



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

NOSTOAPUVÄLINESUUNNITTELU

Markus Vesa

Opinnäytetyö
Marraskuu 2015
Konetekniikka
Tuotekehitys



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotekehitys

VESA MARKUS
Nostoapuvälinesuunnittelu

Opinnäytetyö 31 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Marraskuu 2015

Tämä opinnäytetyö tehtiin S.p.e Lift Tools Ky:lle yhtenäistämään suunnittelu- ja tuotekehityskäytäntöjä nostoapuvälinesuunnittelussa. Tavoitteena oli tuottaa uudelle nostoapuvälineiden suunnittelijalle perehdytysmateriaali sekä parantaa riskien hallinnan dokumentointia.

Työn tuloksena syntyi tiivistelmätyyppinen materiaali, joka perehdyttää uuden työntekijän nostoapuvälineitä koskeviin lakeihin ja säädöksiin. Lisäksi riskien hallintaan saatiin työkalu, jonka avulla dokumentointi on aiempaa helpompaa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical Engineering
Product Development

MARKUS VESA
Design of Lifting Accessory

Bachelor's thesis 31 pages, appendices 3 pages
November 2015

This bachelor's thesis was done to unify practices of design and product development in a company named S.p.e Lift Tools. The purpose was to create an introductory material to a new designer of lifting accessory and improve a documentation of risk management.

The result of this bachelor's thesis arose a summary type material which introduces a new employee to laws and statutes of lifting accessory. Additionally it was created a tool to risk management which eases the documentation.

Key words: lifting accessory, design, product development

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	S.P.E. LIFT TOOLS KY	6
3	NOSTOAPUVÄLINEET	7
	3.1 Sovellusala	7
	3.2 Suunnittelua ja valmistusta koskevat säädökset	8
	3.2.1 Terveys- ja turvallisuusmääräykset.....	9
	3.2.2 Tekninen tiedosto	11
	3.2.3 Vaatimustenmukaisuuden arviointi ja vakuutus	11
	3.2.4 Merkinnät ja ohjeet	12
4	RISKIEN ARVIOINTI.....	13
	4.1 Yleistä	13
	4.2 Vaaratekijät	13
	4.3 Riskin suuruuden ja hyväksyttävyyden arviointi	14
	4.4 Dokumentointi	16
5	TUOTEKEHITYSPROSESSI.....	17
	5.1 Asiakkaan tarve.....	18
	5.2 Ideointi	18
	5.3 Suunnittelu	19
	5.4 Valmistus ja toimitus asiakkaalle	20
6	ESIMERKKITAPPAUS.....	21
	6.1 Toimeksianto	21
	6.2 Riskien kartoitus ja minimointi.....	21
	6.3 Ideointi ja suunnittelu	23
	6.4 Lopputulos	26
7	YHTEENVETO	27
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET	29
	Liite 1. Riskien arviointi- ja hallintaprosessi.....	29
	Liite 2. Nostoapuvälineiden tunnistetut vaaratekijät	30
	Liite 3. Riskien arvioinnin yhteenveto	31

1 JOHDANTO

Nostoapuvälineiden suunnittelu ja valmistus on tarkoin määritelty laissa EU:n alueella. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on toimia uudelle työntekijälle oppaana nostoapuvälineiden suunnittelussa ja valmistuksessa, jotta tämän työn tilaajayritys saa tuotettua Euroopan parlamentin ja neuvoston konedirektiivin (2006/42/EY) ja sitä seuraavan Suomen valtioneuvoston koneasetuksen (12.6.2008/400) täyttäviä nostoapuvälineitä. Tuotekehityksen näkökulmasta tällainen työkalu yhtenäistää toimintatapoja ja varmentaa nostoapuvälineiden lainmukaisuuden. Lisäksi työhön kuuluu tarkastaa ja päivittää nostoapuvälineiden lain määräämät dokumentit sekä tuottaa koneasetuksen vaatima riskien arviointiin soveltuva pohja, joka helpottaa riskien arviointivaihetta.

Koneasetuksen mukaisen suunnittelun tueksi on olemassa eurooppalainen standardi SFS-EN 13155 (SFS ry. 2009), joka tarjoaa yhden tavan täyttää konedirektiivin määräykset. Se on standardien tapaan hyvin yksityiskohtainen ja pitkä luettelo huomioon otettavista seikoista suunnittelun ja valmistuksen aikana. Tämän työn tuloksena syntyvä tietopankki on ikään kuin yhteenveto ja tärkeimmät asiat huomioon ottava polku, jota seuraamalla nostoapuvälineiden tuotekehitysprosessi tehostuu.

Tämän työn tekemisen aikana on käyty läpi useita erityyppisiä asiakasprojekteja, joista on poimittu olennaisia asioita tätä työtä varten. Taustalla on kuitenkin yli kahden vuoden työkokemus nostoapuvälineiden tuotekehitysprosessista.

2 S.P.E. LIFT TOOLS KY

S.p.e. Lift Tools Ky on tamperelainen nostoapuvälineitä suunnitteleva ja valmistava yritys. Asiakkaat ovat pääasiassa teollisuuden sekä kuljetus- ja varastointialojen yrityksiä ympäri Suomen. Yrityksen liikeidea on tuottaa räätälöityjä nostoapuvälineratkaisuja asiakkaidensa tarpeisiin ja tuottaa heille lainmukaiset nostoapuvälineet suunnittelusta valmiiksi tuotteeksi (Lift Tools 2015). Tuotteiden nostokapasiteetit vaihtelevat kymmenistä kiloista yli 100:an tonniin.

Työtehtävät yrityksen sisällä painottuvat lähinnä suunnitteluun ja dokumentointiin, koska nostoapuvälineiden valmistus hoidetaan alihankintana. Tuotteet ovat pääasiassa yksittäiskappaleita, joten projektit ovat hyvinkin erilaisia. Lakien ja säädösten näkökulmasta suunnitteluprosessi on kuitenkin aina samat askeleet läpi käyvä.

Nostoapuvälineitä suunnittelevia yrityksiä on Suomessa muutamia. Jotkut ovat erikoistuneet valmiiden tuotteiden maahantuontiin ja toiset asiakaskohtaisiin toimituksiin. Ala on jokseenkin aika kapea ja tarkasti rajattu, mutta tarve erilaisille räätälöidyille nostoapuvälineille on olemassa. Aiemmin suuret teollisuusyritykset ovat itse suunnitelleet ja valmistaneet tarvittavat nostoapuvälineet, mutta nykypäivän EU:n asettamien CE-merkintävaihtimusten täyttämiseksi on järkevämpää tilata valmiit ratkaisut siihen erikoistuneelta toimijalta.

3 NOSTOAPUVÄLINEET

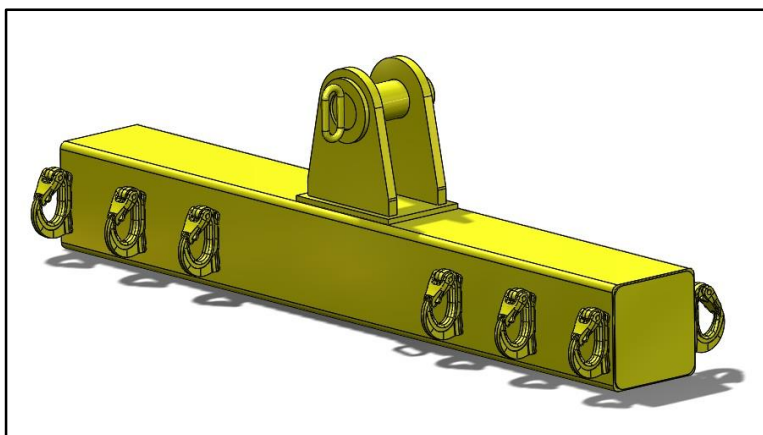
3.1 Sovellusala

Suomen lainsäädännössä on voimassa Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (VNa 400/2008), joka pohjautuu EU:n konedirektiiviin 2006/42/EY. Koneasetuksessa vuodelta 2008 todetaan:

