

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2021

Tuomas Heinonen

PALKITUSKONEEN TURVATOIMIEN MODERNISOINTI

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Tuomas Heinonen

PALKITUSKONEEN TURVATOIMIEN MORDERNISOINTI

Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena oli suunnitella Notra Oy:lle modernisoinnin yhteydessä uudistettavat turvatoiminnot ja -laitteet palkituskoneelle. Palkituskoneen modernisoinilla pyrittiin ratkaisemaan kunnossapitoon liittyviä ongelmia, lisäämään tuotantonopeutta ja laajentamaan erilaisten työstettävien kappaleiden määrää.

Työ aloitettiin suorittamalla riskien arviointi palkituskoneelle, jossa tutkittiin mahdollisia turvallisuuspuutteita. Uudistuksien suunnittelussa tutkittiin niihin liittyviä standardeja ja vaatimuksia, joiden pohjalta uudistukset suunniteltiin. Tämän jälkeen päätettiin tarpeelliset toimenpiteet ja turvalaitteet.

Palkituskoneen läheisyyteen asennettiin valoverhot vaara-alueiden eteen, mikä estää puristumistilanteiden syntyminen. Palkituskoneen kiskojen eteen lisättiin tuntoreuna, mikä estää kiskojen väliin puristumisen tai törmäystilanteiden syntyminen. Työskentelytasannetta levennettiin, jolloin putoamisriski vähenee huomattavasti. Lopputuloksena oli turvallisuusstandardit täyttävä kokonaisuus, mikä mahdollistaa palkituskoneen turvallisen käytön ja vaarattoman työympäristön.

ASIASANAT:

Koneturvallisuus, riskien arviointi, työturvallisuus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Mechanical Engineering

2021 | 34 pages

Tuomas Heinonen

MODERNIZATION OF SECURITY MEASURES FOR CLAMPING GANTRY MACHINE

The main goal of the thesis was to design the safety functions and safety devices for Notra Oy to be renewed in connection with the modernization of the clamping gantry machine. The modernization of the clamping gantry machine was aimed at solving maintenance-related problems, increasing production speed and expanding the number of different parts to be machined.

The work began by conducting a risk assessment for the clamping gantry machine, which investigated potential safety deficiencies. In the design of the reforms, the related standards and requirements were examined, on the basis of which the reforms were designed. The necessary measures and safety devices were then decided.

Light curtains were installed in the front of the danger areas of the clamping gantry machine, which prevents crushing situations. A pressure-sensitive edge was added in front of the rails of the clamping gantry machine, which prevents squeezing between the rails or the occurrence of collisions. The working platform was widened, which significantly reduces the risk of falling. The result was an entity that meets the safety standards and enables the safe use of the clamping gantry machine and a safe working environment.

KEYWORDS:

Machine safety, risk assessment, safety at work

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 ESITTELYT	8
2.1 Yritysesittely	8
2.2 Palkituskone	8
3 TURVALLISUUTTA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET JA VAATIMUKSET	9
3.1 Koneen määritelmä	9
3.1.1 Konedirektiivi	9
3.1.2 Koneiden muut vaatimukset	11
3.1.3 Modernisointia koskevat määräykset	12
3.2 Työturvallisuus	14
3.2.1 Työturvallisuuden periaatteet	14
3.2.2 Riskien arviointi	14
3.2.3 Turvallisuuden eheystaso (SIL)	16
4 PALKITUSKONEEN TURVALLISUUSKOMPONENTIT	19
4.1 Hitsauskelkan suojapeite	19
4.2 Häätä-seis-painike	20
4.3 Köysihätäpysäytin	21
5 PALKITUSKONEEN MODERNISOINNISTA AIHEUTUVAT TURVALLISUUSMUUTOKSET	23
5.1 Palkituskoneen riskien arviointi	23
5.2 Valoverho	23
5.3 Tuntoreuna	25
6 LOPPUTULOS	28
6.1 Uudistukset	28
6.2 Päätelmä	30
LÄHTEET	32

KUVAT

Kuva 1. Kuva palkituskoneesta.	7
Kuva 2. CE-merkintä (Euroopan komissio 2021).	10
Kuva 3. Modernisointiohjeet (Malm & Hämäläinen 2006).	12
Kuva 4. Riskien arvioinnin vaiheet (Työsuojeluhallinto 2013).	15
Kuva 5. Hitsauskelkan suojapeite.	19
Kuva 6. Tyypillinen hätäseispainike (Sähkökaluste.fi 2021).	21
Kuva 7. Palkituskoneen köysihätäpysäytin.	21
Kuva 8. Palkituskoneen riskien arviointi.	23
Kuva 9. Reitti palkituskoneen liikkumisalueelle.	25
Kuva 10. Tuntoreunan komponentit (Suomen standardoimisliitto 2013, 24) .	26
Kuva 11. Palkituskoneen kisko.	27
Kuva 12. Palkituskoneen valoverhot.	28
Kuva 13. Palkituskoneen tuntoreuna.	29
Kuva 14. Palkituskoneen tasanne.	30

TAULUKOT

Taulukko 1. Riskien arviointi vakavuuden perusteella (Työsuojeluhallinto 2013).	15
Taulukko 2. Yhteenlaskettavien muuttujien arviointi (Sesko 2021).	16
Taulukko 3. CI-luokan ja vakavuuden välinen korrelaatio (Sesko 2021).	16
Taulukko 4. Vikaantumisen todennäköisyys jatkuvassa käytössä SIL-tasoon suhteutettuna.	17
Taulukko 5. Vikaantumisen todennäköisyys harvassa käytössä SIL-tasoon suhteutettuna (Smith, Kenneth & Simpson 2016, 1.2).	17

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

EU	Euroopan Unioni
CE	Conformité Européenne
MIG	Metal inert gas welding
Se	Severity of injury
Fr	Frequency and duration of exposure
Pr	Probability of occurrence of a hazardous event
Av	Probability of avoiding or limiting harm
Cl	Class
PFH	Probability of failure on demand per hour
PFD	Probability of dangerous failure on demand
SIL	Safety integrity level

1 JOHDANTO

Rauma Marine Constructions tilasi Notra Oy:lta modernisoinnin palkituskoneelle (Kuva 1), minkä tavoitteena on päivittää palkituskoneen laitteisto ja komponentit nykyaikaisiksi. Modernisoinnin yhteydessä uudistetaan koneen hydraulikkalaitteisto, koneen logiikka-ohjaus, hitsauslaitteen komponentit ja koneen turvatoimintoja. Modernisoinnilla pyritään ratkaisemaan kunnossapitoon liittyviä ongelmia, kuten varaosien vaikea saanti vanhoihin laitteisiin, sekä parantamaan tuotannon tehokkuutta nopeutta lisäämällä. Myös koneeseen asennettavat uudet komponentit mahdollistavat uusien kappaleiden työstämisen.



Kuva 1. Kuva palkituskoneesta.

Käytössä olevien laitteiden modernisoinnin yhteydessä pitää ottaa huomioon, että kone täyttää sitä koskevat turvallisuusvaatimukset. Tämän työn tarkoituksena on määrittää uudet turvalaitteet.

