

**Mauri Korhonen**

# **VALSSIN LAAKEROINTIPRÄSSIN SUUNNITTELU**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutus  
Tammikuu 2024**



**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Tammikuu 2024	<b>Tekijä/tekijät</b> Mauri Korhonen
<b>Koulutus</b> Tuotantotalous		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
<b>Työn nimi</b> VALSSIN LAAKEROINTIPRÄSSIN SUUNNITTELU		
<b>Työn ohjaaja</b> Jari Kaarela, Sakari Pieskä		<b>Sivumäärä</b> 35 + 6
<b>Työelämäohjaaja</b> Pekka Lauhikari		
<p>Opinnäytetyö on toteutettu Ylivieskassa toimivalle Aimo Kortteen Konepaja Oy:lle. Konepaja tuottaa viljanmurskauskoneita maatalouteen ja tarvitsee monipuolisen konekannan.</p> <p>Työn tavoitteena oli tutkia ja löytää turvallisemmat sekä tehokkaammat ratkaisut murskaimen uuteen valssin laakereiden prässäys koneeseen. Työn ohjaavana tekijänä oli, että voitaisiin mahdollisimman paljon hyödyntää tuotteen valmistuksessa yrityksen monipuolisia kone- ja valmistusprosesseja.</p> <p>Yrityksessä on ennestään vanha prässi, joka skannattiin 3d-skannerilla suunnittelun pohjaksi. Työn kautta valmistuneen koneen toimintaa ja ratkaisuja tarkasteltiin työntilaajan tarpeiden näkökulmasta hyödyntäen tuotannon kokemuspohjaa.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään koneturvallisuutta, sujuvan työn käsitettä Lean-ajattelun kautta sekä käänteissuunnittelun hyödyntämistä koneensuunnittelussa.</p>		

<b>Asiasanat</b> 3D-mallinnus,3D-skannaus, FEM-analysointi, käänteinen suunnittelu, Lean, prässi, turvallisuus, valssi
---

**ABSTRACT**

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> January 2024	<b>Author</b> Mauri Korhonen
<b>Degree programme</b> Industrial Management		
<b>Name of thesis</b> ROLLER BEARING COMPRESSION TOOL DESIGN		
<b>Centria supervisor</b> Jari Kaarela, Sakari Pieskä	<b>Pages</b> 35 + 6	
<b>Instructor representing commissioning institution or company</b> Pekka Lauhikari		
<p>The thesis was implemented for Aimo Kortteen Konepaja Oy operating in Ylivieska. The machine shop produces grain crushing machines for agriculture and needs a versatile machine base. The goal of the work was to research and find safer and more efficient solutions for the crusher's new roll bearing pressing machine.</p> <p>The guiding idea of the work was that use the company's versatile machine and manufacturing processes could be utilized as much as possible in the production of the product.</p> <p>The company already has an old press that was scanned with a 3D-scanning to serve as a basis for the design.</p> <p>The operation and solutions of the machine completed thought the work were examined from the perspective of the client's needs, utilizing the experience base of production.</p> <p>The theoretical part of the thesis discusses machine safety, the concept of smooth work through Lean thinking, and the use of reverse engineering in machine design.</p>		

<p><b>Key words</b> 3D-modeling, 3D-scanning, FEM analysis, LEAN, Press reverse engineering, Roll, Safety</p>
---

## **KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**

### **3D-mallinnus**

Kolmiulotteista tietokoneavusteista suunnittelua digitaalisin menetelmin (Lehmus 2020).

### **3D-skannaus**

Kappaleiden kuvantamista kolmiulotteiseksi malliksi fyysisen objektin koordinaatiopisteitä hyödyntäen (Vartiainen 2022).

### **FEM-analysointi**

Rakenteiden rasituksessa tapahtuvien muodonmuutoksien, hetkellisten siirtymien ja väsymisten tarkastelua suunnitteluohjelmistolla. (Vertex Systems).

### **Käänteinen suunnittelu**

Mallinnetaan samanlainen kappale olemassa olevasta tuotteesta tarkastelua tai valmistusta varten (Keihäs 2021).

### **LEAN**

Johtamisfilosofia, jossa keskitytään lopputuotteen arvoa tuottamattomien toimintojen vähentämiseen (Mflow).

### **Prässi**

Yleensä mekaanisesti tai hydraulisella toimiva puristin.

TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY  
SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	1
2 YRITYSESITTELY .....	2
3 KONETURVALLISUUS .....	3
3.1 Riskiarviointi .....	3
3.2 Konedirektiivit.....	4
3.3 CE -vaatimustenmukaisuusmerkintä.....	4
3.4 Turvallisuusvastuut.....	5
4 KÄÄNTEISSUUNNITTELU KONEENSUUNNITTELUSSA .....	7
4.1 Käänteissuunnittelun kulku .....	7
4.2 Käänteissuunnittelun tekniikat.....	8
5 LEAN .....	10
5.1 Lean-periaatteet .....	10
5.2 Hukka .....	10
5.3 5-S .....	12
6 LAAKEROINTIPRÄSSIN SUUNNITTELU.....	13
6.1 Käänteissuunnittelu .....	13
6.2 Havainnointi .....	14
6.3 3D-skannaus.....	14
6.4 Mallinnus .....	15
6.5 Hydrauliprässi.....	16
6.6 Tavoitteita ja vaatimuksia.....	17
6.7 Valssin käsittely .....	17
6.8 Muodonmuutos.....	18
6.9 Työskentelytila.....	20
6.10 Ideointi .....	20
6.10.1 Työskentelytilan tarkastelua .....	21
6.10.2 Valssin siirto .....	23
6.11 Versio 2.0.....	27
6.11.1 Vastinkelkan lukitusratkaisuja.....	27
6.11.2 Valssinsiirto .....	28
6.11.3 Vastinkelkka ja lukitus.....	29
6.11.4 Vastinkelkan siirto .....	29
6.12 FEM-analyysi .....	30
6.13 Versio 2.1.....	32
6.14 Uuden prässin valmistus.....	32
6.15 Käyttö, vikaantuminen ja kunnossapito .....	33
7 TULOKSET JA YHTEENVETO .....	34
LÄHTEET .....	36

## **LIITTEET**

### **KUVIOT**

KUVIO 1. Käänteissuunnitteluprosessi.....	8
KUVIO 2. Muodonmuutoskaavio.....	19

### **KUVAT**

KUVA 1. CE-Merkintä.....	5
KUVA 2. 3D-skanneri.....	9
KUVA 3. Käytössä oleva prässä skannattuna.....	14
KUVA 4. Mallinnus työskentelytilanteesta nosturin kanssa.....	15
KUVA 5. Vanha kone mallinnettuna.....	16
KUVA 6. Havainne mallinnettuna heikosta tartunnasta.....	17
KUVA 7. Havainnekuva rasituksesta.....	18
KUVA 8. Mallinnettu havainnekuva käden puristumisen vaarasta.....	20
KUVA 9. Mallinnettu vastinkelkka vanhassa laitteessa.....	21
KUVAT 10. ja 11. Mallinnettuna käännettävä vastin.....	21
KUVAT 12.,13.,14. ja 15. Mallinnettuna työskentelytilan tarkastelua.....	22
KUVA 16. Mallinnettuna työskentelytilan tarkastelua.....	23
KUVA 17. Mallinnettuna rullakiskosiirtoratkaisu.....	24
KUVAT 18 ja 19. Mallinnettuna valssinsiirtoratkaisu.....	25
KUVA 20. Mallinnettuna valssinsiirtoratkaisu.....	26
KUVA 21. Mallinnettuna koneversio 2.0.....	27
KUVA 22. Mallinnettuna vastinkelkan lukitusversioita.....	28
KUVA 23. Mallinnettuna parhaaksi todettu valssinsiirto.....	28
KUVAT 24. ja 25. Mallinnettuna parhaaksi todettu vastinkelkka.....	29
KUVA 26. Mallinnettuna vastinkelkan sivuttaissiirto.....	30
KUVA 27. Kuormituksen tarkastelua materiaalin siirtymien suhteen.....	31
KUVA 28. Kuormituksen tarkastelua verraten laskennalliseen myötörajaan.....	31
KUVA 29. Mallinnettuna lopullinen kokonaisuus 2.1.....	32

## 1 JOHDANTO

Teollisuudessa yleensä on tarpeen hankkia valmistusprosessiin koneita ja työkaluja uutena, mutta osa prosessin vaiheista vaatii erikoisvalmisteisia laitteita. Yksi tällainen kone on valssin laakerointiprässi, jota tarvitaan rehumurskaimen keskeisen osakokonaisuuden laakerikokoonpanossa. Valssit ovat painavia käsitellä, vaatii erityistä suunnitelmallisuutta, jotta työ on turvallista ja onnistuu suunnitelmien mukaan laadukkaasti.

Tällaisia rehumurskaimia valmistaa Aimo Kortteen Konepaja Ylivieskassa, jonne sain mahdollisuuden tehdä heidän tarjoamaansa kehittämisprosessiin kuuluvan opinnäytetyön. Tarkoituksena on tehostaa toimintaa hankkimalla valssikokoonpanoon tuotantoon uusi valssin laakerointiprässi. Vanha puristin eli prässi on erillisessä rakennuksessa ja uusi tulee sijoittumaan tuotannon tiloihin tuoden näin sisäiseen logistiikkaan huomattavan parannuksen. Tällaisessa muutoksessa on olennaista tutkia mahdollisuuksia koneen turvallisuuden ja toiminnan kehittämiseksi, johon työni keskittyy.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella uusi valssin laakereidenprässäyskone vanhan jäädessä huollon käyttöön. Työssä tarkastellaan erilaisia mahdollisuuksia toteuttaa kone käyttäjälleen turvallisemmaksi ja tuotantotehokkaammaksi. Suunnittelussa hyödynnetään internettiä, 3d-kuvantamista, tietokoneavusteista mallintamista ja rasisusanalyysiä sekä historian- ja käytännötuomaa kokemuspohjaa. Työtä ryhdyttiin toteuttamaan asiakkaan tarpeiden pohjalta ideoiden luonnos- ja ratkaisumalleja, joiden kautta kehityskulkua johdattaen päätyen parhaaseen mahdolliseen toteutukseen. Erityisesti turvallisuuden kannalta voidaan kysyä, onko työskentelyssä vaaralliseksi todetulle puominostimelle tarvetta ja olisiko mahdollista löytää uudenlainen ratkaisu suunnittelemalla kone, jossa ei tarvita työskentelyssä nostinta. Työn rajauksessa sovittiin, että hydraulikka ja hydraulikanohjaus jää työn ulkopuolelle.

## 2 YRITYSESITTELY

Aimo Kortteen Konepaja Oy toimii Ylivieskassa, jossa toimii monipuolinen konepaja. Yritys kehittää ja valmistaa teknologiaa, joka säästää energiaa ja ympäristöä sekä helpottaa ja vähentää maataloustyötä ja näin parannetaan kannattavuutta tiloilla. Erityisosaaminen on rehuviljan käsittelyyn ja säilöntään tarvittavien laitteiden ja koneiden valmistus. (Aimo Kortteen Konepaja Oy.)

Päätuotteena on Murska-valssimyllyt, joiden kehitys on alkanut 1969, jolloin yrityksen oman ja naapuritilan yhteisteiskäyttöön valmistui ensimmäinen valssimylly. Yritys työllisti vuonna 2021 36 henkilöä ja liikevaihto oli 5,6 miljoonaa. (Asiakastieto.)

Yrityksen konepajan tavoite on pystyä monipuolisesti omissa tiloissa, omilla koneilla ja laitteilla valmistamaan tuotteita. Jotta monipuolinen tuotanto on mahdollista, on konepajalla oltava monipuolinen konekanta erilaisten työvaiheiden toteuttamiseen. Monia koneita hankitaan valmiina, mutta osa työvaiheista on sen verran erikoisia, ettei sellaisia koneita ole saatavilla. Tämä vaatii, että suunnitellaan erityisesti kyseiseen työvaiheeseen tarkoitettuja koneita ja apuvälineitä. (Aimo Kortteen Konepaja Oy.)



### 3 KONETURVALLISUUS

Tarkasteltaessa turvallisuutta koneensuunnittelussa on koneturvallisuus yksi keskeinen asia. Työssä tarkastellaan uutta konetta suunniteltaessa koneen turvallisuus vaatimuksia.

Tilanteessa, jossa vanhankoneen tilalle aletaan suunnitella uutta turvallisempaa konetta, suunnittelu alkaa käyttökokemusten keräämisellä sekä hyvien ja huonojen asioiden pohdinnalla. Työ alkaa selvittämällä, missä asioissa olisi turvallisuuden kannalta parannettavaa ja mihin ei olisi tarvetta puuttua. Tukea suunnitteluun haetaan turvallisuus säädöksistä, jossa kerrotaan koneiden turvallisuudesta. Valtioneuvostonasetus säättää koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvistä olennaisista turvallisuus- ja terveysturvallisuudesta (Finlex 2008/400).

Koneen suunnittelua ohjaavat yhdenmukaistetut EN-Standardit, ohjeet ja suositukset, jotka jakautuvat valmistajan ja työnantajan välillä, niin että valmistajaa ohjaa konelaki, konedirektiivi ja koneasetus, silloin kun suunniteltava kone on uusi. Työnantajaa koskee turvallisuuslaki ja käyttöasetus, joka sisältää ”perusvaatimukset” työvälineisiin. Tämä tarkoittaa, että koneen luovutuksen jälkeen konetta ei saa muuttaa, niin että turvallisuustaso alentuu. (METSTA 2019.)

Meidän tapauksessamme on kyse koneenvalmistuksesta omaan käyttöön, eli työnantaja toimii koneen valmistajana. Tällaisessa tapauksessa työnantajalla on kaikki turvallisuusvelvollisuudet, sekä koneen turvallisuuden varmistaminen ja vaatimustenmukaisuuden osoittaminen (METSTA 2019).

#### 3.1 Riskiarviointi

Oleellinen osa koneturvallisuuden kehittämisessä on kattavat riskienarvioinnit. Tunnistamalla käyttöturvallisuuden kannalta vaaralliset asiat ja poistetaan mahdolliset riskit sekä arvioidaan mahdolliset jäännösriskit, joita ei voida eliminoida. (Koneturva riskienarviointi.) Meidän tapauksessamme, kun tarkastelimme vanhaa konetta, nousi tärkeäksi käsiteltäväksi aiheeksi kappaleenkäsittelyn haasteet, joita tunnistamalla ja joihin tarttumalla voitaisiin olennaisesti vähentää mahdollisia riskejä. Työn riskejä on mahdoton kokonaan poistaa, mutta niihin tulee tarkasti perehtyä. Erityisesti käsillä tehtävässä työssä on riski rasitusvamman tai loukkaantumiseen huomattava ja siihen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Ehdottoman tärkeää on kiinnittää huomiota ergonomiaan, kuormien painoon ja hyvään tartuntaan kap-

paleita käsiteltäessä. Useimmille ihmisille 20–25 kg:n painoinen taakka on jo raskas käsitellä. Erityisesti työntoistojen ja pitkien yhtäjaksoistentöiden lisääntyessä ongelma korostuu ja lihakset väsyvät. On kiinnitettävä huomiota riittävään palautumiseen. Huonot työasennot ja ulottuvuus haasteet, jolloin työntekijä joutuu kurkottamaan tai työskentelemään vaikeasti ylävartaloa kiertävissä asennoissa, jolloin lisääntyy riski altistua selkäranka vaurioille. Tuotteiden lipsuminen epävakaassa otteessa lisää puutoamisen vaaraa mikä voi aiheuttaa äkillisen liikkeen lisäten vahingoittumisen vaaraa. On myös kiinnitettävä huomiota riittävän hyvään työympäristöön ja näkökenttään, etteivät sen haasteet aiheuta riskiä kaatumiselle, törmäämiselle tai kompastumiselle. (TAWI 2022.)

On siis kiinnitettävä riittävästi huomiota selkeään työympäristöön, jossa ei ole esteitä liikkumiselle. Työkappaleiden käsittely tulee pystyä tekemään ilman turhia kumarteluja ja kurkottamisia. Huomiota on kiinnitettävä riittäviin avustaviin toimiin, ettei rasitus tulisi liian suureksi aiheuttaen turvallisuusriskejä.

### **3.2 Konedirektiivit**

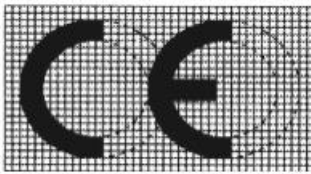
Konetta suunniteltaessa on perehdyttävä olennaisiin asioihin, kuten mikä on kone. Direktiivi määrittää, että kone on toisiinsa liitetyistä mekanismeista ja osista koostuva kokonaisuus, jossa vähintään yksi osa tai mekanismi on liikkuva ja on tiettyyn käyttötarkoitukseen valmistettu (Tukes).

Koneiden suunnittelua ohjaa EU:n konedirektiivi 2006/42/EY, joka määrittää koneiden terveys- ja turvallisuusvaatimukset, mikä tarkoittaa, että koneet ovat yhdenmukaisesti turvallisuustasoltaan hyviä. Se on kansallisesti pantu toimeen Suomessa valtioneuvoston asetuksella koneiden turvallisuudesta 400/2008, ns. koneasetus, joka määrittää vaatimustenmukaisuuden koneiden markkinoille saattamiselle. (Tukes.)

### **3.3 CE -vaatimustenmukaisuusmerkintä**

Yleisesti saatetaan ajatella, että CE-merkintä olisi laadun tae, mutta se ei tarkoita sitä. Merkintä kuitenkin käsittää monia tärkeitä asioita, kuten tuotteen vaatimusten tarkastuksen ja testaamisen.

Graafisesti esitettynä CE-merkintä on pieniä laitteita lukuun ottamatta 5 mm korkea (KUVA 1). CE-merkinnällä osoitetaan kyseiselle tuotteelle vaadittavat olennaiset asetukset ja on siihen vaatimusten mukaisesti sovellettavien direktiivien mukainen, sekä on vaatimusten mukaisesti arvioitu. (Fimea.) Yleensä merkinnän kiinnittämiseen ei vaadita testaus- ja tarkastuslaitosta, mutta joissakin tuoteryhmissä CE-merkintä edellyttää ilmoitetun laitoksen vaatimustenmukaisuuden arviointia (Tukes.)



KUVA 1. (Fimea)

CE-merkintä ei ole turvallisuusmerkki eikä se tarkoita, että tuote olisi parempi, yleisesti turvallinen, helppokäyttöinen tai erityisen laadukas. Merkintä tulee kiinnittää ennen tuotteen saattamista markkinoille ja se on oltava vaatimusten mukainen. Muutoin voidaan määrätä, että tuote on poistettava markkinoilta, josta määrätään laissa CE -merkintärikkomuksesta 187/2010. (Tukes.)

Merkinnän vaiheet voidaan jakaa viiteen osa-alueeseen, jossa ensimmäisessä tulee tarkastaa tuotekohtaiset vaatimukset (yhdenmukaistetut standardit, direktiivit ja asetukset). Toisessa testataan ja tarkistetaan tuote vaatimustenmukaisuuden arvioinnin pohjalta. Kolmannessa laaditaan tekniset asiakirjat markkinointiviranomaista varten. Neljännessä laaditaan käyttöohjeet suomen ja ruotsin kielellä. Viidennessä tehdään EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus ja kiinnitetään CE-merkintä. (Tukes.)

### 3.4 Turvallisuusvastuut

Koneturvallisuudessa työnantajalle ja valmistajalle kuuluu paljon vaatimuksia ja vastuuta, mutta myös työntekijöille on ohjeistukset. Lähtökohtaisesti suunnitellaan turvallinen kone, jonka käyttö on riittävän selkeä ja käyttöohjeet ymmärrettävät. Koneen käytön tulisi olla turvallista koneenkäyttäjälle eikä se saa aiheuttaa vaaraa sivullisille.

Valmistajan vastuuta koskee EU:n konedirektiivi ja kansallinen koneasetus ohjaa koneen valmistajaa, jotta turvallisuusvaatimukset ja velvollisuudet täyttyvät. On käytettävä järjestelmällisiä suunnittelumenetelmiä ja madallettava riskiä riskiarvioinnilla sekä ennen käyttöönottoa osoitettava koneen vaatimustenmukaisuus dokumentein. (METSTA 2019.)

Työnantajalle kuuluu vastuu tarvittaessa tarkastaa koneen turvallisuus työpaikan olosuhteet huomioiden sekä työnsuojelun keinoin ylläpidettävä koneiden turvallinen käyttö turvallisuusvaatimusten mukaisena. Koneen käyttäjälle annetaan turvallisuuslaissa määrätyt vähimmäisvaatimukset täyttävät olosuhteet ja pidetään kunnossapidolla kone vaatimusten mukaisena. (METSTA 2019.)

Työntekijöiden vastuulle kuuluu osallistuminen työpaikalla aktiivisesti työterveyden ja työturvallisuuden kehittämiseen. Ammattitaitoinen työntekijä huolehtii kaikkien työturvallisuudesta noudattaen ohjeita ja määräyksiä, joita työnantaja on määrännyt. Työntekijällä on velvollisuuksia ja oikeuksia, joita on havaitsemiensa vaaratilanteiden ilmoittaminen esihenkilölle sekä oikeus pidättäytyä terveydelle tai hengelle vaaraa aiheuttavasta työstä sekä saada palautetta työnantajalta. Turvallisen työskentelyn parantamiseksi on työntekijällä oikeus ehdottaa parantavia toimenpiteitä ja osallistuttava omalta osaltaan turvallisen työskentelyn mahdollistamiseen käyttämällä työvälineitä ohjeiden mukaisesti, huolehdittava suojaamista, ilmoitettava vioista ja puutteista. Turvallista työskentelyä ohjaa työsuojelun yhteistointamennettely edustajien kautta. (Työturvallisuuskeskus 2023.)

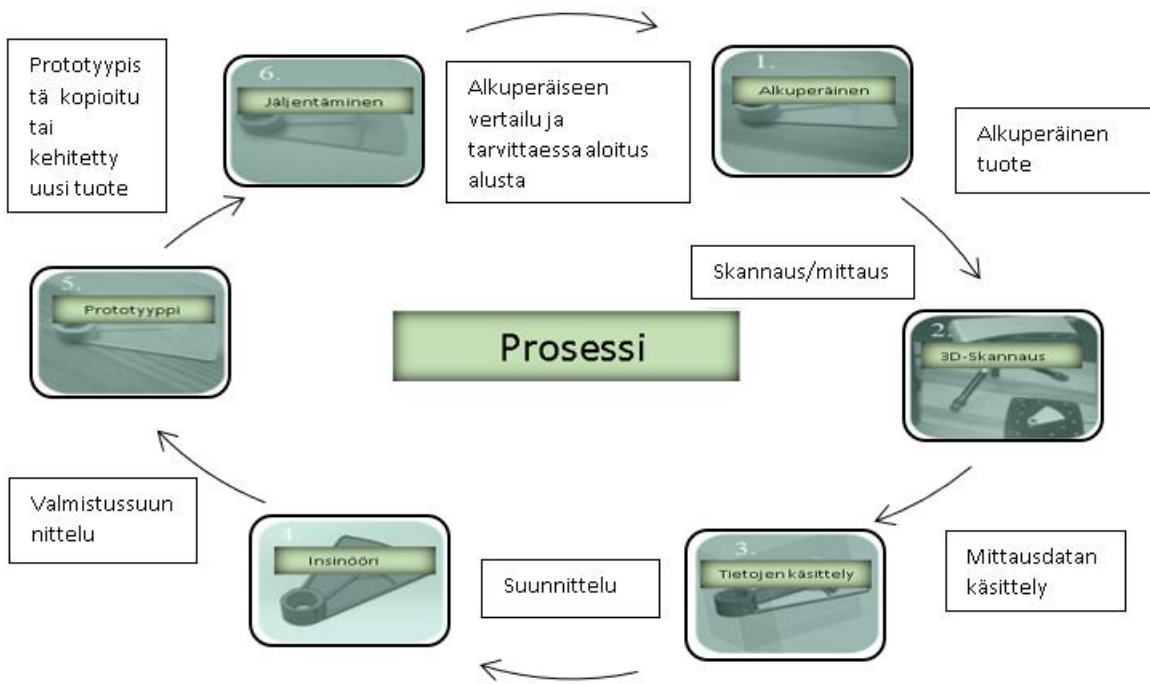
## 4 KÄÄNTEISSUUNNITTELU KONEENSUUNNITTELUSSA

Käänteissuunnittelu on olemassa olevan tuotteen kehittämistä ja tutkimista. Käyttökohteita käänteissuunnittelussa on paljon erilaisia, jotka jakaantuvat kahteen joukkoon, jotka ovat tietokoneohjelmat sekä kone- ja laitesuunnittelu. Näillä voidaan luoda puuttuvia dokumentteja ja kerätä tietoa mitoitus- ja valmistusprosesseista sekä tutkia kulumista, vaurioita ja tästä saadun tiedon avulla on mahdollista tuottaa valmistus- ja vaihekuvia CAD-ohjelmistoilla 2D-kuviksi ja 3D-malleiksi ja mahdolliseen tutkimustyöhön. Tämä edellyttää kehittyneitä digitaalisia mittaustekniikoita ja tietokoneohjelmia, jossa mittatiedoista muodostetaan CAD-malleja. Mittatiedot saadaan ottamalla riittävä määrä mittapisteitä kappaleen pinnasta, minkä seurauksena saadaan pistepilvi. Pistepilvestä saadaan selville kappaleen ominaisuuksia ja muotoja sekä voidaan luoda kolmioverkko pintamallin muodostamiseen. Pintamallia on kuitenkin muokattava CAD/CAM-ohjelmilla, jotta kappale saadaan valmistettavaan muotoon. (Roiha 2020.)

Konetekniikassa halutaan tutkia tuotteen valmistusprosessia, jolla tuote on saatu nykyiseen muotoonsa. Tämä tuo mahdollisuuden parantaa tuotteen ominaisuuksia ja kehittää niitä paremmaksi. Historiasta voidaan saada hyviä esimerkkejä käänteissuunnittelusta, kuten Rooman valtakunnan sodasta, jossa vastapuolella oli nopeammat laivat ja ratkaisu täytyi löytyä. Ongelma ratkaistiin, niin että sotasaaliiksi saatu vihollisen laiva purettiin, tutkittiin ja kopioitiin. Samoin tehtiin toisessa maailmansodassa. Neuvostoliitto purki ja tutki Yhdysvaltojen pommikoneen valmistusmenetelmiä ja valmisti kopioimalla heille samanlaisen koneen. (Roiha 2020.)

### 4.1 Käänteissuunnittelun kulku

Prosessinkulku käänteissuunnittelussa kiertää alkupisteestä takaisin alkupisteeseen. Olemassa oleva laite siis 3D- skannataan, käsitellään tallennettu mittausdata, suunnitellaan ja mallinnetaan tuote, jonka jälkeen verrataan tuotetta alkuperäiseen. (KUVIO 1.) Tuukka Roihan diplomityössä on hyvin kuvattu prosessikulkukaavio.



KUVIO 1. Käänteissuunnitteluprosessi (Mukaillen Roiha 2020.)

## 4.2 Käänteissuunnittelun tekniikat

Tärkeimpinä menetelminä käänteissuunnittelussa käytössä ovat koskemattomaan menetelmään perustuvat 3D-skannerit (KUVA 2.) ja erilaiset kosketuksen vaativat mittalaitteet, joilla olemassa oleva tuote saatetaan digitaaliseen muotoon käsiteltäväksi. Nopeimpia menetelmiä ovat koskemattomaan mittaamiseen perustuvat menetelmät. Näitä ovat suuremmille kappaleille aktiiviset impulssin tai valon kulkuajan ja kulman perusteella mittaustuloksen määrittävät menetelmät, sekä passiiviset menetelmät. Nämä toimivat parhaiten pienille kappaleille ja lyhyillä etäisyyksillä perustuen valon heijastumiseen kappaleen pinnasta. (Roiha 2020.)

Napsauttamalla valokuvia eri kulumista referenssimarkereilla ja hyödyntämällä kolmioiden periaatteita, lasketaan tarkat pisteet 3D-koordinaattitasolle.



KUVA 2. 3D-skanneri (Centria ammattikorkeakoulu)

Mittausmenetelmistä vanhimpia ovat mittalaitteet, jotka perustuvat kosketukseen. Työntömitat ja erilaiset tulkit ovat suosittuja edullisuuden ja yleisyyden vuoksi, Näissä kuitenkin ongelmana tiedon siirtäminen sähköiseksi. Parempia, vaikkakin hitaampia laitteita ovat koordinaattimittalaitteet, jotka tuottavat tiedon suoraan tietokeella käsiteltävään 3D-muotoon. Tarkemmissa ja vaativissa mittauksissa käytetään strukturoitua sinistä valoa, koska sen aallonpituus on pienempi kuin muun värillisillä valoilla. Tällöin suodatus pintavirheiden osalta on parempi. (Roiha 2020.)

## 5 LEAN

Toiminnan järkevöittäminen eli Lean-ajattelu on suuressa roolissa, kun puhutaan uusien asioiden suunnittelusta. Ydinajatuksena on prosessin parantaminen, niin että voidaan keskittyä tärkeimpään, eli tuotetaan tekemiseen ja turha tekeminen jää vähemmälle. Tavoite on saada tuotettua asiakkaalle arvoa parhaalla mahdollisella tavalla (Sixsigma).

### 5.1 Lean-periaatteet

Pyrkimyksenä parantaa prosessinkulkua jatkuvasti, tehostamalla virtausta ja saada arvoa asiakkaalle ja työntoimittajalle. Määritetään prosessin arvo perustuen asiakkaan toiveisiin (Leansixsigma). Periaatteisiin kuuluu arvoketjun tiedostaminen, jossa tunnistetaan tuotteet ja poistetaan turhat asiat prosessista. Otetaan työpisteelle vain ne asiat, jotka kuuluvat juuri siihen työhön.

Leanissa virtaus on yksi keskeinen tarkastelun kohde. Kun virtaus on hyvä, on kokonaisuus suunniteltu mahdollisimman selkeäksi ja helppokäyttöiseksi ja tuotteen kulku yhdensuuntaiseksi ja sujuvaksi. Prosessinkulkua ohjataan imuohjauksella, jolloin toiminta suunnitellaan mahdollisimman tehokkaaksi vastaamaan asiakkaan tarpeita. Lean periaatteisiin kuuluu, ettei prosessi ole koskaan valmis ja työn kautta pyritään saamaan mahdollisimman paljon parannuksia. Tätä kutsutaan täydellisyyteen pyrkimiseksi. Leanin tavoitteena on työnmielekkyys, joka saavutetaan ajattelemalla asioita työnsuorittajan näkökulmasta ja tehdään parannuksia näiden ajatusten kautta.

### 5.2 Hukka

Hukka kuuluu keskeisesti Leanin periaatteisiin, joten käsitellenkin hukkaa hieman laajemmin peilaten ajatuksia tarkemmin omaan työhöni. Hukkaa on ja sitä tulee aina olemaan, mutta sitä tulee määrätietoisesti vähentää. Tässä työssä hukan ilmenemistä on havaittu useissa hyvin selkeissä prosessin vaiheissa ja näitä on ryhdytty poistamaan kehittämällä parempaa ratkaisua valssinlaakerointiprosessiin.

Hukkaa muodostuu kahdeksasta erilaisesta hukasta, joita on varastointi, siirtyminen, yliprosessointi, hyödyntämätön potentiaali, virheet, ylituotanto, odottaminen ja kuljettaminen. Pahin näistä ylituotanto, jossa esiintyy turhaa varastointia, kuljetusta, materiaalin hankintaa ja resurssintarvetta. Näitä voidaan



minimoida tekemällä vain sen verran, kun on tarve. Odottaminen voi olla työnaloituksen-, toisen henkilön-, työkalun odotusta tai vajaita työmääriä. Vajaa virheiden tunnistaminen prosessissa ja niihin hidas reagointi sekä ylimääräisten työvaiheiden jättäminen. Tarpeeton liikkuminen ja tavaroiden turha liikuttelu sekä vähäinen työskentely paremmin tuottavien asioiden tehostamiseksi aiheuttavat selkeästi hukkaa ja lisäävät läpimenoaikaa. Eikä materiaalin, raaka-aineiden sekä valmiiden ja keskeneräisten tuotteiden varastoitumiseen sitomaa pääomaa ja työkustannuksia huomioida. Henkilöstön potentiaali jää tarkastelematta, eikä ihmisten toimintaa ja paikkoja sekä jatkuvaa parantamista huomioida. (Mflow.)

Työssä ylituotannon näkökulmaa tarkasteltaessa pyritään tuotteen kuljetus ja siirtely saamaan mahdollisimman pieneksi ja prosessivaihe viemään läpi johdonmukaisesti valmistuen vain tilattuun osakokonaisuuteen tarvittavat osat, jolloin varastoinnin- ja resurssin tarve pienenee.

Työkalujen määrä suunnitellaan mahdollisimman vähäiseksi ja tarvittavat merkitään selkeästi ja sijoitetaan ne helposti saataviksi. Koneenkäytön tulisi olla loogista ja ohjeistuksen ymmärrettävää ilman erillistä tulkitsijaa. Tärkeää on myös selvittää kuormitus- ja läpimenoajat, jolloin ruuhkautumista ei pääse syntymään ja työ on sujuvaa eikä odotushukkaa tule.

Virheiden mahdollisuus on aina olemassa, mutta lähtökohtaisesti koneensuunnittelu on ajateltava niin, ettei konetta oikein käytettynä tule virheitä. Joskus kuitenkin on mahdollista, että unohdetaan jotain ja tulee tehtyä virhe. Tällaisiin tulee varautua selkeällä ohjeistuksella, jolloin puuttuminen on nopeaa ja työ voidaan nopeasti uudelleen aloittaa.

Ulkopuolisten ihmisten turha liikkuminen työskentely alueella tulisi eliminoida turvallisen ja sujuvan työskentelyn saavuttamiseksi, mikä voitaisiin toteuttaa selkeällä ohjeistuksella. Suunnitellaan työpiste niin, ettei synny turhia varastoja, jotka sitovat pääomia. Tavaroiden- ja tuotteiden liikkumista tulee hallita ja pyrkiä suunnittelemaan prosessinkulku niin, ettei tuotteita tarvitse liikutella tarpeettomasti. Tavaroiden ollessa oikeilla merkityillä paikoilla ja tuotteiden liikkeessa yhteen suuntaan, saadaan aikaan sujuvavirtaus ja hukka vähenee.

Yliprosessointi on mielestäni vaativa osa-alue. Aina olisi hyvä tehdä todella hyvää, mutta samanaikaisesti tulee ajatella, mitä asiakas on valmis maksamaan ja mitkä ovat vaatimukset. Laakerointiprässin suunnittelussa suunnittelutyötä ohjaa valmistuksen mallintaminen riittävän tasokkaasti, jotta suunnitteluprosessi voi tuottaa asiakkaan vaatimukset täyttäviä tuotteita.

Potentiaalin hyödyntäminen suunnitteluprosessissa on aivan keskeinen toimivan ja tavoitteet täyttävän lopputuloksen saavuttamiseksi. Käyttäjäkokemuksen hyödyntäminen sekä tuotantoprosessin tuntemuksen ja mekaniikkasuunnitteluosaamisen hyödyntäminen ovat keskeisiä asioita.

### 5.3 5-S

5S-menetelmä tunnetaan siisteyttä ja järjestystä käsittävistä asioista. 5S- menetelmä luo selkeyttä asioille ja tuo esille ongelmakohtia, kuten puutteita säilytysratkaisuissa. Työssä koneensuunnittelussa tärkeänä teemana on sujuva ja turvallinen koneenkäyttö, jolloin siisteys ja järjestys ovat aivan keskeisiä. Tuotteen valmistuksen koneella tulee olla tarkasti suunniteltavissa ja selkeää.

5S-menetelmällä voidaan parantaa turvallisuutta ja laatua luomalla työn menetelmistä miellyttäviä ja tehokkaita. Se ei kuitenkaan ole erillinen toiminto tai yksittäinen asia, joka suoritetaan kerran, vaan jatkuvainen työn tuottavuutta parantamaan kehitetty menetelmä ja toimintamalli. Se perustuu organisointiin työpaikalla sekä standardisointiin työmenetelmissä. Tällä voidaan minimoida hukkaa sekä ei arvoa tuottavaa toimintaa. (Kiwa).

5S-menetelmä koostuu viidestä osa-alueesta, joista ensimmäinen on sortteeraus. Tässä vaiheessa poistetaan kaikki ylimääräinen ja tarpeeton tavara työpaikalta. Toisena vaiheena systematisointi, jossa etsitään toimiva säilytysmenetelmä. Kolmantena siivous, joka tarkoittaa työpisteen päivittäistä siivoamista. Neljäntenä standardisointi, jossa Standardisoidaan parhaimmat käytännöt. Viidentenä sitouttaminen, jolla ylläpidetään tavaksi otettuja menetelmiä sitouttamalla henkilöstö toimimaan menetelmän mukaisesti. Näiden viiden lisäksi voimme lisätä vielä kuudentena turvallisuuden, mikä tulee näiden viiden seurauksena. (Kiwa).

Tässä työssä sortteeraus on sitä, ettei koneen välittömässä läheisyydessä ole mitään ylimääräistä, kuten lavoja tai tarpeettomia työkaluja. Suunnitellaan siis sellainen kone, että sen käyttö on sujuvaa ja pärjätään mahdollisimman vähillä työkaluilla. Systematisointi ilmenee tarpeellisten apuvälineiden merkitsemisessä paikan ja tarpeen mukaan. Työpisteestä tehdään perusteellinen siivousohjeistus, jota noudatetaan. Toiminnan alettua työtä seurataan ja parhaaksi koetut käytännöt standardisoidaan. Henkilöstö perehdytetään ja koulutetaan tehtäviin ja otetaan heidän mielipiteensä huomioon. Näin sitoutetaan työhön ja saadaan mahdollisimman hyvä työkokemus.

## 6 LAAKEROINTIPRÄSSIN SUUNNITTELU

Murska-valssimyllyihin asennettavat valssit täytyy laakeroida, joka tehdään prässäämällä ensin laakerit kiinnityslaippoihin ja laakeroidut osat edelleen valssinakseleille. Itse laakerointityö tehdään kahdessa vaiheessa, joista ensimmäisessä työvaiheessa on laakerien painaminen pystyprässillä kiinnityslaippoihin ja toisessa vaiheessa laakeroidut laipat painetaan valsseille vaakaprässillä. Laakeroinnin jälkeen valmiit laakeroidut tuotteet siirtyvät seuraavaan vaiheeseen. Laakeroinnissa joudutaan käyttämään puominostinta valssin siirtoihin ja kohdistuksiin, johon erityisesti halutaan etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja.

Työ alkoi saatavilla olevien valmiiden mahdollisuuksien kartoituksella, mikä hyvin pian todettiin turhaksi työvaiheen ainutlaatuisen menetelmän vuoksi. Tästä alkoi uuden laitteen ideointi, joka käynnistyi ensin vanhan laitteen pohjalta. Tarkoituksena pitää kone mahdollisimman yksinkertaisena, hyödyntää vanhan koneen ratkaisuja ja ideoida uudenlaisia ratkaisuja parantamaan kokonaisuutta.

Työssä suunnittelua ohjaa jatkuva vuorovaikutus tilaajan kanssa, jossa asioita peilataan aiemman tekemisen kautta saatuun tietoon ja työntekijöiden ajatuksiin. Perusajatuksena kuitenkin, että suunnitellaan aiempaa turvallisempi, toiminnaltaan tehokkaampi ja selkeämpi kokonaisuus.

### 6.1 Käänteissuunnittelu

Tässä työssä tuotteen suunnittelutyö alkoi tarpeesta jatkokehittää nykyistä tuotetta tai kokonaan uuden tuotteen kehittämistä. Historiallisesti käänteissuunnittelua on tehty purkamalla koneita ja kopioimalla omiin tarpeisiin samanlaisia tuotteita, kuin kilpailijalla.

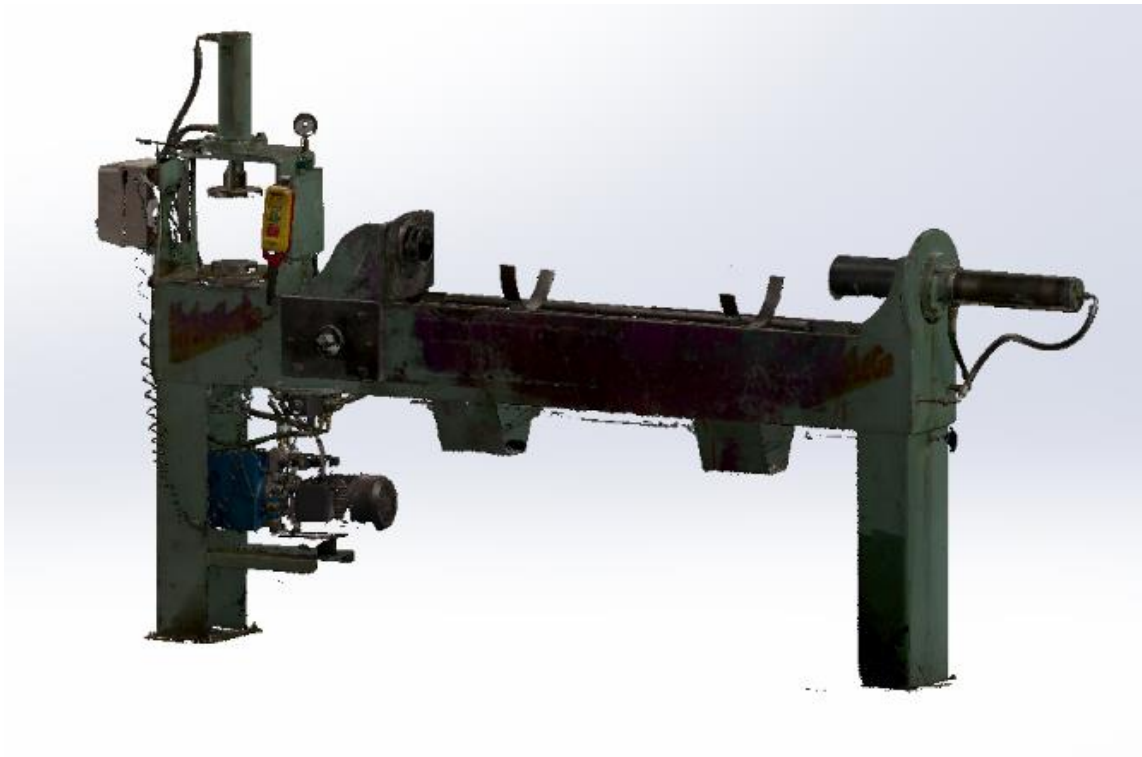
Käänteissuunnittelu on tekniikka, jolla tehdään tuotekehitystä ja tutkitaan olemassa olevia koneita tai laitteita. Käänteissuunnittelun painottuen nykyisin 3D-maailmaan, jolloin työ pohjautuu tietokoneohjelmiin ja digitaalisiin apuvälineisiin. Konetekniikassa se tarkoittaa, että tavoitteena on nykyisen laitteen tai tuotteen valmistusprosessin selvittäminen, mikä tuo mahdollisuuden ominaisuuksien parantamiseen tai valmistettavuuden kehittämiseen. (Roiha 2020.)

## 6.2 Havainnointi

Paikan päällä havainnointi tarjoaa mahdollisuuden konkreettiseen havainnointiin ja helpottaa näin todellisten mittasuhteiden ajattelua. Saimmekin heti työn alkuvaiheessa mahdollisuuden tarkastella työkulkua työntekijän suorittaessa työvaiheen ja näin saimme todella tärkeää tietoa ongelmakohtista ja kehitystarpeista.

## 6.3 3D-skannaus

Käänteissuunnittelu on olemassa olevan tuotteen mallintamista erilaisia tekniikoita käyttäen havainnoinnista tarkkoihin 3D-mittauksiin. Tässä työssä käytimme käsin kannateltavaa 3D-skanneria, joka perustuu pistepilven muodostamaan tulokseen. Kävimme paikan päällä skannaamassa käytössä olevan laitteen, josta saimme hyvän yleiskuvan olemassa olevasta prässistä (KUVA 3). Tämän kuvatun mallin pohjalta oli hyvä käänteisen suunnittelun avulla mallintaa kone ja saada pohjaa suunnitteluun.

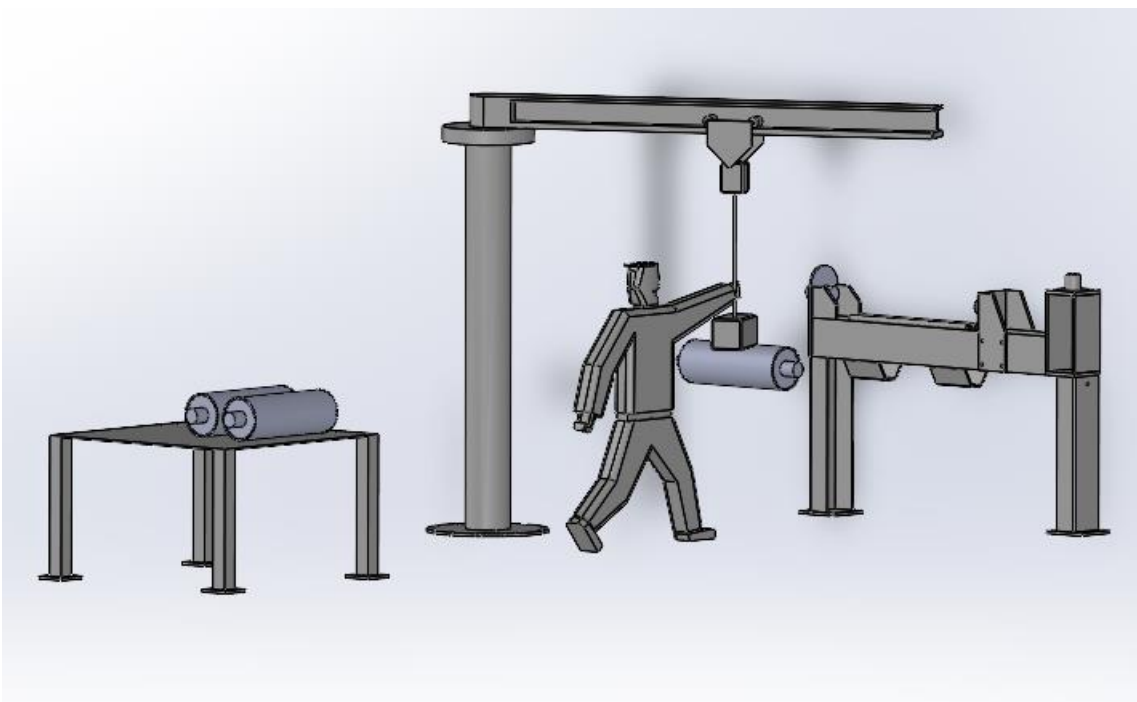


KUVA 3. Käytössä oleva prässä skannattuna, (Aimo Kortteen Konepaja Oy.)

## 6.4 Mallinnus

Skannatun kuvan, valokuvien ja havainnoinnin pohjalta mallinnettiin alkuperäisen koneen mukainen malli. Mallista tehtiin tarkoituksella hyvin pelkistetty, mutta mahdollisimman lähelle olemassa olevaa konetta. Eli kaikki oleellinen mallinnettiin, mikä on tarpeen valssin laakeroinnissa.

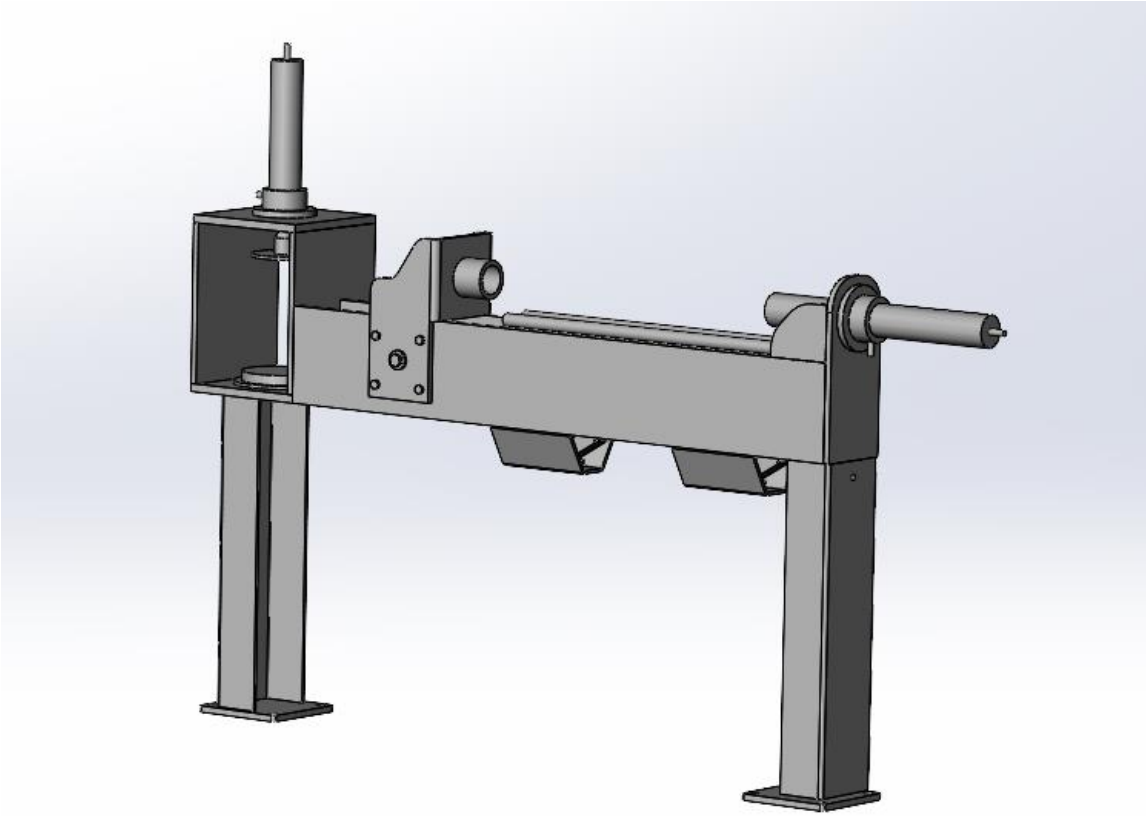
Skannatun mallin ja havainnoinnin pohjalta voidaan luoda malli Solidworks -suunnitteluohjelmistolla, joka kuvaa toiminnaltaan mahdollisimman lähelle olemassa olevaa tilannetta (KUVA 4).



KUVA 4. Työskentelytilanne nosturin kanssa.

Vanha laite koostuu kiinteästä rungosta, valssinnostomekanismista (kuvassa koneen jalkojen välissä), pulttikiinnitteisestä vastinkelkasta ja hydraulipuristimista (KUVA 5).

Lisäksi erillisestä magneettityökalulla varustetusta puominosturista, jolla valsseja käsitellään siirtäen ne pöydältä koneelle ja takaisin.



KUVA 5. Vanha kone

## 6.5 Hydrauliprässi

Hydrauliikka on tehon tuottamista nesteen virtausta ja painetta hyödyntäen. Laitteita ja koneita, jotka toimivat hydraulisesti on käsikäyttöisiä tai hydraulipumpulla varustettuja. Periaatteena on, että säiliöstä johdettavan nesteen paine tuotetaan joko vivulla tai moottorin pyörittämällä pumpulla ja johdetaan putkia pitkin venttiilien kautta sylinterille, jossa sylinterinvarsi liikkuu nesteen vaikutuksesta. Edelleen siitä tulee hydraulipuristin, kun sylinterinvarren pää lähestyy vastinkappaletta ja puristaa väliin jäävän aineen.

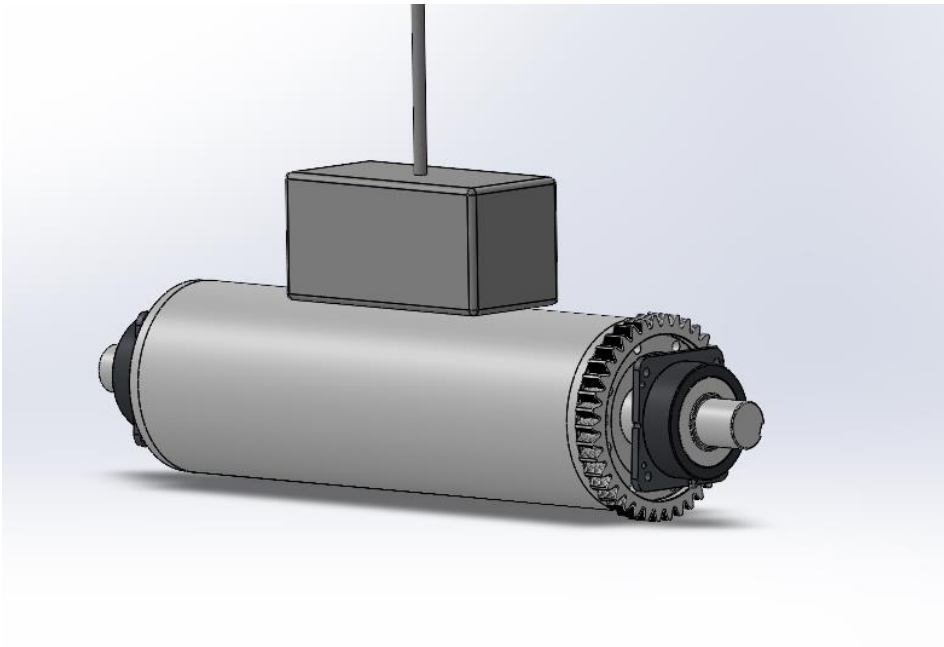
Valssin laakerointiprässi on käytännössä hydraulipuristin, joka on suunniteltu erityisesti tähän tiettyyn tarkoitukseen. Työ kohteena oleva kone toimii sähköllä, jolloin hydraulipumppu siirtää nesteen paineensäätö- ja ohjaus venttiilien kautta sylintereille. Koneen koostuessa kahdesta puristusvaiheesta, joista ensimmäisessä vaiheessa toimii sylinteri pystyssä, jolloin hydraulisynterit tekevät puristavan työn ohjattuna ylhäältä alas painaen valssin laakeri laakeripesään. Toisessa vaiheessa hydraulisynterit liikkuu vaakasuorassa puristaen laakeripesän akselille, mutta periaate on kummassakin sama.

## 6.6 Tavoitteita ja vaatimuksia

Tulevan uuden koneen, eli laakerointiprässin suunnittelun lähtökohtana oli, että suunnitellaan mahdollisimman selkeä kokonaisuus. Koneella tulisi mielellään pystyä työskentelemään ilman erillistä nostinta, sekä kokonaisuuden tulisi olla käyttäjälleen turvallinen ja helposti käytettävä. Näiden tavoitteiden toteutumisen jälkeen on hyvin todennäköistä, että tuotannon läpimenoaika tulee pieneneään ja hukan määrä vähenee turhan siirtelyn ja koneen säätämisen jäädessä pois. Työstä tulee mielekkäämpää, turvallisempaa ja ergonomisempaa ja työntekijöiden viihtyminen työssä paranee.

## 6.7 Valssin käsittely

Aiempien havaintojen ja pienen seurantajakson tuloksena oli työskentelyssä nykyisellä laitteella havaittavissa ongelmia työturvallisuuden näkökulmasta, joita ilmeni erityisesti valssinkäsittelyssä. Valssien jatkuva nosteleminen ei tuntunut turvalliselta epävakaan tartunnan vuoksi (KUVA 6). Nostoissa valssin putoamisvaara on koko ajan läsnä, mikä mielellään haluttaisiin eliminoidua kokonaan pois.

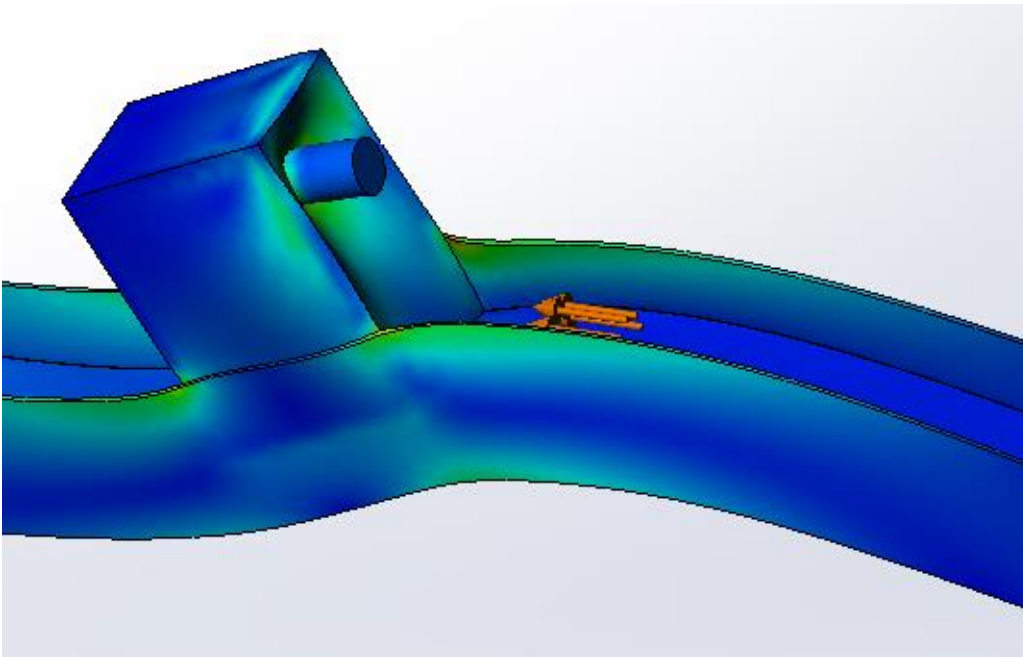


KUVA 6. Havainnekuva heikosta tartunnasta.

## 6.8 Muodonmuutos

Keskustelujen ja katselmusten päätelmänä totesimme yhdeksi tärkeäksi parannusvaatimukseksi, että tukirungon tulisi olla hieman vahvempi, sillä entistä joutui aika ajoin säätämään suoraan.

Tästä hyvin pelkistetty malli, jossa näkee hyvin materiaalin muodonmuutoksen rasiitustilanteessa (KUVA 7). Rungon kiinnityksen ollessa koneen päissä, joutuu alimitoitetturunko taipumaan yli materiaalin myötörajan eikä palaudu alkuperäiseen tilaansa.



KUVA 7. Havainnekuva rasiituksesta

Materiaalien muodonmuutoksista puhuttaessa, puhutaan kimmoisesta tilasta, jolloin muodonmuutosten ja jännitysten välinen suhde on lineaarinen. Silloin voidaan sanoa, että materiaalitila on elastinen ja muoto palautuu kuormituksen jälkeen alkuperäiseen. Kuormitustason noustessa tullaan myötörajalle, minkä jälkeen materiaali muuttuu plastiseksi eikä palautumista alkuperäiseen muotoon enää toteudu. Tästä edelleen kuormituksen kasvaessa saavutetaan murtoraja, minkä jälkeen materiaali alkaa murtua. (Vertex Systems.)



Muodonmuutosten tarkastelussa lineaarielastisella materiaalilla voidaan noudattaa Hooken lakia.

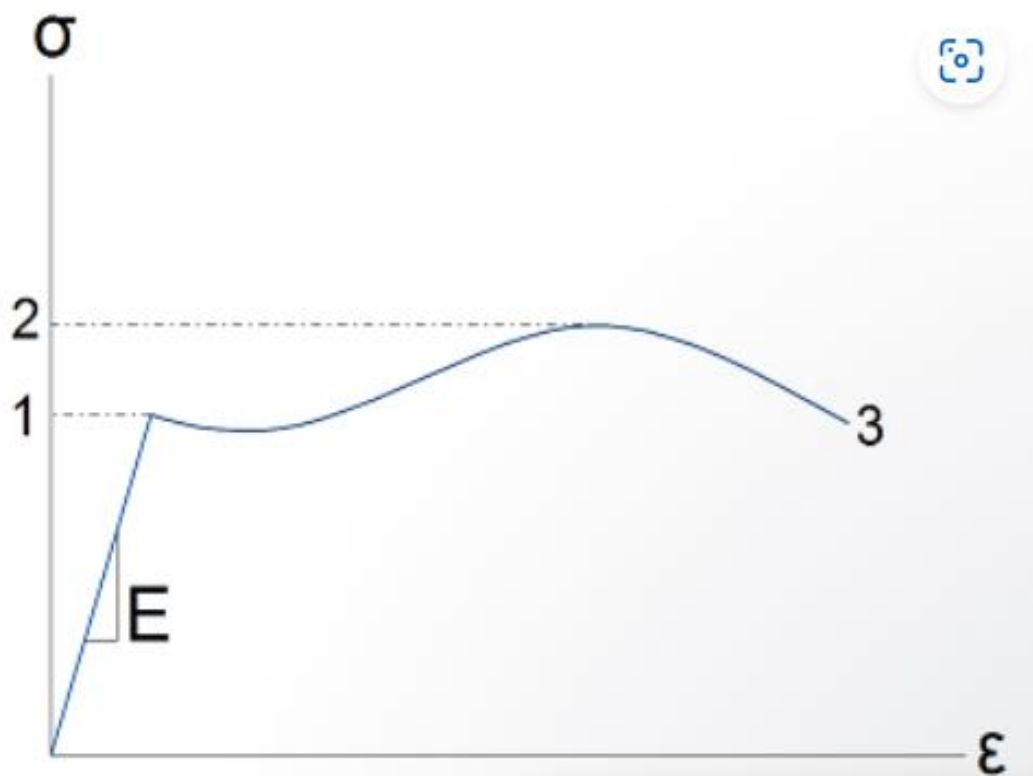
Hooken laki:

$$\sigma = E\varepsilon$$

Missä  $\sigma$  on jännitys,  $E$  on kimmokerroin ja  $\varepsilon$  on venymä

Alla kaaviokuva materiaalinmuodonmuutoksesta (KUVIO 2.), jossa käyrä näyttää:

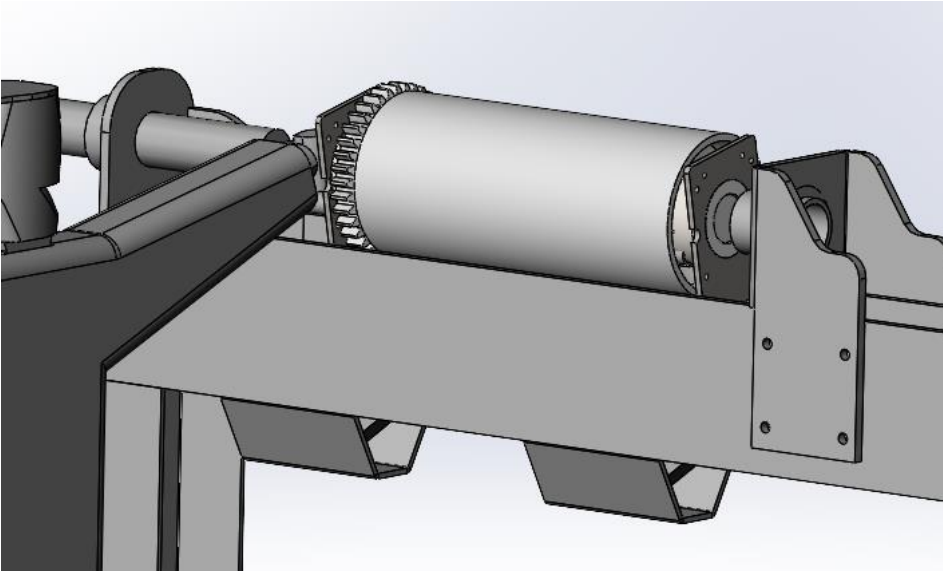
Ensimmäinen myötörajan, toinen murtorajan ja kolmas aineen murtumisen. (Vertex Systems.)



KUVIO 2. Muodonmuutoskaavio (Vertex systems 2017.)

## 6.9 Työskentelytila

Toisena ongelmana nähtiin laakeroitujen laippojen asettaminen, jossa käsin tehtävä asetustyö tehtiin hyvin haastavasti pienessä tilassa, jolloin käden puristumisen mahdollisuus on aina työtä tehtäessä. Näin ollen uuden suunnittelussa olisi kiinnitettävä vahvasti huomiota riittävään työskentelytilaan (KUVA 8).

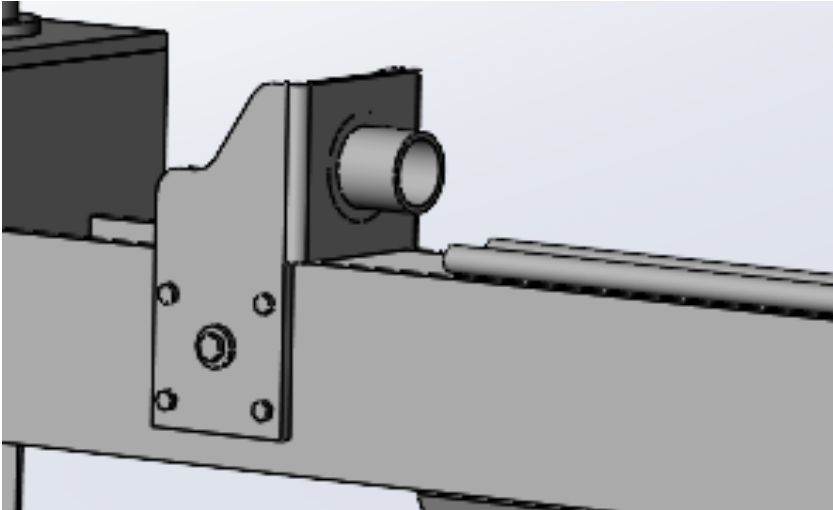


KUVA 8. Havainnekuva käden puristumisen vaarasta.

## 6.10 Ideointi

Uutta kehittäessä tulee eteen useita erilaisia vaiheita. Tässä tapauksessa, vaikka suunnittelun pohjalla oli vanha kone, jouduimme käymään läpi useita toteutuksen vaihtoehtoja. Tavoitteena löytää paras ja kyseiseen käyttöön toimivin ratkaisu mallintaen yhdessä erilaisia mahdollisuuksia.

Ensimmäiseksi alkoi vapaa ideointi. Lähtökohtaisesti oli ajatus saada työskentelytilaa ja päästä eroon puominostimesta, joten vastinkelkan siirtyminen oli saatava riittävän selkeäksi ja turvalliseksi. Vanhassa laitteessa on pulttikiinnitteinen vastinkelkka, joka on hidas siirtää eikä sovellu nopeaan siirtelyyn (KUVA 9).

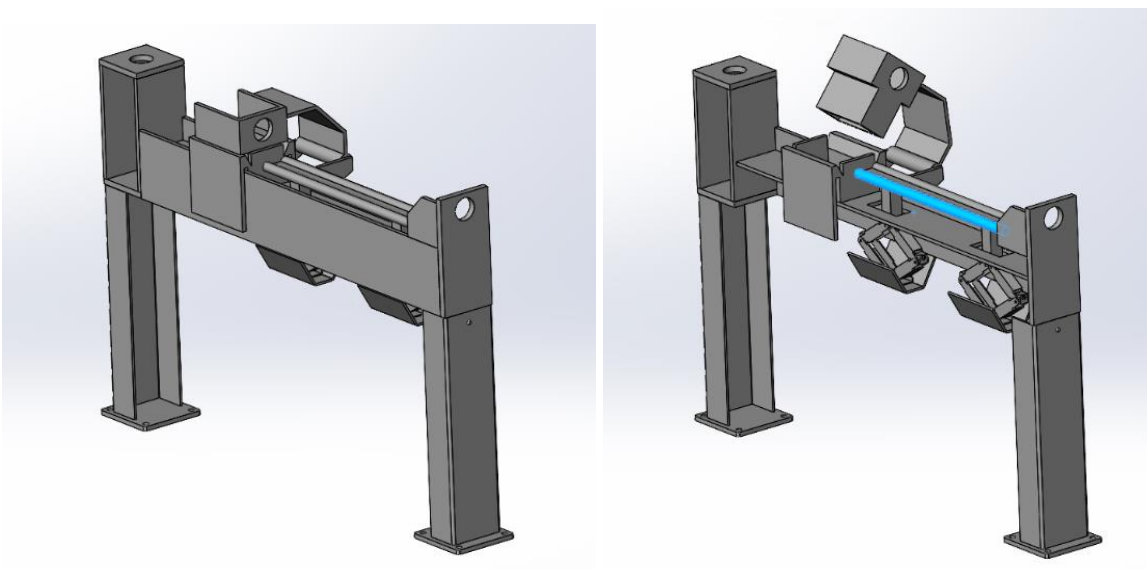


KUVA 9. Vastinkelkka vanhassa laitteessa.

### 6.10.1 Työskentelytilan tarkastelua

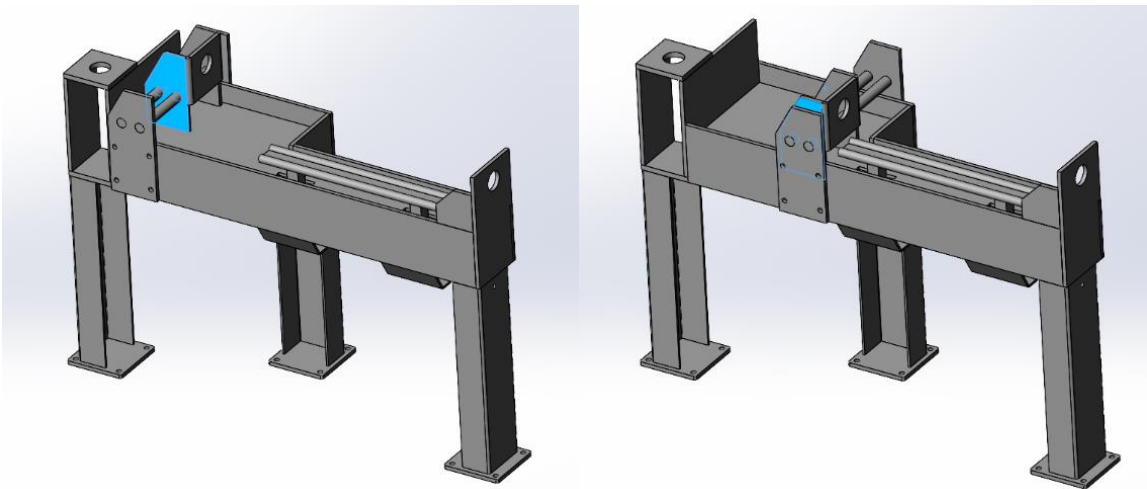
Ideoinnin seuraavassa vaiheessa keskityttiin laitteen pakollisiin liikkuviin ja kiinteisiin osiin, jossa hyvänä ajatuksena nähtiin hydraulipuristimen kiinteä paikoitus. (KUVAT 10 ja 11) oikealla näkyy sylinterille varattu aukko ja vastaavasti vastinkelkassa vastinholkille aukotus.

Idea kääntyvästä vastinosasta, jolloin tilaa työskentelyyn tulisi sen myötä eikä vastin olisi edessä asetuksia tehdessä.



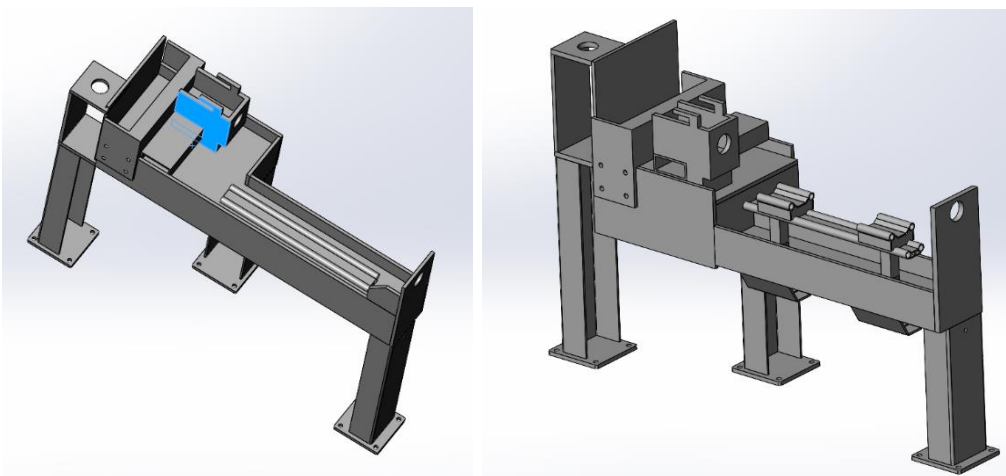
KUVA 10. ja 11. Käännettävä vastin

Idea kääntyvästä vastinosasta vaikutti ensin mielenkiintoiselta. Sillä saataisiin työskentelytilaa, mutta se vaikutti raskaalta ja vaativalta toteuttaa, joka vaatisi toteutuakseen turvamekaniikkaa. Näin ollen haettiin uusia ajatuksia, joita haettiin leventämällä konetta. Ajatus sivusuuntaan liikkuvasta vastinkelkasta alkoi tuntua hyvältä ajatukselta. Tutkittiin mallia, jossa vastinkelkkamekanismi kiinnittyi vanhalla tavalla runkoon eri etäisyyksille pulttikiinnityksellä ja liikkui johteilla sivusuunnassa antaen tilaa työskentelylle (KUVAT 12 ja 13).



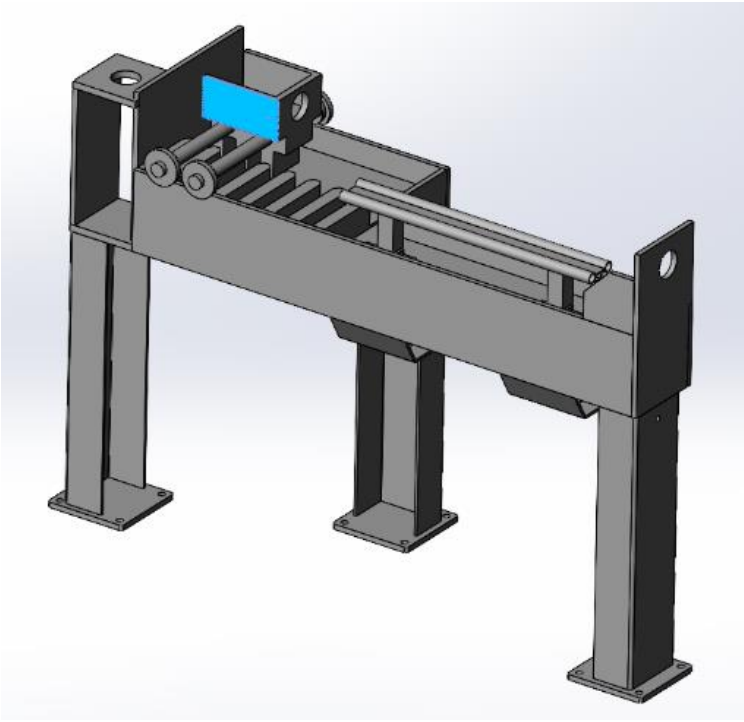
Kuvat 12. ja 13. Työskentelytilaa x- ja y suuntaan liikkuvalla vastinkelkalla.

Saman mallin mukaan tutkittiin johteille vaihtoehtoisia malleja (KUVA 14.) sekä erikokoisille halkaisijoille mahdollistavia versioita (KUVA 15).



Kuvat 14. ja 15. käsittelytilaa liukuvalla johteella.

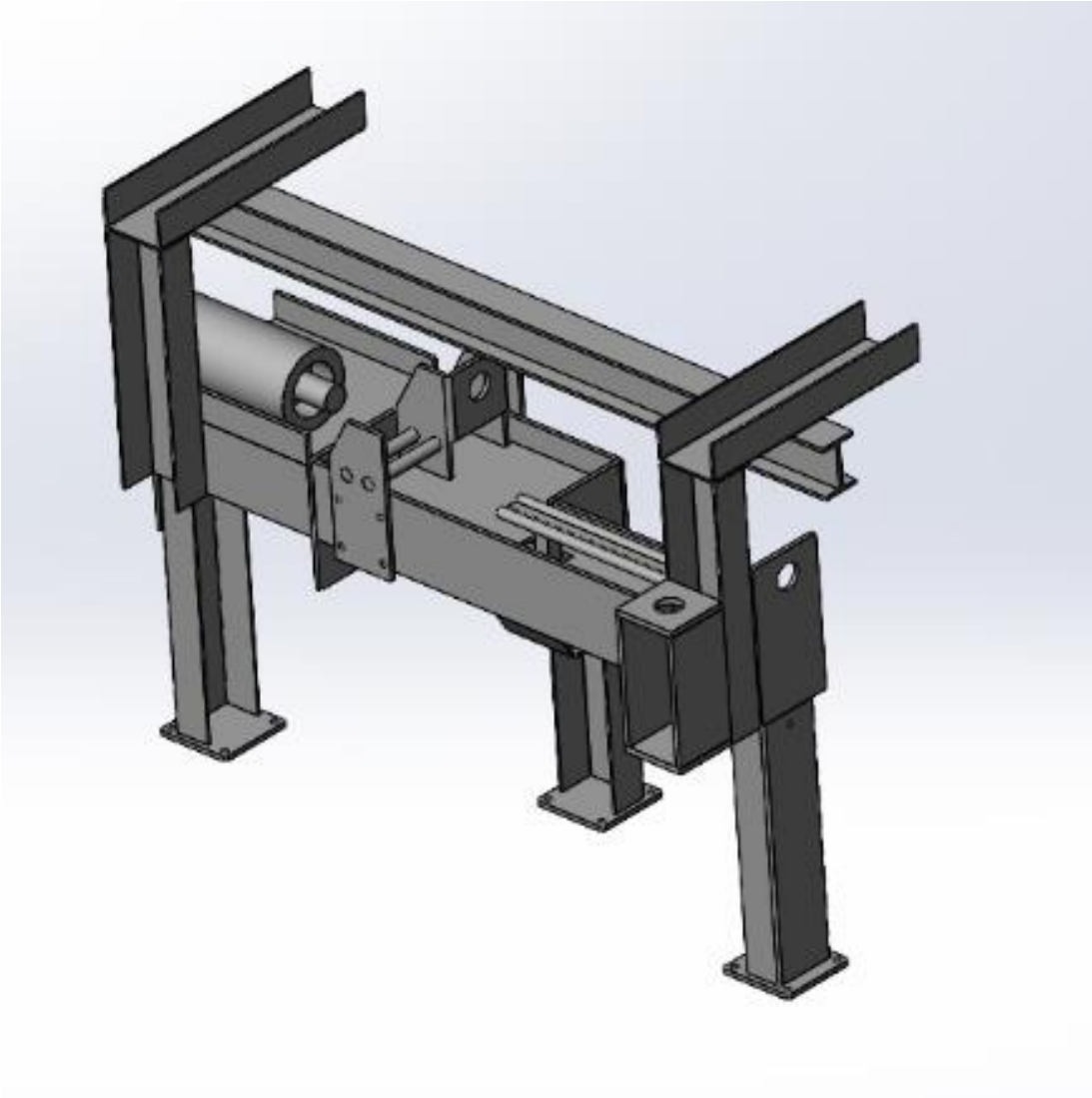
Aiemmin kiinteästi pulttikiinnityksellä lukittuva vastinkelkka oli hyvin kankea ja hidas ja se vaati työkaluja. Siihen haluttiin parempi ratkaisu. Idea pitkittäin liikkuvasta vastinkelkasta laakeroiduilla kiskoilla nousi mielenkiintoiseksi kokeiluksi (KUVA 16).



KUVA 16. Työskentelytilaa laakeroidulla vastinkelkalla.

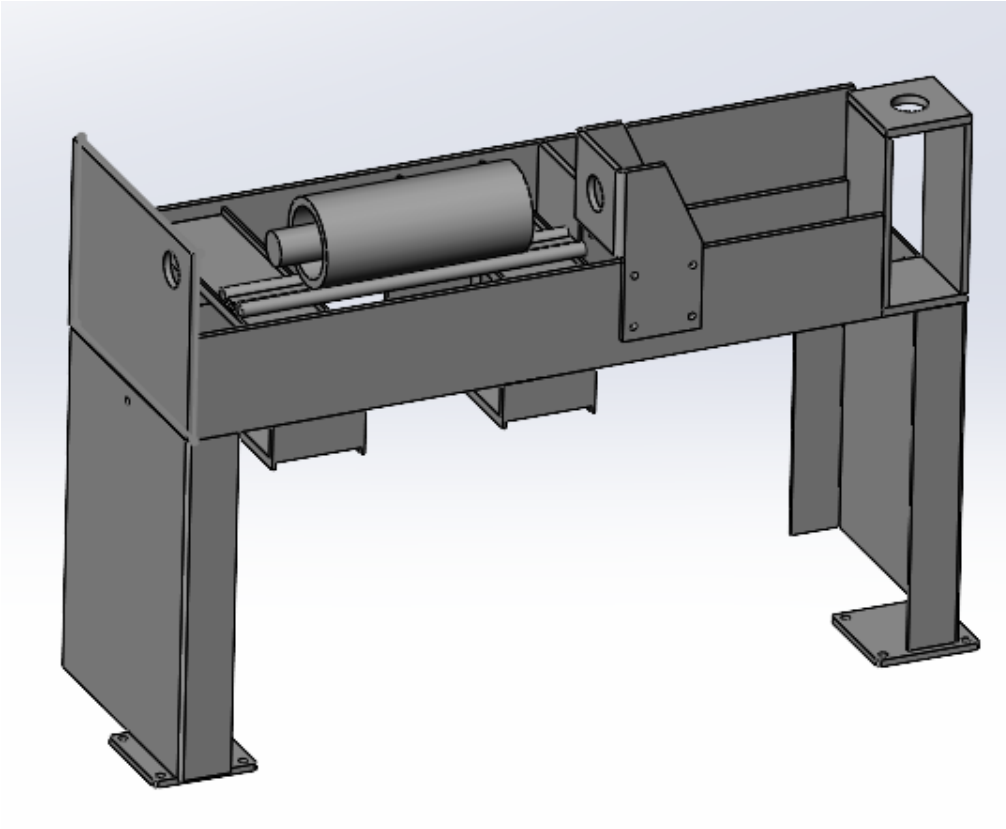
### 6.10.2 Valssin siirto

Valssin siirtäminen on toteutettu vanhassa laitteessa puominosturilla, josta tulisi päästä eroon. Tästä ensimmäinen versio (KUVA 17.) oli koneeseen kiinteästi asennettava rullakisko, jolla valssia voitaisiin siirtää. Tämä suunnitelma kuitenkin hylättiin nopeasti melko kankeana ratkaisuna. Mallissa vielä pulttikiinnitteinen vastinmekanismi, joka päätettiin jättää historiaan.



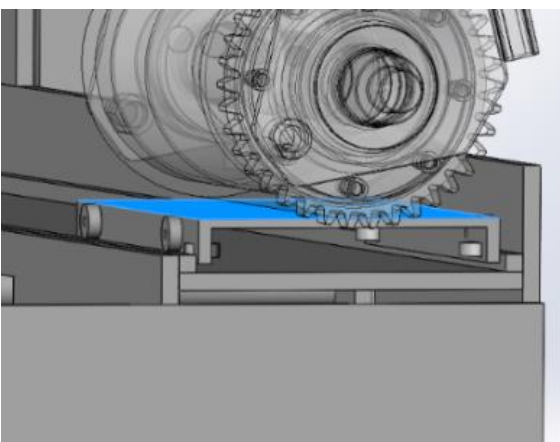
KUVA 17. Rullakiskoratkaisu

Etsittiin vielä ratkaisuja valssin tuomiseen puristimelle, josta yksi mielenkiintoinen versio oli mahdollisuus, jossa valssi tuodaan sivusiirrolla suoraan puristimelle ohi vastinkelkan (KUVA 18).



KUVA 18. Versiokuva, valssinsiirto sivusta.

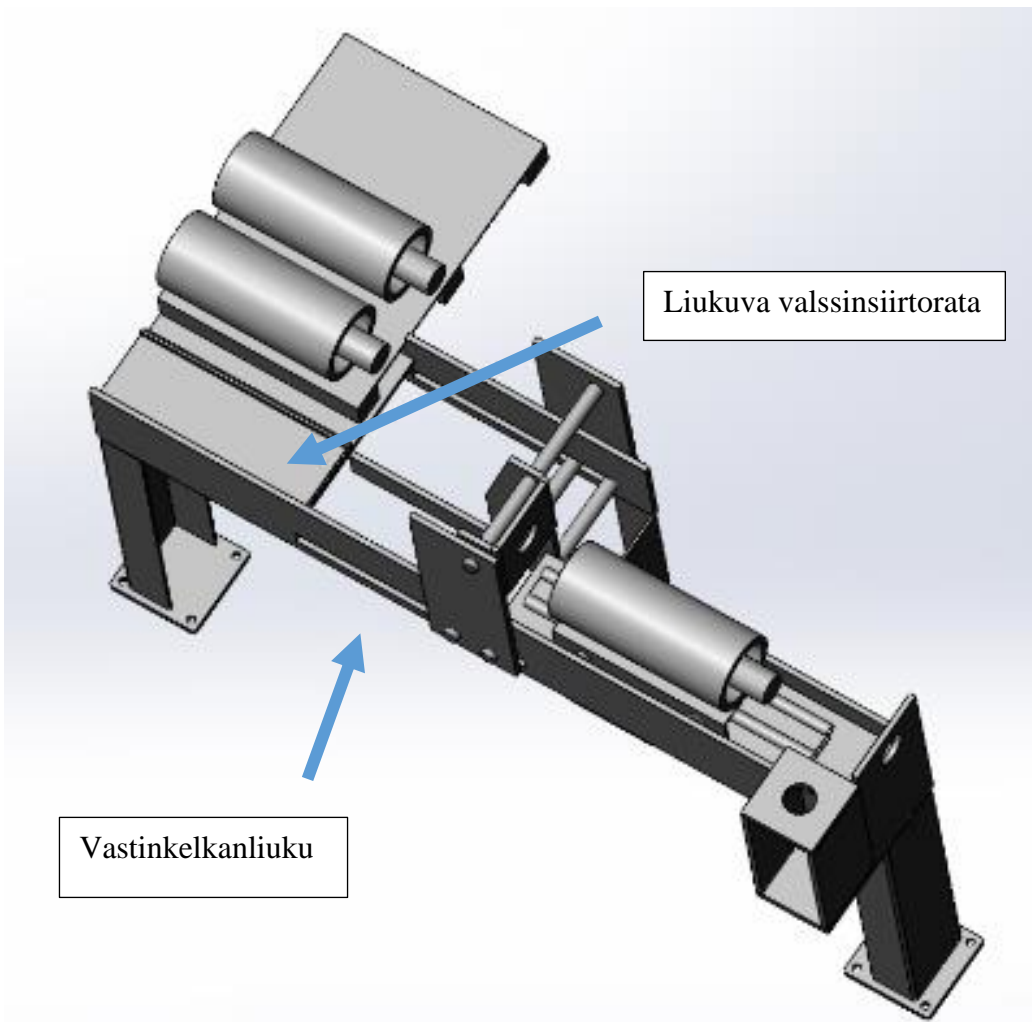
Sivusiirtoratkaisu osoittautui pian epäkäytännölliseksi eikä se vastannut tavoitetta nosturista luopumiseen. Täytyi keskittyä valssinsiirtoratkaisuihin ajatukseen, jossa valssi siirtyy koneessa pitkittäin. Valmiita ratkaisujakin olisi, kuten rullaratoja, mutta halusimme kuitenkin etsiä mahdollista meidän tapaksemme parasta mahdollista ratkaisua. Tähän ehdottomasti parhaana vaihtoehtona nousi jonkinlainen kiskoilla kulkeva kelkka, jolle olisi kulkurata alusta loppuun (KUVA 19).



KUVA 19. Valssin siirtoratkaisu.

Aiempien ajatusten ja pohdintojen jälkeen tarvittiin uudenlaista ajattelua. Täytyi löytää ratkaisu, jossa valssikelkka tulisi saada tuotua puristimelle nostamatta sitä ilmaan sekä saada vastinkelkka siirtymään aina valssin pituuden vaihtuessa. Tähän luonnosteltiin malli, jossa valssi siirtyisi kelkalla puristimelle liikkuvan pöydän päällä. Haasteena kuitenkin hyvin vikaantumiselle altis ratkaisu (KUVA 20). Tavoitteena oli löytää mahdollisimman selkeä ja käyttöä kestävä ratkaisu, jolloin tätä mallia ei voinut hyväksyä. Idea oli kuitenkin loistava, että voitaisiin tuoda valssi puristimelle ohittaen vastinkelkka vaivattomasti, joten päätös kehitystyöstä tämän tapaiseen ratkaisuun olisi hyvä jatkaa.

Samassa yhteydessä etsittiin ratkaisumallia vastinkelkan siirtymiseen pituussuunnassa. Tästä aiemmin hyväksi havaitun idean (KUVA 17.) pohjalta tutkittiin mallia, jossa vastin siirtyisi eri etäisyyksille vas- teeksi ja valssinsiirron edestä pois vaivattomasti. Alettiin hakea ratkaisua ideasta, jossa koko vastin- kelkkatelinettä voitaisiin siirtää rungon urissa liukuvilla akseleilla.



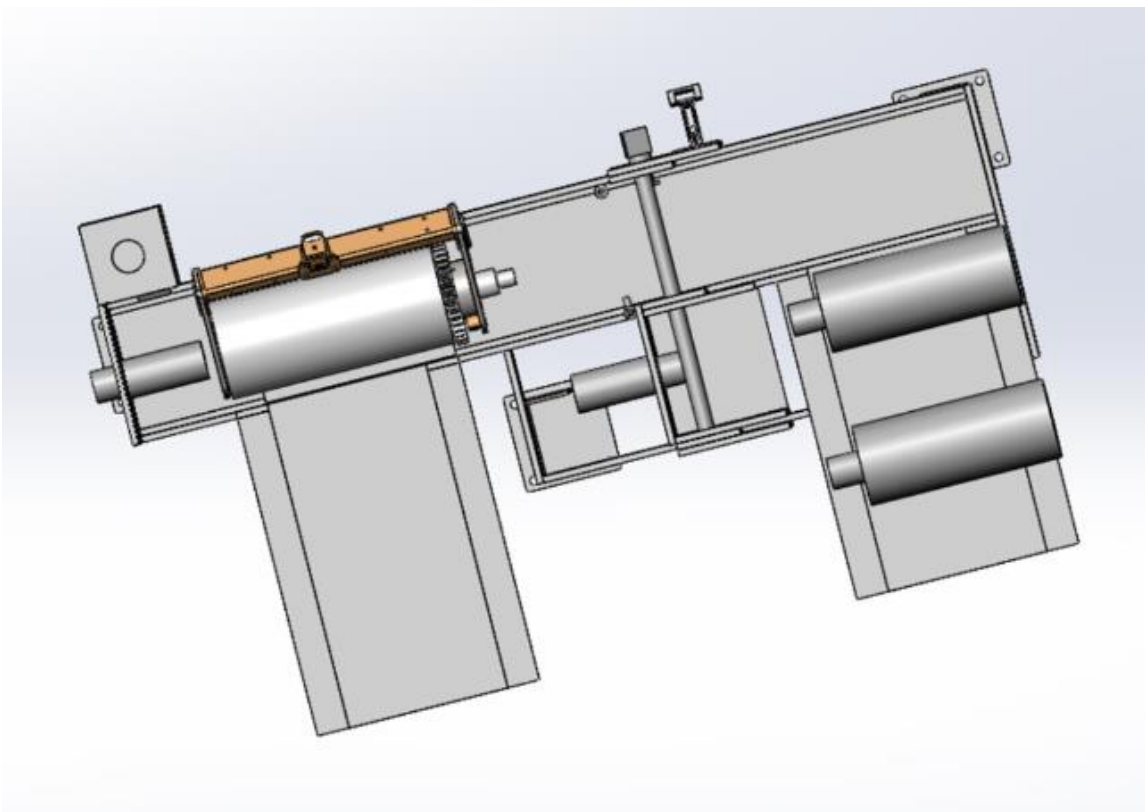
KUVA 20. Liukuva valssinsiirto



## 6.11 Versio 2.0

Kokonaisuus alkoi selkeytyä ja teimme tärkeitä huomioita, että rungon olisi hyvä olla kiinteä valssinsi-vusiirrosta huolimatta. Toteuttamalla pitkittäissiirto liukujohteita pitkin, voitiin valssi tuoda sivusiir-ronjohteiden alta sujuvasti perille.

Tässä yhteydessä keskusteluissa kävi ilmi myös hyvin oleellinen asia, ettei valssinkorkeudensäädölle ole niin suurta tarvetta vähäisen halkaisijoiden vaihtelun vuoksi. Tähän suunnittelimme ratkaisun, että nostimet korvataan vaihdettavilla korokelevyillä. Näin saatiin valssinkulkuradasta selkeä (KUVA 21).

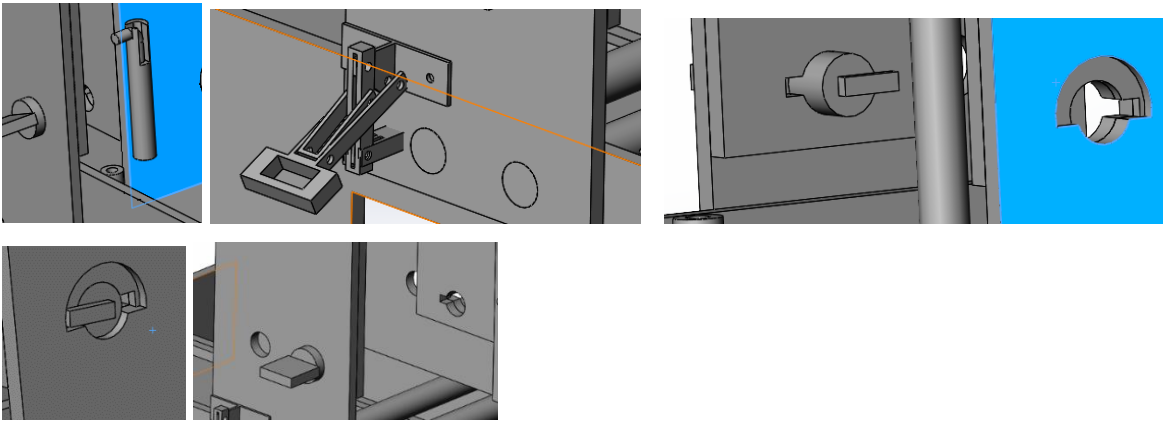


KUVA 21. Valittu toimintamalli.

### 6.11.1 Vastinkelkan lukitusratkaisuja

Liikkuvavastinkelkka täytyi jotenkin saada asemoitua paikoilleen ja alettiin tutkia vaihtoehtoja.

Ehdoiksi asetettiin, että lähtökohtaisesti lukituksen tulisi olla hyvin selkeä, helppo käyttää ja varmatoi-minen eikä varsinkaan kovin vikaherkkä (KUVA 22).

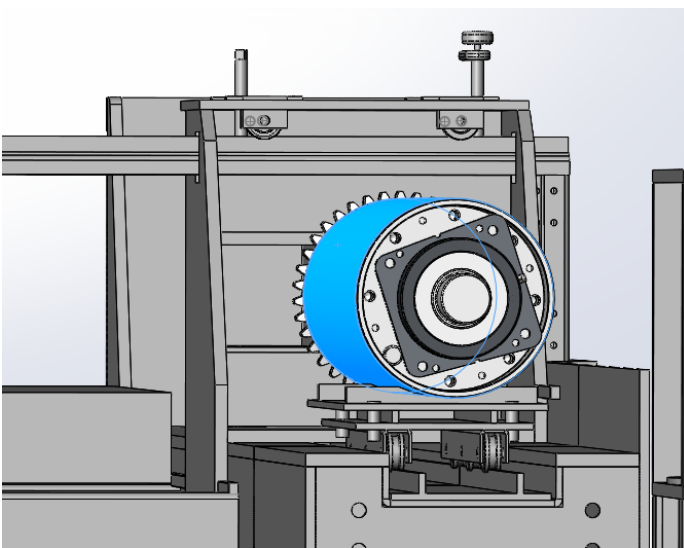


KUVA 22. Vastinkelkan lukitusversioita.

### 6.11.2 Valssinsiirto

Kuten jo aiemmin teimme hyviä havaintoja ja päätelmiä rullilla liikkuvasta valssinsiirtoratkaisusta, joista tehtiin erilaisia kokeiluja. Sillä ajatuksella, että löydettäisiin valssinsiirto ratkaisu, mikä voisi tapahtua ilman nosturia selkeästi ja varmatoimisesti. Lopulta päädyttiin (KUVASSA 23.) kaltaiseen ratkaisuun, jossa ei ole tarvetta nosturille valssin siirtyessä kiskoilla.

Version suunnittelussa monet muutkin asiat selkeytyivät, kuten huollettavuus ja valssin korkeuden säätö, joka voidaan tehdä aluslevyä vaihtamalla nopeasti ilman erillisiä työkaluja. Kokonaisuus on tukeva, kantaa 200 kg:n painoisen valssin ja on kevyt käsitellä.

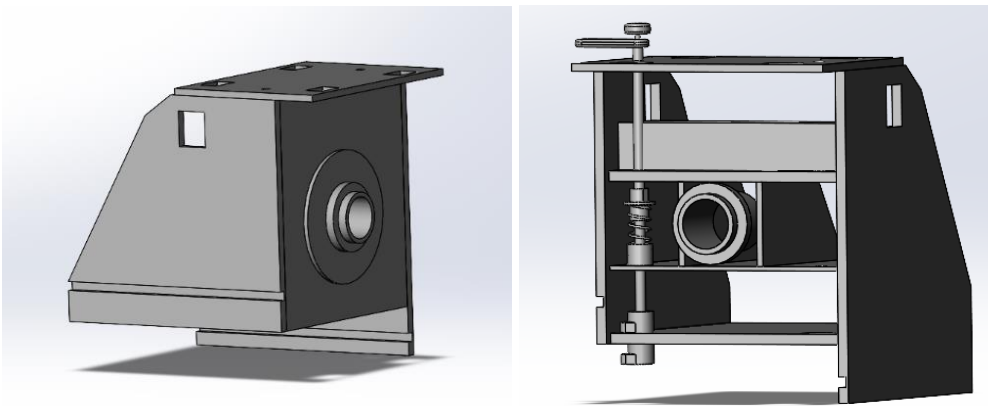


KUVA 23. Valssinsiirto

### 6.11.3 Vastinkelkka ja lukitus

Nyt vastinkelkan tarkasteluun alettiin kiinnittää huomiota ja tutkittiin ratkaisumalleja mahdollisimman tukevaan mutta maltillisen painoiseen lopputulokseen. Vanhassa koneessa oli pulttikiinnitteinen vastin, joka oli tukevasti paikoillaan mutta hankalasti siirrettävissä. Vastaavasti pystyi se olla hieman keveämpi rakenteinen. Täytyi uuden version rakenteen muodolla ja sen vahvistamisella löytää ratkaisu, jolloin rasituksessa kelkan muodonmuutos jäisi mahdollisimman vähäiseksi.

Kelkan voimakkaan kallistumisen estämiseksi täytyi suunnitella ratkaisu, jolla tämä saataisiin mahdollisimman vähäiseksi. Kävimme läpi vaihtoehtoja, joista selkeänä ja hyvänä vaihtoehtona valittiin ratkaisu, jossa koneen runko-osaan kiinnitetyt kiskot lukittuvat vastinkelkan uriin vähentäen voimakkaasti kallistumista. Kelkan edelleen liukuessa urissa ja siirtyessä sivusuunnassa tarvittiin lukitus, joka estää siirtymisen ja vähentäisi kallistumisen vaikutusta sekä ottaisi vastaan akseliholkkiin kohdistuvan voiman (KUVAT 24 ja 25).

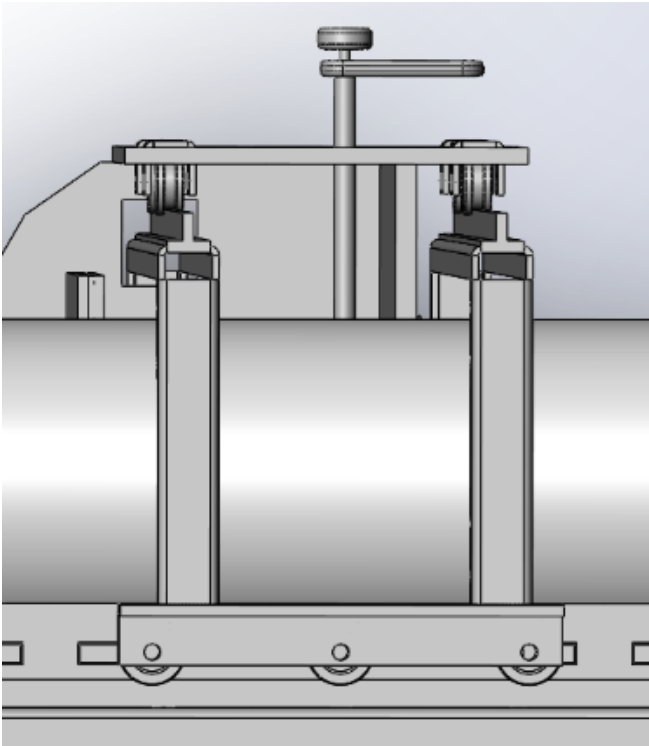


KUVAT 24. ja 25. Vastinkelkka

### 6.11.4 Vastinkelkan siirto

Vastinkelkan siirrosta tutkimme erilaisia vaihtoehtoja. Oli ajatuksia liukukiskoista, rullaradasta ja laakerirullaratkaisusta. Kaikilla kolmella ratkaisulla on omat hyvät- ja huonot puolet, joista liukukisko on selkein, mutta voi alkaa tuntua raskaalta. Rullarata ratkaisuna sietää hieman epäpuhtauksia, mutta siinä on paljon liikkuvia osia. Laakerirullaratkaisu on näiden välimaastosta ja vaikutti lupaavalta, kevyen

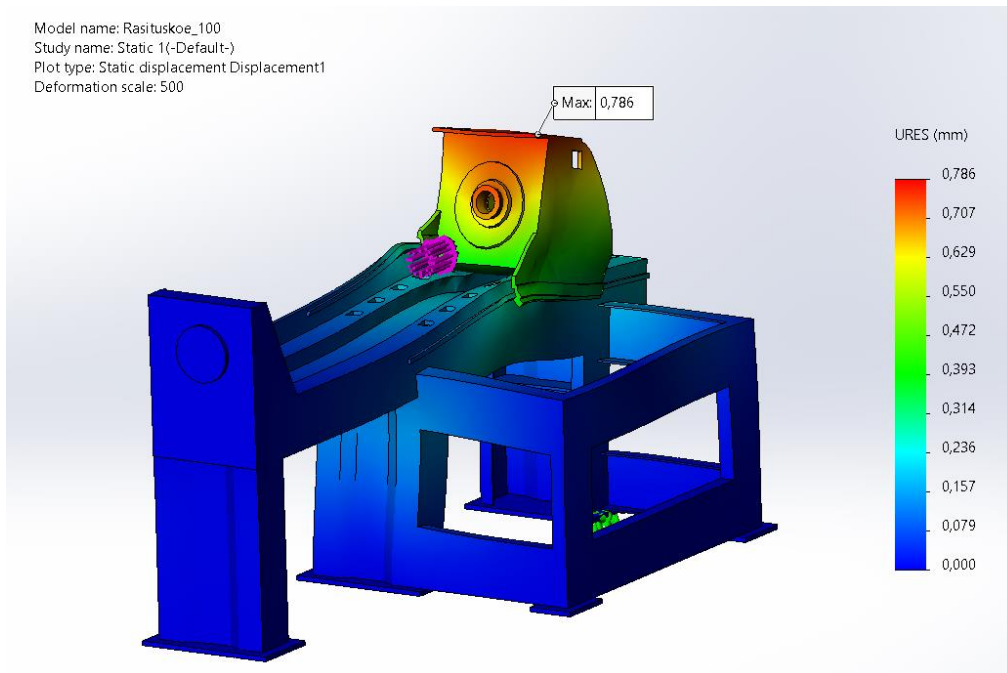
käytettävyyden vuoksi ja vaatii johteiden puhtaanapidon sekä rullahuoltoa kohtuullisesti verraten rullarataan (KUVA 26).



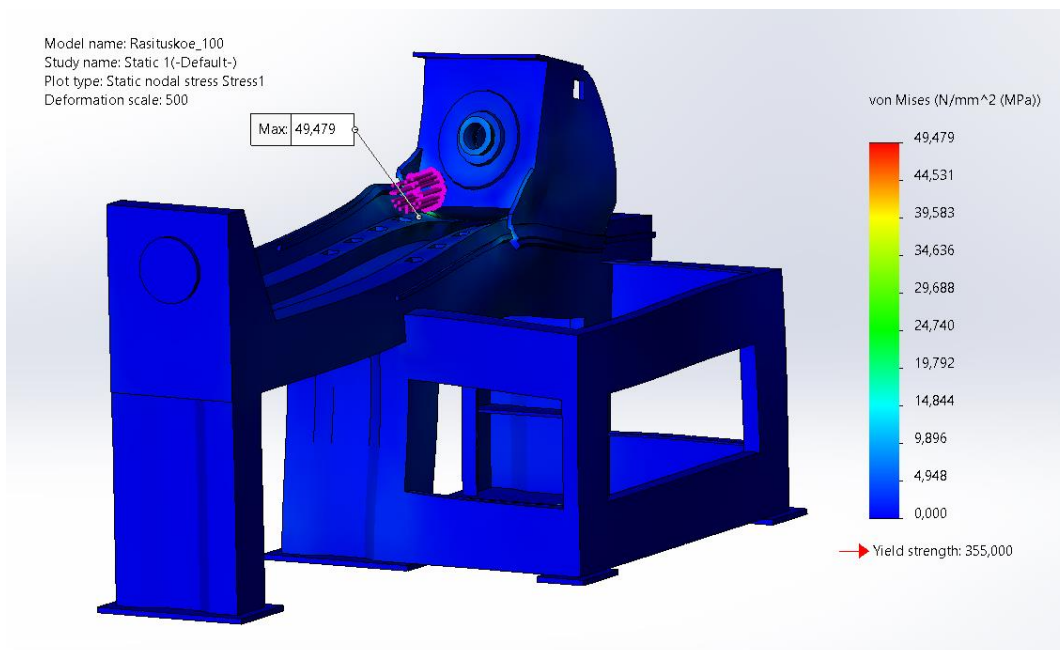
KUVA 26. Vastinkelkan sivuttaissiirto.

## 6.12 FEM-analyysi

FEM -analyysin toteutimme Solidworks -ohjelmalla mallintamalla osia- ja osakokonaisuuksia (KUVAT 27 ja 28). Tarkastelussa käytettiin vanhankoneen paineentuoton ja sylinterien koon mukaan laskettuja arvoja, jotka olivat 1,5:n varmuuskertoimella 51000N. Materiaaliarvot asetimme tuotannon päivitteisessä käytössä olevan materiaalilaadun mukaan.



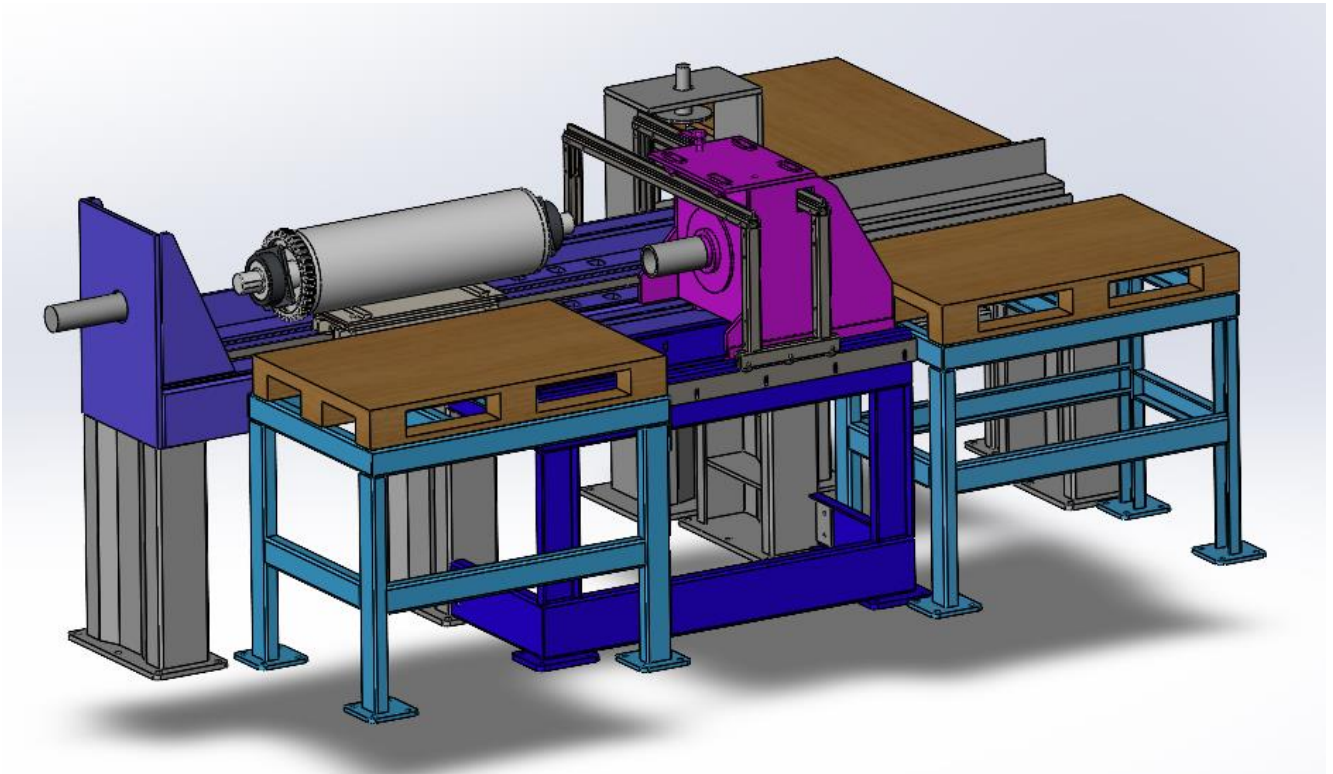
KUVA 27. Kuormituksen tarkastelua materiaalin siirtymien suhteen.



KUVA 28. Kuormituksen tarkastelua verraten laskennalliseen myötörajaan.

### 6.13 Versio 2.1

Koneen lopullinen malli alkoi muodostua. Koneen alapuoliset rakenteet ulsivat samalla periaatteella kuin aiemmassakin, mutta leveämpänä ja profiloituna. Näin saavutetaan rakenteelle haluttu rasituksen kesto ja työnaikainen siirtymä pysyy maltillisena (KUVA 29).



KUVA 29. Kokonaisuus 2.1

### 6.14 Uuden prässin valmistus

Koneen ideointi on saatu päätökseen ja suunnitelmat koneen toiminnasta hyväksytyt toteutettavaksi. Voitiin siirtyä suunnittelussa valmistuksen suunnitteluun. Valmistuksessa keskitytään koneenrunko-osien ja siirtoratkaisujen valmistamiseen sekä kokoonpanoon.

Tavoitteena valmistuksen toteutuksessa oli jo suunnittelun alkuvaiheissa, että mahdollisimman pitkälle pystyttäisiin hyödyntämään tehtaan omaa konekanta ja käytössä olevaa materiaalia. Tähän peilaten rasiustestit ja osakoot oli mallinnettu saatavilla olevilla materiaaleilla ja levykoolla. Konekanta on tehtaalla hyvin monipuolinen ja tuotanto joustava ja ammattitaitoinen, joten koneen rungon ja siirtoratkaisujen valmistaminen on mahdollista omilla resursseilla.

## 6.15 Käyttö, vikaantuminen ja kunnossapito

Koneiden käyttö ja erityisesti käyttöönotto vaativat kunnossapitotoimia, että koneet kestävät ja toimivat tehokkaasti. Koneen vikaantumisen estäminen ja havaittujen vikojen nopea korjaus ovat edellytys tehokkaalle koneen hyödyntämiselle.

Perinteistä kunnonvalvontaa harjoittamalla koneiden ja laitteiden vikaantumiset huomataan aina aikaisemmassa vaiheessa, mutta yleensä vikaantumiset ovat päässeet jo alkamaan ja kustannukset tuotannossa ja kunnossapidossa ovat kasvaneet, mutta huomattavasti kuitenkin pienempänä kuin ennalta-arvaamattomassa tapauksessa. Tästä syystä tulisikin löytää häiriö ennen kuin se on alkanut. (Promaint).

Erityisesti koneen eliniän alkuvaiheessa on monia haasteita testauksen kautta koneessa ilmi tulleita alkuvikaantumisista ja käytön haasteista. Uuden koneen käyttöönottoon liittyy ehdottomasti riittävän täsmällisen koulutuksen ja ohjeistuksen antaminen. Tämä kuitenkin vaatii työntekijöiltä uuden oppimista ja ehkä vanhoista totutuista tavoista luopumista. Tällaisen uuden toimintatavan ottaminen uudeksi normaaliksi ja sen sisäistäminen opetetun mukaiseksi vaatii myös työnjohdolta ryhdikkyyttä puuttua työkentelyyn ja tarvittaessa ohjeistaa toimimaan uuden toimintatavan mukaisesti.

Joskus kuulee, että koneet eivät rikkoonnu, vaan joku särkee ne. Tällä tarkoitetaan, ettei laitteita tai koneita käytetä oikein. Saatetaan ajatella, että asiat ovat oikein, eikä tarkisteta. Tällöin on vaarana, että jotain on pielessä ja laite vikaantuu. (Promaint).

Varautuminen alkuvaikeuksiin on tärkeää, mikä tarkoittaen, että on tehtävä riittävää seurantaa ja toimia sen mukaan. On selvää, että uuden koneen tuotantoon oton jälkeen työkäytännöissä tulee toimintatapojen hioutumista ja nousee parannusideoita, joita tulee hyvin herkällä korvalla kuunnella. Vaikka asioita mallinnetaan ja käydään ennalta läpi, saattaa tulla eteen asioita, joita suunnittelussa ei tunnistettu. Siksi on hyvä varautua alkuvaiheissa hieman matalampaan työtehoon ja ehkä tuotannon keskeytyksiin.

## 7 TULOKSET JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Kortteen konepajalle valssin laakerointiprässi vanhan jäädessä huollon käyttöön. Tavoitteena ideoida ja mallintaa versioita, joiden pohjalta löytää paras mahdollinen ratkaisu ja suunnitella uusi kone tuotannon käyttöön.

Työ alkoi tutustumalla vanhaan koneeseen ja tuotteiden valmistusprosessiin. Sain hyvän kuvan työku-  
vasta työntekijän suorittaessa työvaiheen. Tein havaintoja ja kävimme keskusteluja esiin tulleista haas-  
teista ja toimivista ratkaisuista. Keskusteluissa esille nousivat turvallisuus ja käytön selkeys. Työsken-  
telyyn kuului myös kohtuullisen kookas puominosturi, josta mielellään haluttaisiin luopua uudessa ver-  
siossa. Isoina asioina nosturiin liittyvät turvallisuus huolet, jotka liittyivät valssin kiinnipysymiseen  
noston yhteydessä. Toisena asiana koneen kiinteänrunгон ongelmat, jolloin työskentelytila jäi varsin  
pieneksi ja vaarana käden litistyminen.

Koneensuunnittelu alkoi vanhan koneen skannaamisella ja mallintamisella. Lähtökohtaisesti vanha  
kone teki tehtävänsä, eli puristi laakerit tietyin toimenpitein. Tästä voitiin tehdä päätökset tehon riittä-  
vyydestä ja voitiin suunnitella tulevan koneen puristusvoimat, kuten vanhassa koneessa. Toimintaperi-  
aate oli vanhassa koneessa toimiva, joten pysty- ja vaakapuristimet päätettiin pitää ennallaan, mutta  
valssin siirto saada paremmaksi ja työskentelytilaa täytyi löytää lisää. Täytyi alkaa ideoida erilaisia  
versioita, joita mallinnettiin ensin vanhan pohjalta ja myöhemmin lähes puhtaalta pöydältä. Perusaja-  
tuksena oli, että koneen tulee olla turvallinen ja selkeä käyttää. Koneen hydrauliiikka ja ohjaus sekä  
vaadittavat suojaustoimenpiteet ja luonnollisesti käyttöohjeistus jäävät myöhempään vaiheeseen ei-  
vätkä kuulu tähän työhön.

Työn tuloksena valmistui suunnitelmat uudelle turvallisemmalle valssinlaakerointi prässille, jossa ei  
tarvita erillistä puominosturia ja työskentelytilaa on hyvin. Nosturin jäädessä pois, saadaan huomatta-  
van paremmat mahdollisuudet sijoittaa kone tuotannon tiloihin. Lean-periaatteet olivat koko työn taus-  
talla ja tulivat hyvin esille kokonaisuutta ajatellen. Prosessinvaihe on sujuvampi tuotteiden liikkeessa  
vain yhteen suuntaan, näin voidaan saavuttaa tasainen prosessinvirtaus ja valmistaa juuri niitä tuotteita,  
mitä sillä hetkellä tarvitaan. Kone säätyy tuotteiden vaatimusten mukaan ilman erillisiä työkaluja, mikä  
vanhassa koneessa aiheuttaa keskeytyksiä ja näin odotushukkaa.



Aiheena työ oli mielenkiintoinen, opintoja täydentävä ja antoi tukea työelämään siirtymiseen. Työn kautta sai rutiinia sekä uusia oivalluksia suunnitteluohjelman käyttöön ja sen hyödyntämiseen. Tärkeänä huomiona nousi, ettei vanhaan tukeutuminen liiaksi ole hyvä asia. Alkuun huomasin liiankin mukailevani vanhaa ajatusmallia, mikä esti laajempaa ajattelua ja edelleen uuden ideoinnin kehittymistä. Työnteon turvallisuus ja työssä jaksamisen näkökulman tarkastelua olisi voinut käsitellä laajemminkin, sillä toimivan työpisteen hyötyjen eteen tehdään mielestäni liian vähän asioita. Työ suunniteluineen vaati kohtalaisen pitkän aikavälin, mihin osittain vaikuttivat väliin jäävä kesäloma, pitkät sairausjaksot sekä alkuvaiheissa hieman suunnitteluohjelmalle puutteellinen tietokone. Ideointi itsessään oli melkoisen aikaa vaativa prosessi, mutta hyvin mielenkiintoinen.

Tilaaajan mukaan kone tullaan valmistamaan tehtaan omassa tuotannossa niin pian kuin mahdollista.

## LÄHTEET

Asiakastieto. *Aimo Kortteen Konepaja Oy, taloustiedot 2022*. Saatavissa: <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/aimo-kortteen-konepaja-oy/09135841/taloustiedot>. Viitattu 24.7.2022.

Centria-ammattikorkeakoulu, oppimateriaali .2024. *3D-skanneri kuvattuna koulun tiloissa*.

Fimea. *CE-merkintä*. Saatavissa: [https://www.fimea.fi/laakinnalliset\\_laitteet/laakinnallisen-laitteen-markkinoille-saattaminen/ce-merkinta](https://www.fimea.fi/laakinnalliset_laitteet/laakinnallisen-laitteen-markkinoille-saattaminen/ce-merkinta). Viitattu 15.2.2023.

Finlex 2008/400. *Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta*. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>. Viitattu 22.11.2022.

Keihäs, N. 2021. *Käänteisen suunnittelun prosessi 3D tulostettaville kappaleille*. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/508739/opinn%C3%A4ytety%C3%B6\\_final.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/508739/opinn%C3%A4ytety%C3%B6_final.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Viitattu 2.9.2023.

Kiwa. *Lean Management ja 5S Menetelmät*. Saatavissa: <https://lis.fi/turvallisuuskehitys/lean-management-5s/>. Viitattu 14.3.2023.

Koneturva. 2023. *Riskienarvioiti*. Saatavissa: [https://koneturva.fi/riskienarviointi/?gclid=EAIaIQob-ChMli4vU-Y7E-wIViJeyCh3EeQcLEAAyAAEgJC4PD\\_BwE](https://koneturva.fi/riskienarviointi/?gclid=EAIaIQob-ChMli4vU-Y7E-wIViJeyCh3EeQcLEAAyAAEgJC4PD_BwE). Viitattu 23.11.2022.

Lehmus, S.2020. *3D-mallinnus taidemuotona*. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/347586/3Dmallinnustaidemuotona\\_opinn%C3%A4ytety%C3%B6\\_Lehmus.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/347586/3Dmallinnustaidemuotona_opinn%C3%A4ytety%C3%B6_Lehmus.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Viitattu 2.9.2023.

METSTA.2019. *Artikkelisarja turvallisen koneen suunnittelusta*. Saatavissa: <https://metsta.fi/wp-content/uploads/2020/05/Turvallisen-koneen-suunnittelu-osa-2-Koneen-valmistajan-ja-muiden-osapuolten-turvallisuusvast.pdf>. Viitattu 22.11.2022.

Mflow. *Kahdeksan hukkaa saatavissa*: <https://mflow.fi/kahdeksan-hukkaa/>. Viitattu 27.2.2023.

Murska. *Aimo Kortteen Konepaja Oy, Yritys esittely*. Saatavissa: <https://www.murska.fi/>. Viitattu 24.7.2023.

Palojärvi, P., Kostamovaara, J., Määttä, K. 1997. *Integrated time-of-flight laser radar. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. Vuosikerta 46. Numero 4*. Saatavilla: <https://ieeexplore.ieee.org/document/507597>. Viitattu 14.9.2023.

Promaint. *Tehosta vikaantumisen seurantaa*. 2013. Saatavissa: <https://promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Tehosta-vikaantumisen-seurantaa>. Viitattu 13.3.2023.

Roiha T. 2020. *Kuvio 1. Käänteissuunnitteluprosessi*. Saatavissa: [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/160960/Diplomityo\\_Tuukka\\_Roiha.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/160960/Diplomityo_Tuukka_Roiha.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Viitattu 14.9.2023.

Roiha, T.2020. *Käänteissuunnittelun kehittäminen ja hyödyntäminen pienyrityksen tuotekehityksessä*. Saatavissa: [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/160960/Diplomityo\\_Tuukka\\_Roiha.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/160960/Diplomityo_Tuukka_Roiha.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Viitattu 17.7.2023.

Sixsigma. *Lean*. Saatavissa: <https://sixsigma.fi/lean/>. Viitattu 16.2.2023.

TAWI. *Riskien arviointi + ehkäisytoimet*. 2022. Saatavissa: <https://www.tawi.com/fi/insights/vaarallinen-manuaalinen-kasittely-riskien-arviointi-ehkaisytoimenpiteet/>. Viitattu 24.3.2023.

Tukes. *CE-merkintä*. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta#56d3f34f>. Viitattu 15.2.2023.

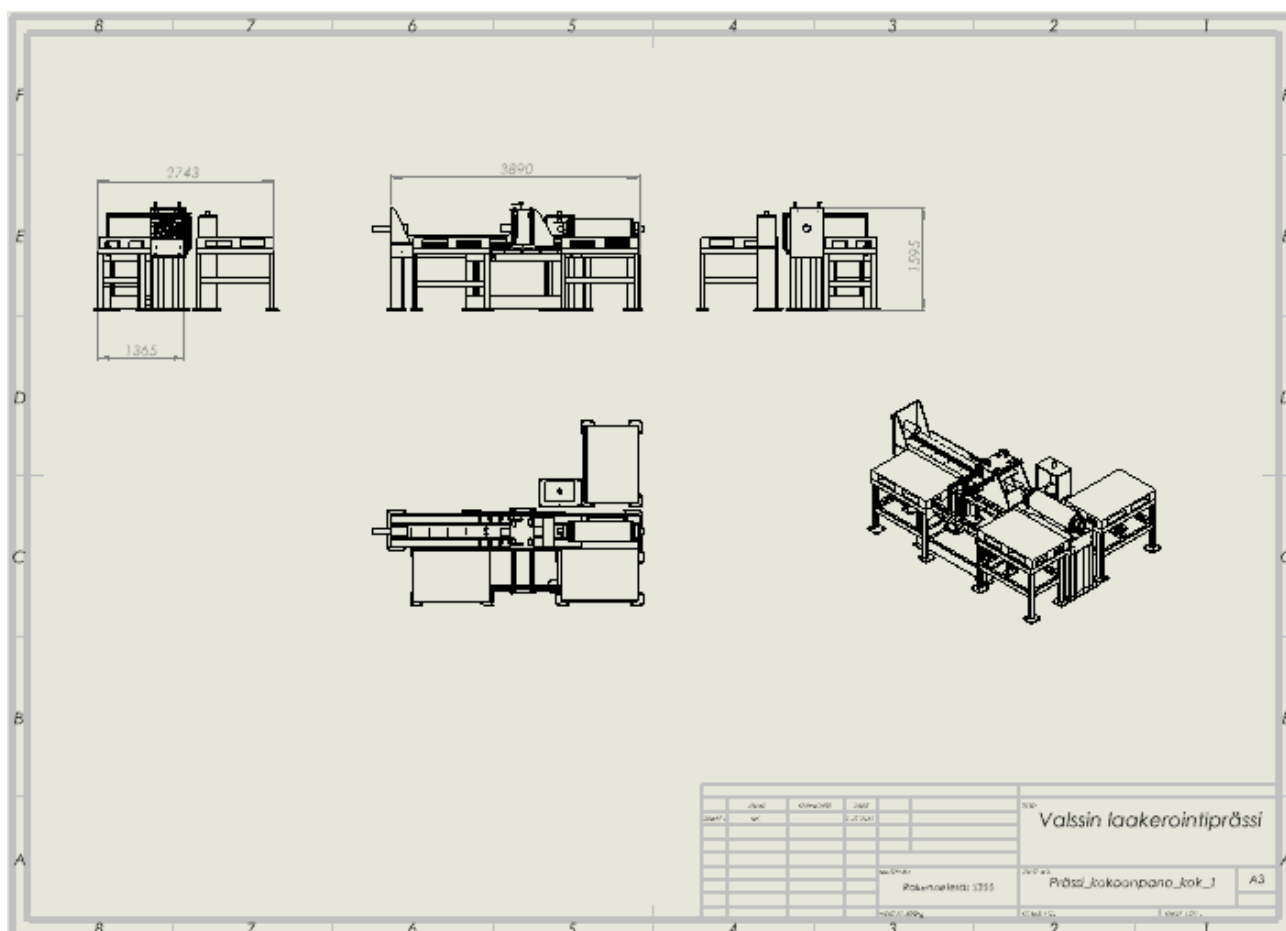
Tukes. *Koneita koskevat vaatimukset*. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet#c86cd4df>. Viitattu 23.11.2022.

Työturvallisuuskeskus. *Työntekijän velvollisuudet ja oikeudet*. Saatavissa: <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/vastuut-ja-velvoitteet/tyontekijan-velvollisuudet-ja-oikeudet/>. Viitattu 17.7.2023.

Vartiainen, L.2022. *3D-skannaus*. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/748541/Vartiainen\\_Lari.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/748541/Vartiainen_Lari.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Viitattu 2.9.2023.

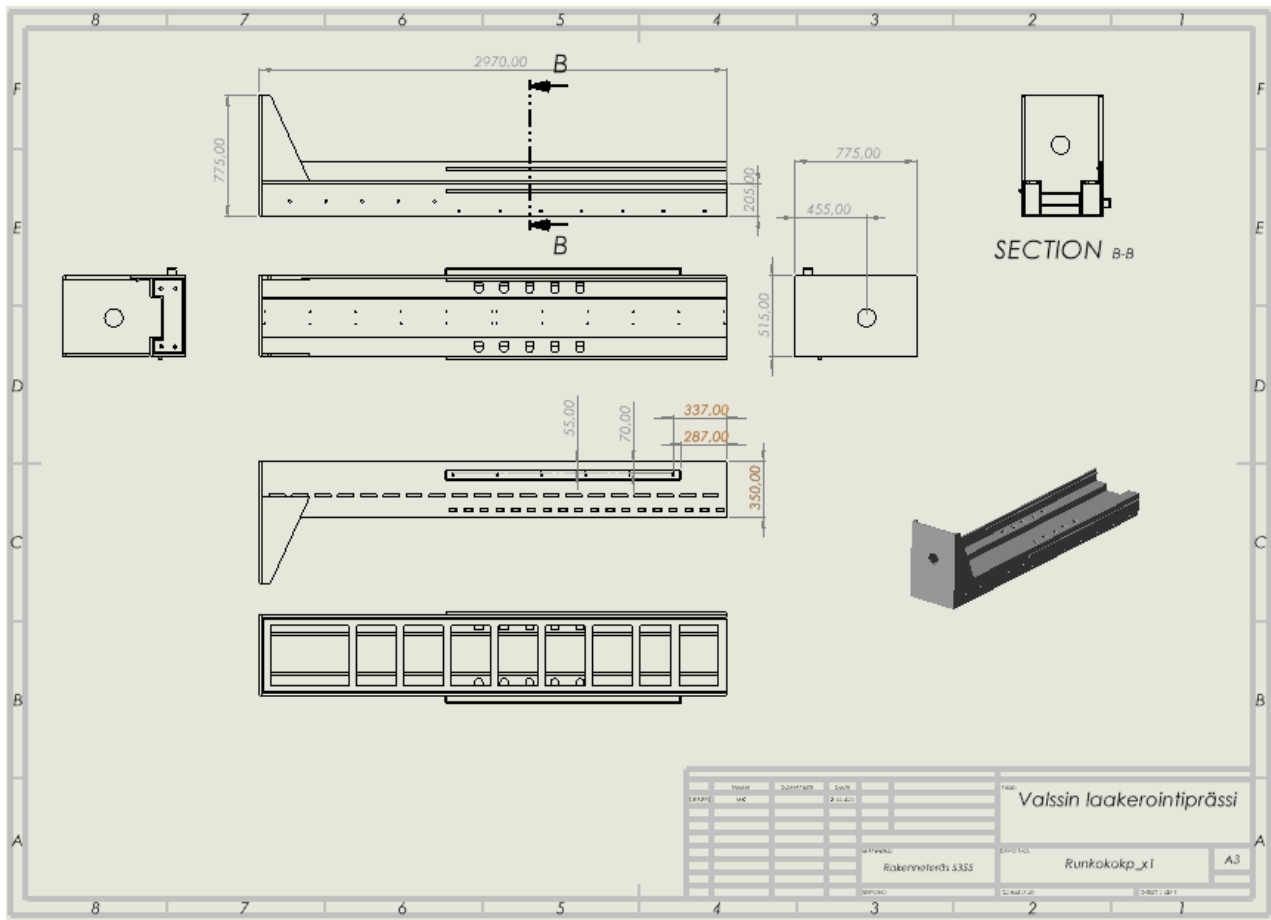
Vertex Systems Oy. *Materiaali*. 2017. Saatavissa: <https://kb.vertex.fi/fea2017fi/tutustu-tarkemmin-ominaisuuksiin/yleiset-aiheet/materiaalimalli>. Viitattu 17.3.2023.

Valssin laakerointiprässi kokonaisuus

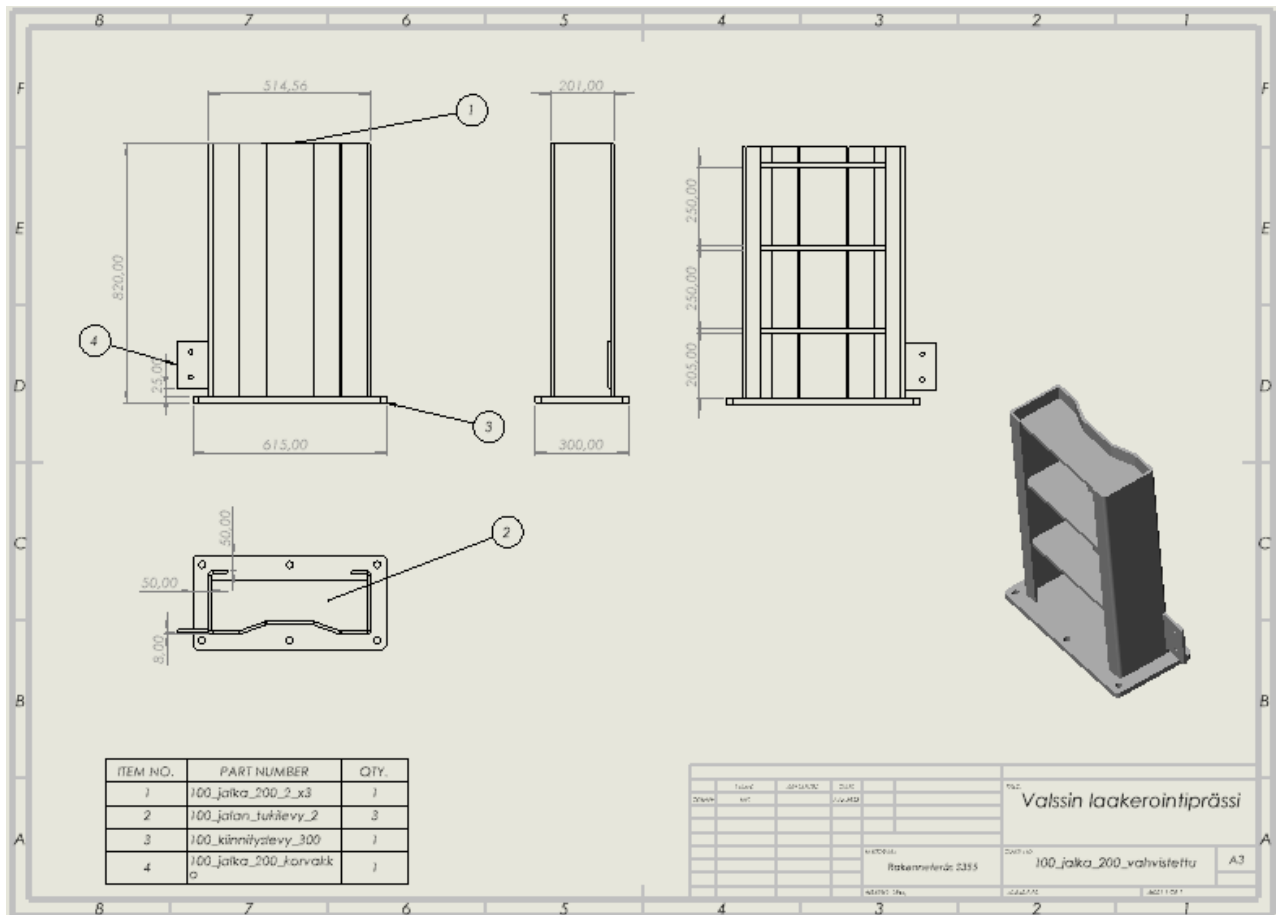




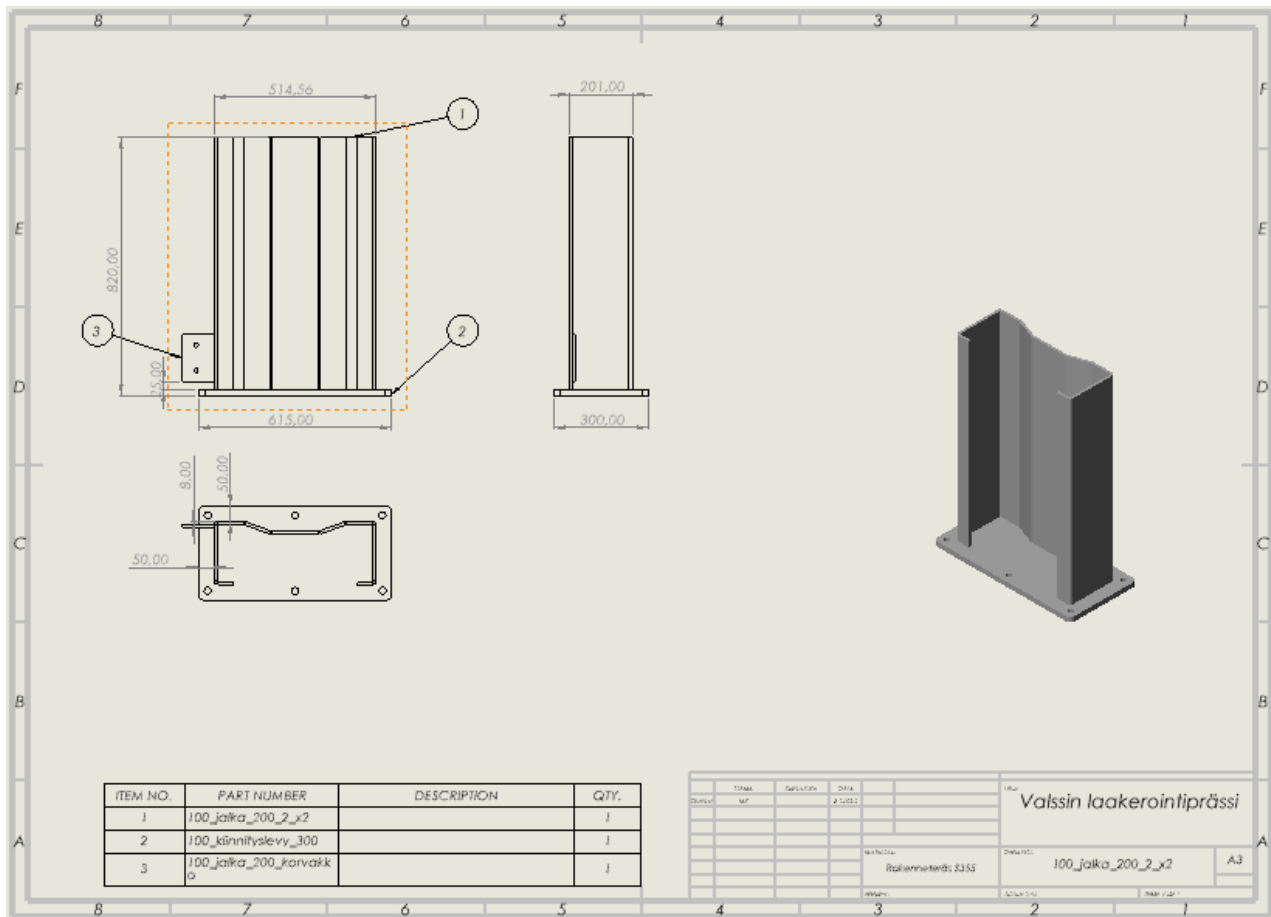
## Rungon osa



Rungon vahvistettujalka

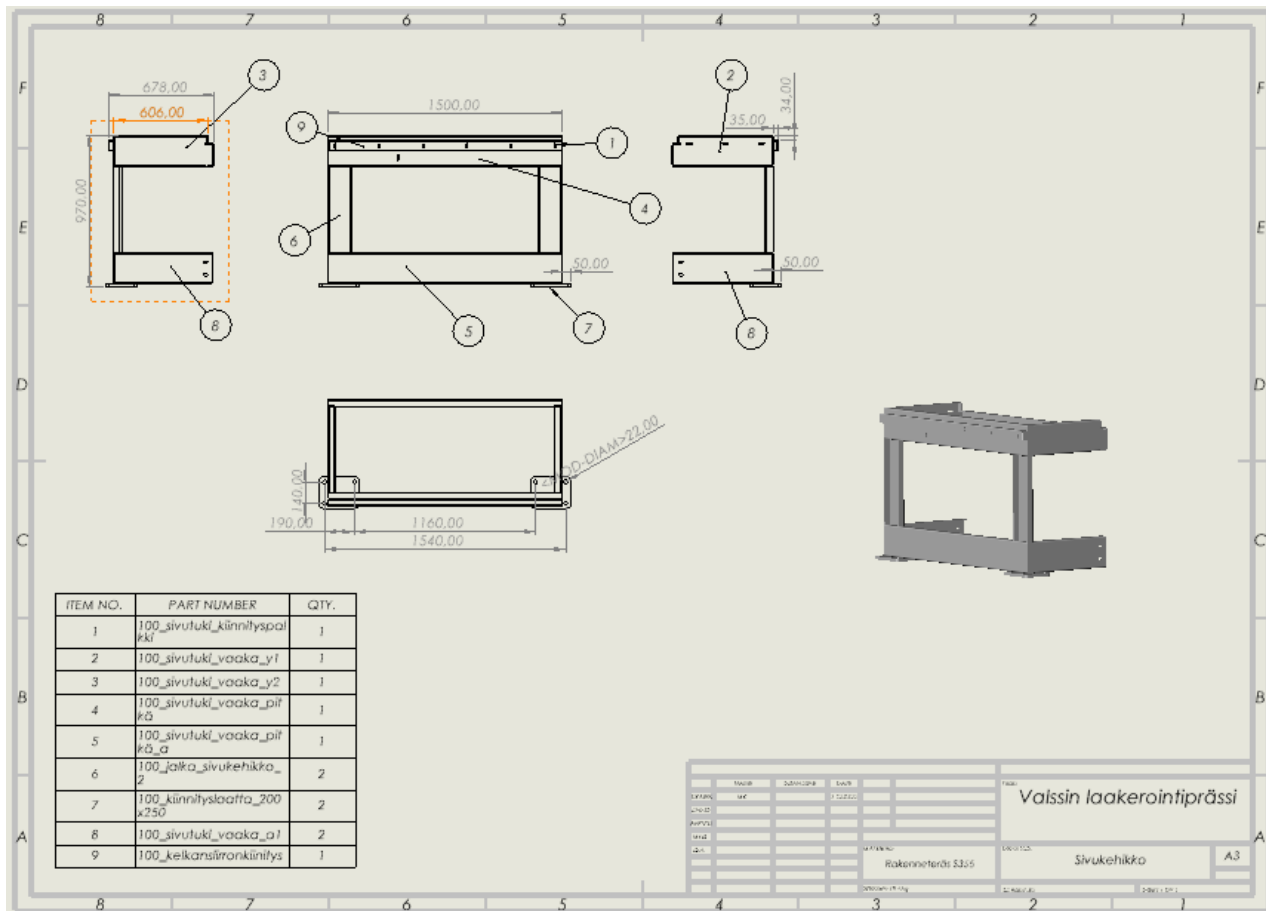


Rungon jalka

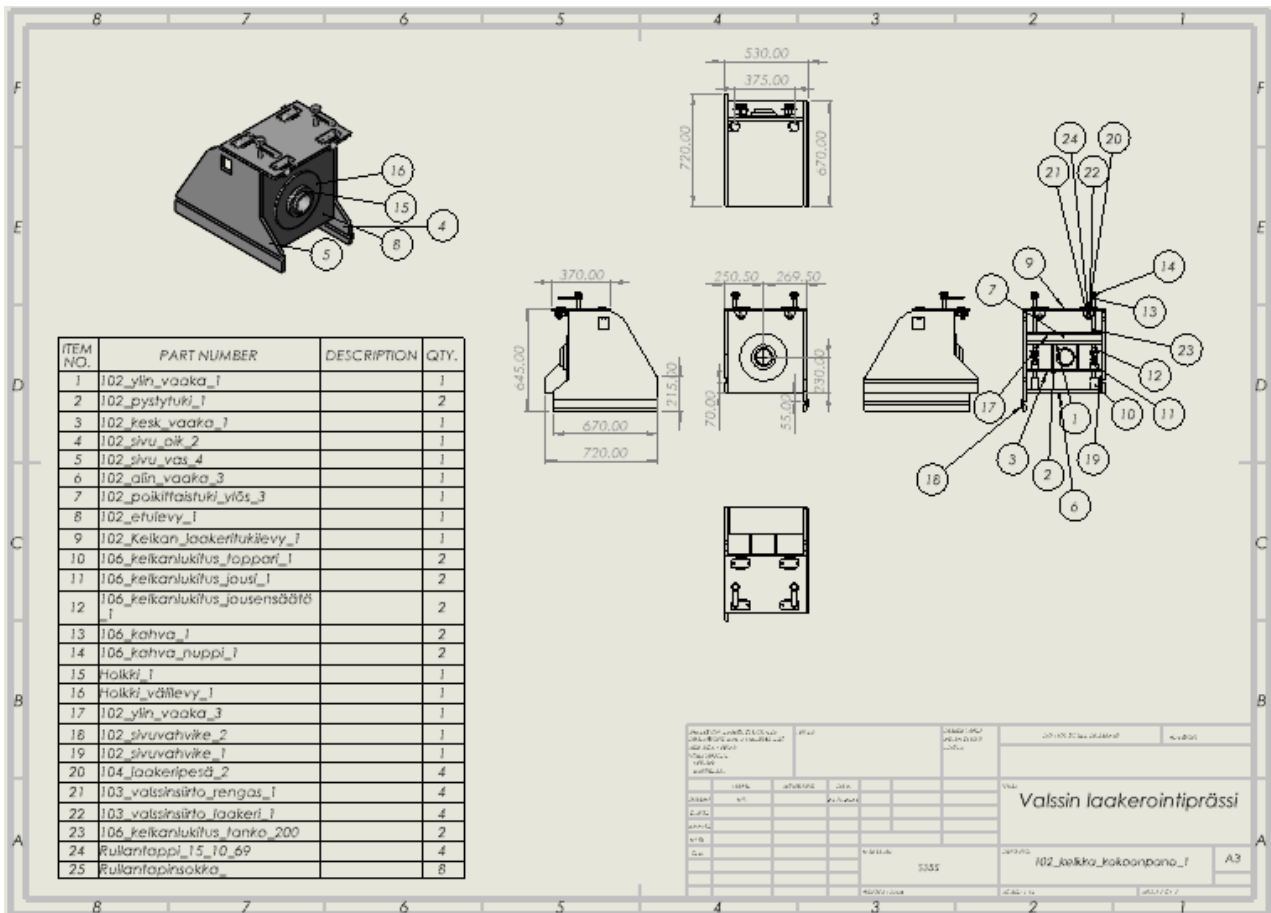




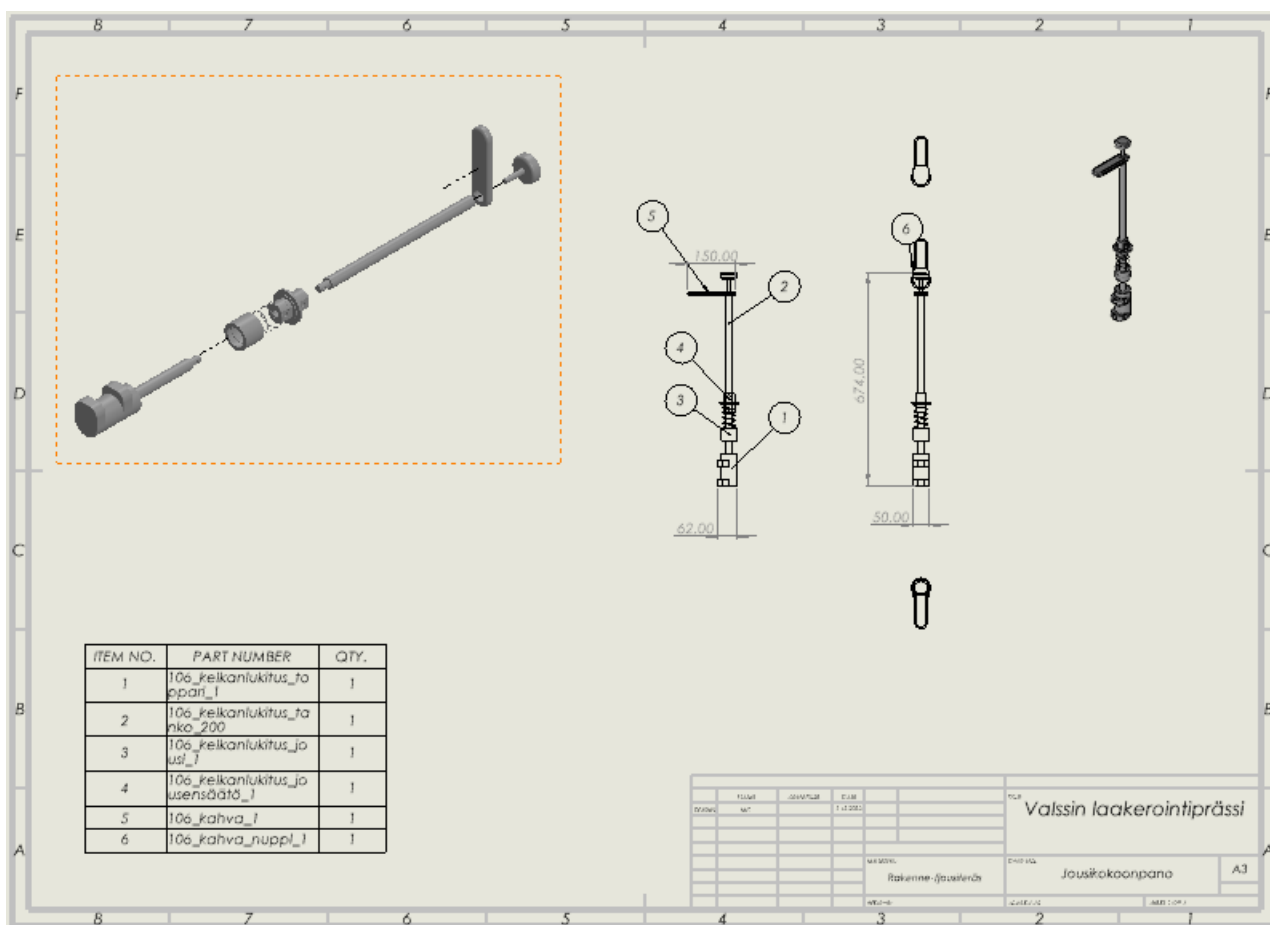
# Rungon sivukehikko



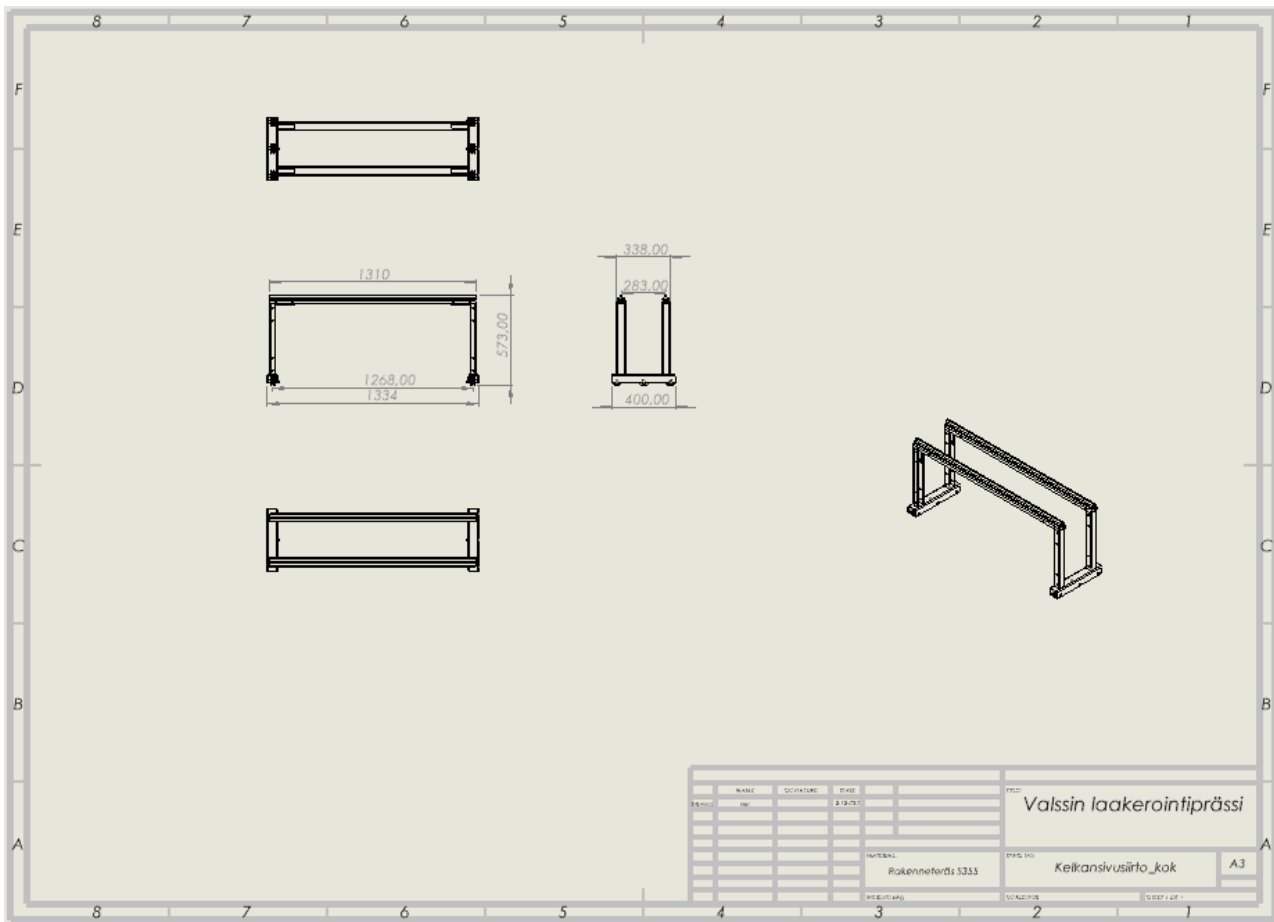
Vastinkelkka



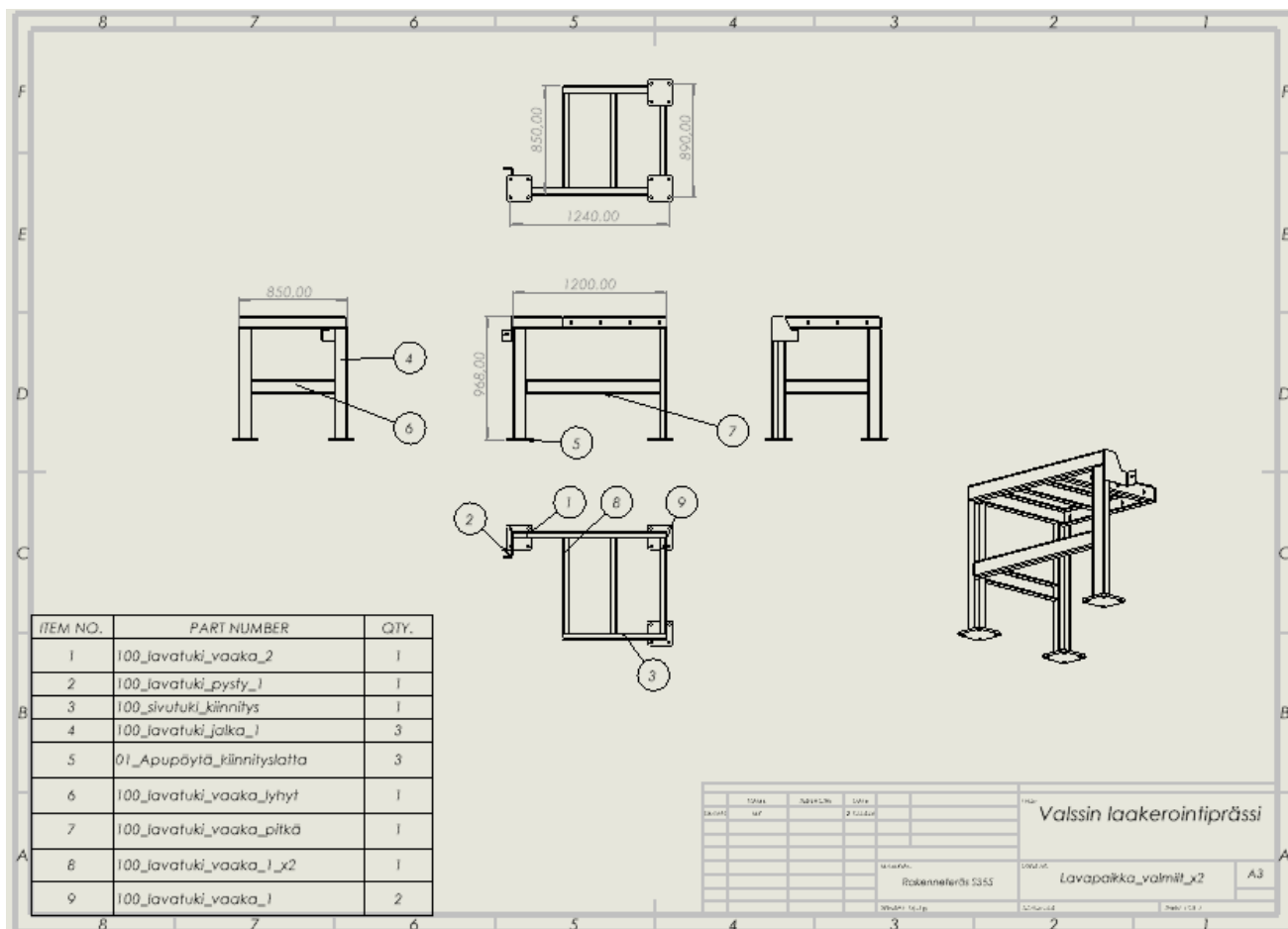
## Kelkan lukituksenjousi



Vastinkelkan siirtokiskot



# Lavapaikka valmiille





# Pystyprässi