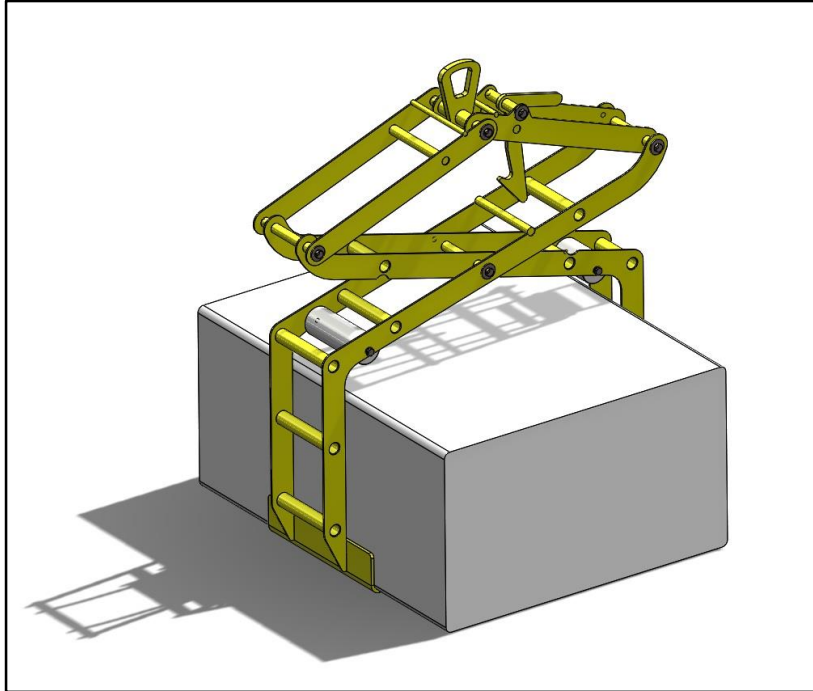
Nostoapuvälineellä tarkoitetaan komponenttia tai laitetta, jota ei ole kiinnitetty nostolaitteeseen ja jonka avulla kuormaan voidaan tarttua ja joka on sijoitettu koneen ja kuorman väliin tai kiinnitetty itse kuormaan tai joka on tarkoitettu kuorman kiinteäksi osaksi ja joka on saatettu markkinoille erillisesti; raksien ja niiden komponenttien katsotaan myös olevan nostoapuvälineitä.

Nostolaitteella tarkoitetaan tässä esimerkiksi nostureita ja nostimia, joilla ei suoraan kyetä tarttumaan kuormaan. Kuitenkaan kaikki nostolaitteeseen kiinnitettävät kuorman nostossa käytettävät välineet eivät kuulu em. koneasetuksen piiriin. Tällaisia sovelluksia ovat esimerkiksi työkalukorit, kontit, lavat, senkat tai suursäkit (Euroopan komissio 2012). Nämä ovat pääosin välineitä, jotka on tarkoitettu tavaran säilyttämiseen ja kuljettamiseen.

Voidaan todeta, että lähtökohtaisesti kaikki suunniteltavat ja valmistettavat sovellukset, joiden pääkäyttötarkoituksena on nostaminen, luokitellaan nostoapuvälineiksi, ja niitä koskevat tällöin koneasetuksen säädökset. Määritelmän alle kuuluvia sovelluksia ovat esimerkiksi nostopuomit (Kuva 1) ja nostosakset (Kuva 2).



Kuva 1. Nostopuomi



Kuva 2. Nostosakset

3.2 Suunnittelua ja valmistusta koskevat säädökset

Nostoapuvälineiden suunnittelussa ja valmistuksessa on erittäin tärkeää noudattaa koneasetuksen velvoittamia periaatteita huolellisesti, jotta laitteesta tulee turvallinen ja lainmukainen. Jos kuitenkin sattuu tapaturma, on tärkeää pystyä todistamaan valmistetun laitteen lainmukaisuus ja virheettömyys. Tapio Siirilä toteaa kirjassaan Koneturvallisuus – EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus (2008, 25) että yleisimmät tapaturmien aiheuttajat ovat huolimattomuudet ja laiminlyönnit, jolloin vastuullisia löytyy usein sekä laitteen toimittajasta ja laitteen käyttäjistä.

Konedirektiivin luvussa 2 määritellään valmistajan velvollisuudet ennen koneen saattamista markkinoille. Ensinnäkin on varmistettava, että kone täyttää sitä koskevat terveys- ja turvallisuusvaatimukset, jotka on esitetty tämän työn kohdassa 3.2.1. Toiseksi on varmistettava, että tekninen tiedosto (kohta 3.2.2) on käytettävissä. Sitten on suoritettava asianmukainen vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely ja laadittava EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus (kohta 3.2.3). Lopuksi on huolehdittava tarvittavien ohjeiden ja merkintöjen (kohta 3.2.4) mukanaolosta.

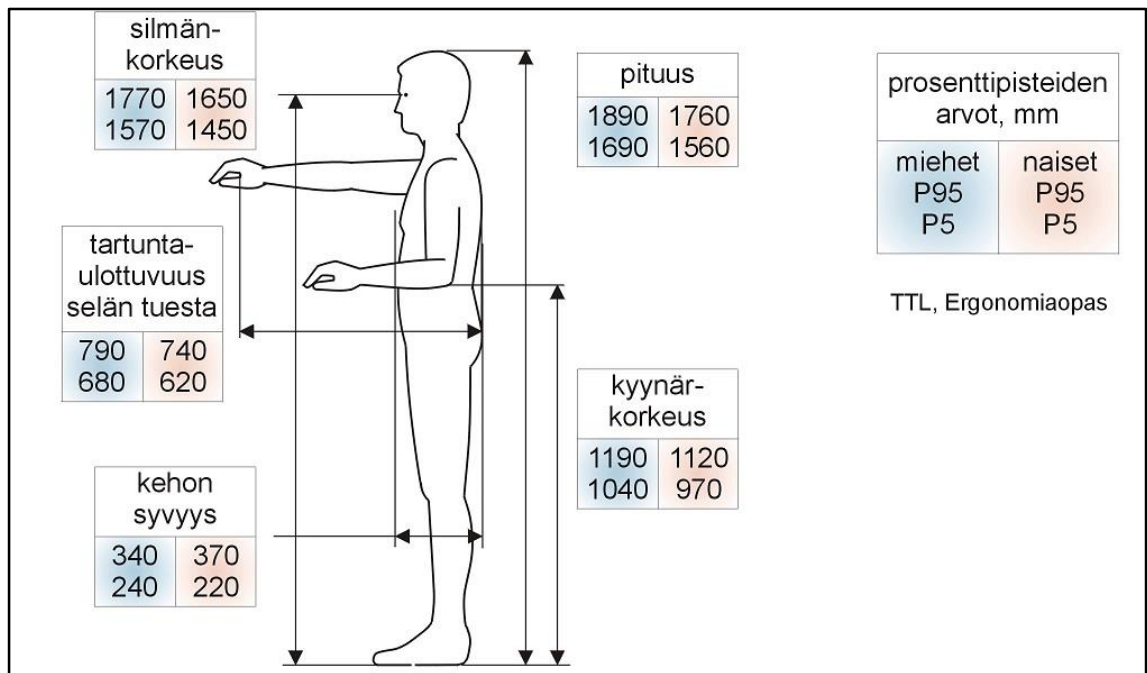
3.2.1 Terveys- ja turvallisuusmääräykset

Koneasetuksen liitteessä 1 on määritetty kaikille koneille terveys- ja turvallisuusmääräykset. Ne on jaettu osiin siten, että yleiset periaatteet sekä yleinen osa koskevat kaikkia koneita ja osat 2-6 koskevat vain tietynlaisia koneita. Nostoapuvälineitä koskee osa neljä, jossa käsitellään nostamisesta aiheutuvat vaarat.

Yleisissä periaatteissa on määrätty, että kaikille koneille on tehtävä riskien arviointi ja että kone on suunniteltava ja rakennettava siinä esiintyvät riskit huomioon ottaen. Periaatteisiin kuuluu myös se, että terveys- ja turvallisuusvaatimuksia sovelletaan ainoastaan silloin, kun kyseinen vaara on todettu olevan läsnä kyseisessä koneessa. Joka tapauksessa on kuitenkin sovellettava turvallistamisen periaatteita ja koneen merkintöjen ja ohjeiden vaatimuksia.

Turvallistamisen periaatteisiin kuuluu huomioida, että henkilöt eivät vaaranna laitteen käytön ja huollon aikana edes ennakoitavissa olevan väärinkäytön seurauksena. Suunnitteluvaiheessa on lähtökohtaisesti pyrittävä poistamaan ja pienentämään riskit. Mahdollisesti näiden toimien jälkeen vielä jäävien riskien osalta on tehtävä tarpeelliset suojaustoimenpiteet ja ilmoitettava näistä käyttäjälle. On myös määriteltävä mahdollinen koulutus-tarve ja lisäsuojaintenkäyttö.