2 ESITTELYT

2.1 Yritysesittely

Notra Oy on vuonna 2019 perustettu raumalainen yritys. Sen pääasiallinen toimiala on teollisuuden kunnossapito. Notran palveluihin kuuluu mm. kiinteistöhuolto, nosturihuollot, sähköautomaatio- ja modernisointiprojektit. Vuonna 2020 Notran liikevaihto oli 4,9 miljoonaa euroa ja se työllisti 33 työntekijää. (Finder 2021.)

2.2 Palkituskone

Palkituskone asettaa hitsattavan palkin levyaihion päälle, puristaa sen kiinni levyyn, silloitushitsaa palkin kiinni levyyn, sekä hitsaa samanaikaisesti molemmilta puolilta palkin pienahitsein kiinni levyyn. Tämän jälkeen levyä siirretään palkkivälin tai kaarivälin verran eteenpäin ja toistetaan työ. Palkituskoneessa on yhdistetty hitsaaminen ja palkkien käsittely automaattiseksi prosessiksi. Palkituskoneen automaatiohitsauksella saavutetaan tehokas hitsauksen läpimeno. Hitsaustapana käytetään MIG-hitsausta. (ePerusteet 2021.)

3 TURVALLISUUTTA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET JA VAATIMUKSET

3.1 Koneen määritelmä

Koneella tarkoitetaan yhteen liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, joka toimii muulla kuin ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä. Koneessa pitää olla ainakin yksi liikkuva osa tai komponentti, ja se on kokoonpantu erityistä toimintoa varten. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008.)

3.1.1 Konedirektiivi

Konedirektiivi eli koneasetus on saatettu voimaan Suomessa valtioneuvoston asetuksella 400/2008. Nykyistä konedirektiiviä ja koneasetusta on pitänyt soveltaa 29.12.2009 alkaen. Konedirektiivi koskee koneiden ja koneyhdistelmien lisäksi turvakomponentteja, nostamiseen käytettäviä köysiä, ketjuja ja vöitä, nostoapuvälineitä, nivelakseleita ja osittain valmiita koneita. Direktiivi edellyttää koneen valmistajaa – tai joissain tapauksissa koneen maahantuoja, myyjää tai muuta markkinoille saattajaa – suorittamaan koneelle turvallisuussuunnittelun. Turvallisuussuunnitteluun kuuluu riskien arviointi, niiden pienentäminen ja kaikki niihin liittyvät terveys- ja turvallisuusriskit kaikissa koneen elinkaarren vaiheissa. Tältä pohjalta kone suunnitellaan turvallisesti tarkoitettuun käyttöön, kun otetaan huomioon myös kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. Konedirektiivin mukaan turvallisuussuunnittelua on syytä tehdä myös osittain valmiille koneelle, mikäli mahdollista. Todistuksena asetusten noudattamisesta valmistaja allekirjoittaa vaatimustenmukaisuusvakuutuksen ja kiinnittää koneeseen CE-merkin. (Suomen standardisoi-misliitto 2016, 2.)

CE-merkinnän avulla tuotteen valmistaja tai valtuutettu edustaja osoittaa, että tuote täyttää sitä koskevat EU:n direktiivit ja asetusten olennaiset vaatimukset. CE-merkinnän avulla tuote saa liikkua vapaasti EU:n alueella. Tuotteen valmistaja kiinnittää CE-merkinnän tuotteeseen, mutta ennen sitä pitää (Tukes 2021):

- varmistaa, että tuote täyttää sitä koskevat EU:n vaatimukset.

- määrittää, voiko itse suorittaa arvioinnin tuotteen vaatimustenmukaisuudesta vai täytyykö arvioinnit teettää erikseen ns. ilmoitetussa laitoksessa.
- laatia tekninen määritelmä, josta käy ilmi tuotteen vaatimustenmukaisuus.
- laatia ja allekirjoittaa EU:n vaatimustenmukaisuusvakuutus.

CE-merkintä on tehtävä näkyvällä, pysyvällä ja helposti luettavalla tavalla. Jos CE-merkintää ei voida tehdä tuotteeseen, se voidaan tehdä tuotteen pakkaukseen tai mukana toimitettaviin asiakirjoihin. (Your Europe 2021.)

CE-merkintä pitää olla muun muassa seuraavissa tuotteissa (Your Europe 2021):

- koneet
- lelut
- hissit
- sähkölaitteet
- kaasulaitteet
- mittauslaitteet.

CE-merkintä (Kuva 2) ei kuitenkaan ole yleinen turvallisuusmerkki tai takaa, että tuote olisi erityisen laadukas tai hyvä (Tukes 2021).



Kuva 2. CE-merkintä (Euroopan komissio 2021).

EU:n vaatimustenmukaisuusvakuutus on asiakirja, jonka avulla tuotteen valmistaja vakuuttaa tuotteen olevan vaatimustenmukainen. Vakuutuksen allekirjoittamalla valmistaja ilmoittaa tuotteen täyttävän kaikki sitä koskevat vaatimukset. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksen pitää sisältää ainakin seuraavat tiedot (Tukes 2021):

- tuotteen tunnistenumero

- valmistajan nimi ja osoite
- lause, jossa kerrotaan vakuutuksen olevan annettu valmistajan yksinomaisella vastuulla
- tuotteen kuvaus ja tunnistetiedot
- viittaus soveltuu EU:n lainsäädäntöön
- tarkka viittaus asiaankuuluviin standardeihin
- tarvittaessa ilmoitetun laitoksen nimi, numero ja päätöksen viitetiedot
- vakuutuksen antamispäivämäärä
- sen henkilön tunnistetiedot ja allekirjoitus, jolla on valtuudet edustaa valmistajaa.

Vaatumustenmukaisuusvakuutus on käännettävä sen maan kielelle tai kielille, missä sitä aiotaan myydä (Tukes 2021).

Seuraavat tuotteet vaativat EU:n vaatimustenmukaisuusvakuutuksen (Tukes 2021):

- Henkilönsuojaimet
- Koneet
- Mittauslaitteet
- Painelaitteet
- Pelastustoimen laitteet
- Räjähäteet ja ilotulitteet
- Sähkölaitteet.

3.1.2 Koneiden muut vaatimukset

Koneen mukana on toimitettava ohjeet, joiden sisältöä suunnitellessa on otettava huomioon käyttäjien ominaisuudet. Ohjeen sisältöä koskee myös määräykset, mitkä on esitelty konepäättöksen liitteessä 1 kohdassa 1.7.4 sekä erityismääräykset tietyille koneryhmille kohdissa 2.1, 2.2, 3.6, 6.3 ja 4.4. Koneen suunnittelussa on jo alkuvaiheessa mietittävä ohjeiden sisältöä mahdollisten vaarojen ja väärin käyttötapojen kannalta. (Koneturvallisuus Säädökset ja soveltaminen 2007,10.)

