



# Vetopöydän trukkilisälaitteen mekaniikkasuunnittelu

Kim Vielmaa

OPINNÄYTETYÖ  
Joulukuu 2023

Konetekniikka  
Tuotekehitys

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Tuotekehitys

VIELMAA, KIM:  
Vetopöydän trukkilisälaitteen mekaniikkasuunnittelu

Opinnäytetyö 57 sivua, joista liitteitä 1 sivua  
Joulukuu 2023

---

Opinnäytetyössä suunniteltiin Vitera Oy:lle vastapainotrukkiin liitettävä lisälaitte, joka voidaan varustaa kuorma-auton vetopöydällä. Tavoitteena oli suunnitella toimiva kokonaisuus, joka voidaan valmistaa tuotannon apuvälineeksi yrityksen konepajalle.

Opinnäytetyössä perehdyttiin myös koneiden valmistukseen liittyviin turvallisuusvaatimuksiin ja esitettiin keskeiset lait ja asetukset, joihin lisälaitteesta tehty riskinarviointikin perustuu. Tämän lisäksi tutkittiin, onko trukkien lisälaitteiden valmistukseen olemassa omia kohdennettuja standardeja. Standardien tutkimisen tarkoituksena oli lisätä konepajan tietämystä trukkien lisälaitteisiin liittyvistä standardeista ja mahdollistaa niiden hyödyntäminen tulevilla projekteilla.

Työn tuloksena syntyi valmistuspiirustukset, joiden mukaan yritys voi lisälaitteen valmistaa. Lisäksi yritykselle toimitettiin lujuustarkasteluraportti ja vastapainotrukin stabiliteetin tutkimisen yhteydessä muodostettu kuormataulukko. Luottamuksellinen aineisto on poistettu julkisesta raportista.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Product Development

VIELMAA, KIM:  
Mechanical Design of the Fifth Wheel Forklift Attachment

Bachelor's thesis 57 pages, appendices 1 pages  
December 2023

---

The purpose of this thesis was to design a fork mounted fifth wheel attachment as an assignment given by Vitera Oy. The aim was to design a functional product that can be manufactured as a production aid to the company's machine shop.

The thesis also examines the safety requirements related to the manufacturing of machinery and presents the key legislation on which the risk assessment of the attachment is based. The thesis also covers whether there are safety standards particularly regarding design of forklift attachments.

As a result of this thesis, manufacturing drawings were created, according to which the company can manufacture the forklift attachment. In addition, the company has received a report on the strength and durability of the attachment and tables on the lift capacity of the counterbalanced forklift truck, which were created as a part of the forklift stability analysis. Confidential material has been removed from the public report.

---

Key words: design, product development, machinery safety, risk assessment

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Vitera Oy .....	8
1.2	Vitera Oy Vammas .....	10
2	KONETURVALLISUUS.....	11
2.1	Lainsäädäntö .....	11
2.1.1	Konelaki ja koneasetus.....	13
2.1.2	Työturvallisuuslaki ja käyttöasetus .....	17
2.2	Koneturvallisuusstandardit .....	19
2.3	Riskinarviointi .....	21
2.3.1	Raja-arvojen määrittäminen.....	24
2.3.2	Vaaratekijöiden tunnistaminen .....	25
2.3.3	Riskin suuruuden ja merkityksen arviointi.....	26
2.3.4	Riskin pienentäminen .....	30
3	SUUNNITTELU.....	32
3.1	Suunnittelua ohjaavat tiedot.....	32
3.2	Vastapainotrukin stabiiliteetti .....	35
3.3	Suunnittelua ja komponenttien valintaa.....	41
4	LUJUUSTARKASTELU .....	45
4.1	Hitsaussaumojen lujuustarkastelu .....	48
4.2	Ruuviliitosten lujuustarkastelu .....	49
5	TULOSTEN ARVIOINTI.....	51
6	POHDINTA .....	53
	LÄHTEET .....	54
	LIITTEET .....	57
	Liite 1. Riskin suuruuden arvioinnin työkalu (SFS-ISO/TR 14121-2, muokattu).....	57

## ERITYISSANASTO

$A$	trukin nimelliskapasiteetti (koekuormitus kapasiteetti), kg
$a$	lämmöntuonnin kannalta tehollinen a-mitta, mm
$A_a$	akselin poikkipinta-ala, mm <sup>2</sup>
$A_k$	korvakkeen puristus-pinta-ala, mm <sup>2</sup>
$A_{Leik.ala}$	ruuviliitoksen yhteinen leikkausala, mm <sup>2</sup>
$A_{mitoitus}$	tasalujuuteen riittävä poikkipinta-ala, mm <sup>2</sup>
$A_{s.M16}$	ruuvin M16 jännityspinta-ala, mm <sup>2</sup>
$A_{valinta}$	tasalujuuteen riittävän ruuvin jännityspinta-ala, mm <sup>2</sup>
$B$	etäisyys etuakselin keskeltä haarukan pintaan, mm
$\beta_w$	pienahitsin korrelaatiokerroin
$C$	etäisyys haarukan pinnasta trukin nimellispainopiste- etäisyyteen, mm
$c$	kuorman keskipisteen etäisyys trukin etuakselista, mm
$c_n$	tarkasteltava kuorman keskipisteen etäisyys, mm
$\gamma_{M2}$	pienahitsin kestävyuden osavarmuuskerroin
$D$	lisälaitteen paino, kg
$D_{arvo}$	vetoajoneuvon ja perävaunun välisen vaakasuuntaisen voiman teoreettinen viitevoima, kN
$d_a$	akselin halkaisija, mm
$d_k$	korvakkeen reiän halkaisija, mm
$E$	etäisyys etuakselin keskeltä asettimen pintaan, mm
$F$	etäisyys asettimen pinnasta lisälaitteen painopiste- seen, mm
$F_a$	yhdelta akselin pinnalle vaikuttava voima, mm
$F_h$	hitaussauamaan vaikuttava voima, N
$F_{koek.}$	koekuormitustilanteessa vaikuttava voima, N
$F_n$	voima etäisyydellä $c_n$ , N
$f_u$	materiaalin vetomurtolujuus, MPa
$F_{w.Ed}$	hitsin pituusyksikköä kohti vaikuttavan voiman mitoitus- arvo, N/mm

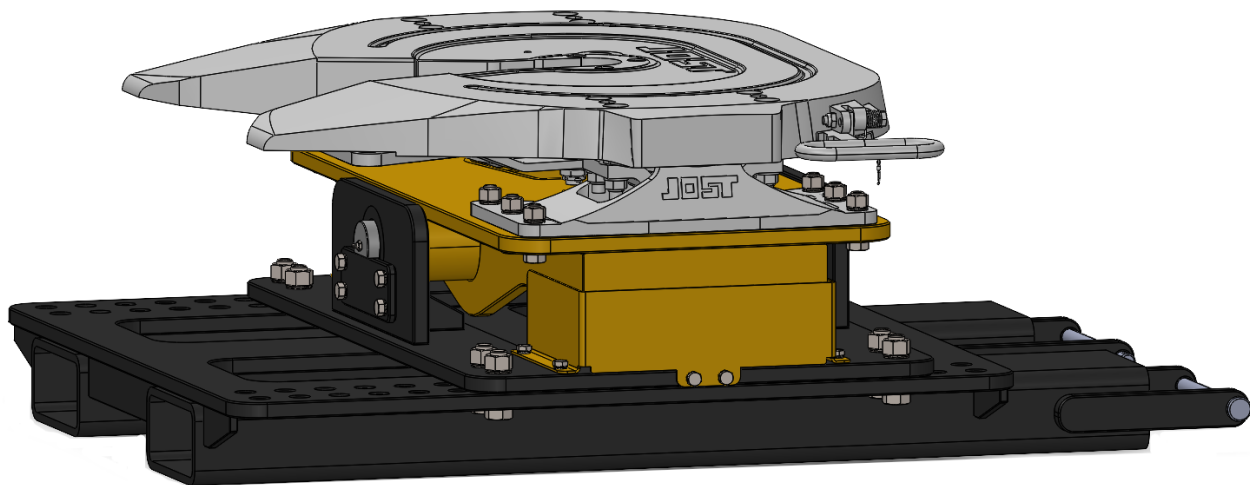
$F_{w.Rd}$	hitsin kestävyysden mitoitusarvo pituusyksikköä kohti, N/mm
$G$	etäisyys asettimen pinnasta kuorman pintaan, mm
$g$	putoamiskiihtyvyys, m/s <sup>2</sup>
$H$	etäisyys kuorman pinnasta kuorman keskipisteeseen, mm
$l$	hitsaussauman pituus, mm
$M_{koek.}$	voiman momentti trukin etuakselin suhteen, Nm
$n_1$	ruuviliitoksen ruuvien lukumäärä
$n_2$	tasalujuuteen mitoitettavan ruuviliitoksen ruuvien lukumäärä
$Q$	trukin nettokapasiteetti, kg
$Q_{koek.}$	kuormituskokeesta saatu nostokapasiteetti etäisyydellä $c$ , kg
$Q_n$	nostokapasiteetti etäisyydellä $c_n$ , kg
$R$	puoliperävaunun suurin teknisesti sallittu massa, t
$\sigma_a$	akselin pintapaine, MPa
$T$	vetoajoneuvon suurin teknisesti sallittu massa $U$ mukaan luettuna, t
$\tau_a$	akselin leikkausjännitys, MPa
$t_h$	hitsausliitoksen paksumman aineen ainevahvuus, mm
$t_k$	korvakkeen ainevahvuus, mm
$U$	vetopöytäkytkimen hyötykuorma, t

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön kehittämistyön sisältönä oli suunnitella trukkilisälaite kuorma-auton vetopöydällä. Tarkoituksena oli luoda rakenne, jonka avulla trukkiin voi liittää kuorma-auton vaunuun rinnastettavan rakenteen. Tavoitteena oli suunnitella toimiva kokonaisuus, joka valmistetaan tuotannon apuvälineeksi opinnäytetyön toimeksiantajan Vitera Oy:n konepajalle. Lisälaite mitoitettiin Vammaksen SB5500 ja SB4504 harjakonemallien mukaan.

Työssä tehtiin riskien kartoitus, tutkittiin trukin stabiliteetti, varmistettiin suunnittelun lisälaitteen mekaaninen lujuus ja tarkasteltiin lisälaitteen yhteensopivuus trukin kanssa. Lisäksi tutkittiin trukin lisälaitteiden valmistukseen liittyviä standardeja. Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi valmistuspiirustukset, joiden mukaan konepaja voi valmistaa lisälaitteen.

Lisälaitteen suunnittelu toteutettiin Vitera Oy:n toimeksiannosta. Kuvassa 1 esitetty vetopöydän trukkilisälaite on suunniteltu käytettäväksi Vammaksen lumenraivauskone konemallien SB5500 ja SB4504 kanssa. Lisälaitteen suunnittelu tehtiin EU:n konedirektiivin 2006/42/EY mukaisesti. Lujuustarkastelut on suoritettu FEM-analyysillä SOLIDWORKS Student Premium 2023 -ohjelman staattisella laskennalla sekä käsinlaskennalla.



KUVA 1. Vetopöydän trukkilisälaite JOSTin vetopöydällä varustettuna

Opinnäytetyössä esitetään koneen suunnittelua ja valmistusta ohjaavat lait ja asetukset, joihin työssä tehty riskien arviointikin perustuu, sekä perehdytään trukin lisälaitteiden suunnitteluun liittyviin standardeihin. Opinnäytetyössä käydään läpi lisälaitteen osien suunnittelua ja komponenttien valintaa yleisemmällä tasolla esimerkkien kautta yrityssalaisuuteen ja tuotteen suojeluun vedoten. Tarkemmat suunnitelmat ja muut tuotokset on toimitettu Vitera Oy:lle.

## 1.1 Vitera Oy

Vitera Oy on vuonna 1975 perustettu Akaan Viialassa toimiva konepaja ja insinööritoimisto, joka keskittyy koneensuunnitteluun ja konepajavalmistukseen. Vitera suunnittelee ja valmistaa teräksestä ja erikoismateriaaleista sekä komponentteja että valmiiksi kokoonpantuja rakenteita asiakasyrityksilleen vientiin ja Suomen markkinoille. (Vitera Oy n.d.)

Vitera tarjoaa asiakkailleen kattavat Laitesuunnittelu ja konepajavalmistus palvelut. Laitesuunnittelu pitää sisällään erilaisten laitteiden ja koneiden, sekä koneen osien ja yksittäisten komponenttien suunnittelun, toteutettuna joko yksittäistuotteina tai sarjatuotantona. Konepajapalveluihin kuuluu muun muassa hitsatut teräs- ja alumiinirakenteet, koneistetut tuotteet, mekaaniset ja hydrauliset kokoonpanot, sekä valmiiden tuotteiden asennukset kohteeseen. (Vitera Oy n.d.)

Nostoapuvälineiden suunnittelu ja valmistus kuuluvat Viteran erityisosaamisen piiriin. Viteralla on vuosien kokemus projekteista, joissa haastavaan kohteeseen on räätälöity nostoapuväline, joka on suunniteltu kestävänsä nostoapuvälineeseen kohdistuvat kuormat kaikissa käyttötilanteissa. Vitera valmistaa ja koekuumittaa kaikki nostoapuvälineensä Akaan Viialan konepajalla. (Vitera Oy n.d.)

Yrityksen tavoitteena on olla luotetuin ja halutuin konepajatuotteiden sopimusvalmistaja ja -suunnittelija. Asiakaskuntaan kuuluu monipuolisesti prosessiteollisuuden, maanrakennuksen, infran ja lentokenttien kunnossapidon ammattilaisia. (Vitera Oy n.d.)



## Talouden tunnusluvut

Liikevoitto-% ja kokonaispääoman tuotto -% toimivat yrityksen kannattavuuden mittareina, kun taas liikevaihdon muutos kertoo liiketoiminnan tuottavuudesta. Omavaraisuusaste kertoo yrityksen vakavaraisuudesta, eli siitä paljonko yrityksellä on pääomaa suhteessa kokonaispääomaan. (Tunnuslukujen laskentakaavat ja tulkinnat n.d.) Taulukossa 1 on esitetty Vitera Oy:n talouden keskeiset tunnusluvut, sekä ohjearvot tunnuslukujen tulkintaan.

Vuosien 2019 ja 2020 heikko tulos selittyy osittain liiketoiminnan syklisyydestä. Tuohon aikaan maailmaa ravisuttanut covid-19-koronaviruspandemia korosti osaltaan negatiivista vaikutusta liiketoimintaan. Vuoden 2021 tuloksesta nähdään, että liiketoiminta on jälleen kasvussa. Vammaksen liiketoiminnan ostaminen näkyy kasvuna yrityksen tunnusluvuissa. Taulukosta 1 on myös huomattavissa, että Vitera Oy:n omavaraisuusaste on lähes elpynyt takaisin pandemiaa edeltävään lukemaan.

TAULUKKO 1. Talouden tunnusluvut ja ohjearvot (Suomen Asiakastieto Oy n.d.)

	12/2018	12/2019	12/2020	12/2021	12/2022
Liikevaihto (1000 €)	3034	1856	1455	2591	3724
Liikevaihdon muutos -%	31,7 %	-38,8 %	-21,6 %	78,1 %	43,7 %
Liikevoitto (-tappio) (1000 €)	157	-111	-29	179	136
Liikevoitto-%	5,2 %	-5,9 %	-2,0 %	6,7 %	3,6 %
Omavaraisuus-%	37 %	35 %	33 %	25 %	35 %
Henkilöstö	17	17	15	17	19
<b>Liikevoitto-%</b>	<b>Ohjearvot</b>				
$\frac{\text{liiketoiminnan tulos}}{\text{liikevaihto}} \times 100$	Hyvä		Yli 10 %		
	Tyydyttävä		5–10 %		
	Heikko		Alle 5 %		
<b>Omavaraisuusaste-%</b>	<b>Ohjearvot</b>				
$\frac{\text{pääoma} + \text{varaukset}}{\text{taseen loppusumma} - \text{saadut ennakot}} \times 100$	Hyvä		Yli 40 %		
	Tyydyttävä		20–40 %		
	Heikko		Alle 20 %		

## 1.2 Vitera Oy Vammas

Vammas on ainutlaatuinen valikoima tuotteita lentokenttien lumenpoistoon. Vammaksen lumenpoistolaitteet ovat mullistaneet tavan, jolla lumi poistetaan lentokenttien kiitoradoilta ja rullausteiltä ympäri maailman. (Vitera Oy Vammas n.d.)