Käsittelyä ja ergonomiaa ajatellen on suunnittelussa otettava huomioon kaikki käsittelyä ja käyttöä koskevat työasennot. Laitteen käytössä on huomioitava ihmisen fyysiset raja-arvot ja työasennot on suunniteltava niin, että kuormitukset ovat mahdollisimman pieniä. Kuvassa 3 on esitetty pienten (5. prosenttipiste) ja suurten (95. prosenttipiste) miesten ja naisten mittoja, joista saa suuntaviivat mitoituksiin. Koneturvallisuusstandardissa SFS-EN 1005-02 (SFS ry. 2009) on määritetty ihmisen maksiminostotaakaksi 25 kg, mutta toistojen lisääntyessä on otettava myös ihmisen kestävyys huomioon.



Kuva 3. Ihmisen mitat (Työterveyslaitos, 2015)

Nostoapuvälineissä tarvitsee joskus käyttää ohjausjärjestelmiä, jos kyseessä on esimerkiksi sähkömoottorikäyttö. On kuitenkin harvinaista, että tarvitsee rakentaa uutta ohjausjärjestelmää, vaan yleensä lainmukainen ohjauslogiikka tulee esimerkiksi ohjainyksikön mukana ja on integroitu siihen. Koneasetus määrää, että järjestelmä on rakennettava niin, että kone ei vikatilanteessakaan estä pysäytyskäskyä ja taakka ei saa päästä putoamaan. Esimerkiksi sähkömoottorikäytöllä oleva nostoapuväline ei saa sähkön syötön katketessa päästää taakkaa putoamaan.

Ohjauslaitteiden osalta laki määrää, että niiden käyttö on oltava loogista ja helppoa. Ne on sijoitettava niin, että niiden käyttö onnistuu menemättä vaaravyöhykkeelle ja ne eivät aiheuta lisäriskejä. Hätätysäytystoiminto on pakollinen aina. Tähän poikkeuksena ovat käsikäyttöiset laitteet, joissa ei muutakaan ohjausta ole.

Mekaanisilta vaaroilta suojaamisesta määrätään, että laitteen on kestävä siihen käytön aikana kohdistuvat rasitukset. Materiaalit on valittava niin, että käyttöympäristö on otettu huomioon mm. korroosion ja kulumisen näkökulmasta. Nostoapuvälineissä rakenteen myötölujuuteen nähden varmuusluku on oltava vähintään kaksi ja murtolujuuteen kolme. Rakenteen on siis mitoitettava kestävä kolminkertainen staattinen kuorma, niin että muodonmuutoksia saa syntyä, mutta taakka ei pääse putoamaan.

Käytettäessä suojuksia ja turvalaitteita on varmistuttava, että ne ovat kestäviä ja lujasti paikoillaan ja että ne eivät aiheuta lisävaaraa. Niiden ohittaminen tai toimimattomiksi tekeminen on tehtävä vaikeaksi. Niiden asettelussa on pyrittävä siihen, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän haittaa muulle käytölle ja huoltotoimenpiteille. Esimerkiksi nostoapuvälineissä voidaan käyttää rajakytkimiä siten, että noston aikana taakan ollessa ilmassa, ei ole mahdollista avata leukoja ohjausyksiköstä nappia painamalla.

3.2.2 Tekninen tiedosto

Tekninen tiedosto on asiakirja, joka osoittaa, että kyseessä oleva kone on koneasetuksen vaatimusten mukainen ja se kattaa suunnittelun, valmistuksen ja käytön. Se täytyy olla voimassa vähintään kymmenen vuoden ajan valmistusajankohdasta, mutta sen ei tarvitse olla aineellisessa muodossa jatkuvasti. On kuitenkin tarpeen tullen pystyttävä kokoamaan se annetussa määräajassa EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa nimetyn henkilön toimesta.

Sisällöltään teknisen tiedoston tulee noudattaa seuraavaa listaa:

- yleiskuvaus
- yleispiirustus ja ohjauspiirien piirustukset
- yksityiskohtaiset kokoonpano- ja osapiirustukset, laskelmat, testaustulokset ja todistukset
- riskin arvioinnin asiakirja
- käytetyt standardit
- jäljennös käyttö- ja huolto-ohjeista
- jäljennös EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta

3.2.3 Vaatimustenmukaisuuden arviointi ja vakuutus

Nostoapuvälineillä noudatetaan valmistuksen sisäiseen tarkastukseen perustuvaa vaatimustenmukaisuuden arviointia. Siinä valmistaja itse vakuuttaa, että kyseinen nostoapuväline täyttää koneasetuksen vaatimukset. Valmistajan kuuluu myös laatia tekninen tiedosto tämän työn kohdan 3.2.2 mukaisesti. Lisäksi täytyy huolehtia, että valmistusmenetelmä takaa näiden nostoapuvälineiden olevan edellä mainittujen koneasetuksen vaatimusten ja teknisen tiedoston mukaisia.

EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen täytyy sisältää valmistajan toiminimi ja osoite, sen henkilön nimi ja osoitetiedot, joka on valtuutettu kokoamaan teknisen tiedoston, koneen kuvaus ja tunniste sekä vakuutus siitä, että valmistettu kone täyttää koneasetuksen säädökset. Lisäksi siinä voi ilmoittaa viittauksen käytettyihin standardeihin. Nämä tiedot kuitataan valmistajan puolesta valtuutetun henkilön nimellä ja allekirjoituksella sekä päivämäärällä ja paikalla.

3.2.4 Merkinnät ja ohjeet

Kaikki valmistetut koneet on merkittävä pysyvästi ja selvästi koneasetuksen liitteessä 1 kohdassa 1.7.3 Koneen merkinnät mukaisesti. Siitä täytyy selvittää valmistajan toiminimi ja osoite, kuvaus koneesta, CE-merkintä, valmistusvuosi ja mahdollinen sarja- tai eränumero. Koneessa on oltava myös turvallista käyttöä koskevat tiedot ja varoitukset helposti ymmärrettävinä symboleina tai tunnuksina. Kun kyse on nostoapuvälineistä, on lisäksi ilmoitettava suurin sallittu työkuorma ja laitteen massa pysyvällä ja yksiselitteisellä tavalla.

Koneasetus määrittää kaikille koneille yhteiset ohjeiden sisältövaatimukset liitteessä 1 kohdassa 1.7.4.2. Ennen koneen käyttöönottoa on varmistettava ohjeiden saatavuudesta, ja vaikka nämä ohjeet sisältyisivät myyntiaineistoon, on valmistajan varmistettava, että jäljennös ohjeista on nostoapuvälineen toimituksen mukana (Inspecta 2015). Lain vaatimuksen ohjeiden sisällölle ovat seuraavat:

- valmistajan nimi ja osoite
- EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus
- kuvaus laitteesta
- käytön, huollon ja korjauksen kannalta oleelliset piirustukset
- käytön kuvaus ja ohjeet
- käyttöolosuhteiden rajat
- kokoonpano-, asennus- ja kytkentäohjeet
- varoitukset kielletyistä käyttötavoista
- varoitukset riskeistä
- kunnossapitotoimenpiteet (tarkastuksen määräaika ja luonne)

4 RISKIEN ARVIOINTI

4.1 Yleistä

Riskien arviointi on olennainen osa nostoapuvälineiden suunnittelua. Oikeilla riskinhallintatoimilla voidaan taata tuotteen turvallisuus ja lainmukaisuus. Siirilä määrittelee kirjassaan Koneturvallisuus - EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus (2008, 63) riskin olevan vaaratekijästä aiheutuvien seurausten vakavuuden ja tapahtuman todennäköisyyden yhdistelmä. Riskit on tässä yhteydessä syytä tarkastella kattamaan niin käyttöönotto, varsinainen käyttö kuin huoltotoimenpiteetkin. On myös määrätty, että ennakoitavissa oleva väärinkäyttö täytyy ottaa huomioon riskien arvioinnissa. Riskien arviointi- ja hallintaprosessi voidaan kuvata vuokaaviona (Liite 1), jonka mukaan toimittaessa tulee täytetyksi koneasetuksen linjaus, että ensisijaisesti täytyy pyrkiä poistamaan ja vähentämään tunnistetut riskit ja vasta näiden toimien jälkeen suunnitella turvalaitteet ja suojukset jäännösriskien minimoimiseksi. Riskien arvioinnin vaikeus on siinä, että lopputuloksiin vaikuttavat huomattavasti oletukset käytön järkevyydestä ja arvioinnin tekijän painotuksista. Näin ollen tuloksia ei voida pitää mitenkään absoluuttisina totuuksina, vaan ennemminkin tarkoitus on minimoida ilmiselvät vaaratekijät ja niistä aiheutuvat vahingot.

