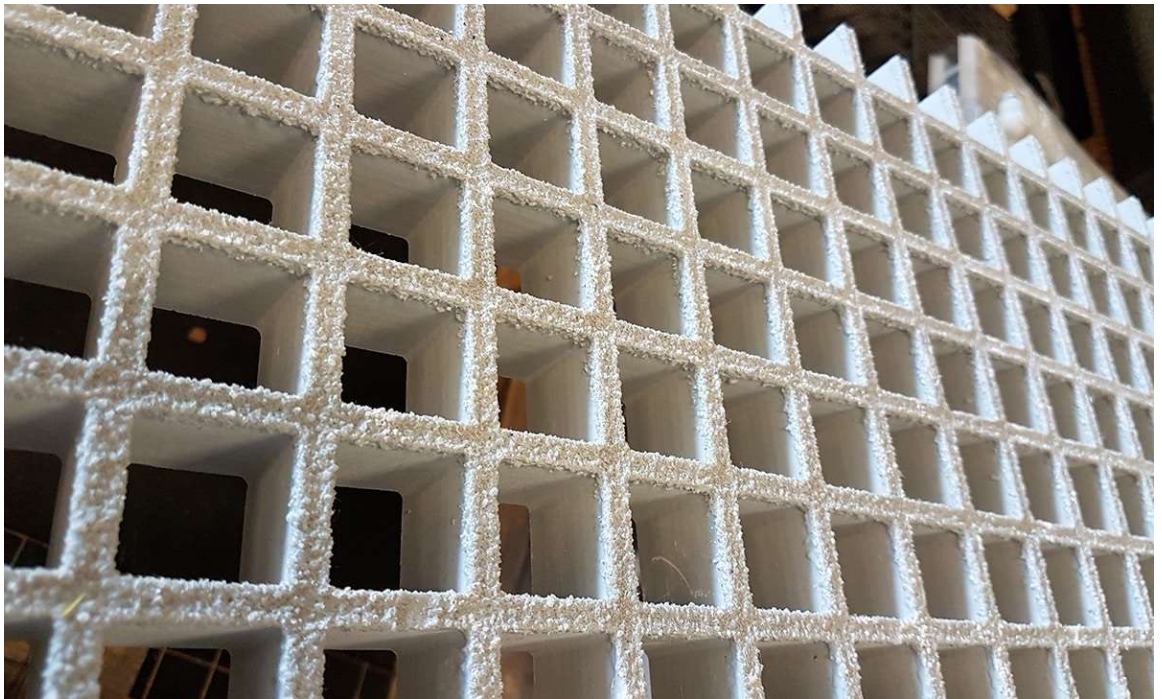
5.4 Kulkuväylät

Laitteiston jatkuvan toiminnan mahdollistaa hyvä käynnissäpito. Laitteisto tarvitsee jatkuvaa säännöllistä huoltoa, esimerkiksi tulostusmateriaalien lisäystä. Huollon mahdollistamiseksi ja laitteistolle pääsyn mahdollistamiseksi pitää ylläpidettävien kohteiden olla ergonomisesti ja työturvallisesti saavutettavissa. Robottisolun säännöllistä huoltoa vaativien kohteiden ollessa maan tasolta saavuttamattoman korkealla pitää kohteeseen pääsemiseksi toteuttaa työskentelytasot (kuva 12).



Kuva 12 Robottisolun kulkutasot, luonnos mallinnettu Visual components:lla

Kulkutasojen pintamateriaali valitaan kohteeseen soveltuvaksi ja kestäväksi ympäristön rasituksesta. Laitteiston ollessa sisätiloissa, missä tasot altistuvat lopputuotteen pölylle, hyvänä vaihtoehtona työtasojen ja portaiden tasomateriaaleiksi ovat esimerkiksi lasikuituritulät (kuva 13) [22]. Terärafame Oy:lla akkukemikaalitehtaan alueella on käytössä lasikuituritulät myös muissa tuotantotiloissa.