Vammas tuotemerkki on osa suomalaista konepajateollisuuden menestystarinaa. 1950-luvulla Vammas oli Santahaminassa puolustusministeriön konepajalla valmistettu tuotemerkki. Santahaminasta tuotanto siirtyi Vammaskosken tehtaalle Vammalaan, nykyiseen Sastamalaan. Lokakuussa 1982 ensimmäinen kone toimitettiin Helsinki-Vantaan lentokentälle ja siitä lähtien Vammaksen lumenraivauskalusto on mullistanut lentokenttien lumenaurauksen niin Suomessa kuin ulkomailla. Vuonna 1997 valtion puolustusvälineteollisuudessa tehtyjen merkittävien yritysjärjestelyiden seurauksena syntyi Patria Vammas Oy. 2000-luvulla Patria luopui siviilipuolen liiketoiminnasta. Tiehöylien liiketoiminnan osti suomalainen perheyhtiö, rahdinkäsittelytoiminnot myytiin saksalaiselle perheyhtiölle ja lumikoneiden liiketoiminta siirtyi yhdysvaltalaiselle yritykselle. (Patria Group 2021; Vitera Oy Vammas n.d.) Vitera osti Vammaksen lumenaurauskoneiden liiketoiminnan yhdysvaltalaiselta Fortbrandilta vuonna 2021. Viteran Vammas liiketoiminta jatkaa toimintaa Sastamalassa.

## 2 KONETURVALLISUUS

### 2.1 Lainsäädäntö

Euroopan unionin (EU) lisäksi koko Euroopan talousalueella (ETA) koneita koskevat tekniset ja turvallisuuden vähimmäisvaatimukset, sekä niiden vaatimustenmukaisuuden osoittamismenettelyt määritellään EU:n konedirektiivissä (2006/42/EY) (Koneturvallisuus 2008, 3). Konedirektiivi koskee kaikkia koneita, pois lukien koneet, joista on erikseen säädetty erikoisdirektiivi ja ovat tästä syystä jätetty konedirektiivin ulkopuolelle. Myös puhtaasti sotilaalliseen käyttöön tarkoitettut koneet on jätetty direktiivin ulkopuolelle. (Siirilä 2008a, 28.) Konedirektiivi yhdenmukaistaa koneita koskevat terveys- ja turvallisuusvaatimukset sekä varmistaa koneiden vapaan liikkuvuuden ETA-alueen markkinoilla.

Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta (1016/2004), ns. konelaki ja työturvallisuuslaki (738/2002) muodostavat perustan koneturvallisuudelle Suomessa. Lait sisältävät yleisperiaatteet ja yksityiskohdista säädetään lakiin perustuvilla asetuksilla. (Siirilä 2008b, 27.)

Suomessa konedirektiiviä vastaa valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (Vna 400/2008), ns. koneasetus. Koneasetus asettaa vaatimuksia koneiden turvallisuudelle suunnitteluun, valmistukseen ja myyntiin. Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (Vna 403/2008), ns. käyttöasetus asettaa vaatimuksia työssä käytettävien koneiden, työvälineiden ja muiden teknisten laitteiden sekä niiden yhdistelmien käyttöön ja tarkastamiseen (Työsuojeluhallinto 2022).

Työssä käytettäviä koneita koskevat kaikki edellä mainitut lait ja asetukset. Konelaki ja koneasetus koskevat kaikkia koneita (Työsuojeluhallinto 2022). Taulukoon 2 on koottu koneiden suunnittelua koskevat keskeiset direktiivit ja vastaavat suomalaiset säädökset. Taulukossa 3 on esitetty joitakin direktiivejä, jotka koskevat koneita tietyissä tapauksissa.

TAULUKKO 2. Koneita koskevat keskeiset direktiivit ja vastaavat suomalaiset säädökset (Koneen valmistajan velvollisuudet n.d.; Siirilä 2008b, 28; muokattu)

EU DIREKTIIVI	SUOMALAINEN SÄÄDÖS
Konedirektiivi 2006/42/EY	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konelaki 1016/2004</li> <li>• Koneasetus 400/2008</li> </ul>
Pienjännitedirektiivi 2014/35/EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sähköturvallisuuslaki 1135/2016</li> <li>• Asetus sähkölaitteiden turvallisuudesta 1437/2016</li> </ul>
EMC-direktiivi 2014/30/EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sähköturvallisuuslaki 1135/2016</li> <li>• Asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta 1436/2016</li> </ul>

TAULUKKO 3. Muita koneisiin liittyviä direktiivejä (Muu koneita mahdollisesti koskeva EU-lainsäädäntö n.d.; Siirilä 2008b, 29; muokattu)

EU DIREKTIIVI	SUOMALAINEN SÄÄDÖS
ATEX-direktiivi 2014/34/EU	Laki räjähdysvaarallisten tilojen laitteistoista 1139/2016
Ekosuunnittelu- ja energiamerkintädirektiivi 2009/125/EY	Laki ekologisesta suunnittelusta ja energiamerkinnästä 1005/2008
Laitemeludirektiivi 2000/14/EY	Asetus ulkona käytettävien laitteiden melupäästöistä 621/2001
Yksinkertaiset painesäiliöt direktiivi 2014/29/EU	Painelaitelaki 1144/2016
Painelaitedirektiivi 2014/68/EU	Painelaitelaki 1144/2016
Hissidirektiivi 2014/33/EU	Hissiturvallisuuslaki 1134/2016
Konetta saattaa koskea myös seuraavat säädökset	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Köysiratalaitteistoasetus (EU)2016/424</li> <li>• Kaasulaiteasetus (EU) 2016/426</li> <li>• RoHS-direktiivi 2011/65/EU</li> <li>• Rakennustuoteasetus (EU) N:o 305/2011</li> <li>• Radiolaitedirektiivi 2014/53/EU</li> <li>• Lääkinnälliset laitteet asetus (EU) 2017/745</li> <li>• Ajoneuvodirektiivit</li> </ul>	

### 2.1.1 Konelaki ja koneasetus

Konelain tarkoituksena on varmistaa, että kone, työväline tai muu tekninen laite on vaatimusten mukainen eikä aiheuta valmistajan tarkoittamassa käytössä tapaturman vaaraa eikä terveyden haittaa. Lain tarkoituksena on myös varmistaa, että asianmukaisesti suunniteltu, valmistettu ja varustettu tekninen laite voidaan esteettä luovuttaa markkinoille tai käyttöön. (Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimuksenmukaisuudesta 1016/2004.) Konelaki koskee koneiden valmistajia, maahantuoja, myyjiä ja muita henkilöitä, jotka luovuttavat koneen Suomessa markkinoille tai käyttöön.

Konelaissa (1016/2004) mainitut koneiden turvallisuuden kannalta keskeiset vaatimukset ovat:

- valmistajan tulee suunnitella ja valmistaa kone sellaiseksi, että se soveltuu tarkoitettuun käyttöön eikä tällaisessa käytössä aiheuta tapaturman vaaraa eikä terveyden haittaa
- vaaroista ja haitoista on varoitettava tehokkaasti, mikäli niiden aiheuttajia ei voida riittävästi poistaa
- valmistajan tulee osoittaa koneen vaatimustenmukaisuus laatimalla tekniset asiakirjat sekä koneen mukana toimitettavaksi käyttö-, turvallisuus- ja muut ohjeet
- turvallista käyttöä ja vaatimuksenmukaisuutta koskevat asiakirjat on oltava Suomessa suomen- ja ruotsinkielisinä
- kone tulee varustaa merkinnällä sen vaatimuksenmukaisuudesta
- koneen edelleen luovuttajan on osaltaan varmistettava, että kone on vaatimustenmukainen
- kone voidaan asettaa näytteille, vaikka se ei täyttäisi laissa asetettuja turvallisuusvaatimuksia
- mikäli kone ei täyttäisi laissa asetettuja turvallisuusvaatimuksia, selvällä merkinnällä on osoitettava, ettei kone ole vaatimustenmukainen ja että sitä ei saa luovuttaa tai ottaa käyttöön enne kuin se on saatettu vaatimuksenmukaiseksi
- valtioneuvoston asetusta koneiden turvallisuudesta (Vna 400/2008) on noudatettava.

Konelakia täsmentämään on säädetty koneasetus, jossa määritetään yksityiskohtaisemmin koneita koskevista vaatimuksista. Koneasetusta (Vna 400/2008) sovelletaan jokaiseen uuteen koneeseen. Koneiden pitää täyttää EU:n konedirektiivin (2006/24/EY) vaatimustenmukaisuus. Vaatimukset ovat yhtenäisiä EU:n alueella. Koneasetus koskee niin Euroopan talousalueelle vietäviä, kotimarkkinoille kuin omaan käyttöön valmistettuja koneita. Myös Euroopan talousalueen ulkopuolelta tuotavien koneiden on täytettävä nämä vaatimukset.

Koneasetuksessa (Vna 400/2008) määritellään koneen valmistajan velvollisuudet ja säädetään koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvistä olennaisista vaatimuksista sekä niiden vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta, markkinoille saattamisesta ja käyttöönotosta

Koneen valmistajan vastuut: (Koneen valmistajan velvollisuudet n.d.; Vna 2008/400.)

- arvioida riskit ja selvittää konetta koskevat terveys- ja turvallisuusvaatimukset koneasetuksen liitteessä I määriteltyjen periaatteiden mukaisesti
- suunnitella ja rakentaa kone koneasetuksen liitteessä I määriteltyjen olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisesti.
- laatia tekninen tiedosto liitteen VII mukaisesti
- laatia käyttöohjeet, Suomessa suomeksi ja ruotsiksi, ja kiinnittää tarvittavat merkinnät liitteen I mukaisesti
- suorittaa koneelle asianmukainen vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely
- koneasetuksen liitteessä IV mainittu kone toimitetaan tarvittaessa tyyppitarkastukseen tai on sovellettava täydellistä laadunvarmistus menettelyä
- tehdä EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus liitteen II mukaisesti
- kiinnittää koneeseen CE-merkintä liitteen III mukaisesti.

### **Konetta koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset**

Kone pitää suunnitella ja rakentaa koneasetuksen (Vna 400/2008) liitteessä I määriteltyjen olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisesti. Ko-

neesta on tehtävä riskinarviointi, jotta koneeseen sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset voidaan määrittää (Koneen valmistajan velvollisuudet n.d.; Vna 400/2008, Liite I).

### **Tekninen tiedosto**

Valmistaja voi osoittaa koneen vaatimustenmukaisuuden teknisen tiedoston avulla. Tekninen tiedosto on laadittava vähintään yhdellä EU:n virallisella kielellä. (Koneen valmistajan velvollisuudet n.d.; Vna 400/2008, Liite VII.)

Tekninen tiedosto sisältää seuraavat osat: (Koneen valmistajan velvollisuudet n.d.; Vna 400/2008, Liite VII.)

- koneen yleiskuvaus
- koneen yleispiirustus tarvittavine kuvauksineen ja selityksineen
- yksityiskohtaiset piirustukset, laskelmat, testaustulokset ja muut tiedot
- riskien arviointia koskevat asiakirjat
- käytetyt standardit ja muut tekniset eritelmät sisältäen tiedot miltä osin sovellettu
- tarvittaessa tekniset selosteet, joista ilmenevät valmistajan tai tämän valitseman laitoksen tekemien testien tulokset
- kopio koneen ohjeista
- osittain valmiin koneen osalta tarpeen mukaan liittämismakuutus ja osittain valmiin koneen asianmukaiset kokoonpano-ohjeet
- kopio EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta
- sarjavalmistesteisten koneiden osalta selvitys laadun tasaisuudesta.

### **Ohjeet**

Koneen mukana tulee toimittaa ohjeet, jotka on laadittu ymmärrettävällä ja selkeällä kielellä. Suomessa koneen mukana toimitettavat ohjeet tulee olla suomen- ja ruotsinkielisinä, ja muualle EU-alueelle vietäessä kohdemaan virallisilla kielillä. Ohjeita laadittaessa on otettava huomioon koneen tarkoitettu käyttö ja myös kohtuudella ennakoitava väärinkäyttö. (Koneen valmistajan velvollisuudet n.d.)

Ohjeiden sisältö: (Koneen valmistajan velvollisuudet n.d.; Vna 400/2008, Liite I.)

- valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan toiminimi ja täydellinen osoite
- koneen nimi
- EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus
- koneen yleinen kuvaus
- koneen asennuksen ja käyttöönoton, käytön ja toiminnan seurannan, huollon ja kunnossapidon kannalta tarpeelliset piirustukset, kaaviot, kuvaukset, selitykset, sekä muut oleelliset tiedot ja ohjeet
- tarvittaessa käsittely- ja kuljetusohjeet
- tarvittaessa tieto jäännösriskeistä sekä tarvittavista henkilösuojaimista.

### **Merkinnät**

Jokaiseen koneeseen on merkittävä näkyvästi, selvästi ja pysyvästi seuraavat vähimmäistiedot: (Koneen valmistajan velvollisuudet n.d.; Vna 400/2008, Liite I.)

- valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan toiminimi ja täydellinen osoite
- koneen nimi
- CE-merkintä
- sarja- tai tyyppimerkintä
- mahdollinen sarjanumero
- rakennusvuosi
- konetyyppejä ja turvallista käyttöä koskevat tiedot.

### **EY-Vaatimustenmukaisuusvakuutus**

EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus on asiakirja, jolla koneen valmistaja vakuuttaa koneen olevan vaatimustenmukainen. Asiakirjan tulee olla Suomessa suomen- ja ruotsinkielisinä, ja muualle EU-alueelle vietäessä kohdemaan virallisilla kielillä. (Koneen valmistajan velvollisuudet n.d.; Vna 400/2008, Liite II.)

EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus sisältää: (Koneen valmistajan velvollisuudet n.d.; Vna 400/2008, Liite II.)



- valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan toiminimi ja täydellinen osoite
- sen henkilön nimi ja osoite, joka on valtuutettu kokoamaan tekninen tiedosto
- koneen kuvaus ja tunnistus
- nimenomainen vakuutus siitä, että kone täyttää konedirektiivin säännökset
- tarvittaessa viittaus muuhun sovellettuun EU-lainsäädäntöön
- tarvittaessa viittaus yhdenmukaistettuihin standardeihin tai muihin tekniisiin standardeihin, joita on käytetty
- tarvittaessa ilmoitetun laitoksen nimi, osoite ja tunnistenumero, joka on tehnyt EY-tyyppitarkastuksen, sekä EY-tyyppitarkastustodistuksen numero
- tarvittaessa sen ilmoitetun laitoksen nimi, osoite ja tunnistenumero, joka on tehnyt täydellisen laadunvarmistusmenettelyn
- vaatimustenmukaisuusvakuutuksen antamisen aika ja paikka
- sen henkilön nimi ja allekirjoitus, joka on valtuutettu laatimaan tämä vakuutus valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan puolesta.

## **CE-merkintä**

Koneen valmistaja tai valtuutettu edustaja osoittaa CE-merkinnällä, että kone täyttää kaikkien sitä koskevien ja CE-merkintää edellyttävien direktiivien ja asetusten vaatimukset. CE-merkinnällä varustettu kone voidaan saattaa markkinoille ja ottaa käyttöön EU-alueella. (Koneen valmistajan velvollisuudet n.d.)