4.2 Vaaratekijät

Nostoapuväline on yleensä ennen varsinaista käyttöhetkeä kiinni esimerkiksi nostimen koukussa, jolloin itse välineen putoamisesta ei ilman mekaanisen lujuuden pettämistä pitäisi olla vaaraa. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon mahdollisesta iskusta johtuvat vaaratekijät, jos nostoapuväline heilahtaa tai pyörähtää koukun varassa. Myös mahdolliset terävät kulmat ja särmät saattavat aiheuttaa käyttäjälle vaaraa.

Varsinaisella käyttöhetkellä taakka asennetaan nostoapuvälineeseen ja nostetaan ilmaan. Asentamisvaiheessa esimerkiksi puristuvat kidat voivat aiheuttaa puristumisvaaran. Myös eri käyttövoimat luovat erilaisia vaaroja, kuten esimerkiksi paineeseen perustuvilla energiamuodoilla letkun tai liittimen rikkoutuessa aiheutuu neste- tai kaasusuihku. Käyttäjän huolimattomuudesta taakan kiinnityksessä voi aiheutua noston aikana taakan äkkinäinen painopisteen heilahdus tai jopa putoaminen

Huolto- ja säilytysvaiheessa nostoapuvälineitä käsitellään pääasiassa esimerkiksi lattialla tai jollain tasolla. Tässä vaiheessa nostoapuvälineen vakavuus ja käsiteltävyys näyttelevät tärkeää osaa vaarojen suhteen. Esimerkiksi raskaan nostopuomin kaatuminen voi aiheuttaa käyttäjälle vakaviakin vammoja.

Liitteen 2 taulukkoon on koottu SFS-EN 13155 -standardista yleispäteviä vaaratekijöitä, jotka koskevat nostoapuvälineitä. Tämän taulukon avulla voidaan suunnitteluvaiheessa tunnistaa kulloisenkin tuotteen tunnistetut vaaratekijät. Taulukkoa täytetään ja täydennetään sähköisesti jokaisen projektin sisällä. Taulukon täyttövaiheessa vaaratekijät eivät vielä aiheuta toimenpiteitä, vaan tärkeää on pyrkiä tunnistamaan ne mahdollisimman kattavasti. Varsinaiset toimenpiteet suoritetaan, kun on tehty riskien suuruuden ja hyväksyttävyyden arviointi.

4.3 Riskin suuruuden ja hyväksyttävyyden arviointi

Riskin suuruuden arvioinnin lähtökohtana on vahingon vakavuus ja vahingon todennäköisyys. Vakavuuden arviointiin on olemassa erilaisia tapoja. Joissakin tapauksissa vahingon laajuus saattaa koskea useampaa henkilöä, jolloin vahingon laajuus tulisi ottaa arvioinnissa huomioon. Nostoapuvälineiden tapauksessa pääasiassa käyttäjiä on yksi, jolloin seurausten vakavuuteen voidaan käyttää taulukkoa 1. Siinä vakavuudelle saadaan lukuarvo 1-100, jota voidaan käyttää myöhemmässä vaiheessa varsinaisen riskitason määrittämisessä.

100	Kuolema tai hyvin vakava pysyvä vamma
90	Vakavia pysyviä vammoja
80	(esim. halvaantuminen)
70	Pysyviä vammoja
60	(esim. käden tai sen toimintakyvyn menetys)
50	Pysyviä pieniä vammoja
40	(esim. pala pois sormesta, suuren luun murtuma)
30	
20	Parantuva pieni vamma (esim. pienen luun murtuma)
10	Naarmuja tai mustelmia
1	Ei seurauksia

Taulukko 1. Seurausten vakavuus (Siirilä, 2008, 98)

Vahingon tapahtumisen todennäköisyyden arviointi voidaan toteuttaa myös taulukon avulla. Taulukossa 2 on esitetty todennäköisyys prosentteina ja sitä vastaava sanallinen selitys. Näin saadaan selville vahingon tapahtuman todennäköisyys, joka yhdistämällä edellä saatuun vahingon vakavuuden arvoon selvitetään riskin suuruus.

1	Varma
0,9	Lähes varma
0,8	Hyvin todennäköinen
0,7	
0,6	Todennäköinen
0,5	Tapahtuminen ja tapahtumatta jääminen yhtä todennäköistä
0,4	Mahdollinen, mutta epätodennäköistä
0,3	
0,2	Epätodennäköinen, mutta mahdollinen
0,1	Lähes mahdoton

Taulukko 2. Tapahtuman todennäköisyys (Siirilä, 2008, 108)

Jotta tarvittavat toimenpiteet riskien minimoimiseksi saadaan selville, on vielä laskettava edellä esitetyistä taulukoista saatujen lukuarvojen tulo. Tämän jälkeen verrataan saatua tulosta taulukkoon 3, jossa on määritelty riskitaso ja tarvittavat toimenpiteet.

Riskitaso		Tarvittavat toimenpiteet
Vähäinen	0,1-5	Ei toimenpiteitä
Siedettävä	6-15	Voidaan ottaa käyttöön, mutta seuranta on tarpeen
Kohtalainen	16-28	Suunnittelua on jatkettava, riski on saatava pienemmäksi
Merkittävä	29-48	Suunnittelua on jatkettava, riski on saatava pienemmäksi
Sietämätön	49-100	Suunnittelua on jatkettava, riski on saatava pienemmäksi

Taulukko 3. Seurausten vakavuus (Siirilä, 2008, 98)

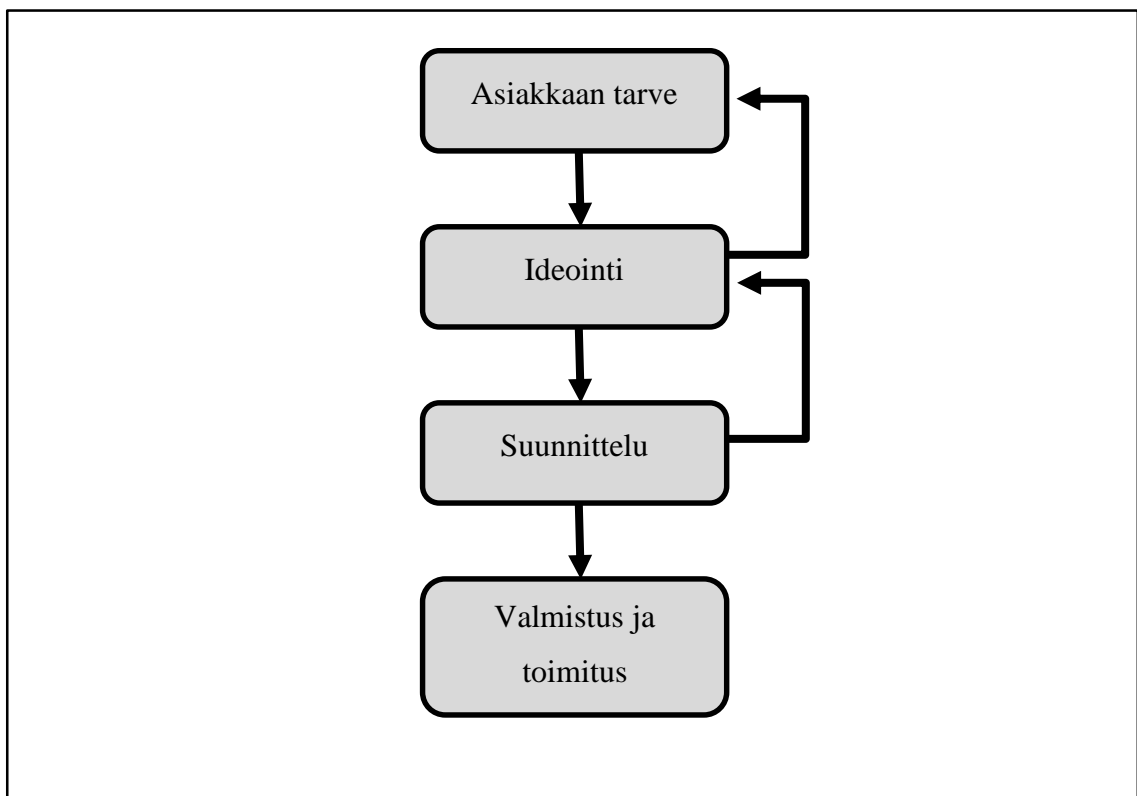
4.4 Dokumentointi

Riskien arviointi on tärkeä osa nostoapuvälineiden suunnittelua, joten sen dokumentoinnin on määrätty koneasetuksessa. Siinä vaaditaan, että teknisessä tiedostossa on oltava mukana riskien arvioinnin asiakirja sekä käyttöohjeen tulee sisältää varoitukset jäännösriskeistä. Jäännösriskillä tarkoitetaan tässä riskiä, joka jää vielä vähintään siedettävälle tasolle kaikkien suojaus- ja turvallistamistoimenpiteidenkin jälkeen.

