

Juha-Pekka Karppanen

ROBOTTIPANOSTAJAN KAPPALEMAKASIININ SUUNITTELU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2014

ROBOTTIPANOSTAJAN KAPPALEMAKASIININ SUUNNITTELU

Karppanen, Juha-Pekka
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2014
Ohjaaja: Teinilä, Teuvo
Sivumäärä: 29
Liitteitä: 4

Asiasanat: Makasiini, piippu, robottisolu

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella Sako Oy:lle, laite joka syöttää piippuja robotille, joka siirtää ne hiekkapuhallukseen ja hiekkapuhalletut piiput edelleen jatkokotoimia varten. Alihankintasuunnittelu suoritettiin Instiimi Oy:ssä. Haasteen opinnäytetyössä aiheutti robottisolun, joka määräsi kuinka suuri laite voi suurimmillaan olla. Laitteesta suunniteltiin erilaisia vaihtoehtoja ja ne arvioitiin. Parhaiten pisteitä kerännyt konstruktio saatiin lopulliseen suunnitteluun. Lopullisesta kokoonpanosta suoritettiin lujuuslaskenta, jolloin selvisi kestäisikö konstruktio piippujen rasituksen.

DESIGN OF PIECE MAGAZINE TO ROBOT HANDLER

Karppanen, Juha-Pekka

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2014

Supervisor: Teinilä, Teuvo

Number of pages: 29

Appendices: 4

Keywords: Magazine, barrel, robotcell

The purpose of this thesis was to design to Sako Ltd, the device that supplies gun barrels to the robot, which transfers them to the abrasive blasting machine and move gun barrels for further action. Subcontracting design was conducted in Instiimi Ltd. Challenge in this thesis caused the robot cell, which determines how large device can be. The device was designed and the various options were estimated. Construct that collected most points transferred for final design. Final assembly was transferred for structural analysis, which revealed if construction would take stress.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Tausta.....	7
1.2	Tavoite	7
1.3	Instiimi Oy	7
1.4	Sako Oy.....	8
1.4.1	Patruunat.....	8
1.4.2	Kiväärit.....	8
2	LÄHTÖTILANNE	9
2.1	Hiekkapuhallussolu.....	9
2.2	Piippu	10
3	SUUNNITTELU	10
3.1	Suunnitteluun käytetty ohjelma	10
3.2	Vaatimukset laitteelle.....	10
4	SUUNNITTELUN TULOKSET.....	11
4.1	Toteutusvaihtoehdot.....	11
4.1.1	Vaihtoehto 1... ..	11
4.1.2	Vaihtoehto 2... ..	12
4.1.3	Vaihtoehto 3... ..	14
4.1.4	Vaihtoehto 4... ..	15
4.1.5	Vaihtoehto 5... ..	16
4.1.6	Vaihtoehto 6... ..	18
4.2	Vaihtoehtojen arviointi	19
4.3	Robotin tarttuja	19
4.4	Adapteri robotin tarttujalle.....	20
5	JATKOKEHITYS	22
5.1	Moottorien valinta.....	22
5.2	Piippujen kannake.....	22
5.3	Hitsin mitoitus.....	22
6	LUUJUUSLASKENTA	23
6.1	FEM	23
6.2	Piippujen kannatin	24
6.3	Moottorin kannatin.....	25
7	YHTEENVETO	27
7.1	Tavoitteiden täytyminen	27
7.2	Loppusanat.....	28

LÄHTEET.....	29
LIIKTEET	

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

M	Momentti
J	Hitausmomentti
α	Kulmakiihtyvyys
n	Havaintojen lukumäärä
x_1	Havainto
w_1	Painotuskertoimet
t	Liitettävän materiaalin paksuus mm
FEM	Finite Element Method, elementtimenetelmä, jota käytetään pääsääntöisesti lujuuslaskennassa. Tunnetaan myös nimillä FEA (Finite Element Analysis)
CNC-jyrsin	Numeerisesti (esim. tietokoneella) ohjattava jyrsin
ISSF	Kansainvälinen ampumaurheiluliitto (The International Shooting Sport federation)
CISM	Kansainvälinen sotilasurheiluliitto (Conseil International du Sport Militaire)

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Hiekkapuhallussolussa käytettävää makasiinin kapasiteetti on liian alhainen, minkä seurauksena robotti ei pysty nopeuttamaan solun toimintaa. Solu toimisi samalla nopeudella, mikäli solun käyttäjä lataisi itse piiput hiekkapuhallukseen ja ottaisi ne pois.

1.2 Tavoite

Makasiinia lähdettiin suunnittelemaan uudelleen, tavoitteena kasvattaa makasiiniin sopivien piippujen lukumäärää, helpottaa työntekijän taakkaa, sekä mahdollisuuksien mukaan parantaa työturvallisuutta. Tämän lisäksi päivittäisten huoltotöiden tekeminen pitäisi olla helppoa ja ongelmatilanteiden ratkomiseksi koneisiin pitää olla helppo kulku. Mahdollisuuksien mukaan koneen käyttäjän voisi sijoittaa työkierron ajaksi muihin työtehtäviin.

1.3 Instiimi Oy

”Insinööritoimisto Instiimi Oy on vuonna 1985 perustettu suunnittelualan yritys Tampereella. Yrityksen toimialoiksi on määritelty tehdassuunnittelu, tuotantokoneet ja -linjat, automatisointi sekä projektin hoito. Instiimissä suunnitellaan pääsääntöisesti tuotannon koneita Pirkanmaalla toimiville yrityksille. Asiakkaita ovat olleet seuraavat yritykset: Insta Oy, Stora-Enso Timber Oy, UPM-kymmene, Nokian Capacitors Oy, Orfer Oy, TTT technology, TRB Raiseborers, Saarioinen Oy ja Comatec Oy.” Toimitusjohtaja P. Nurmisen mukaan (henkilökohtainen tiedonanto 7.5.2014.)

1.4 Sako Oy

Suojeluskuntain Ase- ja Konepaja Osakeyhtiö perustettiin Helsingissä 1.4.1921. Kuntatilat Helsingissä kävivät ahtaaksi, siirrettiin tehdas vuonna 1927 Riihimäelle, jossa nykyinenkin tehdas sijaitsee. Vuonna 1930 nimi muutettiin Sako:ksi. Samana vuonna Sako aloitti luotien viennin Ruotsiin. Vuonna 1987 Sako fuusioitui Valmetin kanssa ja nimeksi tuli Sako-Valmet. Myöhemmin organisaatio muutosten myötä Sakon nimi jäi yksityisomistuksessa olevan kivääri- ja luotitehtaan nimeksi. Nykyään Sako kuuluu Beretta yhtiöön. (Wikipedian www-sivut 2014)

1.4.1 Patruunat

Sako on aloittanut patruunoiden valmistamisen jo vuonna 1929 ja nykyään valikoimaan kuuluu patruunoita 33 eri kaliiperiin. Patruunoissa käytettävät luodit valitaan aina käyttötarkoituksen mukaan ja suuri osa luodeista on Sakon valmistamia. Latauksissa käytetään Vihtavuoren ruutia.

Jälleenlataajille Sako valmistaa luoteja ja hylsyjä, jotka ovat samalla laadulla valmistettu kuin tehdasp patruunoissa. Hylsy valmistetaan korkealuokkaisesta messingistä syvävetämällä. Ne ovat tasalaatuisia ja useita kertoja jälleenladattavia. (Tuotekuvasto. Sako 2007, 25 ja 2013)

Luettelo Sakon valmistamista patruunoista on esitetty liitteessä 1.

Luettelo ja kuvat Sakon valmistamista luodeista on esitetty liitteessä 2.

1.4.2 Kiväärit

Sako valmistaa kivääreitä metsästys-, harrastus- ja viranomaiskäyttöön. Valikoimaan kuuluu Sako 85 mallisto, joka on suunniteltu metsästäjille, Sako quad mallisto, joka on suunniteltu tarkkuusammuntaan ja pienriistan metsästykseseen, Sako TRG-22/42 ja TRG M10 tarkkuusasejärjestelmät, jotka on suunniteltu osumaan maaliin missä tahansa, sekä Tikka T3 sarja, mihin kuuluu kivääreitä metsästäjille ja viranomaisille. Uutuutena Sako esitteli vuonna 2014 Sako A7 malliston, joka on suunniteltu tarjoamaan painonsa puolesta kevyeksi metsästyskivääriksi. (Tuotekuvasto. Sako 2007 ja 2014)

Sako 85 malliston suunnittelussa on pyritty huomioimaan metsästäjien erilaiset mielipyykset aseiden materiaalien suhteen, minkä seurauksena Sako 85 malleja onkin saatavilla monella eritavalla varusteltuna. (Tuotekuvasto. Sako 2007, 16)

Sako quad mallisto on maailman ensimmäinen pulttilukkoisen, vaihtopiippuinen pienoiskivääri mallisto. Malliston piiput ja lippaat ovat värikoodattu helpottamaan useamman kaliiperin käyttöä. (Tuotekuvasto. Sako 2007, 20)

Sako TRG-22, TRG-42 ja TRG M10 tarkkuuskiväärit tunnetaan Suomessa ja maailmalla erinomaisesta tarkkuudesta ja kenttäkelpoisuudesta. Kivääreitä soveltuvat mm. ISSF:n ja CISM:n sääntöjen mukaisiin kiväärilajeihin. TRG:n tarkka-ampujaversioita käytetään Suomen Puolustusvoimien lisäksi useiden maiden puolustuslaitokset ja lainvalvontayksiköt. (Tuotekuvasto. Sako 2007, 22 ja Sakon www-sivut 2014)

Sako A7 mallisto on suunniteltu olemaan kevyt, mutta samalla olemaan aito Sakon kivääri. (Sakon www-sivut 2014)

Luettelo Sakon kivääreistä on esitetty liitteessä 3.