Koneen turvallisuusohjeiden tulee sisältää ohjeet (Koneturvallisuus Säädökset ja soveltaminen 2007,10):

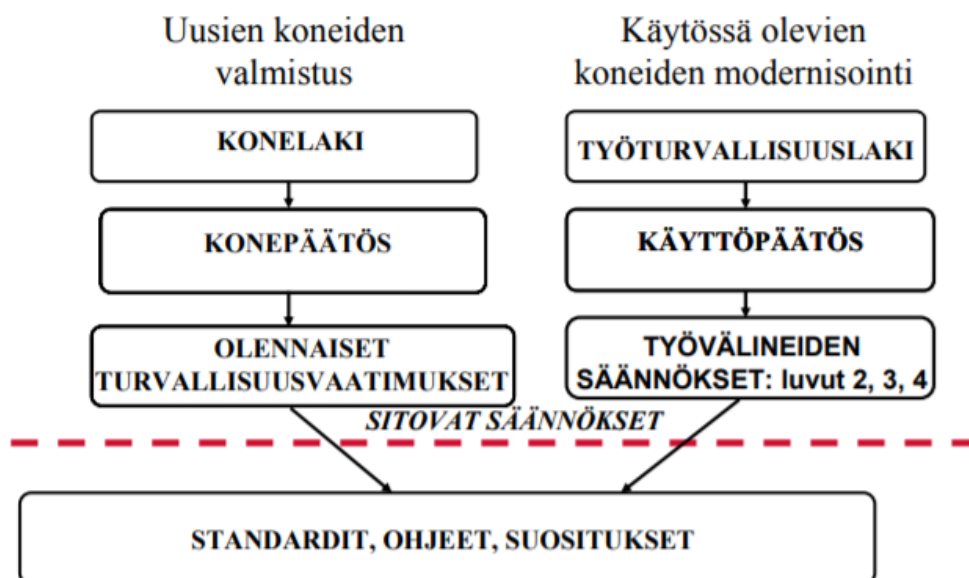
- koneen asentamiseen käyttökuntoon
- koneen turvalliseen käyttöön

- tarkastukseen
- käsittelyyn ja kuljetukseen
- koneen paikalleen asentamiseen
- kokoonpanoon ja purkamiseen
- kunnossapitoon
- perehdyttämiseen.

Tarpeen vaatiessa ohjeissa pitää olla varoitus koneen ennakoitavissa olevasta väärinkäytöstä. Käyttöä koskevilla tiedoilla ei saa kuitenkaan korvata suunnittelusta johtuvia puutteita. (Koneturvallisuus Säädökset ja soveltaminen 2007,10.)

3.1.3 Modernisointia koskevat määräykset

Konepäättöksen koskiessa vain uusia koneita ja laitteita, vanhojen laitteiden modernisoinnissa tulee ottaa huomioon työturvallisuuslaki ja käyttöasetus. Vuonna 2002 voimaan tulleessa työturvallisuuslaissa on vain pieni vaatimus, joka liittyy koneiden aiheuttamaan vaaraan. Tarkemmat vaatimukset ovat koneasetuksessa. (Malm & Hämäläinen 2006,9.)



Kuva 3. Modernisointiohjeet (Malm & Hämäläinen 2006).

Työturvallisuuslain mukaan työssä saadaan käyttää vain sellaisia koneita, työvälineitä ja muita laitteita, jotka ovat niitä koskevien säädösten mukaisia sekä kyseiseen työhön ja olosuhteisiin soveltuvia. Koneiden oikeanlaisesta asennuksesta, suojalaitteista ja merkinnöistä on huolehdittava. Laitteiden käytöstä ei saa aiheutua haittaa tai vaaraa niitä käyttäville työntekijöille tai muille työpaikalla oleville henkilöille. Pääsyä koneen vaara-alueelle on rajoitettava sopivalla tavalla. Huolto-, säätö-, korjaus-, häiriö- ja poikkeustilanteisiin on varauduttava niin, ettei niistä aiheudu vaaraa tai haittaa työntekijöille. (Työturvallisuuslaki 738/2002.)

Käyttöasetusta sovelletaan koneen, välineen tai muun teknisen laitteen sekä niiden yhdistelmän käyttöön ja tarkastamiseen työturvallisuutta (738/2002) koskevissa asioissa. Työnantajan on selvitettävä ja arvioitava työvälineen turvallisuus. Erityisesti tämä on tehtävä tuotannon ja työmenetelmien muutosten yhteydessä. Mahdollisen vaaran huomattuaan, työnantajan on ryhdyttävä tarvittaviin toimenpiteisiin välittömästi. Ensisijaisesti vaara tulee poistaa rakenteeseen tai laitteen ympäristöön liittyvillä toimilla, kuten vaara-alueelle pääsyä rajoittavilla rakenteilla. Jos vaaraa ei voida poistaa teknisillä toimilla, työvälineen turvallisuus tulee varmistaa opastamalla, varoituslaitteilla tai henkilösuojaimilla. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008.)

Suojusten ja turvalaitteiden on luotettavasti suojattava siltä vaaralta, mitä varten ne on asennettu. Niiden pitää myös täyttää seuraavat vaatimukset (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008):

- ne ovat rakenteeltaan vankkoja.
- niitä ei voi poistaa helposti tai tehdä toimimattomiksi.
- sijaitsevat riittävän kaukana vaara-alueesta.
- eivät rajoita tarpeettomasti näkyvyyttä toiminta-alueelle.

Työvälineessä on oltava hallintalaite sen pysäyttämiseksi täydellisesti ja turvallisesti. Pysäytyslaitteella tulee olla ensisijainen asema käynnistyslaitteisiin nähden. Työvälineeseen liittyvistä vaaroista ja sen pysähtymisajasta riippuen työvälineessä on oltava hätäpysäytyslaite. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008.)

3.2 Työturvallisuus

Työturvallisuuden tärkein tavoite on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijän työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ehkäistä tapaturmia sekä muita työstä johtuvia haittoja. Työturvallisuustoiminnan lähtökohtana on työturvallisuuslaki. (Työterveyslaitos 2021.)

3.2.1 Työturvallisuuden periaatteet

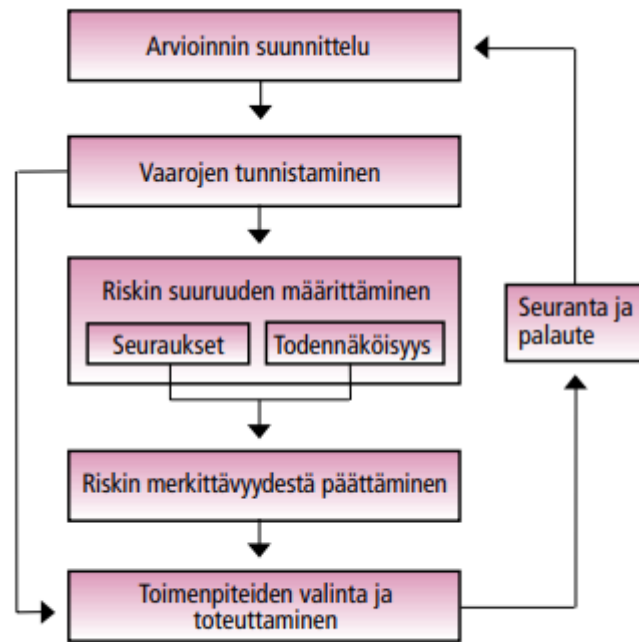
Työturvallisuuden tärkeitä periaatteita ovat (Työterveyslaitos 2021):

- perehdyttäminen
- vaarojen ja riskien kartoitus ja arviointi
- työsuojelun toimintaohjelma
- tapaturmien torjunta
- kone- ja laiteturvallisuus
- työkykyä ylläpitävä toiminta.

Työturvallisuudesta huolehtiminen on työntekijän ja työnantajan yhteistyötä, mutta päävastuu on työnantajalla. Molempien tehtävänä on jatkuvasti tarkkailla työympäristöä ja havaita mahdollisia turvallisuuspuutteita ja riskitekijöitä. Arviointien perusteella pyritään aktiivisesti vähentämään ja poistamaan vaaratekijöitä. Työturvallisuuslaki velvoittaa ilmoittamaan välittömästi työpaikalla turvallisuutta vaarantavista vioista tai puutteista. (Työterveyslaitos 2021.)

