

Paavo Lavikainen

Harjakauhan kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

23.4.2016

Tekijä Otsikko	Paavo Lavikainen Harjakauhan kehittäminen
Sivumäärä Aika	23 sivua + 4 liitettä 23.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotesuunnittelu
Ohjaajat	Korjaamopäällikkö Toni Möttönen Yliopettaja Jyrki Kullaa
<p>Tämä insinööri työ tehtiin Hyvinkään Tieluiska Oy:lle. Tavoitteena oli parannella yritykselle innovaatioprojektina suunniteltua harjakauhaa. Samalla perehdyttiin konedirektiivin vaatimuksiin harjakauhan osalta ja sen turvallisuustekijöihin. Turvallisuutta analysoitiin muitten jo käytössä olevien harjakauhojen kautta ja perehtymällä konedirektiiviin ja sen vaatimuksiin.</p> <p>Parannuksia tuli tehdä mekaniikan ja hydraulikan osalta. Parannettavat kohteet tulivat esille käytännön kokemusten perusteella ja ensimmäisen version suunnitelmaa tutkien. Työssä hyödynnettiin lujuslaskelmaohjelmistoa ja arvioitiin rakenteen kestävyyttä ohjelmasta saatujen tulosten perusteella ja käytännön kokemukseen nojaavalla tiedolla. Näin pystyttiin arvioimaan laakereille ja muille rakenteille tulevia rasituksia.</p> <p>Työssä myös arvioitiin mahdollisia väärinkäyttötilanteita ja seuranneiden vaurioiden minimoimista ja ennaltaehkäisemistä.</p> <p>Turvallisuuteen perehdyttiin koneturvallisuudirektiivin kautta ja tutkittiin, mitä koneelta vaaditaan, jotta siihen voidaan hakea CE-hyväksyntää. Harjakauhan turvallisuusriskejä analysoitiin ja tutkittiin, kuinka riskejä voitaisiin pienentää tai sulkea kokonaan pois.</p>	
Avainsanat	Harjakauha, mekaniikkakehitys, riskiarvio

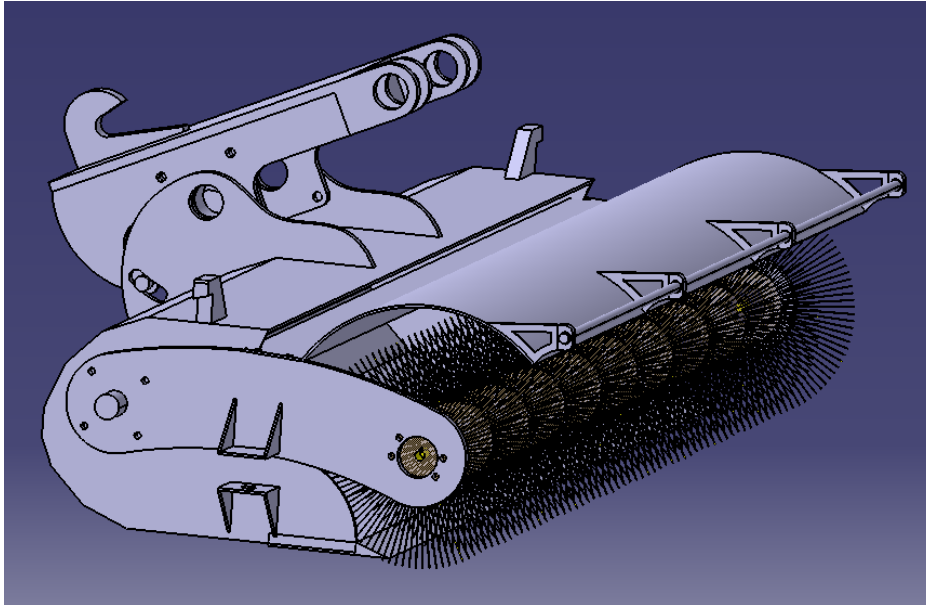
Author Title	Paavo Lavikainen Development of a Pick-up Broom
Number of Pages Date	23 pages +4 appendices 23 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Program	Mechanical Engineering
Specialisation option	Product Development
Instructors	Toni Möttönen, Maintenance Manager Jyrki Kullaa, Principal Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by a Finnish construction company Hyvinkään Tieluiska Oy. The objective of this Bachelor's thesis was to improve the already designed pick-up broom. The older version has been analyzed by several professional mechanics and machine operators who discovered that some structural and hydraulic features of the broom need to be improved to make the broom more user-friendly to operate and easy to maintain.</p> <p>One target was to analyze the potential risks of the broom when it is operated and try to reduce the risk level of the broom. Machinery and amending directives were used to carry out the risk analysis. In the future this data can be used to apply for CE-marking.</p> <p>The strength of the material was calculated by using the same software as the mechanical movements of the broom. All models were made by Catia software programs. Hydraulics was calculated with the given specifications and the broom was especially designed to operate with the Encon Rotator.</p>	
Keywords	Pick up broom, mechanical development

Sisällys

1	Johdanto	2
2	Havaitut ongelmat	6
2.1	Hydrauliikka	6
2.2	Mekaniikka	7
2.2.1	Laakerit	7
2.2.2	Rakenteen lujuus	9
2.2.3	Paino	12
2.3	Turvallisuus	12
3	Parannukset	12
3.1	Hydrauliikka	12
3.2	Mekaniikka	13
3.2.1	Laakerit	13
3.2.2	Rakenteen lujuus	18
3.2.3	Liikkeiden rajoitus	21
3.2.4	Paino	25
3.3	Turvallisuus	26
4	Yhteenveto	29
	Lähteet	32
	Liitteet	
	Liite 1. Alkuperäinen hydrauliikkakaavio	
	Liite 2. Hydrauliikkamoottoreiden mitoitus	
	Liite 3. Uusi hydrauliikkakaavio	
	Liite 4. Kokoonpano	

1 Johdanto

Projektin tilaaja on Hyvinkään Tieluiska Oy, ja projektin päätavoite oli parannella jo innovaatioprojektina suunniteltua harjakauhaa [kuva 1], kerättyjen kokemusten perusteella.



Kuva 1 Alkuperäinen malli

Harjakauhalla tässä työssä tarkoitetaan irtopartikkelien, kuten mullan ja hiekan, poistoon tarkoitettua laitetta. Pääkäyttötarkoitus Hyvinkään Tieluiskalla on työmaan loppusiivouksen yhteydessä tapahtuva irtomateriaalin poisto asfaltilta, ennen kuin tie otetaan käyttöön.

Yleisesti harjakauhoja on saatavilla pyöräkoneisiin, kaivinkoneisiin ja traktoreihin. Erilaisia harjamalleja on useita, kuten keräävä ja ei-keräävä. [Kuva 2.]



Kuva 2 Pomen valmistama keräävä harjakauha (Pome 2016)

Suurin markkinaosuus Suomessa on Pomella, joka valmistaa erilaisia harjakauhoja ja muita työvälineitä mm. kaivinkoneisiin.

Pääsääntöisesti keräävissä harjakauhoissa on hydraulikalla toimiva harja, joka lakaisee irtoavan materiaalin kauhaan. Yleensä harjakset ovat muovia ja irtoainekseen osuessaan nostavat partikkelit irti pinnasta ja lennättävät ne joko keräävään säiliöön tai kauhaan. Harjakauhalla voidaan puhdistaa useita erilaisia pintoja kuten betoni tai asfaltti, koska harjaus on mekaanisesti tapahtuvaa työtä. Useissa malleissa on vesisuihku, joko lisävarusteena tai vakiovarusteena. [Kuva 3.]



Kuva 3 Pomen toteutus pölynsidontaan (Pome 2016)

Veden suihkutuksella pyritään estämään pölyäminen kuivissa olosuhteissa operoitaessa. Näin estetään ihmisille haitallisten aineiden pääsy hengitysilmaan. Se, miten vesi tuodaan harjalle, vaihtelee paljon käytettävän koneen mukaan. Joko kauhassa itsessään on vesisäiliö tai sitten vesisäiliö sijaitsee käyttökoneessa. Veden paineistus tapahtuu joko sähköisellä tai hydraulitoimisella pumpulla. Vesisumuttimen tulisi luoda hyvin pienen pisarakoon omaava sumu, jotta vettä tarvitsisi suihkuttaa vähemmän ja se sitoisi paremmin pölyä. Tämä johtuu siitä, että pisaroiden yhteenlaskettu pinta-ala on suurempi samalla vesimäärällä pienellä pisarakoolla. Kauhan tyhjennystapa riippuu myös käyttökoneesta, mutta yleisesti harja nostetaan tyhjennyksen ajaksi hydraulilla, jotta pystytään kippaamaan kauha tyhjäksi.

Projektissa tuli ottaa huomioon valmistuksessa, kokoonpanossa, huollossa tai käytössä esiintyvät ongelmat ja perehtyä niiden mahdolliseen poistoon tai ainakin pienentämiseen. Huollossa oleviksi ongelmiksi voidaan lukea esimerkiksi huoltotoimenpiteenä tehtävän laakerinvaihdon hankaluus ja käytössä oleviksi ongelmiksi harjan päivittäin rasvattavien kohteiden sijoittelu käyttäjän kannalta hankaliin paikkoihin. Samalla tuli myös tutkia mahdollisia konedirektiivin asettamia

suojausheitoja kuljettajalle ja muille osapuolille. Mekaniikkaa pyrittiin parantamaan käytännön kokemuksista saaduilla tiedoilla vastaavista laitteista ja muista samoissa työoloissa käytettävistä sovelluksista, kuten kauhoista ja erilaisten työvälineiden laakereista.

Keskeinen syy kehittämiseen ovat tapahtuneet väärinkäytöt, jotka ovat voineet johtua kuljettajan käyttöopastuksen puutteesta tai vahingoista. Yleisimpiä tilanteita ovat tahattomat harjakauhan osumat kiinteisiin rakenteisiin kuten jalkakäytäviin tai sillankaiteisiin käyttötilanteissa. Jos harjakauha osuu kiinteään esteeseen kovalla voimalla, voi sen runkorakenteisiin tulla vääntymiä tai murtumia. Itse harjasosa ei myöskään kestä kovaa painatusta radiaalisuunnassa, mihin se voi joutua, kun kuljettaja painattaa harjaa pintaa vasten liian suurella voimalla. Tämä on hyvin yleinen vauriotapa, koska yleinen harhaluulo on , että suurempi painatusvoima puhdistaisi pinnan paremmin. Suurempi painatusvoima kuitenkin johtaa suurempaan rasitukseen hydraulikkamoottoreille, mikä taas pudottaa harjan kierrosnopeutta aiheuttaen huonomman harjaustuloksen. Aksiaalisuunnassa harjaan voi kohdistua suuria voimia, jos harja osuu esimerkiksi korotetun jalkakäytävän reunakiveen. Tämänkaltaiset väärinkäytökset voivat johtua kuskin herpaantumisesta. Suunnitelmassa pyritään ottamaan huomioon yleisimmät väärinkäytöt ja ehkäisemään niistä tulleet vahingot.

