



# jamk

## Jätteenrepijän suorituskyvyn parantaminen

Joona-Ville Lindberg

Opinnäytetyö, AMK  
Toukokuu 2023  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma

**Lindberg, Joonas-Ville**

## **Jätteenrepijän suorituskyvyn parantaminen**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Toukokuu 2023**, 42 sivua

Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Tana Oy, joka on suomalainen jätehuolto- ja kierrätysratkaisuihin erikoistunut yritys. Työ liittyy Tanan jätteenrepijoiden kehitykseen. Jätteenrepijöillä pyritään pienentämään jätteen kokoa ja siten sen vaatimaa tilaa.

Opinnäytetyön taustalla on tarve parantaa jätehuollon tehokkuutta ja toimivuutta. Koska jätteiden määrä yleisesti kasvaa, on tärkeää löytää keinoja, joilla jättemateriaaleja voidaan käsitellä ja kierrättää tehokkaammin. Yksi mahdollinen ratkaisu on parantaa jätesilppurien tehokkuutta, joita käytetään yleisesti kierrätyslaitoksissa jätemäärän vähentämiseen ja kierrätettävien materiaalien erotteluun. Tarve liittyy jätehuoltoalan laajempaan kontekstiin, erityisesti suuntaukseen kohti kestävämpiä ja tehokkaampia jätehuoltokäytäntöjä. Jätesilppurien käyttö kierrätyslaitoksissa on tärkeä osa tätä suuntausta, koska se voi johtaa resurssien parempaan hyödyntämiseen ja ympäristövaikutusten vähentämiseen.

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä oli kehittämistutkimus. Tietoa kerättiin useista eri lähteistä lukiemalla kirjallisuudesta, haastattelemalla ja havainnoimalla. Haastatteluita oli useita ja ne tehtiin osana viikoittaista katsausta.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi konsepti siitä, kuinka jätteenrepijään voidaan integroida haluttu ominaisuus. Osana kehitystä konseptin rakenne mallinnettiin ja sille tehtiin lujuustarkasteluita. Kehityksen aikana käytiin läpi useita erilaisia ratkaisuja eri osa-alueisiin. Opinnäytetyössä saavutettiin osittain sille asetetut tavoitteet ja tutkimuskysymyksiin löydettiin vastaukset. Toimeksiantaja voi hyödyntää konseptia tuotteen jatkokehityksessä.

### **Avainsanat (asiasanat)**

kehittäminen, tuotekehitys, elementtimenetelmä, FEM, kehittämistutkimus, suunnittelu, mallintaminen, 3D-mallinnus

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

Liitteet 1–7 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 21, teknologista tai muuta kehittämistyötä tai niiden arviointia koskevat asiakirjat. Salassapitoaika on kaksi (2) vuotta, salassapito päättyy 13.2.2025.

**Lindberg, Joonas-Ville**

### **Title and possible subtitle**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2023, 42 pages.

Degree Programme in Mechanical Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The thesis was commissioned by Tana Oy, a Finnish company specializing in waste management and recycling solutions. The work is related to the development of Tana's waste shredders. The aim of the waste shredders is to reduce the size of the waste and thus the space required.

The thesis is motivated by the need to improve the efficiency and functionality of waste management. As the amount of waste in general is increasing, it is important to find ways to process and recycle waste materials more efficiently. One possible solution is to improve the efficiency of waste shredders, which are commonly used in recycling plants to reduce the amount of waste and separate recyclable materials. The need is linked to the wider context of the waste management sector, in particular the trend towards more sustainable and efficient waste management practices. The use of waste shredders in recycling facilities is an important part of this trend, as it can lead to better resource recovery and reduced environmental impact.

The research method used in this thesis was a developmental study. Information was collected from a variety of sources through reading the literature, interviews, and observations. There were several interviews, and they were conducted as part of a weekly review.

The thesis resulted in a concept of how to integrate a desired feature into a waste shredder. As part of the development, the concept structure was modelled and subjected to robustness checks. During the development process, several different solutions for different aspects were discussed. The thesis partially achieved its objectives, and the research questions were answered. The concept can be used by the client for further development of the product.

### **Keywords/tags (subjects)**

development, product development, finite element method, FEM, design-based research, planning and design, modelling, 3D-modelling

### **Miscellaneous (Confidential information)**

Annexes 1-7 are confidential and have been removed from the public domain. The reason for confidentiality is Section 24, paragraph 21 of the Publicity Act 621/1999, documents concerning technological or other development work or its evaluation. The period of confidentiality is two (2) years, expiring on 13.2.2025.

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>3</b>
1.1	Toimeksiantaja .....	3
<b>2</b>	<b>Tutkimusasetelma</b> .....	<b>4</b>
2.1	Kehittämistutkimus .....	4
2.1.1	Kvalitatiivinen tutkimusote.....	5
2.1.2	Kvantitatiivinen tutkimusote .....	6
2.2	Aineistonkeruumenetelmät .....	7
2.3	Aineiston analyysimenetelmät.....	8
2.4	Luotettavuus .....	8
2.4.1	Lait ja standardit .....	8
<b>3</b>	<b>Menetelmät</b> .....	<b>10</b>
3.1	Tuotekehitystoiminta .....	10
3.1.1	Cooperin Stage-Gate menetelmä .....	14
3.2	Ohjemistot.....	19
<b>4</b>	<b>Työn toteutus</b> .....	<b>19</b>
4.1	Seinäjä ja mekanismi.....	21
4.1.1	Hydrauliikka .....	24
4.1.2	Anturointi.....	25
4.2	Suppilo.....	27
4.3	FE-analyysi.....	28
<b>5</b>	<b>Pohdinta ja jatkokehitys</b> .....	<b>30</b>
	<b>Lähteet</b> .....	<b>32</b>
	<b>Liitteet</b> .....	<b>33</b>
	Liite 1. Alkuperäinen idea liikkuseinäjäisestä suppilosta (auki asento).....	33
	Liite 2. Alkuperäinen idea liikkuseinäjäisestä suppilosta (pysty asento). .....	34
	Liite 3. Alkuperäinen idea liikkuseinäjäisestä suppilosta (puoliksi kiinni asento). .....	35
	Liite 4. Alkuperäinen idea liikkuseinäjäisestä suppilosta (täysin kiinni asento). .....	36
	Liite 5. Alkuperäinen idea liikkuseinäjäisen suppilon liikkeen tuottamisesta. ....	37
	Liite 6. Alkuperäinen idea liikkuseinäjäisestä suppilosta (etäisyys teristä). .....	38
	Liite 7. Alkuperäinen idea liikkuseinäjäisestä suppilosta (suppilon pituus).....	39
	<b>Kuviot</b>	
	Kuvio 1. Tela-alustainen repijä.....	4

Kuvio 2. Tuotekehitysprojektin toimintavaiheet .....	11
Kuvio 3. Viisi tyypillistä vaihetta Stage-Gate prosessissa. ....	15
Kuvio 4. Tyypillisen Stage-Gate prosessin vaiheet ja portit.....	15
Kuvio 5. Osa nykyisen jätteenrepijän mallista. ....	20
Kuvio 6. Seinämä nostettuna pysty asentoon. ....	21
Kuvio 7. Suppilo, kun seinämä on auki asennossa.....	22
Kuvio 8. Suppilo, kun seinämä on pysty asennossa.....	23
Kuvio 9. Seinämän sarana. ....	24
Kuvio 10. Erään valmiin hydraulisylinterin tilamalli.....	25
Kuvio 11. Anturi ja sen kannake.....	26
Kuvio 12. Anturin suojaletti.....	27
Kuvio 13. Seinämän kiinnityspisteessä esiintyvät jännitykset.....	29
Kuvio 14. Sylinterin yläpään korvakon alueen jännitykset. ....	29

# 1 Johdanto

Opinnäytetyössä pyritään parantamaan jätteenrepijän tehokkuutta, kehittämällä ominaisuus ole-massa olevaan koneeseen, jolla saavutetaan jätemateriaalien tehokkaampi käsittely ja kierrätys. Toimeksiantaja oli saanut asiakkaalta toiveen uudelta ominaisuudesta käytössä olevaan lait-teeseen. Toimeksiantaja haluaa selvittää, millä ratkaisulla ominaisuuden integroinnista ny-kyiseen laitteistoon voidaan kehittää.

Toimeksiantajayrityksen kannalta suppilon seinämämekanismi on mahdollinen ratkaisu, jolla voi-daan parantaa prosessin tehokkuutta. Tämä voi johtaa käyttäjän kustannussäästöihin ja siihen, että silppurilla voidaan käsitellä useampia eri jätetyyppejä. Työn lopputuloksena syntyy alustava prototyypin suunnitelma jätteenrepijän ominaisuudesta ja sen vaatimista muutoksista. Kun ide-ointi on saatu päätökseen ja suunta valittu, mekaniikasta ja seinämästä tehdään mallinnus sekä mm. lujoustarasteluita.

Opinnäytetyö rajataan uuden ominaisuuden ideointiin, kehitykseen ja suunnitteluun sekä siihen liittyvien muiden rakenteiden vaadittavat muutokset. Tähän sisältyy tuotekehitys projektin vaiheet luonnostelusta kehittelyvaiheen loppuun. Valitusta ratkaisusta tehdään mallit ja niille tehdään tar-vittavat lujoustarastelut. Suunnittelussa otetaan huomioon automaatioon liittyvät seikat, kuten anturin sijoittelu ja suojaus. Rajauksen ulkopuolelle jää hydraulikan suunnittelu lukuun ottamatta sylinterin tilan tarpeen huomioimista, automaatioon sekä sähköistykseen liittyvät asiat. Kehitys-työn tuloksia käytetään jatkokehitystä varten myöhemmin. Rajaus on tehty opiskelijan osaamisen ja opinnäytetyön tekemiseen varatun ajan perusteella.

## 1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Tana. Tana on perustettu vuonna 1971 Jyväskylässä ja sen pää-toimiala on jätehuoltoratkaisujen tarjoaminen. Yrityksen tavoitteena on tarjota asiakkailleen inno-vatiivisia ja ympäristöystävällisiä ratkaisuja, jotka tehostavat jätehuoltoa ja vähentävät ympäristö-kuormitusta. Yritys tarjoaa älykkäitä koneita ja järjestelmiä, jotka auttavat asiakkaita hallitsemaan toimintaansa ja parantamaan tuottojaan. Yrityksen kehitystyössä keskitytään erityisesti ympäristö-asioiden huomioimiseen ja energiatehokkuuteen, ja se hyödyntää uusimpia teknologioita ja kestä-viä materiaaleja tuotteidensa valmistuksessa. Tana on myös tunnettu laadukkaista ja kestävästä

tuotteistaan, ja sillä on vahva asema kotimaisilla ja kansainvälisillä markkinoilla. Yritys on saanut useita palkintoja innovatiivisesta toiminnastaan ja ympäristöystävällisistä ratkaisuksistaan. Tanan henkilöstö koostuu noin 40 alan ammattilaisesta, jotka tarjoavat asiakkaille laadukasta palvelua ja tukea jätehuoltoon liittyvissä kysymyksissä. Tuotteita myydään globaalisti ja Tanalla on yli 50 maata sisältävä jälleenmyynti- ja huoltoverkosto. Tanalla ei ole vuodesta 2008 lähtien ollut omaa valmistusta, vaan se on ulkoistanut tuotantonsa. Tanalla on kuitenkin Jyväskylässä oma tuotekehityskeskus, jossa kaikki prototyypit valmistetaan. Myös Tanan pääkonttori sijaitsee Jyväskylässä. Kuviossa 1 näkyy opinnäytetyön kehityksen kohteena oleva jätteenrepijä. (50 vuotta arvoa jätteestä n.d.; TANA From Waste to Value® n.d.; TANA-tuotteet n.d.)



Kuvio 1. Tela-alustainen repijä.

## 2 Tutkimusasetelma

### 2.1 Kehittämistutkimus

Tutkimusmenetelmänä kehittämistutkimus valikoitui tähän työhön, koska sen tarkoituksena on kerätä tietoa ja kehittää ratkaisuja käytännön ongelmiin. Tässä työssä toimeksiantajalla oli tarve kehittää ratkaisu uuden ominaisuuden toteuttamisesta.

Kehittämistutkimus on tutkimusmenetelmä, joka pyrkii kehittämään käytännön toimintaa ja samalla lisäämään tietoa kyseisestä toiminnasta. Kehittämistutkimuksessa tutkitaan siis käytännön ongelmia tai haasteita, joiden ratkaisemiseksi kehitetään uusia toimintatapoja, menetelmiä tai teknologioita. Kehittämistutkimuksessa käytetään sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä, jotta saadaan mahdollisimman kattava ja monipuolinen tietopohja kehittämistyölle.

Kehittämistutkimuksen tavoitteena on siis sekä tutkimuksellisen tiedon lisääminen että käytännön toiminnan kehittäminen. Kehittämistutkimus voi kohdistua esimerkiksi organisaatioiden toimintatapojen kehittämiseen, uusien tuotteiden tai palveluiden kehittämiseen, terveydenhuollon toimintojen kehittämiseen tai koulutusjärjestelmien parantamiseen. Kehittämistutkimus toteutetaan yleensä yhteistyössä käytännön toimijoiden kanssa, jotta voidaan varmistaa kehittämistyön käytännönläheisyys ja tarpeellisuus. Kehittämistutkimusprosessi sisältää usein useita vaiheita, kuten ongelman määrittely, kehittämistoimien suunnittelu, toteutus ja arviointi.

Kehittämistutkimus eroaa perinteisestä tieteellisestä tutkimuksesta siinä, että sen tavoitteena on kehittää käytännön toimintaa eikä pelkästään lisätä tieteellistä tietoa. Kehittämistutkimuksessa onkin tärkeää, että tutkimusprosessiin osallistuvat käytännön toimijat ja että heidän näkemyksensä otetaan huomioon kehittämistyön eri vaiheissa. (Kananen 2012, 19.)

### **2.1.1 Kvalitatiivinen tutkimusote**

Kvalitatiivinen tutkimusote on toinen kehittämistutkimuksen tärkeistä menetelmistä. Tällä tutkimusotteella pyritään ymmärtämään ilmiöitä syvällisesti ja tarkastelemaan niitä useasta eri näkökulmasta. Kvalitatiivinen tutkimus soveltuu erityisesti sellaisiin tilanteisiin, joissa halutaan saada laajaa ymmärrystä tutkittavasta ilmiöstä ja sen taustoista. Kvalitatiivinen tutkimusote korostaa tutkijan roolia ja hänen kykyään tulkita tutkimustuloksia. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkija kerää aineistoa esimerkiksi haastattelujen, havainnoinnin ja dokumenttien avulla ja analysoi sen tulkinnan kautta. Kvalitatiivisen tutkimusotteen tavoitteena on tuottaa laadullisia tuloksia, joita voidaan hyödyntää esimerkiksi kehittämishankkeissa. (Kananen 2012, 29–30.)

Kvalitatiivinen tutkimusote on erityisen hyödyllinen kehittämistutkimuksessa, sillä se mahdollistaa monipuolisen aineistonkeruun ja syvällisen ymmärryksen tutkittavasta ilmiöstä. Kvalitatiivinen tutkimus voi auttaa löytämään uusia näkökulmia ja ratkaisuja ongelmiin, jotka eivät ole näkyneet

kvantitatiivisissa tutkimuksissa. Lisäksi kvalitatiivinen tutkimusote voi auttaa kehittämään parempia kysymyksiä, joita voidaan tutkia myöhemmin kvantitatiivisella tutkimusotteella. Kvalitatiivinen tutkimusote edellyttää tutkijalta tarkkaa perehtymistä tutkittavaan ilmiöön ja sen kontekstiin. Tutkija joutuu olemaan valppaana ja avoinna uusille havainnoille ja tulkinneille. Kvalitatiivisessa tutkimusotteessa keskeistä on myös vuorovaikutus tutkijan ja tutkittavan välillä, mikä edellyttää hyviä vuorovaikutustaitoja.

Yhteenvedona voidaan todeta, että kvalitatiivinen tutkimusote on tärkeä menetelmä kehittämistutkimuksessa. Se mahdollistaa syvällisen ymmärryksen tutkittavasta ilmiöstä ja sen taustoista sekä uusien näkökulmien löytämisen. Kvalitatiivisen tutkimusotteen avulla voidaan kehittää parempia kysymyksiä ja löytää ratkaisuja ongelmiin, joita ei ole nähty kvantitatiivisessa tutkimuksessa. (Mts. 30.)

### **2.1.2 Kvantitatiivinen tutkimusote**

Kvantitatiivinen tutkimusote on toinen tärkeä tutkimusmenetelmä kehittämistutkimuksessa. Tällä tutkimusotteella pyritään keräämään numeerista tietoa tutkittavasta ilmiöstä, joka voidaan analysoida tilastollisin menetelmin. Kvantitatiivinen tutkimusote soveltuu erityisesti sellaisiin tilanteisiin, joissa halutaan tietää esimerkiksi ilmiön esiintyvyydestä, yhteyksistä eri muuttujien välillä tai vaikutusten suuruudesta. Kvantitatiivinen tutkimusote korostaa objektiivisuutta ja mittauksen tarkkuutta. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkija käyttää strukturoitua aineistonkeruuta, kuten kyselyitä tai mittareita, joiden avulla voidaan kerätä numeerisia tietoja. Kvantitatiivinen tutkimusote mahdollistaa suuren määrän aineiston keräämisen ja sen analysoinnin tilastollisin menetelmin.

Kvantitatiivinen tutkimusote on erityisen hyödyllinen kehittämistutkimuksessa, sillä se mahdollistaa numeerisen tiedon keräämisen ja analysoinnin. Kvantitatiivisen tutkimusotteen avulla voidaan saada tietoa esimerkiksi kehittämishankkeen vaikutuksesta tiettyihin muuttujiin tai arvioida kehittämishankkeen onnistumista mittareiden avulla. Kvantitatiivinen tutkimusote voi myös auttaa löytämään yleisiä trendejä ja ilmiöitä, joita voidaan hyödyntää kehittämistyössä. Kvantitatiivinen tutkimusote edellyttää tarkkaa suunnittelua ja mittareiden valintaa. Tutkimuksen tekijän on otettava huomioon tutkittava ilmiö ja se, millaisia mittareita sen mittaamiseen käytetään. Kvantitatiivisessa tutkimusotteessa on myös tärkeää huomioida vastaajien valinta ja määrä, jotta tutkimustulokset ovat edustavia ja luotettavia.

Yhteenvedona voidaan todeta, että kvantitatiivinen tutkimusote on tärkeä menetelmä kehittämistutkimuksessa. Se mahdollistaa numeerisen tiedon keräämisen ja analysoinnin, joka voi auttaa kehittämishankkeen onnistumisen arvioinnissa ja yleisten trendien löytämisessä. Kvantitatiivinen tutkimusote edellyttää tarkkaa suunnittelua ja mittareiden valintaa, jotta tutkimustulokset ovat edustavia ja luotettavia. (Kananen 2012, 31–34.)

## 2.2 Aineistonkeruumenetelmät

Kehitystyön aloitusvaiheessa keskitytään yleensä tutkittavan ilmiön ymmärtämiseen. Tämä edellyttää tutkimusaineiston, kuten tutkimusten, teorian ja raporttien, huolellista tutkimista. Kirjallisuuteen paneutuminen on tärkeää teoreettisen pohjan luomiseksi ja tutkimusongelman ratkaisemiseksi. Aikaisempiin tutkimuksiin tutustumisen avulla voidaan myös välttää saman asian tutkimista uudelleen. (Kananen 2012, 88.)

Aineistonkeruumenetelminä tässä opinnäytetyössä toimivat kirjallisuudesta löytyvän tiedon tutkiminen, havainnointi sekä haastattelut. Erityisesti teoriapohjan rakentamisessa hyödynnettiin kirjallisuudesta löytyvää tietoa. Kun etsittiin tietoa kirjallisista lähteistä, pyrittiin sitä ensisijaisesti hakemaan mahdollisimman luotettavista ja ajankohtaisista lähteistä. Itse kehityksen kohteena olevasta tuotteesta saatiin tietoa toimeksiantajalta saaduista dokumenteista ja malleista.

Lisäksi kehitystyössä tarvitaan tietoa henkilöiltä, joten tietoa kerättiin kirjallisuuden ja dokumenttien lisäksi myös haastatteluiden avulla. Haastattelut liitettiin osaksi viikoittaista palaveria ja ne olivat tyypiltään teemahaastatteluita. Haastattelun kysymykset valikoituivat aina kunkin palaverin ajankohtana käsittelyssä olevien aiheiden mukaan. Teemahaastattelujen teemojen valintaan ei ole yleispätevää ohjetta, koska, kuten tässäkin tapauksessa, teemat vaihtelevat tutkittavan ilmiön mukaan. Teemojen tulee kattaa koko ilmiö ja selvittää eri tekijöiden väliset riippuvuudet. Teemojen erittely voi helpottua, kun tutkija ymmärtää ilmiöön liittyviä substansseja eli perusaineiksia ja kartoittaa ilmiötä kokonaisuutena.

Teemahaastattelut eivät ole kvantitatiivisten tutkimusten kyselyitä, vaan niissä pyritään laajempaan vastaukseen. Teemahaastatteluun on myös valittava haastateltavat henkilöt, jotka liittyvät eniten tutkittavaan ilmiöön. Usein teemahaastatteluja on tarpeen tehdä useita jatkokierroksia, jotta saadaan riittävän kattava kokonaiskuva ilmiöstä. Työn aikana haastatteluita tehtiin joka kerta

viikkopalaverien yhteydessä. Haastatteluaineistoa käytetään myös yhdessä kirjallisen aineiston ja kvantitatiivisen aineiston kanssa. (Kananen 2012, 60.)

## **2.3 Aineiston analyysimenetelmät**

## **2.4 Luotettavuus**

### **2.4.1 Lait ja standardit**

Koneen rakennukseen liittyen on monia lakeja ja direktiivejä, jotka pyrkivät kaikki edistämään koneiden turvallisuutta ja ehkäisemään onnettomuuksia, joita voi syntyä koneiden käytön yhteydessä. Nämä säännökset ovat tärkeitä siksi, että ne määrittävät yhteiset vaatimukset ja standardit, joiden mukaisesti koneita on suunniteltava, valmistettava, asennettava ja käytettävä. Näitä lakeja, direktiivejä, asetuksia ja standardeja noudattamalla voidaan parantaa opinnäytetyön luotettavuutta. (Koneenrakentajan tärkeimmät standardit 2020, 6–7.)

### **Konelaki**

Suomen kansallinen konelaki sisältää säännöksiä ja velvoitteita koneiden turvallisuudesta, tarkastuksista, merkinnöistä, käytöstä, huollosta ja valvonnasta. Laki edellyttää, että valmistajat, maahantuojat ja käyttäjät varmistavat, että koneet täyttävät laissa säädetyt vaatimukset ja turvallisuusstandardit ennen käyttöönottoa. Konelaki on tärkeä osa Suomen lainsäädäntöä, jolla pyritään varmistamaan kaikkien käyttäjien turvallisuus koneiden käytössä ja vähentämään mahdollisten onnettomuuksien riskiä. (L 26.11.2004/1016.) Konelaki sisältää myös määräyksiä rikkomuksista ja sanktioista, joita voidaan soveltaa lain noudattamatta jättämiseen (L 26.11.2004/1016, 13 §).

### **Konedirektiivi**

Konedirektiivi on EU-direktiivi, joka määrittelee koneiden turvallisuusvaatimukset ja velvoitteet, jotka koskevat koneiden suunnittelua, valmistusta, asennusta ja käyttöä. Konedirektiiviä sovelletaan koneisiin, vaihdettaviin laitteisiin, turvakomponentteihin, nostoapuvälineisiin, ketjuihin, köysiin, vöihin, nivelakseleihin ja puolivalmisteisiin. Konedirektiivin tavoitteena on varmistaa, että

kaikki koneet ovat turvallisia ja täyttävät tietyt terveys- ja turvallisuusvaatimukset. (Direktiivi 2006/42/EY, 1-3.)

Konedirektiivi määrittelee koneen seuraavasti: "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 tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten". (Direktiivi 2006/42/EY, 4.)

### **Koneasetus**

Koneasetus täydentää ja täsmentää konedirektiiviä. Se sisältää konkreettisia säännöksiä ja vaatimuksia, joita valmistajien, maahantuojien ja käyttäjien on noudatettava koneiden suunnittelussa, valmistuksessa, markkinoinnissa, käytössä ja huollossa. Asetuksessa määritellään tarkemmin koneiden turvallisuusvaatimukset ja standardeja, joita on noudatettava. Asetuksen tavoitteena on yhdenmukaistaa EU-maiden lainsäädäntöä koskien koneita ja taata korkeatasoinen turvallisuus kaikille käyttäjille. (Asetus 12.6.2008/400.)

Koneasetus ei sisällä erillistä määritelmää koneelle, mutta se viittaa Konedirektiivin määritelmään koneesta. Koneasetus keskittyy yksityiskohtaisemmin siihen, miten koneet on suunniteltava, valmistettava, asennettava ja käytettävä Suomessa, jotta ne täyttävät turvallisuusvaatimukset ja eivät aiheuta vaaraa käyttäjilleen. (Asetus 12.6.2008/400, 4 §.)

### **SFS-EN ISO 12100**

Tämä standardi, joka käsittelee koneiden ja laitteiden turvallisuutta. Se on osa ISO 12100 -standardisarjaa ja sen nimi on "Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen". Standardi sisältää yleisiä periaatteita, joita suunnittelijoiden tulee noudattaa koneiden ja laitteiden turvallisuuden varmistamiseksi. Siinä käsitellään riskien arviointia, joka on keskeinen osa koneiden ja laitteiden turvallisuuden suunnittelua. Riskien arvioinnissa pyritään tunnistamaan kaikki mahdolliset vaaratilanteet, jotka voivat liittyä koneen käyttöön, sekä arvioimaan näiden vaaratilanteiden todennäköisyydet ja seuraukset. Tämän jälkeen suunnittelija arvioi, kuinka

vakavat riskit ovat ja miettii, kuinka ne voidaan vähentää tai poistaa kokonaan. (Perusstandardit n.d.; SFS-EN ISO 12100:2010, 1–5)

SFS-EN ISO 12100 -standardi tarjoaa suunnittelijoille käytännöllisiä ohjeita riskien arvioinnin tekemiseen ja riskien vähentämiseen. Se auttaa suunnittelijoita varmistamaan, että heidän suunnittelemansa koneet ja laitteet ovat turvallisia käyttäjille ja ympäristölle. Standardi on tärkeä osa koneiden ja laitteiden turvallisuuden varmistamista, ja se on laajalti käytössä koneenrakennuksen alalla.

### **SFS-EN 1993-1-8**

Tämä on standardi, joka sisältää ohjeet teräsrakenteiden liitosten suunnitteluun. Standardi perustuu Euroopan yhteisiin teräsrakenteiden suunnittelun eurokoodeihin (Eurocode 3), joita sovelletaan Euroopassa teräsrakenteiden suunnittelussa.

Kyseinen standardin osa (Osa 1–8) käsittelee teräsrakenteiden liitosten suunnittelua, mukaan lukien hitsatut ja ruuvatut liitokset. Standardi sisältää ohjeet liitosten mitoitukselle, lujuuslaskennalle, jännitystilän tarkastelulle ja muille liitosten suunnittelussa huomioitaville tekijöille.

Liitokset ovat tärkeitä teräsrakenteiden osia, koska ne vaikuttavat merkittävästi rakenteen kestävyteen ja luotettavuuteen. Standardin avulla voidaan varmistaa, että teräsrakenteiden liitokset ovat suunniteltu oikein ja että ne täyttävät turvallisuus- ja luotettavuusvaatimukset.

## **3 Menetelmät**

### **3.1 Tuotekehitystoiminta**

Opinnäytetyön tavoitteet ovat ratkaistavissa seuraamalla tuotekehityshankkeen työvaiheita. Projektin hallinta on oleellinen osa projektin onnistumista ja tuotekehitykseen on olemassa runsaasti erilaisia menetelmiä ja tässä työssä on edetty Jokisen (2010) esittelemän mallin mukaan, jossa tuotekehitysprosessi on jaettu kuvion 2 mukaisesti neljään osaan. Myös Airila (1985) esittelee tuotekehityksen samanlaisena nelivaiheisena prosessina ja hän keskittyy teoksessaan enemmän prosessin ensimmäiseen vaiheeseen.



Kuvio 2. Tuotekehitysprojektin toimintavaiheet

**Käynnistämisvaiheessa** selvitetään uuden tuotteen kehittämiskustannukset, markkinointinäkyvät, saatavat tuotot sekä myös työterveydelliset ja ympäristönsuojelulliset kysymykset. Käynnistämisvaihe päättyy myönteisessä tapauksessa kehityspäätökseen. Airila (1985) lisäksi huomauttaa, että tuotekehitysprojektin alkuvaiheessa tehdään päätöksiä joiden merkitys on valmistusprosessin ja kustannusten osalta keskeisiä. (Jokinen, 2010; Airila 1985)

**Luonnosteluvaiheessa** laaditaan uudelle tuotteelle asetettavat vaatimukset ja tavoitteet eli tehdään sille vaatimuslista. Tässä vaiheessa voi vielä tulla ilmi asioita, joita ei vielä edellisessä vaiheessa osattu ottaa huomioon. Ennen lopullista vaatimuslistaa on käytävä uudet asiat läpi edellisen vaiheen tekijöiden kanssa. Kun vaatimuslista on saatu tehtyä, jatketaan ratkaisumahdollisuuksien etsimisellä. Tässä vaiheessa on hyödyllistä yleistää ongelmaa, jotta päästään irti varsinaisesta ongelmasta ja saadaan aikaiseksi enemmän ideoita. Yleistämällä halutaan selvittää tehtävän kokonaistoiminto. Seuraavaksi jaetaan kokonaistoiminto osatoimintoihin ja haetaan niihin ratkaisuja. Osatoimintojen ratkaisuja yhdistelemällä halutaan muodostaa kokonaistoiminnolle ratkaisuperiaatteita. Muodostetut ratkaisuehdotukset arvostellaan vaatimuslistaa hyväksikäyttäen ja yksi tai useampi kehitetään ratkaisuluonnoksiksi. Nämä luonnokset on arvosteltava huolella, sillä yleensä niistä voidaan kehittää lopulliseksi tuotteeksi vain yksi. (Jokinen, 2010)

**Kehittelyvaihe** alkaa ratkaisun kokoonpanoluonnoksen laatimisella. Suunnitelmista pyritään ideoinnin poistamaan teknisesti ja taloudellisesti heikot kohdat, jotta saadaan parannettu mittakaavainen suunnitelma. Jos kehitettävänä on yrityksen toiminnan kannalta merkittävä tuote, etsitään tuotteesta oleelliset osat, jotka vaikuttavat valmistuskustannuksiin ja teknisiin ominaisuuksiin, ja optimoidaan ne. Tämä tapahtuu selvittämällä vaihtoehtoisia raaka-aineita, edullisinta geometriaa ja käyttämällä arvoanalyysiä ja matemaattisia optimointimenetelmiä. Kun kaikki asetetut vaatimukset täyttävä konstruktio on suunniteltu, kehitysvaihe päättyy ja tuloksena on kehitetty konstruktioehdotus. Jos vaatimuksia ei pystytä riittävän hyvin toteuttamaan, kehitystyö on aloitettava alusta uuden ratkaisuluonnoksen kanssa. (Mts. 14–17.)

Luonnostelu- ja kehittelyvaiheessa voidaan käyttää monia eri ideoinnin keinoja mahdollisten ratkaisujen löytämiseksi. Ennen ideoinnin aloitusta on kuitenkin hyvä varmistaa, että kehitettävä tuote on tarkasti analysoitu ja sille on asetettu tavoitteet ja vaatimukset. Valmistelutyö saattaa kuitenkin rajoittaa vapaan ideoinnin. Ratkaisujen etsimiseksi tehtävä yleistetään, jotta olennaisimpien vaatimusten havaitseminen ja kokonaistoiminnon hahmottaminen helpottuu. Yleistäminen mahdollistaa myös epätavallisten ratkaisujen löytämisen. Yleistämisen tulee olla riittävä, mutta ei liian pitkälle viety. (Mts. 30–31.)

Erilaisia ideoiden tuottamisen menetelmiä on kahta pääryhmää: intuitiivisia ja systemaattisia eli diskursiivisia. Intuitiivisissa menetelmissä hyödynnetään alitajunnan miellelyhtymiä ja yhtäläisyyksiä toisilla aloilla olevien ilmiöiden kanssa. Diskursiivisissa menetelmissä ideoita analysoidaan ja yhdistetään systemaattisesti apuvälineiden avulla, kuten kaavioiden. Intuitiivista ja diskursiivista menetelmää ei pidä nähdä vastakohtina, sillä ratkaisuideat voidaan etsiä intuitiivisesti, mutta ongelma pyritään ratkaisemaan systemaattisesti. Ideoiden etsimiseen liittyvissä yhteisissä säännöissä tulee etsiä runsaasti ideoita, erottaa ideoiden etsiminen ja arvostelu toisistaan ja pyrkiä tietoisesti pois totutuista ratkaisuista. (Mts. 39–40.)

Aivoriihi on tunnettu ideointimenetelmä, jota käytetään yleisesti ryhmätyömuotona, mutta se toimii myös yksilötasolla. Tavoitteena on luoda arvosteluvapaa ilmapiiri ja synnyttää uusia ideoita miellelyhtymien ja muistikuvien kautta. Aivoriihi soveltuu parhaiten helposti omaksuttaviin ongelmiin, joihin on lukuisia ratkaisuvaihtoehtoja. Se on edullinen ja virkistävä kokouksen kohteeksi, mutta ei sovellu syvällisiin ongelmiin eikä ole halpa työmuoto suurehkon jäsenluvun vuoksi. Muun-

telumenetelmä on vanha menetelmä, jota käytetään tuotteen tai idean parantamiseen. Se perustuu ideavirikkeiden saamiseen miettimällä mikä muu on samantapaista, miten asiat voisi tehdä päinvastoin tai miten järjestellä uudelleen. Menetelmässä käytetään apuna erilaisia kysymyslistoja, joilla saadaan uusia mielleyhtymiä ongelman ratkaisemiseksi. Menetelmä on yksinkertainen, halpa ja voidaan toteuttaa yksilöllisesti tai ryhmätyönä. Se ei vaadi kokousta, mutta ei ole usein niin perusteellinen kuin monet muut menetelmät. (Mts. 40–41.)

Idean arvostelu on vaikea, koska arvostelun perustana on monia erilaisia arvosteluperusteita, joita ei voida mitata yhdellä mittayksiköllä, ja arvosteluun liittyy aina epävarmuutta. Ideoiden ensimmäinen arvostelu tapahtuu karkealla arvostelulla terveen järjen avulla ja poissulkemalla sopimatomat ratkaisut. Luonnostelun loppuvaiheessa arvostelu tehdään yksityiskohtaisemmin painoarvotaulukolla, jossa asetetut vaatimukset ja tavoitteet painotetaan ja arvostellaan kunkin ratkaisun ”hyvyyttä” näiden vaatimusten ja tavoitteiden mukaan. (Mts. 75–81.)

Idean hyväksyttäminen on tärkeä osa tuotekehitysprosessia. Hyväksyminen vaatii hyväksyntää niiltä, jotka ovat tarpeellisia idean toteuttamiseksi sekä keksijän itse vakuuttumista ideansa hyvydestä. Uusia ideoita usein vastustetaan ja niiden hyvät puoli vähätellään ja haittapuolet korostetaan. Hyväksyntäprosessissa on tärkeää, että hyväksyjät osallistuvat kehittelyyn ja päätöksentekoon. (Mts. 87–89.)

**Viimeistelyvaiheessa** suunniteltu tuote saa lopullisen muotonsa ja yksityiskohdat viimeistellään. Tämän vaiheen aikana laaditaan työpiirustukset, osaluettelot sekä käyttö- ja huolto-ohjeet. Prototyyppi valmistetaan, kun tuotteesta halutaan sarjavalmistainen. Prototyyppiä testataan sen ominaisuuksien varmistamiseksi ja sen jälkeen valmistetaan nollasarja, joka auttaa testaamaan suunniteltuja valmistusmenetelmiä ja antaa lisää tietoa uuden tuotteen ominaisuuksista. Jos kyseessä on suuri ja kallis laite tai järjestelmä, kuten suurmuuntaja tai paperikonekäyttö, koekappaleita rakennetaan täydessä mittakaavassa tai pienoismallina testausta varten. Kun viimeistelyvaihe on saatu päätökseen, voidaan tehdä lopullinen päätös tuotannon aloittamisesta. (Mts. 14–17.)

### 3.1.1 Cooperin Stage-Gate menetelmä

Cooperin Stage-Gate menetelmä on kehitysprosessin hallintamalli, joka koostuu useista vaiheista ja porttipisteistä. Menetelmä mahdollistaa tehokkaan ideoiden seulonnan ja kehityksen organisaatiossa, ja auttaa varmistamaan, että innovaatioprosessi on suunnattu oikeaan suuntaan. Jokaisen vaiheen jälkeen porttipisteellä päätetään, voidaanko siirtyä seuraavaan vaiheeseen, mikä auttaa hallitsemaan resursseja ja vähentämään riskiä epäonnistumisesta.

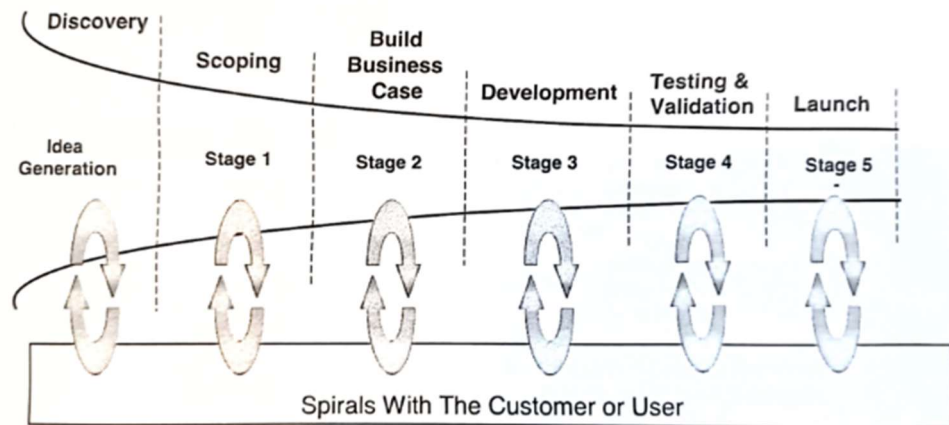
Cooperin Stage-Gate -menetelmän kehitti kanadalainen Robert G. Cooper 1980-luvulla. Cooper kehitti menetelmän, koska hän huomasi, että innovaatioprosessit eivät olleet tehokkaita, eivätkä aina johtaneet haluttuun lopputulokseen. Hän halusi luoda järjestelmällisen ja hallitun tavan hallita kehitysprosessia, joka perustuisi tieteelliseen tutkimukseen ja havaintoihin.

Cooperin alkuperäinen idea oli jakaa kehitysprosessi eri vaiheisiin ja porttipisteisiin, joiden avulla voidaan tehokkaasti hallita resursseja ja vähentää riskiä. Tämä auttaisi organisaatioita pääsemään nopeammin markkinoille uusien tuotteiden ja palveluiden kanssa, samalla kun minimoidaan mahdollisuus epäonnistua.

Cooperin Stage-Gate -menetelmä on osoittautunut menestyksekkääksi ja sitä käytetään nykyään laajalti eri aloilla ympäri maailmaa. Menetelmä on kehittynyt ajan myötä, ja siihen on lisätty uusia vaiheita ja toimintoja vastaamaan paremmin organisaatioiden tarpeita. (Cooper 2005, 83–86.)

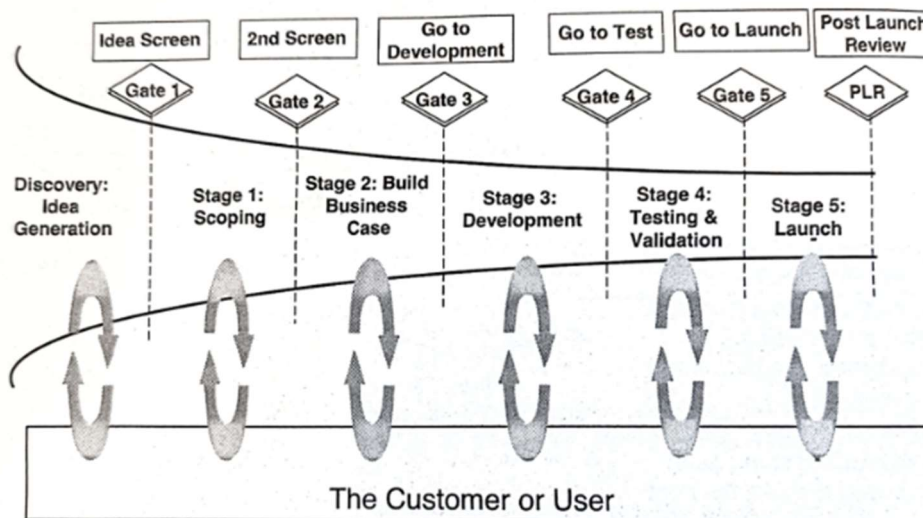
Menetelmän vaiheet ovat yleisesti ottaen seuraavat: idean synty, esikartoitus, liiketoimintasuunnitelman kehittäminen, kehitysvaihe, testaus ja validointi sekä lanseeraus. Jokaisen vaiheen jälkeen on porttipiste, jossa päätetään, voidaanko siirtyä seuraavaan vaiheeseen vai tarvitaanko lisätutkimuksia ja kehitystä ennen jatkamista. (Mts. 100–101.)

Jokaisessa vaiheessa kerätään tarvittavat tiedot, jotta voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen tai päätöksen teko pisteeseen. Jokaisessa vaiheessa asioita tarkastellaan monesta näkökulmasta samanaikaisesti. Osa vaiheista on pakollisia, osa suositeltuja. Stage-Gate prosessin vaiheet ovat löytäminen, projektin arviointi, liiketoiminnan suunnittelu, kehittäminen, testaus ja lanseeraus (ks kuvio 3).



Kuvio 3. Viisi tyypillistä vaihetta Stage-Gate prosessissa.

Jokaista vaihetta edeltää portti, jossa päätetään, jatketaanko idean kanssa seuraavaan vaiheeseen vai ei. Ne toimivat samanaikaisesti laadunvalvonta pisteinä, päätöksen teko ja etenemisen hyväksyntä kohtina (ks. kuvio 4).



Kuvio 4. Tyypillisen Stage-Gate prosessin vaiheet ja portit.

## Ideointi

Ideointi vaiheessa nimensä mukaisesti ideoidaan ja kehitetään ratkaisuja. Tähän on olemassa paljon eri menetelmiä kuten: tekninen tutkimus, uusien mahdollisuuksien etsiminen käyttäjien avulla, kilpailevien tuotteiden analyysi sekä erilaiset sisäiset ideointi menetelmät. Tarkoituksena on tuoda esille mahdollisimman paljon ideoita, joista saadaan valittua parhaat ideat, joita kannattaa lähteä jatkojalostamaan. (Mts. 103–104.)

### **Portti 1: Idean arviointi**

Ensimmäisellä portilla päätetään mitkä ideat päästetään seuraavaan alustavaan esitutkimusvaiheeseen. Tällä ensimmäisellä portilla otetaan huomioon vain projektille keskeiset kriteerit. Nämä kriteerit voivat sisältää pakollisten kohteiden lisäksi myös joitain tärkeämpiä seikkoja, jotka sen olisi hyvä täyttää. Apuna voidaan käyttää kysymyslistoja, joiden vastausten perusteella voidaan paremmin arvioida kannattaako idean kanssa jatkaa eteenpäin vai ei. (Mts. 104–105.)

### **Vaihe 1: Projektin arviointi**

Ensimmäinen vaihe on projektin nopea kartoitus, joka tehdään yleensä alle yhden kuukauden aikana. Tähän vaiheeseen kuuluu alustava markkina sekä tekninen sisäinen arviointi. Tarkoituksena käydä heti ensimmäisenä läpi ne asiat, jotka todennäköisimmin heikentävät tai jopa estävät tuotteen kehityksen jatkossa. (Mts. 105–106.)

### **Portti 2: Idean uudelleen arviointi**

Toisessa portissa käydään tarkemmin läpi samoja asioita kuin ensimmäisessä portissa käytiin. Ensimmäisestä vaiheesta kerätty tieto otetaan nyt käsittelyyn ja sen avulla päätetään mitä ideoista kannattaa vielä viedä pidemmälle. Myös talousnäkökulma otetaan huomioon tällä portilla, mutta se on vielä tässä vaiheessa vasta pinnallinen arvio. (Mts. 106.)

### **Vaihe 2: Liiketoiminnan suunnittelu**

Toisen vaiheen tavoitteena on saada aikaan liiketoimintamalli. Tässä vaiheessa arvioidaan yksityiskohtaisemmin idean houkuttelevuus ennen kuin siihen investoidaan enempää resursseja. Tämän

vaiheen tehtäviin kuuluu kohdemarkkinan tai -markkinoiden määrittely sekä kilpailija-analyysi, tuotekonseptin hahmottelu sekä tuotteen ominaisuuksien täsmentäminen. Lisäksi käydään läpi tarkemmin samoja asioita, joita käsiteltiin jo ensimmäisessä vaiheessa. (Mts. 107–108.)

### **Portti 3: Kehittelyyn eteneminen**

Tätä porttia kutsutaan ”rahaportiksi” sillä se on viimeinen portti enne kehittelyvaiheeseen siirtymistä, jolloin resurssien tarve kasvaa huomattavasti. Tällä portilla tarkastellaan uudelleen samoja asioita kuin edellisessä vaiheessa. Tässä vaiheessa erityisesti tarkastellaan taloudellisia seikkoja tulevaisuuden kannalta. (Mts. 109.)

### **Vaihe 3: Kehittely**

Tässä vaiheessa painotus on käytännön teknisessä työssä, mutta myös markkina-analyysi- ja asiakaspalautteen keräys jatkuu samanaikaisesti teknisen kehityksen kanssa, ja asiakkailta kysytään jatkuvasti mielipidettä tuotteesta sen kehityksen edetessä. Myös testaus- ja lanseeraussuunnitelmien laatiminen, prototyyppien valmistus sekä valmistuksen alustava suunnittelu kuuluvat tähän vaiheeseen. (Mts. 109–110.)

### **Portti 4: Testaukseen eteneminen**

Ennen testaukseen siirtymistä tarkastellaan portilla neljä hankkeen edistystä. Varmistetaan, että kehitysvaiheessa tehdyn työ lopputulos vastaa alkuperäistä tuotteen määritelmää. Tällä portilla myös tarkastetaan taloustekniset seikat uusien tietojen pohjalta. Jos näiden tarkastuksien jälkeen päätetään, että tuotteen kanssa jatketaan seuraavaan vaiheeseen, sille tehdään suunnitelma seuraavaa vaihetta varten. (Mts. 110.)

### **Vaihe 4: Testaus**

Testaus vaiheessa varmistetaan, että tuotteella on edellytykset toimia ja menestyä. On siis tärkeää, että kaikki osa-alueet käydään läpi kuten itse tuote, tuotanto- tai toimintaprosessi, asiakasnäkökulma sekä taloudellinen puoli. Tämä vaihe pitää sisällään useita toimintoja: sisäinen testaus, käytännön testaus, testituotanto, testimarkkinat tai testimyynti sekä liiketoiminta analyysi. Jos kuitenkin käy niin, että tuote ei läpäise kaikkia toimintoja se siirtyy takaisin vaiheeseen kolme. (Mts. 110–111.)

### **Portti 5: Julkaisun eteneminen**

Viimeisessä portissa tarkastellaan edellisen vaiheen tuloksia ja siitä läpi pääseminen riippuu siitä ovatko tulokset lupaavia. Tämä on viimeinen portti ennen julkaisua ja siten myös viimeinen hetki, jossa tuote voidaan hylätä. Myös toiminta- ja markkinointisuunnitelmat sekä joissain tapauksissa elinkaarisuunnitelma käydään läpi ja hyväksytään ennen viimeiseen vaiheeseen siirtymistä. (Mts. 111.)

### **Vaihe 5: Julkaisu**

Tässä mallin viimeisessä vaiheessa pannaan käytäntöön markkinoille saattamista koskeva suunnitelma ja toimintasuunnitelma. Tuotantoon ja toimitukseen vaadittavat asiat laitetaan valmiuteen ja myyntityö alkaa. (Mts. 111.)

### **Julkaisun jälkeinen arviointi**

Kun julkaisusta on kulunut jonkin aikaa (noin 6–18 kuukautta) ja tuote ei ole enää uutuus, tarkastellaan tuotteen ja hankkeen suoriutumista. Julkaisusta kerättyä viimeisintä tietoa verrataan aikaisempiin arvioihin suoriutumisen arvioimiseksi. Viimeisimpänä ns. jälkitarkastus, jossa arvioidaan koko hankkeen hyvät ja huonot puolet sekä pyritään havaitsemaan mahdolliset oppimisen paikat, jotta voidaan kehittyä seuraavaa kertaa varten. (Mts. 111.)

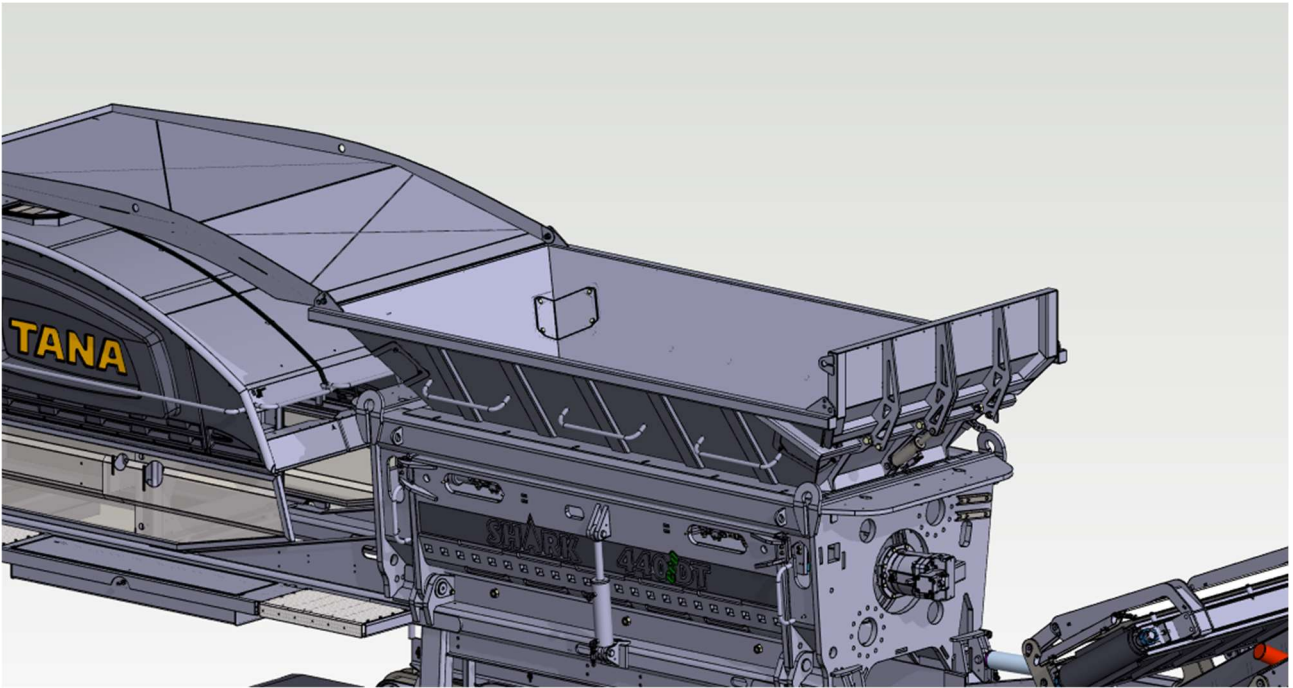
## 3.2 Ohjelmistot

Osana opinnäytetyötä on mallintaa ratkaisu ja tehdä rakenneanalyysiä. Mallinnukseen käytettiin toimeksiantajan toiveesta heillä käytössä olevaa Vertex G4 mekaniikkasuunnittelu CAD-ohjelmaa. Vertex ei ole ennestään tuttu ympäristö ja sen käyttö vaati opettelua. Vertex:llä on mahdollista mallinnuksen ja piirustusten lisäksi tehdä myös lujuusanalyysiä, mutta tähän käytetään mieluummin tutumpaa ohjelmistoa. Ansys Mechanical on rakenne- ja lämpöanalyysiin tarkoitettu ohjelma. Ansys on jo ennestään tuttu sovellus koulun kursseilta, joten se oli luontainen valinta rakenneanalyysin tekemiseen tässä työssä.

## 4 Työn toteutus

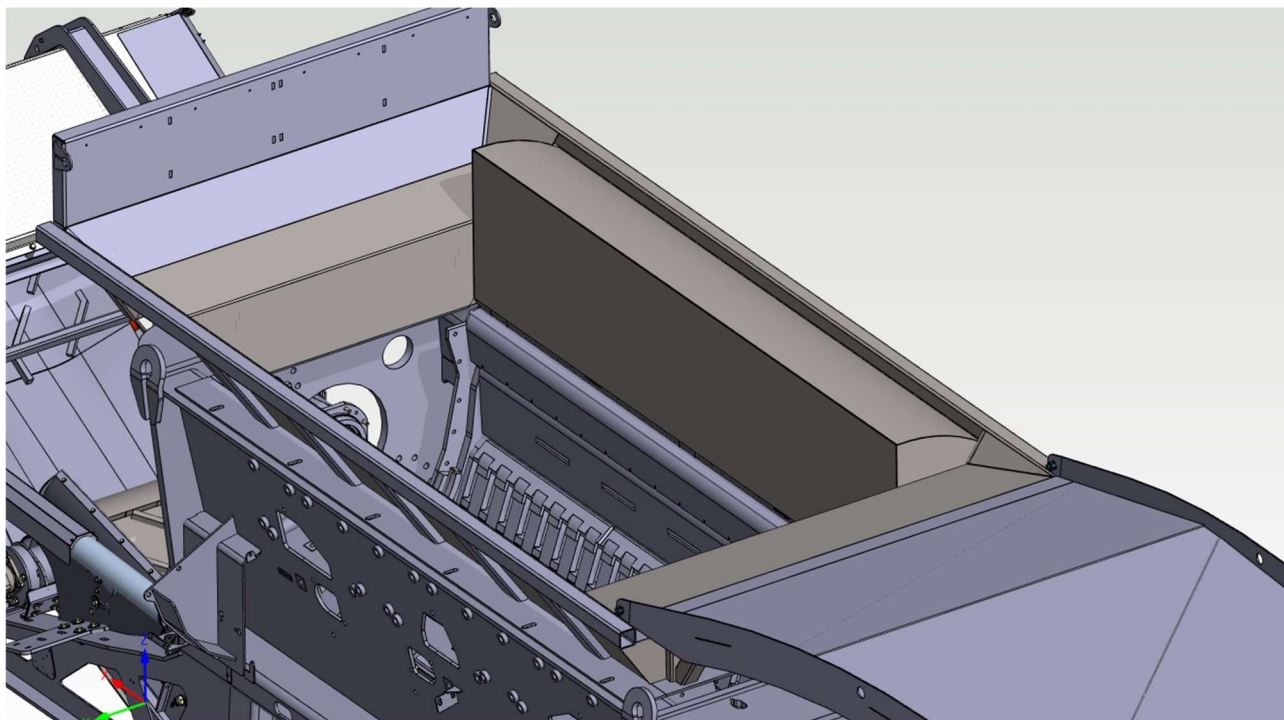
Opinnäytetyön tekeminen alkaa toimeksiantajalta saadun tiedostojen tarkastelulla ja kysymyslistan laatimisella lähtötietojen selvittämistä varten. Työ siis aloitetaan suoraan luonnosteluvaiheesta. Käynnistämävaihe on jo käyty läpi ennen kuin aihe-ehdotus tehtiin. Vaatimuslistassa on kiinteitä- ja vähimmäisvaatimuksia sekä toiveita. Kiinteinä vaatimuksina oli, että uusi ominaisuus ei saa estää repijän muiden toimintoja toimimasta. Vähimmäisvaatimukset liittyivät mitoitukseen, liikkeen voimanlähteen ominaisuuksiin ja seinämän liikkeen ohjauksen mahdollisuuksiin. Toiveina oli, että muutoksessa hyödynnettäisiin mahdollisimman paljon olemassa olevia osia.

Ratkaisun löytämiseksi aloitettiin ideointi tarkastelemalla alkuperäistä ideaa (Liitteet 1–7) ja nykyistä suppilon mallia (ks. kuvio 5). Tähän tarkoitukseen sopivia ratkaisuja etsittiin myös muista teollisuuden laitteista kuten erilaisista repijöistä, suppiloista sekä puristimista.



Kuvio 5. Osa nykyisen jätteenrepijän mallista.

Kääntyvällä seinämällä haluttiin ratkaista monta ongelmaa kerralla. Ongelmaksi oli muodostunut holvaantuva jäte sekä erilainen jäte johon repijän terät eivät kunnolla saa otetta. Seinämällä olisi myös mahdollista painaa jätettä repijän teriä vasten ja siten parantamalla repimisen tehokkuutta. Tällaiseen seinämään ja sen mekanismiin kohdistuu kuitenkin paljon räsitusta sekä ulkoisia voimia. On siis ensisijaisen tärkeää, että molemmista sekä seinämästä, sen mekanismista ja muokatusta suppilon rakenteesta saadaan riittävän kestäviä. Seinämän kääntymistä havainnoitu kuviossa 6



Kuvio 6. Seinämä nostettuna pysty asentoon.