Mahdollista myöhempää käyttöä varten on hyvä koostaa tiivistelmä suoritetusta riskien arvioinnista ja tallentaa se projektikohtaisesti niin, että se on löydettävissä myöhemmin. Toiminnan nopeuttamiseksi luotiin valmis pohja, johon saadaan täytettyä suunnitellun nostoapuvälineen tunnistetut vaaratekijät sekä riskien suuruudet ennen ja jälkeen toimenpiteiden (Liite 3).

5 TUOTEKEHITYSPROSESSI

Nostoapuvälineiden tuotekehitysprosessi on pääpiirteittäin joka kerta samanlainen. Sen voi yksinkertaistettuna kuvata nelivaiheisena vuokaaviona (Kuvio 1). Vaikka suunniteltavat tuotteet ovat hyvinkin erilaisia keskenään, laki määrittelee tarkat raamit lopputuotteille. Näin taataan nostoapuvälineiden turvallisuus ja vähennetään tapaturmien riskiä huomattavasti. Laki ei varsinaisesti ohjaa tuotekehitysprosessia, mutta haluttaessa kehittää lainmukainen tuote, on prosessin joka vaiheessa tärkeää ottaa huomioon laillisen lopputuotteen ehdot.



Kuvio 1. Suunnitteluprosessi

Prosessia on hyvä pyrkiä tehostamaan, jotta tuotteiden läpimenoaika lyhenisi ja näin yrityksen tuottavuus kasvaisi. Jokainen kuviossa 1 esitetty takaisinkytkentäliike aiheuttaa tuotekehitysprosessin pitkittymistä ja näin hidastaa tuotteen syntymistä. On kuitenkin tärkeää, että ennen valmistusvaihetta on tarkasti pohdittu kaikki mahdollisuuden rajoissa olevat vaihtoehdot, jotta lopputuotteesta saadaan mahdollisimman turvallinen ja käyttökelpoinen.

5.1 Asiakkaan tarve

Asiakasprojektit lähtevät käyntiin lähes poikkeuksetta asiakkaan tarpeesta. Tarpeena voi olla esimerkiksi vanhan uudistaminen tai kokonaan uuden sovelluksen kehittäminen. Asiakas kuitenkin aina määrittelee nostoapuvälineelle käyttörajat ja -olosuhteet. Suunnittelun aloituksen perusteiksi riittää usein tiedot nostettavan kappaleen painosta, muodosta/koosta, käyttöolosuhteista ja nostotavasta.

Usein asiakkailla ei ole suuria ennakkovaatimuksia nostoapuvälineelle, mutta tällaisia saattavat olla esimerkiksi jokin tietty käyttövoima tai vaikka tilan ahtauden ja nostokorkeuden aiheuttamat ongelmat. Tällaiset vaatimukset on tärkeää kartoittaa jo heti alkuvaiheessa, jotta säästytään turhalta työltä.

5.2 Ideointi

Ideointivaihe alkaa heti asiakkaan tarpeiden kartoituksen jälkeen. Tarkoituksena on muodostaa käsitys toimintaperiaatteesta ja käytettävistä valmistusmenetelmistä. Asiakkaalle pyritään jo tässä vaiheessa saamaan hieman alustavaa kuvaa laitteesta.

Tässä vaiheessa kannattaa tuoda mahdollisimman paljon ideoita esiin ja etsiä eri vaihtoehtoja. Nostoapuvälineen käyttö voidaan joissakin tapauksissa toteuttaa esimerkiksi turvallisemmin hydraulisesti kuin mekaanisesti. Tällaiset suuret linjat on hyvä käydä jo ideointiprosessissa läpi huolella, mutta jättää varsinainen mitoitus ja komponenttien valinta myöhempään vaiheeseen.

Liiketoiminnan kannalta on järkevää tarjota tuote tässä vaiheessa asiakkaalle, ennen kuin uhrataan enemmän suunnittelutunteja projektille. Tämä kuitenkin vaatii usein myös kohdallaisen tarkkoja hintatietoja käytettävistä osista ja valmistukseen kuluva työstä. On siis erittäin vaikea määrittellä tarkasti sitä hetkeä milloin siirrytään prosessissa suunnitteluvaiheeseen.

5.3 Suunnittelu

Suunnitteluvaihe on koko tuotekehitysprosessin eniten aikaa vievin vaihe. Ideoinnin pohjalta syntynyt alustava kuva laitteesta ja tiedossa olevat asiakkaan tarpeet luovat perusteet varsinaiselle suunnittelulle. Tässä vaiheessa yleensä on jo varmuus tuotteen tilauksesta ja yksityiskohtainen suunnittelu on näin turvallista aloittaa ilman pelkoa turhasta työstä.

Suunnitellessa nostoapuvälineitä on ensiarvoisen tärkeää tuntea lainsäätäjän asettamat velvoitteet, jotta tuotteesta saadaan lainmukainen. Jo alkuvaiheessa on hyvä suorittaa riskien arviointi, jotta mahdolliset riskien minimoimistoimenpiteet voidaan suorittaa ajoissa. Lopullisen konstruktion muotoutuessa on riskien arviointia täydennettävä ja pidettävä ajan tasalla.

Tässä vaiheessa luonnosteltuja kokoonpanoja ja niiden osia mallinnetaan tarkemmiksi. Valmistuksen kannalta ajateltuna on tärkeää, että tässä suunnitteluvaiheessa otetaan huomioon osien tarvittavat työvarat sekä kustannustehokkuus. Olisi siis mielekästä, että suunnittelija tuntisi vähintään kohtalaisella tasolla valmistusmenetelmiä.

Lujuuslaskentatoimenpiteitä suoritetaan pitkin suunnitteluprosessia. Jos kyseessä on kohtalaisen pieni kokoonpano, on sen lujuus järkevää tarkastella kokonaisuutena. Isommat kokoonpanot on hyvä jakaa pienemmiksi osiksi ja tarkastella kunkin merkitsevän osan lujuudet erikseen, jotta yhdestä laskennasta ei tule liian iso ja monimutkainen.

Lopuksi kokonaisuus on hyvä käydä läpi vielä jonkun toisen henkilön kanssa, jotta eitoivotut ajatusvirheet ja huolimattomuudet saadaan karsittua ja korjattua ennen valmistusta. Asiakkaalle on hyvä lähettää tässä vaiheessa vielä lopullinen kuvaus laitteesta ja sen spekseistä.

5.4 Valmistus ja toimitus asiakkaalle

Valmistusvaihe alkaa käytännössä siinä vaiheessa, kun tuotteen työkuvat tehdään ja ne hyväksytään. Tähän vaiheeseen kuuluu myös mahdollisten valmiskomponenttien tilaukset.

Alihankintana tapahtuva valmistus jättää valmistuttavalle yritykselle vastuun valvoa valmistusprosessia ja myös varmistua valmiin tuotteen laadusta. Mikäli asiakkaan toiveena on koekuormittaa nostoapuväline ja näin varmistua turvallisuudesta, se toteutetaan tässä vaiheessa. Myös mahdolliset kolmannen osapuolen laatumittaukset ja koestukset voidaan haluttaessa suorittaa ennen toimitusta.

Toimitusvaiheessa nostoapuväline on todettu laadukkaaksi ja sille annetaan CE-merkintä merkkinä lainmukaisuudesta. Laitteesta laaditaan myös vaatimustenmukaisuusvakuutus ja käyttö- ja huolto-ohjeet mukaan toimitukseen.