### **2.1.2 Työturvallisuuslaki ja käyttöasetus**

Työturvallisuuslain tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennalta ehkäistä ja torjua työtapaturmia ja muita työstä ja työympäristöstä johtuvia terveyden haittoja (Työturvallisuuslaki 738/2002). Työturvallisuuslaki koskee työssä käytettäviä koneita ja se asettaa vaatimuksia työnantajalle ja työntekijälle. Työnantajan on huolehdittava, että työssä käytettävät koneet ovat vaatimustenmukaisia ja työntekijän on osaltaan noudatettava työnantajan toimivallan mukaisia määräyksiä ja ohjeita (Työturvallisuuslaki 738/2002).

Työturvallisuuslakiin (738/2002) kirjatut koneiden turvallisuuden kannalta keskeiset vaatimukset ovat:

- työnantajan on jatkuvasti arvioitava ja tarvittaessa parannettava koneiden turvallisuutta
- tekniikan ja muiden käytettävissä olevien turvallisuusratkaisujen kehittyminen otetaan huomioon
- työssä saadaan käyttää vain sellaisia koneita, jotka ovat niitä koskevien säännösten mukaisia sekä kyseiseen työhön ja työolosuhteisiin sopivia ja tarkoituksenmukaisia
- koneiden oikeasta asennuksesta sekä tarpeellisista suojalaitteista ja merkinnöistä on huolehdittava
- koneiden käyttö ei saa aiheuttaa haittaa tai vaaraa koneenkäyttäjille tai muille työpaikalla oleville henkilöille
- koneita on käytettävä, hoidettava, puhdistettava ja huollettava asianmukaisesti
- huolto-, säätö-, korjaus-, puhdistus-, häiriö- ja poikkeustilanteisiin on varauduttava siten, että ne eivät aiheuta vaaraa tai haittaa työntekijöille
- pääsyä koneen vaara-alueelle on rajoitettava niiden rakenteen, sijoituksen, suojausten tai turvalaitteiden avulla tai muulla sopivalla tavalla
- valtioneuvoston asetusta työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (VNa 403/2008) on noudatettava.

Työturvallisuuslakiin perustuvassa käyttöasetuksessa (Vna 403/2008) säädetään koneiden, työvälineiden ja muiden teknisten laitteiden sekä niiden yhdistelmien käytöstä ja tarkastamisesta työturvallisuuslaissa tarkoitettussa työssä (STM 2017). Työnantaja vastaa koneen hankinnasta ja asennuksesta. Työnantaja vastaa siitä, että työssä käytettävä kone on sopiva työtehtävään ja työolosuhteisiin nähden. Lisäksi on varmistuttava koneen oikeanlaisesta asennuksesta ja toimintakunnosta ennen käyttöönottoa. Koneen toimintakunnosta huolehditaan säännöllisellä huollolla ja kunnossapidolla sen käyttöiän ajan. (Työsuojeluhallinto n.d.)

Työssä hyödynnettävien koneiden asennuksessa, käytössä, kunnossapidossa, tarkastuksessa, käytöstä poistossa ja muussa siihen liittyvässä toiminnassa tulee huomioida valmistajan antamat ohjeet. Mikäli valmistajan ohjeet eivät ole riittävät

tai niitä ei ole saatavilla, täydennetään tai laaditaan uudet ohjeet. Työnantajan on huolehdittava siitä, että työntekijä osaa noudattaa ohjeita. (Vna 403/2008.)

Koneen toimintakunnosta on huolehdittava säännöllisellä huollolla ja kunnossapidolla. Toimintakuntoa on jatkuvasti seurattava tarkastuksilla, testauksilla tai muilla sopivilla keinoilla. Lisäksi työnantaja huolehtii käyttöasetuksen liitteessä lueteltujen laitteiden käyttöönotto- ja määräaikaistarkastuksista sekä perusteellisista tarkastuksista. Edellä mainittuja tarkastuksia voi suorittaa vain hyväksytyt asiantuntijat. (Työsuojeluhallinto n.d.; Vna 403/2008.)

Työnantaja vastaa vaaran arvioinnista ja vaarojen poistamisesta. Työnantajan on järjestelmällisesti selvitettävä ja arvioitava työssä käytettävien koneiden turvallisuutta. Mikäli koneen käyttö aiheuttaa vaaraa tai haittaa, työnantajan on ryhdyttävä vaaran tai haitan poistamiseksi ensisijaisesti koneen rakenteeseen tai sen ympäristöön liittyvillä teknisillä ratkaisuilla, kuten vaara-alueelle pääsyn estävillä tai vaarallisten osien liikkeen ennen vaara-aluetta pysäyttävillä laitteilla. (Työsuojeluhallinto n.d.; Vna 403/2008.) Esimerkiksi tällaisia teknisiä suojaustoimenpiteitä voi olla koneen vaara-alueelle pääsyn estävä turva-aita tai koneen liikkeen pysäyttävä turvaloverho. Jos vaaraa ei saada poistettua teknisillä toimilla, turvaututaan muihin turvallisuustoimiin, kuten käyttökoulutukseen, turvallisuusohjeisiin, varoituksiin ja henkilösuojaimiin (Työsuojeluhallinto n.d.; Vna 403/2008).

## **2.2 Koneturvallisuusstandardit**

EU-tasolla koneiden turvallisuudesta määrätään konedirektiivillä. Lainsäädäntö määrittää vähimmäisvaatimukset koneiden turvallisuudelle. Standardit on laadittu lainsäädännön soveltamisen tueksi. Standardit ovat julkaisuja, jotka sisältävät koneiden toiminnallisuuteen, suorituskykyyn ja turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia. Standardeista saa apua suunnitteluun, valmistukseen ja laadunhallintaan. (Kone- ja tuotantotekniikka, metallit n.d.)




Standardit ovat lähtökohtaisesti suosituksia ja niiden käyttö on vapaaehtoista. Koneita voidaan suunnitella ja valmistaa myös standardeista poiketen. Valmistettavalle tuotteelle ei välttämättä löydy sopivaa standardia sovellettavaksi. Mikäli koneen valmistaja ei käytä yhdenmukaistettua standardia, hänen on osoitettava

konedirektiivin vaatimustenmukaisuus muuta kautta. (Koneturvallisuuden standardisointi 2021.) Jos kone on valmistettu yhdenmukaistettujen standardien mukaisesti, sen katsotaan täyttävän olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset (Vna 400/2008). Yhdenmukaistetut standardit auttavat koneen valmistajia varmistamaan, että EU:n konedirektiivissä säädetyt vaatimukset toteutuvat koneita valmistettaessa. Standardeissa esitetään direktiivien vaatimukset koostetusti ja ne sisältävät käytännön opastusta ja esimerkkejä vaatimusten toteuttamiseen koneita suunniteltaessa. Vaikka standardien noudattaminen on vapaaehtoista, niiden käyttäminen on suositeltavaa aina kun niiden hyödyntäminen on mahdollista.

Koneturvallisuuden yhdenmukaistetut standardit jaotellaan kolmeen tasoon (Koneturvallisuuden standardisointi 2021).

- A-tyyppin standardit ovat kaikille koneille sovellettavat turvallisuuden perustandardit
  - SFS-EN ISO 12100:2010 (terminologia, perusteet ja tekniset periaatteet)
  - SFS-ISO/TR 14121-2:2013 (riskin arviointi)
- B-tyyppin standardit käsittelevät yhtä turvallisuusnäkökohtaa tai suojausteknistä laitetta
  - B1-tyyppin standardit käsittelevät tiettyjä yksittäisiä turvallisuusnäkökohtia
  - B2-tyyppin standardit käsittelevät suojausteknisiä laitteita
- C-tyyppin standardit käsittelevät koneen tai koneryhmän yksityiskohtaisia turvallisuusvaatimuksia.

Yhdenmukaistetuilla eli harmonisoiduilla standardeilla tarkoitetaan eurooppalaisten standardisointijärjestöjen vahvistamia eurooppalaisia EN-standardeja. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry edustaa Suomea eurooppalaisessa standardisointijärjestössä CENissä ja kansainvälisessä standardisointijärjestössä ISOssa. (Standardointi Suomessa ja maailmalla n.d.) Kuvassa 2 on esitetty standardoinnin suomalaiset, eurooppalaiset ja maailmanlaajuiset tasot.

	Sähköala	Muut alat	Teleala
<b>Maailmanlaajuinen taso</b> 	IEC International Electrotechnical Commission	ISO International Organization for Standardization	ITU International Telecommunication Union
<b>Eurooppalainen taso</b> 	CENELEC European Committee for Electrotechnical Standardization	CEN European Committee for Standardization	ETSI European Telecommunications Standards Institute
<b>Kansallinen taso</b> 	SESKO Sähkötekni- nen ala	SFS Suomen Standardisoi- misliitto toimialayhteisöineen	Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

KUVA 2. Standardointijärjestöt (Standardointi Suomessa ja maailmalla n.d.)

### 2.3 Riskinarviointi

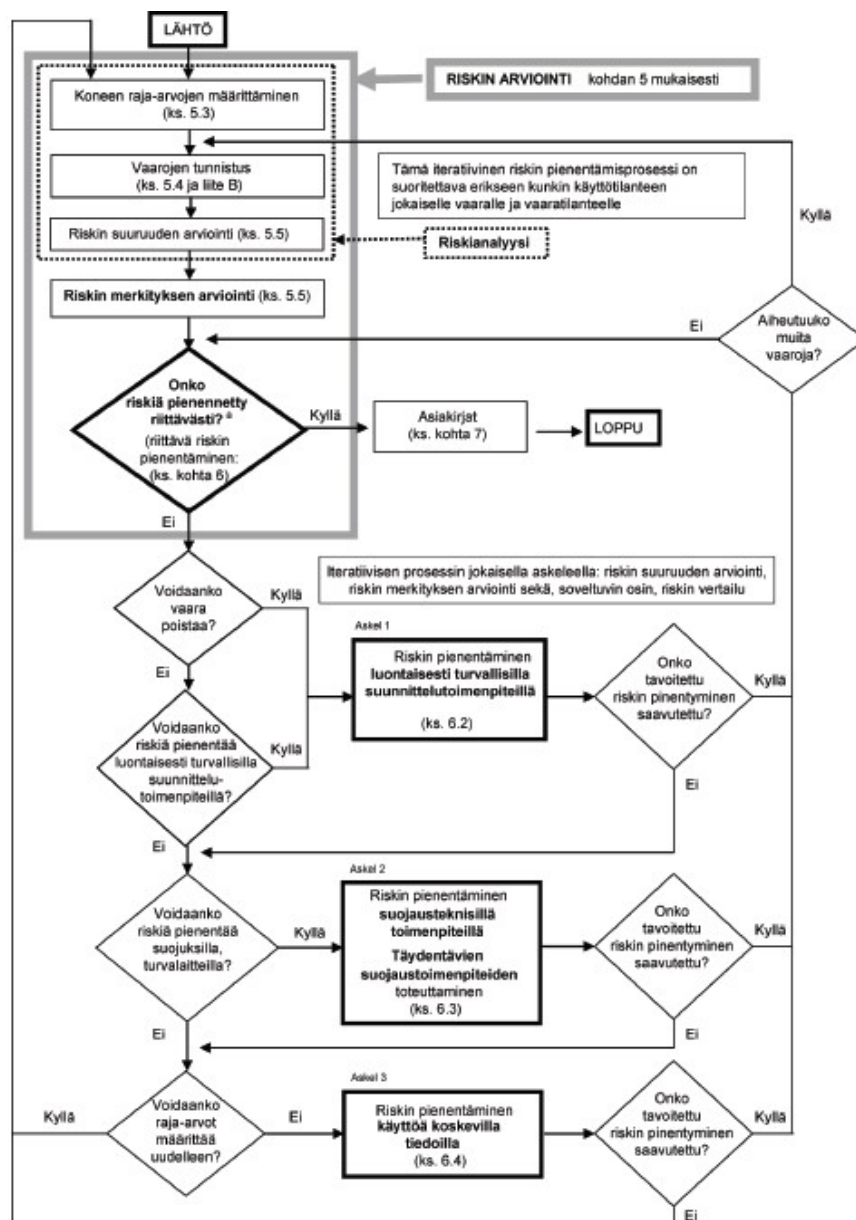
Koneiden turvallisuus perustuu vaarojen tunnistamiseen sekä vaaratekijöistä aiheutuvien riskien arviointiin ja hallintaan (Siirilä 2008a, 63). Valtioneuvoston koneeturvallisuusasetuksen 400/2008 liitteessä I todetaan, että koneen valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan on varmistettava, että koneen suunnittelun yhteydessä tehdään riskien arviointi, jotta koneeseen sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset voidaan määrittää. Kone on sen jälkeen suunniteltava ja rakennettava ottaen huomioon riskin arvioinnin tulokset.

Riskien arviointi ja hallinta ovat oleellinen osa koneiden suunnittelua. Jos suunniteltavasta koneesta on olemassa yhdenmukaistettu SFS-EN-standardi, riskien arviointi ja hallinta on suoraviivaisempaa, sillä riskit ja sallittavien jäännösriskien suuruus on jo arvioitu standardin tehneessä työryhmässä ja standardiehdotuksesta äänestäneissä jäsenmaiden seurantaryhmissä, sekä siinä vaiheessa, kun standardin kelpuuttamisesta yhdenmukaistettujen standardien luetteloon on päätetty. (Siirilä 2008b, 77).

Koneiden tai turvatoimintojen kohdalla saattaa olla usein sellainen tilanne, että tällaisia valmiita suoraan sovellettavissa olevia standardeja ei ole saatavilla. Varsinkin, jos kyseessä on täysin uudenlainen tekninen ratkaisu. Siinä tapauksessa koneesta tai turvatoiminnosta on tehtävä oma riskien arviointi. (Siirilä 2008b, 77).

SFS-EN ISO 12100 on koneturvallisuuden yleisstandardi, joka esittää yleiset suunnitteluperiaatteet ja ohjeet turvallisuuden aikaansaamiseksi koneita suunniteltaessa. Standardi määrittelee riskinarvioinnin ja riskin pienentämisen menetelmät turvallisuuspäämäärien saavuttamiseksi. SFS-ISO/TR 14121-2 standardi sisältää käytännön opastusta standardin ISO 12100 mukaiseen riskinarviointiin.

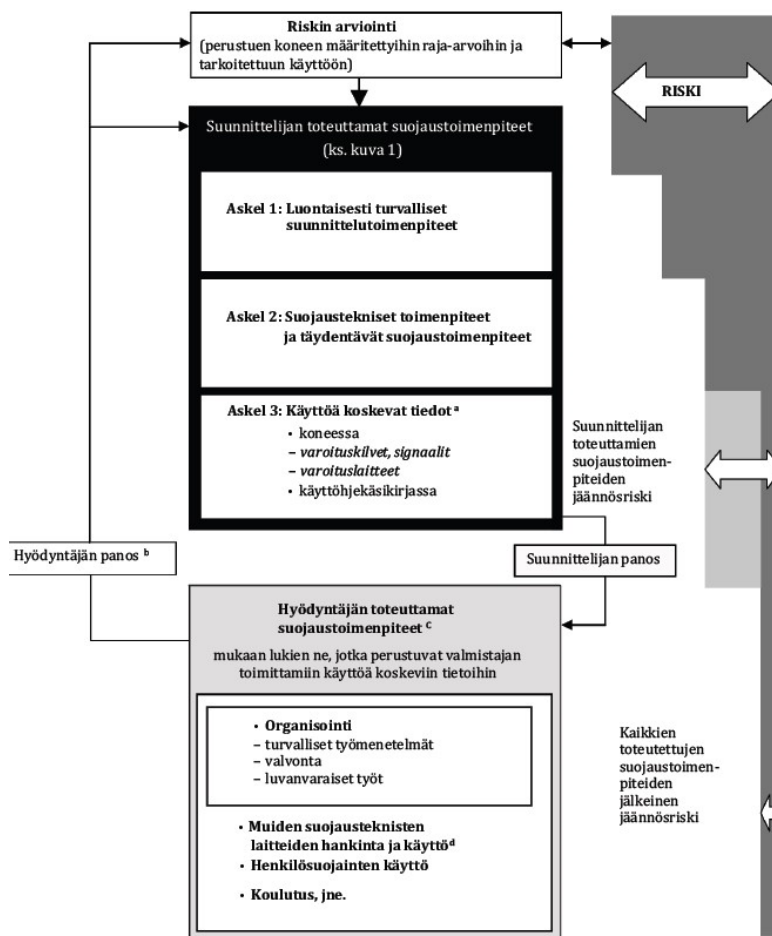
Riskinarviointi sisältää riskianalyysin ja riskin merkityksen arvioinnin. Kuvassa 3 on kuvattu riskinarviointiprosessin vaiheet.