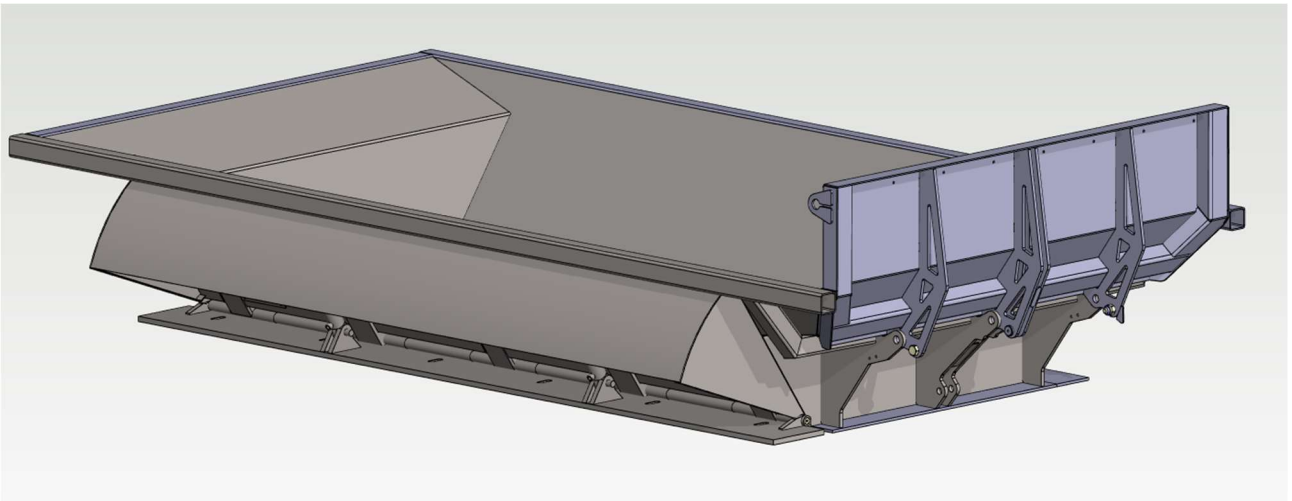
Holvaantuminen tai siltaantuminen tarkoittaa sitä, kun suppilossa oleva materiaali estää itsessään materiaalia liikkumasta. Tätä ilmiötä voidaan ehkäistä muuttamalla suppilon geometriaa siten että suppilon toisesta seinämästä tehdään suora tai tässä tapauksessa tehdä suppilosta muuttuva rakenteinen (Lehtonen 2008, 24–25). Nostamalla seinämä pystyyn saadaan suppilosta epäsymmetrinen ja erityisesti aktiivisen liikkeen aikana seinämä rikkoo holvaantumisen aiheuttavaa muotoa. Materiaalin siirtyminen repijälle tässä tilanteessa tehostuu selkeästi.

Tämän ongelman ratkaisu koostuu kahdesta suuremmasta osa-alueesta. Ensimmäisenä on itse liikkuva seinämä, jonka haasteena ovat erityisesti kestävyys ja toisena suppilo, jonka kanssa seinämän on toimittava yhdessä. Suppilon muutoksia tehdessä on otettava huomioon muut suppilon kiinnittävät kokoonpanot ja varmistaa, että niillä on edellytykset toimia kuten ne on suunniteltu.

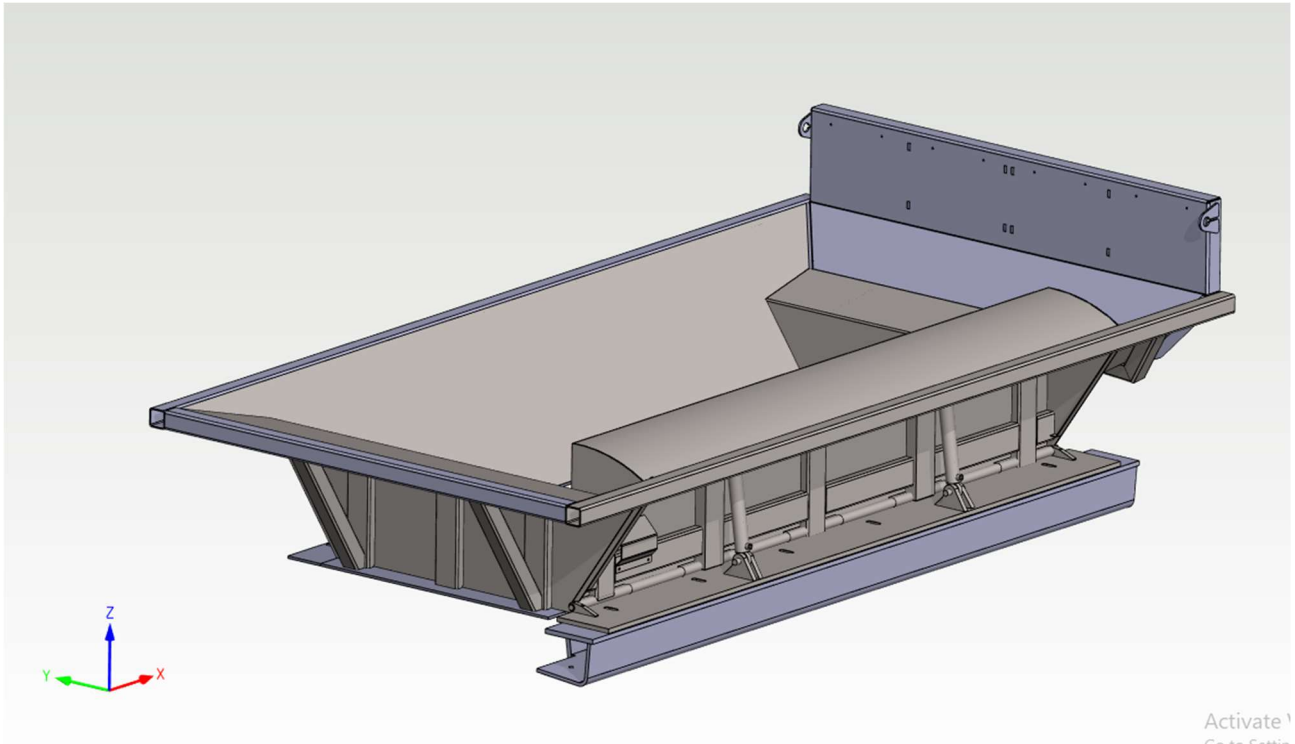
#### 4.1 Seinämä ja mekanismi

Opinnäytetyötä varten oli jo olemassa karkea alustava idea siitä, kuinka seinämä ja sen mekanismi voitaisiin toteuttaa. Idea oli jäänyt varhaiselle kehitysasteelle eikä sitä ollut viety kehittelyvaiheen

alkua pidemmälle. Siitä kuitenkin oli merkittävää hyötyä ideoinnin apuna. Seinämän rakenne tehtiin aluksi mukailleen nykyistä versiota. Mekanismin kehittäminen aloitettiin tarkastelemalla alustavaa ideaa ja etsimällä siitä kehityskohteita. Tavoitteena oli saada vähennettyä osien määrää ja tehdä liikkeestä tasainen, jotta seinämän rakenteelle ei kohdistuisi tarpeettomasti vääntöä. Vääntö aiheuttaisi seinämälle taipumaa, joka taas estää seinämää liikkumasta suppilon muotoja mukailleen. Tämän takaamiseksi päätettiin, että liikkeestä vastaisi kaksi hydraulista sylinteriä. Kun idea oli saatu mallinnettua ja päästiin tutkimaan kokoonpanoa, huomattiin, että seinämän liikkuaessa suppilon tasanteella oleva materiaali pääsee tippumaan seinämän taakse. Tämä tekee myös materiaalin lastauksesta hankalampaa, kun seinämä on missä tahansa muussa kuin täysin aukinaisessa asennossa. Tätä varten lisättiin seinämään reunat ja kaareva levy seinämän päälle (ks. kuvio 7). Näin lastaus on mahdollista myös seinämän ollessa pysty asennossa (ks. kuvio 8). Tämä lisäys myös teki rakenteesta entistä vahvemman.

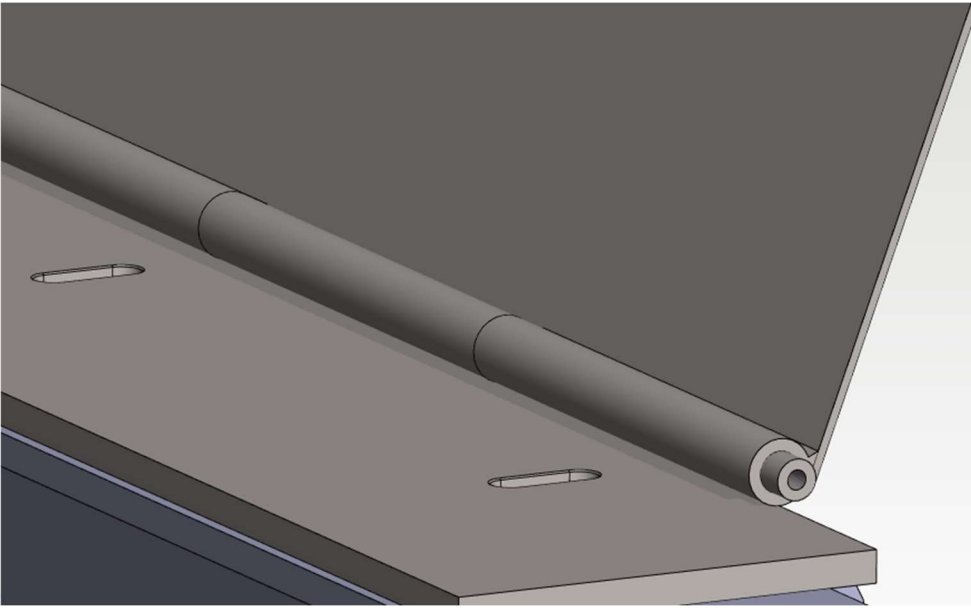


Kuvio 7. Suppilo, kun seinämä on auki asennossa.



Kuvio 8. Suppilo, kun seinämä on pysty asennossa.

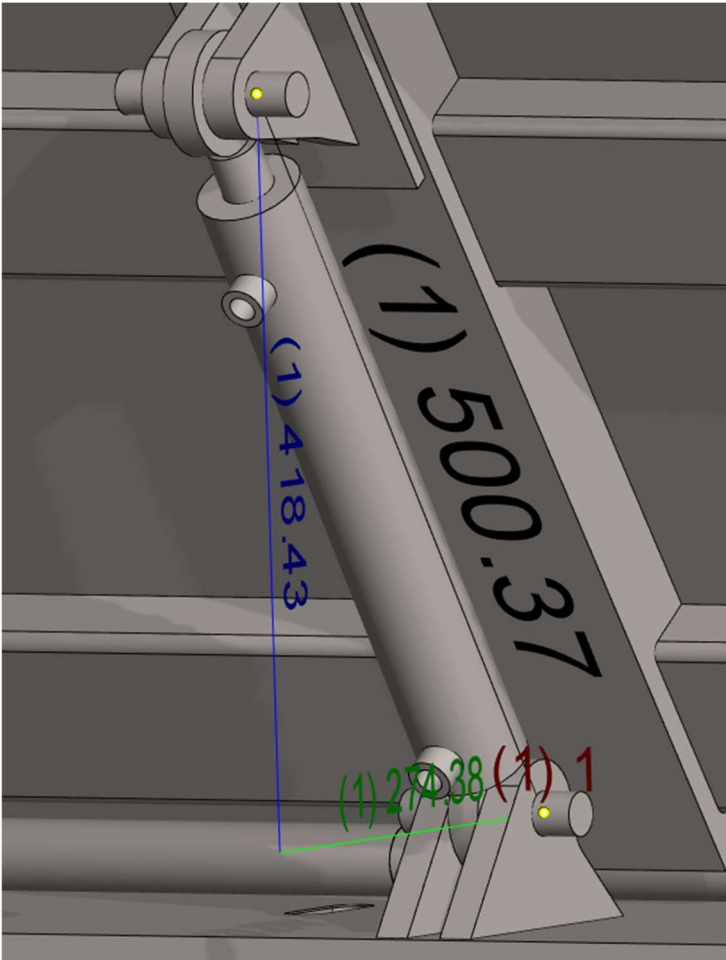
Seinämän kääntöä varten tarvittiin jonkinlainen saranointi. Myös tähän haettiin valmiita ratkaisuja, mutta sellaisen saranan löytäminen, joka myös pystyy pitämään suppilon jossain määrin tiiviinä, osoittautui haasteelliseksi. Tältä osin päädyttiin siihen ratkaisuun, että saranan on oltava koko seinämän pituinen ja saranan putkien välit oltava riittävän pienet, jotta suppilon tiiveys pysyy halutulla tasolla. Sarana koostuu putkista ja niiden läpi asetettavasta akselistä (ks. kuvio 9). Jokaisessa putkessa tulee olla asennettuna voidenipat, jotta sarana saadaan rasvattua säännöllisin väliajoin.