6 ESIMERKKITAPAUS

Tässä luvussa käydään läpi esimerkkitapaus nostoapuvälineen suunnitteluprosessista, jonka lopputuotteena on sellupaalien nostoon soveltuva pneumatiikkakäyttöinen nostin. Tapaus on todellinen työtehtävä, joka tehtiin normaalina työtehtävänä tämän opinnäytetyön tekemisen aikana. Nostimen rakennetta ja suunnittelun luonnoksia ei käsitellä kovin yksityiskohtaisesti johtuen tietosuojasyistä.

6.1 Toimeksianto

Eräs sellupaaleja tuotannossaan käyttävä yritys tiedusteli halukkuutta tarjota heille vanhan välineen tilalle uutta turvallisempaa ja käyttäjäystävällisempää nostoapuvälinettä. Tässä tapauksessa lähtötiedot olivat kohtalaisen selvillä jo heti alkutilanteesta lähtien. Vanhan laitteen haittapuolina olivat huono noston aikana painopisteen siirtyminen liikaa sivuun ja käyttäjän huono ergonomia.

Aluksi haluttiin luonnollisesti tarjous tällaisen uuden nostoapuvälineen suunnittelusta ja valmistuksesta. Suunnittelu oli kuitenkin vietävä kohtalaisen pitkälle jo ennen tarjouksen tekemistä, jotta hintaa ja valmistusaikaa pystyttiin arvioimaan tarkasti.

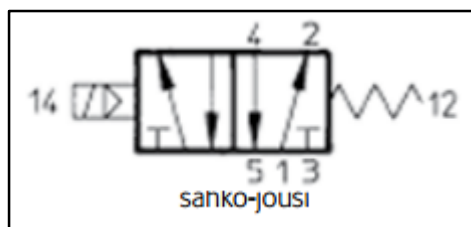
6.2 Riskien kartoitus ja minimointi

Riskien alustava arviointi suoritettiin heti alkuvaiheessa, jolloin jo ilmeiset riskit olivat selvästi havaittavissa. Suurimmat riskit muodostuivat kappaleen irrotessa vahinkotilanteessa. Nostotapahtuma ei kuitenkaan ikinä pitäisi tapahtua suoraan henkilöiden yläpuolella, joten hengenvaaraa ei tässä tapauksessa esiintynyt. Maksiminostokorkeus tällä nostoapuvälineellä voi kuitenkin ylittää käyttäjän mitan, jolloin virheellisellä käytöllä voitiin myös aiheuttaa hengenvaara. Tästä vaarasta oli syytä varoittaa käyttöohjeessa ja kieltää taakan alle meneminen nostotilanteessa.

Jotta käyttäjän ei missään tilanteessa täydy mennä taakan alle, ohjainvarren oli oltava riittävän etäällä paalista ja kaikki toiminnot taakan kiinnittämisestä, nostotilanteeseen ja irrotukseen oli pystyttävä hoitamaan irrottamatta käsi ohjainvarresta. Tästä syystä nostimen liikuttelu ja nostoapuvälineen kiinnitys kuormaan oli hyvä tapahtua samasta ohjainyksiköstä.

Taakan putoamiseen johtavia syitä löytyi kolme: nostoapuvälineen virheellinen kiinnitys kuormaan, ohjauspaineen häviäminen sylinterissä sekä nostotilanteessa käyttäjän antama virhekäskeä. Kuorman virheellinen kiinnitys oli mahdollinen, mutta tässä tapauksessa hyvin epätodennäköinen, koska käyttäjät olivat tottuneita vastaaviin tilanteisiin ja kiinnitys tapahtui käyttäjien välittömässä läheisyydessä. Näin ollen käyttöohjeeseen riitti kehoitus varmistua taakan oikeasta kiinnityksestä ennen nostoa.

Ohjauspaineen häviäminen sylinteriltä rikkoutumistilanteessa ja siitä johtuva taakan putoaminen oli myös epätodennäköistä, koska ohjausventtiilin rakenne estää tulopaineen hävitessä takaisinvirtauksen (Kuva 4). Myös sähkönsäädin katkeamisesta johtuva taakan putoaminen estettiin, kun valittiin jousipalautteinen venttiili. Näin sähkökatkoksen aikana venttiili ohjaa sylinterin kiinni.



Kuva 4. Ohjausventtiili (PMC Polarteknik)

Edellä esitetyllä venttiilillä saatiin paineen häviämisestä aiheutuvan riskin todennäköisyys pienenemään, koska tällöin rikkoutuva komponentti oli oltava itse sylinteri tai sen ja ohjausventtiilin välillä oleva liitos. Tällaista mahdollisuutta oli käytännössä mahdotonta lähteä kokonaan poistamaan, joten on pidettävä huoli siitä, ettei taakan alle joutunut missään tilanteessa menemään.

Nostotilanteessa käyttäjän antama avautumiskäskeä ohjaussylinterille johtaisi väistämättä taakan hallitsemattomaan putoamiseen, joten se oli estettävä. Rajakytkimen avulla, taakan ollessa kiinnitettynä nostoapuvälineeseen, ohjausyksikön venttiilille antama signaali saatiin estettyä. Näin virheellinen napin painallus ei päästänyt kuormaa putoamaan.

Vähemmän vakavia riskejä löytyi puristumisvaarasta taakan kiinnitysvaiheessa, mahdollisista terävistä kulmista nostoapuvälineessä sekä huonoista työskentelyasennoista. Puristumisvaaraan ei tässä mitään suojausta voitu asettaa. Käyttäjän ollessa kiinni ohjainyksikössä oli kuitenkin tämän vaaran ulottumattomissa. Näin ollen pelkkä varoitus käyttöohjeeseen riitti minimoimaan tämän riskin.

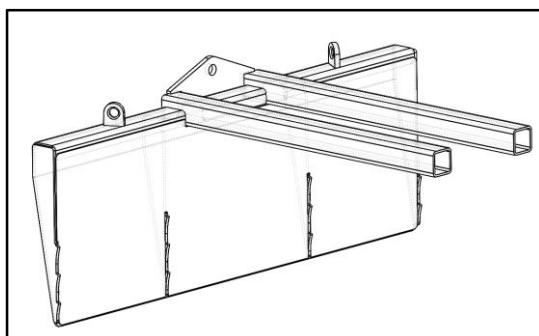
Terävistä kulmista aiheutuvat viilto- ja nirhautumisvaarat olivat seurauksiltaan kohtalaisen pieniä, mutta nekin pyrittiin minimoimaan pyöristämällä kaikki terävät särvät. Myös huono työskentelyasento pyrittiin muuttamaan ergonomiseksi ohjainvarren nivelöinnillä.

6.3 Ideointi ja suunnittelu

Ideointivaiheen alussa oli jo selvää, että käyttö tulee tapahtua entisen laitteen tapaan pneumaattisesti, koska paineilmaliihtä oli jo valmiiksi saatavilla. Myös toimintatapa oli riskien arvioinnissa määritelty valmiiksi siten, että käyttäjä ohjailee nostoa kiinteällä varrella, johon on integroitu sekä nostimen liikuttelu että pneumaattikasylinlerin käyttö.

Lähtötietoina oli annettu, että nostokyky on oltava 100 kg ja nostettavien paalien koot 400–800 mm. Itse nostoapuvälineen painolle ei asetettu ennakkoon tarkkoja tavoitteita, sillä sitä ei tarvitse nostaa ikinä käsin. Haasteena tässä vaiheessa oli saada painopiste pysymään ääriasennoissa suurin piirtein keskilinjalla.