3.2.2 Riskien arviointi

Riskien hallinta on kokonaisuus (Kuva 4), joka koostuu riskien arvioinnista, riskianalyysistä ja toimenpiteistä riskien poistamiseksi. Riskien arvioinnin tavoitteena on työn turvallisuuden arviointi. Riskianalyysit koostuvat kohteen raja-arvojen määrittämisestä, vaarojen tunnistamisesta ja riskin suuruuden arvioinnista. (Työsuojeluhallinto 2013.)



Kuva 4. Riskien arvioinnin vaiheet (Työsuojeluhallinto 2013).

Vaarojen tunnistamisen jälkeen arvioidaan niiden aiheuttamat riskit. Riskin suuruutta arvioidessa on otettava huomioon riskin esiintymistodennäköisyys ja riskin aiheuttaman haitan suuruus. Taulukossa 1. on esitetty riskien arviointi sanallisesti luokitellen.

Esiintyminen	Seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	Merkityksetön riski	Vähäinen riski	Kohtalainen riski
Mahdollinen	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski
Todennäköinen	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski

Taulukko 1. Riskien arviointi vakavuuden perusteella (Työsuojeluhallinto 2013).

Riskin vakavuuden kasvaessa on ryhdyttävä toimenpiteisiin, jotta turvallisuus ei ole vaarannettuna. Merkityksettömän riskin kohdalla toimia ei tarvita, koska riskiä torjumalla ei saavuteta merkittävää turvallisuustason nousua. Riskin kasvaessa tilannetta tarkkailaan. Riskin kasvaessa lievästi, toimenpiteisiin voidaan ryhtyä, mikäli sen koetaan olevan taloudellisesti ja hyötyjen kannalta edullista. Riski voi olla niin suuri, että työtä ei saa aloittaa tai jatkaa, ennen kuin riskiä on alennettu. (Työsuojeluhallinto 2013.)

3.2.3 Turvallisuuden eheystaso (SIL)

Sil-menetelmän avulla määritetään turvallisuuden eheystaso. Eheystasot on jaettu neljään tasoon. Nämä tasot määrittävät vaatimukset laitteen vioittumistodennäköisyydelle. SIL-tason laskentaan käytetään viittä eri muuttujaa (Taulukot 2 & 3), jotka ovat Se eli vahingon vakavuus, Fr eli altistumisen kesto ja taajuus, Pr eli vahingon todennäköisyys, Av eli vahingon vältettävyyden ja CI-luokka, mikä on kolmen edellisen arvojen summa. CI-luokan ja Se:n avulla voidaan valita oikea SIL-taso. Yksinkertaistettuna, SIL on turvatoimintojen laskentataso. (Pilz 2021.)

Taajuus ja kesto Fr		Vaarallisen tapahtuman todennäköisyys Pr		Vältettävyyden Av	
<= 1 tunti	5	Erittäin todennäköinen	5		
>1t - päivä	5	Todennäköinen	4		
>1 päivä – 2 viikkoa	4	Mahdollinen	3	Mahdoton	5
>2 viikkoa – 1 vuosi	3	Harvoin	2	Mahdollista	3
>1 vuosi	2	Ei huomioitava	1	Todennäköistä	1

Taulukko 2. Yhteenlaskettavien muuttujien arviointi (Sesko 2021).

Seuraukset	Vakavuus Se	Luokka CI (Fr+Pr+Av)				
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
Kuolema, näön tai käden menetys	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3
Palautumaton, sormen menetys	3		OM	SIL1	SIL2	SIL3
Palautuva, sairaanhoito	2			OM	SIL1	SIL2
Palautuva, ensiapu:	1				OM	SIL1

Taulukko 3. CI-luokan ja vakavuuden välinen korrelaatio (Sesko 2021).

Turvallisuuden eheystasojen erot voidaan karkeasti arvioida yleisellä tasolla (Metropolia 2017):

- SIL 1: Voidaan saavuttaa melko helposti seuraamalla toimintatapoja ja tekemällä dokumentaatio hyvin.
- SIL 2: Hyvin samanlainen kuin SIL 1, mutta vaatii vain vähän tarkempaa suunnittelua ja testaamista.
- SIL 3: Vaatii paljon enemmän työtä kuin SIL 2. Lopputulos täytyy kelpuuttaa ja erikoismenetelmiä on käytettävä jonkin verran.
- SIL4 : Vaatii erittäin paljon työtä. SIL4 tason ratkaisuja yritetään välttää ja pyritään löytämään ratkaisu, joka johtaa SIL3 tason toteutukseen.

<u>Turvallisuuden eheyden taso (SIL)</u>	<u>Jatkuva ja tiheä vaade</u> PFH (vaarallisen vikaantumisen todennäköisyys tuntia kohden)	<u>Riskin vähentämiskerroin</u> (RFF = Risk Reduction Factor)
<u>4</u>	$\geq 10^{-9} \dots < 10^{-8}$	100 000 000 – 1 000 000 000
<u>3</u>	$\geq 10^{-8} \dots < 10^{-7}$	10 000 000 – 100 000 000
<u>2</u>	$\geq 10^{-7} \dots < 10^{-6}$	1 000 000 – 10 000 000
<u>1</u>	$\geq 10^{-6} \dots < 10^{-5}$	100 000 – 1 000 000

Taulukko 4. Vikaantumisen todennäköisyys jatkuvassa käytössä SIL-tasoon suhteutettuna (Sesko 2021).

Jatkuvan ja tiheän vaateen toimintatapa (Taulukko 4) on käytössä, kun turvatoiminnolle ilmaantuu tarvetta useammin kuin kerran vuodessa tai jatkuvasti. Vikaantumisen todennäköisyyttä kuvataan PFH-arvolla, joka tarkoittaa vaarallisen vikaantumisen todennäköisyyttä tuntia kohden. Taulukossa 4 esitetään SIL-tasot ja niiden vastaavat vaatimukset toimintatapaan suhteutettuna. (Smith, Kenneth & Simpson 2016, 1.2.)

<u>Turvallisuuden eheyden taso (SIL)</u>	<u>Harva vaade</u> PFD (vikaantumisen todennäköisyys turvatoimintoa vaadittaessa, yksikössä "vuodessa")	<u>Riskin vähentämiskerroin</u> (RFF = Risk Reduction Factor)
<u>4</u>	$\geq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$	10 000 – 100 000
<u>3</u>	$\geq 10^{-4} \dots < 10^{-3}$	1000 – 10 000
<u>2</u>	$\geq 10^{-3} \dots < 10^{-2}$	100 – 1000
<u>1</u>	$\geq 10^{-2} \dots < 10^{-1}$	10 - 100

Taulukko 5. Vikaantumisen todennäköisyys harvassa käytössä SIL-tasoon suhteutettuna (Smith, Kenneth & Simpson 2016, 1.2).

