

# **Hydraulisyylinterin huoltopenkin suunnittelu**

LAB-ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus  
2025  
Petri Salo

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Petri Salo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 27	Valmistumisaika 2025
Työn nimi Hydraulisynterinin huoltopenkin suunnittelu		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), konetekniikka		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) Millog Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena on hydraulisynterinin huoltopenkin suunnittelu yrityksessä Millog Oy. Toimeksiantajan tavoite oli kehittää turvallinen ja ergonominen huoltopenkki, joka vastaa toimeksiantajan tarpeita ja parantaa hydraulisynterineiden huoltamisen tehokkuutta ja turvallisuutta.</p> <p>Aluksi tutkittiin hydraulisynterinin rakenteita ja toimintaperiaatteita sekä analysoitiin nykyisiä huoltomenetelmiä ja niiden riskejä. Työn edetessä suunniteltiin ja mallinnettiin huoltopenkki käyttäen moderneja suunnittelu- ja simulointityökaluja, kuten SolidWorks ja Working Model 2D. Erytistä huomiota kiinnitettiin ergonomiaan, käyttäjäturvallisuuteen ja modulaarisuuteen, jotta laite olisi helppo sovittaa erilaisiin työolosuhteisiin ja synterikokoihin.</p> <p>Huoltopenkin rakenteeksi valittiin neliöputkipalkki, joka mahdollistaa kustannustehokkaan ja tukevan rakenteen. Laitteen osat suunniteltiin niin, että ne voidaan valmistaa ja vaihtaa helposti. Riskien arviointi ja minimointi olivat keskeisiä tekijöitä suunnittelu-prosessissa, ja huoltopenkille tehtiin perusteellinen riskienarviointi vaaratilanteiden tunnistamiseksi ja ehkäisemiseksi.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntynyt huoltopenkki parantaa työolosuhteita ja vähentää työtaturmien riskiä. Yhteistyö mekaniikka-asentajien kanssa sekä nykyaikaisten suunnittelu- ja simulointiohjelmistojen käyttö mahdollistivat tarkan analyysin ja realistisen mallinnuksen, mikä paransi lopputuotteen laatua ja turvallisuutta.</p>		
Asiasanat huoltopenkki, hydraulisynterini, turvallisuusanalyysi		

## Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Petri Salo	Thesis, UAS	2025
	Number of Pages	
27		
Title of Publication		
Engineering a Hydraulic Cylinder Maintenance Workbench		
Degree, Field of Study		
Engineer (UAS), Mechanical Engineering		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party)		
Millog Oy		
Abstract		
<p>The aim of this thesis is to design a service bench for hydraulic cylinders at Millog Oy. The client's objective was to develop a safe and ergonomic service bench that meets their needs while improving the efficiency and safety of hydraulic cylinder maintenance.</p> <p>First, the structures and operating principles of hydraulic cylinders were studied, and the current maintenance methods along with their associated risks were analyzed. As the work progressed, a maintenance bench was designed and modeled using modern design and simulation tools, such as SolidWorks and Working Model 2D. Particular attention was paid to ergonomics, user safety, and modularity to enable easy adaptation to different working conditions and cylinder sizes.</p> <p>A square tubular beam was chosen for the service bench structure, ensuring a cost-effective and sturdy design. The components of the equipment were designed to be easily manufactured and replaced. Risk assessment and minimization were key factors in the design process, and a thorough evaluation was conducted to identify and mitigate potential hazards.</p> <p>The resulting bench improves working conditions and reduces the risk of workplace accidents. Cooperation with mechanics and the use of modern design and simulation software enabled accurate analysis and realistic modeling, enhancing the quality and safety of the final product.</p>		
Keywords		
workbench, hydraulic cylinder, safety analysis		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Yritysesittely Millog Oy.....	2
3	Turvallisuus .....	3
3.1	Riskien arviointi .....	3
3.2	Työtehtävän riskien arviointi .....	4
3.3	Riskienarvio nykyisestä työmenetelmästä .....	5
4	Konedirektiivi ja CE-merkintä.....	6
4.1	Konedirektiivi ja sen soveltaminen.....	6
4.2	CE-merkintä ja sen merkitys konedirektiivin näkökulmasta.....	7
4.3	Direktiivin soveltaminen.....	8
5	Hydraulisyliinteri .....	9
5.1	Sylinterit .....	9
5.2	Sylinterien rakenteet.....	9
	Hitsatut sylinterit .....	10
6	Suunniteltavan laitteen valinta ja sen reunaehdot.....	14
7	Suunnitteluun käytetyt menetelmät.....	16
7.1	Erilaisten mallien hahmottelu.....	16
7.2	Laitteen suunnittelu ja mallintaminen.....	16
7.3	Ulosvetoliike .....	18
7.4	Sylinterin kannattimet .....	19
7.5	Laitteen kokoonpano .....	20
7.6	Working model 2D-simulointi ja tarkastelu .....	21
8	Suunnitellun laitteen riskienarviointi.....	26
9	Yhteenveto .....	27
	Lähteet.....	28

Liite 1. Riskienarviointi\_Hydraulisyliinterin huoltotyö

Liite 2. Riskienarviointi\_Hydraulisyliinterin huoltopukin käyttö

## 1 Johdanto

Hydraulisyylinterien huolto kuuluu mekaanisen kunnossapidon työtehtäviin. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää huoltopenkki, jonka avulla voidaan huoltaa hydraulisyylinteriä turvallisesti sekä tehokkaasti ja minimoida työskentelyn riskit. Hydraulisyylinterin huollon tarpeen ilmetessä on erityisen tärkeää, että sylinterin huolto voidaan toteuttaa asianmukaisesti.

Huoltopenkin suunnittelussa huomioidaan toimeksiantajan tarpeet, työmenetelmän riskinarvio, ergonomiset vaatimukset sekä sen käytettävyys ilman ulkoisia energianlähteitä. Hydraulisyylinterien oikea-aikainen huoltaminen on olennaista niiden käyttöiän pidentämiseksi ja toimintahäiriöiden ehkäisemiseksi. Sylinterien kunnossapito vaatii ammattitaitoa ja tarkkuutta, ja turvallisuuden merkitys korostuu erityisesti raskaiden ja monimutkaisten laitteiden käsittelyssä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää ratkaisu, joka täyttää kaikki tarvittavat ergonomia- ja turvallisuusvaatimukset.

Opinnäytetyössä käsitellään aluksi toimeksiantajan tarpeita ja huoltopenkin suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, kuten CE-merkintää ja konedirektiivin asettamia vaatimuksia. Lisäksi esitellään hydraulisyylinterien rakenteita ja toimintaperiaatteita, joita hyödyntäen suunniteltu huoltopenkki on tarkoitus toteuttaa. Suunnitteluprosessi sisältää huoltopenkin mallinnuksen ja testauksen, jossa hyödynnetään nykyaikaisia suunnittelu- ja simulointityökaluja, kuten SolidWorks ja Working Model 2D.

Suunnittelussa kiinnitetään huomiota laitteen ergonomiaan ja käyttäjäturvallisuuteen. Huoltopenkin suunnittelussa on pyritty hyödyntämään kaupallisesti saatavilla olevia materiaaleja ja komponentteja, jotta lopputulos olisi kustannustehokas ja käytännöllinen. Lisäksi laitteen suunnittelussa on huomioitu sen soveltuvuus erikokoisten hydraulisyylinterien huoltamiseen ja huoltopenkin helppo siirrettävyys.

## 2 Yritysesittely Millog Oy

Millog Oy on suomalainen elinkaari-logistiikan ja kunnossapidon asiantuntijayritys, joka tarjoaa kokonaisvaltaisia huolto- ja kunnossapitopalveluita erityisesti puolustus- ja turvallisuussektorille. Yritys perustettiin vuonna 2007, ja se toimii osana Patria-konsernia. Millogin pääkonttori sijaitsee Tampereella, ja sillä on laaja toimipisteverkosto eri puolilla Suomea.

Millogin ydinosamista ovat vaativien järjestelmien ja laitteiden elinkaaren hallinta ja kunnossapito, mukaan lukien ajoneuvot, asejärjestelmät, elektroniikka ja optiikka. Yrityksen asiakaskunta koostuu pääasiassa Puolustusvoimista, mutta se palvelee myös viranomaisia ja teollisuutta kunnossapitotarpeissa.

Konetekniikan näkökulmasta Millog toimii alalla, jossa mekaanisten järjestelmien pitkä käyttöikä, huollettavuus ja käytettävyyden varmistaminen ovat keskeisiä tavoitteita. Yrityksen palveluihin kuuluu muun muassa ajoneuvojen ja koneiden ennakoiva huolto, mekaanisten osien korjaus ja valmistus sekä tekninen dokumentointi ja kehitystyö.

Millog panostaa laatuun, turvallisuuteen ja jatkuvaan kehittämiseen. Sertifioidut laatujärjestelmät (mm. ISO 9001, ISO 14001 ja AQAP) tukevat toimintaa, jossa kriittisten laitteiden toimintavarmuus on ensiarvoisen tärkeää. Yritys tekee tiivistä yhteistyötä oppilaitosten kanssa ja tarjoaa mahdollisuuksia esimerkiksi harjoitteluun ja opinnäytetöihin.

### 3 Turvallisuus

#### 3.1 Riskien arviointi

Laitteen turvallisuuden varmistaminen perustuu riskien arviointiin ja niiden vähentämiseen. Ilman riskien arviointia laitteen turvallisuuden ennustaminen suunnittelun näkökulmasta on mahdotonta. Riskien arvioinnin tulokset mahdollistavat turvallisten suunnitteluperiaatteiden määrittämisen. Suunnittelijan tulee suorittaa seuraavat toimenpiteet laitteen turvallisuuden määrittämiseksi: laitteen raja-arvojen määrittäminen, vaaratilanteiden ja niihin liittyvien riskien tunnistaminen sekä riskin suuruuden arvioiminen. Lisäksi arvioidaan riskin merkitys ja tehdään päätös riskin vähentämisen tarpeesta. On myös tärkeää arvioida, voiko vaaran poistaa tai vähentää suojatoimenpiteiden avulla. Riskin arviointi toteutetaan kolmivaiheisella menetelmällä. (SFS-EN ISO 12100:2010, 14.)