Ensimmäisen version vaatimukset koskivat myös parannettua versiota. Muutamaa vaatimusta hiukan muutettiin, kuten lopullista hintaa. Vaatimuksia olivat:

- paino alle 600 kg
- kytkentäkiinnike NPT-10
- optio vesisuihkutukselle
- standardoidut osat
- kauhan rungon paksuun 8 mm
- toiminta kahdella hydraulikkamootorilla
- käytettävä harja Sajas Group Sunline halkaisijaltaan 600 mm
- turvallisuus
- hinta alle 5 000 € ilman työn osuutta.

Vaatimuksiin päästiin jo ensimmäisessä versiossa, ja näin niihin tulisi olla mahdollista päästä parannellussakin versiossa.

Tässä työssä perehdyn havaittujen ongelmien syihin ja ongelmakohtien parannukseen, jotta tuloksena olisi parempi versio jo suunnitellusta harjakauhasta. Tavoitteena oli parannella harjakauhaa mekaniikan ja hydrauliiikan osalta ja pyrkiä suunnittelemaan huoltoystävällisempi ja käyttäjäystävällisempi malli. Perehdyttiin myös turvallisuustekijöihin, jotta tuotteelle voitaisiin mahdollisesti hakea CE-hyväksyntää.

2 Havaitut ongelmat

2.1 Hydrauliiikka

Hydrauliiikka oli suunniteltu toteutettavaksi kahdella paineenrajoitusventtiilillä ja kahdella takaisiniskuventtiilillä. [Liite 1.] Moottoriksi oli laskennallisesti valittu riittäväksi M+S Hydraulicin valmistama MR-50. [Liite 2.] Moottoriden mitoittamiseen ei nähty olevan aiheellista puuttua parannellussa versiossa, koska moottorit oli tarkasti laskennallisesti mitoitettu toimiviksi ja Salhydron asiantuntijan kanssa valittu vaaditun momentin ollessa 60 Nm kumpaakin moottoria kohden. (Airila ym. 2010.) Hydrauliiikkaa tuli

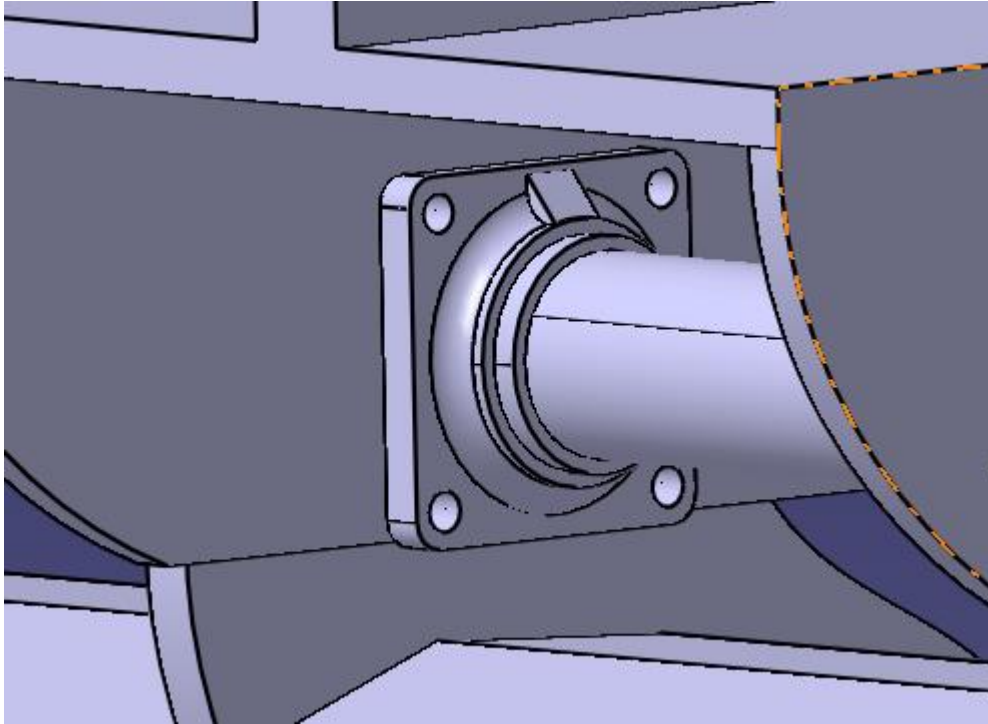
yksinkertaistaa muuten, jotta ylimääräisistä venttiileistä päästäisiin eroon. Yksisuuntaventtiilit voivat jumittua pitkän seisonnan jälkeen, ja koska harjakauha ei välttämättä ole jatkuvassa käytössä, koettiin monella venttiilillä toteutettu hydraulikka vikaherkäksi. On myös mahdollista, että konetta kiinni kytkettäessä voi letkuun päästä pikaliittimen kiinnityksessä epäpuhtauksia, jotka voivat jäädä venttiilien väliin, mikä johtaisi vikaantumiseen tai venttiilin sisäiseen vuotoon.

2.2 Mekaniikka

Mekaniikan ymmärtämisen kannalta tulee katsoa liite 4, jotta pystyy ymmärtämään, missä mikäkin osa on kokoonpanossa ja saa kokonaisvaltaisen käsityksen suurimmista harjakauhan osista. Kiinnikkeen yläosa on nivelletty kiinnikkeen alaosaan ja osat pääsevät liikkumaan vapaasti suhteessa toisiinsa, ainoastaan liikeradan pituus on rajoitettu. Samoin vääntövarret on nivelletty kauhan runko-osaan ja pääsevät vapaasti liikkumaan suhteessa siihen. Tämäkin on liike on mekaanisesti hallittu rajoittimilla. Kuraläpän tulisi yhdistää vääntövarret yhdeksi kokonaisuudeksi, jotta ne liikkuisivat samalla tavalla suhteessa toisiinsa. Käyttökone kytketään harjakauhan kiinnikkeen yläosaan NPT-10 —kiinnikkeellä.

2.2.1 Laakerit

Alkuperäisesti harjakauhassa suunniteltiin käytettäväksi kiinnikkeen yläosan ja alaosan välisessä nivelessä rullalaakereita, jotka olisi helppo vaihtaa ja jotka kestäisivät tarvittavat kuormitukset radiaali- ja aksiaalisuunnassa. [Kuvat 4 ja 5.] Tämän nivellyksen tarkoitus on antaa kauhalle mahdollisuus olla kelluvassa liikkeessä ja helpottaa näin kuljettajan työtä, koska kauha seuraa itsestään paremmin harjattavaa pintaa ja vaatii kuljettajalta vähemmän ohjausliikkeitä.



Kuva 4 Kiinnikkeen ja rungon välinen laakerointi

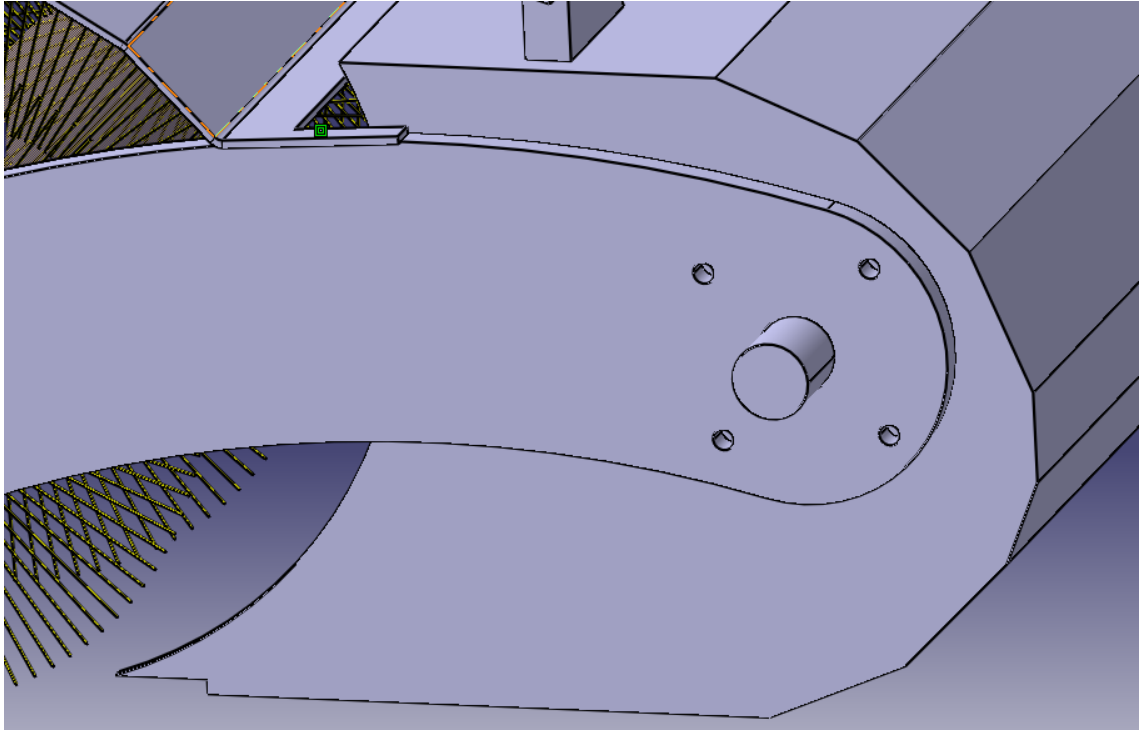


Kuva 5 RKP:n valmistama laakeriyksikkö (Rullalaakeri 2016)

Käytännön kokemuksesta todettiin rullalaakereiden kestävyys riittämättömäksi. Mahdollisessa väärinkäyttötilanteessa harjakauhan runkoa voidaan painattaa esimerkiksi jalkakäytävän reunakiveystä vasten, jolloin aksiaalikuorma on huomattavasti suurempi kuin laakerin sallima. Ongelmaa ei olisi, ellei akselia olisi lukittu kuusiokoloruuveilla laakerin sisäkooliin, jotta akseli pysyisi paikallaan. Mahdollisten väärinkäytösten takia ei myöskään luotettu pelkkään hydraulikkamoottoreiden sisälle rakennettuun laakerointiin, joka kestää radiaalikuormitusta noin 3 400 N (liite 2), vaan se koettiin riittämättömäksi. Itse harjaosan laakeroinnin kauhan runko-osaan koettiin olevan riittävä.