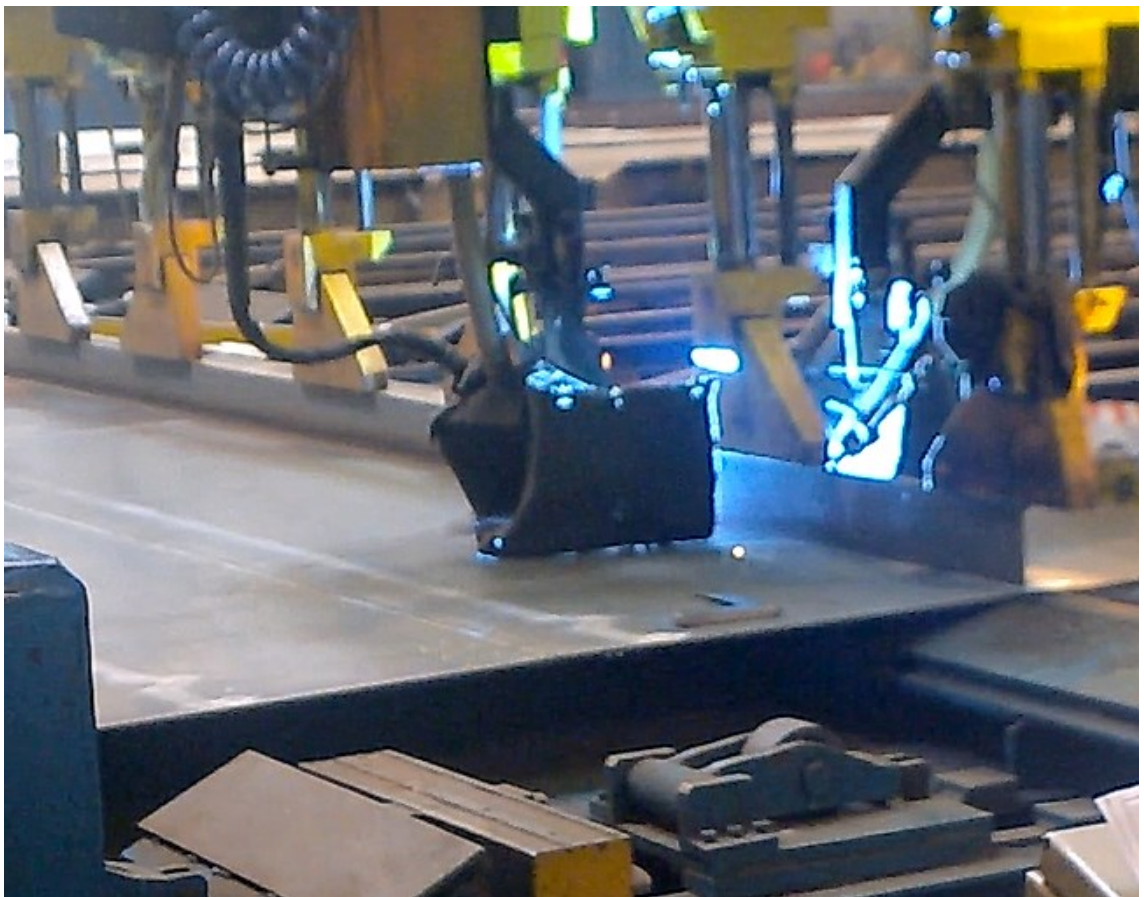
Jos tarve turvatoiminnolle tulee harvemmin kuin kerran vuodessa, käytetään PFD-arvoa eli vaarallisen vikaantumisen todennäköisyyttä turvatoimintoa vaadittaessa (Taulukko 5). Kun tarve turvatoiminnolle on paljon pienempi, niin myös vikaantumisen todennäköisyys kasvaa huomattavasti. (Smith, Kenneth & Simpson 2016, 1.2.)

Taulukoissa esiintyy myös RFF eli riskin vähentämiskerroin. RFF on vikaantumisen todennäköisyyden käänteisluku ja kertoo kuinka paljon riskiä on pienennettävä. (Smith, Kenneth & Simpson 2016, 1.2.)

4 PALKITUSKONEEN TURVALLISUUSKOMPONENTIT

4.1 Hitsauskelkan suojapeite

Palkituskoneen hitsauskelkka on peitetty hitsauspeitteellä (Kuva 5), minkä tavoitteena on antaa suojaa hitsauskipinöiltä, kuonalta, sulalta metallilta ja hitsausliekin aiheuttamalta valolta. Koska hitsaus on automatisoitu, hitsauksen suurin riski ihmiselle on voimakas valokaari, mikä voi aiheuttaa vaurioita suojaamattomille silmille.



Kuva 5. Hitsauskelkan suojapeite.

Hitsausliekin aiheuttaman valokaaren katsominen ilman silmien suojausta voi aiheuttaa pysyviä vaurioita näkökykyyn ja jopa lyhyt altistuminen voi aiheuttaa voimakasta ärsytystä. Ultraviolettivalon aiheuttamia vaikutuksia silmille ovat esimerkiksi: silmän sarveiskalvon tulehdus ja harmaakaihi. (Kemppi Oy 2021.)

4.2 Häätä-seis-painike

Hätäpysäytystä koskevat vaatimukset esitetään konedirektiivissä ja sitä koskevia standardeja ovat SFS-EN 12100, SFS-EN ISO 13850, SFS-EN 60204-1 ja IEC 60947-5-5. Standardit sisältävät pääosin samoja asioita, mutta hieman eri tavalla esitettyinä. (Sesko 2021.)

Hätäpysäytyksen on määritelmän mukaan toiminto, jonka tarkoituksena on (Sesko 2021):

- torjua tai pienentää uhkaavia vaaratekijöitä ja vähentää niiden aiheuttamaa vahinkoa, mikä kohdistuu ihmisiin, laitteisiin tai käynnissä olevaan työprosessiin.
- käynnistyä yhdellä toimenpiteellä, kun normaali pysäytystoiminto ei ole tarpeeksi tehokas tähän tarkoitukseen.

Hätäseis koostuu kolmesta osasta. Hätäpysäytyslaitteisto on kokonaisuus, jonka tarkoituksena on toteuttaa hätäpysäytystoiminto. Ohjauslaite on osa hätäpysäytyslaitteistoa, joka saa aikaan hätäpysäytysviestin. Hallintaelin eli ohjain on ohjauslaitteen osa, joka aktivoi ohjauslaitteen. (Sesko 2021.)

Konedirektiivin mukaan hätäpysäytyslaitteen on (Finlex 2008):

- oltava helposti tunnistettava ja käytettävissä.
- pysäytettävä vaarallinen prosessi mahdollisimman nopeasti aiheuttamatta muita riskejä.
- tarvittaessa käynnistettävä turvatoimintoja.
- oltava aina toimintakunnossa.
- oltava muita suojuuksia täydentävä tekijä eikä niiden korvaaja.