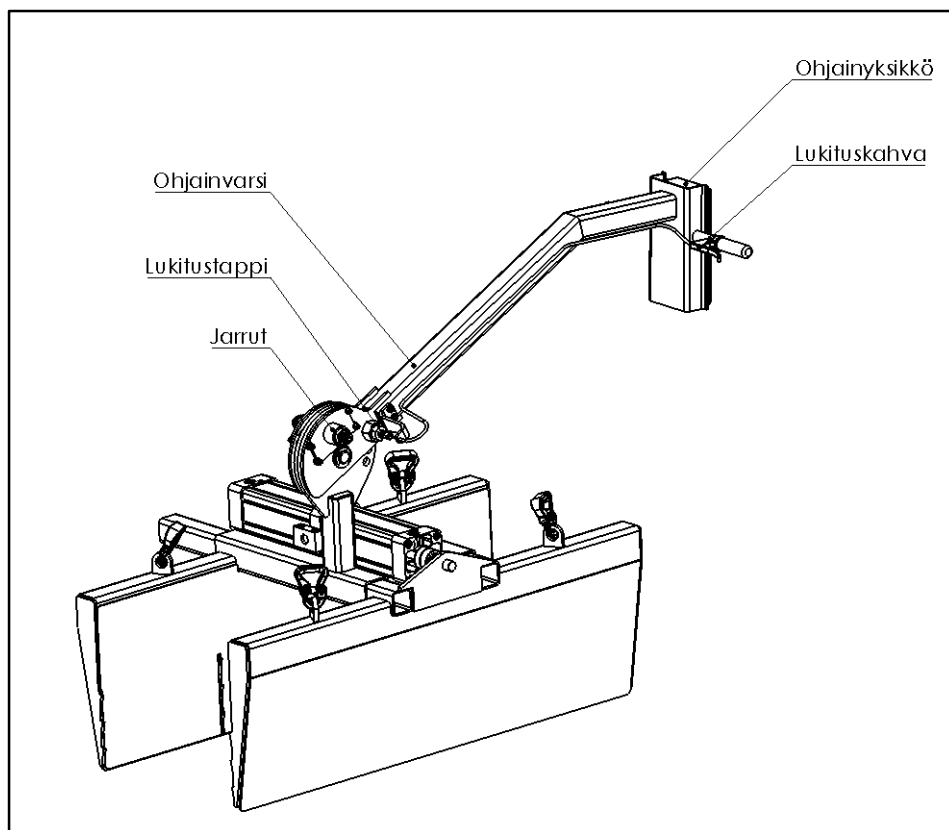
Suunnittelu aloitettiin nostokynsistä, joiden piti mahtua menemään lähekkäin olevien paalien väliin ilman suurta voiman käyttöä. Tässä asiassa myös kynsien kohtuullisen painon todettiin olevan eduksi käytettävyydessä. Kynnet toteutettiin kotelorakenteella ja kotelon sisätukilevyihin muotoiltiin tarraamista helpottavat nystyrät. Kynnen rakenne on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Kynnen rakenne

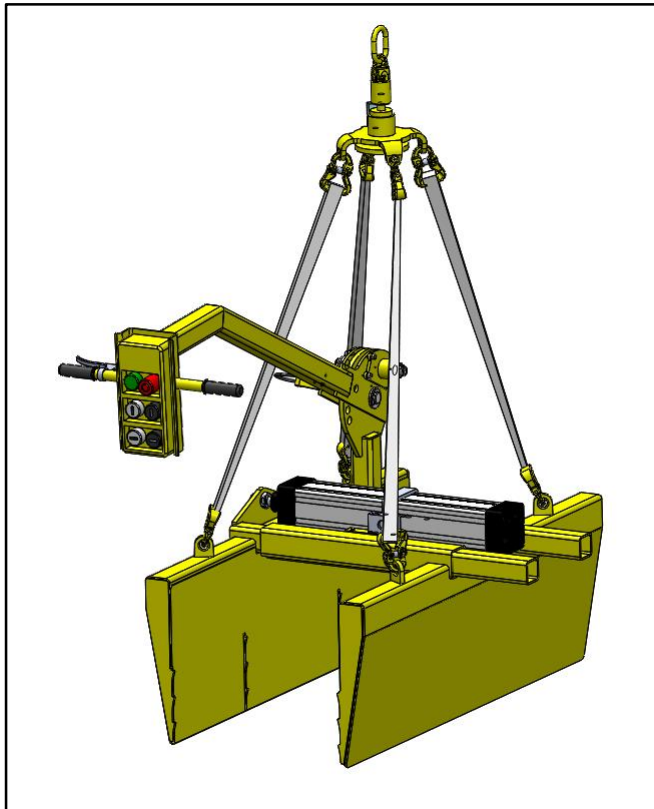
Seuraava suunnittelukohta oli teleskooppimainen kynsien etäisyyden säätö. Ideaaliratkaisu painopisteen pysymiseen keskilinjalla olisi ollut kiinteä keskiosa ja symmetrisesti liikkuvat kynnet. Tämä ratkaisu ei kuitenkaan pneumaattikkakomponentteja toimittavan yrityksen asiantuntijan mukaan ollut kahdella samanaikaisesti toimivalla sylinterillä mahdollista niin, että sylinterit toimisivat aina samassa vaiheessa. Kahdella sylinterillä toimittaessa olisi ollut vaarana, että toinen sylinteri on täysin auki ja toinen täysin kiinni kynsien puristuessa paaliin kiinni. Päädettiin tästä syystä toimimaan yhdellä sylinterillä, jonka iskunpituus riittää vaadittuun mittaan.

Rakenteen suunnittelun kolmantena vaiheena oli suunnitella käyttäjäystävällinen ohjainvarsi, jonka avulla käyttäjä hallitsee nostoapuvälineen liikuttelun ja ohjauksen. Taakan ollessa nostotilanteessa varren tulee olla kiinteästi paikoillaan ja kestää liikuttelusta aiheutuvat kuormitustilanteet. Jotta ohjainvarsi toimisi edistään ergonomiaa, täytyi siihen suunnitella nivel, joka sallii haluttaessa varren vertikaalisen liikkeen. Nämä kaksi vaatimusta saatiin täytettyä käsikahvalla, jolla pystyy lukitsemaan nivelen liikkumisen ohjaustangosta käsin. Liikkumisen kontrollointia helpottamaan suunniteltiin niveleen myös joussikuormitteiset jarrut, joita käyttäjä pystyy säätämään ruuvia kiristämällä haluttuun kireyteen. Kuvassa 6 on esitetty ohjainvarren toimintaperiaate.



Kuva 6. Ohjainvarsi

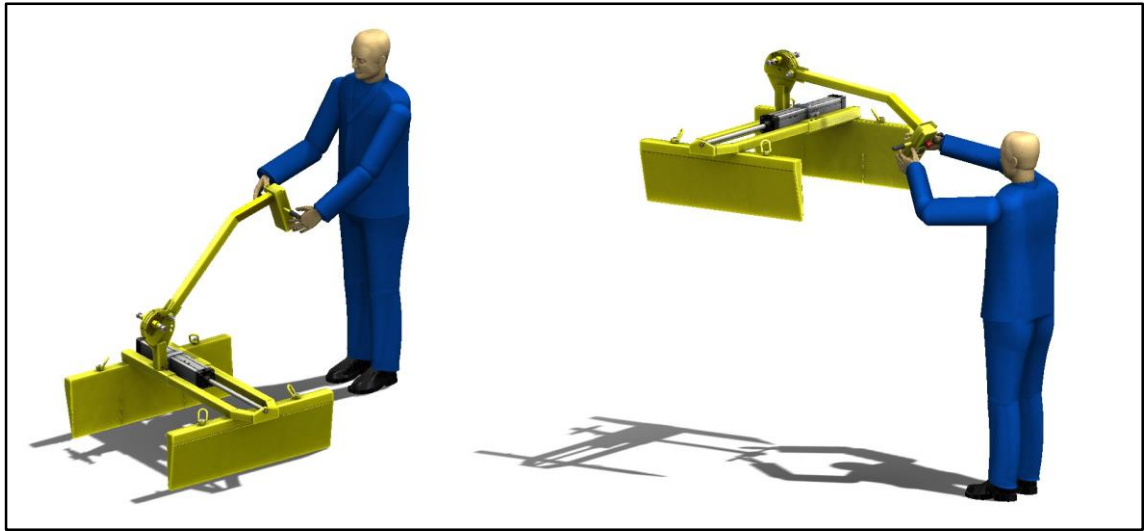
Neljäntenä suunnittelukohtana oli rakentaa rajakytkintoiminen katkaisin, joka katkaisee ohjausyksikön signaalin sylinterin ohjausventtiilille. Tämä toteutettiin jousikuormitteisesti siten, että pelkkä nostoapuvälineen oma paino ei riitä laukaisemaan rajakytkintä, vaan vasta kuorman ollessa päällä rajakytkin toimii. Koska nostopiste ei tässä nostoapuvälineratkaisussa voi olla kiinteästi teleskooppiosassa kiinni, oli paras ratkaisu rakentaa erikseen ”nostokruunu”, joka on silmukkanostovöillä kiinni itse tarraimessa (Kuva 7).