2.2.2 Rakenteen lujuus

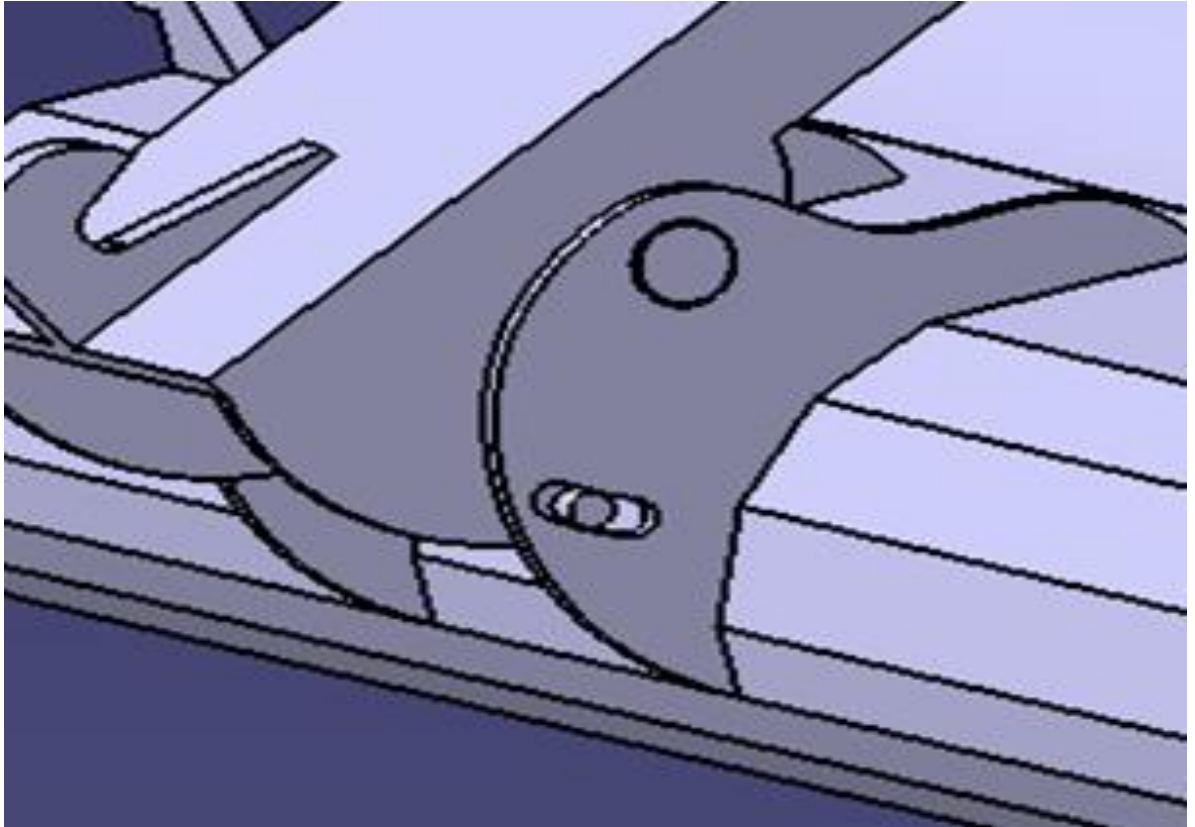
Ensimmäisessä versiossa oli harjan suojalevy eli tavallaan kuraläppä toteutettu kanttaamalla ja yhdistetty harjan vääntövarteen pienahitsillä. Tämä aiheutti ongelmia harjaosan irrottamisessa runko-osasta [katso liite 4]. Harjaosan vääntövarsia ei näin saatu vedettyä kiinteästi runko-osaan hitsattujen akselien päältä. [Kuva 6.]



Kuva 6 Laakeripesän kiinnitysreiät ja akseli

Vääntövarsien ja kuraläpän liitos oli toteutettava muuten kuin hitsaamalla. Samalla todettiin kuraläpän olevan liian heikkorakenteinen tukemaan akselia ja pitämään vääntövarret samassa asennossa molemmilla puolilla.

Samaan hitsiliitoksen aiheuttamaan ongelmaan törmättiin myös kauhan kiinnikkeessä. Kiinnike on keinu, ja sen liikettä rajoitti kiinnikkeen tappi, joka liikkui urassa kauhan runko-osassa. [Kuva 7.]



Kuva 7 Kauhan kiinnikkeen liikkeen rajoitin

Edellisestä seuraa, että kauhan kiinnikettä ei pystytä irrottamaan kokonaan runkosasta ilman metallin katkaisemista tai polttoleikkaamista. Siten huollosta tulisi laakereiden kannalta hyvin hankala. Tällainen rakenne myös esti kauhan liikkeen rajoittamista konekohtaisesti ilman, että kiinnikkeen alaosan leikkauskuvaa muokataan ja määritellään hahlon paikka uudestaan laskennallisesti. Rajoitus tulisi asentajan pystyä toteuttamaan ilman laskelmia, liikeradan testauksella ja näin rajoittimien paikkojen määrityksellä. Rakenteen kuitenkin tuli olla nivelöity, jotta kauha seuraisi helpommin maaston muotoja, ja silti liikkeiden tuli olla rajoitetut, jotta kauhan runko tai harjasosa eivät osuisi koneen puomistoon. Samalla myös varmistetaan, että kauha pystytään sulkemaan aineksen siirron ajaksi.

Kauhan rungon materiaali oli yleistä Fe-levyä, jonka kulutuskestävyys ei ole paras mahdollinen tämän kaltaisissa sovelluksissa, kun kauhalla vedetään asfaltin pintaa pitkiä matkoja. Kauhan pohja tuli suunnitella niin, että sitä ei tarvitsisi vaihtaa yhtä usein kuin normaalikauhan pohjalevyä. Arvioitu kestoikä on noin 1 600 h työn luonteesta riippuen.

Harjan akseliin ei otettu kantaa ensimmäisessä suunnitteluversiossa, mutta sen tulisi olla helposti vaihdettavissa. Akselin materiaalin tulisi olla hyvin saatavilla, jos akseli sattuisi vääntymään esimerkiksi esteeseen törmäämisen seurauksena.

2.2.3 Paino

Vaikka ensimmäisessä versiossa päästiin painotavoitteeseen, oli toisesta versiosta saatava vielä kevyempi, ilman että rakenteen lujuus kärsisi. Mitä kevyempi rakenne saavutetaan, sitä vähemmän puomisto rasittuu kauhan liikuttelusta ja koneelta ei vaadita niin paljon nostovoimaa tai vastaavasti kone kykenee nostamaan kauhassa suuremman kuorman.

2.3 Turvallisuus

Alkuperäisessä suunnitelmassa ei otettu kantaa pakollisiin turvamerkintöihin ja niiden määrityksiin konedirektiivin mukaisiksi. Parannetussa suunnitelmassa tuli huomioida merkkien sijoittelu, näkyvyys ja oikeellisuus.

3 Parannukset

Kaikkia parannuksia tehdessä piti arvioida, toimiko parannus oikeasti ja oliko siitä saatava hyöty tarpeeksi suuri suhteessa kokoonpanossa mahdollisesti tulevaan lisätyöhön tai kustannuksiin.

3.1 Hydraulikka

Uudessa hydraulikkakaaviossa pyrittiin yksinkertaistamaan hydraulikkaa ja todettiin virtauksen rajoittamisen olevan turhaa. [Liite 3.] Koneessa itsessään pystyy joko valitsemaan valmiista ohjelmapohjista harjakauhalle sopivan asetuksen tai virtausta pystyy mekaanisesti säätämään koneen venttiililohkolta. Sama koskee myös painetta. Näin pystyttiin eliminoimaan venttiileistä mahdollisesti koituvat viat ja saamaan hydraulikan osien kustannuksia pienemmäksi. Epäpuhtauksien pääsyä järjestelmään pikaliittimiä kiinnitettäessä ei pystytä suunnittelulla estämään, koska ei ole

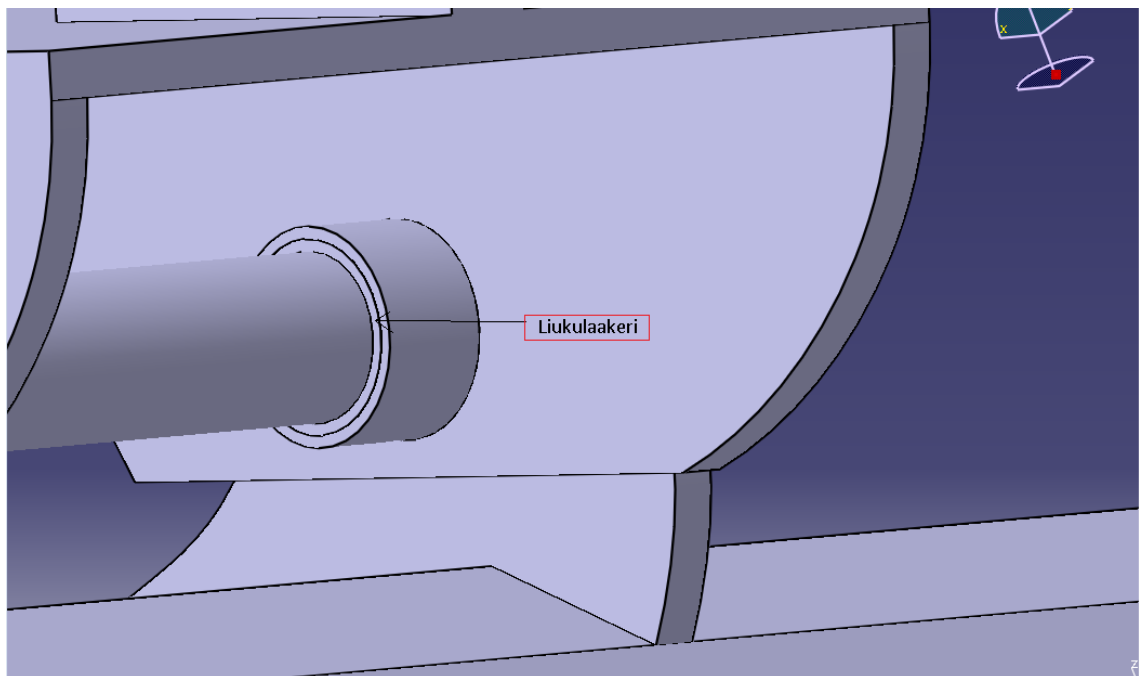
kustannuksiltaan järkevää vaihtaa kaikkien koneiden pikaliitintyyppiä. Kuljettajia tulee opastaa pikaliittimien käytössä ja tulee korostaa puhdistamisen tärkeyttä pikaliittimiä käytettäessä.

3.2 Mekaniikka

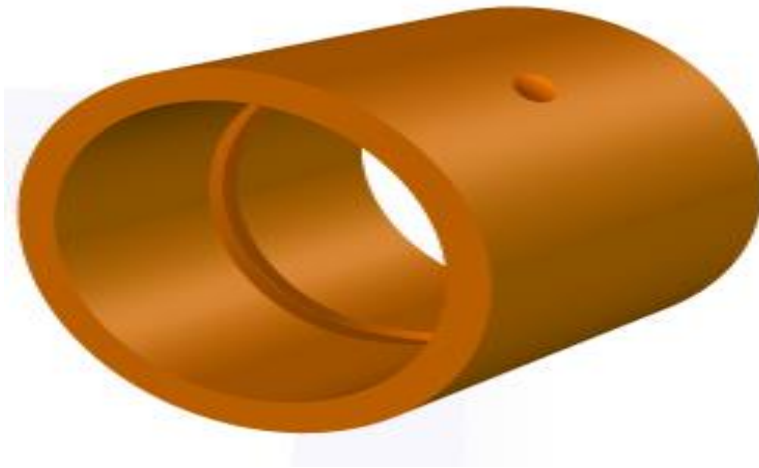
Mekaniikassa tuli ottaa huomioon kunkin rakenteellisen muutoksen vaikutus laakerivoimiin ja koko rakenteen kestävyys. Tuli välttää ylimääräistä ainevahvuutta ja pyrkiä toimiviin ratkaisuihin muuten kuin ainevahvuutta lisäämällä.

3.2.1 Laakerit

Laakeroinnissa keskityttiin ensin kiinnikkeen laakerointiin kauhan runkoon. Kuulalaakerointi pystyttiin sulkemaan pois, koska tarpeeksi suuren varmuuskertoimen kuulalaakerit olivat kalliita ja ulkomitoiltaan hyvin massiivisia. Päädyttiin käyttämään ratkaisuna radiaalkuormituksen ottavia liukulaakereita. [Kuvat 8 ja 9.] Liukulaakereita voi ostaa yksiköinä, joissa tulee myös sopivan kokoinen pesä liukulaakereille. Pesä kiinnitetään hitsaamalla.

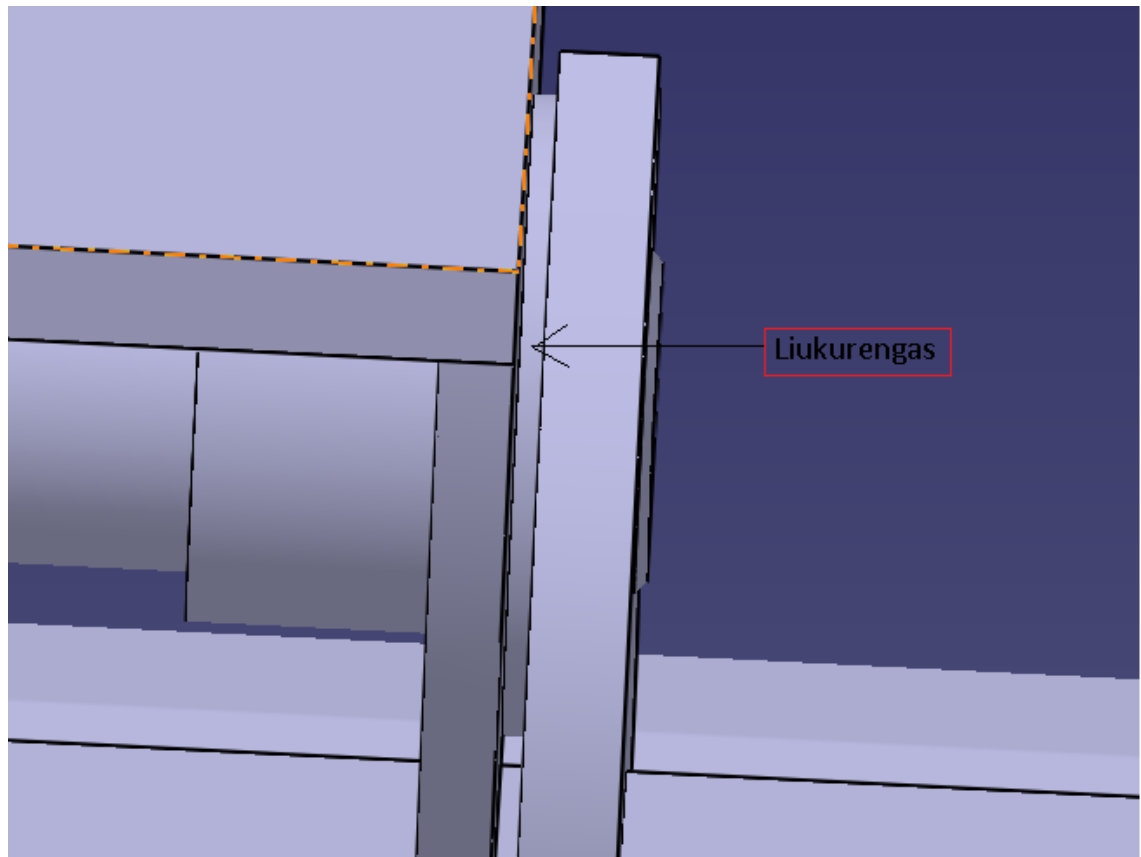


Kuva 8 Liukulaakerin sijoitus



Kuva 9 Rasvauralla varustettu tyypillinen liukulaakeri

Liukulaakerit ovat helppo ja halpa vaihtaa, ja ne omaavat suuren voiman kestävyuden radiaalivoimalle 60 N/mm^2 . Materiaali on yleensä pronssi, mutta laakereita on saatavilla myös graffittisina ja teräksisinä. Aksiaalisuunnassa tuleva kuormitus tulee kiinnikkeen runkopaloihin, koska liukulaakeri ei estä aksiaalikuormitusta, mutta jotta runkopalat eivät hankaisi toisiinsa ja kuluttaisi kiinnikettä akselin suunnassa väljäksi, tulee kiinnikkeen rungon ja kauhan rungon väliin sijoittaa liukupalat. (Airila ym. 2010.) [Kuva 10.]



Kuva 10 Liukurenkaan sijoitus

Kuluneet liukupalat on helppo vaihtaa, ja koska ne on valmistettu polyeteenitangosta, ne eivät ala narisemaan käytössä, vaikka niitä ei rasvattaisikaan. Akselin kiinnitys tulee kuvan mukaisilla ruuviholkeilla. [Kuva 11.]

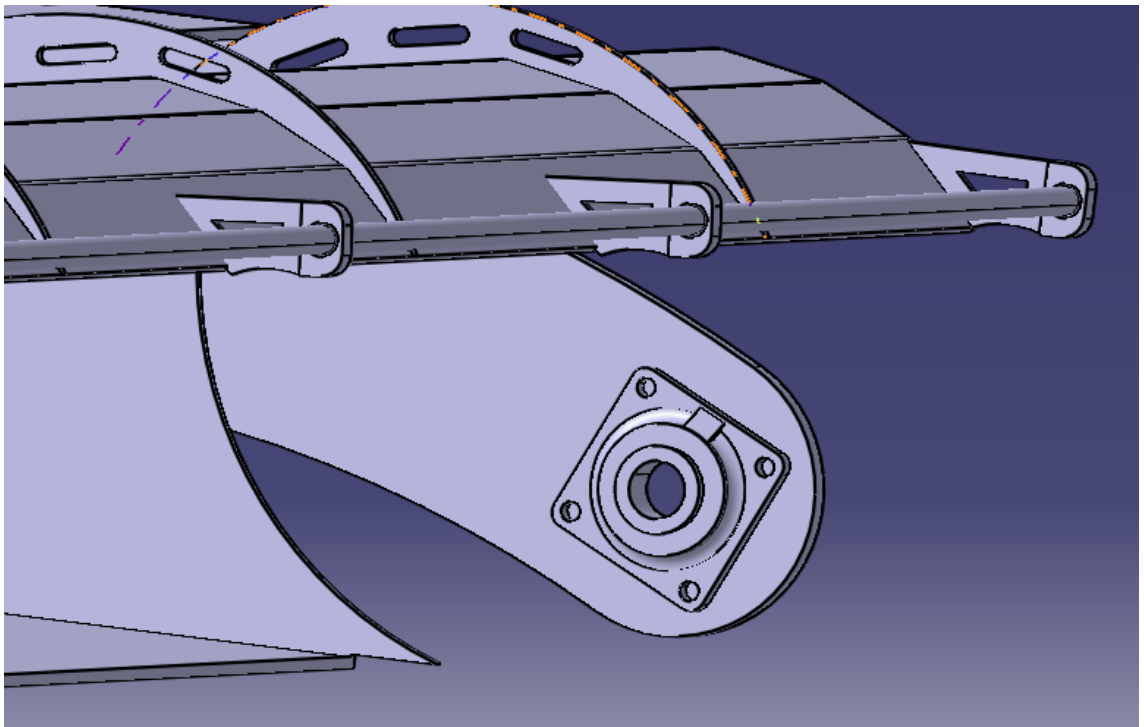


Kuva 11 Kiinnikkeen niveltapin kiinnitys

Hydrauliikkamoottoreiden laakeroinnin parannukseen tutkittiin vaihtoehtona järeämmän laakeroinnin omaavia moottoreita, mutta näiden hinnat olivat yli kaksi kertaa kalliimmat kuin ensimmäisessä versiossa käytettyjen. Laakeroinnin parannus päätettiin toteuttaa lisälaakereilla vääntövarren hydrauliikkamoottorin vastaiselle puolelle, jolloin laakeri otti vastaan aksilaali- ja radiaalikuormitusta. Kyseiset laakerit saatiin suoraan SalHydrosta ja ne on nimenomaan tarkoitettu lisätueksi hydrauliikkamoottoreille. [Kuvat 12 ja 13.] Laakeripesän kiinnitysreikien jako tulisi olla sama hydrauliikkamoottorin kiinnitysreikien kanssa, jotta laakeri ja hydrauliikkamoottori voitaisiin kiinnittää kiinteästi toisiinsa.



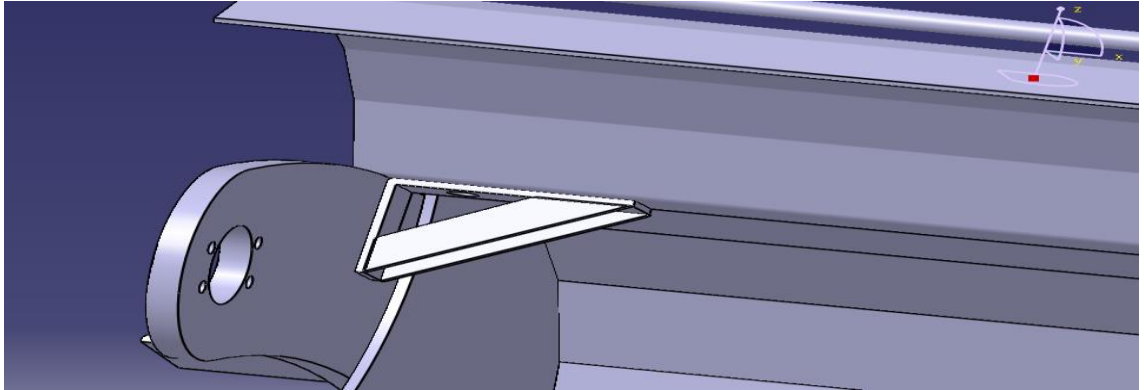
Kuva 12 Hydraulikkamoottorin akselin tukilaakeri (Salhydro 2016)



Kuva 13 Hydraulikkamoottorin lisälaakerin sijoitus

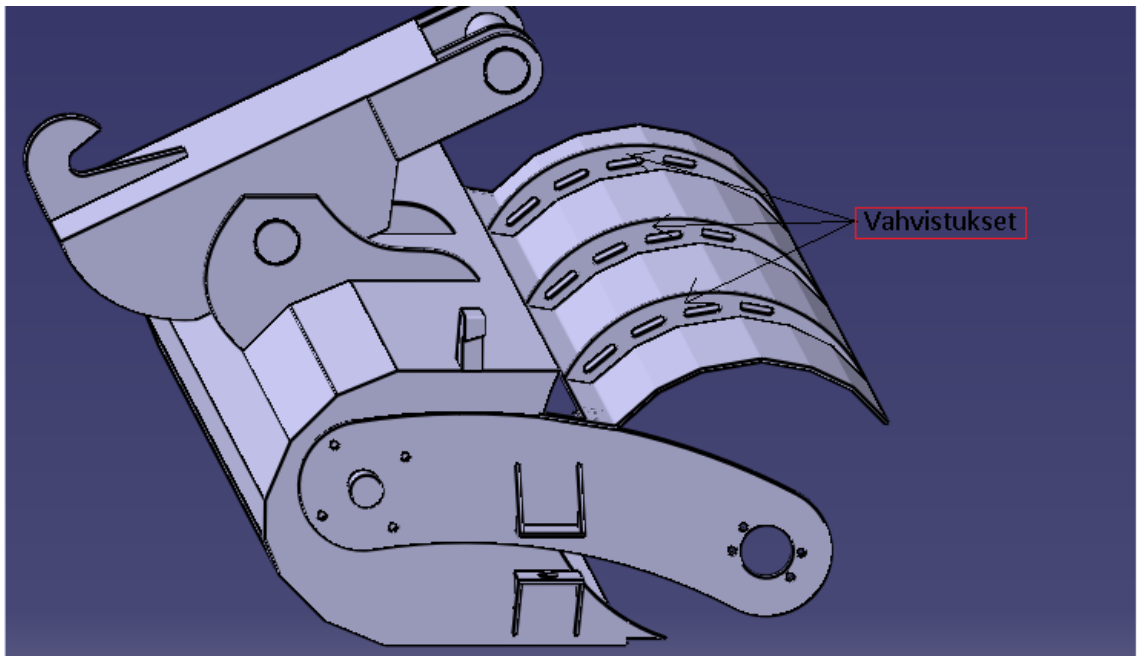
3.2.2 Rakenteen lujuus

Kuraläppä päätettiin kiinnittää vääntövarsiin kuvan 14 mukaisilla liitoskappaleilla, jotka tulevat M 20 -läpöruuveilla kuraläppään ja vääntövarteen. Näin kuraläppä saa purettua irti ilman metallin työstöä.



Kuva 14 Kuraläppän ja vääntövarren välinen kiinnitys

Koska kuraläppä koettiin liian joustavaksi, päätettiin siihen hitsata kuvan 15 mukaisia vahvikkeita kolme kappaletta.

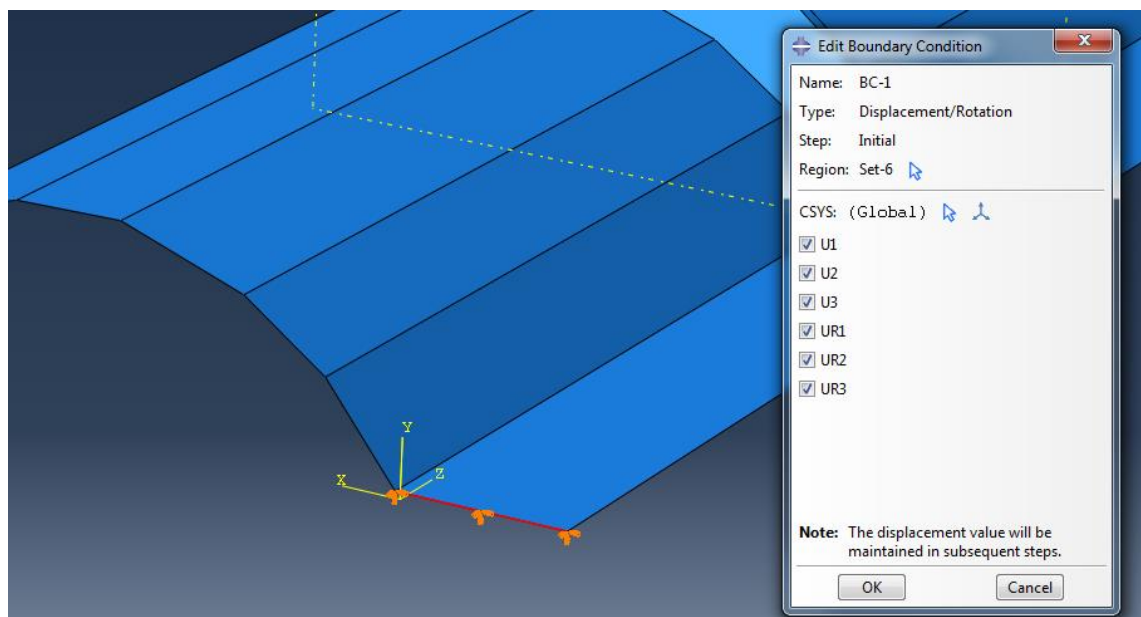


Kuva 15 Hitsattavat vahvistukset

Kuraläppä FEM-mallinnettiin Abaqus-ohjelmistolla, johon reunaehdoiksi määritettiin kiinnitys, vaikuttava voima, niiden suunta ja paikka, sekä materiaali. Kappaleen materiaali oli terästä, ja ohjelmaan syötettiin kuraläppän rungon paksuudeksi 4 mm, vahvikkeiden paksuudeksi 10 mm, kimmokertoimeksi 210 Gpa ja liukukertoimeksi 0,3. (Salmi & Pajunen 2010.)

Elementtiverkossa käytettiin kuorielementtiä S4R, eli neliskulmaisia elementtejä, joissa on neljä solmua. Elementin koko oli 0.1 m, koska kappale oli niin iso ja laskenta-aika nousee elementin kokoa pienentäessä. Vahvistuksissa elementtityyppi oli C3D8R ja elementin koko 0,05 m.

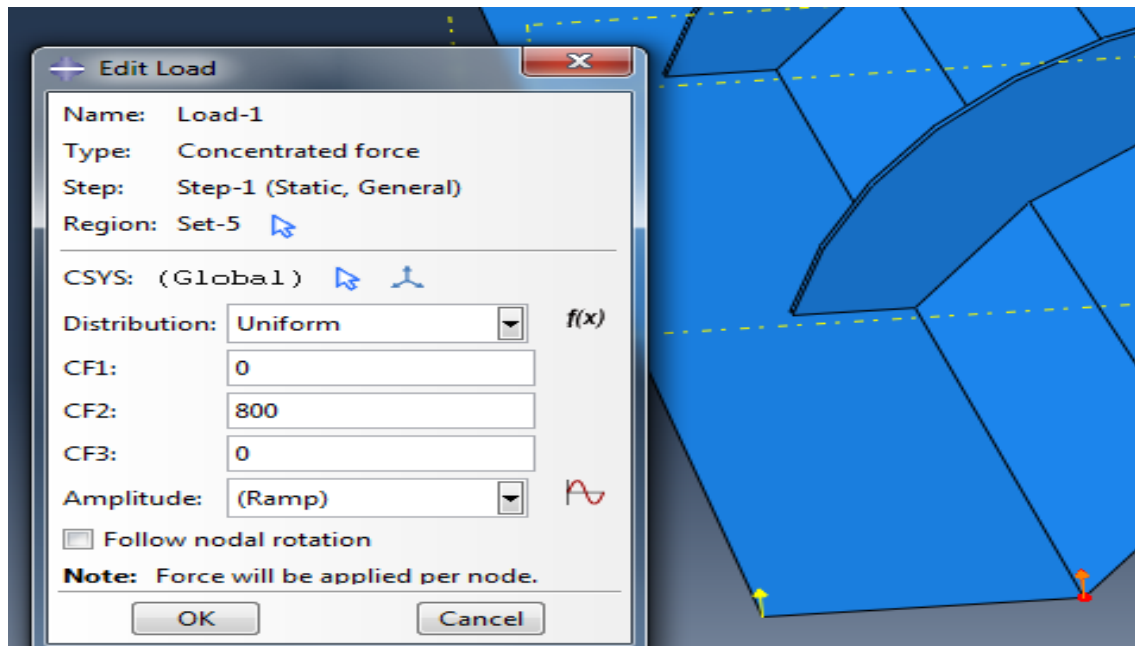
Kappaleen toinen pääty kiinnitettiin kaikista vapausasteista, mikä vastasi todellisuudessa hitsisaumaa, jolla kappale kiinnitettiin ensimmäisessä versiossa. [Kuva 16.]



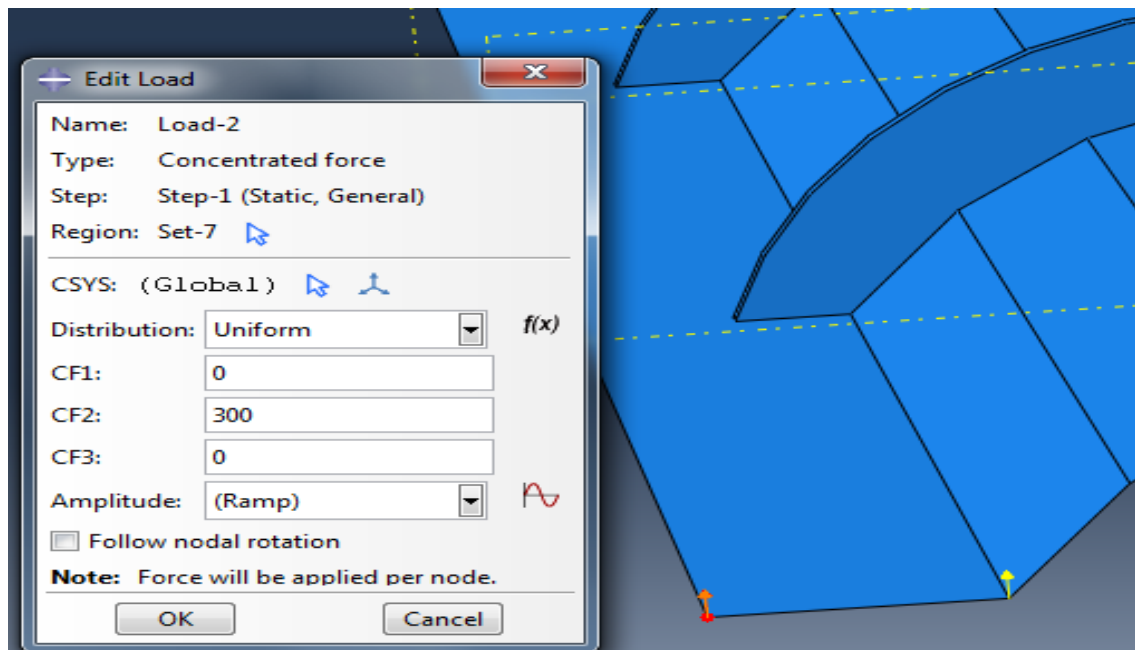
Kuva 16 Kiinnitys

Yhteensä kappaleen toiseen päähän haluttiin 1 100 N:n suuruinen voima, joka vastaa noin 112 kg:n kuormitusta. Tällaisella tilanteella koitettiin simuloida tilannetta, jossa harjasta vain toinen pää osuu 10 cm:n pituudelta harjattavaan pintaan. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi reunakivien puhdistusta ym. Voima luotiin kahdella erillisellä ja erisuuruisella pistevoimalla [Kuvat 17 ja 18]. Punainen nuoli ilmoittaa kyseessä

olevan voiman vaikutuspisteen. Erisuuruisilla voimilla koetettiin kompensoida mahdollisia vipuvarren kiertymiä. Todellisuudessa näitä tuskin ilmenee.

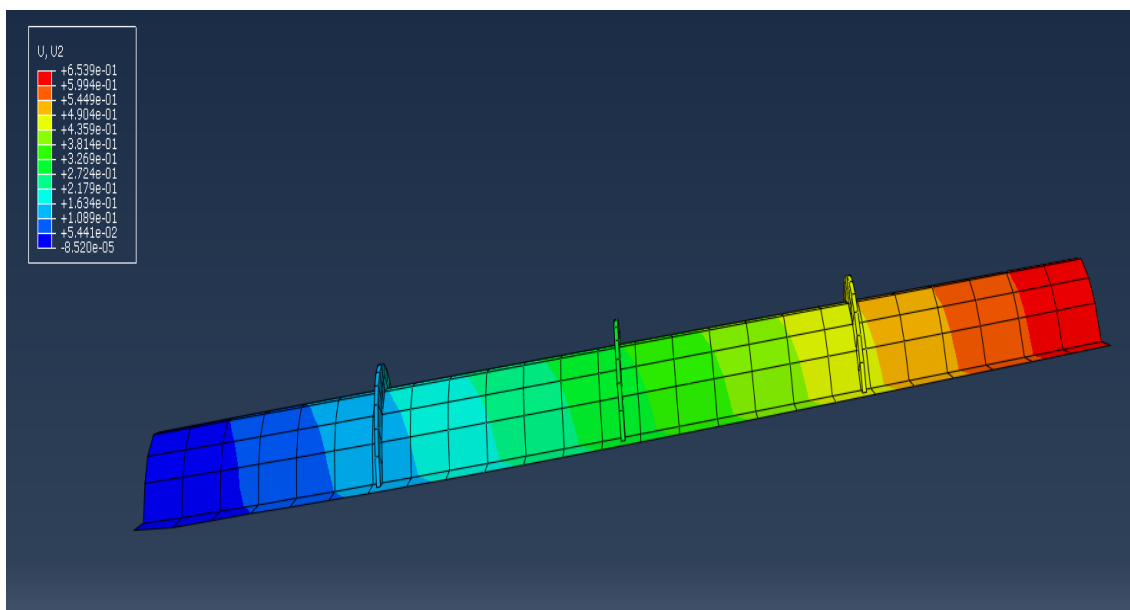


Kuva 17 Voima 1



Kuva 18 Voima 2

Tuloksena saatiin kuva kuraläpän taipumisesta ja käyttäytymisestä kyseisellä kuormituksella. [Kuva 19.]



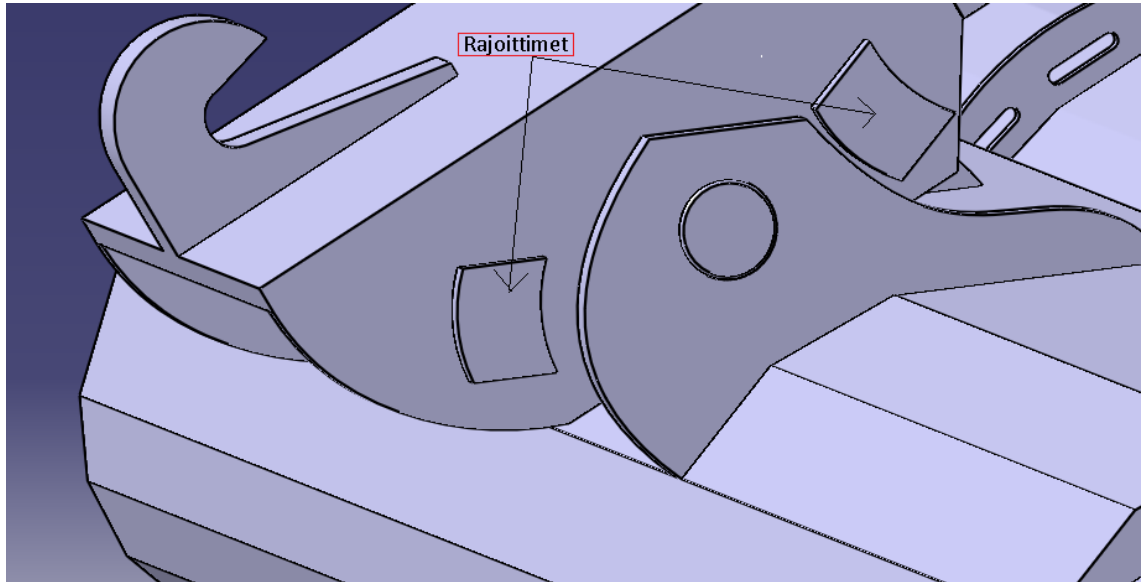
Kuva 19 Taipuma Abaqus-ohjelmassa

Kuvasta huomataan, kuinka kappaleen toinen pääty nousee y-suunnassa noin 65 cm. Kuvasta pystyy myös lukemaan, että suurin taipuma tapahtuu aivan kiinnityspisteen vierestä, missä vääntömomentti on suurimmillaan. Tätä pyritään ehkäisemään edellä mainituilla pulttikiinnitteisillä liitos-/vahvikepaloilla [kuva 13], jolloin voima jakautuu tasaisemmin liitoskohtaan. Harjan akselin tuomaa vääntövastusta ei ole huomioitu analyysissä. Todellisuudessa kappale ei siis tule taipumaan kyseisestä kohdasta, ja jos kuraläpässä esiintyy käytössä väsymisen merkkejä, voidaan siihen hitsata 40 x 40 mm palkki 5 mm:n seinämällä tukemaan rakennetta. Alustavasti rakenne koetetaan kasata ilman palkkia painonsäästösyistä. Jännityksiä ei huomioitu tässä työssä, koska lopputuloksen kannalta siirtymät olivat oleellisia. Jännitykset eivät kertoneet mitään suunnitteluun vaikuttavaa tietoa.