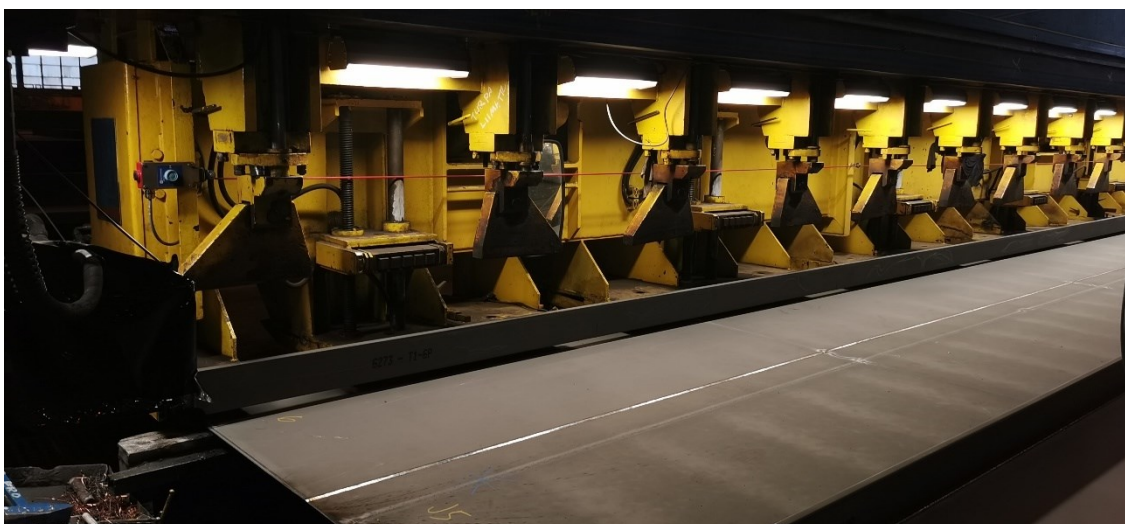


Kuva 6. Tyypillinen hätäseispainike (Sähkökaluste.fi 2021).

Hätäpysäytystä tarvitaan esimerkiksi tilanteissa, missä kone käynnistyy jonkun ollessa vaara-alueella, kun normaali pysäytystoiminto ei toimi tai ohjaimen vikaantuessa. Hätäpysäytyspainikkeen on oltava sienimäinen, punainen ja keltaisella pohjalla (Kuva 6). (Sesko 2021.)

4.3 Köysihätäpysäytin

Tavallisen hätäpysäytyspainikkeen lisäksi palkituskoneesta löytyy myös köysihätäpysäytin (Kuva 7). Köysi on asennettu kiskoilla liikkuvan nostimeen, mikä voi aiheuttaa vaaratilanteen liikkeessaan. Köysi kattaa koko nostimen leveyssuunnassa. Köysihätäpysäyttimeen pätee samat määräykset toiminnaltaan kuin normaaliin hätäpysäytyspainikkeeseen, mutta rakenteen suhteen sitä koskee erilaiset määräykset.



Kuva 7. Palkituskoneen köysihätäpysäytin.

Hätäpysäytysköyttä koskevat määräykset (Sesko 2021):

- jos köysi katkeaa, on siitä seurattava hätäpysäytys.
- hätäpysäytyssignaalin aiheuttavan voiman tulee olla alle 200N.
- köyden lujuuden tulee olla 10 kertaa suurempi kuin sen hätäpysäytyssignaalin aikaansaamiseen tarvittava voima.
- köyden taipuma saa olla korkeintaan 400 mm vaakatasossa

Köysihätäpysäyttimen mukana on tultava tiedot (Sesko 20210):

- suurimmasta pituudesta
- köyden jännityksestä
- tukipisteiden välisestä etäisyydestä
- asennussuosituksista.

5 PALKITUSKONEEN MODERNISOINNISTA AIHEUTUVAT TURVALLISUUSMUUTOKSET

5.1 Palkituskoneen riskien arviointi

Palkituskoneelle suoritettiin riskien arviointi SIL-menetelmää käyttäen, missä paljastui mahdolliset turvallisuuspuutteet (Kuva 8).

Seuraukset	Vakavuus Se	Luokka CI (Fr+Pr+Av)					Taajuus ja kesto Fr	Vaarallisen tapahtuman todennäköisyys Pr	Vältettävyyden Av		
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15					
Kuolema, näön tai käden menetys	4	SIL2	SIL	SIL2	SIL3	SIL3	<= 1 tunti	5	Erittäin todennäköinen	5	
Palautumaton, sormen menetys	3		OM	SIL1	SIL2	SIL3	>1t - päivä	5	Todennäköinen	4	
Palautuva, sairaanhoito	2			OM	SIL1	SIL2	>1 päivä - 2 viikkoa	4	Mahdollinen	3	Mahdoton
Palautuva, ensiapu:	1				OM	SIL1	>2 viikkoa - 1 vuosi	3	Harvoin	2	Mahdollista
							>1 vuosi	2	Ei huomioitava	1	Todennäköistä

Viitenumero	Vaaranumero	Vaaratekijä	Se	Fr	Pr	Av	Turvallisuustoimenpide	CI
		Puristumisvaara palkin väliin	4	5	2	5	Valoverho riskialueen reunalle, mikä pitää kuitata.	12
		Kiskojen väliin puristuminen	3	5	3	3	Tuntoreuna kiskojen eteen, mikä pysäyttää liikkeen vaaratilanteen sattuessa.	11
		Puristimen väliin puristuminen	3	5	2	1	Työntekijöiden perehdytys.	8
		Tasanteelta putoaminen	2	4	3	3	Kaide tai leveämpi kävelyalusta.	10
		Hydrauliikkaöljyn saaminen silmiin vaurion sattuessa	1	2	1	1	Huolehditään komponenttien kunnosta.	4
		Työkalujen käytöstä aiheutuvat riskit	1	4	2	3	Otetaan vaara huomioon tekemisessä	9

Kuva 8. Palkituskoneen riskien arviointi.

Palkin ja kiskojen väliin puristuminen aiheuttaa suurimmat riskit ja niihin suunnitellaan oikeanlaiset turvalaitteet. Puristimen väliin jääminen voidaan estää perehdyttämällä työntekijöitä oikeanlaisista työskentelytavoista, jolloin vaaratilannetta ei synny. Putoamisvaara ratkaistaan leveämmällä kävelyalustalla tai kaiteella. Muut riskit eivät vaadi toimenpiteitä.

5.2 Valoverho

Optisen anturin toimintaperiaate perustuu valonsäteiden tuottamiseen ja niiden havaitsemiseen. Anturi havaitsee valonsäteen katkeamisen tai intensiteetin heikkenemisen. Monisäteistä tiheää valokennostoa kutsutaan valoverhoksi. Monet valokennot ja valoverhot soveltuvat korkeaa turvallisuustasoa vaativiin kohteisiin niiden tehokkaan

itsediagnostiikan ja tehokkaasti rajattavan havaintoalueen takia. (Malm, Kivipuro & Tiusanen 2021, 18.)

Optisia antureita voidaan käyttää eri periaatteita soveltaen. Suoratieperiaatteessa optinen lähetin ja vastaanotin ovat vastakkain, jolloin valonsäde kulkee suoraviivaista reittiä vastaanottimelle. Suoraheijastusperiaatteessa suoraan kulkeva valonsäde kulkee prismapeiliin ja palaa samaa tietä takaisin ja polarisoitunut valo heijastetaan puoliläpäisevällä peilillä vastaanottimeen. V-heijastusperiaatteessa valonsäde muodostaa nimensä mukaisesti V-kirjaimen muotoisen kuvion matkallaan lähettimestä kohteeseen, mistä se heijastuu vastaanottimeen. Tutkaperiaatteessa toimintaperiaate on sama kuin suoraheijastusperiaatteessa, mutta valon kulku-aikaa mittaamalla saadaan selville kohteen etäisyys. (Malm, Kivipuro & Tiusanen 2021, 20.)