Kuva 7. Nostoapuvälinekokonaisuus

6.4 Lopputulos

Lopputuloksena asiakkaalle saatiin vaatimukset ja toiveet täyttävä nostoapuväline. Asiakkaallekin lähetetystä havainnekuvasta (Kuva 8) ilmenee paalitarraimen ergonominen käyttö. Kun asiakas oli hyväksynyt suunnitellun konstruktion, valmistus voitiin aloittaa. Valmistusvaiheen ensimmäinen askel oli tuottaa laitteesta työkuvat ja tilata tarvittavat komponentit alihankkijoilta. Toimitusvaihe ei vielä tämä työn aikana ollut ajankohtainen.



Kuva 8. Nostoapuvälineen käyttö

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa yrityksen uudelle työntekijälle perehdyttämismateriaali nostoapuvälineiden lainmukaisesta suunnittelusta ja valmistuksesta. Tarkoitus oli myös käydä läpi lain edellyttämät dokumentit sekä riskien arviointimenetelmä.

Tuloksena syntyi tarkoitukseen sopiva työkalu. Tiivistelmä koko suunnitteluprosessista sekä tärkeimmät nostoapuvälineitä koskevat lakikohdat antavat riittävät eväät uudelle suunnittelijalle tuottaa lainmukaisia nostoapuvälineitä.

Nostoapuvälineitä koskevat lait ja suunnitteluprosessin osa-alueet käytiin läpi sellaisella tarkkuudella, että tärkeimmät ja kriittisimmät kohdat tulivat ilmi selvästi ja ymmärrettävästi. Pienet ja nostoapuvälineiden ollessa kyseessä epäolennaiset kohdat jätettiin pois, jotta saadaan materiaalista tarvittavan tiivis sisäistettäväksi. Riskien arviointiin perehdyttiin hieman syvemmin, koska tämän osa-alueen dokumentointi aiemmin oli jokseenkin heikkoa. Tämän työn tuloksena riskien arviointiin saatiin dokumentointipohja, joka helpottaa toimintaa jatkossa.

LÄHTEET

Euroopan komissio. 2012. Classification of equipment used for lifting loads with lifting machinery. Luettu. 5.9.2015. http://www.ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/machinery/class-equip-lifting-mach_en.pdf.

Finlex. 2008. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. Luettu 27.8.2015 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>.

Inspecta. 2015. Nostoapuvälineiden suunnittelijakoulutus 11.3.2015.

Lift Tools. 2015. Luettu 5.9.2015. <http://www.lifttools.fi/Etusivu>.

PMC Polarteknik. 2015. Putkistoasenteiset venttiili. Luettu. 3.11.2015. http://www.pmcgroup.se/Global/Subsidiaries/PMC-Polarteknik/Images/Products/Pneumatics/Brochures/Vanhat/Valves/1%20Putkistoasenteiset_venttiilit.pdf?epslanguage=fi

SFS ry. 2009. SFS-EN 1005-2. Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

SFS ry. 2009. SFS-EN 13155. Nosturit. Turvallisuus. Irrotettavat nostoapuvälineet. 2. painos. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

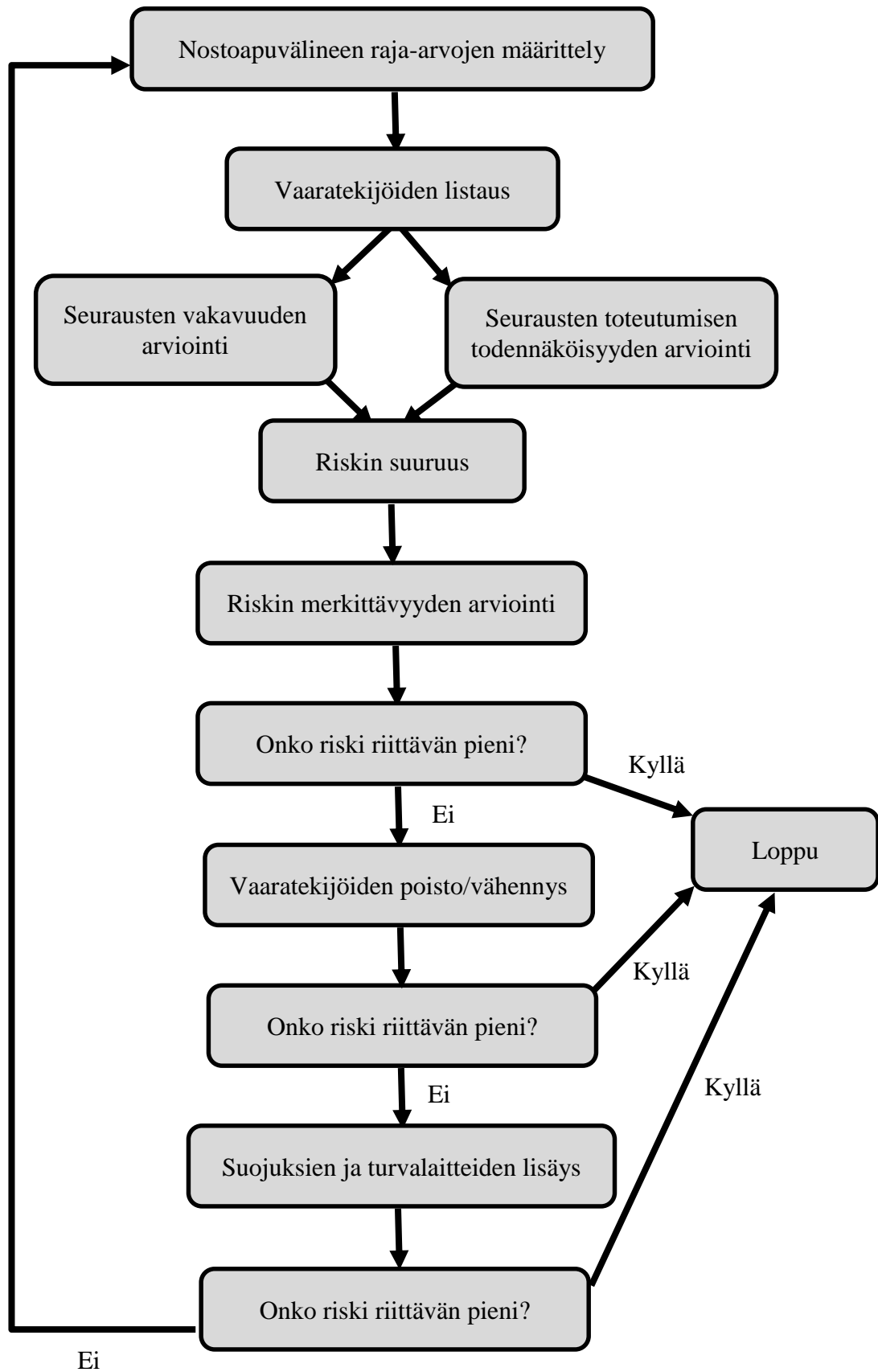
Siirilä, T. 2008. Koneturvallisuus. EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. Uudistettu painos. Helsinki: Inspecta Oy.

Siirilä, T. 2008. Koneturvallisuus. Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. Uudistettu painos. Helsinki: Inspecta Oy.

Työterveyslaitos. 2015. Ihmisen perusmitat. http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/tyon_fyysisia_kuormitustekijoita/mitoitus/Documents/mittakuva-iso.jpg.

LIITTEET

Liite 1. Riskien arviointi- ja hallintaprosessi.



Liite 2. Nostoapuvälineiden tunnistetut vaaratekijät

Vaaratekijä	Selitys
Heilahtava tai kaatuva laite (tyhjänä)	
Terävät nurkat ja särmät	
Liikkuvat osat (puristumis- ja iskuvaarat)	
Hydrauliikka	
Pneumatiikka	
Sähkö	
Taakan heilahdus, irtoaminen tai putoaminen	

Liite 3. Riskien arvioinnin yhteenveto

Laitteen nimi		
Riskien arvioinnin suorittaja		
Päivämäärä		
Vaaratekijät	Riski alussa (ennen toimenpiteitä)	Riski lopussa (toimenpiteiden jälkeen)
	Seuraukset: Todennäköisyys: Riski:	Toimenpiteet: Seuraukset: Todennäköisyys: Riski:
	Seuraukset: Todennäköisyys: Riski:	Toimenpiteet: Seuraukset: Todennäköisyys: Riski:
	Seuraukset: Todennäköisyys: Riski:	Toimenpiteet: Seuraukset: Todennäköisyys: Riski: