

ROBOTIN LAVAUSSOLU

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Mekatroniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Vesa Utela

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

UTELA, VESA:

Robotin lavaussolu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö, 20 sivua

Kevät 2018

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli toimia osana projektiryhmää, jonka työtehtävänä oli toimittaa asiakkaan tilaama robottisolun. Projekti sisälsi kaiken robottiaseman suunnittelusta luovutukseen. Opinnäytetyössä käydään vaiheittain projektin töitä läpi keskittyen omaan rooliin projektin sisällä, johon kuului isoimpina osa-alueina mekaaninen suunnittelu, dokumentaatio ja riskianalyysi.

Työhön kuului robotin lisälaitteiden mekaaninen suunnittelu, robottisolun sisään tulevien koneiden sijoittelun suunnittelu sekä järjestelmän dokumentointi. Mekaniikkaosien ja koneiden sijoittelun suunnittelussa käytettiin Solidworks-ohjelmaa. Asennetusta robottisolusta laadittiin käyttö- ja huolto-opaat sekä tehtiin riskiarvio.

Työn tuloksena asiakkaalle saatiin valmistettua täysin automaattisesti toimiva lavaussolu. Lavaussolussa robotti pinoaa puisia kappaleita kuormalavoille useaan eri riviin ja kerrokseen. Lavauksen jälkeen täysi lava ajetaan kuljettimella solusta ulos välivarastoon. Lisäksi työn tuloksena Imatrox oy:n dokumentaatiopohja tehtiin uusiksi.

Asiasanat: robotti, automaatio, lavaus

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

UTELA, VESA:

Robot palletizing cell

Bachelor's Thesis in mechanical and production engineering 20 pages

Spring 2018

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to work as part of a project group whose main job was to provide a robot cell to the customer. The project included everything from designing a robot cell to handing it over to the customer. This thesis contains the phases of the project and focuses on my own role in the project which included mechanical designing, documentation and risk analysis.

The work included mechanical designing of the additional devices of robot cell, designing the layout of the robot cell and documenting the project. Solidworks program was used to design the mechanical parts and the layout of the cell. Documentation and risk analysis were made from the finished robot cell.

As a final result of this study, the customer got a finished robot palletizing cell which works completely automatically. In this palletizing cell the robot places wooden objects on pallets in multiple rows and layers. When the pallet is full, the conveyor drives the finished pallet out of the cell in to a warehouse. Additionally, as a result of this study, the documentation base of Imatrox Oy was updated.

Key words: robot, palletizing, automation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TEOLLISUUSROBOTIT	2
2.1	Yleistä teollisuusroboteista	2
2.2	Robottityypit	2
2.3	Yleisimpiä käyttökohteita robotille	4
2.4	Robotteja koskevat säädökset	4
3	SOLUN SUUNNITTELU	6
3.1	Lähtökohdat	6
3.1.1	Robottimallin valinta	6
3.1.2	Robottisolun layout	6
3.2	Mekaaninen suunnittelu	8
3.3	Suunnitelmien testaus ja simulointi	9
4	ASENNUS	11
4.1	Fyysinen asennus	11
4.2	Testaukset, ohjelmointi ja käyttäjien koulutus	12
5	DOKUMENTOINTI	14
5.1	Dokumenttien esittely	14
5.2	Käyttö-, huolto- ja turvallisuusohjeet	14
5.3	Työpiirustukset	14
5.4	Laite-esittely, layout sekä varaosalista	15
5.5	Riskiarvio	15
6	YHTEENVETO	18
	LÄHTEET	20

1 JOHDANTO

Imatrox Oy on pieni lahtelainen yritys, jonka päätoimikuvana on Kuka-robottien jälleenmyynti, asennus ja huolto. Robottien asennukseen kuuluu aina myös robotin ympäristön ja lisälaitteiden suunnittelu ja rakentaminen kyseistä laitteistoa koskevien turvamääräysten mukaisesti.

Tässä opinnäytetyössä tuotetaan Imatrox Oy:n asiakkaan tilaaman robotisolun suunnitelma, asennus, dokumentointi sekä turvallisuuteen liittyvä riskiarvio. Työ on osa projektia, jossa työskenteli useita henkilöitä. Robottisolun asennettiin asiakkaan toimitiloihin ja annettiin tarpeen mukainen käyttö- ja turvallisuuskoulutus.

Projekti alkoi robottisolun tehtävän määrittelyllä. Robotin tehtävänä oli lavata maalaus koneelta tulevat puiset kappaleet lavalle useaan riviin sekä useaan kerrokseen. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan oman työni osuutta projektissa, johon kuului robottisolun mekaaninen suunnittelu, asennus sekä dokumentaatio. Työn tarkoituksena oli valmistaa solun sisälle tulevien koneiden sijoittelusuunnitelma, itse kasattavien osien mekaaniset työpiirustukset, käyttö- ja huolto-ohjeet sekä riskiarvio. Dokumentteja ei ole liitetty tähän työhön yrityssalaisuuksien vuoksi.

Opinnäytetyön kohde oli mielenkiintoinen. Aikaisemmasta työkokemuksesta mekaanisten osien valmistuksessa oli hyötyä suunnitelmia tehdessä.

2 TEOLLISUUSROBOTIT

2.1 Yleistä teollisuusroboteista

Robotti on automaattinen mekaaninen laite. Robotin määritelmä tulee laitteen toimintatavasta.

”Kansainvälisen robottiyhdistyksen määritelmän mukaan robotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen vähintään kolminivelinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi teollisuuden sovelluksissa.” (LAMK 2016)

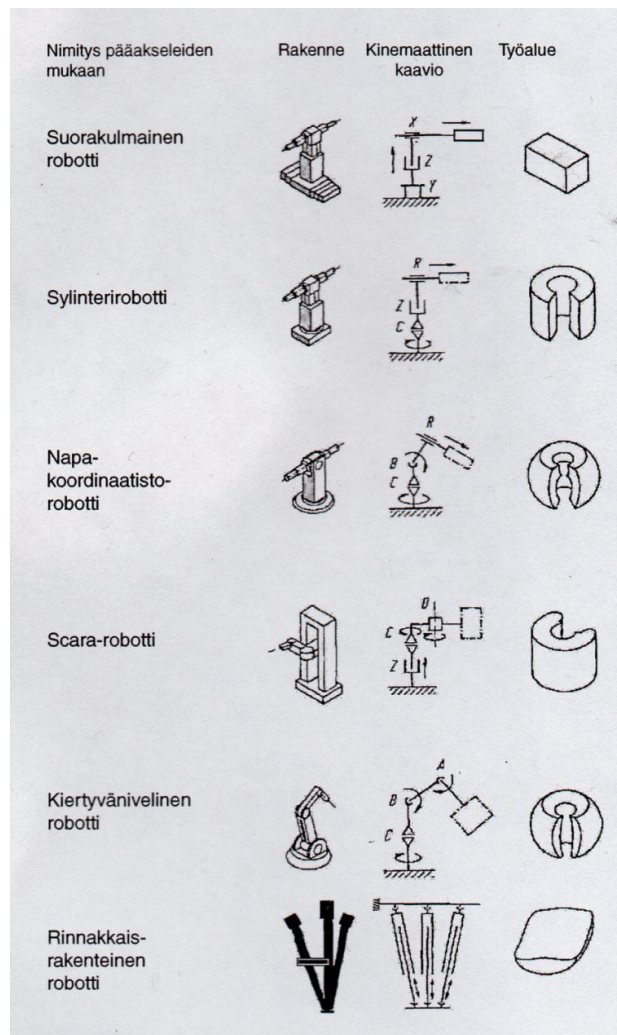
Robotteja käytetään teollisuudessa laajasti tekemässä ihmiselle yksitoikkoisia tai ihmisen terveydelle vaarallisia töitä. Robotit ovat monikäyttöisiä laitteita, ja niihin on saatavilla erilaisia työkaluja, joiden avulla robotin käyttötarkoitusta voidaan muuttaa. Isoimmat robotit voivat käsitellä yli tuhatkilon hyötykuormaa. Koska robotit liikkuvat nopeasti ja ovat voimakkaita, ne voivat aiheuttaa väärinkäytettyinä vaaran terveydelle. Robottien turvallisuudesta on annettu määräyksiä konedirektiivissä 2006/42/EY (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2015).

2.2 Robottityypit

Robotit koostuvat useista eri akseleista. Robottityypistä riippuen akselit voivat olla pyöriviä tai lineaarisia (kuva 1). Akseleiden määrä ja tyyppi ratkaisevat vapausasteiden määrän. Perinteisellä kuusiakselisella kiertyvänivelisellä robotilla on kuusi vapausastetta, jolla voidaan esittää kaikki avaruuden sijainnit ja orientaatiot. Robottien nivelten liikealueet rajaavat kuitenkin toiminnan tietylle alueelle sekä orientaatioille.

Robotit toimivat niille annetun ohjelman mukaan. Robottiohjelmointikielet ovat valmistajasta riippuvaisia. Eri valmistajien käyttämät ohjelmointikielet voivat erota toisistaan huomattavasti. Saksalaisilla merkeillä, kuten Kuka ja ABB, on tekstipohjainen ohjelmointikieli, joka on lähempänä perinteistä

tietokoneen ohjelmointikieltä (esimerkiksi Python). Japanilaisilla merkeillä, kuten Motoman ja Fanuc, on valintoihin perustuva ohjelmointikieli, jossa ohjelmoija valitsee toimintoja ohjelman kirjoittamisen sijaan. Robotin ohjelma on helposti muutettavissa, jolloin robotin tehtävää tai toimintaa voidaan tarvittaessa muuttaa tai täydentää.



Kuva 1. Robottityypit (Kuivanen 1999, s. 12)

Opinnäytetyön robottityyppinä on kiertyvänivelinen robotti (Kuka KR 120 R3200 PA). Projektin robotissa on tavanomaisesta kiertyvänivelisestä robotista poiketen vain neljä akselia. Kyseinen robottityppi on tarkoitettu lavaukseen, joten robotin viimeinen akseli pysyy aina lattian kanssa samansuuntaisena. Kappaletta voidaan siis pyörittää ainoastaan korkeusakselin ympäri.

2.3 Yleisimpiä käyttökohteita robotille

Robotteja käytetään yleensä ihmisille yksitoikkisissa tai vaarallisissa töissä. Yksitoikkisessa työssä tehdään vain samaa toistoa ilman variaatiota. Projektin kohde on hyvä esimerkki tästä tapauksesta. Robotti sijaitsee tuotteen valmistuslinjaston päässä. Robotilla nostetaan valmiit tuotteet kuormalavalle lavauskuvion mukaisesti. Kun kerroksia on tarpeeksi, valmis lava ajetaan solusta ulos ja lavaus aloitetaan uudestaan. Robotin etuna on kyky työskennellä väsymättä ja kyllästymättä työhön. Työnteon turvallisuus ei vaarannu keskittymisen herpaantumisen johdosta.

Robotilla voidaan työskennellä olosuhteissa, jotka ovat ihmisen terveydelle vaarallisia. Esimerkiksi maalaustöissä robotti voidaan asentaa suljettuun koppiin maalattavan tuotteen kanssa, jolloin ihmiset eivät joudu suoraan kosketuksiin vaarallisten höyryjen kanssa. Opinnäytetyön kohteena ollut robotti lavaa tuotteita, joiden lavaus ei olisi ihmiselle ergonomista. Raskaiden kappaleiden jatkuva nostaminen eri asennoissa ja eri korkeudelle voi aiheuttaa vaaraa terveydelle. Robotti pystyy nostamaan väsymättä hyvinkin raskaita kuormia.

2.4 Robotteja koskevat säädökset

Laissa eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta (1016/2004, 4 §) säädetään, että 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 muulla tavalla riittävästi poistaa, on valmistuksessa käytettävä tarkoituksenmukaisia suojaustoimenpiteitä. Vaaroista ja haitoista on varoitettava tehokkaasti. Lain viidennen pykälän mukaan valmistajan tulee myös luotettavasti osoittaa teknisen laitteen vaatimustenmukaisuus, koota vaatimustenmukaisuuden osoittamista varten tekniset asiakirjat, laatia asianmukaiset käyttö- ja muut ohjeet sekä varustaa laite merkinnällä vaatimuksenmukaisuudesta.