Vähimmäisetäisyys vaaravyöhykkeeseen voidaan laskea käyttämällä yhtälöä $S = (K * T) + C$. Yhtälössä S on vähimmäisetäisyys millimetreinä, K on muuttuja millimetreinä sekunnissa, joka on kehonosien nopeus, T on kokonaispysähtymisaika sekunneissa ja C on lähestymisetäisyys millimetreinä. Järjestelmän kokonaispysähtymisaika lasketaan $T = t_1 + t_2$, jossa t_1 on pisin aika suojausteknisen laitteen vaikuttumisen tapahtumisen ja lähtösignaalin POIS-tilan saavuttamisen välillä ja t_2 on pisin aika, joka vaaditaan koneen vaarallisten toimintojen lakkaamiseksi sen jälkeen, kun lähtösignaali saavuttaa POIS-tilan. (Suomen standardoimisliitto 2010.)

Kun havaitsemisvyöhyke on pystysuorassa ja sen tarkoituksena on havaita vartalo, tulee alimman valonsäteen olla tehdasolosuhteissa enintään 30 millimetrin korkeudella. Ylimmän valonsäteen tulee olla vähintään 900 millimetrin korkeudella yliasumisen estämiseksi. Käsien havaitsemiseen käytettävien turvalaitteiden havaitsemistarkkuus on alle 40 millimetriä. Turvalaitetta, joka havaitsee kappaleen 40mm-70mm välillä, saa käyttää vain, kun riskinarviointi osoittaa, että käsien havaitseminen vaarasuuntaa lähestyessä ei ole tarpeen. (Suomen standardoimisliitto 2010.)



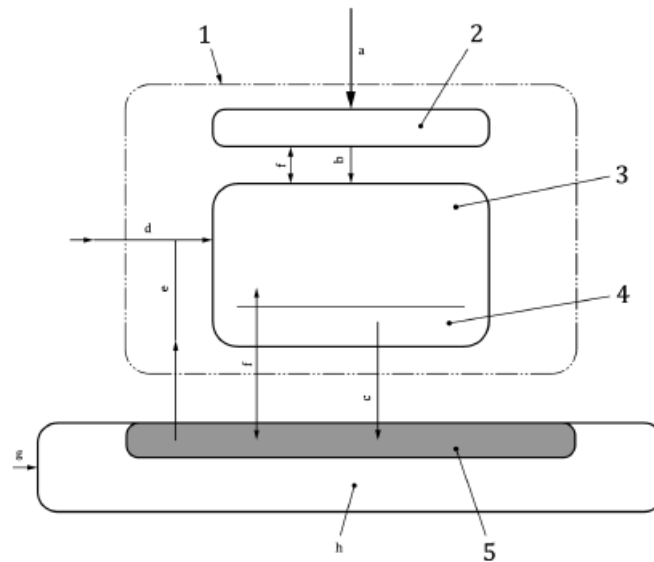
Kuva 9. Reitti palkituskoneen liikkumisalueelle.

Palkituskoneelle asennetaan valoverho estämään mahdolliset puristumistilanteet palkinostimen kanssa (Kuva 9). Valoverho asennetaan vaaralliselle alueelle vievän aukon suulle. Kun koneen käyttäjä katkaisee valonsäteen kulkiessaan vaara-alueelle, valoverho lähettää signaalin ohjausjärjestelmään. Signaalin saatuaan palkituskone ei tuo palkkia loppuun saakka, koska valoverhon mukaan koneenkäyttäjää on vielä vaara-alueella. Koneenkäyttäjän pitää kuitata valoverhon aiheuttama hälytys turvalliselta alueelta, jotta palkituskone pääsee tuomaan hakemansa palkin loppuun asti.

5.3 Tuntoreuna

Tuntoreuna on mekaanisesti vaikutettavan lähestymispysäyttimen tyyppinen turvallisuuslaite, mikä koostuu tunnistimesta, ohjausyksiköstä sekä kytkimestä (Kuva 10).

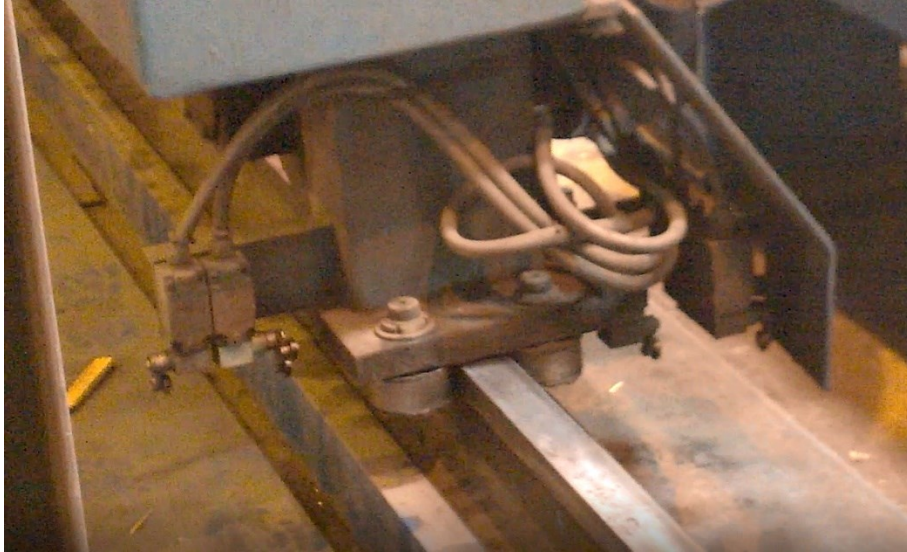
Tuntoreunan aktiivinen tuntopinta on tarkoitettu muuttamaan muotoaan paikallisesti henkilön kehon tai kehon osan kosketuksesta ja sen seurauksena aiheuttamaan tunnistimen toiminnan. Tunnistin saa aikaan signaalin, kun sen pintaan kohdistuu painetta. Ohjausyksikkö reagoi paineeseen ja synnyttää lähtösignaalin ohjausjärjestelmään. (Suomen standardoimisliitto 2013.)



Selitte

- 1 Tuntoreuna tai tuntolista
 - 2 Tunnistin (tunnistimet)
 - 3 Ohjausyksikkö*
 - 4 Lähtösignaalin kytkin (kytkimet)*
 - 5 Tuntoreunan tai tuntolistan lähtösignaalin käsittelyä varten oleva koneen ohjausjärjestelmän osa
- a Toimintavoima
b Tunnistimen lähtösignaali
c PÄÄLLÄ-tilan/POIS-tilan signaali
d Käsi käytöinen kuittaussignaali**
e Koneen ohjausjärjestelmästä tuleva kuittaussignaali (mikäli käytössä)
f Valvontasignaalit (valinnainen toiminto)
g Käsi käytöinen kuittaussignaali koneen ohjausjärjestelmälle***
h Koneen ohjausjärjestelmä (-järjestelmät)

Kuva 10. Tuntoreunan komponentit (Suomen standardoimisliitto 2013, 24) .



Kuva 11. Palkituskoneen kisko.

Palkituskoneen modernisoinnin yhteydessä kuljettimen kiskojen (Kuva 11) läheisyyteen lisätään turvareuna estämään mahdolliset puristumistilanteet. Turvareuna asetetaan kiskon eteen, jossa se liikkuu laitteen mukana. Turvareunaan osuttaessa, tuntoreuna lähettää signaalin, mikä pysäyttää kuljettimen välittömästi. Kuljettimen magneetit pitävät edelleen kiinni metallipalkista pysähtymisestä huolimatta. Palkituskoneen liikkeiden ollessa hitaita, ei laitteen pysähtymismatka ole pitkä, eikä mahdollisiin kehon osiin kohdistuva voima ennen pysähdystä ole suuri.