KUVA 3. Riskinarvioinnin vaiheet (SFS-EN ISO 12100, 15)

Riskien arviointi on luonteeltaan iteratiivinen prosessi. Vaiheiden toistaminen useampaan kertaan peräkkäin voi olla tarpeen riskin pienentämiseksi ja saatavilla olevan teknologian hyödyntämiseksi. Suunnitteluvaiheessa toteutettu riskien arviointi säästää aikaa ja resursseja, sillä muutosten tekeminen ja uusien teknikkoiden hyödyntäminen koneen suunnittelussa on helpompaa suunnitteluvaiheessa, kuin koneen rakentamisen jälkeen. (SFS-EN ISO 12100, 14; SFS-ISO/TR 14121-2, 6.)

Kuvassa 4 on kuvattu riskin pienentämisen prosessi koneensuunnittelijan näkökulmasta. Luontaisesti turvalliset suunnittelutoimenpiteet sisältävät suunnittelussa toteutetut suojaustoimenpiteet ja se on vaiheena ainoa, jossa vaaroja voidaan poistaa ja siten välttää tarvetta muihin suojaustoimenpiteisiin. Suojaustekniset toimenpiteet ja täydennettävät suojaustoimenpiteet vaihe sisältävät turvallisuutta lisäävät toimenpiteet ja suojalaitteet. Käyttöä koskevat tiedot sisältävät käyttöohjeet, varoituskyltit ja -merkit, joilla minimoidaan ja varoitetaan riskeistä, joita on jäänyt muista suojausteknisistä toimenpiteistä huolimatta jäljelle.



KUVA 4. Riskinarviointi suunnittelijan näkökulmasta (SFS-EN ISO 12100, 16)

Riskinarviointia koskevat asiakirjat liitetään osaksi teknistä tiedostoa. Riskien arviointia koskevista asiakirjoista selviää käytetty menetelmä riskin pienentämiseksi, konetta koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset, kuvaus riskien pienentämiseksi tai poistamiseksi tehdyistä suojaustoimenpiteistä, sekä tarvittaessa maininta jäljelle jääneistä jäännösriskeistä. (SFS-EN ISO 12100, 56; SFS-ISO/TR 14121-2, 48.)

### 2.3.1 Raja-arvojen määrittäminen

Riskien arviointi alkaa koneen raja-arvojen määrittämisellä ottaen huomioon koneen elinkaaren kaikki vaiheet. Tavoitteena on aikaansaada selkeä kuvaus koneen mekaanisista ja fyysisistä ominaisuuksista, sen toiminnallisesta suorituskyvystä, tarkoitetusta käytöstä, kohtuudella ennakoitavissa olevasta väärinkäytöstä sekä käyttöympäristöstä. (SFS-EN ISO 12100, 18–19; SFS ISO/TR 14121-2, 12.)

Koneensuunnittelijan on otettava huomioon seuraavat konetta koskevat raja-arvot: (SFS-EN ISO 12100, 18–19; SFS ISO/TR 14121-2, 12.)

- käyttörajat
  - koneen toimintatavat
  - koneen käyttö
  - koneen hyödyntäjien oletettu koulutustaso, kokeneisuus ja kyvyt
  - muiden henkilöiden ja ympäristön altistuminen
- tilarajat
  - koneen liikkeen laajuus
  - koneen vuorovaikutuksessa olevien henkilöiden vaatima tila
- aikarajat
  - koneen käyttöikä
  - suositeltavat huoltovälit
- muut rajat
  - käsiteltävien materiaalien ominaisuudet
  - ympäristön vaikutus koneen toimintaan.



### 2.3.2 Vaaratekijöiden tunnistaminen

Koneen raja-arvojen tunnistamisen jälkeen seuraavana vaiheena on koneen elinkaaren kaikkien vaiheiden kohtuudella ennakoitavissa olevien vaarojen tunnistaminen. Tavoitteena on aikaansaada luettelo vaaroista, vaaratilanteista ja vaarallisista tapahtumista.

Koneensuunnittelijan on otettava huomioon seuraavat seikat vaaroja tunnistessa: (SFS-EN ISO 12100, 19–21; SFS ISO/TR 14121-2, 14.)

- ihmisen vuorovaikutus koneen koko elinkaaren ajan
- koneen mahdolliset toimintatilat (normaali- ja häiriötilat)
- käyttäjän tarkoittamaton käyttäytyminen tai kohtuudella ennakoitavissa oleva koneen väärinkäyttö.

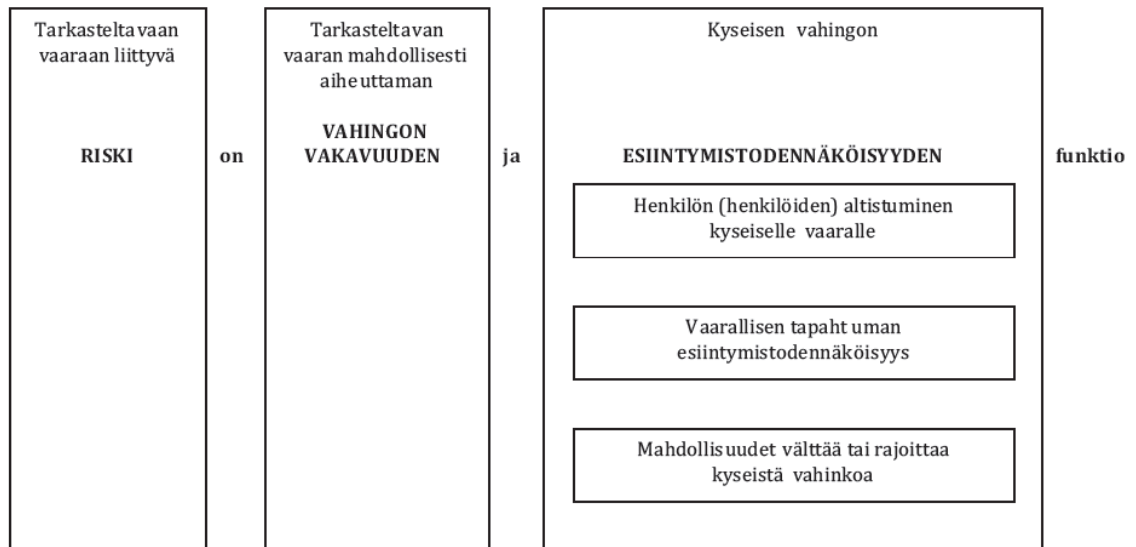
Riskinarvioinnin kannalta on oleellista tunnistaa kaikki konetta koskevat vaarat. Taulukossa 4 on esitetty joitakin vetopöydän trukkilisälaitteen suunnittelussa tunnistetuista mekaanisista vaaroista.

TAULUKKO 4. Esimerkkejä vetopöydän trukkilisälaitteen mekaanisista vaaroista

Vaaran alkuperä	Vaara	Vaarallinen tapahtuma/tilanne
Trukin vakavuuden menettäminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isku</li> <li>• Törmäys</li> <li>• Murskaantuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trukin ja perävaunun hallitsemattomat liikkeet</li> <li>• Trukin kaatuminen</li> </ul>
Lisälaitteen rikkoutuminen toiminnan aikana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isku</li> <li>• Törmäys</li> <li>• Murskaantuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osien tai sirpaleiden sinkoutuminen lisälaitteen rakenteen pettämisen seurauksena</li> <li>• Trukin ja vaunun hallitsemattomat liikkeet lisälaitteen rakenteen pettämisen seurauksena</li> </ul>
Lisälaitteen terävät reunat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leikkaantuminen</li> <li>• Infektio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosketukseen joutuminen terävän reunan kanssa</li> </ul>
Lisälaitteen liikkuvat osat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leikkaantuminen</li> <li>• Murskaantuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosketukseen joutuminen liikkuvan osan kanssa</li> </ul>

### 2.3.3 Riskin suuruuden ja merkityksen arviointi

Koneen koko elinkaareen liittyvien vaarojen tunnistamisen jälkeen jokaiselle vaaratilanteelle on suoritettava riskin suuruuden arviointi. Yksittäisen vaaratilanteen riski riippuu riskin osatekijöistä (kuva 5).



KUVA 5. Riskin osatekijät (SFS-EN ISO 12100, 22)

### Vahingon vakavuuden arviointi

Jokainen tunnistettu vaaratekijä voi olla useiden eriasteisten vahinkojen aiheuttaja. Vahingon vakavuuden arviointi ei ole aina helppoa, sillä kaikkein vakavin vahinko voi olla epätodennäköinen ja todennäköisin vahinko voi olla vähäpätöinen. Riskinarviointia tehdessä on tarkasteltava todennäköisimmän vahingon vakavuus sekä ennakoitavissa olevan vahingon suurin vakavuus. (SFS-EN ISO 12100, 22; SFS-ISO/TR 14121-2, 18.)

Esimerkkinä tilanne, jossa trukki menetettyään vakavuutensa kaatuu, vahingolla voi olla moninaiset seuraukset. Lievässä tapauksessa trukin käsittelijä selviää tilanteesta ruhjevammalla, kun taas pahimmassa mahdollisessa tapauksessa trukin kuljettaja sekä vaara-alueelle päätyneet sivulliset menehtyvät. Vahingon laajuus riippuu vaaran vaikutusalueella tapahtumahetkellä olevien henkilöiden määrästä. Vaaratilanteen vaikutus välittömään ympäristöön voi laukaista ketjureaktion muita vaarallisia tapahtumia.

## Vahingon esiintymistodennäköisyys

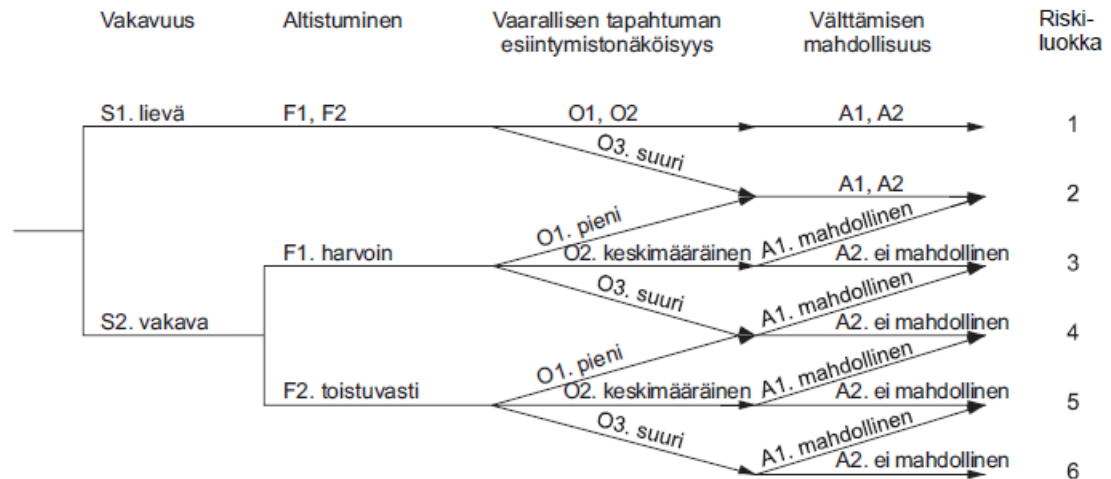
Vahingon esiintymistodennäköisyyteen vaikuttaa vaaralle altistuneiden henkilöiden lukumäärä, vaarallisten tapahtumien esiintymisen laajuus, sekä mahdollisuus välttää tai rajoittaa vahinkoa. Esiintymistodennäköisyyttä arvioidessa huomioitava ainakin seuraavat tekijät: (SFS-EN ISO 12100, 23–24; SFS-ISO/TR 14121-2, 18–20.)

- henkilöiden altistuminen
  - vaaravyöhykkeelle pääsyn tarve ja luonne
  - henkilöiden lukumäärä
  - altistumisen aika ja taajuus
- vaaratilanteiden esiintyminen
  - luotettavuutta koskevat tiedot
  - tapaturmatiedot ja muut tilastolliset tiedot
  - tiedot terveyshaitoista
  - riskien vertailu muiden vertailukelpoisten koneiden riskeihin
- mahdollisuus välttää tai rajoittaa vahinkoa
  - kaikki vaaralle altistuvat henkilöt
  - kuinka nopeasti vaarallinen tapahtuma voi johtaa vahinkoon, esim. äkillisestä tapahtumasta johtuva välitön vahinko tai pitkäaikaisesta altistumisesta koituva terveyshaitta
  - kaikki tietoisuus riskin olemassaolosta
  - inhimilliset kyvyt välttää tai rajoittaa vahinkoa
  - käytännön kokemus ja tietämys kyseisestä tai vastaavasta koneesta
  - suojaustoimenpiteiden sopivuus
  - käyttöä koskevat tiedot.

## Riskin suuruuden arviointi

Riskin suuruuden arvioinnin tueksi on olemassa erilaisia riskin suuruuden arvioinnin työkaluja, joista suurin osa perustuu riskimatriisi, riskigraafi tai numeeriseen pisteytys -menetelmään tai näiden yhdistelmään (SFS-ISO/TR 14121-2, 22). Vetopöydän trukkilisälaitteen riskinarvioinnissa hyödynnettiin riskigraafia (kuva 6) ja riskianalyysissa käytettiin apuna liitteessä 1 esitettyä työkalua.

Riski graafi perustuu päätöspuuhun, jonka jokainen solmukohta kuvaa riskin joltain muuttujaa ja jokainen solmukohdasta haarautuva haara edustaa kyseisen muuttujan luokkaa. Riskigraafit soveltuvat hyvin kuvaamaan valittujen riskin pienentämisen toimenpiteiden vaikutusta riskin pienentymisen määrään. (SFS-ISO/TR 14121-2, 26.)



KUVA 6. Riskigraafi (SFS-ISO/TR 14121-2, 30)

Kuvan 6 mukaisessa riskipuussa vahingon vakavuuden parametrille on kaksi luokkaa: S1 tarkoittaa lieviä vammoja, kuten mustelmia ja ensiapua vaativia pieniä haavoja, joiden seurauksena voi ilmetä maksimissaan kahden päivän työkyvyttömyyttä suorittaa samaa työtehtävää, josta vamma on peräisin; S2 tarkoittaa vakavia vammoja sisältäen kuolemaan johtavat vammat, lääkintähoitoa vaativat vammat, kuten murtumat ja kaikki muut vammat, joiden seurauksena on työkyvyn menetys yli kahdeksi päiväksi.

Vaaralle altistumisen taajuudelle on myös kaksi tasoa. F1 tarkoittaa harvoin tai useasti mutta lyhytaikaisesti tapahtuvaa altistumista vaaralle. F2 tarkoittaa toistuvaa tai pitkäaikaista altistumista vaaralle.

Vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyydelle on kolme tasoa. O1 tarkoittaa, että vaarallisen tapahtuman esiintyminen on epätodennäköistä esim. teknologian ja menettelytapojen ansiosta. O2 tarkoittaa sitä, että vaarallinen tapahtuman syntyminen on mahdollista tietyissä olosuhteissa, esim. inhimillisen toiminnan seurauksena. O3 taso tarkoittaa sitä, että vaarallinen tapahtuma esiintyy useasti.

Vahingon välttämisen tai rajoittamisen mahdollisuudelle on 2 tasoa. A1 tarkoittaa sitä, että vahingolta on mahdollista välttyä tietyissä tilanteissa ottaen huomioon olosuhteet tai vahinkoa on mahdollista rajoittaa ottaen huomioon esimerkiksi liikenopeat. A2 tarkoittaa sitä, että vahingolta ei voi välttyä.

Riskiluokat 1 ja 2 tarkoittavat siedettävää tai pientä riskiä. Riskiluokat 3 ja 4 tarkoittavat keskimääräistä riskiä. Riskiluokat 5 ja 6 tarkoittavat vakavaa ja sietämätöntä riskiä.

Riskigraafia käytettäessä on hyödyllistä tehdä ensin alustava riskinarviointi, josta saadaan tunnistettujen vaaratilanteiden riskiluokat ja näiden perusteella voidaan tehdä päätös riskin pienentämisen keinoista, jos riskin pienentäminen osoittautuu tarpeelliseksi. Riskin pienentämisen jälkeen tehdään uusi riskinarviointi kierros. Tämä prosessi voidaan toistaa tarvittaessa useamman kerran. Taulukossa 5 on näytetty esimerkki vetopöydän trukkilisälaitteen suunnittelun ensimmäisestä riskin arvioinnista.

TAULUKKO 5. Alustava riskinarviointi

Vaaratilanteet				
Vaaran tyyppi	Vaaran lähde	Vaara	Vaarallinen tilanne/ tapahtuma	seuraus
Mekaanisia vaaroja	Lisälaitteen liikkuvat osat	Murskaantuminen, Leikkaantuminen	Asennuksen, käytön tai huollon yhteydessä käden tai sormen päätyminen liikkuvan osan alle	Lääkintähoitoa vaativa vamma, murttuma, sormen tai käden menetys
Alustava riskinarviointi				
Riskigraafi				
Vakavuus (S1/S2)	Altistuminen (F1/F2)	Esiintymistodennäköisyys (O1/O2/O3)	Välttämisen mahdollisuus (A1/A2)	Riskiluokka (1...6)
S2	F1	O3	A2	4

## Riskin merkityksen arviointi

Riskien suuruuden arviointia seuraa riskin merkityksen arviointi, jonka tarkoituksena on tehdä päätös tarvittavista suojaustoimenpiteistä, jos riskin pienentämistä tarvitaan. Mikäli riskin merkityksen arvioinnin tuloksena jonkin riskin kohdalla tarvitaan riskin pienentämisen toimenpiteitä, on valittava sopivat suojaustoimenpiteet riskin pienentämiseksi. Suojaustoimenpiteiden lisäämisen yhteydessä on arvioitava, aiheutuuko niistä jotain lisävaaroja tai suurentavatko ne jotain jo aikaisemmin tunnistettua riskiä. (SFS-EN ISO 12100, 26; SFS-ISO/TR 14121-2, 42.) Taulukossa 5 näytetyn riskinarviointi esimerkin perusteella tarvitaan riskin pienentämistä.

### 2.3.4 Riskin pienentäminen

Riskiä voidaan pienentää vaaroja poistamalla tai pienentämällä riskin määrittäviä osatekijöitä, eli vahingon vakavuutta ja kyseisen vahingon esiintymistodennäköisyyttä. Riskin pienentäminen saavutetaan toteuttamalla luontaisesti turvalliset, suojaustekniset ja käyttöä koskevat -toimenpiteet luetellussa järjestyksessä. (SFS-EN ISO 12100, 27.)

Taulukossa 6 on esitetty miten taulukon 5 riskinarviointi esimerkin perusteella on lähdetty tekemään riskin pienentämisen toimenpiteitä. Vetopöydän trukkilisälaitteen liikkuvan rakenteen takia, vaarana on, että joku henkilö voisi laittaa sormensa tai kätensä liikkuvien osien väliin. Tästä syystä lisälaitteen suunnittelussa on huomioitava riittävä rakenteellinen suojaus riskin pienentämiseksi. Lisälaitteeseen suunniteltiin ruuviliitoksella kiinnitettävät suojukset, joilla estetään liikkuvan osan väliin pääsyä. Ruuviliitoksen pitävyyttä varmistetaan lukitusaluslevyillä. Lisäksi suojukset ja lisälaitteen liikkuvat osat maalataan huomioväreillä. Käyttöohjeesta tulee selvittää laitteen tarkoituksenmukainen käyttö ja varoitus mahdollisista jäännösriskeistä. Riskin pienentämissä tehtyjä toimenpiteitä ja valittuja suojausteknisiä ratkaisuja tulee myös arvioida riskin arvioinnissa, jotta valitut toimenpiteet riskin pienentämiseksi ei aiheuta uutta vaaraa tai suurena jo jotain olemassa olevaa vaaraa.

TAULUKKO 6. Riskinarviointi riskin pienentämisen jälkeen

Vaaratilanteet				
Vaaran tyyppi	Vaaran lähde	Vaara	Vaarallinen tilanne/ tapahtuma	seuraus
Suojuksien vaaroja	Lisälaitteen liikkuvat osat: Suojuksien irtoaminen tai laitteen käyttö ilman suojuksia	Murskaantuminen, Leikkaantuminen	Asennuksen, käytön tai huollon yhteydessä käden tai sormen päätyminen liikkuvan osan alle	Lääkintähoitoa vaativa vamma, murttuma, sormen tai käden menetys
Riskin pienentäminen				
<p>Luontaisesti turvalliset suunnittelutoimenpiteet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liikkuvien osien liikeradan ja ulottuvuuden rajaaminen mahdollisimman pieneksi</li> </ul> <p>Suojaustekniset suunnittelutoimenpiteet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnitellaan suojus, joka estää sormen tai käden laittamisen liikkuvan osan väliin</li> <li>• Lukitusaluslevyjen hyödyntäminen suojien ruuviliitoksessa</li> </ul> <p>käyttöä koskevat suunnittelutoimenpiteet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suojien ja liikkuvien osien maalaaminen huomiovärillä</li> <li>• Käyttöohjeessa kerrotaan tarkoituksenmukaisesta käytöstä ja varoitetaan jäännösriskeistä</li> </ul>				
Riskinarviointi riskin pienentämisen jälkeen				
Riskigraafi				
Vakavuus (S1/S2)	Altistuminen (F1/F2)	Esiintymistodennäköisyys (O1/O2/O3)	Välttämisen mahdollisuus (A1/A2)	Riskiluokka (1...6)
S2	F1	O1	A1	2

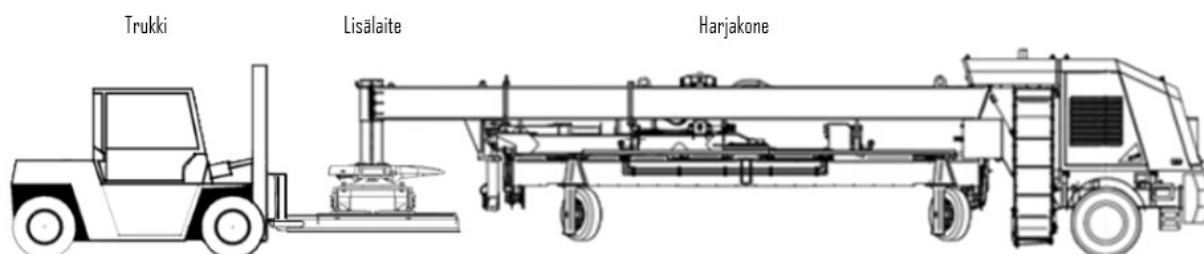
### 3 SUUNNITTELU

#### 3.1 Suunnittelua ohjaavat tiedot

Trukkiin liitettäviä lisälaitteita käytettäessä koneen käyttäjän tulee olla tietoinen siitä, miten lisälaitetta käytetään tarkoituksenmukaisesti. Lisälaite tulee olla suunniteltu ja valmistettu konedirektiivissä esitettävien terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisesti. Lisälaitteet muuttavat trukin suorituskykyä ja ohjattavuutta. Kuorman painopiste-etäisyys, trukin nostokyky ja näkyvyys hytistä saattavat muuttua lisälaitteen vaikutuksesta. Lisälaitteita käytettäessä tulee varmistua, että laite on CE-merkitty, tyyppikilvellä varustettu sekä että trukki ja lisälaite ovat yhteensopivia nostokyvyn ja vakavuuden kannalta. Luvussa on esitetty vetopöydän trukkilisälaitteen suunnittelua ohjaavia tietoja ja vaatimuksia.

#### Toimeksianto

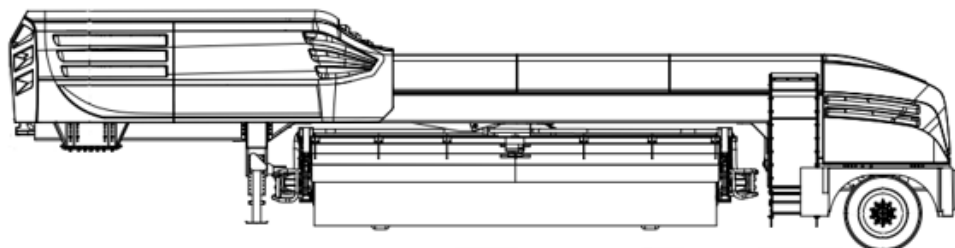
Osana opinnäytetyötä suunniteltiin trukkilisälaite kuorma-auton vetopöydällä, joka valmistetaan tuotannon apuvälineeksi Vitera Oy:n konepajalle. Kuvassa 7 on havainnollistettu trukkilisälaitteen tarkoituksenmukainen käyttö. Lisälaite mitoitettiin Vammaksen perässä vedettävien harjakone konemallien kanssa yhteensopivaksi. Lisälaitteen mitoituksessa käytetyt harjakone konemallit on esitetty kuvassa 8 ja taulukossa 7 on harjakoneiden teknisiä tietoja.



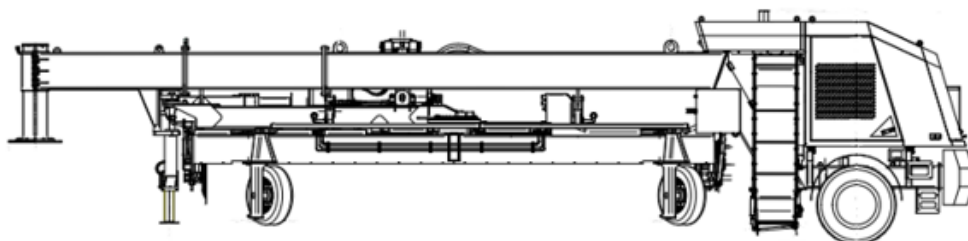
KUVA 7. Lisälaite tarkoituksenmukaisessa käytössä (Vitera Oy Vammass n.d., muokattu)



SB4504



SB5500



KUVA 8. Harjakone konemallit (Vitera Oy Vamma n.d., muokattu)

TAULUKKO 7. Harjakoneiden teknisiä tietoja (Vitera Oy Vamma n.d.)

Harjakonemalli	SB4504	SB5505
Kokonaispituus vetopöydältä	11.95 m	13.10 m
Koneen paino	16.6 t	17.5 t
Koneen korkeus	3.3 m	3.3 m
Kääntösäde	10.3 m	11.2 m
Vetopöydän kuormitus	8.3 t	4.8 t

Vitera Oy:n esittämät vaatimukset vetopöydän trukkilisälaitteen suunnittelulle:

- lisälaite tulee mitoittaa Vammaksen harjakone konemallien SB5500:n ja SB4504:n kanssa yhteensopivaksi
- suunnittelussa tulee hyödyntää levyrakenteita
- lisälaitteen tulee olla rakenteelta mahdollisimman yksinkertainen, kustannustehokas, mutta toimiva ratkaisu

- nivelletty rakenne, joka mahdollistaa sivuttaiskallistuksen
- mahdollisuus irrottaa lisälaitte trukkiin liitettävästä alustasta ja liittää se johonkin muuhun alustaan
- alustaan pituussäätö
- trukin stabiliteetti ja yhteensopivuus lisälaitteen kanssa tulee tutkia.

### **Trukin lisälaitteita koskevat standardit**

Trukkien turvallisuutta käsittelevässä standardissa (SFS-ISO 21262:2020) todetaan trukin lisälaitteiden käytöstä sekä trukkien kytkemisestä perävaunuun seuraavaa.

#### **Lisälaitteen käyttö trukissa**

- mikäli turkki on varustettu sivusiirto lisälaitteella, koneen käyttäjän tulee keskittää lisälaitte tai kuorma kuljetuksen aikana
- erityistä varovaisuutta on noudatettava käsiteltäessä sellaisia kuormia, joita ei voida keskittää
- lisälaitteen tulee täyttää trukin valmistajan vaatimukset
- lisälaitteen valmistajan spesifikaatioita ja ohjeita on noudatettava
- trukkiin on kiinnitettävä trukin ja lisälaitteen yhteiskuorman kapasiteettikilpi, joka kertoo trukin ja lisälaitteen yhteisvaikutuksesta trukin nostokykyyn
- lisälaitteet, joiden käyttö vaatii hydrauliiikan tai voimalähteiden liittämistä lisälaitteeseen, asennustyön saa suorittaa valtuutettu henkilö lisälaitteen valmistajan ohjeet huomioiden
- kun trukkia käytetään lisälaitteen kanssa, on noudatettava trukin ja lisälaitteen yhteiskuorman kapasiteettikilven tietoja trukin nostokyvystä
- kuormia saa siirtää lisälaitteilla, jos kuorman liikuttaminen ja kuljettaminen voidaan toteuttaa turvallisesti
- henkilönostokoreja saa käyttää vain valmistajan luvalla.

## Vetotrukit ja perävaunulliset trukkit

- vetotrukkia tai trukkia saa käyttää perävaunujen hinaamiseen vain, jos valmistaja on tarkoittanut ne tähän tarkoitukseen ja jos ne on varustettu sopivalla perävaunun kytkimellä
- tekniset tiedot, jotka vaaditaan sallitun perävaunukuorman määrittämiseksi, saadaan käyttöohjeista, trukin kuormakilvestä tai pyydettäessä valmistajalta
- jarruttomien ja jarrullisten perävaunujen määritettyä tai laskettua maksimi perävaunukuormitusta ei saa ylittää
- ennen hinaustoiminnan aloittamista on suoritettava riittävät koeajot, joilla varmistetaan turvallinen toiminta.

Trukkien lisälaitteiden suunnitteluun ei ole omaa C-typin standardia. Suunnittelu toteutetaan EU:n konedirektiivin (2006/42/EY) periaatteiden mukaisesti. Lisälaitteen riittävän mekaanisen lujuuden varmistamiseksi suunnittelun tukena hyödynnettiin nosturien irrotettavien nostoapuvälineiden turvallisuus standardia (SFS-EN 13155:2020) siltä osin, että nostoapuvälineen, tässä tapauksessa vetopöydän trukkilisälaitteen on kestävä kaksinkertaista staattista kuormaa ilman pysyviä muodonmuutoksia. Lisäksi lisälaitteelle sopivan vetopöytäkytkimen valinnassa käytettiin Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) E-sääntöä nro 55, joka sisältää ajoneuvoyhdistelmien mekaanisten kytkinosien hyväksyntää koskevat yhdenmukaiset vaatimukset sekä mekaanisten kytkinlaitteiden testausmenetelmät.