Luettelo Tikan kivääreistä on esitetty liitteessä 4.

2 LÄHTÖTILANNE

2.1 Hiekkapuhallussolu

Solu on kooltaan 5,86m x 5,54m ja seinillä rajattu. Solu on asennettu turvahäkkiin, jossa robotti toimii. Soluun on liitetty kaksi hiekkapuhalluskaappia ja sen sisään ollaan suunnittelemassa pesuria, joka mahdollisesti sijoitettaisiin saman robotin toimialueelle. Tällöin robotti ei siirtäisi puhalluksesta tulleita piippuja takaisin kannattimelle, vaan pesukoneeseen. Tämän seurauksena uusi makasiini ei saa viedä paljoa tilaa.

2.2 Piippu

Sako valmistaa kiväärien piiput kylmätakomalla. (Sakon www-sivut 2014) Kylmätaonnassa piippua syötetään vastakkain hakkaavien taontaleukojen väliin ja taottava kappale on huoneenlämmössä. (Wikipedian www-sivut 2014) Ennen taontaa piipun reikä saattaa olla huomattavasti ylittävän. Takomaleukojen kohdalle aseteltu ja vapaasti pyörivä kovametallituurna asettaa lopullisen läpimitan reiälle. Tuurnan harjanteet synnyttävät piipun reiänseinämiin rihlauksen. Kylmätaonnassa piippumetalli kovenee ja tiivistyy, sillä piipputanko ohenee ja pitenee. (Kekkonen 2014)

3 SUUNNITTELU

3.1 Suunnittelussa käytetty ohjelma

Suunnittelussa ja FEM laskennassa käytettiin Dassault Systèmes S.A. :n valmistamaa SolidWorks 3D CAD- ohjelmistoa. Kyseisestä sovelluksesta käytettiin vuoden 2012 ja 2013 versioita. SolidWorks on 3D suunnittelu ohjelmisto, jolla voidaan suunnitella ja mallintaa erilaisia rakenteita ja kokoonpanoja.

3.2 Vaatimukset laitteelle

Suunnittelu aloitettiin määrittämällä vaatimukset piippujen minimimäärälle, joka olisi saatava kerralla makasiiniin. Tarkoitus olisi saada laitteen käyttäjä muihin työtehtäviin laitteen työkierron ajaksi. Piiput pitäisi saada helposti aseteltua paikoilleen ilman suurempia tarkkuusvaatimuksia, jolloin laitteen käyttäjän on helppo ottaa hiekkapuhalletut piiput pois laitteesta ja laittaa hiekkapuhallukseen menevät piiput paikoilleen. Laitteen olisi myös oltava mahdollisimman turvallinen, ettei käyttäjän tarvitsisi pelätä oman turvallisuutensa olevan uhattuna ja hän pystyisi keskittymään työhönsä. Laite pitäisi myös saada helposti huollettua ja korjattua, mikäli ilmenee huollolle tarvetta tai jokin osa menee käytössä rikki. Käytössä oleva tila asettaa myös

omat rajoituksensa, sillä tilaa on vain rajallisesti käytössä. Tarkoitus oli suunnitella mahdollisimman monta vaihtoehtoa, jotka arvioitiin ja paras vaihtoehto siirtyi jatkokehitykseen.

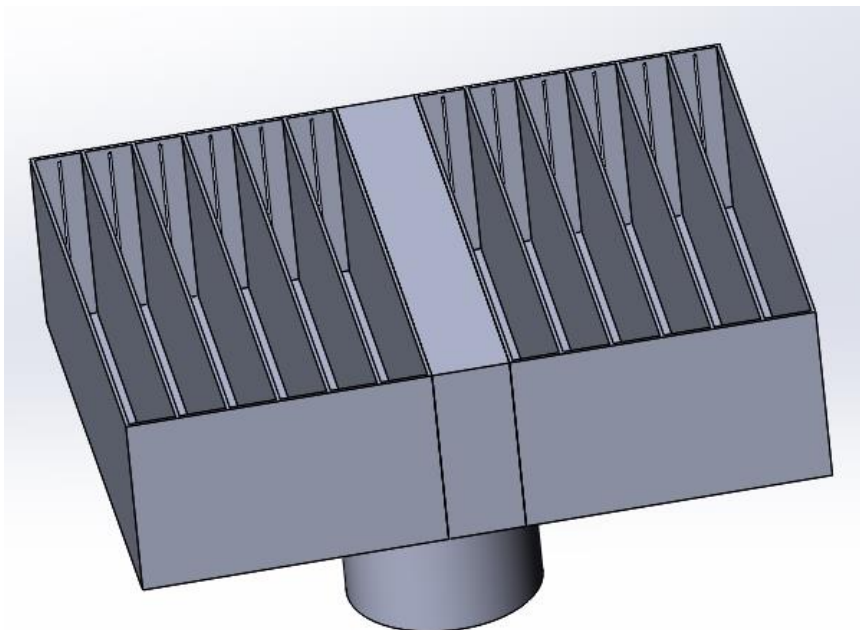
4 SUUNNITTELUN TULOKSET

4.1 Toteutusvaihtoehdot

Toteutusvaihtoehtoja syntyi kuusi kappaletta, joista kaikki ovat yksilöllisiä. Suunnittelussa otettiin huomioon piippujen määrä, jotta työkierto saataisiin mahdollisimman pitkäksi ja laitteen käyttäjä voitaisiin siirtää tekemään myös muita töitä. Työergonomiaa mietittäessä kävi ilmi että yksi vaihtoehdoista oli erittäin huono ja osa erittäin hyviä.

4.1.1 Vaihtoehto 1

Vaihtoehto 1:n ideana on laittaa piiput lappeelleen laatikkoon, jossa piippuja on kuusi päällekkäin ja rinnakkain. Laatikon toisella puolella olisi hiekkapuhalluksesta tulleet piiput ja toisella puolella hiekkapuhallukseen menevät piiput. Laitteen käyttäjä ottaisi piiput pois ja laittaisi uudet, hiekkapuhallukseen menevät, piiput tilalle. Samaan aikaan robotti pystyisi poimimaan toiselta puolelta piiput hiekkapuhallukseen. Robotti poimisi kuusi päällekkäin olevaa piippua yksi kerrallaan, minkä jälkeen hiekkapuhalluskone käynnistyisi. Tämän jälkeen robotti laittaisi piiput takaisin paikoilleen ja ottaisi viereiset kuusi päällekkäistä piippua. Tämä jatkuisi, kunnes kaikki kuusi riviä olisi hiekkapuhallutettu ja laitteen käyttäjä olisi ehtinyt vaihtamaan hiekkapuhallettujen piippujen tilalle uudet, hiekkapuhallukseen menevät piiput. Tämän jälkeen työkierto alkaisi alusta.



Kuva 1. Vaihtoehto 1.

Laitteen hyvät puolet ovat:

- Kapasiteetti, laitteeseen mahtuu kerralla 36 piippua kummallekin puolelle.
- Huolto, vähäinen lukumäärä vikaantuvia osia.
- Työkierron kesto, pitkä työkierto piippujen lukumäärän ansioista.