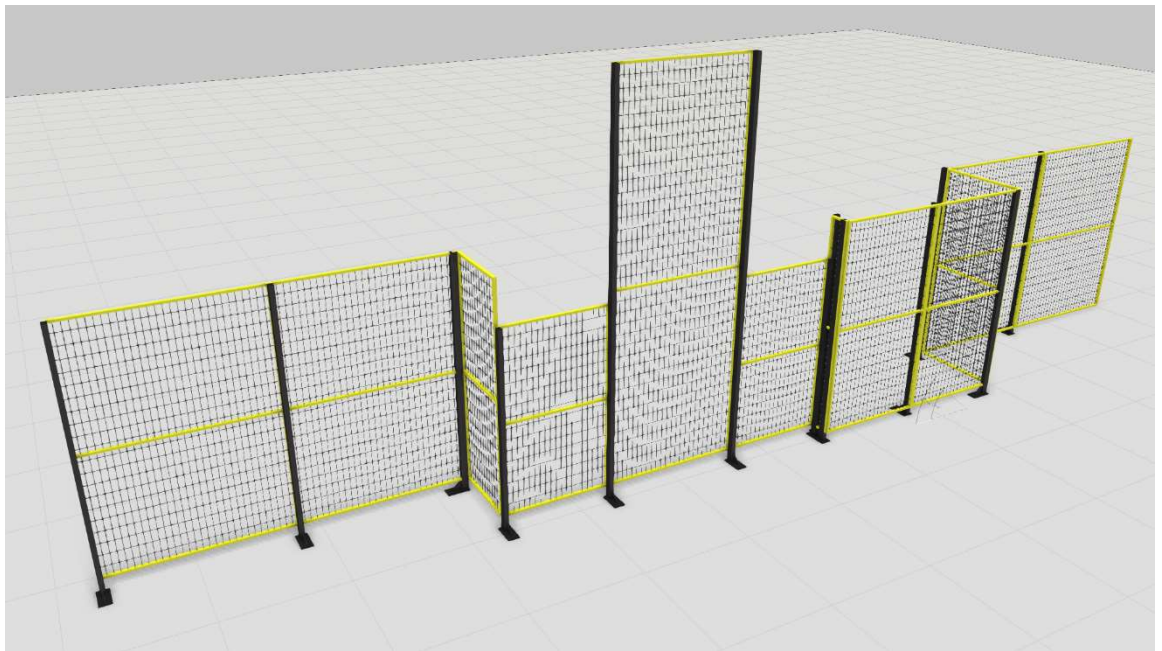


Kuva 13 Lasikuituritilä, Suomen Teräsritilä Oy [23]

5.5 Laitesuojat

Laitteisto toimii osana automaattivarastoa, jonka sisälle tahattomasti pääseminen varaston toiminnan aikana estetään turvallisuussyistä. Varasto toimii täysin itsenäisesti ja on ympäröity konesuojaverkoilla ja turvavaloverhoilla. Laitesuojaverkko ohjaa varastossa liikkumisen turvallisia kulkuväyliä pitkin ja estää tahattoman pääsyn laitteiston toiminta-alueelle. Alueilla, missä tuotelavat liikkuvat varastoon ja sieltä pois, tahaton kulku on estetty turvavaloverhoilla. Robottisolun laitteiston ollessa osana varaston laitteistoa vaatii se työturvallisuuden takaamiseksi konesuojaverkon ympärilleen (kuva 14).

Kiinteille suojuksille konedirektiivissä määritellään erityisvaatimukset, niiden kiinnitysjärjestelmät ovat avattavissa tai irrotettavissa vain työkaluilla, kiinnitysjärjestelmien tulee pysyä kiinni suojuksissa tai laitteessa irrotettaessa ja tavoitteena on, että suojarakenne ei pysy paikallaan ilman kiinnittimiään [24.].



Kuva 14 Robottisolun laitesuojaverkko, luonnos mallinnettu Visual components:lla

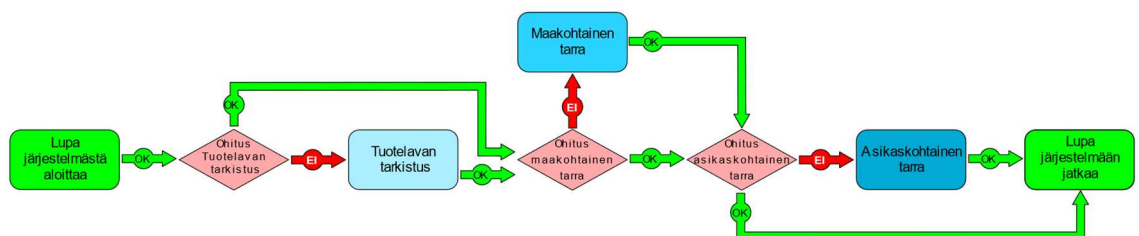
Konesuojaverkkoja valmistaa useampi valmistaja ja ne on suunniteltu moduuleista, millä varmistetaan rakenteiden soveltuvuus ja muunneltavuus kuhunkin laitesuojatarpeeseen soveltuvaksi. Varastossa on käytössä Troaxin valmistama laitesuojaverkkojärjestelmä (kuva 15) [25].



Kuva 15 Troax Nordic AB -laitesuojaverkot[26]

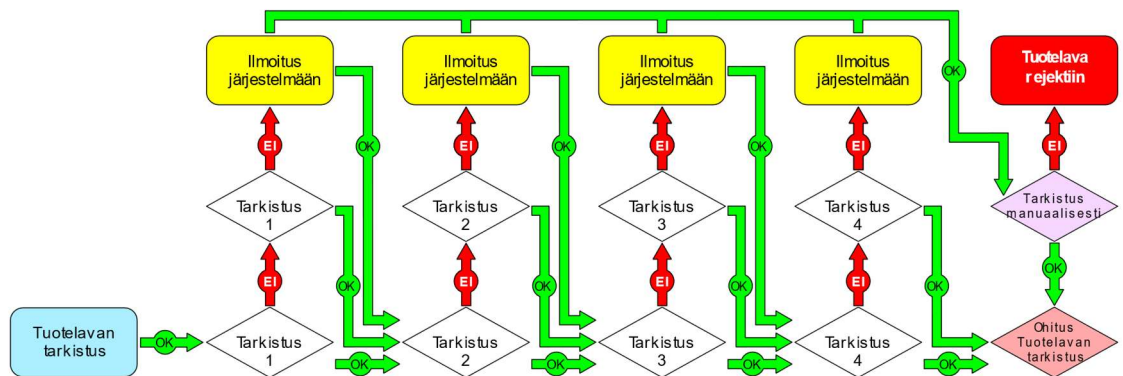
5.6 Etiketöinnin prosessi

Etiketöinnin prosessissa aloitusta ohjaa varaston automatiikka. Kun tuotelavat saavuttavat etiketöinnille määritellyn position, saa etiketöintilaitteisto aloitusluvan. Etiketöintiprosessissa on aliprosesseja, jotka voidaan halutessa ohittaa. Ohitusmahdollisuus on käytettävissä tilanteisiin, missä eri aliprosesseja ei esimerkiksi tarvitse halutun tuote-erän kohdalla toteuttaa (kuva 16). Omina aliprosesseinaan ovat tuotelavan tarkistus, maakohtaisten tarrojen sekä asiakaskohtaisten tarrojen liimaukset.