Kuvio 9. Seinämän sarana.

#### 4.1.1 Hydraulikka

Koneessa on jo olemassa oleva hydraulikkajärjestelmä, johon sylinterit voidaan liittää. Sylinterien valintaa rajoitti käytössä olevan asennuspituus ja vaadittava iskun määrä. Asennuspituudeksi saatiin maksimissaan 500 mm ja iskupituudeksi vähintään 325 mm. Näillä rajoitteilla sylinteriksi valikoitui 40–20-350 sylinteri.



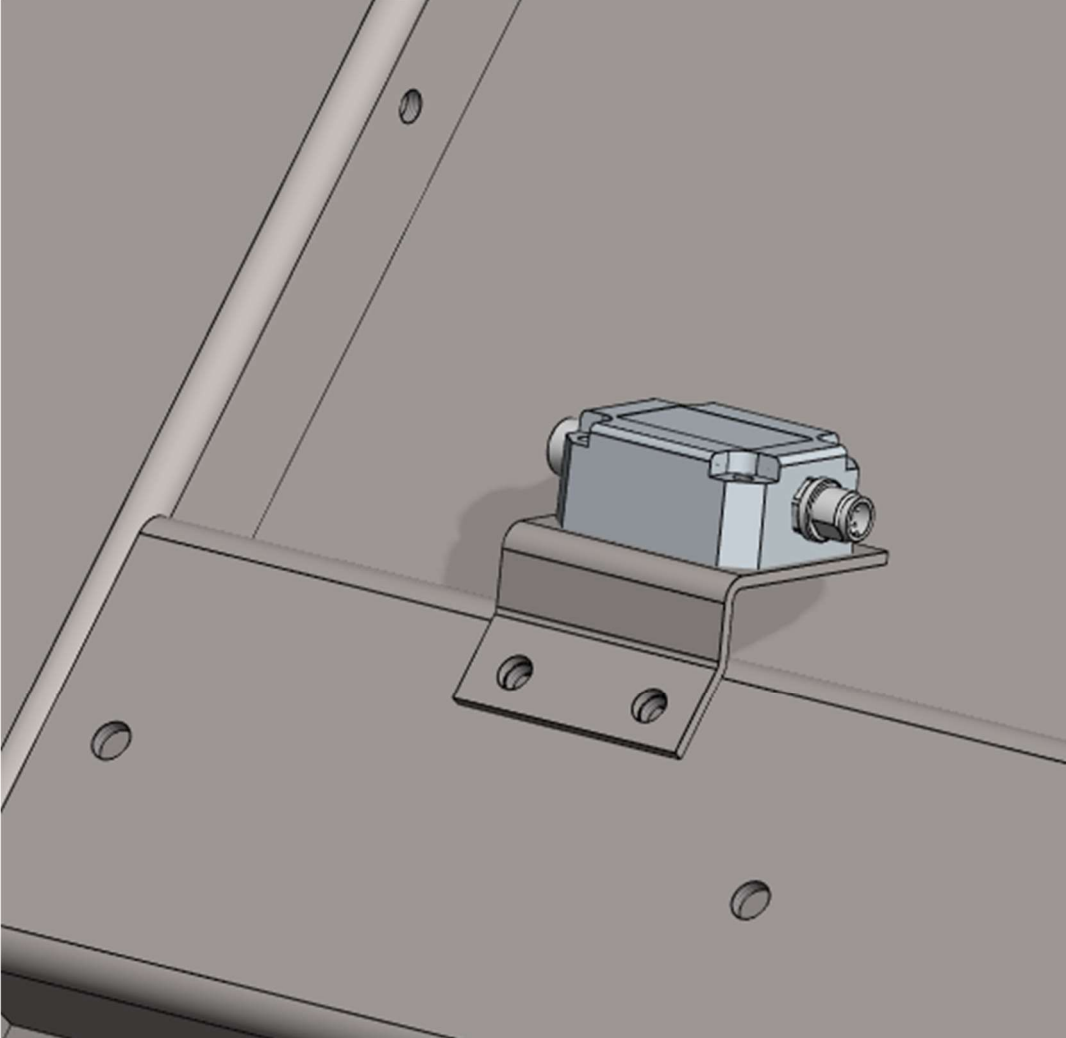
Kuvio 10. Erään valmiin hydraulisynterin tilamalli.

Seinäjä ja mekanismi tuli suojata ylikuormitukselta. Tätä varten on hydrauliiikka systeemissä ol-tava paineenrajoitusventtiili, jolla saadaan rajoitettua sylinterin tuottamaa voimaa turvalliselle ta-solle. On myös tärkeää varmistaa, että sylinterit liikkuvat samaan aikaan. Tätä varten voidaan asentaa virrantasausventtiili, joka varmistaa, että kumpaankin sylinteriin virtaa sama määrä öljyä ja siten liikkuvat saman määrän.

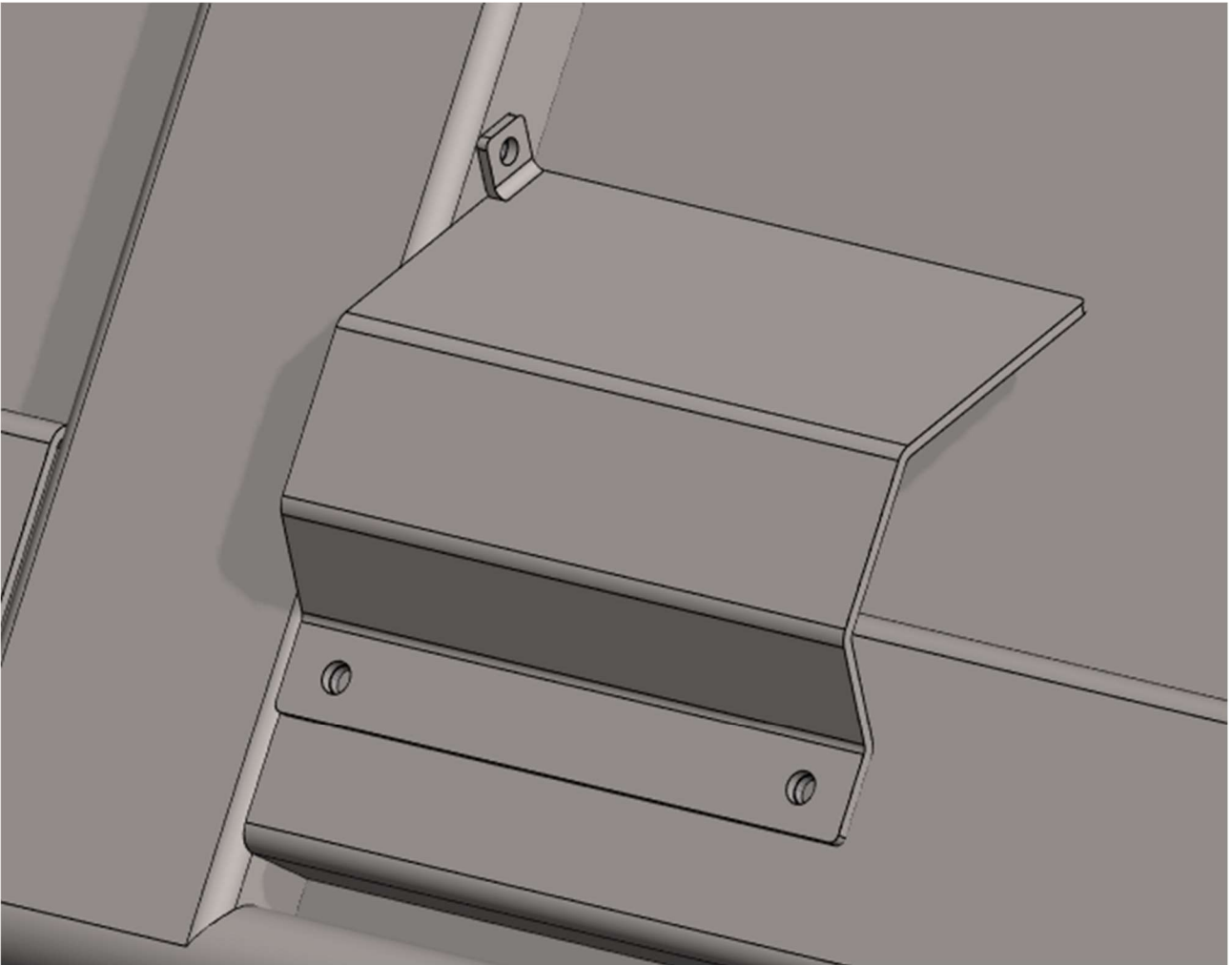
#### 4.1.2 Anturointi

Seinäjän liikkeen ohjausta varten se tarvitsee kulma-anturin, jonka avulla saadaan tieto seinämän asennosta. Anturin kannakointi oli tehtävä niin, että anturilta saatava tieto pysyy tarkkana (ks. ku-vio 11). Anturille on annettu kulmalle raja-arvot, joiden sisällä anturi toimii tarkasti. Seinämä kui-

tenkin kääntyy enemmän kuin anturille annettu tarkka alue. Seinämän auki asento rajoitetaan sylinterin minimimitalla, joten tarkaksi asennoksi valittiin kiinni oleva asento. Anturi tuli myös suojata mahdollisilta iskuilta, joten sille tehtiin suojapelti (ks. kuvio 12).



Kuvio 11. Anturi ja sen kannake.



Kuvio 12. Anturin suojapelti.

## 4.2 Suppilo

Suppilon ratkaisujen kehittäminen alkoi ideoimalla ja etsimällä vaihtoehtoisia ratkaisuja alkuperäisen idean mukaiselle suppilolle, jossa päätyseinämät ovat suurimmaksi osaksi pystyssä. Lisäksi suppilon rakenne oli muuttunut siitä mitä se oli alkuperäisen idean kehityksen aikaan. Nämä muutokset oli myös lisättävä uuteen versioon. Lopulta päädyttiin hieman muokattuun versioon suoraseinäisestä suppilosta, koska etuosa vaati uudistusta siellä tapahtuneiden muutosten takia.

Suppilon seinämät ovat levyleikkkeitä ja päätylevyissä on hyödynnetty taivutusta hitsaustarpeen vähentämiseksi. Seinien vahvistamiseksi on käytetty samaa vakio profiili putkea kuin nykyisessä suppilossa ja tässä on osittain hyödynnetty jo käytössä olevia osia. Molemmissa päädyissä on myös

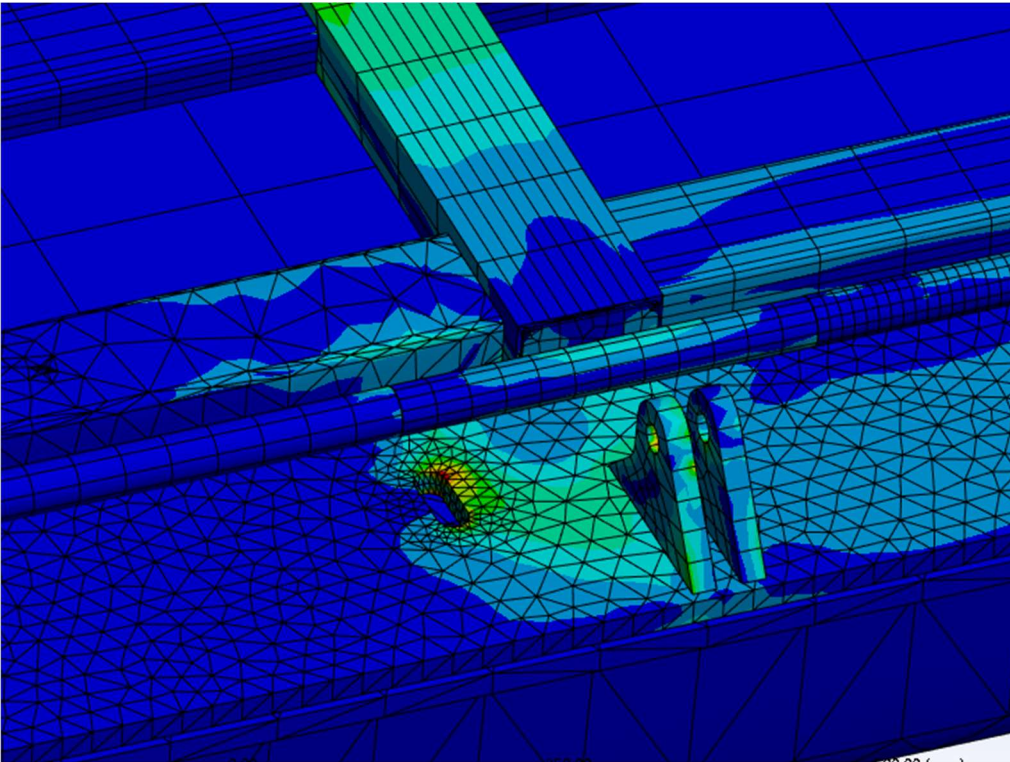
useita putkirakenteita, jotka on lisätty vahvistukseksi. Muutoin päädyt olisivat vain tasanteita ja siten alttiita hajoamiselle, kun niiden päälle asetetaan enemmän kuormaa.