3.2.3 Liikkeiden rajoitus

Jotta edellä mainitut liukulaakerit pystyttäisiin helposti ja jopa työmaaolosuhteissa vaihtamaan pelkillä käsityökaluilla, tuli suunnitella kauhan liikkeen rajoittimet eri tavalla kuin ensimmäisessä versiossa. Suunnittelussa tuli ottaa huomioon eri konetyyppien erilaiset puomistot, jotta rajoittimia pystyttäisiin mahdollisesti säätämään kuhunkin konetyyppiin sopivaksi. Lähtökohtana oli, että kauhalla tuli pystyä nostamaan kerätty aines kuorma-auton lavalle, kun lavan reunan korkeus olisi 2,6 m. Uudet liikerajoittimet päätettiin toteuttaa hitsatuilla paloilla kiinnikkeen yläosan runkoon. Rajoittimet on

hitsattu ympäriinsä kiinni pienahitsillä, jolloin saumaa on yhteensä 280 mm kussakin stopparissa, minkä luokkahitsaaja arvioi riittäväksi kyseiseen tilanteeseen ja arvioituun kuormitukseen. [Kuva 20.]



Kuva 20 Rajoittimien sijoittelu

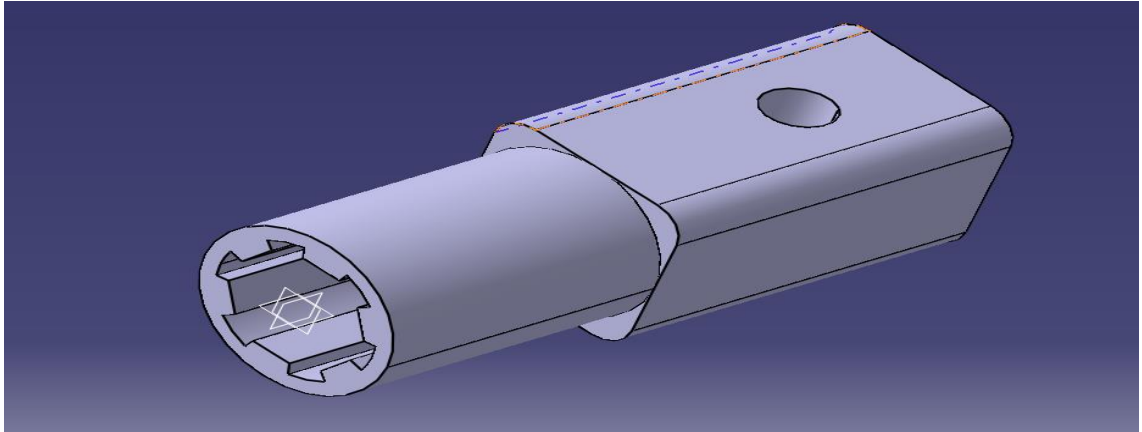
Näin rajoittimet osuivat liikeradan molemmissa reunoissa kauhan runko-osan kiinnikkeen vastikkeisiin. Rajoittimet on muotoiltu niin, että samaa polttoleikattua osaa pystytään käyttämään molempien liikesuuntien rajoittamiseen ja mahdollisimman suuri kosketuspinta-ala kiinnikkeen ja stopparin välille, jolloin voima jakaantuu tasaisemmin stoppariin. Tällaisilla rajoittimilla pystytään valmistamaan eri kippauskulmilla olevia kauhoja helposti rajoitinpalan paikkaa muuttamalla. Rajoittimet voi myös tarpeen tullen sijoittaa uudelleen, jos polttoleikkaa hitsatut palat irti. Ruuvikiinnitteiset hylättiin, koska uudelleensijoitus olisi vaatinut joko uusien reikien poraamista tai polttoleikkauksessa olisi jouduttu polttamaan valmiit reiät ruuveille useaan eri kohtaan, jolloin säädöstä olisi tullut portainen. Monesti ruuvit myös ruostuvat pahasti kiinni, kun ne joutuvat olemaan paljon tekemisessä veden kanssa, mikä olisi voinut johtaa ruuvien korroosioon ja mahdolliseen katkeamiseen heikenneen leikkausvoimankeston myötä. Uuden rakenteen etuja on sen keveys verrattuna alkuperäiseen suunnitelmaan [kuva 7], jossa kiinnikkeen alaosa ja yläosa olivat huomattavasti suuremmat.

Kauhan pohjan kulumisen vuoksi ei ollut syytä ruveta vaihtamaan pohjan materiaalia. Kovemmat materiaalit ovat kalliimpia ja toisivat lisää painoa, ja ne olisi jouduttu erikseen hitsaamaan kauhan runkoon, koska näiden kovempien metallien, kuten hardox, kanttaaminen on vaikeaa ja saattaa jättää rakenteeseen pahoja jännityksiä, mikä käytössä voi näkyä mm. repeäminä kanttauskohdissa. Kauhan huulilevy kuitenkin tulee hardoxista ja kuskeja tullaan opastamaan käyttämään kauhaa niin, että käytettäessä tulee kauhan huulen osua maahan ja muun pohjan olla irti maasta.

Harjan akseliksi valittiin neliöputki, jonka materiaali on normaali teräs. Neliöputken etuja on sen helppo saatavuus. Näin akselin vaurioituessa pystyy helposti vaihtamaan akselin kokonaisuudessaan. Neliöputki ei vaadi erikseen jysittyjä uria harjan kiinnitykseen tai muita muutoksia. Harjakset pujotetaan akselin päälle ja momentti siirtyy akselista harjaan harjaksissa olevan sisäholkin kautta, jossa on pyöreässä reiässä pieni uloke [kuva 21], joka ottaa kiinni neliöputken kulmaan akselin pyöriessä, ja näin saa harjakset pyörimään akselin mukana. Harjan mahdollisen kiinnijäämisen seurauksena akseli siis vain rikkoo ulokkeen harjaksen sisäosasta ja näin estää moottoreiden tai akselin vaurioitumisen.

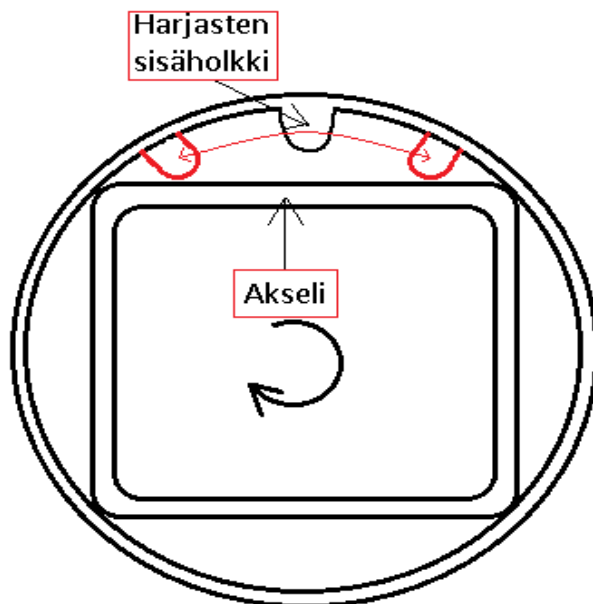
Akselin tulee olla kevyt, minkä takia jouduttiin hylkäämään umpitankovaihtoehdot. Akseliksi tarvittava neliöputki painaa 3,76 kg/m 3 mm seinämällä jolloin koko akselin massa on 9,4 kg. Umpinainen tanko olisi painanut 31,5 kg. Alumiinia ei todettu tarpeeksi kestäväksi, koska alumiinin kimmokerroin on noin kolmasosan teräksestä (Salmi & Pajunen 2010).

Pumpusta tuleva 6-urainen akseli kytketään neliöputken sisälle pultattavaan naaraspuoliseen 6-uraiseen akseliin. [Kuva 21.]



Kuva 21 Akselinliitosholkki

Näin uuden akselin vaihto vaatii ainoastaan ruuvinreikien poraamisen valmiiksi määrittäen sahattuun neliöputkeen. Neliöputkesta tehdyn akselin etuna on se, että akseli sallii harjojen hienoisen liikkeen akselilla. [Kuva 22.] Punaiset osat piirrustuksessa kuvaavat harjaksen liikevaraa suhteessa akseliin. Suunnan vaihdossa harjasten sisäholkki siirtyy akselin toiselle kulmalle, ja vähentää näin hydraulikkamoottoreille tulevaa kuormitusta.



Kuva 22 Akseli ja sen päälle tuleva harjasten sisäholkki

3.2.4 Paino

Ilman hydraulikkaosia ensimmäinen versio painoi noin 585 kg ja uusi noin 518 kg. Taulukossa on esitetty eri osien massat, jotka on saatu Catia:lla tehdystä kokoonpanosta.

Taulukko. Osien massat.

Osa	Paino (kg)
Runko ja kiinnikkeen alaosa	229
Kiinnikkeen yläosa	88
Tapit 70 mm	31
Harja	45
Vahvistus, kauhan runko	7
Kuraläppä	53
Kuraläpän vahvistukset	4
Rajoittimet ja kiinnikkeet	61
Yhteensä	518

Kevennys on suuri etu, koska Gradall-luiskakoneiden nostokyky puomi täysin ulostyönnettynä on esimerkiksi uusimmissa XL 4200 V -sarjan koneissa on 2 410 kg. Usein käytössä on kuitenkin jatkopuomi, jolla koneen ulottuvuutta on lisätty. Samalla nostokyky heikkenee huomattavasti jatkopuomin pituudesta riippuen. Jatkopuomin pituudet vaihtelevat 1,5-metrisistä 2,4-metriin. (Gradall 2016) [Kuva 23.]



Kuva 23 Gradall varustettuna 2.4 m jatkopuomilla (Tieluiska 2016)

Harjakauhan sovittaminen Gradall-liippakoneeseen vaatii myös kiinnikkeen ja kauhan välille adapterin, jolla muunnetaan NPT-10 kiinni Gradall-standardikiinnikkeeksi. Adapterin paino riippuu mallista, mutta keskimäärin adapterit painavat noin 95 kg.

3.3 Turvallisuus

Harjakauha tulkitaan koneeksi, koska se on hydraulikalla toimiva useasta osasta koostuva kokonaisuus. Siihen voi siis soveltaa konedirektiiviä, joka on tullut voimaan 29.12.2009.

Koneesta tuli olla pysyvällä ja näkyvällä tavalla kiinnitettynä seuraavat tiedot:

- valmistajan toiminimi ja osoite sekä valtuutetun edustajan tiedot
- koneen nimi
- CE-merkintä
- sarja- tai tyyppimerkintä
- varoitustekstit ja -merkinnät
- koneen massa
- huoltoa, käyttöä ja säätöä koskevat kilvet.