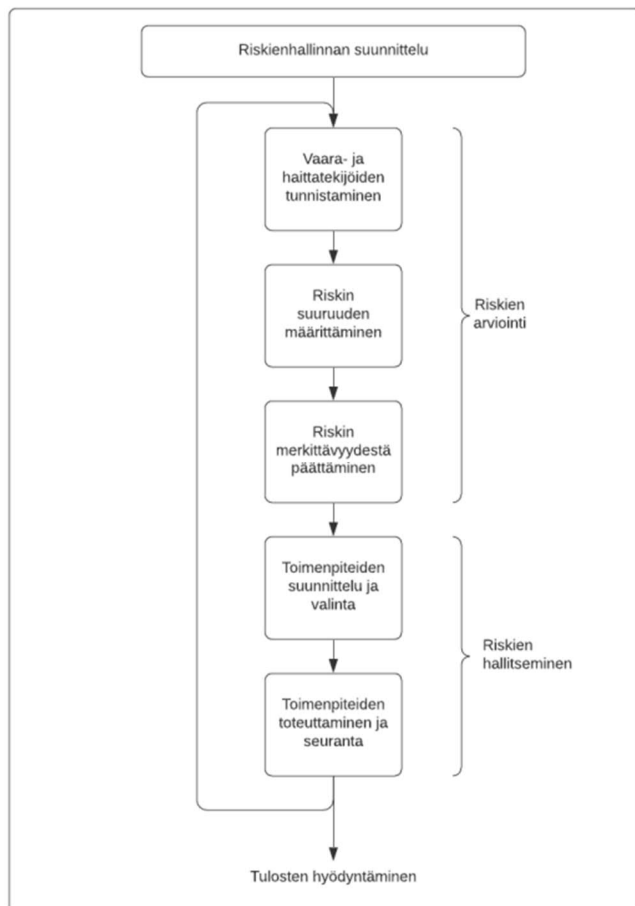
Suunnittelijan on ymmärrettävä riskit ja arvioitava niiden suuruus. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi taulukkona, johon listataan riskit ja annetaan arviot todennäköisyydestä ja riskin aiheuttamasta haitasta. Tämän jälkeen tehdään yleensä riskien merkityksen arviointi, jotta voidaan päättää, onko riskien vähentämiseksi tarvetta. Tarvittaessa riskejä voidaan vähentää lisäämällä sopivia suojatoimenpiteitä laitteeseen. On tarkastettava, lisäävätkö suojatoimenpiteet muita riskejä. Jos uusia riskejä ilmenee, ne on lisättävä taulukkoon. (SFS-EN ISO 12100:2010, 26.)

Riskien vähentämisen tavoitteena on parantaa laitteen turvallisuutta poistamalla vaarat tai vähentämällä riskin kahta osatekijää: todennäköisyyttä ja haittaa. Riskien vähentäminen voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa suunnittelija pyrkii poistamaan vaarat tai pienentämään riskejä laitteen rakenneominaisuuksien valinnalla ja vuorovaikutuksella. Toisessa vaiheessa huomioidaan laitteen ennakoitavissa oleva väärinkäyttö ja tarkoitettu käyttö sopivien suojausteknisten toimenpiteiden valitsemiseksi. Kolmannessa vaiheessa, jos riskejä vielä jää, ne on yksilöitävä laitteen käyttöä koskevissa tiedoissa. (SFS-EN ISO 12100:2010, 27.)

Käyttöohjeiden on oltava yhteensopivia laitteen käyttäjien tai altistuvien kykyjen kanssa. Turvallisten työmenetelmien kuvaus ja suositeltujen henkilönsuojaimien tiedot on myös sisällytettävä käyttöohjeisiin. (SFS-EN ISO 12100:2010, 27.)

### 3.2 Työtehtävän riskien arviointi

Työtehtävän riskienhallintaprosessi koostuu kahdesta päävaiheesta: riskien arvioinnista ja niiden hallitsemisesta, prosessi näkyy kuvassa 1.



Kuva 1. Riskien hallinta prosessi. (Sosiaali- ja terveysministeriö, Työ- ja tasa-arvo-osasto Työturvallisuuskeskus, 2023, 10.)

Riskien arvioinnissa tunnistetaan työssä esiintyvät vaarat ja arvioidaan niiden aiheuttamat riskit sekä päätetään riskien merkittävyydestä. Prosessin tuottamaa tietoa käytetään riskien hallitsemiseen, joka sisältää toimenpiteiden suunnittelun, valinnan, toteutuksen ja seurannan. Riskien arviointi on ennakoivan työsuojelun ydin, ja sen avulla voidaan tunnistaa sekä toteutuneita että toteutumattomia riskejä ajoissa. Onnistunut riskienhallinta edellyttää kompromisseja riskien pienentämisen ja kustannusten välillä sekä siedettävän riskin tason määrittämistä. Jotta riskien arviointi parantaa käytännössä työturvallisuutta, on tärkeää tunnistaa suurimmat kehittämistarpeet ja kohdistaa toimenpiteet suurimpien riskien hallintaan. Toimenpiteiden tulee olla konkreettisia, toteutettavissa ja vaikuttavuudeltaan merkittäviä. Jatkuvuutta varmistetaan seuraamalla toimenpiteiden vaikutuksia ja antamalla palautetta työntekijöille. Riskienhallinta on systemaattinen prosessi, jonka laatu ja vaiheet on tarkkaan

määritelty. Tavoitteena on tehdä perusteltuja valintoja työn turvallisuuden parantamiseksi. (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, Työ- ja tasa-arvo-osasto Työturvallisuuskeskus, 2023, 9.)

### 3.3 Riskienarvio nykyisestä työmenetelmästä

Nykyisestä työmenetelmästä tehdään riskienarviointi, joka mukailee Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön riskinhallintaprosessia. Lasse Heikkisen luoman riskienarviointityökalun S23. 2009 esitteli Mika Majuri (Insinööri (AMK), konetekniikka, Kemi. Kurssilla Kunnossapidon työsuunnittelu - K502K440OJ-3001.) jonka avulla vaaratekijät, niiden seuraukset ja tarvittavat toimenpiteet voitiin esittää selkeästi ja systemaattisesti (Liite 1). Riskienarvioinnin tulokset osoittavat, että hydraulisylinterin huoltopukin käytössä on useita merkittäviä vaaratekijöitä. Näitä ovat muun muassa riittämätön koulutus, nostoapuvälineiden käyttö, kompastumisvaarat, toistuvat liikkeet, työkalujen käyttö, suojavälineiden puute ja putoamisvaara huoltopukilta. Jokaiselle vaaratekijälle on määritetty vakavuus ja todennäköisyys, ja riskit on arvioitu sekä ennen että jälkeen tarvittavien toimenpiteiden toteuttamista.

Riskienarvioinnin perusteella todettiin, että uuden huoltopukin suunnittelu ja valmistaminen on tarpeellista riskien vähentämiseksi. Lisäksi henkilöstön koulutus oikeiden työskentelytapojen omaksumiseksi on tärkeää. Näiden toimenpiteiden avulla pyritään vähentämään vaaratilanteiden riskiä ja parantamaan työn turvallisuutta.

## 4 Konedirektiivi ja CE-merkintä

### 4.1 Konedirektiivi ja sen soveltaminen

Koneella tarkoitetaan toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa on, tai joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä, ja jossa ainakin yksi osa on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten. Tämä käsittää myös yhdistelmät, joista puuttuvat ainoastaan liittämiseen tai kytkemiseen tarvittavat komponentit, sekä yhdistelmät, jotka voivat toimia vasta asennuksen jälkeen liikennevälineeseen, rakennukseen tai rakennelmaan. Lisäksi määritelmä kattaa tällaisten koneiden ja puolivalmisteiden yhdistelmät, jotka on järjestetty toimimaan yhtenä kokonaisuutena tiettyä tarkoitusta varten, sekä yhdistelmät, jotka on kokoonpantu kuormien nostamista varten ja joiden ainoana voimanlähteenä on välitön ihmisvoima. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY, 2 artikla.)

Direktiivin soveltamisalaa määriteltäessä sen piiriin kuuluviksi katsotaan koneet, vaihdettavat laitteet, turvakomponentit, nostoapuvälineet, ketjut, köydet ja vyöt, nivelakselit sekä puolivalmisteet. Näiden tuoteryhmien osalta direktiivin vaatimukset määrittävät, miten niiden suunnittelu, valmistus ja käyttö tulee toteuttaa turvallisuus- ja laatustandardien mukaisesti. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY, 1 artikla.)

Direktiivin soveltamisalan ulkopuolelle jäävät erityiskäyttöön tarkoitetut tuotteet, kuten varaosaturvakomponentit, tivoleiden ja huvipuistojen erikoiskoneet, ydintekniseen käyttöön suunnitellut koneet, aseet sekä kulkuneuvot, kuten traktorit, moottoriajoneuvot, niiden perävaunut, kilpailukäyttöön tarkoitetut ajoneuvot ja lento-, vesi- ja rautatieliikenteen välineet. Lisäksi direktiivi ei koske tiettyjä sähkö- ja elektroniikkatuotteita, kuten kotitalouskoneita, audio- ja videolaitteita, tietotekniikkaa, toimistolaitteita, pienjännitteisiä kytkin- ja ohjauslaitteita, sähkömoottoreita eikä suurjännitelaitteita, kuten kytkinlaitteita ja muuntajia, jos ne kuuluvat muun sääntelyn piiriin. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY, 1 artikla.)

Näiden rajausten tarkoituksena on varmistaa, että direktiiviä sovelletaan vain niihin tuotteisiin ja laitteisiin, joiden osalta se on tarkoituksenmukainen ja tehokas väline turvallisuuden ja laadun varmistamiseksi. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY, 1 artikla.)

## 4.2 CE-merkintä ja sen merkitys konedirektiivin näkökulmasta

CE-merkintä on valmistajan tai valtuutetun edustajan antama vakuutus siitä, että tuote täyttää kaikki sitä koskevien Euroopan unionin direktiivien ja asetusten olennaiset vaatimukset. Tämä merkintä mahdollistaa tuotteen vapaan liikkuvuuden EU:n sisämarkkinoilla. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).)

Merkinnän kiinnittää itse valmistaja tai tämän valtuuttama edustaja. On tärkeää huomata, että CE-merkintää ei myönnä mikään viranomainen tai muu kolmas osapuoli. CE-merkintä on pakollinen muun muassa leluissa, koneissa, hisseissä, sähkölaitteissa, henkilönsuojaimissa, tietyissä rakennustuotteissa, kaasulaitteissa ja mittauslaitteissa. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).)

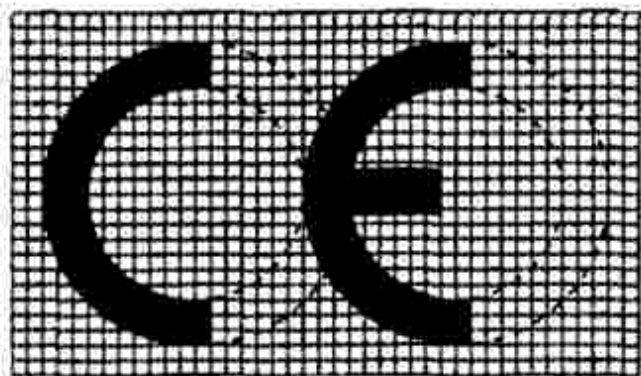
CE-merkintä voidaan kiinnittää vain niihin tuotteisiin, joita koskeva tuotelainsäädäntö edellyttää CE-merkintää. Mikäli CE-merkintää käytetään väärin, valvovat viranomaiset voivat puuttua asiaan. Jos tuotteessa ei ole lain edellyttämää CE-merkintää tai merkintä on vaatimusten vastainen, tuote voidaan määrätä poistettavaksi markkinoilta. CE-merkinnän väärinkäytöstä voidaan myös määrätä rangaistus, kuten laki CE-merkintärikkomuksesta 187/2010 säättää. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).)

CE-merkintä ei ole yleinen turvallisuusmerkki. Se ei takaa, että tuote olisi erityisen laadukas tai helppokäyttöinen, eikä se erottele tuotteiden paremmuutta. Joissakin tuotteissa CE-merkinnän lisäksi on oltava muita vaadittavia merkintöjä, jotka mainitaan tuotetta koskevissa vaatimuksissa. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).)

CE-merkinnän kiinnittäminen ei yleensä vaadi testaus- tai tarkastuslaitoksen käyttämistä. Eräissä tuoteryhmissä CE-merkinnän kiinnittäminen kuitenkin edellyttää, että tuotteen vaatimustenmukaisuuden on arvioinut ilmoitettu laitos. On huomioitava, että valmistajan tehtävä on huolehtia vaatimustenmukaisuudesta. Arviointi voi koskea esimerkiksi tuotetta ja sen ominaisuuksia, niiden tuotantoprosessia ja laadunvarmistusta. Vasta kun arviointi on tehty hyväksytysti, voi valmistaja laatia vaatimustenmukaisuusvakuutuksen tai joissain tuoteryhmissä suoritustasoilmoituksen ja kiinnittää tuotteeseen CE-merkinnän. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).)

Esimerkkejä tuotteista, joiden vaatimustenmukaisuuden arviointiin pitää sisältyä ilmoitetun laitoksen arvio, ovat kaasulla toimivat kotitalouslaitteet, eräät koneet kuten autonostimet ja moottorisahat, henkilönsuojaimet kuten ratsastus-, pyöräily- ja laskettelukupärät sekä hengityksensuojaimet, hissit, mittauslaitteet ja osa rakennustuotteista. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).)

CE-merkinnän osien on oltava selvästi saman korkuisia, kuitenkin vähintään 5 mm. Mikäli CE-merkintää suurennetaan tai pienennetään, tulee noudattaa kuvassa 2. esiteltyjä kirjoitustavan mittasuhteita. Vähimmäiskoosta voidaan poiketa pienten koneiden osalta. CE-merkintä on kiinnitettävä tuotteen valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan nimen välittömään läheisyyteen samaa tekniikkaa käyttäen. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY, liite 3.)



Kuva 2. CE-merkintä (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY)

#### 4.3 Direktiivin soveltaminen

Huoltopenkin suunnittelussa huomioidaan konedirektiivin Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY artikla 2., jonka mukaan koneeksi luokitellaan laitteet ja niiden kokoonpanot, joiden voimanlähteenä on jokin muu kuin ihmisvoima. Huoltopenkkiin kiinnitetyn hydraulikkasynterin purkamiseksi voi näin ollen käyttää vain mekaanista voimankertojaa kuten esimerkiksi vipu- tai taljamekanismi. Suunniteltava huoltopenkkiä ei luokitella koneeksi, joten sen suunnittelussa tai käyttöön saattamisessa ei tarvitse huomioida CE-merkinnän vaatimuksia.

## 5 Hydraulisylinteri

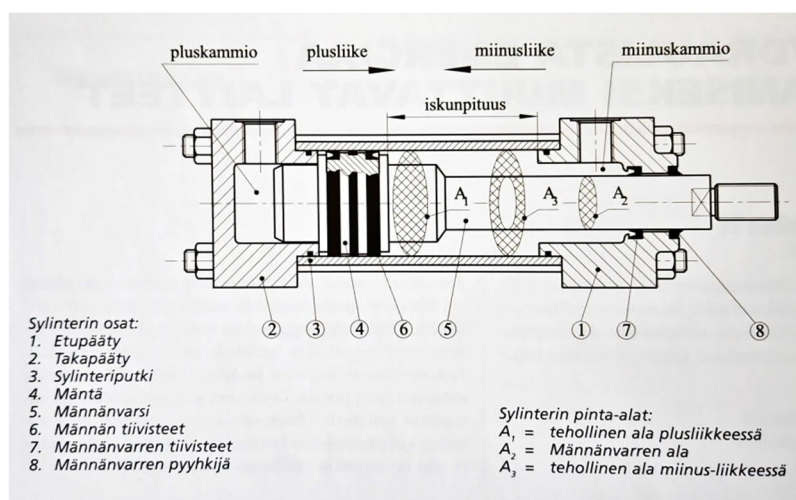
### 5.1 Sylinterit

Sylinterit muuttavat hydraulisen energian mekaaniseksi energiaksi. Sylinterien tuottama teho on mekaanista, edestakaista suoraviivaista liikettä. Toimintansa mukaan sylinterit voidaan jakaa kolmeen pääryhmään, jotka ovat: yksitoimiset sylinterit, kaksitoimiset sylinterit ja erikoissylinterit.

Yksitoimiset sylinterit toimivat hydraulisesti vain yhteen suuntaan. Toinen suunta, eli paluuliike tapahtuu ulkoisen kuorman tai jousen avulla. Kaksitoimisissa sylintereissä molemmat liikesuunnat tapahtuvat hydraulisesti, jolloin työliike voilla kaksisuuntainen. Erikoissylintereitä ovat esimerkiksi teleskooppisylinterit, joissa on useita toistensa sisään työnäyviä sylinteriputkia. Teleskooppisylinteri on yksitoiminen, joten se voitaisiin luokitella myös yksitoimisten sylinterin ryhmään. Erikoissylintereiksi voidaan luokitella myös differentiaalisylinterit, uppomäntäsylinterit sekä asentoantureilla varustetut sylinterit. Differentiaalisylinteri on eräs sovellus kaksitoimisesta sylinteristä, kun taas uppomäntäsylinteri on sovellus yksitoimisesta sylinteristä (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 255).

### 5.2 Sylinterien rakenteet

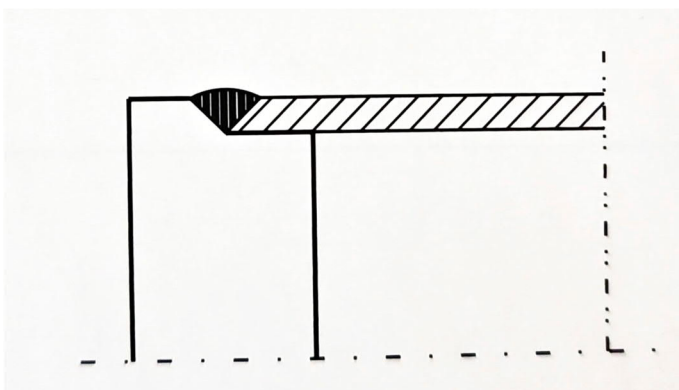
Kuvassa 3. esitetään sylinterin pääosat joita ovat sylinteriputki, etu- ja takapäätty, mäntä ja männänvarsi. Sylinterin sisällä on tiivisteitä, joiden tarkoitus on estää suuremman paineen puolelta vuotaminen pienemmän paineen puolelle. Sylinterirakenteiden määrittely perustuu siihen, miten päätty on kiinnitetty sylinteriputkeen. Tavallisimmat kiinnitystavat ovat hitsaus, vetotankojen käyttö tai kierrekiinnitys päätyn ja putken välillä. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 255).



Kuva 3. Sylinterin osat (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 256)

## Hitsatut sylinterit

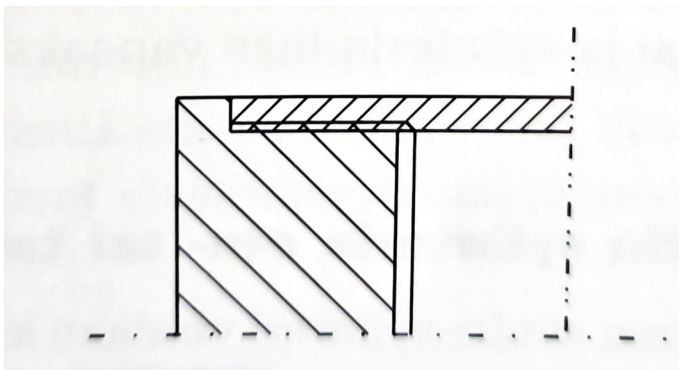
Hitsattujen rakenteiden etuna on niiden lyhyt kokonaispituus verrattuna iskun pituuteen. Täysin hitsatuissa rakenteissa tiivisteiden vaihtaminen on hyvin työlästä, mikä tekee sylinteristä kertakäyttöisen. Usein kuitenkin sylinterin päätyosa valmistetaan kierteelliseksi, jolloin sylinterin voi purkaa ja siten mahdollistaa tiivisteiden ja muiden osien vaihdon. Hitsatuissa sylintereissä päätyvaimennusta ei yleensä käytetä. Kuvan 4. täysin hitsatut rakenteet soveltuvat erityisesti suurten sarjojen tuotantoon, mikä mahdollistaa edullisen valmistusprosessin (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 256).



Kuva 4. Hitsattu sylinterin pääty (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 256)

## Kierre- ruuvikiinnitteiset sylinterit

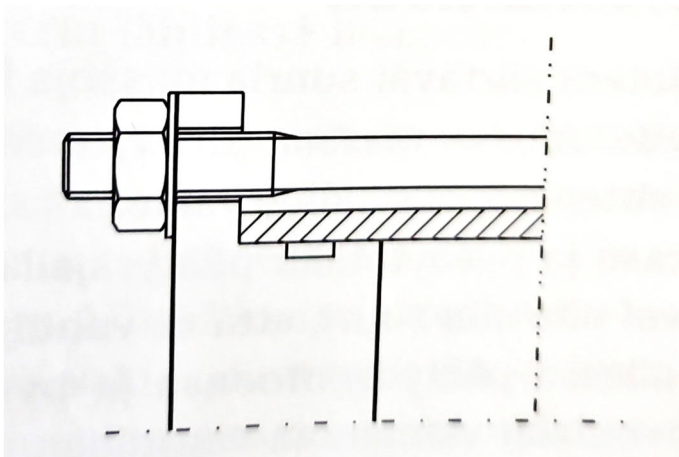
Kierrevalmisteisissa sylintereissä kierre tehdään kuvan 5. mukaisesti joko putken ulko- tai sisäpuolelle. Kokoonpanossa päätykappaleeseen tehdään vastaava kierre, ja se kierretään tiivisteineen kiinni sylinteriin. Kierteen tekeminen putkeen edellyttää putken seinämän paksuuden kasvattamista. Putken sisäpuolisessa kierteessä etuna on, että sylinterin ulkohalkaisija pysyy samana koko pituudeltaan. Lisäksi männänvarren parempi tuenta parantaa kierretyyppisen sylinterin kykyä kestää sivuttaisia voimia. Ruuvikiinnitteiset sylinteripäädät ovat rakenteellisesti kestävimpiä ja kestävät suuria rasituksia. Tällainen rakenne vaatii putken seinämän paksuutta, jotta siihen voidaan tehdä kierteet päädyn kiinnittämiseksi. Joissakin sylintereissä putken päälle lisätään holkki, jotta putken seinämä saadaan vahvemmaksi (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 257).



Kuva 5. Kierrekiinnitteinen sylinterin pääty (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 257)

### Sidepulttikiinnitteiset sylinterit

Sylinterien valmistaminen sidepulttien avulla on yleisin kokoonpanotapa teollisuudessa. Kuvan 6. mukaisessa menetelmässä käytetään vetotankoja, jotka vedetään sylinterin päätäkappaleiden läpi. Rakenteeltaan sylinteri on yksinkertainen ja mahdollistaa nopean valmistuksen, kun käytetään vakiokomponentteja. Sidepulttien jouston vuoksi on suositeltavaa, ettei tätä valmistustapaa käytetä suurissa iskunpituuksissa (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 257).

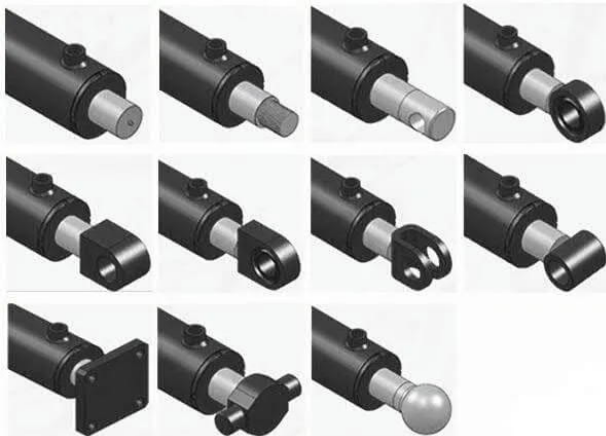


Kuva 6. Sidepulttikiinnitteinen sylinteri (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 257)

### Sylinterin päiden kiinnikkeet.

Hydraulisyylinterien päätykiinnikkeet ovat keskeisiä komponentteja, jotka mahdollistavat hydraulisyylinterien asianmukaisen kiinnittämisen ja liittämisen muihin rakenteisiin. Kuvassa

7. listattuja kiinnikkeitä on useita erilaisia, ja niiden valinta riippuu käyttökohteen vaatimuksista sekä hydraulisynterinin toiminnallisista tarpeista.



Kuva 7. Sylinterin erilaisia päätykiinnikkeitä. (JW Hydraulic 2022.)

Kiinnikkeiden valinnassa on tärkeää huomioida sylinterin liikkeen ja rakenteen vaatimukset, jotta saavutetaan optimaalinen suorituskyky ja luotettavuus. Hydraulisynterinin päätykiinnikkeet ovat olennainen osa teollisuuden hydraulikkajärjestelmiä, ja niiden oikea valinta on ratkaiseva järjestelmän toimivuuden kannalta.

Silmäkiinnike on yksi yleisimmistä hydraulisynterinin päätykiinnikkeistä. Se koostuu silmukasta, joka kiinnitetään sylinterin päähän, ja mahdollistaa sylinterin liikkumisen vapaasti yhdellä akselilla. (JW Hydraulic 2022.)

Laippakiinnike on litteä levy, joka kiinnitetään sylinterin päähän ja ruuvataan kiinni rakenteeseen. Se tarjoaa vakaan kiinnityksen ja soveltuu erityisesti raskaisiin sovelluksiin, joissa tarvitaan suurta voimankestoa. (JW Hydraulic 2022.)

Nivellaakeri mahdollistaa sylinterin liikkumisen useilla akseleilla. Nivellaakeri on hyödyllinen sovelluksissa, joissa sylinterin on mukauduttava erilaisiin liikkeisiin ja kulmiin. (HI-Hydraulics, 2019)

Puslakiinnike koostuu sylinterin päähän kiinnitetystä puslasta, joka mahdollistaa sylinterin liikkumisen edestakaisin sivuttaissuunnassa. Tämä kiinnike sopii sovelluksiin, joissa tarvitaan lineaarista liikettä ilman suurta joustavuutta. (JW Hydraulic 2022.)

Tappikiinnike puolestaan muodostuu sylinterin päähän kiinnitetystä tapista, joka yhdistetään rakenteeseen. Tämä kiinnike tarjoaa tukevan ja tarkan kiinnityksen, ja sitä käytetään usein sovelluksissa, joissa tarvitaan suurta voimaa ja tarkkuutta. (JW Hydraulic 2022.)

## 6 Suunniteltavan laitteen valinta ja sen reunaehdot

Laitteen suunnittelun pohjalle pidettiin palaveri, johon osallistui neljä mekaniikka-asentajaa. Palaverin tarkoituksena oli kartoittaa, mihin huoltotoimintaan henkilöstö toivoisi tämän opinnäytetyön tuottavan toimivamman ratkaisun.

Palaverissa henkilöt esittivät useita vaihtoehtoja, esimerkiksi erään puomistojen huoltopukin muutosten suunnittelu, käytettyjen hydraulikkaletkujen hallinnan parantaminen, huollettavien ruuvikompressoreiden huoltoapuvälineitä sekä hydraulikkasyylintereiden huoltopenkin suunnittelun

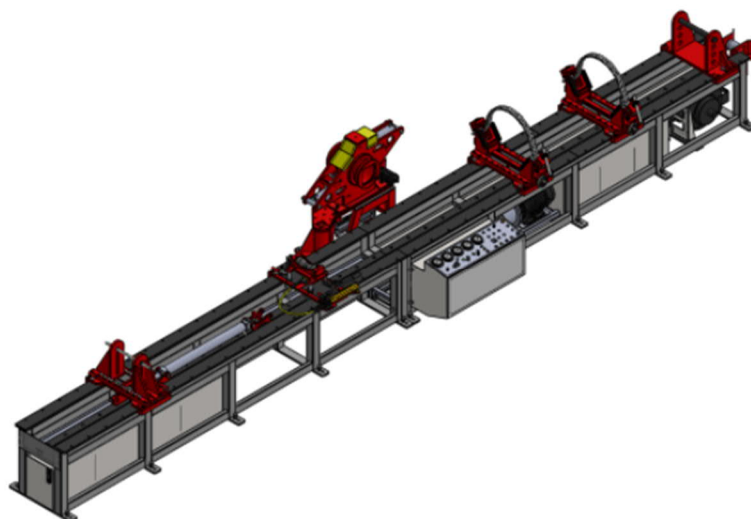
Kutakin ehdotusta käsiteltiin arvioiden sen hyödyllisyyttä ja kriittisyyttä. Puomistojen huoltopukki vaatii kattavan modernisoinnin, jonka vuoksi se ei soveltunut opinnäytetyön aiheeksi. Käytettyjen hydraulikkaletkujen hallinta on toteutettavissa ilman että siitä tehdään mekaanista suunnittelua. Ruuvikompressoreiden huolto on vähenemässä asiakkaan takia, minkä vuoksi huoltojen kehittäminen ei ole kannattavaa.

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui hydraulikkasyylintereiden huoltoon soveltuvan huoltopukin suunnittelu. Sylinterihuollosta tehtiin riskinarvio Sosiaali- ja terveysministeriön riskienhallinta prosessin mukaisesti. Riskinarvioinnissa huomattiin, että nykyinen huoltomenetelmä on riskialtis huonon työergonomian ja äkkinäisten liikkeiden vuoksi. Laitteen suunnitteluun asetettiin reunaehdoiksi, että sillä voi huoltaa erikokoisia hydraulikkasyylintereitä turvallisesti ja että laitteen voi varastoida, kun sille ei ole käyttöä.

Mekaniikkakorjaamolla huolletaan hydraulisyylintereitä. Sylinterien kiinnityksessä käytetään huoltopukin tasoa ja kuormansidontaliinoja, mutta sylinteriä ei saada kiinnitettyä suoraan eikä varmasti, jolloin se ei pysy paikoillaan päätyosaa avattaessa tai kiristettäessä. Huollossa sylinteri puretaan osa kerrallaan, alkaen varrenpuoleisen päädyn irrottamisella ja edeten sylinterivarren ja männän ulosvetämiseen. Usein varrenpuoleinen pääty on tehty niin, että hydraulisyylinterin putkessa on sisäpuolella kierre, joka vastaa sylinterinpäädyn kierteeseen. Sylinterien päädyt ovat hankalia avata, mikäli sylinteriä ei saa kunnolla kiinnitettyä huoltotasolle. Työtason mitoitus aiheuttaa kurkottelua etäälle, mikä vaikuttaa negatiivisesti ergonomiaan. Henkilöstö on usein keskustellut hydraulisyylinterien huollon kehittämisestä. Tarkkonen (2022, 220) mainitsee kirjassaan, että työvälineiden kehittämisellä on suoria ja välillisiä yhteyksiä työturvallisuuteen, työhyvinvointiin ja työssä jaksamiseen. Tarkkosen (2022, 182) mukaan työvälineet ovat osa työn ajallista kestoa, osaamisen ja työnjaon ohella.

Ergonomiaan liittyvien toimenpiteiden ja investointien kustannukset voidaan usein määrittää tarkasti, kuten muidenkin työterveys- ja työturvallisuustoimenpiteiden osalta. Sen sijaan niiden tuottamat hyödyt jäävät usein arvioinnin varaan, erityisesti kun pyritään ennustamaan laajalle organisaatioon leviäviä vaikutuksia. Ergonomian kustannus- ja hyötyvaikutusten arviointi on merkittävä haaste, sillä taloudellisten laskelmien avulla on usein ainoa keino vakuuttaa päättäjät toimenpiteiden, kuten investointien tarpeellisuudesta. Keskusteltaessa taloudellisista vaikutuksista unohtuu helposti inhimillinen näkökulma: yksilölle koituvat vaivat, sairastuminen ja työkyvyn menettäminen ovat asioita, joita ei rahallisesti voi korvata. Yksilön kokemuksilla on nykyään yhä enemmän taloudellista merkitystä, sillä kokemukset vaikuttavat työmotivaatioon, tuloon, yrityskuvaan ja yrityksen menestykseen markkinoilla. (Launis & Lehtelä 2011, 335.)

Sylinterihuoltoa varten on kehitetty erilaisia kaupallisia laitteita, kuvassa 8. Brand TS valmistama laite. Valtaosa laitteista on suuria, koneellisesti toimivia ja ne ovat suunniteltu yrityksille, joiden päätoimena on hydraulisylinterien korjaaminen. Työn tilaajan korjaamolla ei tehdä viikoittain sylinterihuoltoja, minkä vuoksi kalliin koneen hankkiminen ei ole kannattavaa. Investointien kannattavuutta voidaan laskea usealla tavalla. Yksi Pellisen (2019, 177) esittämistä menetelmistä on kustannus- vaikuttavuusanalyysi, jossa verrataan investointimenoa investoinnista saatavaan hyötyyn.



Kuva 8. Hydraulic cylinder bench (Brand TS)

## 7 Suunnitteluun käytetyt menetelmät

### 7.1 Erilaisten mallien hahmottelu

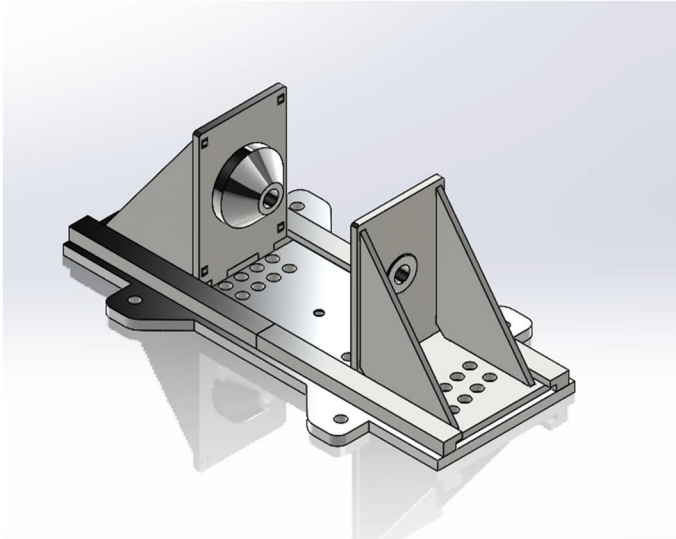
Suunnitteluun käytettiin SolidWorks 3D-suunnitteluohjelmistoa. SolidWorks on 3D-CAD -ohjelmisto, jonka avulla voidaan suunnitella ja mallintaa tarkkoja 3D-osia ja kokoonpanoja. Sen avulla voidaan luoda 2D-tekniisiä piirustuksia, suorittaa simuloitteja ja analyyskejä. SolidWorks tukee tiedostojen jakamista muiden CAD-ohjelmistojen kanssa, mikä helpottaa suunnittelutyötä. (PLM Group.)

Sylinteri huoltopenkin ensimmäisessä hahmotelmassa päärungoksi käytettiin HEA- leveälaippapalkkia. Leveää laippaosaa pystyttäisiin hyödyntämään hydraulisylinterin kiinnitysosien liittämässä palkkiin, palkin saatavuus on myös hyvä. Jotta palkista tehty runko olisi riittävän tukeva keinahtamisen varalta, se vaatisi jonkinlaisen rungon johon jalat kiinnittyisivät. Jalkojen kiinnitysrunkoa suunniteltaessa syntyi idea kokonaan putkipalkista valmistettavasta huoltopukin rungosta. Suunnittelun edetessä kävi ilmi, että laipan leveyden tulee olla >200 mm, tämä toi mukanaan haasteen laitteen käsiteltävyydessä, sillä HEA-200 leveälaippapalkki painaa 42.3 kg/m (BE-Group, 2024). Putkipalkista valmistettavassa rungossa olisi mahdollisuus myös helposti toteutettavalle modulaariselle rakenteelle

Suunniteltavan huoltopukin runkorakenteeksi valikoitui neliö putkipalkki, sen edullisuuden, painon ja työstettävyyden vuoksi. Runko muodostuu kolmesta osasta sekä säädettävistä tukijaloista. Huoltopukin päätyosat valmistetaan kokonaisuudessaan 60x60x3 neliöputkesta, keskiosan johdeosien materiaaliksi valikoitui 50x50x3 neliöputki sillä putken on mahdollista liukua päätyosissa käytettävien putkien sisällä (BE-Group, 2024).

### 7.2 Laitteen suunnittelu ja mallintaminen

Hydraulisylinterin huoltopenkin suunnittelu alkoi mallintamalla ensin huollettavien sylintereiden äärimitat. Ensimmäiseksi varsinaiseksi laitteen osaksi suunniteltiin sylinterin korvakkeiden kiinnitykset. Kiinnikkeiden perustana oli se, että niiden väliin voitaisiin kiinnittää putki ja nivellaakeri korvakkeita. Kuvassa 9. 3D-malli kiinteän puolen kiinnitysrakenteesta jonka tuli olla säädettävä, jotta se mahdollistaa painavien sylinteriputkien luotettavan kiinnittämisen.



Kuva 2. Kiinteän puolen kiinnitys

Kuvan 10. liikkuvan puolen kiinnitys rakenteet ovat kevyemmät, jotta liikutettavaa massaa olisi mahdollisimman vähän. Molempien puolien kiinnitysten suunnittelussa hyödynnettiin SolidWorks-ohjelmiston Tab and slot toimintoa, toiminnolla voidaan luoda itseohjautuvia liitoksia, jotka helpottavat levykokoonpanojen valmistamista.

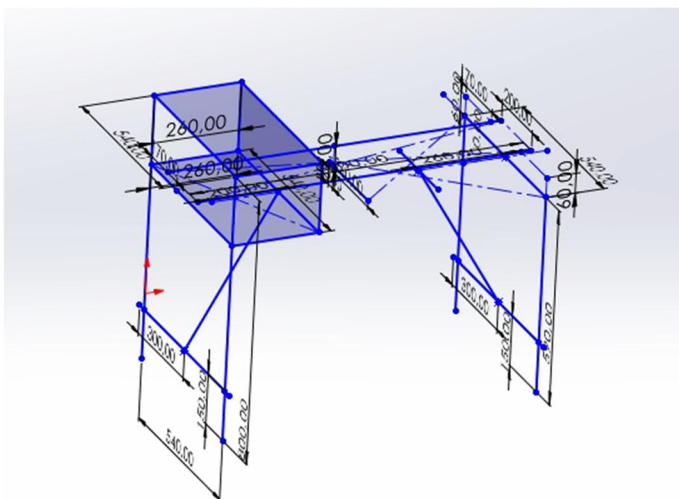


Kuva 10. Liikkuvan puolen kiinnitys

Kiinteän puolen kiinnityslevyt kulkevat johteiden välissä ja ne voidaan lukita sopivaan leveyteen mahdollisimman vakaan kiinnityksen aikaansaamiseksi. Sylintereiden

kiinnittämiseksi, kiinnityslevyihin asennetaan 45 asteen kartioksi koneistetut akselit, joiden läpi asennetaan kierretanko. Kartioakselit kiristetään puristamaan sylinterinkorvakkeita. Liikkuvan puolen kiinnitys suunniteltiin rakenteeltaan erilaiseksi kiinteän puolen kanssa. Pystyyn asennettuja levyjä ei voi säätää sylinterikorvakkeen leveyden mukaan, vaan säätö ja kiristys tapahtuu kartioakselien läpi asennettavalla kierretangolla.

Kuvassa 11. on rautalankamalli rungosta, joka suunniteltiin käyttäen Solid Works'in 3D-suunnittelutoimintoa. Rautalankamalli voidaan muuttaa teräsrakenteiksi ohjelmiston materiaalihierarkiaan tallennetuista vaihtoehdoista. Alusta saakka oli selvää, että rungon tulee koostua useammasta osasta, jotta laite olisi pituudeltaan säädettävissä. Laitteen ensimmäisessä versiossa rungon kaikki 3- osaa olivat saman pituisia, suunnittelun edetessä liikkuvan puolen rungon pituutta piti kasvattaa tarvittavan liikematkan saavuttamiseksi.



Kuva 3. Kiinteän rungon rautalankamalli

### 7.3 Ulosvetoliike

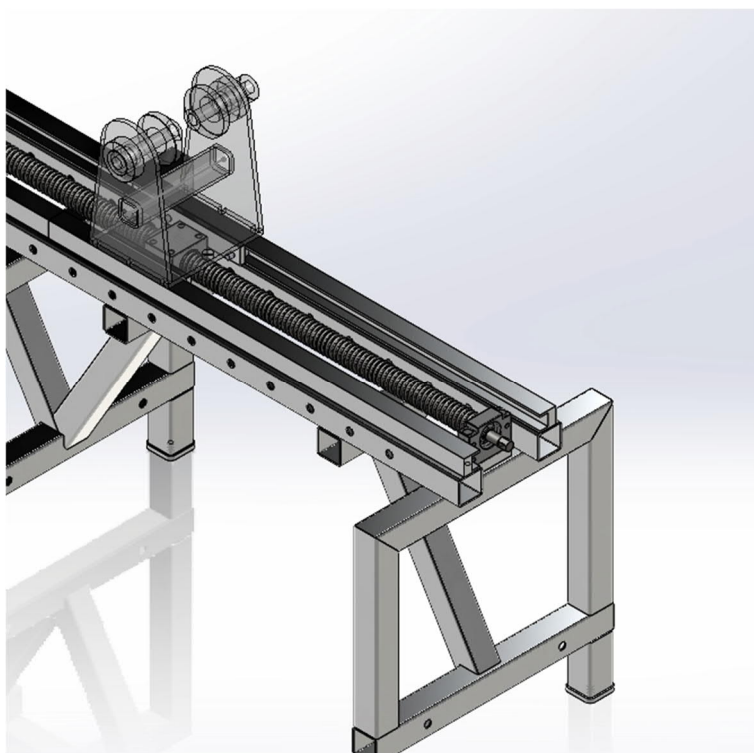
Liikkuvan puolen kelkan liike saadaan aikaan kuularuuvilla. Kuularuuvi on mekaaninen laite, joka muuntaa pyörivän liikkeen lineaarisesti liikkeeksi. Kuularuuvit ovat olennainen osa sovelluksia, jotka edellyttävät jäykkiä ja tarkkoja lineaariliikkeitä sekä suurta hyötysuhdetta ja intensiteettiä. Kuularuuveissa saavutetaan 1/10–1/1000 millimetrin tarkkuus, mikä määräytyy aksiaalisen välyksen tai esijännityksen valinnan mukaan, tarjoten näin korkean nousutarkkuuden ja jäykkyyden.

Kuularuuvin käytännön hyötysuhde, joka on 80–90 %, perustuu ruuvin ja kuulamutterin väliseen vierintäkitkaan. Kuularuuvi sallii suuren intensiteetin, sillä energian menetys hukkalämmön muodossa on 5–10 kertaa pienempi kuin trapetsikierreruuvissa. Tämän

ominaisuuden ansiosta kuularuuvit ovat tehokkaita ja kestäviä ratkaisuja erityisesti teollisissa sovelluksissa, joissa tarvitaan tarkkuutta ja luotettavuutta (Rollco, 2025).

Kuularuuvin kiinteä pää on laakeroitu HIWIN BK25-C5 laakeripukilla, joka on suunniteltu kestämään aksiaalista dynaamista kuormitusta 20.5 kN. Kuularuuvin käyttöpuolen pää on laakeroitu HIWIN BF25-C5 laakerilla, joka sallii aksiaalisen liikkumisen, tällöin ulosvetoliikkeen aiheuttamat voimat suuntautuvat kiinteän pään laakerointiin.

Kuularuuvin pyörivä liike muutetaan kuulamutterilla HIWIN R32-10K5-FSCDIN lineaarisiksi. Mutteri kiinnitetään ulosvetokelkkaan mutterin asennuskotelolla HIWIN MGD32. Kun ruuvia pyöritetään käyttöpuolen päästä sopivalla kiintoavaimella tai räikkävääntimellä, saadaan kelkkaa siirrettyä lineaarisesti johteillaan hallitulla nopeudella. Kelkka on laakeroituna nokkarullilla KRV30PP, liikkuvan puolen rungon päälle asennettujen johteiden välissä., johteet sallivat kelkan liikkumisen vain aksiaalisesti. Liikkuvan puolen rakenteet on esitetty kuvassa 12.