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008, 5 §) säättää, että valmistajan on ennen koneen markkinoille saattamista ja käyttöönottoa varmistettava, että kone täyttää terveys- ja turvallisuusvaatimukset, varustettava kone tarvittavilla tiedoilla ja ohjeilla ja huolehdittava asianmukaisesta vaatimustenmukaisuuden arvioinnista. Asetuksessa (7§, 3 mom., 1. kohta) säädetään, että sen liitteessä IV mainittuun koneeseen, joka valmistetaan yhdenmukaistettujen, terveys- ja turvallisuusvaatimukset täyttävien standardien mukaisesti, voidaan soveltaa koneen sisäiseen tarkastukseen perustuvaa vaatimustenmukaisuuden arviointia.

EU:n konedirektiivi 2006/42/EY esittää vaatimuksia koneiden turvallisuudesta ja valmistamisesta (Suomen standardisoimisliitto 2015, 2). Koneen valmistajan on suoritettava koneen turvallisuussuunnittelu, mikä tarkoittaa koneen riskienarviointia ja riskin pienentämistä. Tältä pohjalta kone on suunniteltava ja rakennettava turvalliseksi. Suomen standardisoimisliiton (2015, 4) mukaan ainoastaan konedirektiivin liitteessä I esitettyjen vaatimusten täyttäminen on pakollista. Kun koneen valmistuksessa noudatetaan yhdenmukaistettuja standardeja konedirektiivin mukaisesti, katsotaan koneen automaattisesti olevan standardin vaatimusten mukainen.

Roboteille ei ole omaa turvallisuudirektiiviä, minkä vuoksi robottisolussa sovelletaan koneturvallisuudirektiiviä 2006/42/EY sen mukaan, mitä laitteita se sisältää. Lisälaitteet määrittelevät myös, mitä muita direktiivejä noudatetaan. Esimerkiksi jos robotin työkaluna käytetään laserleikkuria, tulee laserleikkaukseen kuuluvia direktiivejä noudattaa.

Opinnäytetyön kohteen robottisolun suunnittelussa noudatettiin yhdenmukaistettuja standardeja konedirektiivin SFS-EN ISO 12100 mukaisesti. Standardissa esitetään kolmiportainen suunnittelumetodi: ensisijaisesti poistetaan vaaroja ja pienennetään riskejä, lisäksi käytetään suojausteknisiä toimenpiteitä ja annetaan käyttäjille tietoja vaaroista ja riskeistä. Direktiivin pohjalta robottisoluun tehtiin riskiarvio SFS-ISO/TR 14121-2-standardissa esitellyllä menetelmällä. (Suomen Standardisoimisliitto 2015, 6.) jonka avulla minimoitiin laitteiston riskit turvallisuudelle.

3 SOLUN SUUNNITTELU

3.1 Lähtökohdat

Työ alkoi asiakkaan tarpeesta saada tuotteen valmistuslinjan päähän automaattinen lavauslaite. Valmiit tuotteet tuli pinota kuormalavalle kerroksittain. Jokaisen kerroksen väliin tuli nostaa välirimat, jotta kappaleet eivät ole suoraan kosketuksissa toisiinsa.

Robottisolun todettiin tähän työhön parhaaksi vaihtoehdoksi. Robotilla pystyttiin toteuttamaan työssä tarvittavat toimenpiteet kustannustehokkaasti. Robottien hankintahinnat ovat pudonneet huomattavasti viimeisen 10 vuoden aikana niiden massatuotannon lisääntyttyä. Robotti on yleensä huomattavasti halvempi kuin työhön alusta lähtien suunniteltu kone, esimerkiksi lavaukseen rakennettu manipulaattori.