### 3.2 Vastapainotrukin stabiliteetti

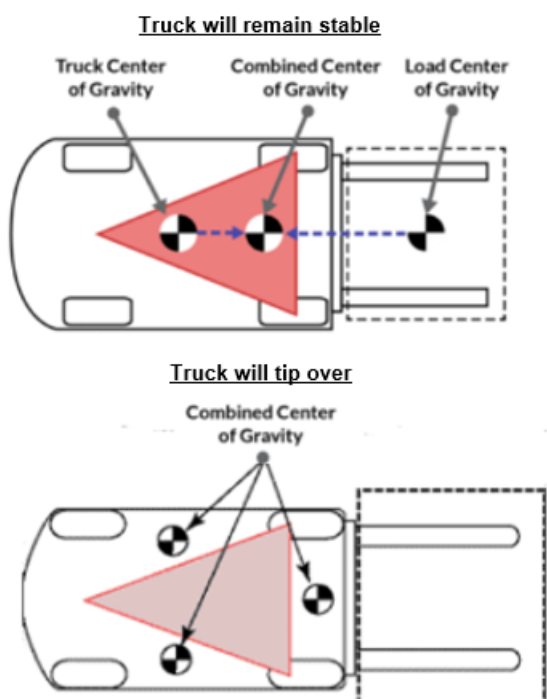
Trukin nostokykyyn vaikuttaa kuorman painopiste-etäisyys, lisälaitteet ja nostokorkeus. Trukin nimellispainopiste-etäisyys on yleensä etäisyys haarukan pystypinnasta puoleenväliin vakio haarukan pituutta. Nimellispainopiste etäisyys voi vaihdella trukkimalleittain.

Trukin nimellisnostokyky ilmoitetaan trukin kapasiteettikilvessä. Lisälaitteen käyttö alentaa trukin nimellisnostokykyä. Lisälaitteen oma painopiste siirtää trukin

painopistettä ja vaikuttaa sen vakavuuteen. Lisälaitteet myös usein antavat nostettavalle taakalle enemmän momenttivartta. Lisälaitteiden käytön vaikutus trukin nostokapasiteettiin on ilmoitettava lisälaitteen tyyppikilvessä.

Nostokorkeus vaikuttaa trukin vakavuuteen. Yleisesti ottaen vastapainotrukkien nostokyky heikkenee yli 3–4 metrin nostokorkeudessa. Trukin malli ja sen varusteet, kuten renkaat ja nostopuomin tyyppi vaikuttavat trukin nostokykyyn ja vakavuuteen. (Toyota n.d.)

Useimmissa vastapainotrukeissa on 3 pisteen pyöräntuenta. Yksi tuentapisteistä löytyy taka-akselin keskeltä, johon trukin ohjausakseli on kiinnitetty niveltapilla. Kaksi muuta pistettä löytyy etuakselin molemmista päistä etupyörän keskipisteestä. Kun nämä pisteet yhdistetään viivalla, saadaan aikaiseksi vakauskolmio, jonka avulla voidaan hahmottaa trukin stabiileetti. Mikäli trukin ja kuorman yhdistetty painopiste pysyy vakauskolmion sisäpuolella, trukki säilyttää vakavuutensa. Jos yhdistetty painopiste siirtyy vakauskolmion ulkopuolelle, vaarana on trukin kaatuminen tai kuorman putoaminen. (OSHA n.d.) Kuvassa 9 on kuvattu vastapainotrukkiin stabiileetti vakauskolmion avulla.



KUVA 9. Trukin stabiileetti (Conger Industries Inc 2023; OSHA n.d.; muokattu)

## Trukin koekuormitus

Työssä tutkitaan Mitsubishi FD90J mallista vastapainotrukkia, jonka nimellisos-  
tokapasiteetti on 9000 kg ja nimellinen painopiste-etäisyys 600 mm. Tarkoittaen  
sitä, että nimellisarvojen perusteella trukin pitäisi pystyä nostamaan 9000 kg  
kuorman painopisteen ollessa 600 mm etäisyydellä haarukan etupinnasta. Ku-  
vassa 10 on nähtävissä tilannekuva vastapainotrukille tehdystä koekuormituk-  
sesta. Kuvan 10 tilanteessa trukin asetinlaite, jossa haarukka on kiinni, on nos-  
tettu mastoa pitkin reilun 3 metrin korkeuteen. Kuorman keskipiste-etäisyys on  
noin 1 metrin etäisyydellä trukin etuakselin keskeltä. Kuormaa kuvan tilanteessa  
on noin 8400 kg. Testejä tehtiin eri kuormilla ja painopiste-etäisyyksillä. Koekuor-  
mituksessa tehtyjen testien aikana trukki ei vaikuttanut epävakaalta.



KUVA 10. Trukin koekuormitus

Koekuormituksesta saatujen tulosten perusteella trukille voidaan laskea nostoka-  
pasiteetti kuorman eri painopiste-etäisyyksillä ja muodostaa tuloksista kuorma-

taulukko. Taulukossa 8 on esitetty koekuormituksesta muodostettu kuormataulukko. Tässä raportissa esitettyjen kuormataulukoiden kapasiteetit ovat pyöristetty kymmenyksen tarkkuuteen. Seuraavilla kaavoilla saadaan laskettua trukin kuorman nostokyky tarkasteltavalla kuorman painopiste-etäisyydellä.

$$F_{koek.} = Q_{koek.} \cdot g, \quad (1)$$

jossa

$F_{koek.}$	voima, N
$Q_{koek.}$	kuormituskokeesta saatu nostokapasiteetti etäisyydellä $c$ , kg
$g$	putoamiskiihtyvyys, $m/s^2$

$$M_{koek.} = c \cdot F_{koek.}, \quad (2)$$

jossa

$M_{koek.}$	voiman momentti trukin etuakselin suhteen, Nm
$c$	kuorman keskipisteen etäisyys trukin etuakselista, mm

$$F_n = \frac{M_{koek.}}{c_n}, \quad (3)$$

jossa

$F_n$	voima etäisyydellä $c_n$ , N
$c_n$	tarkasteltava etäisyys, mm

$$Q_n = \frac{F_n}{g}, \quad (4)$$

jossa

$Q_n$	nostokapasiteetti etäisyydellä $c_n$ , kg
-------	---

TAULUKKO 8. Trukin kuormataulukko koekuormituksen perusteella

Kuorman painopiste-etäisyys (mm)	Kapasiteetti (kg)
500 mm	6780 kg
600 mm	6320 kg
700 mm	5900 kg
800 mm	5560 kg
900 mm	5250 kg

### Trukin ja lisälaitteen yhteiskapasiteetti

Taulukossa 9 on esitetty lisälaitteen ja trukin yhdistetty kuormataulukko. Arvio lisälaitteen vaikutuksesta trukin kapasiteettiin saadaan laskettua seuraavalla kaavalla (Cascade Corp n.d.; Eusebio 2022).

$$Q = \frac{A(B + C) - D(E + F)}{E + G + H}, \quad (5)$$

jossa

<i>Q</i>	trukin nettokapasiteetti, kg
<i>A</i>	trukin nimelliskapasiteetti (koekuormitus kapasiteetti, kg
<i>B</i>	etäisyys etuakselin keskeltä haarukan pintaan, mm
<i>C</i>	etäisyys haarukan pinnasta trukin nimellispainopiste-etäisyyteen, mm
<i>D</i>	lisälaitteen paino, kg
<i>E</i>	etäisyys etuakselin keskeltä asettimen pintaan, mm
<i>F</i>	etäisyys asettimen pinnasta lisälaitteen painopisteeseen, mm
<i>G</i>	etäisyys asettimen pinnasta kuorman pintaan, mm
<i>H</i>	etäisyys kuorman pinnasta kuorman keskipisteeseen, mm

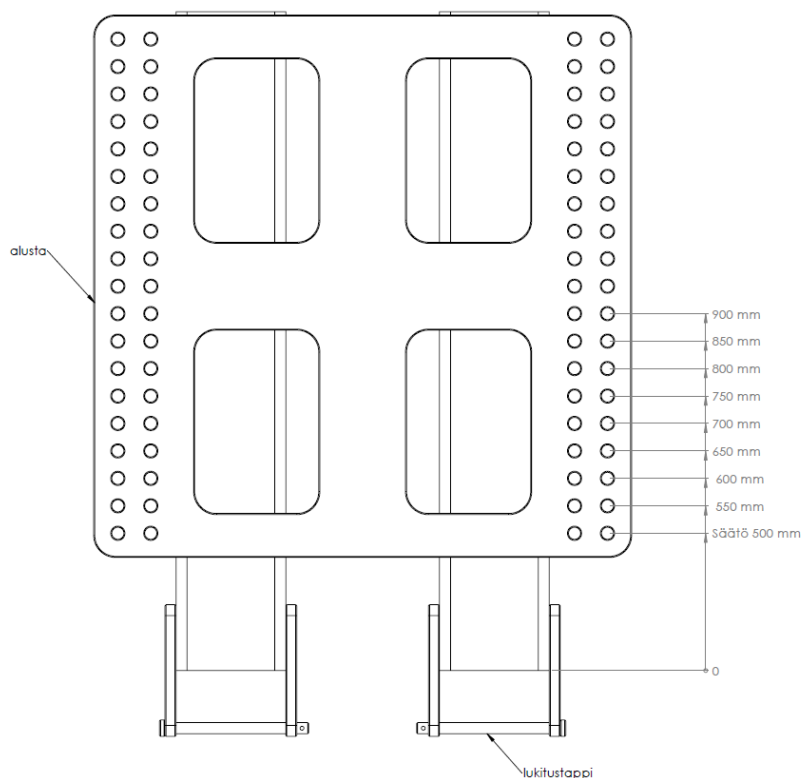
Trukkien valmistajat määrittävät trukin kapasiteetin yhdessä laskennan ja testi- menetelmien kautta. Yllä esitetty laskentakaava on tavanomainen laskenta-

kaava, jota trukkien valmistajat saattavat hyödyntää trukin ja lisälaitteen yhdistetyn kapasiteetin määrittämisessä. Huomioitavaa on, että kaavasta saatava tulos on suuntaa antava. Tarkemman yhteiskapasiteetin määrittämiseksi on tehtävä yhteistyötä trukin valmistajan kanssa. (Cascade Corp n.d.)

TAULUKKO 9. Yhdistettykapasiteetti

Kuorman painopiste-etäisyys (mm)	Kapasiteetti (kg)
500 mm	6050 kg
600 mm	5610 kg
700 mm	5230 kg
800 mm	4890 kg
900 mm	4600 kg

Kuvassa 11 on esitetty vetopöydän trukkilisälaitteen alustan kuorman painopiste-etäisyyden mukainen pituussäätö. Kuorman painopiste-etäisyys ilmoitetaan haarukan pystypinnan ja kuorman painopisteen välisenä etäisyytenä. Pituussäädön ansiosta lisälaite voidaan kiinnittää halutulle kuorman painopiste-etäisyydelle, tarkoittaen sitä, että perävaunun vetotapin lukituessa vetopöytään, valitun säätöetäisyyden etäisyys on vetotapin keskeltä haarukan pystypintaan.



KUVA 11. Alustan pituussäätö

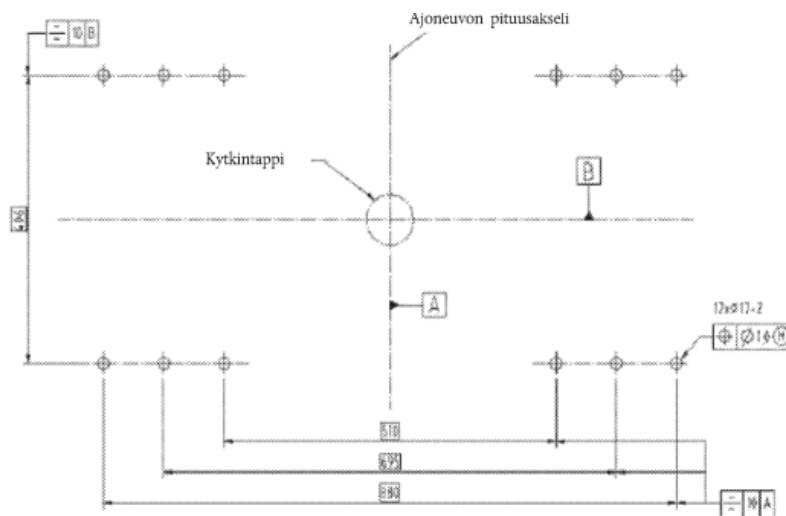


### 3.3 Suunnittelua ja komponenttien valintaa

Seuraavaksi on esitetty vetopöydän trukkilisälaitteen suunnittelua ja komponenttien valintaa.

#### Vetopöytäkytkimen kiinnityslevy

Vetopöydän trukkilisälaitteessa on kiinnityslevy, johon standardin mukainen vetopöytä voidaan kiinnittää ruuviliitoksella. Vetopöytäkytkimien kiinnityslevyjen vaatimuksista kerrotaan Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) E-säännössä nro 55. Lisälaitteen kiinnityslevy on E-sääntö nro 55 liite 5 mukainen vetopöytäkytkimien J-luokan kiinnityslevy. Kuvassa 12 on näytetty asennusreikien toleranssit vetopöytäkytkimien luokan J kiinnityslevyjä varten. Vetopöytäkytkimien kiinnityslevyille on tehtävä E-sääntö nro 55 liitteen 6 mukaiset kuormituskokeet.

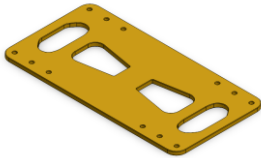
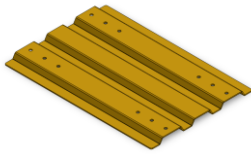


KUVA 12. Luokan J kiinnityslevyjen asennusreikien toleranssit (E-sääntö nro 55 2010)

Painoarvo taulukko on kätevä työkalu suunnittelun tueksi, kun vertaillaan muutamaa kehityskelpoiseksi todettua ratkaisua asetettuihin vaatimuksiin ja tavoitteisiin nähden. Asetetut vaatimukset ja tavoitteet voivat erota toisistaan suuresti merkittävyyden kannalta. Ominaisuudet voidaan asettaa tärkeysjärjestykseen painoarvolla. Ratkaisut arvostellaan pisteillä sen mukaan, miten ne vastaavat taulukossa esitettyjä ominaisuuksia. Neljä pistettä on suurin pistemäärä ja se tarkoittaa sitä, että ratkaisu vastaa täydellisesti painoarvotaulukoon kirjattua vaatimusta. Jos

ratkaisu ei vastaa painoarvotaulukossa kuvattua kriteeriä, niin ratkaisulle asetetaan arvoksi nolla. (Jokinen 2010, 78.) Taulukossa 10 on esitetty hyvin karkea esimerkki painoarvotaulukon hyödyntämisestä vetopöytäkytkimelle suunniteltavan kiinnityslevyn valinnassa. Valinta kohdistui lopulta ratkaisuehdotukseen 1.