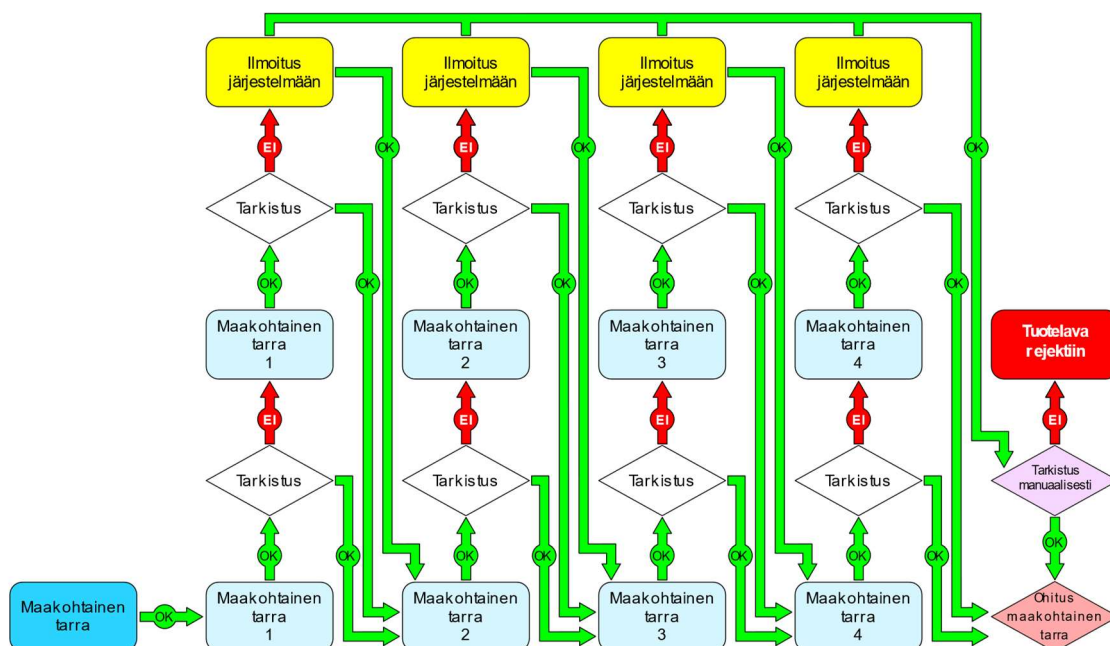
Kuva 16 Etiketöinnin prosessi

Tuote-erän tarkistamisella aliprosessissa varmistetaan, että etiketöintiin ovat tulleet oikeat tuotelavat ja niiden merkinnät täsmäävät tilaukseen tulneiden järjestelmässä olevien tietojen kanssa. Tarkistus etenee tuotesäkkikohtaisesti. Mahdollisesta luennasta johtuvasta virheestä tai vääristä tuotesäkeistä tulee ilmoitus, joka estää prosessin etenemisen seuraavaan vaiheeseen. Tarkistus virheiden osalta on suoritettava manuaalisesti ja jos kaikki on kunnossa, voidaan antaa lupa jatkaa seuraavaan prosessiin. Jatkamislupa tulee vain, kun kaikki ehdot prosessin etenemisen täyttyvät. Manuaalisessa tarkistuksessa voidaan vielä esimerkiksi tulostaa ja kiinnittää uudet mahdollisesti puuttuvat etiketit ja näin saada etenemisen ehdot täytettyä tai korjata mahdollinen lukuvirheen tuottama tekninen ongelma. Vaihtoehtoisesti tarkistuksessa voidaan siirtää tuotelavat poistoon rejektin kautta (kuva 17).



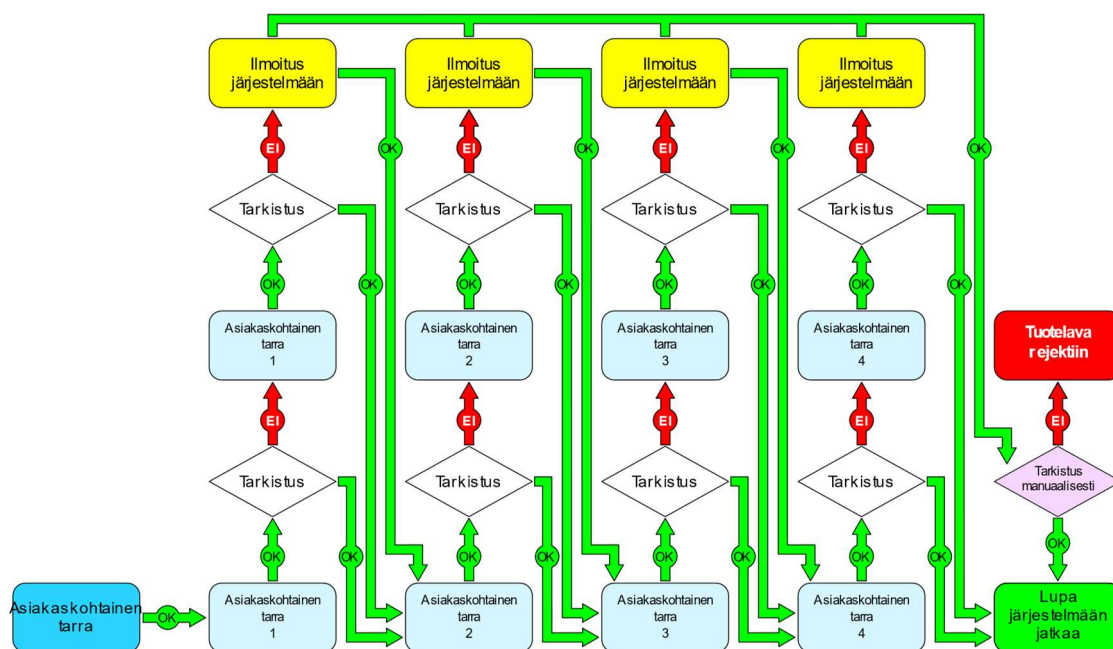
Kuva 17 Tarkistusprosessi

Kun jatkamisen ehdot täyttyvät, maakohtaisen etiketöinnin aliprosessi voi aloittaa. Etiketöinti etenee jokaisen tuotesäkin kohdalla samankaltaisesti. Prosessissa liimataan maakohtainen tarra, joka tarkistetaan, mikäli ensimmäinen yritys epäonnistuu ja tarran tarkistuksesta tulee virhe, liimataan tarran kopio uudestaan ja tarkistetaan. Toisen tarran tarkistuksen epäonnistuttua tulee ohjausjärjestelmään virheilmoitus ja jatketaan prosessissa seuraavan maakohtaisen tarran liimaukseen. Virheilmoitus ei estä seuraavan tarran liimausta, mutta estää tarroituksen etenemisen seuraavaan aliprosessiin pääprosessissa ja velvoittaa manuaaliseen tarkistukseen. Manuaalisessa tarkistuksessa voidaan korjata mahdolliset virheet tarrojen liimauksessa ja antaa lupa virheiden korjauksen jälkeen prosessissa etenemiseen tai poistaa tuotelavat rejektin kautta (kuva 18).



Kuva 18 Maakohtaisen etiketöinnin prosessi

Asiakaskohtaisen tarroituksen aliprosessi on saman sisältöinen tarroituksen osalta kuin maakohtaisen tarran aliprosessi (kuva 19). Erona maakohtaisen tarran aliprosessiin on, että asiakastarroituksen jälkeen etiketöintiprosessi antaa varastolle luvan jatkaa.



Kuva 19 Asiakaskohtaisen etiketöinnin prosessi

6 Johtopäätökset ja pohdinta

Projektin lopputuloksena tilaajalle saatiin suunniteltua tavoitteiden mukainen etiketöintisolu, jonka toiminta palvelee tilaajan tuotannon loppupään kehittämistä. Projektissa simuloitiin uuden laitteiston soveltuvuutta olemassa olevaan laitteistoon sekä luotiin kokonaisuus, jonka avulla voidaan projektia viedä eteenpäin mahdolliseen investointivaiheeseen asti. Automaation lisääminen käsityövaiheita sisältävään työvaiheeseen mahdollistaisi työresurssien hyödyntämistä siellä, missä siitä on suurempi hyöty.

Projektin haasteina olivat rajallinen jo olemassa oleva tila, missä etiketöintisolu tuotannollisesti on järkevin sijoittaa. Käytössä oleva laitteisto on suunniteltu ja toimivaksi todettu nykyiselle toimintamallille. Uuden toiminnon lisääminen vanhaan luo omat epävarmuustekijänsä laitteiston ja ohjelmistojen toimintojen kommunikoinnin yhteensovittamisessa. Uusien laitteiden toiminnot ja liikeradat ovat kuitenkin mallinnettavissa ja todennettavissa tuotannonsimulointiohjelmistoilla. Ohjelmistoilla luotu simulaatio luo kuvan järjestelmän toiminnoista sekä mahdollisuuksista. Laitteiston mahdolliset haasteet sekä rajoitteet on hyvä pystyä todentamaan ja korjaamaan simulaatiossa ennen kuin laitteistoon aletaan investoida.

Simulaation luomisen aikana todettiin kokonaisuusien luonnostelun mahdollisuudet simulaatiossa. Eri variaatioiden ja kokonaisuusien luonnostelu sekä niiden vaikutukset näkyivät heti simulaation toiminnassa. Simuloinnin hyödyntäminen nopeutti suunnitteluprosessia merkittävästi ja muutokset, joilla etiketöintisolun käytettävyys sekä huollettavuus paranivat, olivat helpot toteuttaa simuloinnin avulla.