Kuva 4. Liikkuvan puolen rakenteita

#### 7.4 Sylinterin kannattimet

Hydraulisyylinterin putkea ja vartta on tuettava, kun sylinterivarsi vedetään ulos sylinteriputkesta. Kannattimet voidaan asettaa erikokoisten sylinteriosien mukaan, ja niiden korkeutta

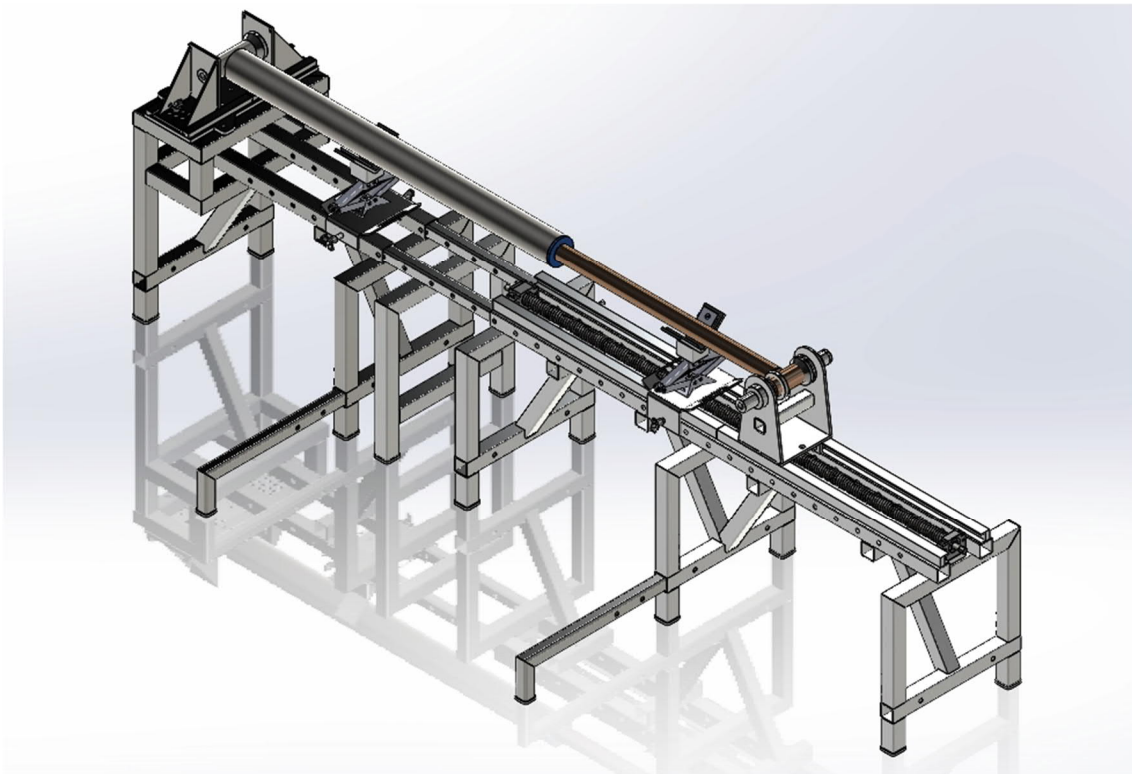
säädetään kaupallisella ruuvitoimisella saksitunkilla. Saksitunkki on mekaaninen laite, joka on alun perin tarkoitettu ajoneuvojen nostamiseen. Se koostuu kahdesta ristikkäisestä metallivarresta, jotka muodostavat saksimaisen rakenteen. Käytön aikana varret liikkuvat joko toisiaan kohti tai poispäin, mahdollistaen nostoliikkeen ja laskun. Saksitunkin päälle on suunniteltu erillinen kannatin, jonka pinnoille asennetaan muoviset kulutuspalat. Kulutuspalat suojaavat sylinterin osia naarmuuntumiselta. Sylinterin kannatin on esitetty kuvassa 13.



Kuva 5. Sylinterin kannatin

## 7.5 Laitteen kokoonpano

Laitteen kokoonpano on esitetty kuvassa 14, kuvassa näkyvä sylinteri mallinnettiin tukemaan suunnittelua eikä se liity varsinaisesti itse laitteeseen. Kokoonpano on suunniteltu siten, että valtaosa sen komponenteista voidaan valmistaa laserleikkausmenetelmin. Laitteessa on 14 komponenttia, jotka valmistetaan koneistamalla tavanomaisin menetelmin, kuten sorvaamalla ja jyrsimällä. Putkipalkeista koostuva runko kootaan hitsaamalla komponentit yhteen. Kaikki komponentit ovat huollettavissa ja vaihdettavissa vikaantumistilanteissa.



Kuva 6. Laitteen kokoonpano sekä sylinteri

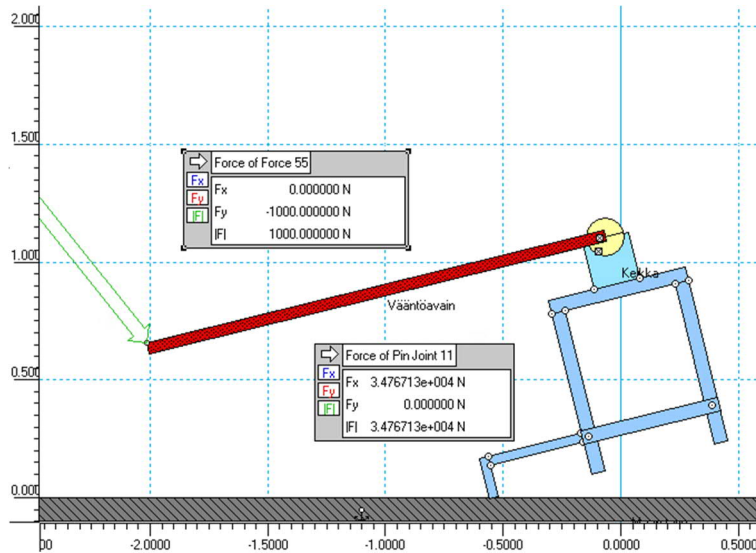
## 7.6 Working model 2D-simulointi ja tarkastelu

Working Model 2D on insinöörialan johtava simulointiohjelmisto, joka mahdollistaa tarkat ja realistiset 2D-kinemaattiset ja -dynaamiset analyysit. Ohjelmistossa on laaja työkalupaketti, jonka avulla voidaan mallintaa ja analysoida mekaanisten järjestelmien käyttäytymistä. Working Model 2D:n keskeiset edut ovat sen intuitiivinen käyttöliittymä, laaja valikoima mallinnustyökaluja sekä kyky integroida eri CAD-järjestelmien kanssa. (Design Simulation Technologies, Inc.)

Käytin Working Model 2D -ohjelmistoa määrittääkseni maksimivoiman, jolla käsikäyttöistä työkalua voidaan käyttää turvallisesti ilman, että hydraulisynterin huoltopukki kaatuu. Simuloimalla eri voimia ja vääntömomenteja ohjelmistossa, pystyin arvioimaan tarkasti turvallisen käyttörajan. Ohjelmiston reaaliaikaiset analyysit ja visualisoinnit auttoivat ymmärtämään laitteen käyttäytymistä eri kuormitusolosuhteissa. Prosessi mahdollisti ongelmakohtien tunnistamisen ja ratkaisemisen jo suunnitteluvaiheessa.

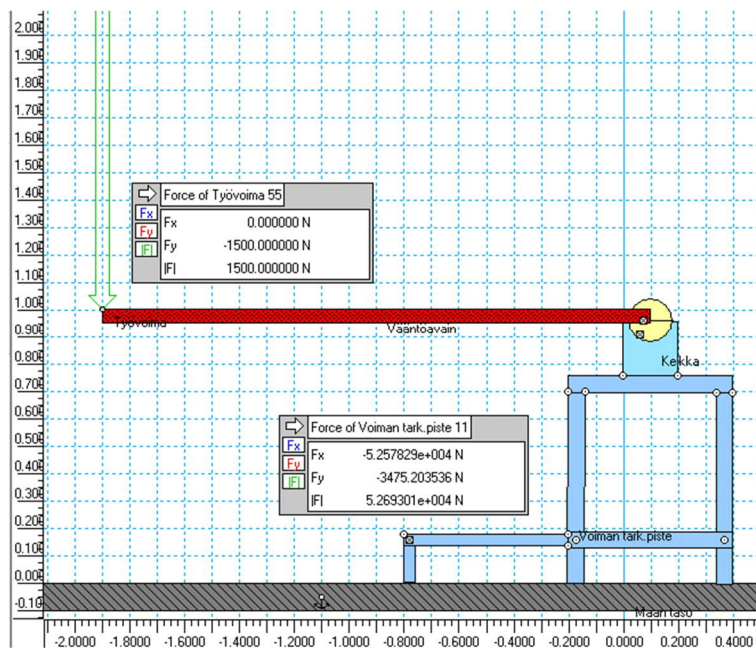
Tukijalan alkuperäinen pituus ennen kuvassa 15 esiintyvää tarkastelua oli 475 millimetriä. Working model tarkastelussa kävi ilmi, että jos sylinterin otsamutteria avataan käyttäen 2

metriä pitkää vartta, jota kuormitetaan 1kN voimalla alaspäin, on riski että huoltopukki kaa-  
tuu voiman seurauksesta.



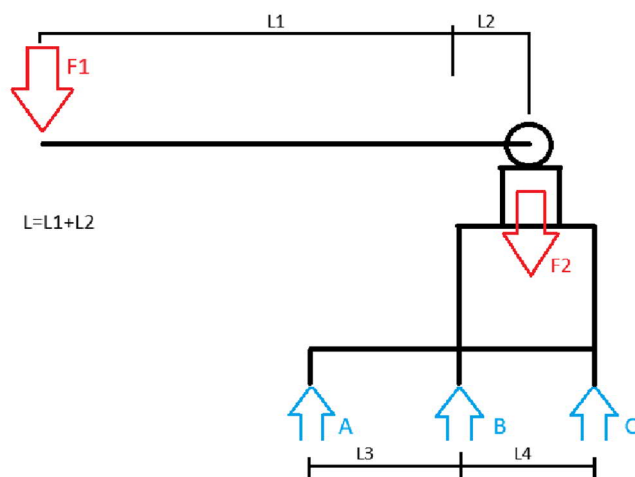
Kuva 7. Working model – 450 mm jalka

Kuvan 16 mukaisessa tarkastelussa kasvatin jalan tukevan osan pituutta 475 millimetristä  
600 millimetriin, jolloin huoltopukista tuli vakaa jopa 1.5 kN kuormituksella.



Kuva 8. Working model- 600 mm jalka.

Tukijalan pituuden voi määrittää myös statiikan keinoin, tarkastelemalla tasapainoehtoja. Paikallaan pysyvää jäykkää kappaletta kutsutaan pysyvässä lepotilassa olevaksi (Kärkkäinen & Mikkonen, 2006, s. 14). Pysyvän lepotilan määritelmä kattaa myös tasapainotilan, sillä kappale on molemmissa tiloissa staattisesti tasapainossa. Tasapainotilassa oleva kappale voi kuitenkin liikkua tasaisella nopeudella, mikä erottaa sen pysyvästä lepotilasta (Kärkkäinen & Mikkonen, 2006, s. 14). Kun analysoidaan jäykkiä kappaleita, on yleistä laatia vapaakappalekuva, joka esittää kappaleen eristettynä ympäristöstään. Kuvassa esitetään kappaleeseen kohdistuvat ulkoiset voimat selkeästi määriteltynä. (Salmi 2001, 115.). Kuviossa 1. esitetään laskennassa käytettävät mitat, huoltopenkissä käytettävään työkaluun, huoltopenkin oman massan aiheuttamat sekä tukijalkoihin kohdistuvat voimat.



Kuvio 1. Hydraulisyliinterin huoltopenkin vapaakappalekuva

Vapaakappalekuvassa (Kuvio 1.) esiintyvät määreet:

- $L_1$ , vääntövarren osittainen pituus=1730 mm
- $L_2$ , vääntövarren pituus huoltopukin runko osalla=270 mm
- $L$ , vääntövarren kokonaispituus=  $L_1+L_2$  (mm)
- $L_4$ , huoltopukin kiinteiden jalkojen leveys=540 mm
- $F_1$ , vääntövarteen vaikuttava voima=1050 N
- $F_2$ , huoltopukin ja sylinterin omamassa= 3000 N
- A, huoltopukin tukijalan tukivoima (N)
- B, huoltopukin jalan tukivoima (N)
- C, huoltopukin jalan tukivoima (N)

Laskeminen aloitetaan määrittelemällä tasapainoehdot kaavan 1. mukaisesti, jossa rakennetta tarkastelemalla voidaan olettaa, että tukipisteelle C ei kohdistu merkittävää rasiusta,  $F_1$  voiman aiheuttaman väännön aikana, jolloin  $C=0$ .

$$\uparrow A + B - F_1 - F_2 = 0 \quad (1)$$

jossa

$A$ = huoltopukin tukijalan tukivoima (N)

$B$ = huoltopukin jalan tukivoima (N)

$F_1$ =Työkaluun kohdistettu voima (N)

$F_2$ =Laitteen omamassa (N)

Tukijalan pituus  $L_3$  voidaan laskea kaavan 2. mukaisesti Tällä laskutoimituksella tukijalan minimi pituudeksi  $L_3$  saadaan  $\approx 520\text{mm}$ . Jotta laite ei kaadu vaikka voima  $F_1$  olisi enemmän kuin laskelmissa käytetty  $1050\text{N}$  niin jalan tulee olla pidempi kuten kuvassa 17. Kaava on johdettu kaatumisehdosta, jossa tukipiste B:n tukivoima menee nolnaan. Tällöin momentti tukipisteen A suhteen on nolla.

$$L_3 = \frac{F_1 \cdot L_1 - F_2 \cdot L_2}{F_2 - F_1} \quad (2)$$

jossa

$L_3$ = Tukijalan pituus (mm)

$F_1$ =Työkaluun kohdistettu voima (N)

$L_1$ =Työkalun pituus, tukijalan vaikutus alueella (mm)

$L_2$ =Työkalun pituus, huoltopenkin päällä (mm)

$F_2$ = Laitteen omamassa (N)

Tukipisteeseen A kohdistuva rasiusta saadaan ratkaistua laskelmalla momenttiehto tukipisteen B suhteen kaavan 3 mukaisesti. Tukipisteeseen A kohdistuu  $2\text{ kN}$  rasiusta

$$\sum B F_1 \cdot L_1 - A \cdot L_3 - F_2 \cdot L_2 = 0 \quad (3)$$

$$AL3 = F1 * L1 - F2 * L2$$

$$A = \frac{F1 * L1 - F2 * L2}{L3}$$

jossa

B=Jalkaan kohdistuva voima, B=0 (Nm)

L3= Tukijalan pituus (mm)

F1=Työkaluun kohdistettu voima (N)

L1=Työkalun pituus, tukijalan vaikutus alueella (mm)

L2=Työkalun pituus, huoltopenkin päällä (mm)

F2= Laitteen omamassa (N)

A=Tukijalkaan kohdistuva voima (kN)

## 8 Suunnitellun laitteen riskienarviointi

Huoltopukille tehtiin riskienarviointi (Liite 2), jotta laitteen käyttöön liittyvät riskit ja tarvittavat muutokset tunnistettaisiin riittävän tarkasti. Taulukossa on arvioitu useita vaaratekijöitä sekä niihin liittyviä seurauksia ja riskinhallintatoimenpiteitä. Riskien todennäköisyys ja tapahtuman seuraukset luokiteltiin Taulukon 1. mukaisella asteikolla. Vaaratekijät, joiden riskitaso oli  $\geq 3$ , vaativat toimenpiteitä. Riskinarviossa (Liite 2: Hydraulisyylinterin huoltopukin käyttö) riskitason 3 ylittävälle vaaratekijöille tuli määrittää korjaavat toimenpiteet, joilla riskit saadaan minimoitua.

TAPAHTUMAN SEURAUKSET		VÄHÄISET	HAITALLISET	VAKAVAT
		Poissaolo alle 3 pv. Ohimenevät lievät vaikutukset, nyrjähdykset, mustelmat.	Poissaolo 3-30 pv. Pitkäkestoisia vakavia vaikutuksia. Pysyviä lieviä haittoja.	Poissaolo yli 30 pv. Pysyvä työkyvyttömyys. Kuolema.
TAPAHTUMAN TODENNÄKÖISYYS	Epätodennäköinen	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
	Satunnainen, vaaratilanteita esiintyy harvoin			
	Mahdollinen	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
	Vaaratilanteet päivittäisiä. Läheltä piti-tapauksia on sattunut			
	Todennäköinen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski
Vaaratilanteita esiintyy usein ja säännöllisesti. Tapaturmia on sattunut				

Taulukko 1. Riskien arviointi, tapaturmavaarojen arviointi (Heikkinen 2009)

Riskienarviointi on tärkeä työkalu työympäristön turvallisuuden parantamiseksi. Taulukosta käy ilmi, että huoltopukin käytössä on tunnistettu useita vaaroja, kuten sormien jääminen väliin, hiusten tai vaatteiden tarttuminen pyöriviin osiin sekä pukin kaatuminen.

Taulukossa vaaratekijät on listattu yksityiskohtaisesti, ja jokaiselle vaaralle on määritelty mahdolliset seuraukset, olemassa olevat riskinhallinta- ja turvallisuustoimenpiteet sekä jäännösriskit. Esimerkiksi, sormien jääminen väliin on vakava riski, mutta sen hallintaan on olemassa turvallisuustoimenpiteitä, kuten varoitusmerkinnät ja suojavarusteet.

Riskinhallintatoimenpiteet sisältävät erilaisia keinoja vaarojen ehkäisemiseksi ja seurausten minimoimiseksi. Esimerkiksi pukin kaatumisen estämiseksi on suositeltavaa käyttää tukijalkoja ja tarkistaa pukin vakaus ennen käyttöä. Työkalujen lipeämisen tai hajoamisen riskiä voidaan vähentää säännöllisellä huollolla ja tarkastuksilla.

Jäännösriskit, kuten pukin kaatuminen ja työkalujen lipeäminen tai hajoaminen, ovat riskejä, joita ei voida täysin poistaa, mutta niiden hallintaan voidaan kiinnittää erityistä huomiota. Esimerkiksi, työntekijöiden kouluttaminen oikeisiin työkalujen käyttötapoihin ja turvavarusteiden käyttö voivat vähentää näiden riskien toteutumisen todennäköisyyttä.

## 9 Yhteenveto

Opinnäytetyö käsittelee hydraulisyliinterien huoltopenkin suunnittelua ja kehittämistä, pyrkien tarjoamaan turvallisen ja ergonomisen ratkaisun sylintereiden huoltamiseen. Projektin tilaajana toimi Millog Oy, ja tavoitteena oli luoda huoltopenkki, joka täyttää tarvittavat turvallisuus- ja ergonomiavaatimukset. Työssä paneuduttiin hydraulisyliinterien rakenteeseen, toimintaperiaatteisiin ja niihin liittyviin vaatimuksiin, sekä esiteltiin huoltopenkin suunnitteluprosessi, joka sisälsi muun muassa 3D-mallinnuksen ja simuloinnin.

Huoltopenkin suunnittelussa huomioitiin erityisesti ergonomia ja käyttäjäturvallisuus. Runkomateriaaliksi valittiin putkipalkki, joka mahdollisti modulaarisen rakenteen ja samalla tukevuden. Suunnittelussa hyödynnettiin nykyaikaisia suunnittelu- ja simulointityökaluja, kuten SolidWorks ja Working Model 2D. Lisäksi pyrittiin käyttämään kustannustehokkaita ja kaupallisesti saatavilla olevia materiaaleja ja komponentteja. Huoltopenkkiä suunnitellessa tehtiin useita riskienarviointeja, jotta laitteen turvallisuus voitiin varmistaa ja mahdolliset vaaratilanteet minimoida.

Hyvin suunniteltu huoltopenkki parantaa työskentelyolosuhteita ja vähentää työtaturmien riskiä. Opinnäytetyössä tehtyjen riskienarviointien perusteella on nähtävissä, että systemaattisella riskienhallinnalla voidaan parantaa työympäristön turvallisuutta merkittävästi.

Yhteistyö mekaniikka-asentajien kanssa osoittautui äärimmäisen hyödylliseksi, sillä heidän käytännön kokemuksensa ja asiantuntemuksensa tarjosivat arvokkaita näkemyksiä suunnitteluprosessiin. Lisäksi nykyaikaisten suunnittelu- ja simulointiohjelmistojen käyttö mahdollisti tarkan analyysin ja realistisen mallinnuksen laitteen käyttäytymisestä eri kuormitusolosuhteissa, mikä paransi suunnittelun laatua.

Suunnitelmaa voisi parantaa laskemalla tukijalkaan kohdistuvan taipuman, jolloin rakenteen tukevuus saataisiin määriteltyä paremmin. Lisäksi laitteen muuntaminen koneeksi lisäämällä siihen hydraulisyliinterin otsamutterin avaamiseksi sekä jonkinlaisen moottorin pyörittämään kuularuuvia.

## Lähteet

BE Group. HEA-leveälaippapalkit HEA 200 S355J2 12 m. Viitattu 08.01.2025. Saatavissa <https://www.begroup.fi/tuotteet/palkit/hea-levealaippapalkit/hea-200-s355j2-12m>

BE Group. Kylmämuovatut putkipalkit. Viitattu 08.01.2025 Saatavissa <https://www.begroup.fi/tuotteet/putket-ja-putkipalkit/kylmamuoivatut-putkipalkit-neliot>

Brand TS. Cylinder repair bench. Viitattu 08.01.2025. Saatavissa <https://brand-ts.com/en/cylinder-repair-bench/configurations.html?format=html>

Design Simulation Technologies, Inc. Working model 2D. Viitattu 24.02.2025. Saatavissa <https://www.design-simulation.com/WM2D/Index.php>

HIWIN. Ballscrew. Viitattu 26.02.2025. Saatavissa <https://www.hiwin.de/en/Products/Ballscrews/Flange-nut/c/4491>

HIWIN. Bearings BK/BK. Viitattu 26.02.2025. Saatavissa <https://www.hiwin.de/en/Products/Bearings/Bearings-BK-BF/c/4737>

HI-Hydraulics. Blogi Hydraulisylintereiden laakerit. 2019. Viitattu 19.03.2025. Saatavissa <https://www.hl-hydraulics.fi/blogi/hydraulisylintereiden-laakerit/>

JW Hydraulic. Hydraulic Cylinder Rod End Mounting Types. 2022. Viitattu 26.02.2025. Saatavissa <https://jwhydraulics.com/hydraulic-cylinder-mounting-types/>

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2009. Automaatiojärjestelmien hydrauliiikka ja pneumatiikka. Helsinki: WSOY.

Kärkkäinen, M. & Mikkonen, P. 2006. Insinöörin mekaniikka. Helsinki: WSOY.

Launis, M. & Lehtelä, J. 2011. Ergonomia. Tampere: Tammerprint.

Majuri, M. 2009. Riskienarviointityökalu s23. Kunnossapidon työsuunnittelu kurssi - K502K440OJ-3001. 11/2023.

Pellinen, J. 2019. Kustannuslaskenta ja kannattavuusajattelu. 3. uudistettu painos. Jyväskylä: Alma Talent Oy.

PLM Group. Solidworks 3D-CAD. Viitattu 08.01.2025. Saatavissa <https://plmgroup.fi/ohjelmistot/solidworks-3d-cad/>

Rollco. Kuularuuvi. Viitattu 26.02.2025. Saatavissa <https://www.rollco.fi/ratkaisut/kuularuuvit-kuulaholkit-ja-karkaistut-akselit/kuularuuvi>

Salmi, T. 2001. Statiikka. 2. painos. Tampere: Pressus.

SFS-EN ISO 12100. 2011. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SKF. Vierintälaakerin. Viitattu 26.02.2025. Saatavissa <https://www.skf.com/fi/products/rolling-bearings/track-rollers/cam-followers/productid-KRV%2030%20PP>

Sosiaali- ja terveysministeriö, Työ- ja tasa-arvo-osasto Työturvallisuuskeskus. 2023. Riskien arviointi ja hallinta työpaikalla -työkirja. Viitattu 25.01.2025. Saatavissa <https://ttk.fi/wp-content/uploads/2023/10/Riskien-arviointi-ja-hallinta-tyopaikalla-tyokirja-2023.pdf>

Tarkkonen, J. 2022. Turvallisuuden ja työhyvinvoinnin filosofiaa. E-kirja. Ellibs

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). CE-merkintä. Viitattu 25.11.2024. Saatavissa <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta#9d97a130>

RTT Työturvallisuuspaketti



**Riskienarviointi Mekaanikkahalli, hydraulisynterinterin huolto**

Arvioinnin tekijä: Petri Salo  
Päivämäärä: 25.01.2025

Työpaikan tunnistaminen		Seurausten vakavuus				
1. Työpaikan tunnistaminen	1. Vaarallisuus	2. Vaarallisuus	3. Vaarallisuus	4. Vaarallisuus	5. Vaarallisuus	6. Vaarallisuus
2. Vaarallisuus	2. Vaarallisuus	3. Vaarallisuus	4. Vaarallisuus	5. Vaarallisuus	6. Vaarallisuus	7. Vaarallisuus
3. Vaarallisuus	3. Vaarallisuus	4. Vaarallisuus	5. Vaarallisuus	6. Vaarallisuus	7. Vaarallisuus	8. Vaarallisuus
4. Vaarallisuus	4. Vaarallisuus	5. Vaarallisuus	6. Vaarallisuus	7. Vaarallisuus	8. Vaarallisuus	9. Vaarallisuus
5. Vaarallisuus	5. Vaarallisuus	6. Vaarallisuus	7. Vaarallisuus	8. Vaarallisuus	9. Vaarallisuus	10. Vaarallisuus

1. Nr	2. Vaarakehjä	3. Seuraus	4. Luokiteltavat riskinvaikutukset ja toimintatavat	5. Riskin arviointi		6. Riski	7. Tarvittavat täydentävät toimenpiteet vaaratilanteiden hallitsemiseksi ja toimimiseksi	8. Ajankohta	9. Riskin arviointi		10. Jännödräki (lopullinen)
				Seurausten vakavuus 1-3	Todennäköisyys 1-3				Vastuusehen	Todennäköisyys 1-3	
1	Henkilöstön riittämätön perehdytys, vaaratilanteiden syntyminen työtä tehdessä	Henkilön vahingoittuminen, materiaali vahingot	Uuden henkilön riittävä perehdytys tehtävään työhön	2	1	2					2
2	Siljanosturin käyttö huoltoalueella. Nosturin tai sen taakan osuinen huoltoa tekevään henkilöön	Henkilön vahingoittuminen	Muiden toimijoiden riittävä tiedottaminen	2	2	3	Työn vaarojen arviointi ennen työhön ryhtymistä, tiedottaminen	Heti	2	1	2
3	Kompastuminen toisen työpisteeseen vuoksi asetettuihin kaapeleihin	Henkilön vahingoittuminen	Sähkön ottaminen eri paikasta toisille työpisteille	2	2	3	Työn vaarojen arviointi ennen työhön ryhtymistä. Ympäristön siivoaminen.	Heti	2	1	2
4	Toistuvat liikkeet ja manuaalinen käsittely	Selän/käsien kipeytyminen	Nosturin käyttö taakkojen siirroissa	2	1	2					2
5	Työkaluja käytö, hallinnan menetys	Henkilön ruumiin osien ruijoutuminen	Huolellinen työhön tarkoitettujen työkalujen käsittely	2	1	2					2
6	Suojavälineiden käyttämättömyys	Henkilön altistuminen kemikaaleille, silmävauriot, kuulovauriot, viitohaavat	Vaarojen arviointi ennen työn aloittamista, riittävän suojautumisen valinta ja noudattaminen	3	1	3					3
7	Synterinterin putoaminen huoltopukilla	Henkilön vahingoittuminen	Synterinterin kiinnittäminen takakorvakkeesta puitilla huoltopukin teineseen sekä kuormallilla synterinterin putkesta huoltopukkiin	2	1	2					2
8	Synterinterin takapaan kiinnityksen rikkoutuminen	Henkilön vahingoittuminen, materiaali vahingot	-	2	1	2	Uuden huoltopukin suunnittelu jossa huomioidu synterinterin riittävä kiinnitys sekä työergonomia	2025	2	1	2
9	Hankala työasento, kurkottelu	Selän/käsien kipeytyminen	-	1	3	3	Uuden huoltopukin suunnittelu jossa huomioidu synterinterin riittävä kiinnitys sekä työergonomia	2025	1	1	1
10	Synterinterin osan putoaminen	Henkilön vahingoittuminen, materiaali vahingot	Huolellisuus työtä tehdessä	1	2	2	Uuden huoltopukin suunnittelu jossa huomioidu synterinterin riittävä kiinnitys sekä työergonomia	2025	1	1	1
11	Työkaluun rikkoutuminen	Selän/käsien kipeytyminen, silmävaurio	-	2	1	2	Oikeamääräisen työkalujen suunnittelu / Hankinta	2025	2	1	2
12	Synterinterin liikkuminen huoltotyön aikana puutteellisen kiinnityksen vuoksi	Henkilön vahingoittuminen, materiaali vahingot	Pyritään kiinnittämään synterinteri mahdollisimman hyvin huoltopukkiin	2	3	4	Uuden huoltopukin suunnittelu jossa huomioidu synterinterin riittävä kiinnitys sekä työergonomia	2025	2	1	2

Huoltotyö

RTT Työturvallisuuspaketti



Riskienarviointi

Hydraulisyliinterin huoltopukin käyttö

Arvioinnin tekijä: Peeri Salo  
Päivämäärä: 28.02.2025

Terveystieteiden tutkimuskeskus		Seurautusyksikkö	
1. Ympäristö	2. Ympäristön tila	3. Ympäristön tila	4. Ympäristön tila
5. Ympäristön tila	6. Ympäristön tila	7. Ympäristön tila	8. Ympäristön tila
9. Ympäristön tila	10. Ympäristön tila	11. Ympäristön tila	12. Ympäristön tila

1. Nr	2. Vaarantila	3. Sairuus	4. Luetellut merkittävät oireet (mahdollisia - ja torjuntatavat)	5. Riskin arviointi		6. Riski	7. Terveystieteiden tutkimuskeskus ja torjuntatavat	8. Alkuperäinen riski		9. Riskin arviointi	10. Jällearviointi
				Suuruisen vaaravastaus 1-3 (alusta 1-3)	Todennäköisyys 1-3			Suuruisen vaaravastaus 1-3	Todennäköisyys 1-3		
1	Sormien jääminen ruuvien väliin	Haavat, murskaantumisen	Ruuvia pyöritetään käsin, pyöritysohjelua tulee käyttää molemmilla käsillä	2	1	2			2	1	2
2	Hiuksen, parran, vaatteiden jääminen pyörivän ruuvien väliin	Hiuksen, parran tai vaatteiden repeytyminen. Haavat, murskaantumisen	Pikkätkätket / parta tulee sitoa ja suojata. Käytettävissä laitteita vaatteiden tulee olla käytäjäilleen sopivat eikä niistä saa rokkua avainkettuja tai muita siihen kuuluttomia	2	1	2			2	1	2
3	Ruuvia käytävän tai avustavan henkilön sormien jääminen liikkuvan kelkan väliin	Haavat, murskaantumisen	Ruuvia pyöritetään käsin, pyöritysohjelua tulee käyttää molemmilla käsillä. Avustava henkilö ei saa nojata tai olla kontaktissa liikkuviin osiin työpöytäajan aikana.	2	1	2			2	1	2
4	Sormien puristuminen kiinteän / liikkuvan puolen syliinterin kiinnittimen väliin	Haavat, murskaantumisen	Työvähevä riskienarviointi, tarkkaavaisuus, kristetäessä kiinnittimiä.	2	1	2			2	1	2
5	Kannattimen kaatumisen / putoamisen syliinterin asennettaessa huoltopukille	Henkilön vartalon osan jääminen putoavan taakan alle, ruhjeet, murtumat	Kannattimen lukitseminen huoltopukin runkoon lukitusapilla ennen taakan nostamista, ruuvinkäyttöä, otsamutterin, männän, korvakon avaamista.	1	2	2			2	1	2
6	Laitteen kaatumisen vääntäessä hydraulisyliinterin otsamutteria / mäntää / korvakkoo auki / kiinni	Henkilön vartalon osan jääminen kaatuvan taakan alle, ruhjeet, murtumat	Tukijalkojen levittäminen, saaliin vääntömomenttirajoitukseen noudattaminen	1	2	2			2	1	2
7	Hydrauliohjelin puskahduttaminen pukiliittämisestä liikuttaessa mäntää	Hydrauliohjelin vuotaminen ympäristöön, lattian liukkaus, öljyistä. Lekkujen öljyn aiheuttamat riskit iho / silmä kontaktissa	Syliinterin tyhjentäminen öljystä. Lekkujen kiinnittäminen pukiliittämiin ja öljyn ohjauksen keräysastiaan	2	1	2			2	1	2
8	Kompastuminen tukijalkaan liikuttaessa leviteyn huoltopukin läheisyydessä	Henkilön ruumiin osien ruhjoutuminen	Riskienarviointi, tarkkaavaisuus, Tukijalkojen käytösohjeita ei käytetä	2	2	3		P.Salo	2	1	2
9	Vääntötyökalujen käyttö, ylitäviä mutterin aukkaaminen, työkalun lipseminen, työkalun rikkoutuminen	Työkalun osuminen vartalon osaan, henkilön kaatumisen, linauksen revähäminen, haavat, ruhjeet	Vaarojen arviointi ennen työn aloittamista, oikeanlaisien työkalujen käyttö	2	2	3		P.Salo	2	1	2

Huoltopukin käyttö