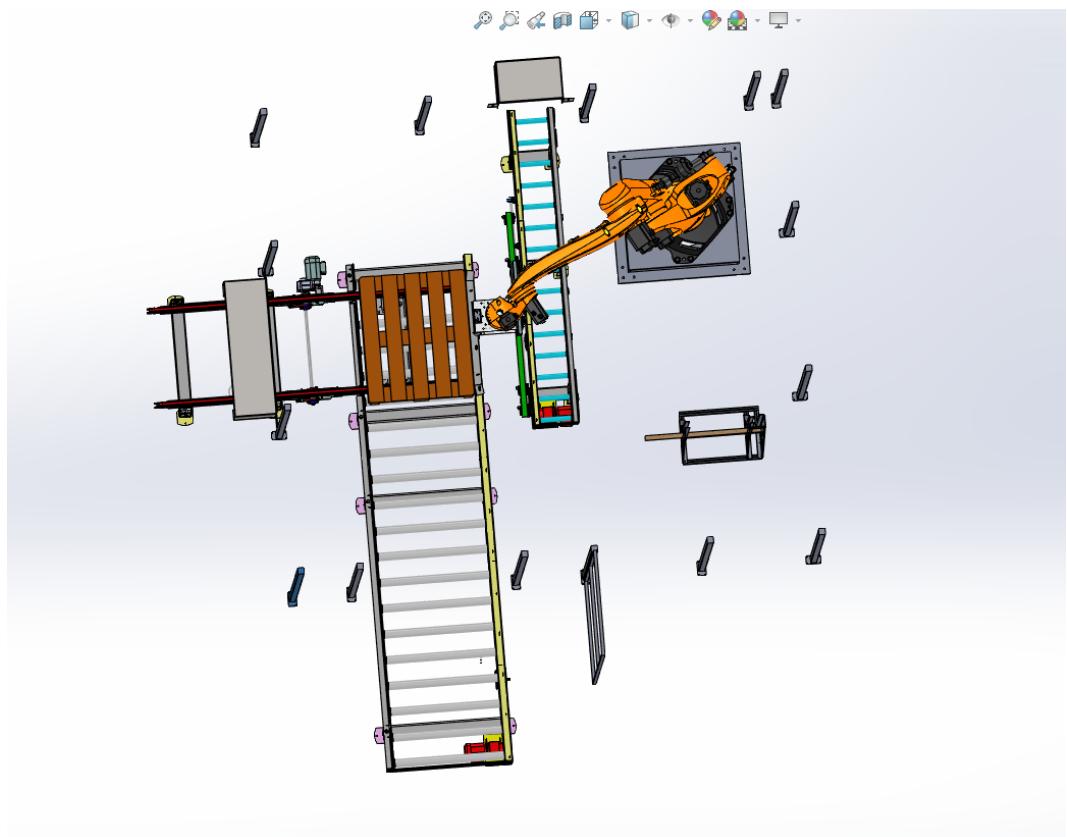
3.1.1 Robottimallin valinta

Solun suunnittelu aloitettiin valitsemalla sopivin robotti kyseiseen työhön. Robotiksi valittiin lavaukseen suunniteltu neliakselinen robotti, koska lavausroboteissa on saman kokoluokan kuusiakseliseen robottiin nähden hieman enemmän ulottuvuutta. Lavausrobotti on myös hieman kuusiakselista robottia edullisempi vaihtoehto. Robottivalintaan päädyttiin, koska kappaleiden orientaatiota ei tarvitse lavauksen aikana muuttaa.

3.1.2 Robottisolun layout

Layoutilla tarkoitetaan laitteiden sijoittelua solun tai tehtaan sisällä. Robottisolulle määriteltiin tehtaan layoutin mukaan alustava alue, johon solu voidaan asentaa. Alue varattiin tuotteen linjaston päästä, josta valmis kappale tulee viimeiseltä koneelta ulos. Tehtaan kulkukäytävä määräsi robottisolun paikan, koska robottisolua ei voitu asentaa kulkukäytävän päälle. Robottisolulle määriteltiin alustava tilantarve, jolla varmistettiin se, että solu pystytään sijoittamaan sille varatulle alueelle tehtaalla.

Solun sisälle hahmoteltiin tarvittavat kuljettimet. Tehtaassa jo olevan maa-
lauskoneen kuljetinta jouduttiin jatkamaan, jotta robotti saatiin sille varatul-
le alueelle. Solun sisälle tarvittiin vielä lavakuljetin, jota pitkin valmiit lavat
ajetaan solusta ulos ja otetaan tyhjät lavat soluun sisään. Lavakuljettimes-
sa päädyttiin ristikuljettimeen. Kuljetintoimittaja suunnitteli kuljettimet an-
nettujen tietojen perusteella. Kuljettimista saatiin myös 3D CAD -mallit.
Malleja hyödyntäen suunniteltiin solun tarkempi layout (kuva 2) So-
lidworks-ohjelmalla. Solun layoutissa laskettiin robotin ulottuman ja vara-
tun alueen mukaan laitteiden tarkat asennuspaikat. Robotin tuli ylettää
lavaamaan kaikki kappaleet ja hakemaan välirimat, eikä robottisolu saanut
olla sille varattua aluetta isompi. Laitteiden asettelun jälkeen soluun suun-
niteltiin suoja-aidat.

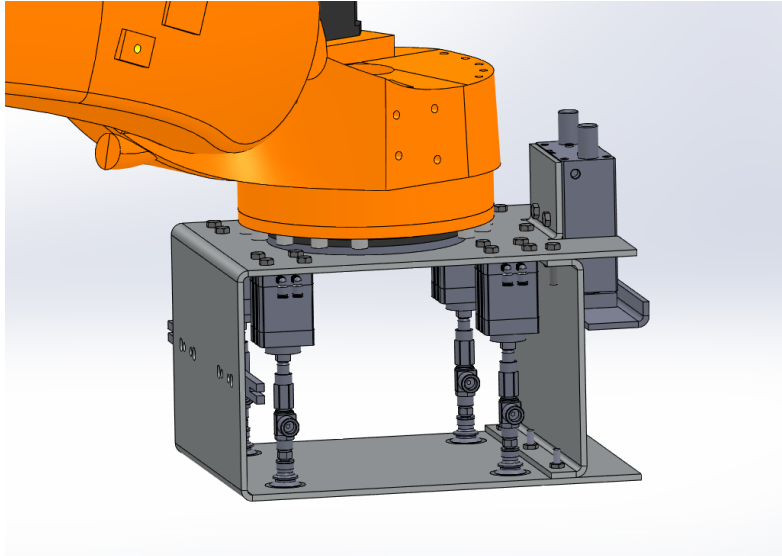


Kuva 2. Layout

3.2 Mekaaninen suunnittelu

Mekaanisten laitteiden suunnittelussa ja piirtämisessä käytettiin Solidworks-ohjelmaa. Ohjelmalla pystytään luomaan tietokoneelle kolmiulotteisia osia. Osista voidaan tehdä työpiirrustuksia sekä luoda yksittäisiä osia yhdistämällä isompia osakokoonpanoja. Osakokoonpanoissa osat on liitetty toisiinsa määrätyn vapausastein. Osat voidaan lukita toisiinsa määrättyllä tavalla tai niiden liikkeille voidaan antaa rajoituksia, joiden avulla osat voivat liikkuvan annettujen rajojen sisällä. Osakokonaisuuksien keskinäistä toimintaa voidaan rajoitetusti tutkia ohjelman sisällä. Kun liikutetaan osakokoonpanoja ohjelman avulla, pystytään arvioimaan laitteiston toimivuutta. Esimerkiksi sylinterin liikettä voidaan simuloida ohjelman sisällä, jotta voidaan varmistua, ettei sylinteri osu mihinkään liikkeen aikana.

Välirimojen teline ja robotin työkalu suunniteltiin Solidworksilla itse. Laitteiden teräslevyosat tilattiin levytoimittajalta työkuviin perusteella laserleikatuna ja taivutettuina. Robotin työkaluksi tarvittiin tarttuja, jolla nostetaan tuote kuljettimelta lavalle, sekä välirimat tuotekerrosten väliin. Tuotteeseen tarttumista varten tarttujaan (kuva 3) suunniteltiin sylinterin avulla toimiva mekaaninen puristin ja välirimojen nostoa varten sylintereillä liikkuvat imu-kupit. Sylintereinä käytettiin paineilmatoimisia tuotteita. Tarttujan rungon suunnittelua auttoi toimilaitteiden valmistajan verkkosivuilta ladattavat 3D CAD-mallit. CAD-mallit pystyttiin tuomaan Solidworks-ohjelmaan. Niiden avulla sylinterien kiinnityskohdat voitiin mallintaa tarttujan runkoon suoraan sylinterin CAD-mallista. Tarttujan taivutettavan metallirungon muoto ja koko määräytyi siihen kiinnitettävien toimilaitteiden asetteluun mukaan.



Kuva 3. Tarttuja solidworksissa

Tuotteen tartunnassa tarvittiin puristuksessa pinta-alaa, jottei tuotteisiin kohdistu puristaessa niin suuri paine, että tuotteeseen jäisi jälkiä. Imukupit ja niitä ulostyöntävät sylinterit asetettiin riittävän etäälle toisistaan, jotta kappaleen painopiste jää helpommin imukuppien väliin ja paineilmatoimiset laitteet on helpompi asentaa. Välirimojen telineen tuli olla malliltaan tukeva ja tarttujan piti mahtua nostamaan rimat telineen tukirakenteiden välistä.

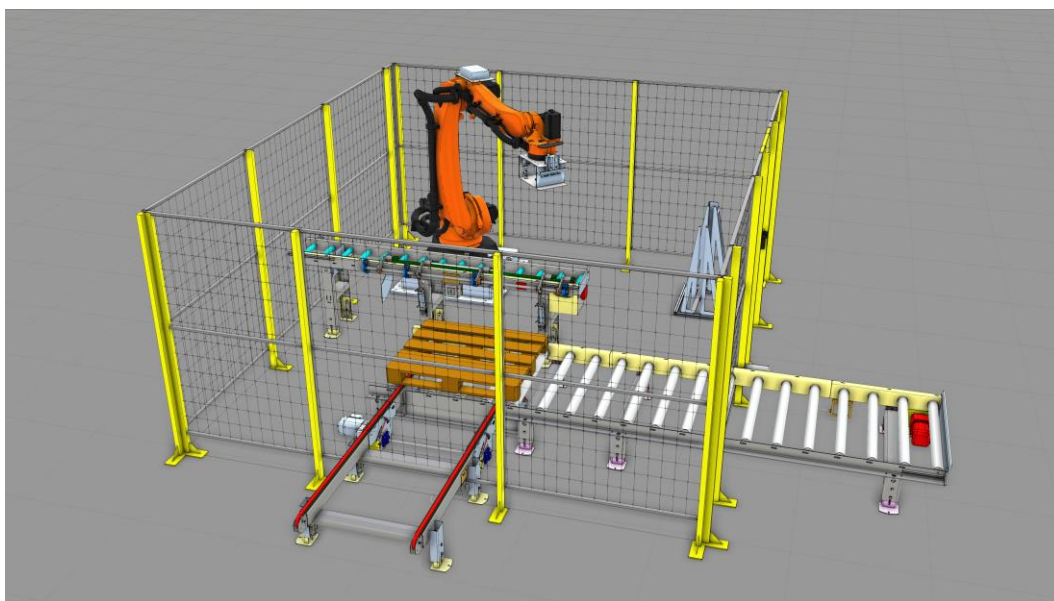
Kuljettimia ei suunniteltu itse, vaan ne tilattiin kuljetintoimittajalta. Kuljettimien määritykset käytiin toimittajan kanssa läpi ja suunnittelutyöhön päästiin vaikuttamaan. Kappaleen nosto kuljettimelta oli ongelma, joka suunnittelussa oli ratkaistava. Robotin työkalusta ei saatu järkevästi sen kokoista, että se olisi mahtunut kuljettimen rullien väliin. Kuljettimessa päädyttiin paineilmatoimiseen kappaleen nostavaan kääntölaitteeseen. Näin robotti pääsi nostamaan kappaleen kuljettimelta.

3.3 Suunnitelmien testaus ja simulointi

Osien yhteensopivuus ja liikeradat tarkistettiin ensin Solidworks-ohjelmalla. Tarkistukseen kuului robotin liikkeiden hahmotelma, tartuntapaikkojen ja -kohtien esteettömyys sekä muiden liikkuvien osien liikkeiden tarkistus. Robotin liikkeiden ulottuman tarkastelussa jouduttiin jättämään So-

lidworksissa hieman ylimääräistä tilaa, koska Solidworksissa ei ole robotin akseleiden liikerajoja eikä robotin liikuttaminen onnistu ohjelmassa täysin luontevasti. Layout-asettelu sekä tarttuja todettiin toimivaksi. Mekaaniset osat tilattiin vasta kun kaikki solun tehtävät vaikuttivat suunnitelluilla mekaanisilla osilla mahdollisilta.

Solun toiminnasta on jälkikäteen tehty myös simulaatio Kuka.Sim-ohjelmalla (kuva 4). Kuka.Sim on tarkoitettu robotin toiminnan simulointiin. Ohjelmassa on oikeat robotin nopeudet sekä liikerajoitteet. Ohjelma perustuu suomalaisen Visual Componentsin simulointiohjelmaan. Ohjelmalla voidaan simuloida robotin lisäksi muidenkin laitteiden toimintaa ja laitteiden toimintoja voidaan yhdistää, jolloin voidaan simuloida koko solun toiminta.



Kuva 4. Simulointi Kuka.Sim -ohjelmalla

4 ASENNUS

4.1 Fyysinen asennus

Robottisolun asennuspaikkana oli tehdas Pyhännällä. Tehtaassa työskentelee noin 20 henkilöä. Tehtaassa oli valmis tuotelinjasto, jonka päähän robottisolu asennettiin. Tehtaan asennusolosuhteet olivat robotille hyvät. Tehdashalli oli kuiva ja lämmin. Tehdashallissa oli myös paksu betonilattia.



Kuva 5. Robotti Lahdessa. Lavauksessa käytetty robotti kuvassa vasemmalla

Robotin toiminta tarttujan kanssa testattiin ensin Imatroxin toimitiloissa Lahdessa (kuva 5). Laitteistosta testattiin tärkeimmät laitteet ennen laitteiston asennusta asiakkaan tiloihin.