6 LOPPUTULOS

6.1 Uudistukset

Palkituskoneen molemmille puolille lisättiin valoverhojärjestelmä (Kuva 12), mikä estää pääsyn vaara-alueelle koneen käydessä.



Kuva 12. Palkituskoneen valoverhot.

Alueelle mentäessä valoverhot lähettävät signaalin ohjausjärjestelmään, mikä pitää kuitata turvalliselta alueelta. Valoverhojärjestelmä estää myös mahdollisen puristumisvaaran sairastapauksen tai loukkaantumisen seuraksena, jolloin henkilö ei ole kykenevä poistumaan palkituskoneen vaara-alueelta.

Palkituskoneen kiskojen eteen lisättiin tuntoreunat poistamaan puristumisen riski (Kuva 13). Langan osuessa havaittavaan kohteeseen, anturit taipuvat ja lähettävät pysäyttämssignaalin.



Kuva 13. Palkituskoneen tuntoreuna.

Tuntoreunalla poistetaan puristumisvaara kiskon väliin, sekä mahdolliset törmäystilanteet jos kiskojen eteen tai päälle on vahingossa jäänyt siihen kuulumaton esine.

Koneen molempien puolien tasannetta levennettiin hitsaamalla jatko-osa kiinni vanhaan tasanteeseen putoamisvaaran vähentämiseksi (Kuva 14).



Kuva 14. Palkituskoneen tasanne.

Leveämmällä reunalla saavutetaan turvallisempi työskentelytaso ja vältetään mahdolliset putoamiset.

6.2 Päätelmä

Työ oli mielenkiintoinen ja onnistunut. Tehtävänä oli kartoittaa tarvittavat turvallisuusmuutokset palkituskoneelle ja suunnitella tarvittavat muutokset riskien vähentämiseksi. Tässä onnistuttiin hyvin ja lopputuloksena saatiin vähennettyä mahdollisia riskitilanteita ja turvallisempi työympäristö palkituskoneen läheisyyteen. Modernisointiprojekti saatiin päätökseen ajallaan ja kaikki meni suunnitellusti.

Työ vastasi konetekniikan opintoja ja oli mielenkiintoinen tehdä. Alussa lähtötiedot olivat vähäiset ja työn edetessä huomasin, kuinka paljon asioita pitää ottaa huomioon turvalaitteita suunnittelussa. Pääsin tutustumaan syvemmin turvallisuuteen liittyviin

määräyksiin ja standardeihin. Vaatimusten ja määräyksien tutkiminen antoi paljon uutta tietoa turvallisuudesta ja koneiden vaatimuksista. Sain Notra Oy:n työntekijöiltä nopeasti apua kysymyksiini.

LÄHTEET

ePerusteet. 2021. Palkituskoneen käyttö. Viitattu 3.4.2021 osoitteesta

<https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/esitys/515674/naytto/tutkinnonosat/812652>.

Euroopan komissio. 2021. CE-marking. Viitattu 17.10.2021 osoitteesta

https://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking_fi.

Finder. 2021. Notra Oy. Viitattu 3.4.2021 osoitteesta

<https://www.finder.i/Teollisuuden+kunnossapito/Notra+Oy/Rauma/yhteystiedot/3263525>.

Kemppi. 2021. Hitsausturvallisuus. Viitattu 23.4.2021 osoitteesta

<https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/hitsausturvallisuus/>.

M. Sundquist. 2021. Teollisuusautomaation standardit. Viitattu 22.4.2021 osoitteesta

https://www.sesko.fi/files/99/osio_7.pdf.

Malm, T. Kivipuro, M. & Tiusanen R. 1998. Laajojen koneautomaatiojärjestelmien turvallisuus. Espoo: Libella painopalvelu Oy. Viitattu 18.5.2021

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/1998/T1938.pdf>.

Malm, T. Hämäläinen, V. 2006. Turvallisuustietoinen koneiden ja tuotantolinjojen modernisointiprosessi. Espoo: VTT Oy. Viitattu 19.5.2021 osoitteesta

<https://cris.vtt.fi/en/publications/turvallisuustietoinen-koneiden-ja-tuotantolinjojen-modernisointip>

Metropolia. 2017. Vikaantumislaskenta. Viitattu 22.05.2021 osoitteesta

<https://wiki.metropolia.fi/display/alykas/Vikaantumislaskenta>.

Pilz. 2021. Safety integrity level. Viitattu 12.05.2021. osoitteesta

<https://www.pilz.com/fi-FI/support/knowhow/law-standards-norms/functional-safety/en-iec-62061>.

Sesko 2021. Teollisuusautomaation standardit Osio 5. Viitattu 15.4.2021 osoitteesta

https://www.sesko.fi/files/97/osio_5.pdf

Sesko 2021. Teollisuusautomaation standardit Osio 7. Viitattu 15.4.2021 osoitteesta

https://www.sesko.fi/files/99/osio_7.pdf.

Smith D, Simpson K. 2016. The Safety Critical Systems Handbook. Englanti.

Suomen Standardisoimisliitto. 2010. Suojausteknisten laitteiden sijoitus ottaen huomioon kehon osien lähemistymisnopeudet. EN ISO 13855.

Suomen Standardisoimisliitto. 2013. Kosketuksen tunnistavat turvalaitteet osa 2. EN ISO 13856-2.

Suomen standardisoimisliitto. 2016. Koneturvallisuuden standardit.

Sähkökaluste.fi. 2021. Painikekotelo, hätäseis.

<http://www.sahkokaluste.fi/product/6658/painikekotelo-hataseis---3772236>

Tukes. 2021. CE-merkintä. Viitattu 5.4.2021 osoitteesta

<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta#49867897>.

Tukes. 2021. EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus. Viitattu 5.4.2021 osoitteesta

<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/eu-vaatimustenmukaisuusvakuutus#4866f3cc>.

Työsuojeluhallinto. 2005. Koneturvallisuus Koneen vaarojen arvioinnista CE-merkintään. Tampere: PK-paino Oy.

Työsuojeluhallinto. 2007. Koneturvallisuus Säädökset ja soveltaminen. Tampere Multiprint Oy.

Työsuojeluhallinto 2013. Riskin arvioinnit. Tampere: Multiprint Oy. Viitattu 18.4.2021.

https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/Riskinarviointi_TSO_14_2013.pdf/9bfd87ed-88be-47cb-8611-d8b4ac99b6a1

Työterveyslaitos. 2021. Mitä työturvallisuus on ja mitä sillä tavoitellaan? Viitattu 15.4.2021 osoitteesta

<https://www.ttl.fi/perehdytys-tyohyvinvointiin-tyoterveyteen-ja-tyoturvaluuteen/tyoturvaluus-ehkaisee-tapaturmia/>.

Työturvallisuuslaki 738/2002. Viitattu 9.4.2021 osoitteesta

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#V4>.

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. Viitattu 1.4.2021 osoitteesta

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400>.

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008. Viitattu 12.4.2021 osoitteesta

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403>.

Your Europe. 2021. CE-merkintä. Viitattu 5.4.2021 osoitteesta

https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_fi.htm