TAULUKKO 10. Painoarvotaulukko

Arvostelukriteerio	Painoarvo	Ratkaisu 1			Ratkaisu 2		
		Ominaisuus	Pisteet	Painotetut pisteet	Ominaisuus	Pisteet	Painotetut pisteet
							
Valmistettavuus	0.25	helppo	3	0.75	vaikea	1	0.25
Valmistushinta	0.25	edullinen	3	0.75	kallis	1	0.25
Kuormitettavuus	0.45	hyvä	3	1.35	hyvä	3	1.35
Ulkonäkö	0.05	hyvä	3	0.15	hyvä	3	0.15
Yhteensä	1.0	3			2		

### Vetopöytäkytkimen valinta

E-sääntö nro 55 ohjaa vetolaitteiden mitoitus- ja laskentaperusteita. Vetopöytäkytkimen suurin sallittu kuormitus sekä  $D$ -arvo määrittävät sovellukseen sopivan vetopöytäkytkimen ja kiinnityslevyn valintaa.  $D$ -arvo C-luokan vetopöytäkytkimille, H-luokan vetopöytäkytkimen tapeille ja J-luokan kiinnityslevyille saadaan laskettua seuraavasta kaavasta:

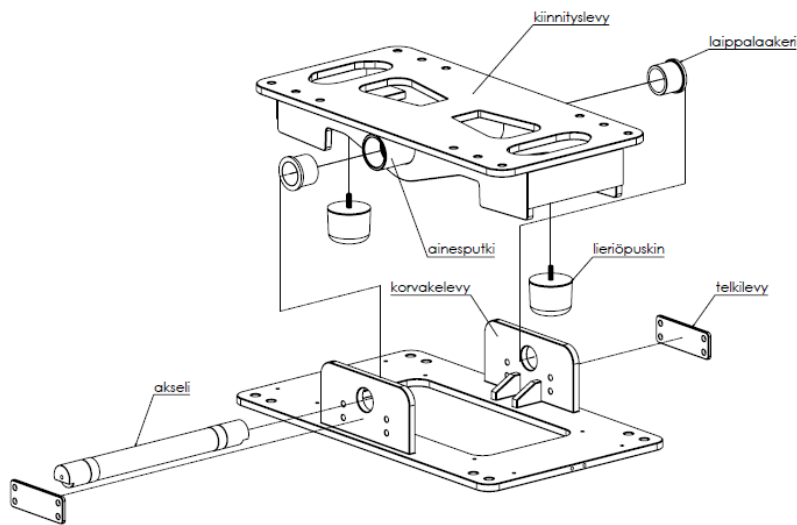
$$D_{arvo} = g \cdot \frac{0,6 \cdot T \cdot R}{T + R - U}, \quad (6)$$

jossa

$D_{arvo}$	vetoajoneuvon ja perävaunun välisen vaakasuuntaisen voiman teoreettinen viitevoima, kN
$g$	putoamiskiihtyvyyys, $m/s^2$
$R$	puoliperävaunun suurin teknisesti sallittu massa, t
$T$	vetoajoneuvon suurin teknisesti sallittu massa $U$ mukaan luettuna, t
$U$	vetopöytäkytkimen hyötykuorma, t

## Nivelrakenteen suunnittelu

Yhtenä vaatimuksena vetopöydän trukkilisälaitteelle asetettiin nivelletyn rakenteen suunnittelu. Vetopöydässä itsessään on oma nivellys, joka mahdollistaa vetopöydän mukautumisen liikkeeseen pystysuunnassa etu- ja takakallistuksen ansiosta. Liikkeeseen mukautuminen mahdollistaa ja parantaa ohjattavuutta. Lisälaitteeseen suunnitellaan nivelletty rakenne, joka mahdollistaa aksiaalisen kallistuksen oikealle ja vasemmalle. Lisälaitteen nivelrakennetta on havainnollistettu kuvassa 13.



KUVA 13. Vetopöydän trukkilisälaitteen nivelrakenne

Laakerit ovat kahden elementin välisiä osia, joiden tarkoitus on mahdollistaa ja ohjata elementtien liikettä toisiinsa nähden vähentämällä merkittävästi pintojen välistä kitkaa. Lisälaitteen nivelletty rakenne muodostuu kahdesta punametallista liukulaakerista, akselistä, akselin pyörähdysliikkeen estävistä telkilevyistä, korvakelevyistä sekä vetopöytäkytkimen kiinnityslevyyn hitsaamalla kiinnitettävästä ainesputkesta ja siihen koneistettavista laakeripesistä.

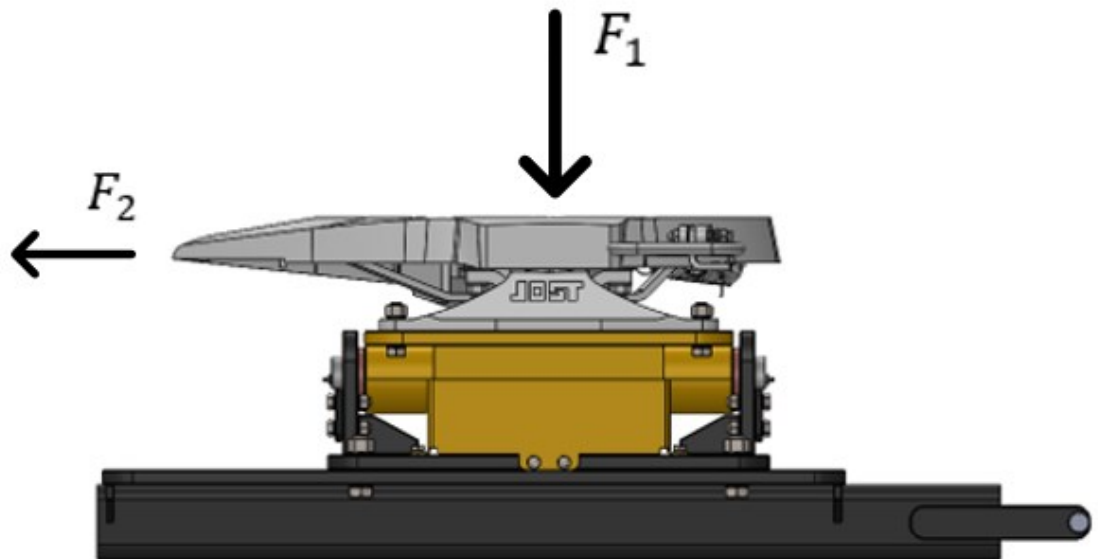
Metalliset liukulaakerit ovat rakenteeltaan vahvoja ja kestävät tyypillisesti suuria kuormia. Lisäksi punametallisen liukulaakerin etuna on korroosionkestävyys, hyvät kulutuskesto ja liukuominaisuudet. Punametalliset liukulaakerit ovat yleinen koneenrakennuksessa käytettävä komponentti sujuvan liikkeen aikaan saamiseksi ja sen takia suhteellisen edullinen ja huoltovarma vaihtoehto. (Paksuseinäimäiset liukulaakerit ja pronssimateriaalit n.d.)

Lisälaitteessa kumisen lieriöpuskimen tarkoituksena on vaimentaa teräs–teräs kontaktia, joka syntyy lisälaitteen päästessä kallistumaan akselinsa ympäri, kunnes kallistusliikkeen rajaavat levyt painautuvat toisiaan vasten. Sovellukseen valitun lieriöpuskimen sallittu painuma on 19 mm. Suunnittelussa vaimentimen maksimi painuma on rajattu 18 mm, jonka jälkeen teräsrakenne ottaa kuorman vastaan.

#### 4 LUJUUSTARKASTELU

Tarkempi analyysi vetopöydän trukkilisälaitteen lujuudesta ja kestävyydestä on erillisessä raportissa, mutta niitä ei esitetä tämän raportin yhteydessä vedoten liikesalaisuuteen. Lujuustarkastelu luvussa käydään läpi lisälaitteelle tehtyä lujuustarkastelua esimerkkien kautta.

Vetopöydän trukkilisälaitteen kuormitus koostuu harjakoneen vetopöydälle kohdistamasta kuormasta  $F_1$  sekä harjakoneen vedosta syntyvästä kuormasta  $F_2$ . Vedosta syntyvä kuorma on lisälaitteen päälle kohdistuvaa kuormaa huomattavasti vähäisempi kuormitus. Kuvassa 14 on havainnollistettu lisälaitteeseen kohdistuvat kuormitukset. SFS-EN 13155:2020 standardin mukaisesti lisälaitte mitoitetaan kestäämään kaksinkertaista staattista kuormitusta. Voiman  $F_1$  suunnassa lisälaitte mitoitetaan kestäämään 163 000 N kuormaa ja voiman  $F_2$  suunnassa 50 000 N kuormaa.



KUVA 14. Lisälaitteen kuormitukset

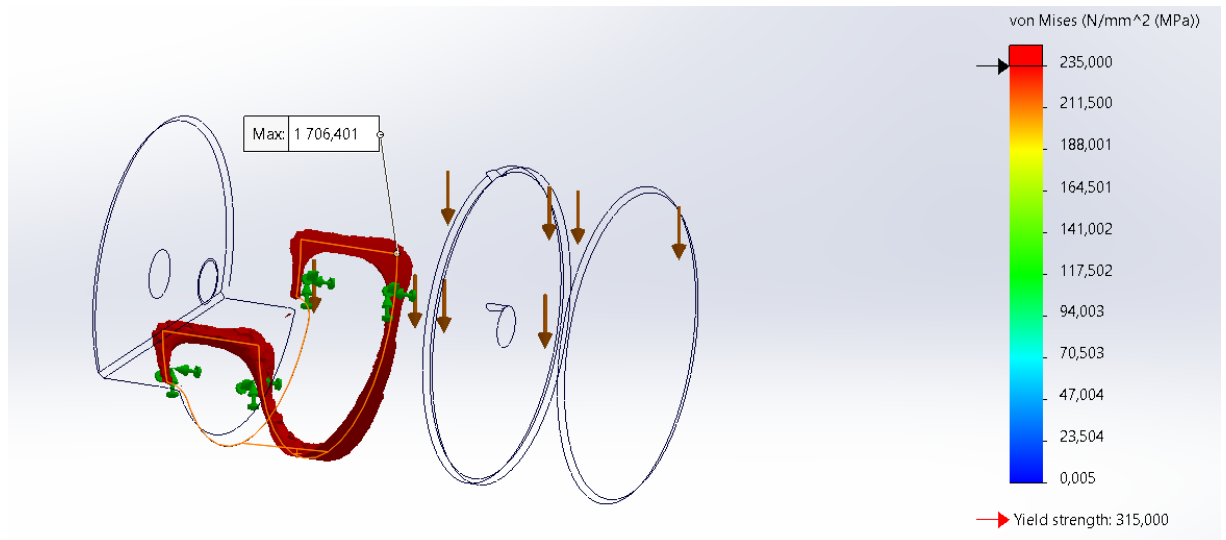
Taulukossa 11 on esitetty lisälaitteen suunnittelussa käytettyjä kuormaa kantavia materiaaleja.

TAULUKKO 11. Kuormaa kantavat materiaalit

Käyttökohde	Nimitys	Myötöraja (min)	Murtoraja (min)
Levyt & akseli	S355J2G3	355 MPa	510 MPa
Ainesputki	E470 EN-10294-1	430 MPa	600 MPa
Putkipalkki	S355J2H/420MH EN10219	345 MPa	510 MPa
Lukitustappi	42CrMo4	750 MPa	1000 MPa
Laippalaakeri	CuSn5Zn5Pb5-c	100 MPa	250 MPa
Lieriöpuskin	NR/SBR 55 ±5°ShA		4 MPa

## Akseli

Kuvassa 15 on esitetty ote akselin lujuustarkastelusta. Akselin materiaaliksi valitaan S355J2G3, jonka myötöraja on 355 MPa. Akseliä kuormitetaan molemmista päistä laippalaakerin alueelta. Akseli on tuettu korvakkeen alueelta molemmista päistä akseliä. Laskennassa elementtiverkon kokona käytetään 3 mm



KUVA 15. Akselin Von Mises -vertailujännitys SolidWorks Simulation -työkalulla

Akseli vaikutti FEM-laskennan perusteella riittävän hyvältä, mutta analyysistä saatu tulos ei antanut täyttä varmuutta akselin kestävydestä. Akselin leikkaus- ja pintapainekestävyys varmistettiin käsinlaskennalla.

## Leikkausjännitys

Akselin poikkipinta-ala saadaan laskettua kaavalla:

$$A_a = \frac{\pi}{4} \cdot D_a^2, \quad (7)$$

jossa  $D_a$  on akselin halkaisija

Leikkausjännitys  $\tau_a$  saadaan laskettua kaavalla:

$$\tau_a = \frac{F_a}{A_a}, \quad (8)$$

Akselille laskettu leikkausjännitys on 29 MPa. Käsineläskennan perusteella akseli kestää leikkausta. Valitun akselimateriaalin lujuus ja ainevahvuus ovat sovellukseen nähden riittävät.

### **Pintapaine**

Korvakkeen reiässä on vähemmän pinta-alaa kuin akselin päälle asettuvan laakerin sisäpinnassa. Lasketaan pintapaine korvakkeen mukaan. Pintajännityksessä puolet korvakkeen pinnasta ottaa puolikkaan akselin pinnan puristuksen vastaan.

Korvakkeen puristus-pinta-ala  $A_k$  saadaan kaavasta:

$$A_k = t_k \cdot 0,5 \cdot d_k \cdot \pi, \quad (9)$$

Jossa  $t_k$  on korvakkeen ainepaksuus ja  $d_k$  on korvakkeen reiän halkaisija.

Pintajännitys  $\sigma_a$  saadaan kaavasta

$$\sigma_a = \frac{F_a}{A_k}, \quad (10)$$

Akselille laskettu pintapaine on 43 MPa. Käsineläskennan perusteella akseli kestää sitä kuormittavan pintapaineen. Valitun akselimateriaalin kovuus ja ainevahvuus ovat sovellukseen nähden riittävät.

#### 4.1 Hitsaussaumojen lujuustarkastelu

Vetopöydän trukkilisälaitteen rakenteen vetokuormituskestävyyden kannalta merkittävät hitsaussaumot ovat korvakelevyjen ja pohjalevyn liitokset, sekä alustan lukitustapin korvakkeiden ja putkipalkkien liitokset. Ensimmäinen liitos kantattelee osaltaan vetopöytäkytkimen kiinnityslevyä ja jälkimmäinen hitsausliitos mahdollistaa lisälaitteen turvallisen lukitsemisen trukin haarukkaan. SFS-EN 1993-1-8 standardissa esitetään yksinkertaistettu laskentamenetelmä pienahitsien kestävyiden määrittämiseksi.

Pienahitsin tulee täyttää seuraava mitoitusehto.

$$F_{w.Ed} \leq F_{w.Rd}, \quad (11)$$

jossa  $F_{w.Ed}$  on hitsin pituusyksikköä kohti vaikuttavan voiman mitoitusarvo ja  $F_{w.Rd}$  on hitsin kestävyiden mitoitusarvo pituusyksikköä kohti.

$F_{w.Ed}$  saadaan laskettua seuraavalla kaavalla.

$$F_{w.Ed} = \frac{F_h}{l}, \quad (12)$$

jossa  $F_h$  on hitsaussaumaan vaikuttava voima ja  $l$  on hitsaussauman pituus.

$F_{w.Rd}$  saadaan laskettua seuraavalla kaavalla.

$$F_{w.Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot a, \quad (13)$$

jossa

$f_u$	materiaalin vetomurtolujuus [MPa]
$\beta_w$	pienahitsin korrelaatiokerroin
$\gamma_{M2}$	pienahitsin kestävyiden osavarmuuskerroin
$a$	pienahitsin a-mitta [mm]



Lämmöntuonnin kannalta hitsin tehollinen- a-mitta saadaan kaavasta.

$$a = \sqrt{\frac{t_h}{\text{mm}}} - 0,5 \text{ mm}, \quad (14)$$

jossa  $t_h$  on hitsausliitoksessa paksumman liitettävän materiaalin ainepaksuus.

## 4.2 Ruuviliitosten lujoustarkastelu

JOSTin ohjekirjassa on määritetty vähimmäisvaatimus JOSTin vetopöytäkytkimen ja kiinnityslevyn väliseen ruuviliitokseen. Vähimmäisvaatimus on käyttää 8 kpl 8.8 lujuusluokan M16 ruuveja. (JOST 2021, 13.) Lisälaitteessa käytetään 12 kpl 8.8 lujuusluokan M16 ruuveja. Seuraavaksi esitetään lisälaitteen ja alustan välisen ruuviliitoksen mitoitus tasalujuuteen vetopöytäkytkimen ja kiinnityslevyn välisen pulttiliitoksen kanssa.