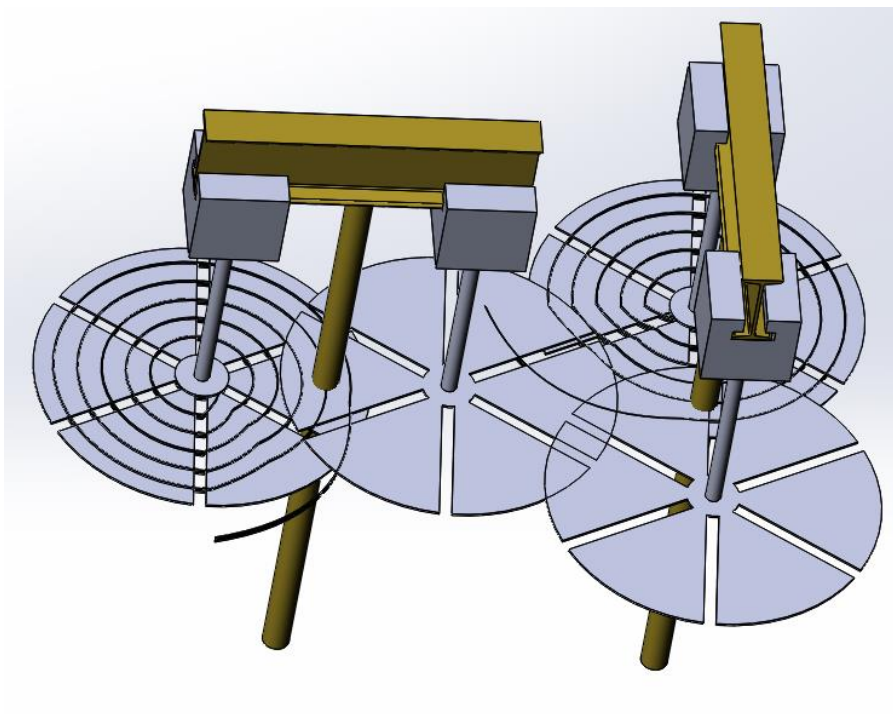
Laitteen huonot puolet ovat:

- Työergonomia, sillä laitteen käyttäjä joutuu kumartumaan poimiakseen piiput pois ja laittaakseen uudet piiput tilalle.
- Laitteen koko ja toteutettavuus, laite ei mahdu sille määrättyyn tilaan. Laitetta ei voi tästä syystä toteuttaa.

4.1.2 Vaihtoehto 2

Vaihtoehto 2:n ideana on laittaa hiekkapuhallukseen menevät piiput kannattimeen, jossa on spiraali ja hiekkapuhalluksesta tulevat piiput robotti laittaisi kannattimeen, jossa ei ole spiraalia. Laitteen käyttäjä pystyi ottamaan hiekkapuhalluksesta tulleet piiput helposti pois spiraalittomasta kannattimesta ja hiekkapuhallukseen menevät piiput kannattimeen, jossa on spiraali. Laitteen käyttäjä lataisi kannattimen laittamalla piipun kannattimeen. Käyttämällä ohjausjärjestelmää, spiraali liikkuisi ja piippu

siirtyisi lähemmäs kannattimen keskustaa tehden tilaa seuraavalle piipulle. Ladattuaan kannattimen käyttäjä ilmoittaisi siitä laitteen automatiikalle ohjausjärjestelmää käyttämällä. Kun kaikki piiput ovat tulleet hiekkapuhalluksesta, laite kääntyisi ja uudet hiekkapuhallukseen menevät piiput olisivat robotilla. Käyttäjälle olisi tullut uudet hiekkapuhalluksesta tulleet piiput. Tämän jälkeen työkierto alkaisi uudestaan.



Kuva 2. Vaihtoehto 2.

Laitteen hyvät puolet ovat:

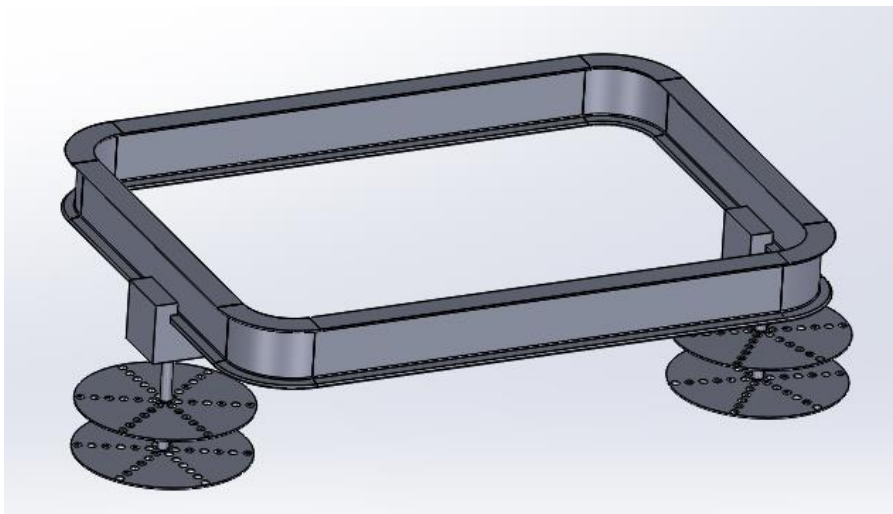
- Kapasiteetti, kannattimeen mahtuu 36 piippua.
- Työergonomia, piippujen asetus korkeus on 110 cm, jolloin laitteen käyttäjän ei tarvitse kurkotella tai kumarrella vaikeasti.
- Työkierron kesto, pitkä työkierto piippujen lukumäärän ansioista.

Laitteen huonot puolet ovat:

- Toteutus ja laitteen koko, laite on liian suuri jotta se mahtuisi sille määrättyyn tilaan. Mikäli laite yritettäisiin saada mahtumaan, niin kannattimet osuvat toisiinsa, kuten kuvassa 2 näkyy.

4.1.3 Vaihtoehto 3

Vaihtoehto 3:n ideana on laittaa piiput roikkumaan kannattimiin ja kannattimet siirtäisivät rataa pitkin robotille ja laitteen käyttäjälle. Robotti ottaisi piiput rivi kerrallaan ja laittaisi samoille paikoille hiekkapuhalluksen jälkeen. Kun robotti on saanut rivillisen piippuja hiekkapuhallutettua, laitteen automatiikka pyöryttäisi kannattinta akselinsa ympäri ja uusi rivi piippuja tulisi robotille. Tämä jatkuisi kunnes kaikki piiput olisivat hiekkapuhallutettu ja takaisin paikoillaan. Tämän jälkeen automatiikka siirtäisi kannattimen laitteen käyttäjälle. Käyttäjä ottaisi hiekkapuhalluksesta tulleet piiput pois ja laittaisi hiekkapuhallukseen menevät piiput tilalle. Kun käyttäjä on saanut vaihdettua rivin piippuja, hän käyttäisi ohjausjärjestelmää pyörittämään kannattinta. Kannattimesta tulisi uusi rivi hiekkapuhallutettuja piippuja jotka käyttäjä siirtäisi pois. Tämä jatkuisi kunnes kannattimen kaikki piiput on vaihdettu hiekkapuhallukseen meneviksi. Tämän jälkeen käyttäjä ilmoittaisi automatiikalle ohjausjärjestelmää käyttäen että kaikki piiput on vaihdettu. Tämän jälkeen työkierto alkaisi alusta.



Kuva 3. Vaihtoehto 3.

Laitteen hyvät puolet ovat:

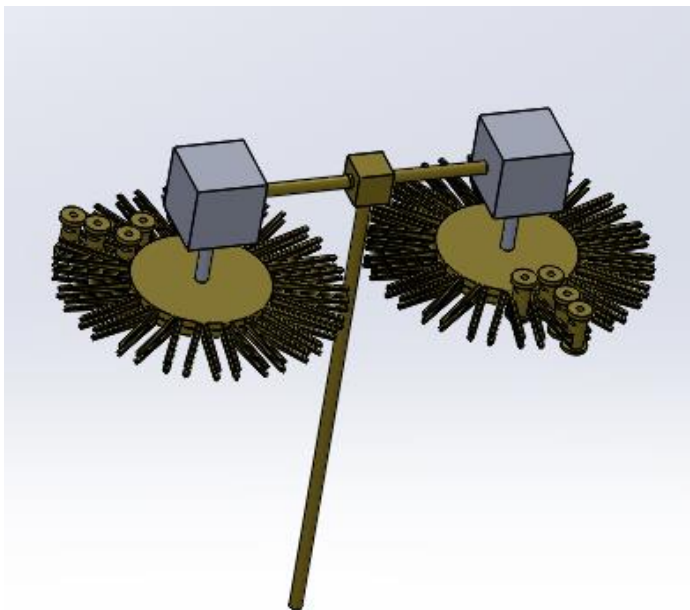
- Kapasiteetti, kannattimeen mahtuu 36 piippua.
- Tilan vaatimus, laite mahtuisi vaadittuun tilaan.

Laitteen huonot puolet ovat:

- Työergonomia, piippujen pujottaminen kannattimiin on hankalaa.
- Toteutuskelpoisuus, robotti joutuisi tekemään aikaa vievän operaation ottaessaan piipun kannattimelta hiekkapuhaltimeen ja laittaessaan piipun takaisin kannattimeen.