### 4.3 FE-analyysi

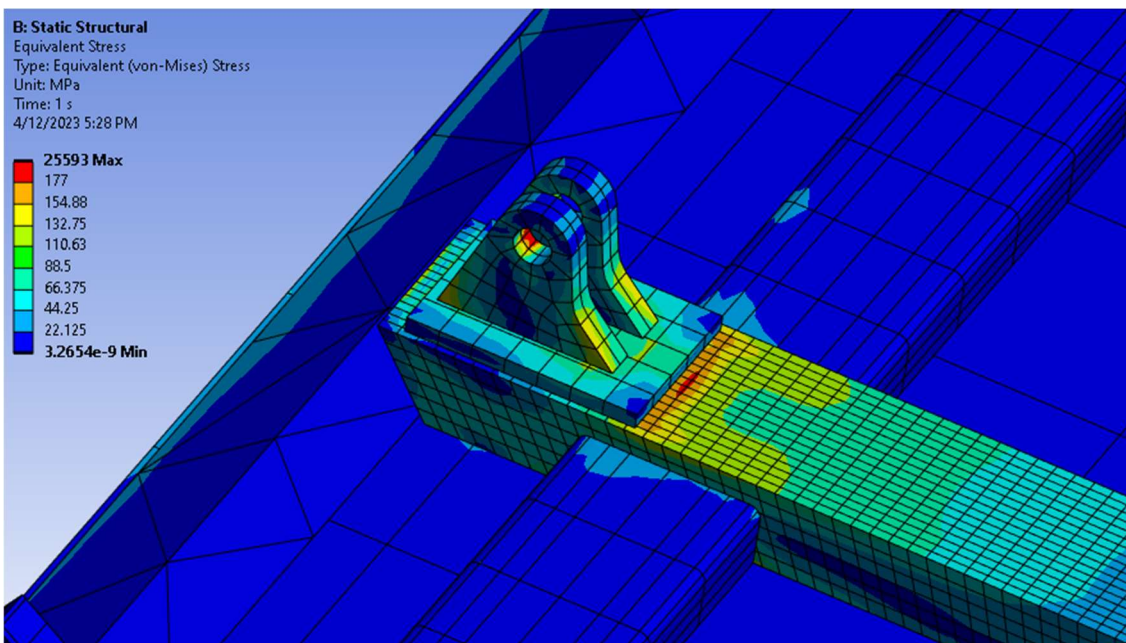
FE-analyysiä käytettiin työn aikana paljastamaan rakenteesta heikkoja kohtia. Seinämälle ei ollut määritely tarkkoja kuormituksia vaan kuorman sijaintia ja määrää muutettiin ja vaihdeltiin projektin aikana. Kuormituksia oli hankala määritellä, koska repijän teho on joka tapauksessa riittävän suuri hajottamaan seinämän. Tätä varten seinämää suojataan ylikuormitukselta hydraulisyntereiden paineenalennusventtiilillä. Seinämän kuormitusta tutkittiin lähinnä seinämän ollessa ala-asennossa, koska siellä seinämään kohdistuisi suurimmat kuormat. Kuormitukset asetettiin koko seinämälle tasaisena kuormana sekä viivakuormana seinämän toiseen reunaan.

Seinämän FE-analyysi osoittautui erittäin haasteelliseksi osien määrän ja kokoonpanon monimutkaisuuden vuoksi. Kriittisimmiksi kohteiksi muodostui sekä ylempien että alempien korvakoiden alue ja niiden aluetta jouduttiin vahvistamaan eniten (ks. kuvat 13 ja 14). Muita vahvistuksen tarpeessa olevia kohteita oli seinämän kiinnityslevy (ks. kuvio 13) sekä koko seinämän poikittaistuenta. Kiinnityslevyn jännitykset saatiin tasattua lisäämällä sen ainevahvuutta. Seinämän poikittaistuenta oli tarpeen, koska ilman sitä seinämässä esiintyi huomattavia muodonmuutoksia ja se estäisi seinämän toiminnan.

FE-analyysissä on käytetty materiaalina S355 rakenneterästä ja tavoiteltu varmuuskerroin oli 2. Analyysin perusteella seinämä pystyy kestävästi repijän roottorin aiheuttamia voimia. Seinämää rasitettiin usealla eri tavalla, jotka kaikki perustuivat todennäköisiin rasitustapahtumiin. Näiden tulosten perusteella materiaalina voidaan käyttää siis S355 rakenneterästä tai sen lujuusominaisuuksia parempaa materiaalia. Esimerkiksi Hardox kulutusteräksiä, joilla on erinomaiset kovuus ja sitkeys ominaisuudet (Erittäin kulutuksenkestävä Hardox®-kulutuslevy n.d.)



Kuvio 13. Seinämän kiinnityspisteessä esiintyvät jännitykset.



Kuvio 14. Sylinterin yläpään korvakon alueen jännitykset.

## 5 Pohdinta ja jatkokehitys

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ideaa kääntyväseinäisestä suppilosta eteenpäin, jotta sen perusteella saadaan tehtyä prototyyppi. Työn lopputulos ei vielä itsessään ole siinä vaiheessa, että sen perusteella kannattaisi valmistaa prototyyppiä, mutta se saatiin kuitenkin sille tasolle, että siitä voidaan jatkokehittää toimiva prototyyppi. Nykyisessä versiossa on jo ratkaistuna monia osaluueita, mutta opinnäytetyölle varattu aika ei riitä valmiin tuotteen suunnitteluun yhden henkilön työpanoksella.

Työn aikana aikaa kului suunniteltua enemmän uuden CAD-ohjelmiston opiskeluun ja etenkin FE-analyyysien tekemiseen. Jos mallinnus olisi tehty jollain tutulla ohjelmistolla olisi lopputulos voinut olla huomattavasti viimeistellympi. FE-analyyysin tekeminen osoittautui haasteelliseksi, koska käytössä ollut ANSYS Student -versio rajoitti saavutettavaa tarkkuutta. Lisäksi kokoonpanon kontaktien määrittelyyn kului paljon aikaa ja vaati suurta tarkkuutta. Nämä tekijät vaikuttivat negatiivisesti analyyysin tarkkuuteen ja lopulta tulosten luotettavuuteen.

Aikataulussa pysyminen aiheutti vaikeuksia varsinkin työn loppupuolella, kun lujuuslaskentaan kului huomattavasti enemmän aikaa, kun oli alun perin suunniteltu. Lisäksi lista kehityskohteista kasvoi työn edetessä. Tämän takia oli laitettava asiat tärkeysjärjestykseen ja jätettävä osa kohteista vähemmälle huomiolle, jotta tärkeimmät kohteet saadaan tehtyä asianmukaisesti valmiiksi. Lisäksi opinnäytetyötä tehtiin samaan aikaan viimeisten kurssien kanssa, jonka takia ei voitu aina keskittyä opinnäytetyön tekemiseen aivan täysin.

Vaikka opinnäytetyö osoittautui ajateltua laajemmaksi ja monisyisemmäksi, voidaan lopputulokseen olla tyytyväisiä sillä sen tulokset mahdollistavat nopean etenemisen prototyyppi vaiheeseen. Siinä on käsitelty monia tärkeitä ja kriittisiä kohtia ja niille on kehitetty ratkaisu tai ratkaisuja.

Edellä mainitun rakenneanalyyysin epätarkkuuden takia olisi rakennetta vielä tutkittava tarkemmin kestävyuden kannalta. Lujuustekniset asioiden jälkeen tulisi valmistella prototyypin testaussuunnitelmaa sekä samanaikaisesti jatkokehittää tuotetta. Esimerkiksi supilon ja seinämän välinen tiiveys on ratkaistava, jotta niiden väliin ei pääsisi materiaalia. Jos materiaalia jää jumiin väleihin mekanismi saattaa jumiutua. Tätä varten oli ideoitu säädettäviä kulutusaloja, mutta niiden toteutus jäi vielä kaipaamaan lisää ideointia. Kun testaussuunnitelma on saatu tehtyä ja rakenne on

muuten tyydyttävällä tasolla, voidaan valmistaa prototyyppi ja testata tuotteen toimivuutta oikeassa elämässä.

## Lähteet

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas.

Koneasetus. 12.6.2008/400. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>

Konedirektiivi. 2006/42/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0042&from=EN>

Konelaki. 2004/2016. Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041016>

SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen.

Valtanan, E. 2016. Tekniikan taulukkokirja. 21. painos. Genesis-Kirjat Oy.

SFS-EN 1993-1-8. 2005. Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1–8: Liitosten suunnittelu. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 15.8.2015. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

Kestävä kehitys. N.d. Artikkelit Tana sivustolla. <https://tana.fi/fi/tietoa-meista/kotimainen-kestavan-kehityksen-yritys/>

Jokinen, T. 2010. Tuotekehitys. ISBN 978-952-60-3320-4. <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>.

Björk, T. Hautala, P. Huhtala, K. Kivioja, S. Kleimola, M. Lavi, M. Martikka, H. Miettinen, J. 2014. Koneenosien suunnittelu. Helsinki: Sanoma Pro.

Airila, M. 1985. Koneenosien suunnittelu. 1, Perusteet. Helsinki: WSOY

Lehtonen, P. 2008. Rakeisen kiintoaineen varastointi. Opinnäytetyö, AMK. Tampereen ammattikorkeakoulu, tekniikanala. Viitattu 4.4.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201003063368>.

Erittäin kulutuksenkestävä Hardox®-kulutuslevy. N.d. Tuotteen esittely sivuston päätaso. Viitattu 18.4.2023. <https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/hardox>.

Cooper, R. 2005. Product leadership: pathways to profitable innovation. New York: Basic Books

## **Liitteet**

**Liite 1. Alkuperäinen idea liikkuseinämäisestä suppilosta, auki asento (salassa pidettävä).**

**Liite 2. Alkuperäinen idea liikkuseinämäisestä suppilosta, pysty asento (salassa pidettävä).**

**Liite 3. Alkuperäinen idea liikkuseinämäisestä suppilosta, puoliksi kiinni asento (salassa pidettävä).**

**Liite 4. Alkuperäinen idea liikkuseinämäisestä suppilosta, täysin kiinni asento (salassa pidettävä).**

**Liite 5. Alkuperäinen idea liikkuseinämäisen suppilon liikkeen tuottamisesta (salassa pidettävä).**

**Liite 6. Alkuperäinen idea liikkuseinämäisestä suppilosta, etäisyys teristä (salassa pidettävä).**

**Liite 7. Alkuperäinen idea liikkuseinämäisestä suppilosta, suppilon pituus (salassa pidettävä).**