### Mitoitus tasalujuuteen

Vetopöytäkytkimen ja kiinnityslevyn välisessä ruuviliitoksessa on 12 kpl M16 pultteja. Yhden M16 pultin jännityspoikkipinta-ala  $A_{s.M16} = 157 \text{ mm}^2$  (Ruuvien tekniset ominaisuudet 2021). Ruuviliitoksen yhteinen leikkausala saadaan, kun kerrotaan yhden pultin jännityspoikkipinta-ala ruuviliitoksen pulttien määrällä  $n_1$ .

$$A_{leik.ala} = n_1 \cdot A_{s.M16}, \quad (15)$$

Yhteinen leikkausala kaavalla (15)

$$A_{leik.ala} = 12 \cdot 157 \text{ mm}^2 = 1884 \text{ mm}^2,$$

Alustan ja lisälaitteen ruuviliitoksessa on suunniteltu käytettävän 8 kpl ruuveja. Tarkastellaan minkä kokoinen ruuvi riittää tasalujuuteen. Jaetaan vetopöytäkytkimen ja kiinnityslevyn välisen ruuviliitoksen yhteinen leikkausala alustan ja lisälaitteen pohjalevyn ruuviliitokseen suunnitellulla ruuvien määrällä, josta saadaan tasalujuuteen riittävän ruuvien poikkipinta-ala.

$$A_{mitoitus} = \frac{A_{leik.ala}}{n_2}, \quad (16)$$

Tasalujuuteen riittävän ruuvin poikkipinta-ala kaavalla (16)

$$A_{mitoitus} = \frac{A_{leik.ala}}{8} = 235,5 \text{ mm}^2,$$

Tasalujuuteen valittavan ruuvin tulee täyttää seuraava ehto.

$$A_{mitoitus} < A_{valinta},$$

Yhden M18 ruuvin jännityspoikkipinta-ala on  $193 \text{ mm}^2$  ja yhden M20 ruuvin jännityspoikkipinta-ala on  $245 \text{ mm}^2$  (Ruuvienvälikokous 2021). M20 ruuvi riittää tasalujuuteen.

## 5 TULOSTEN ARVIONTI

Vitera Oy:lle toimitetun vastapainotrukin kuormataulukon ja lisälaitteen lujuustarkastelu raportin tulosten pohjalta todetaan, että FD90J vastapainotrukin suorituskyky ei riitä turvallisuuden rajoissa täydellisen SB4505 konemallin vetämiseen. Riisutumpien mallien kohdalla pitää tehdä arviointi erikseen. SB5500 liikuttaminen onnistuu koekuormituksesta saatujen tulosten perusteella kootun kuormataulukon mukaan vetopöydän trukkilisälaitteen pituussäätöväälillä 500–750 mm kyseisellä trukkimallilla. Toisaalta trukki vaikutti sille suoritettujen koekuormitus testien aikana vakaalta, joten lisätestien tekeminen voi olla paikallaan.

Yritykselle toimitettuja tuloksia arvioidessa on hyvä huomata, että FEM-laskennan esitetyt Von Mises -vertailujännitys kuvat on esitetty väreillä ja että väriasteikon huippu on asetettu alle tarkastellun materiaalin todellisen myötörajan. Esimerkiksi opinnäytetyön tapauksessakin esitetty ote akselin FEM-laskennasta, akselin myötöraja asteikko on asetettu S235 lujuusluokan rakenneteräksen myötörajan tasolle, jotta jännitys erot näkyvät selkeämmin.

Tämä opinnäytetyö tai yritykselle esitettyjen muiden raporttien tulokset eivät poisulje tarvetta jatkotutkimukselle ja kuormituskokeille trukin ja lisälaitteen yhteisvaikutuksesta trukin stabiliteettiin. Lisäksi vetopöydän trukkilisälaitteen yhteensopivuus trukin kanssa on varmistettava trukin valmistajalta.

FEM-analyysillä että käsinlaskennalla tehdyn lujuustarkastelun perusteella vetopöydän trukkilisälaitte kestää kaksinkertaisesti SB4505 lumenraivauskoneesta vetopöydälle aiheutuvan kuorman. Yritykselle toimitettujen tulosten perusteella todetaan, että suunniteltua lisälaitetta voidaan rakenteen kestävyiden puolesta hyödyntää SB4505 ja SB5500 konemallien käsittelyssä. Yritykselle esitetyt tulokset pätevät vain käytettäessä lisälaitetta standardimuotoisella vetopöydällä, jonka päälle kohdistuva maksimikuorma 163 000 N, sekä vedosta aiheutuva maksimikuorma 50 000 N.

Vetopöydän trukkilisälaitteelle tehtävässä vuosittaisessa tarkastelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota hitsausseamoihin, rungon ja lukitustappien muodonmuutoksiin. Mikäli vaurioita löytyy, tulee lisälaitte tarkastaa laajemmin, ja ryhdyttävä tarvittaviin toimenpiteisiin, jotta voidaan varmistua lisälaitteen käytön turvallisuudesta.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyö onnistuu vastaamaan asetettuihin tavoitteisiin. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa yritykselle suunnitelma ja valmistuspiirustukset kuorma-auton vetopöydällä varustettavasta trukkiin liitettävästä lisälaitteesta. Opinnäytetyössä tehtiin riskinarviointi suunnitellun lisälaitteen vaaroista. Työn tuloksena myös selvisi, että trukkien lisälaitteiden suunnitteluun ei ole omia kohdennettuja standardeja. Trukin lisälaitteiden oman C-tyyppin standardin puuttuessa, vetopöydän trukkilisälaitteen suunnittelussa hyödynnettiin muun muassa ns. nosturistandardia (SFS-EN 13155:2020), jotta konedirektiivissä (2006/42/EY) esitettävien terveysterveys- ja turvallisuusvaatimusten täyttymisestä voitiin varmistua.

Yritykselle esitettyjen tulosten perusteella voidaan lisälaite todeta mekaaniselta kestävyydeltään riittäväksi odotettavissa olevassa normaalissa käytössä. On huomioitava, että ympäristön vaikutuksia, kuten korroosion ja lämpötilojen vaikutusta ei ole arvioitu. Lisäksi trukin valmistajalta on varmistettava lisälaitteen yhteensopivuus trukin kanssa. Yritykselle esitetyt tuotokset ei poissulje tarvetta lisälaitteen koekuormitukselle tai vuositarkastuksille. Opinnäytetyössä tutkittiin myös vastapainotrukin stabiliteetti ja trukille tehdyn koekuormituksen ja siitä muodostettujen kuormataulukoiden perusteella trukin suorituskyky ei riitä vetopöydälle suuremman kuorman tuottavan SB4504 mallisen harjakoneen vetämiseen.

Tulevaisuudessa selviää valmistettaanko lisälaite sellaisenaan tuotannon apuvälineeksi konepajalle vai jatkokehitetäänkö tuotetta ennen valmistuksesta tehtävää päätöstä.

Opinnäytetyöprosessi oli välillä haasteellinen, mutta mielenkiintoinen ja opettavainen kokemus. Suurimmat haasteet olivat ajanhallinnan kanssa. Tampereen ammattikorkeakoulun konetekniikan koulutusohjelman ja tuotekehityksen suuntautumispolun opiskelijana pääsin hyödyntämään ja syventämään tutkinnosta kerrytettyä osaamista opinnäytetyöprosessin aikana. Suunnittelutyön tekeminen ja koneturvallisuuteen perehtyminen on tuonut lisää itsevarmuutta mekaniikka-suunnittelua kohtaan.

## LÄHTEET

Cascade Corp. n.d. How to calculate the effect of an attachment on truck capacity. Verkkosivu. Viitattu 6.11.2023. <https://www.cascorp.com/americas/en/capacitycalcintro>

Conger Industries Inc. 2023. Forklift Load Centers – Everything You Need to Know. Verkkosivu. Viitattu 10.11.2023. <https://www.conger.com/forklift-load-center/>

Direktiivi 2006/42/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta (uudelleenlaadittu). Euroopan unionin virallinen lehti 9.6.2006. Viitattu 18.5.2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0042>

E-sääntö nro 55. 2010. Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) sääntö nro 55 – Ajoneuvoyhdistelmien mekaanisten kytkinosien hyväksyntää koskevat yhdenmukaiset vaatimukset. Euroopan unionin virallinen lehti 28.8.2010. Viitattu 6.11.2023. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:42010X0828\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:42010X0828(01))

Eusebio, D. 2022. Forklift Capacity: Definition and How to Calculate It. BigRentz Inc. Verkkosivu. Viitattu 6.11.2023. <https://www.bigrentz.com/blog/forklift-capacity>

Jokinen, T. 2010. Tuotekehitys. Aalto-yliopisto. Pdf-dokumentti. Viitattu 12.11.2023. <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>

JOST. 2021. JSK 36 & JSK 37 installation and operating instructions. Pdf-dokumentti. Viitattu 12.11.2023. [https://www.jostinformationcentre.com/static/upload/pdf/truck/JSK\\_36\\_37\\_MUB002004M01\\_\(REV-E\)\\_JSK36-37\\_03-2021\\_EN\\_red.pdf](https://www.jostinformationcentre.com/static/upload/pdf/truck/JSK_36_37_MUB002004M01_(REV-E)_JSK36-37_03-2021_EN_red.pdf)

Koneen valmistajan velvollisuudet. n.d. Tukes. Verkkosivu. Viitattu 20.4.2023. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet/koneen-valmistaja>

Kone- ja tuotantotekniikka, metallit. n.d. SFS. Verkkosivu. Viitattu 5.10.2023. <https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/aihealueet/kone-ja-tuotantotekniikka-metallit/#kone>

Koneturvallisuuden standardisointi. 2021. METSTA. Pdf-dokumentti. Viitattu 5.10.2023. <https://metsta.fi/wp-content/uploads/2021/10/Koneturvallisuuden-standardit-2021-10.pdf>

Koneturvallisuus. 2008. Työsuojeluhallinto. Pdf-dokumentti. Viitattu 13.4.2023. [https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/Koneturvallisuus\\_tso\\_16-2009.pdf/6ae406a0-29fc-45fa-a4a6-19e38af399cc](https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/Koneturvallisuus_tso_16-2009.pdf/6ae406a0-29fc-45fa-a4a6-19e38af399cc)

Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimuksenmukaisuudesta 1016/2004. Viitattu 9.5.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041016>

Muu koneita mahdollisesti koskeva EU-lainsäädäntö. n.d. Tukes. Verkkosivu. Viitattu 20.4.2023. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet/muu-oleellinen-eu-lainsaadanto>

OSHA. n.d. Powered Industrial Trucks (Forklift) eTool. U.S. Department of Labor. Verkkosivu. Viitattu 10.11.2023. <https://www.osha.gov/etools/powered-industrial-trucks/load-handling/load-composition>

Paksuseinämaiset liukulaakerit ja pronssimateriaalit. n.d. SKS Group. Verkkosivu. Viitattu 17.11.2023. <https://www.sks.fi/tuotteet/laakerointi/paksuseinamaiset-liukulaakerit-ja-pronssimateriaalit>

Patria Group. 2021. Patria Vammas Oy nousi alansa huipulle maailmassa. Viitattu 13.4.2023. <https://www.patriagroup.com/fi/media/patria-magazine/patria100/patria-vammas-oy-nousi-alansa-huipulle-maailmassa>

Ruuvien tekniset ominaisuudet. 2021. Etra. Pdf-dokumentti. Viitattu 18.11.2023. [https://www.etra.fi/media/mageworx/downloads/attachment/file/e/t/etra\\_ruuvien-tekniset-mitat\\_taulukot\\_2021\\_muokattu.pdf](https://www.etra.fi/media/mageworx/downloads/attachment/file/e/t/etra_ruuvien-tekniset-mitat_taulukot_2021_muokattu.pdf)

SFS-EN 1993-1-8. 2005. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1–8: Liitosten mitoitus. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 5.11.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/9359.html.stx>

SFS-EN ISO 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 5.11.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ISO/ID2/1/164706.html.stx>

SFS-EN 13155. 2020. Nosturit. Turvallisuus. Irrotettavat nostoapuvälineet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 5.11.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/959778.html.stx>

SFS-ISO/TR 14121-2. 2013. Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 5.11.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/ISO/ID2/1/204610.html.stx>

SFS-ISO 21262. 2020. Industrial trucks – Safety rules for applications, operation and maintenance. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 5.11.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/ISO/ID2/2/891784.html.stx>

Siirilä, T. 2008a. Koneturvallisuus EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. 2., uudistettu painos. Keuruu. Otavan Kirjapaino Oy. Viitattu 17.4.2023.

Siirilä, T. 2008b. Koneturvallisuus EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. 2., uudistettu painos. Keuruu. Otavan Kirjapaino Oy. Viitattu 17.4.2023.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2017. Käyttöasetus. Verkkosivu. Viitattu 27.5.2023. <https://stm.fi/hanke?tunnus=STM105:00/2017>

Standardisointi Suomessa ja maailmalla. n.d. SFS. Verkkosivu. Viitattu 12.10.2023. <https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/standardointi-suomessa-ja-maailmalla/#maailman>

Suomen Asiakastieto Oy. n.d. Vitera Oy – Taloustiedot. Verkkosivu. Viitattu 29.10.2023. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/vitera-oy/15713345/taloustiedot>

Toyota. n.d. Painopiste-etäisyyden ja lisälaitteen vaikutus vastapainotrukin todelliseen nostokykyyn. Ladattava opas. Viitattu 10.11.2023. <https://kampanja.toyota-forklifts.fi/trukin-nostokyky-esimerkkilaskelmat>

Tunnuslukujen laskentakaavat ja tulkinnat. n.d. Suomen Asiakastieto Oy. Verkkosivu. Viitattu 17.11.2023. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/tunnusluvut#lvp>

Työsuojeluhallinto. n.d. Koneet ja työvälineet. Verkkosivu. Viitattu 20.4.2023. <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/koneet-ja-tyovalineet>

Työturvallisuuslaki 738/2002. Viitattu 27.5.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. Viitattu 18.5.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>

Valtioneuvoston asetusta työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008. Viitattu 27.5.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080403>

Vitera Oy. n.d. Kotisivut. Viitattu 24.10.2023. <https://vitera.fi/>

Vitera Oy Vammas. n.d. Kotisivut. Viitattu 13.4.2023. <https://vmmas.com/vmmas/>



# LIITTEET

## Liite 1. Riskin suuruuden arvioinnin työkalu (SFS-ISO/TR 14121-2, muokattu)

### Riskin suuruuden arviointi

Tuote:	
Laajuus:	
Päivämäärä:	
Merenimi:	Risikografi
Documenti:	
Versio:	

Dieläjä/ Yhtenäistetty standardi	Vite no.	Vaaratilanteet				Alkuperäinen riskin arviointi				Riskin arviointi riskin pienentämisen jälkeen						
		Vaaran tyyppi	Vaaran lähde	Vaara	Vaaran tilanteet/ tapahtuma	Suoritus	Risikografi Vaikavuus (S1/S2)	Alttuus (F1/F2)	Esiintymis- todennäköisyys (D1/D2/D3)	Välittömien mahdollisuus (A1/A2)	Riskilukku (1...6)	Risikografi riskin pienentämisen jälkeen Vaikavuus (S1/S2)	Alttuus (F1/F2)	Esiintymis- todennäköisyys (D1/D2/D3)	Välittömien mahdollisuus (A1/A2)	Riskilukku (1...6)
2008/2157 (Liite I)	1	Yleisiä vaaroja	Vaaratilanteet materiaali	Tuotteen epäpuhtaus, puutteelliset materiaalit	Korkeintaan kalliit ja hienot materiaalit											
	2	Ohjainjärjestelmän vaarat	Ohjainjärjestelmän vaarat	Ohjainjärjestelmän vaarat	Ohjainjärjestelmän vaarat											
	3	Mekaaniset vaarat	Mekaaniset vaarat	Mekaaniset vaarat	Mekaaniset vaarat											
	4	Suojajärjestelmien vaarat	Suojajärjestelmien vaarat	Suojajärjestelmien vaarat	Suojajärjestelmien vaarat											
	5	Ilman väärät vaarat	Ilman väärät vaarat	Ilman väärät vaarat	Ilman väärät vaarat											
	6	Käyttöohjeiden vaarat	Käyttöohjeiden vaarat	Käyttöohjeiden vaarat	Käyttöohjeiden vaarat											

Välittömien riskien arviointi:

1	
2	
3	
4	
5	
6	