Fyysinen asennus asiakkaan tiloihin aloitettiin asettamalla solun pääkomponentit layoutissa määrätyille paikoille. Robotin liikkuvien massojen takia jouduttiin robotin jalusta kiinnittämään kiila-ankkurein betonilattiaan ennen robotin liikuttamista. Muiden komponenttien kiinnittäminen lattiaan tehtiin vasta ulottuvuuksien varmentamisen jälkeen.

Solun toimilaitteiden sähköistäminen toteutettiin sähköpiirustusten mukaan. Solun kuljettimien kylkeen porattiin kiinnikkeitä antureille, joilla tarkkaillaan solun laitteiden toimintaa ja kappaleen kulkua. Sähköistyksen yhteydessä säädettiin kuljettimien moottoreiden taajuusmuuttajat. Taajuus-

muuttajien ansiosta solun kuljettimien moottorit pystyttiin säätämään haluttuun nopeuteen. Solun sisään tulevan tuotteen kuljettimesta jouduttiin säätämään kappaleen kääntäjän lapojen paikkoja ja nostonopeutta, jotta kappale saatiin pysymään käännössä kääntäjän kyydissä.

Soluun asennettiin verkkoaidat, joilla rajattiin soluun pääsyä ja suojattiin käyttäjiä (kuva 6). Verkkoaitoja jouduttiin vielä paikkaamaan riskiarvioinnin yhteydessä todettujen vaarojen takia. Turva-aidat olisi päässyt ohittamaan ryömimällä viereisen maalaus koneen alta. Myös tyhjän lavan sisään tulevan kuljettimen alta olisi mahtunut ryömimään soluun sisään. Näihin kohtiin lisättiin turva-aidat. Viimeiseksi soluun asennettiin varoituskyltit. Riskiarviossa todettiin, että varoituskyltit parantavat käyttäjien turvallisuutta.



Kuva 6. Robottisolun lähes valmiina

4.2 Testaukset, ohjelmointi ja käyttäjien koulutus

Laitteita testattiin ensin osa kerrallaan, jotta voitiin varmistua, että ne toimivat oikein. Laitteiden yksittäisen testauksen jälkeen ajettiin laitteistoa yksinkertaisella ohjelmalla. Laitteistoon jouduttiin tekemään pieniä säätöjä havaintojen perusteella. Kappaleet ketjuttuivat sisään tulevalla kuljettimella, jolloin kappaleen kääntölaitteen toiminta ei ollut aina optimaalista. Laitteistoon suunniteltiin ja tilattiin mekaanisia paineilmasylinterien avulla toi-

mivia kappaleen pysäyttimiä, jotta kappaleiden kulku nostopaikalle saatiin varmemmaksi ja kappaleet saatiin eroteltua toisistaan. Lopullista käyttäjävälisestä ohjelmaa alettiin kirjoittamaan, kun laitteisto vaikutti muuten toimivalta. Ohjelma tehtiin helposti muokattavaksi, jotta käyttäjät voivat tarpeen mukaan säätää lavattavien kerrosten määrää sekä muita tarvittavia parametrejä.

Robottiohjelmissa robotti liikkuu koordinaatistossa. Robotille opetetaan koodinaatiston origo (keskipiste), joka toimii muiden liikepisteiden vertailupisteenä. Robotilla voi olla useita työkoordinaatioita. Robotille on koordinaatiojen lisäksi opetettu työkalupiste. Työkalusta valitaan jokin kohta, jota käytetään ohjattavana pisteenä, yleensä esimerkiksi työkalun kärki. Robotti ajaa opetetun työkalupisteen liikekäskeissä oleviin määrättyihin pisteisiin koordinaatistoon nähden. Lavauksessa robotille asetetaan yhdeksi työkoordinaatiksi lavan kulma. Kaikki loput lavauspisteet tulevat matemaattisesti laskien.

Ohjelman avulla voidaan muuttaa tuotteen lavauksessa käytetyn välin pituutta sekä tuotteen lavauksessa käytetyn kerroskorkeuden määrää. Ohjelmassa on myös tuotteen pituus. Eri tuotepituuksilla lavauspaikka hievan muuttuu, koska tuotteet pitää saada lavalle painopisteeltään keskelle. Robotti nostaa kappaleita lavalle, kunnes kerros on täynnä. Jokaisen kerroksen väliin nostetaan imukupeilla välirimat. Robotti jatkaa lavausta, kunnes ohjelmassa oleva kerrosmäärä tulee täyteen. Kun kerrosmäärä on täynnä, robotti käskee lavan ulos ja pyytää uuden lavan lavauspisteeseen ja lavaus aloitetaan alusta.

Työntekijät koulutettiin käyttämään valmista solua. Ensin käyttäjille kerrottiin robotin perustoiminnan periaatteet. Tämän jälkeen käyttäjiä koulutettiin kyseisen solun käyttöön. Koulutuksessa huomioitiin työturvallisuus ja selitettiin turvalaitteiden toiminta.

5 DOKUMENTOINTI

5.1 Dokumenttien esittely

Solusta tehtiin myös dokumentointi asiakkaan käyttöön. Dokumentteihin kuuluu laite-esittely ja layout, käyttöohje, huolto-ohje, turvallisuusohje, sähkö- ja paineilmakaaviot sekä varaosalista. Kohteesta tehtiin myös riskiarvio. Tarkempia sähkö- tai paineilmakaavioita ei ole tämän työn liitteenä yrityksen toivomuksen mukaan. Dokumenttien esittämistä liitteinä tässä työssä on muutenkin yrityssalasuuksien vuoksi rajattu.

5.2 Käyttö-, huolto- ja turvallisuusohjeet

Käyttöohjeissa on kerrottu laitteiston käyttämisen kannalta keskeisimpiä kohtia. Käyttöohje on laadittu koulutuksen tueksi, jotta koulutuksessa opittuihin asioihin voi palata myöhemmin.

Huolto-ohjeesta käyvät ilmi yleisimmät huoltotoimenpiteet kyseisellä laitteistolla. Huolto-ohjeissa on selostettu, mistä jokin toimintavirhe voi johtua ja miten sen voi korjata. Huolto-ohjeissa on myös ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä, jotta voitaisiin välttyä mahdollisilta vikatilanteilta.

Turvallisuusohjeissa kerrotaan solun turvallisesta käytöstä sekä luetellaan solun käytön rajoitukset. Käyttöohjeissa mainitaan, että turvallisuusohjeiden lukemista edellytetään kaikilta työntekijöiltä ennen robotin käyttöä. Turvallisuusohjeissa luetellaan myös turvalaitteet ja varusteet sekä määräaikaiset toimenpiteet turvallisuuden ylläpitämiseksi.

5.3 Työpiirustukset

Työpiirustuksia ei tässä opinnäytetyössä julkaista yrityssalaisuuksien vuoksi. Mekaaniset työkuvat tehtiin solidworks-ohjelmalla. Sähkökaaviot tehtiin toisen Imatroxin työntekijän toimesta. Paineilmakaaviot tehtiin Feston FluidDraw-ohjelmistolla.

5.4 Laite-esittely, layout sekä varaosalista

Dokumentoinnissa laitteistosta tehtiin myös erillinen laite-esittely ja layout. Layoutilla tarkoitetaan laitteiden sijoittelua solun sisällä. Dokumenttiin laadittiin kuvia osakokoonpanoista. Kuvissa on numerointi ja laitteiston selitykset. Dokumentti laadittiin helpottamaan solun hahmottelua sekä mahdollisten ongelmatilanteiden selittämistä varten.

Varaosalistasta tehtiin myös oma dokumentti. Listassa on tiedot robotissa käytettyjen komponenttien mallista, toimittajasta ja valmistajasta. Dokumentin loppuun on lisätty valmistajien sekä toimittajien yhteystietoja.

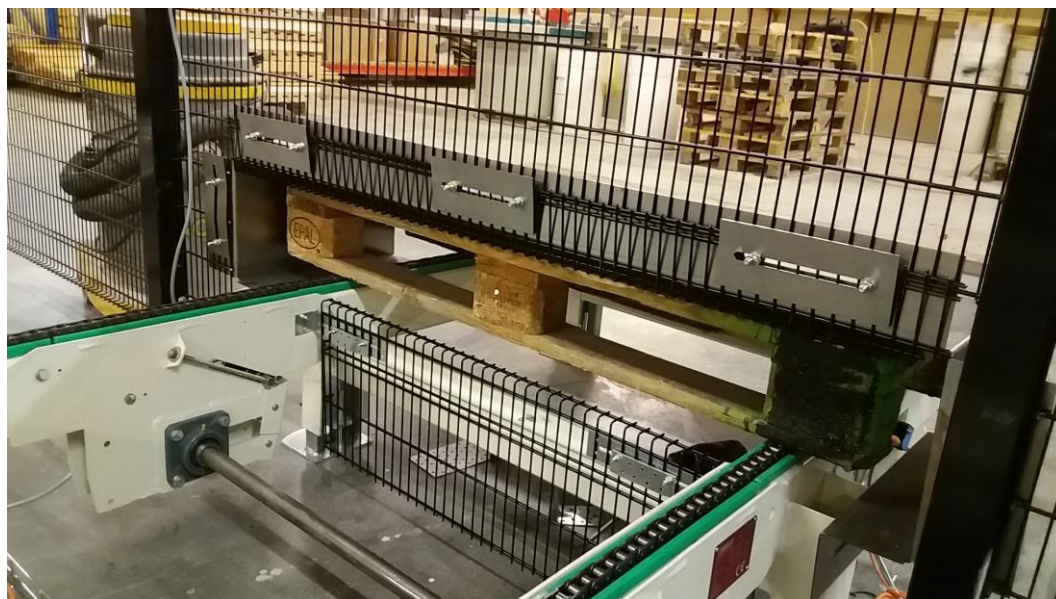
5.5 Riskiarvio

Solusta tehtiin riskiarvio, jonka perusteella tehtiin tarvittavat toimenpiteet, jotta solua voidaan käyttää turvallisesti. Riskiarviossa arvioitiin, millaisia vaaroja ihmisten terveydelle ja työturvallisuudelle koneessa tai sen käytössä voi olla. Vaarat arvioitiin niiden vakavuuden ja todennäköisyyden mukaan. Vaarojen arvioinnista on määrätty standardissa SFS-ISO/TR 14121-2. Tässä työssä riskiarvioinnissa käytettiin yhdenmukaistettua standardia EN1050/EN-ISO12100. Riskiarvioinnin perusteella suunniteltiin tarvittavat toimenpiteet, jotka toteuttamalla solusta saatiin turvallinen käyttö.

Riskiarvio tehtiin laitteiston fyysisten ulkomittojen sisältä. Karmin tuova kuljetin katkeaa solun aidan kohdalla ja aidan sisällä oleva kuljetin on solun ohjauksessa. Robotti on tehdashallin sisällä, eikä siellä pääsääntöisesti kulje muita kuin perehdytettyjä työntekijöitä. Solun käyttö on rajattu vain koulutuksen saaneille työntekijöille.

Riskiarviossa (taulukko 1) havaittiin kaksi sellaista aukkoa, joista mahtuu ryömimään soluun sisään ja yksi aukko, josta voi työntää käden solun sisälle. Näihin paikkoihin asennettiin suoja-aidat (kuva 7). Havaittiin myös mahdolliseksi käynnistää solu jonkun ollessa solussa sisällä. Tätä varten laadittiin ohje turvallisuusohjeeseen ja koulutettiin työntekijät. Soluun

näkyvyys käynnistyspaikalta on hyvä. Lisäksi määritettiin, että solun käynnistys vaatii ohjaimella kuittauksen.



Kuva 7. Aidan paikkaus kuljettimen alta

Riskiarvioinnissa havaittiin myös, että robotin suuri voima voi aiheuttaa isku- ja puristumisvaaran. Turvallisuusohjeisiin kirjattiin, että solussa saa huollon aikana työskennellä vain yksi henkilö kerrallaan, ja robotin käsikäyttö tehdään sen omia turvallisuusratkaisuja käyttäen. Robotissa on myös KukaSafeOperation lisäosa asennettuna, jonka avulla robotin liikkeet voidaan rajata tavalla, joka eliminoi vaaran puristua robotin ja turvaaidan väliin. Huollon aikana solussa työskennellessä on myös kompastumis- tai kaatumisvaara, jonka vuoksi ohjeistettiin työntekijöitä varovaisuuteen liikkumisessa.

Vian johdosta jännitteisiksi tulleisiin metalliosiin koskettaminen voi arvion mukaan olla vaara solussa. Turvallisuusohjeisiin lisättiin ohje ennakoivien huoltojen tekemisestä ja viasta ilmoittamisesta. Robottisolussa käytetään myös vikavirtakytkimiä ja turvallisuusohjeeseen kirjattiin, että sähkökaappeihin ja kytkentäkoteloihin saa mennä vain siihen valtuutettu henkilö. Robottisolusta aiheutuu jonkin verran melua, minkä vuoksi ohjeistettiin henkilökohtaisten kuulonsuojainten käyttöön.

Taulukko 1. Vaarantekijäluettelo/Riskianalyysi

Vaarantekijä	Tunnistettu riski		
	E	S	R
EN1050/EN-ISO12100			
Automaattiajo			
1: Lavan sisääntulo, aidassa aukko, soluun sisäänpääsy mahdollista	2	100	200
2: Karmin sisääntulo, aidassa aukko, käden vaara	3	40	120
3: Kuivauskoneen alla, aidassa aukko, soluun sisäänpääsy mahdollista	2	100	200
4: Solun käynnistys jonkun ollessa sisällä.	2	100	200
Käsiajo/Huolto			
5: Robotin suuri voima ja nopeus aiheuttaa isku- ja puristumisvaaran	2	100	200
6: Kaatuminen / kompastuminen	3	20	60
7: Henkilöiden koskettaessa vian seurauksena jännitteiksi tullessiin osiin (epäsuora kosketus), (maadoitus pettää)	1	100	100
8: Suorakosketus jännitteisiin, eristeauriot (kuluminen)	1	100	100
9: Suorakosketus jännitteisiin, sähkökaappeihin ja kytkentäkoteloihin mentäessä	2	100	200
10: Melu	1	5	5

Taulukossa 1 kirjaintunnus E tarkoittaa riskin toteutumisen todennäköisyyttä, S seurausten vakavuutta ja R tulosta riskin vakavuudesta. Riskin toteutumisen varmuus on taulukossa ilmoitettu arvoasteikolla 1 - 5, jossa 1 tarkoittaa hyvin epätodennäköistä tapahtumaa ja 5 tarkoittaa lähes varmaa tapahtumaa. Seurausten vakavuus on taulukossa ilmoitettu arvoasteikolla 1 - 100, jossa 1 tarkoittaa ei seuraamuksia ja 100 tarkoittaa kuolemaa. Tulos riskin vakavuudesta on seuraamuksen ja todennäköisyyden kertoma. Näin saadaan arvio riskin kokonaisvaarasta. Mikäli riskin tulos on kohtuuttoman suuri, ei laitteistoa saa käyttää ennen muutoksen tekemistä.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön päätavoitteena oli tuottaa robottisolun mekaaninen suunnittelu sekä dokumentaatio. Opinnäytetyössä sivuttiin myös solun toimituksen muita vaiheita, koska olin projektissa täysipäiväisesti mukana. Työ oli osaltaan haastava, koska en ole ollut aikaisemmin näin laajassa projektissa mukana. Oma osallistumiseni projektiin oli myös laajaa. Projekti tehtiin pienellä henkilöstöllä, joten tein töitä projektin usealla eri osa-alueella.

Työn tuloksena syntyi automaattisesti toimiva lavausrobotti asiakkaan tarpeisiin ja tarvittava dokumentaatio robottisolua varten. Myös turvallisuusasiat tarkistettiin, jotta solun käyttö olisi turvallista. Työn lopuksi työntekijät koulutettiin robotin käyttöön.

Työssä tärkeimpiä huomioitavia seikkoja oli saada suunniteltua helppokäyttöinen ja turvallinen robotti, joka tekee ongelmitta sen työn, johon se on suunniteltu. Robotti oli saatava toimimaan siinä tilassa, joka sille oli tehtäällä varattavissa. Työssä käytettiin erilaisia suunnitteluohjelmia, joiden simulaatiot auttoivat hahmottamaan robotin liikkeitä ja robottisolun tilantarvetta. Imatrox Oy:n palveluihin kuuluu myös robotin paikalleen asentaminen ja testaus sekä käyttäjien koulutus, jotka myös tämän opinnäytetyön aikana toteutettiin. Robotin turvallisuus ja käytettävyys huomioitiin kaikissa työvaiheissa ja myös käyttö- ja turvallisuusohjeista pyrittiin saamaan mahdollisimman helppolukuiset.

Työn tekemisessä auttoi aikaisempi kokemukseni osien valmistuksesta ja työpiirustusten tekemisestä. Myös koulussa opitut taidot auttoivat työnteossa. Mekaanisten osien valmistuttaminen oli työn helpoimpia vaiheita. Eniten haasteita tuotti itselle kokonaan uudet asiat, kuten riskiarvio. Sain haasteellisimpiin asioihin kuitenkin hyvin apua työkavereilta. Työ vaati jonkin verran selvitystyötä ja sainkin projektin ohessa koulutuksen Kuka-robottien toiminnasta. Sisäistin asiat kuitenkin kohtuullisen helposti, sillä olen vapaa-ajalla harrastanut ohjelmointia ja automaatiota mikrokontrollereiden avulla, sekä olen työskennellyt CNC-koneella, jonka toiminta on hyvin samantyylistä robotin kanssa.

Työn tekeminen oli mielenkiintoista. Sain työn aikana hyvän kuvan robottisoluprojektin toteuttamisesta ja opin Kuka-robottien käyttöä ja toimintaa.

LÄHTEET

LAMK. 2016. Robotiikka. [24.3.2018]. Saatavissa:

http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_yleinen.pdf

Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. Vantaa. Tummavuoren Kirjapaino Oy.
188 s. ISBN: 951-9438-58-0.

Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta 1016/2004.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2015. Koneturvallisuuden standardit.

[24.3.2018]. Saatavissa:

<https://www.sfs.fi/files/63/Koneturvallisuusesite2015web.pdf>.

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008.