4.1.4 Vaihtoehto 4

Vaihtoehto 4:n ideana on laittaa hiekkapuhallukseen menevät piiput toiseen kannattimeen ja hiekkapuhalluksesta tulevat piiput toiseen. Laitteen käyttäjä ottaa hiekkapuhalletut piiput pois toisesta kannattimesta ja laittaa hiekkapuhallukseen menevät piiput tilalle. Kun käyttäjä on vaihtanut osan hiekkapuhallettujen piippujen tilalle uudet piiput, niin hän käyttää ohjausjärjestelmää pyörittääkseen kannattinta. Kun kaikki hiekkapuhalletut piiput on otettu pois ja tilalle on laitettu hiekkapuhallukseen menevät piiput, niin käyttäjä ilmoittaa laitteen automatiikalle ohjausjärjestelmää käyttämällä olevansa valmis. Kun robotti on saanut kaikki piiput hiekkapuhallettua, laite kääntyy keskiakselinsa ympäri ja robotille tulee uudet piiput hiekkapuhallukseen ja käyttäjälle tulee hiekkapuhalletut piiput pois otettavaksi. Kannattimen ripoihin menee kolme piippua kerrallaan. Piippujen adapteri näkyy kuvassa. Adapteria tarvitaan, jotta robotti pystyy poimimaan piiput kannattimelta.



Kuva 4. Vaihtoehto 4.

Laitteen hyvät puolet ovat:

- Kapasiteetti, laitteeseen mahtuu 54 piippua.
- Työergonomia, piippujen asetus korkeus on 110 cm, jolloin laitteen käyttäjän ei tarvitse kurkotella tai kumarrella vaikeasti.
- Työkierron kesto, pitkä työkierto piippujen lukumäärän ansioista.
- Toteutettavuus, laitteessa ei ole liian suuria tai tilaa vieviä kannattimia

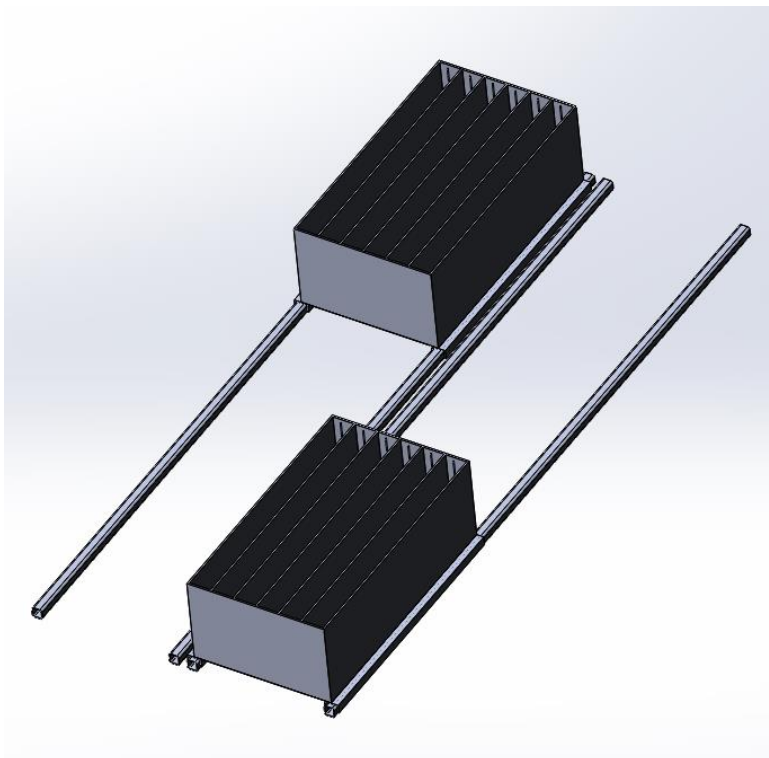
Laitteen huonot puolet ovat:

- Huolto ja ylläpito, laitteessa on paljon liikkuvia osia, jotka tarvitsevat huoltoa ja jotka saattavat rikkoutua.

4.1.5 Vaihtoehto 5

Vaihtoehto 5:n ideana on laittaa hiekkapuhallukseen menevät piiput toiseen laatikkoon ja hiekkapuhalletut piiput toiseen. Piiput aseteltaisiin laatikkoihin vaakatasoon ja piippuja menisi kuusi kappaletta päällekkäin ja vierekkäin omiin lokeroihinsa. Vaihdettuaan hiekkapuhalluksesta tulleet piiput hiekkapuhallukseen meneviin piippuihin, käyttäjä ilmoittaa laitteen automatiikalle ohjausjärjestelmää käyttämällä ole-

vansa valmis. Tämän jälkeen laatikot liikkuvat raiteillaan ja hiekkapuhallukseen menevät piiput siirtyvät robotille. Robotti poimisi kuusi päällekkäin olevaa piippua yksi kerrallaan, minkä jälkeen hiekkapuhalluskone käynnistyisi. Tämän jälkeen robotti laittaisi piiput takaisin paikoilleen ja ottaisi viereiset kuusi päällekkäistä piippua. Tämä jatkuisi, kunnes kaikki kuusi riviä olisi hiekkapuhallutettu ja laitteen käyttäjä olisi ehtinyt vaihtamaan hiekkapuhallettujen piippujen tilalle uudet, hiekkapuhallukseen menevät piiput. Tämän jälkeen työkierto alkaisi alusta.



Kuva 5. Vaihtoehto 5.

Laitteen hyvät puolet ovat:

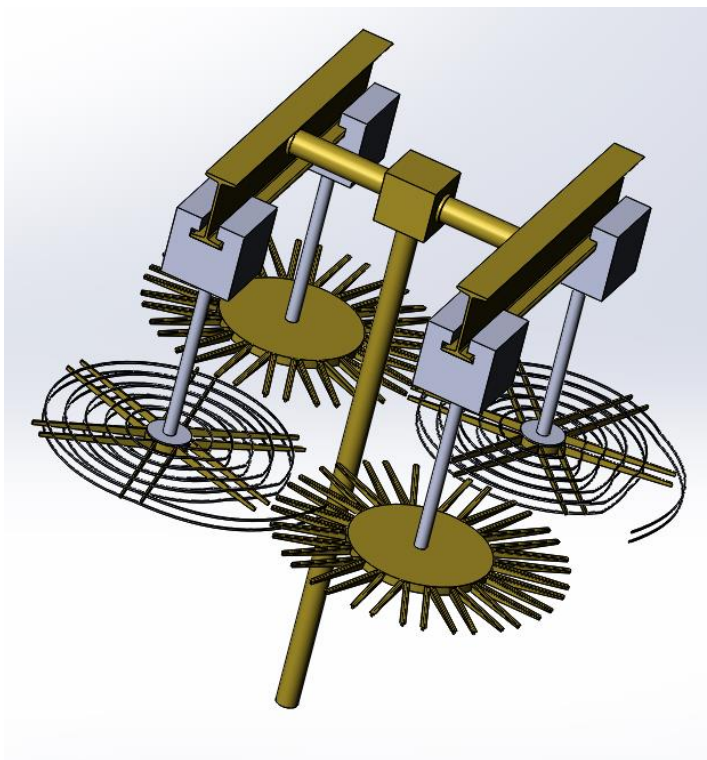
- Kapasiteetti, laitteeseen mahtuu kerralla 36 piippua kummallekin puolelle.
- Työkierron kesto, pitkä työkierto piippujen lukumäärän ansioista.

Laitteen huonot puolet ovat:

- Työergonomia, sillä laitteen käyttäjä joutuu kumartumaan poimiakseen piiput pois ja laittaakseen uudet piiput tilalle.

4.1.6 Vaihtoehto 6

Vaihtoehto 6:n ideana on laittaa hiekkapuhallukseen menevät piiput kannattimeen, jossa on spiraali ja hiekkapuhalluksesta tulevat piiput robotti laittaisi kannattimeen, jossa ei ole spiraalia. Laitteen käyttäjä pystyi ottamaan hiekkapuhalluksesta tulleet piiput helposti pois kannattimesta, jossa ei ole spiraalia ja laittamaan hiekkapuhallukseen menevät piiput kannattimeen, jossa on spiraali. Laitteen käyttäjä lataisi kannattimen laittamalla piipun kannattimeen ja käyttämällä ohjausjärjestelmää, spiraali liikkuisi ja piippu siirtyisi lähemmäs kannattimen keskustaa tehden tilaa seuraavalle piipulle. Ladattuaan kannattimen käyttäjä ilmoittaisi siitä laitteen automatiikalle ohjausjärjestelmää käyttämällä. Kun kaikki piiput ovat tulleet hiekkapuhalluksesta, laite kääntyisi ja uudet hiekkapuhallukseen menevät piiput olisivat robotilla. Käyttäjälle olisi tullut uudet hiekkapuhalluksesta tulleet piiput. Tämän jälkeen työkierto alkaisi uudestaan.



Kuva 6. Vaihtoehto 6.

Laitteen hyvät puolet ovat:

- Kapasiteetti, kannattimeen mahtuu 36 piippua.
- Työergonomia, piippujen asetus korkeus on 110 cm, jolloin laitteen käyttäjän ei tarvitse kurkotella tai kumarrella vaikeasti.

- Työkierron kesto, pitkä työkierto piippujen lukumäärän ansioista.

Laitteen huonot puolet ovat:

- Ylläpito ja huolto, paljon liikkuvia osia, jotka saattavat mennä rikki

4.2 Vaihtoehtojen arviointi

Vaihtoehtojen arviointi suoritettiin arvosanoilla 1-4, jossa 1 on huonoin ja 4 paras arvosana. Arvosanat laskettiin painotetulla keskiarvolla.

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

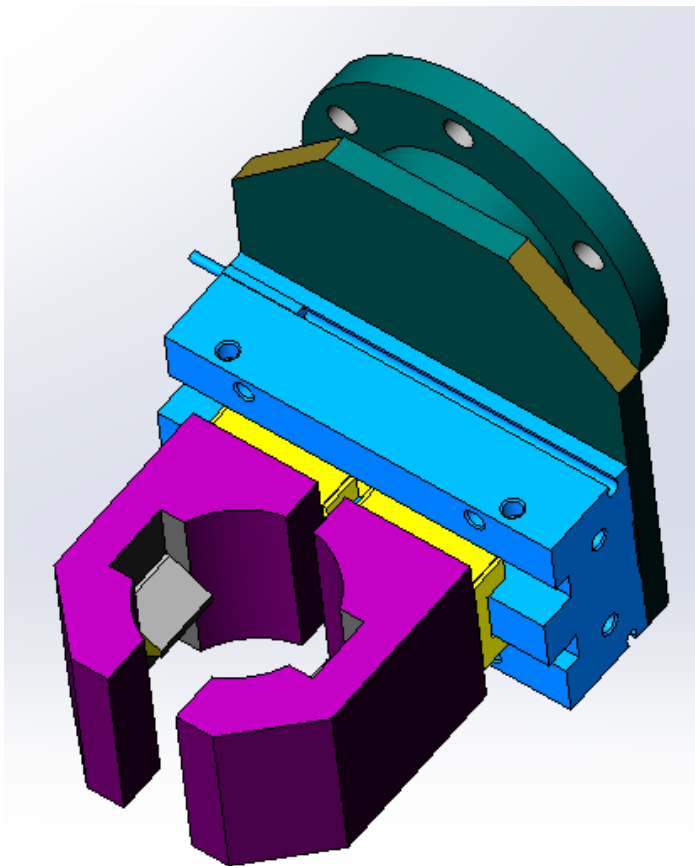
Kriteeri	Painokerroin	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	Vaihtoehto 4	Vaihtoehto 5	Vaihtoehto 6
Työergonomia	10	1	4	2	4	1	4
Työturvallisuus	15	2	3	3	3	3	3
Huolto / korjaus	5	3	3	2	2	3	2
Toteutuskelpoisuus	30	1	1	2	4	2	4
Työkierron kesto	10	1	3	2	3	1	3
Tilan vaatimus	10	1	1	3	3	3	3
Ylläpito	5	3	3	2	2	3	2
Kapasiteetti	15	3	3	3	4	3	3
Yhteensä	100	1,65	2,30	2,40	3,45	2,30	3,30

Kuva 7. Taulukko vaihtoehtojen arvioinnista.

Kuten taulukosta käy ilmi, vaihtoehto 4 on paras vaihtoehto jatkokehittelyyn. Jatkokehittelyssä paneudutaan laitteen toimintojen saamiseksi toteutuskelpoiseksi.

4.3 Robotin tarttuja

Robotin tarttujan tehtävä on ottaa kiinni adapterista, mikä on kiinnitetty piippuun. Tämän jälkeen robotti siirtää piipun hiekkapuhallukseen. Hiekkapuhalluksen jälkeen robotti ottaa piiput pois hiekkapuhalluskoneesta ja siirtää ne takaisin piippujen kannattimeen.

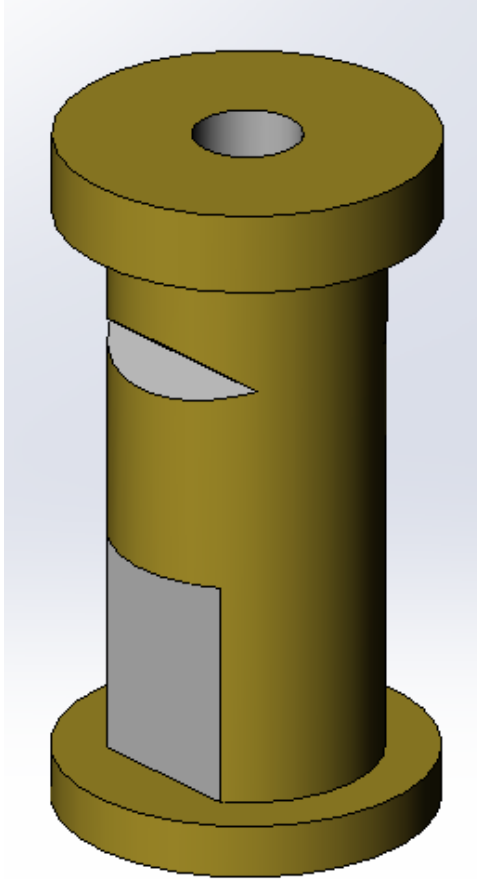


Kuva 8. Robotin tarttuja.

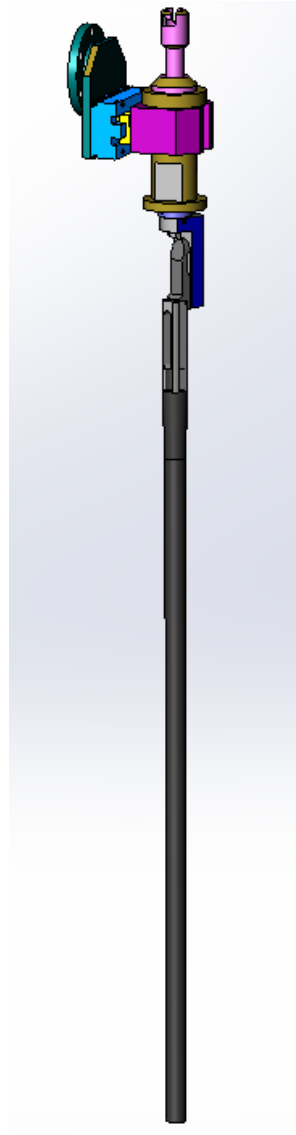
4.4 Adapteri robotin tarttujalle

Robotin tarttujan adapterin tehtävä on pitää piiput oikealla etäisyydellä toisistaan kannattimessa, jonka seurauksena robotin tarttuja pääsee ottamaan siitä hyvin kiinni, sekä tarjota robotin tarttujalle mahdollisuus siirtää piippu kannattimelta hiekkapuhallukseen ja hiekkapuhalluksesta takaisin kannattimeen. Adapteri asetetaan piippuun keskellä olevasta reiästä. Piiput roikkuvat adapterin varassa piippujen kannattimessa. Ilman adapteria robotti ei pystyisi siirtämään piippua.

Adapterin suunnittelussa keskityttiin pitämään adapterin muoto mahdollisimman yksinkertaisena, mutta toimivana.



Kuva 9. Robotin tarttujan adapteri.



Kuva 10. Piippu, adapteri ja robotin tarttuja.

Kuvassa 10 näkyy millä tavalla robotin tarttuja ottaa adapterista kiinni ja missä kohtaan adapteri on kiinni.

5 JATKOKEHITYS

5.1 Moottorien valinta

Moottorin valinta aloitettiin määrittämällä päättelemällä millaisen kulmakiiktyvyyden piippujen kannatin tarvitsee. Kuitenkaan kulmakiiktyvyys ei saisi olla liian suuri tai piiput alkaisivat heilua sivusuunnassa. Kulmakiiktyvyyden jälkeen tarkastettiin SolidWorksista millaisen hitausmomentin piippujen kannatin tuottaa. Saatujen tietojen avulla pystyttiin laskemaan millaisen momentin moottorin on tuotettava ja millainen on tehon vaatimus. Momentti laskettiin kaavalla:

$$M = \alpha * J$$

Tulokseksi saatiin, että suurin momentti on 100 Nm. Kyseistä tietoa hyödyntäen moottoriksi valittiin SEW:n moottori mallia FAF 37 DR 63L.

5.2 Piippujen kannake

Piippujen kannake suunniteltiin toteutettavaksi mahdollisimman helposti ja yksinkertaisesti, jonka seurauksena turhalta työltä vältetään. Jatkokehityksessä päädyttiin toteuttamaan kannake yhdestä osasta, joka valmistettaisiin 25mm paksusta teräslevystä plasman avulla leikkaamalla ja viimeistely tehtäisiin CNC- koneella jyrsimällä.

5.3 Hitsin mitoitus

Levy joka kiinnittää moottorin neliöpalkkiin kiinnitetään hitsaamalla. Hitsaus tehdään pienahitsinä. Vaadittava a-mitta saatiin kaavasta:

$$a = \sqrt{t} - 0,5 \text{ mm}$$

Laskennassa käytettiin yksinkertaistettua laskentatapaa, jossa lasketaan vaadittava minimi a-mitta jolla saavutetaan riittävän suuri lämmöntuonti. Vaadittavaksi a-mitaksi tuli 3 mm.

6 LUUJUUSLASKENTA

6.1 FEM

FEM (finite element method) lujuuslaskenta ei ole uusi keksintö, rakenteiden lujuusanalyysiin. Ensimmäiset merkittävät yritykset tehtiin 1950-luvun alkupuolella. Ensimmäisinä kahtena vuosikymmenenä sitä käytettiin vain keskustietokoneilla yliopistoissa ja suurissa yrityksissä, joilla oli varaa käyttää sitä jokapäiväisenä työkaluna rasituksen laskemisessa. (Kähönen 1991, 7)

1960-luvun puolivälissä FEM menetelmän ja klassisen Ritzin menetelmän samankaltaisuus. Tämän seurauksena luotiin matemaattinen pohja insinöörien kehittämälle FEM laskennalle. (Hakala 1994, 13)

Vielä myöhään 1970-luvulla keskustietokoneiden käyttämisessä oli useita haittoja, sillä tietojen esikäsittely ja tulosten jälkikäsittely oli hidasta ja vaikeaa, tuloksia ei saanut värillisellä grafiikalla ja laskenta oli erittäin hidasta, johtuen sen aikaisesta tietotekniikan kehityksestä. (Kähönen 1991, 7)

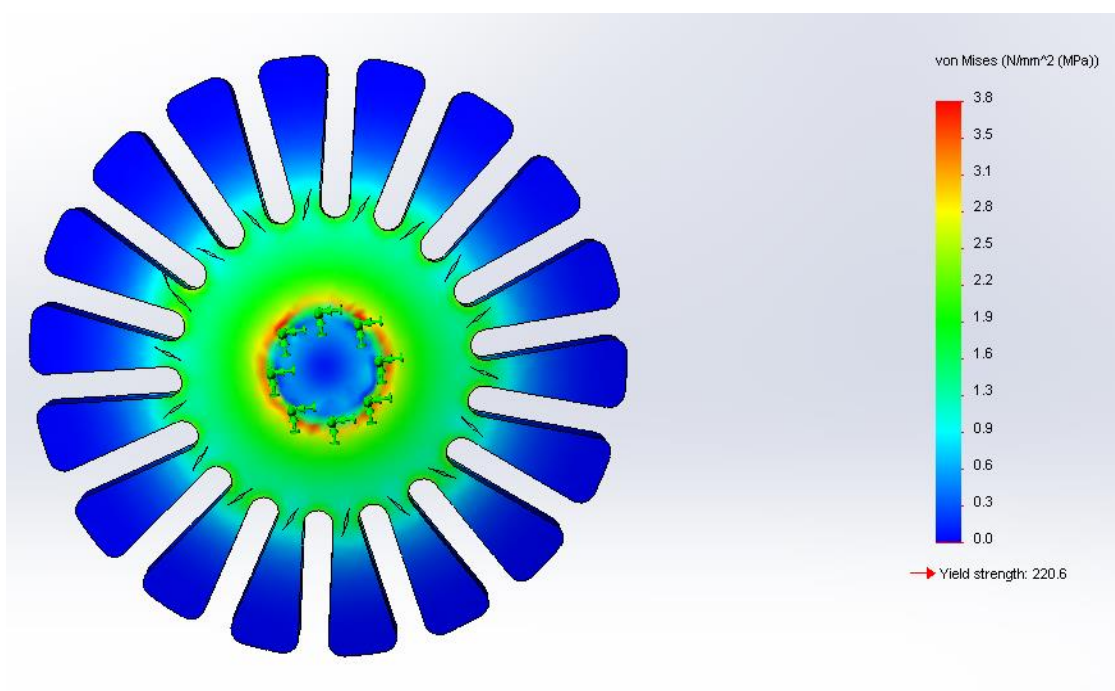
FEM laskennan matemaattisten perusteiden ymmärtäminen on kehittynyt 1960-luvulta lähtien ja menetelmän sovellusalueet ovat laajentuneet. Tästä rakenteiden analysointiin tarkoitettua menetelmästä on tullut aikojen saatossa tärkeä menetelmä osittaisdifferentiaaliyhtälöiden ratkaisemiseksi. Suomen ensimmäiset FEM laskenta sovellukset otettiin käyttöön 1960-luvulla ja opetus korkeakouluissa aloitettiin 1970-luvulla. (Hakala 1993, 14)

Työssä käytetty SolidWorks suorittaa FEM laskennan verkkogeneraattori tekniikalla, jossa se jakaa monimutkaisen ongelman pieniksi kappaleiksi. Laskennan taustalla

käytetään fysiikan yhtälöitä, kuten Euler- Bernoulin palkkiyhtälö. (Wikipedian www-sivut 2014)

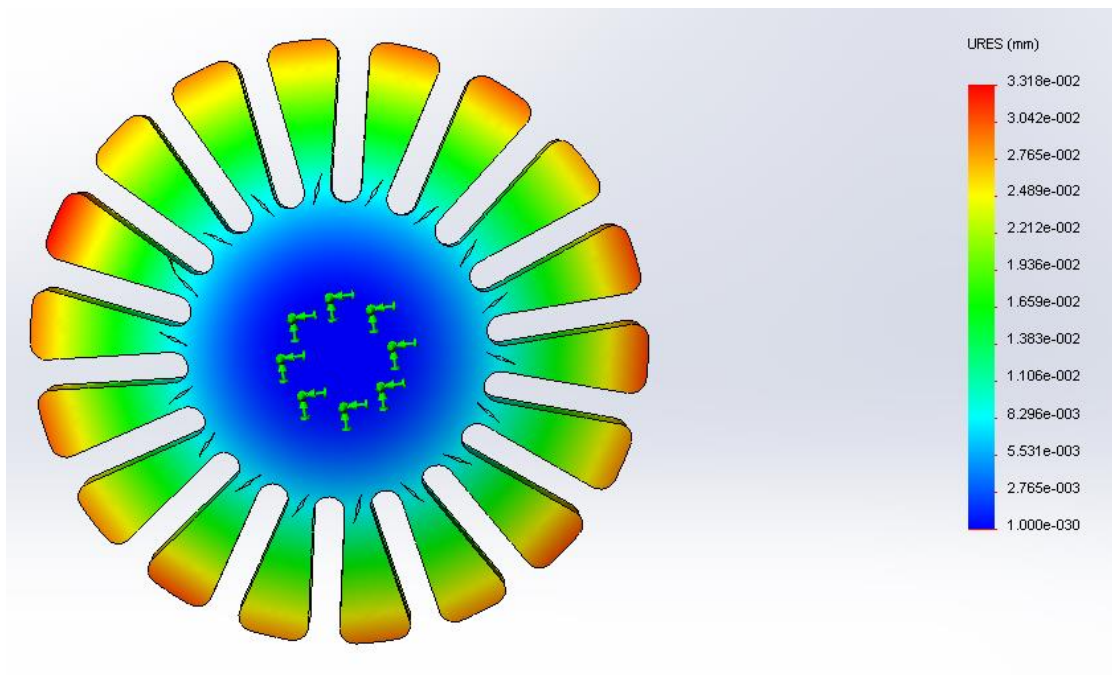
6.2 Piippujen kannatin

Piippujen kannatinta varten täytyi määrittää kuinka paljon piiput ja piippujen adapteri painaa, jotta pystyttiin ilmoittamaan SolidWorksille millainen kokonaisrasitus piippujen kannattimelle syntyy ja kuinka suuri on kannattimen siirtymät.



Kuva 11. Piipun kannattimen jännitykset

Kuvasta 11 näkyy jännitykset jotka vaikuttavat kannattimeen rasituksessa. Suurin jännitys, mikä levyyn vaikuttaa rasituksen alaisena, on 3,8 MPa (N/mm²). Tämän seurauksena kun rasitus poistuu, niin siirtymät palautuvat.

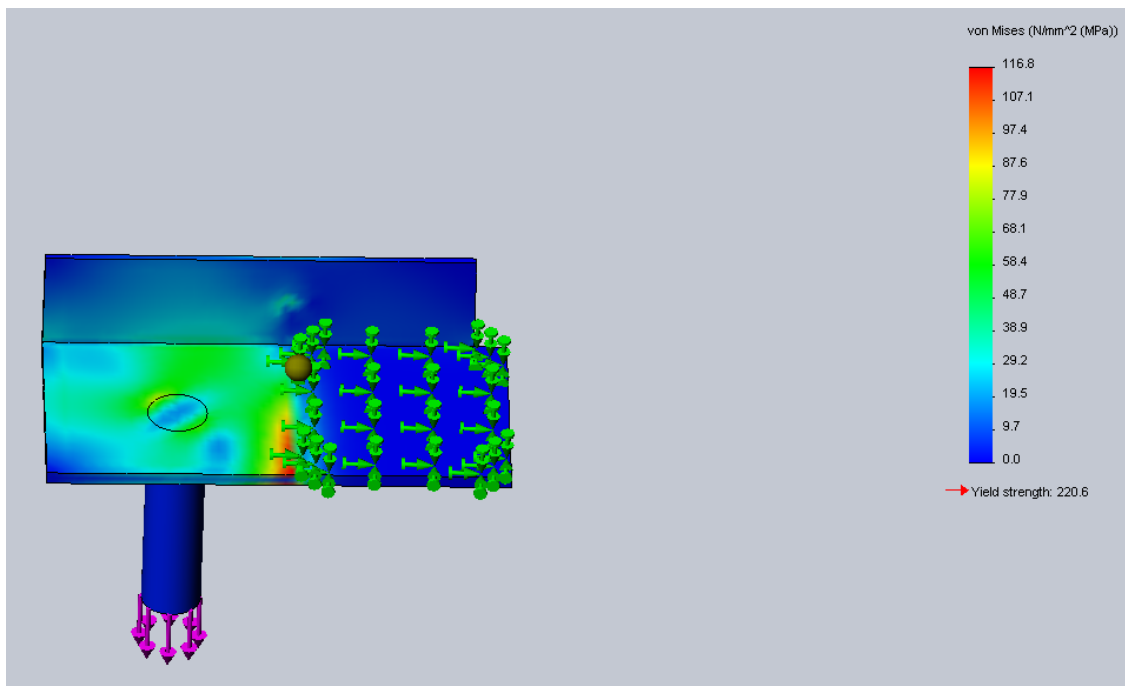


Kuva 12. Piipun kannattimen siirtymät.

Kuvasta 12 käy ilmi kannattimen suurimmat siirtymät, jotka jäävät todella pieniksi. Suurin siirtymä, joka kannattimesta löytyy rasituksen alaisena, on $3,318 \cdot 10^{-2}$ mm eli 0,03318mm (33.18 μ m).

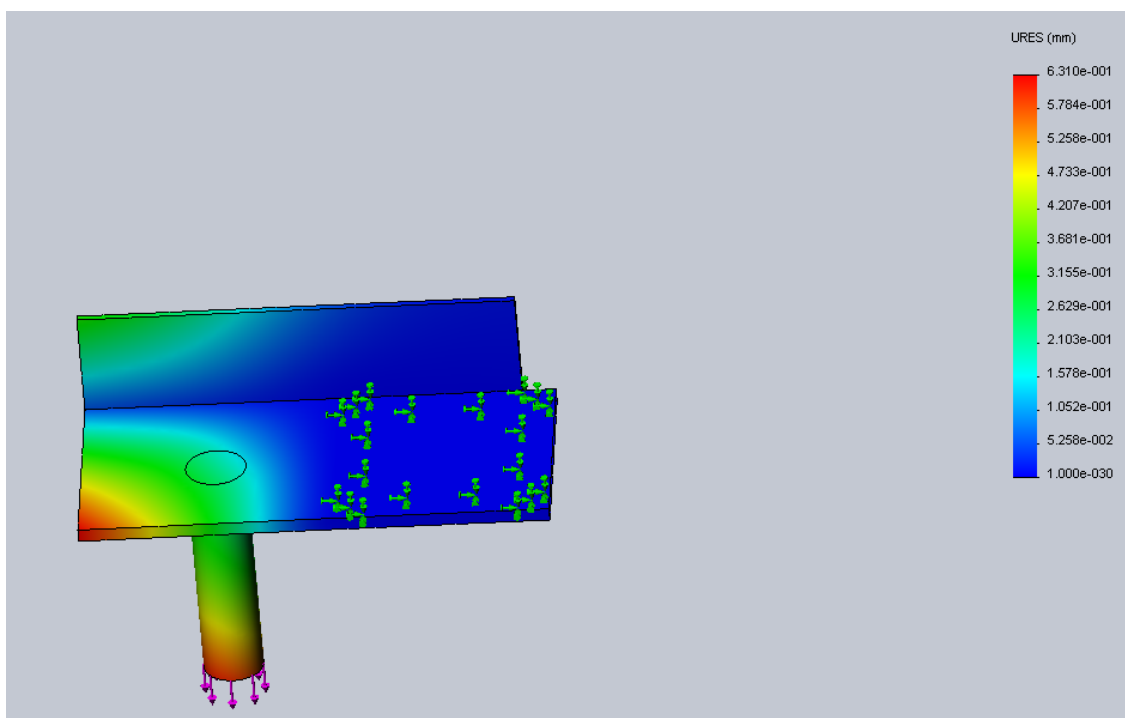
6.3 Moottorin kannatin

Moottorin kannatinta varten täytyi määrittää kuinka paljon piiput ja piippujen adapteri ja piippujen kannatin painaa, jotta pystyttiin ilmoittamaan SolidWorksille millainen kokonaisrasitus moottorin kannattimelle syntyy ja kuinka suuri on kannattimen siirtymät.



Kuva 13. Moottorin kannattimen jännitykset

Kuvasta 13 käy ilmi jännitykset jotka vaikuttavat moottorin kannattimeen rasituksen sa. Suurin jännitys, mikä levyyn vaikuttaa rasituksen alaisena, on 116,8 MPa (N/mm²), Tämän seurauksena kun rasitus poistuu, niin siirtymät palautuvat.



Kuva 14. Moottorin kannattimen siirtymät

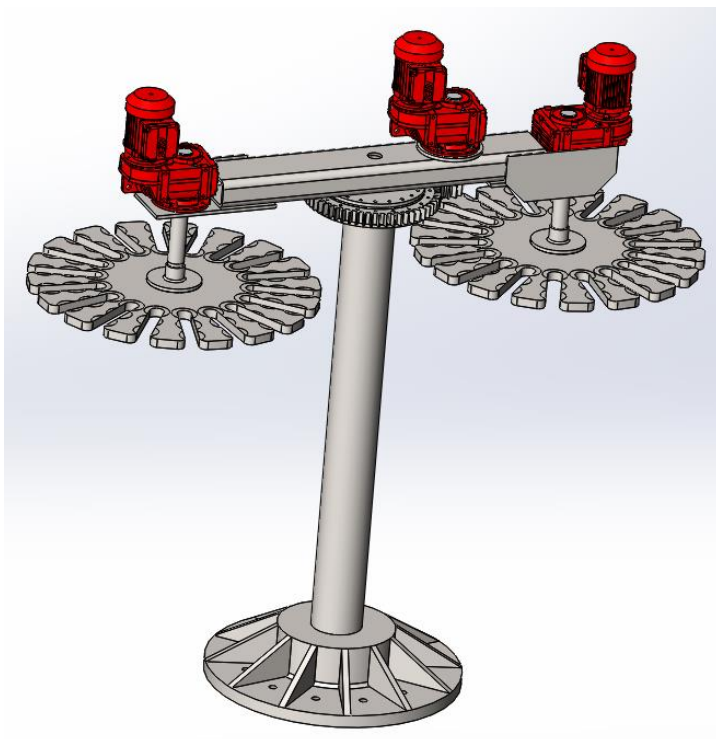
Kuvasta 14 käy ilmi moottorin kannakkeen suurimmat siirtymät, jotka jäävät todella pieniksi. Suurin siirtymä, joka kannattimesta löytyy rasituksen alaisena, on $6,310 \cdot 10^{-1}$ mm eli 0,6310mm.

7 YHTEENVETO

7.1 Tavoitteiden täytyminen

Tavoitteena oli suunnitella makasiini, joka vapauttaisi laitteen käyttäjän muihin työtehtäviin työkierron ajaksi. Suunnittelussa on otettu hyvin huomioon laitteen huolto- ja ylläpitovaatimukset, sekä käytössä oleva tila.

Lopullinen kokoonpano osoittautui lujuuslaskennassa kestäväksi konstruktioksi. Tämän seurauksena laitetta voi turvallisesti käyttää, eikä tarvitse pelätä piippujen kannakkeiden hajoamista.



Kuva 15. Lopullinen kokoonpano

7.2 Loppusanat

Kokonaisuudessaan opinnäytetyö oli laaja ja mielenkiintoinen, sekä tarjosi runsaasti haasteita. Työssä pääsi soveltamaan konetekniikan koulutusohjelman oppeja. Työ oli hyvin selväpiirteinen ja työn mitoitus onnistui hyvin.

LÄHTEET

Hakala, M. K. 1994. Lujuusopin elementtimenetelmä. Espoo: Otatieto.

Kekkonen, P. T. 2014. Mestarien mietteitä tarkkuuspiippujen tuotannosta. ASE & ERÄ 3/86. Viitattu 7.5.2014. <http://www.guns.connect.fi/gow/gunwsuom.html>

Kähkönen, A. 1991. FEM and fatigue life calculation using the PC-based NISA II/ENDURE- software package. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Nurminen, P. 2014. Toimitusjohtaja Instiimi Oy. Tampere. Henkilökohtainen tiedonanto 7.5.2014.

Sakon www-sivut. 2014. Viitattu 3.4.2014.
<http://www.sako.fi/pdf/datatables/SakoCartridgesDatatable2014.pdf>

Sakon www-sivut. 2014. Viitattu 6.5.2014.
http://www.sako.fi/defencelemodels.php?def_trgm10

Sakon www-sivut. 2014. Viitattu 6.5.2014. <http://www.sako.fi/sakoa7.php>

Sakon www-sivut. 2014. Viitattu 7.5.2014.
http://www.sako.fi/pdf/sako_export_2014.pdf

Sakon www-sivut. 2014. Viitattu 7.5.2014.
<http://www.sako.fi/pdf/datatables/SakoRiflesDatatable2014.pdf>

Sakon www-sivut. 2014. Viitattu 7.5.2014. http://www.sako.fi/sakotrg_features.php

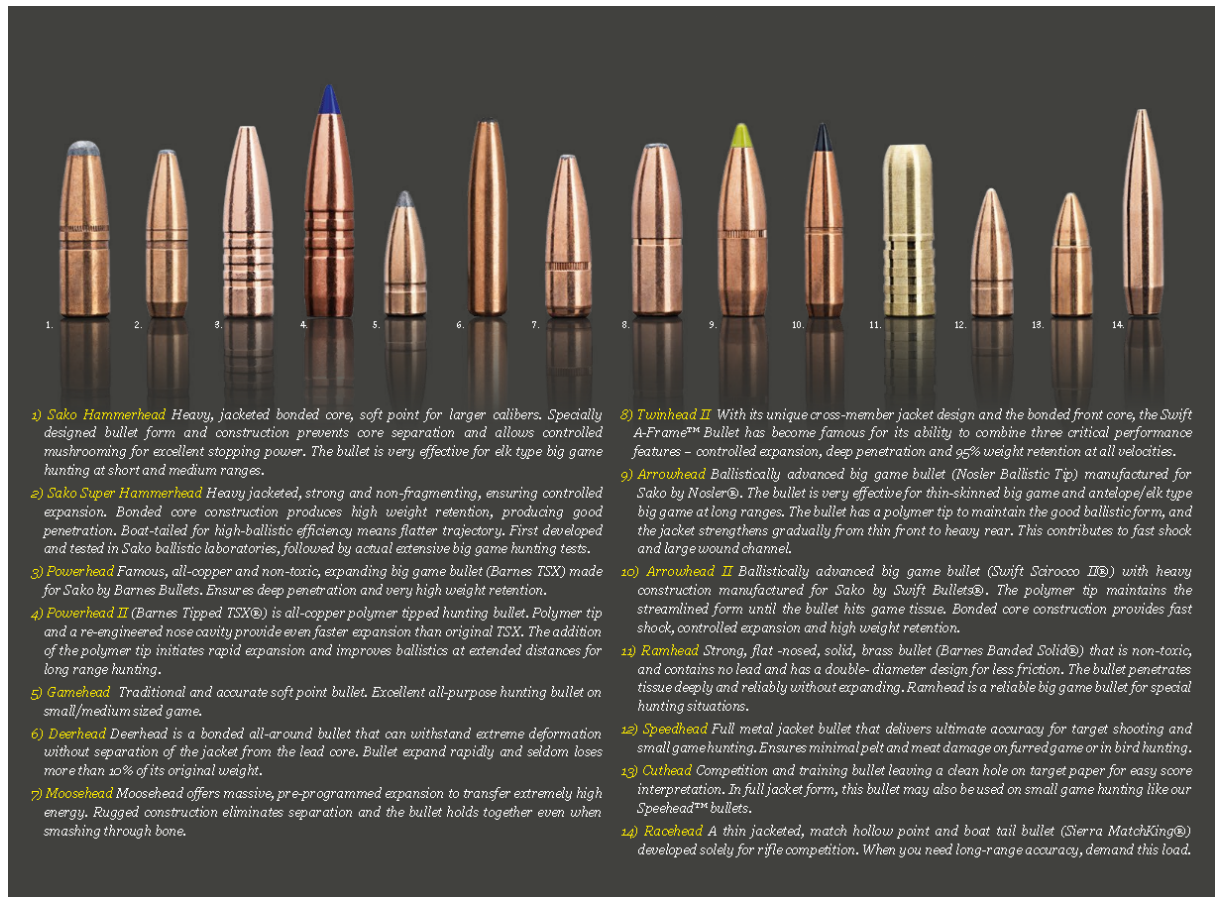
Tuotekuvasto. Sako 2007, 2013 ja 2014

Tikan www-sivut. 2014. Viitattu 12.5.2014.
<http://www.tikka.fi/pdf/datatables/TikkaT3Datatable2014.pdf>

Wikipedian www-sivut. Viitattu 24.4.2014.
https://en.wikipedia.org/wiki/Finite_element_method

Wikipedian www-sivut. 2014. Viitattu 3.4.2014. <http://en.wikipedia.org/wiki/SAKO>

Wikipedian www-sivut. 2014. Viitattu 7.5.2014. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Taonta>



- 1) **Sako Hammerhead** Heavy, jacketed bonded core, soft point for larger calibers. Specially designed bullet form and construction prevents core separation and allows controlled mushrooming for excellent stopping power. The bullet is very effective for elk type big game hunting at short and medium ranges.
- 2) **Sako Super Hammerhead** Heavy jacketed, strong and non-fragmenting, ensuring controlled expansion. Bonded core construction produces high weight retention, producing good penetration. Boat-tailed for high-ballistic efficiency means flatter trajectory. First developed and tested in Sako ballistic laboratories, followed by actual extensive big game hunting tests.
- 3) **Powerhead** Famous, all-copper and non-toxic, expanding big game bullet (Barnes TSX) made for Sako by Barnes Bullets. Ensures deep penetration and very high weight retention.
- 4) **Powerhead II** (Barnes Tipped TSX®) is all-copper polymer tipped hunting bullet. Polymer tip and a re-engineered nose cavity provide even faster expansion than original TSX. The addition of the polymer tip initiates rapid expansion and improves ballistics at extended distances for long range hunting.
- 5) **Gamehead** Traditional and accurate soft point bullet. Excellent all-purpose hunting bullet on small/medium sized game.
- 6) **Deerhead** Deerhead is a bonded all-around bullet that can withstand extreme deformation without separation of the jacket from the lead core. Bullet expand rapidly and seldom loses more than 10% of its original weight.
- 7) **Moosehead** Moosehead offers massive, pre-programmed expansion to transfer extremely high energy. Rugged construction eliminates separation and the bullet holds together even when smashing through bone.
- 8) **Twinhead II** With its unique cross-member jacket design and the bonded front core, the Swift A-Frame™ Bullet has become famous for its ability to combine three critical performance features – controlled expansion, deep penetration and 95% weight retention at all velocities.
- 9) **Arrowhead** Ballistically advanced big game bullet (Nosler Ballistic Tip) manufactured for Sako by Nosler®. The bullet is very effective for thin-skinned big game and antelope/elk type big game at long ranges. The bullet has a polymer tip to maintain the good ballistic form, and the jacket strengthens gradually from thin front to heavy rear. This contributes to fast shock and large wound channel.
- 10) **Arrowhead II** Ballistically advanced big game bullet (Swift Scirocco II®) with heavy construction manufactured for Sako by Swift Bullets®. The polymer tip maintains the streamlined form until the bullet hits game tissue. Bonded core construction provides fast shock, controlled expansion and high weight retention.
- 11) **Ramhead** Strong, flat-nosed, solid, brass bullet (Barnes Banded Solid®) that is non-toxic, and contains no lead and has a double-diameter design for less friction. The bullet penetrates tissue deeply and reliably without expanding. Ramhead is a reliable big game bullet for special hunting situations.
- 12) **Speedhead** Full metal jacket bullet that delivers ultimate accuracy for target shooting and small game hunting. Ensures minimal pelt and meat damage on furred game or in bird hunting.
- 13) **Outhead** Competition and training bullet leaving a clean hole on target paper for easy score interpretation. In full jacket form, this bullet may also be used on small game hunting like our Speehead™ bullets.
- 14) **Racehead** A thin jacketed, match hollow point and boat tail bullet (Sierra MatchKing®) developed solely for rifle competition. When you need long-range accuracy, demand this load.