Lähdeluettelo

1. Tuotteemme matka - Terrafame [Internet]. [cited 2023 Jan 9]. Available from: <https://www.terrafame.fi/tuotteemme/tuotteemme-matka.html>
2. Strategia - Terrafame [Internet]. [cited 2023 Jan 9]. Available from: <https://www.terrafame.fi/yritys/strategia.html>
3. ICSC 1127 - KOBOLTTISULFAATTI [Internet]. [cited 2023 Jan 9]. Available from: https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=fi&p_card_id=1127&p_version=2
4. ICSC 0063 - NIKKELI(II)SULFAATTI [Internet]. [cited 2023 Jan 9]. Available from: https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=fi&p_card_id=0063&p_version=2
5. Merkinnät | Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) [Internet]. [cited 2023 Jan 9]. Available from: <https://tukes.fi/kemikaalit/clp-luokitus-merkinnat-ja-pakkaaminen/merkinnat#ae9d2b6e>
6. REACH-asetus | Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) [Internet]. [cited 2023 Jan 17]. Available from: <https://tukes.fi/kemikaalit/reach/reach-asetus#ae9d2b6e>
7. CLP-asetus | Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) [Internet]. [cited 2023 Jan 17]. Available from: <https://tukes.fi/kemikaalit/clp-luokitus-merkinnat-ja-pakkaaminen/cpl-asetus#ae9d2b6e>
8. Mallietiketti, aine. [cited 2023 Feb 19]; Available from: <https://tukes.fi/kemikaalit/clp-luokitus-merkinnat-ja-pakkaaminen/merkinnat#229e0296>
9. Varoitusetikettien ja varoitusmerkkien vähimmäiskoot | Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) [Internet]. [cited 2023 Jan 17]. Available from: <https://tukes.fi/kemikaalit/clp-luokitus-merkinnat-ja-pakkaaminen/kemikaalien-merkinnat/kokovaatimukset>
10. METSTA, Matti S. Artikkelisarja turvallisen koneen suunnittelusta Osa 4: Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnittelu. 2019;42–3.
11. ISO 15534-3:2000, Ergonomic design for the safety of machinery — Part 3: Anthropometric data. 2000;
12. SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2010.
13. SFS-EN ISO 14122-2:2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 2: Työskentelytasot ja kulkutasot. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2016;
14. SFS-EN ISO 14122-1 Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 1: Pääsytien valinta ja yleiset vaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2016;
15. SFS-EN ISO 14122-3:2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 3: Portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2016;
16. Visual Components - 3D manufacturing simulation software [Internet]. [cited 2023 Feb 19]. Available from: https://www.visualcomponents.com/?utm_term=visual%20components&utm_campaign=VC_SEM_TIER2_2022_BRAND&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=4050884639&hsa_cam=17360921457&hsa_grp=136450261839&hsa_ad=600992204353&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-302230876709&hsa_kw=visual%20components&hsa_mt=e&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=Cj0KCQi-ArsefBhCbARIsAP98hXT39SK2sxs2PjHxZhajv-oJhG5nP8otSWrZPz0bKz4hcgV42FcVgoaAi-YKEALw_wcB
17. All in one Workspace Solution for Secure Access to Apps and Data - Citrix [Internet]. [cited 2023 Feb 19]. Available from: <https://www.citrix.com/>
18. Onshape | Product Development Platform [Internet]. [cited 2023 Feb 19]. Available from: <https://www.onshape.com/en/>

19. SFS-EN ISO 13849-1 Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. 2015;
20. e-Series e-Series. Built to do more. From Universal Robots.
21. KLINGER Finland labelling robot with Ventus label applicator and Epson C6500PCe - YouTube [Internet]. [cited 2023 Mar 20]. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=AtKg_qVKEpE&t=19s
22. STR-Lasikuituritulät [Internet]. Available from: www.str.fi
23. Ritulät - Laadukkaat tuotteet nopealla toimitusajalla - Suomen Teräsritilä Oy [Internet]. [cited 2023 Mar 20]. Available from: <https://www.str.fi/ritilat/>
24. EPNDir 2006/42/EY koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta 17.5.2006 (koneidirektiivi) EPNDir 2006/42/EY | Tukes [Internet]. [cited 2023 Mar 21]. Available from: <https://tukes.edilex.fi/sv/eu-lainsaadanto/32006L0042/fi>
25. Troaxin koneturvajärjestelmät on suunniteltu teollisuuden automaatio- ja robotiikkajärjestelmiin. [Internet]. [cited 2023 Mar 29]. Available from: <https://www.hexaplan.fi/konesuojaverkot-smart-fix>
26. Brochure - Machine Guarding_FI_1.pdf [Internet]. Available from: www.troax.com