Koneesta tulisi myös löytyä seuraavat dokumentit:

- yleispiirustus sekä ohjauspiirikaavio
- täydelliset piirustukset sekä laskelmat ja testitulokset jne.
- kuvaus riskin arviointia koskevista menetelmistä koneen aiheuttamien vaarojen estämiseksi
- luettelo konetta koskevista olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista
- kuvaus suojaustoimenpiteistä, jotka on toteutettu tunnistettujen vaarojen poistamiseksi ja riskien pienentämiseksi
- maininta jäännösriskeistä
- käyttöohjeen kopio.

(SFS-EN ISO 12100:2010.)

Harjakauha on koneturvallisuudirektiivin C-tyyppin standardin kone, koska C-tyyppin standardi sisältää yksityiskohtaisia yksittäisten koneiden tai koneryhmien turvallisuusvaatimuksia. Nämä osittain toteutetaan viittaamalla A- ja B-tyyppin standardeihin. C-tyyppin standardia tulisi käyttää, jos tällainen löytyy kyseiselle laitteelle,

koska se viittaa yleensä johonkin tiettyyn B-tyyppin standardiin, jota tulisi käyttää kyseisen koneen kohdalla, ja opastaa standardin soveltamisessa. A- ja B-tyyppin standardeissa käsitellään hydrauliiikan ja pneumatiikan turvallisuutta, koneiden suojaustekniikkaa, sekä turvallisuusohjeita ja merkintöjä ja koneiden aiheuttaman säteilyn, melun ja värinän hallintaa ja mittaamista, joita tulisi soveltaa tämän työn kohdalla. (Mt.)

Harjakauhan riskeiksi muodostuivat harjasta lentävät partikkelit, jotka voivat osuessaan aiheuttaa lieviä vammoja. Yleisesti harjakauhalla harjataan koneeseen päin, jolloin koneesta pois päin lentävien kivien tai muiden vastaavien partikkeleiden riski on vähäinen. Koneessa itsessään on karkaistu lasi suojaamassa kuljettajaa lentäviltä partikkeleilta. (Mt.)

Koska harjakauhaa käyttävissä koneissa on jo valmiiksi CE-hyväksytyt merkinnät koneen melusta, liikkumisesta ja varoetäisyyksistä, jotka ovat konetyypistä riippuen 15 - 40 m, ei koettu tarpeelliseksi käsitellä harjakauhan kohdalla kyseisiä merkintöjä. Koneen oman varoetäisyyden katsottiin riittävän turvalliseen työskentelyyn harjakauhalla. Harjakauhan tuoma lisäriski on lentävät partikkelit, joista ei varoiteta käyttökoneessa. Näin ollen tuli harjakauhaan lisätä varoittava merkintä mahdollisesti lentävistä partikkeleista. Merkinnät tuli sijoittaa niin, että ne ovat helposti huomattavissa niin käyttäjän kuin kolmannen osapuolen kannalta. Tällainen paikka on molemmissa vääntövarsissa ja kuraläpän etureunassa. Merkin koon tuli olla riittävä, jotta sen pystyy tunnistamaan myös varoalueen ulkopuolelta. (Mt.)

Riskin pienennystoimenpiteisiin kuului harjakauhan kuraläppä, joka hillitsee partikkeleiden lentoa suoraan ylöspäin ja harjan kierrosten rajoitus hydrauliiikalla 400 rpm, jolloin harjaan kiinnijääneet ja äkkinäisesti irtoavat kivet tai muut vastaavat eivät sinkoudu suurella voimalla. Harjaksina käytetään muovisia harjaksia, jolloin itse harjasta irtoavat osat eivät pysty vahingoittamaan osuessaan vakavasti.

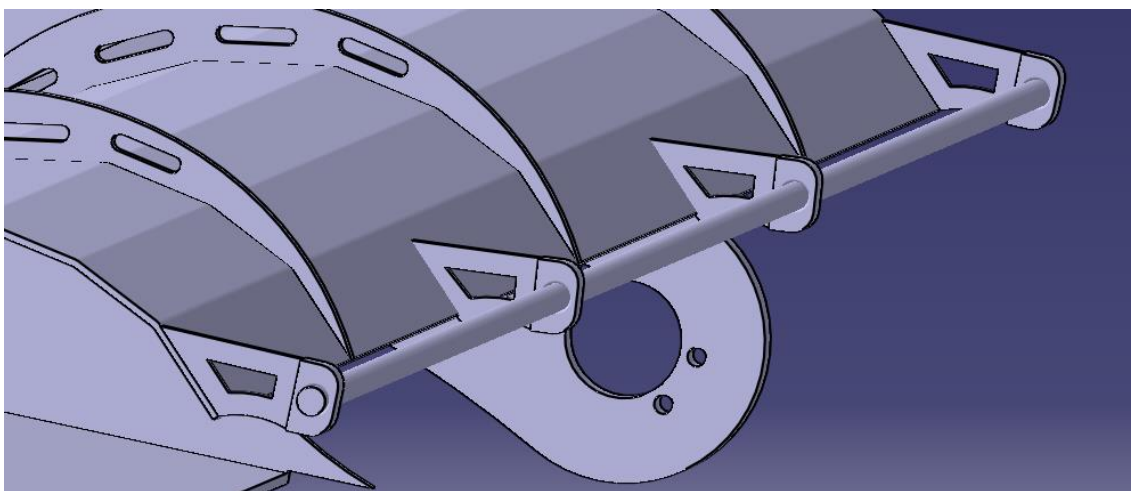
Turvallisuustekijöihin ja standardointiin tullaan keskittymään prototyypin testauksen jälkeen, jos tuotetta tullaan jälleenmyymään yhtiön asiakkaille ja muille toimijoille, jolloin standardointi on pakollinen. Samalla tuottelle tullaan hakemaan CE-hyväksyntä ja täyttämään kaikki siihen vaadittavat ehdot, edellyttäen että asiakas vaatii koneesta löytyvän CE-hyväksynnän.

4 Yhteenveto

Työn tuloksena saatiin harjakauhan parannellun mallin työ-, kokoonpano- ja leikkauskuvat, sekä paljon tarpeellista tietoa tämän tyyppin koneiden CE-merkinnän vaatimuksista ja tarvittavista selvityksistä.

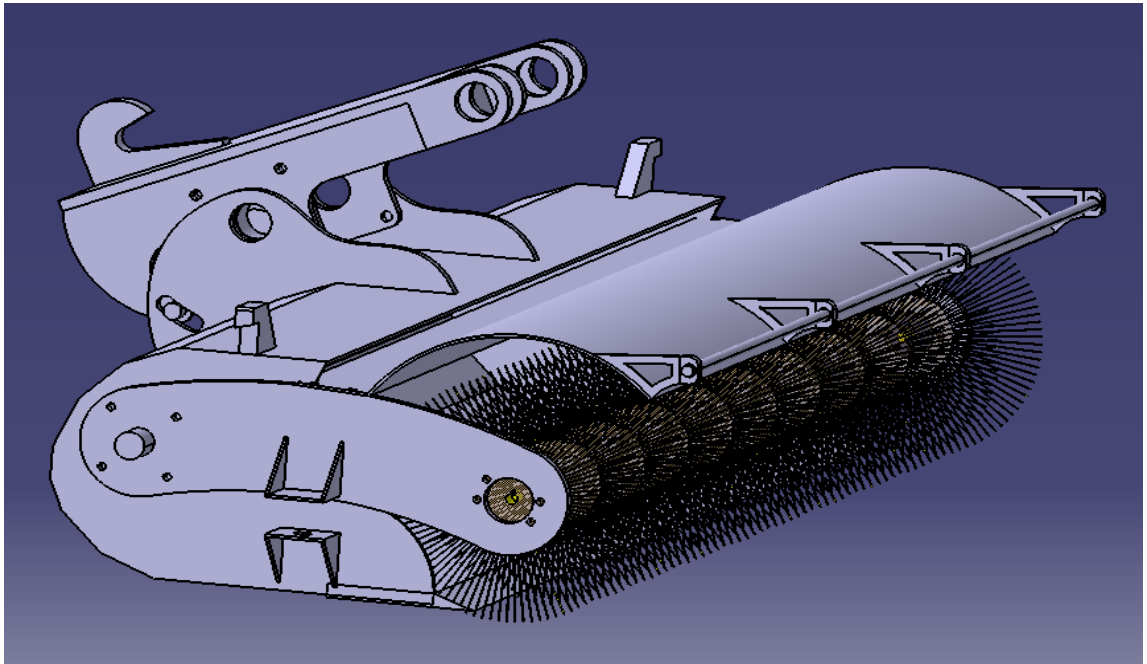
Prototyyppiä ei ehditty täysin kasaamaan osien toimittajien takia ja kevään kaivuukauden alun tuoman kiireen takia. Projektia kuitenkin voidaan sanoa onnistuneeksi, koska ensimmäistä versiota pystyttiin parantamaan melkein jokaisella osa-alueella ja tuottamaan luotettavampi ja helpommin kokoonpantava malli. Uudella mallilla voisi olla markkinapotentiaalia, jos kokoonpanoon menevä aika ei tuo suuria kustannuksia. Tyyppillinen vastaava keräävä harjakauha maksaa 8 000-12 000 €. Suunnitellun harjakauhan etu muihin kilpaileviin on sen yksinkertaisuus, käyttövarmuus ja ilman erillisiä hydraulikkasyntereitä toimiva kippaus. Useissa kauhanpyörittäjissä, joita käytetään kaivinkoneissa, on vain kaksi lisähydrauliikan lähtöä, jolloin toimintoja ei voi ohjata hydraulikalla. Pomen vastaava tuote 2.5 m lakaisuleveydellä painaa 735 kg ja vaatii neljä hydraulikka lähtöä ilman lisälaitteita (Pome 2016).

Pölynsidontaan ei tehty alkuperäisestä muutoksia, vaan se säilytettiin ensimmäisen suunnitteluversion mukaisena. [Kuva 24.] Pölynsidonnassa käytetään kasvinsuojeluruiskun suuttimia ja valmiita juuri tällaiseen käyttöön tarkoitettuja putkia, jotka on helppio ja nopea asentaa. Vesi tuodaan letkulla puomia pitkin, kuten Gradall-kaivosmallissa, ja veden paineistus tapahtuu sähköisellä pumpulla.

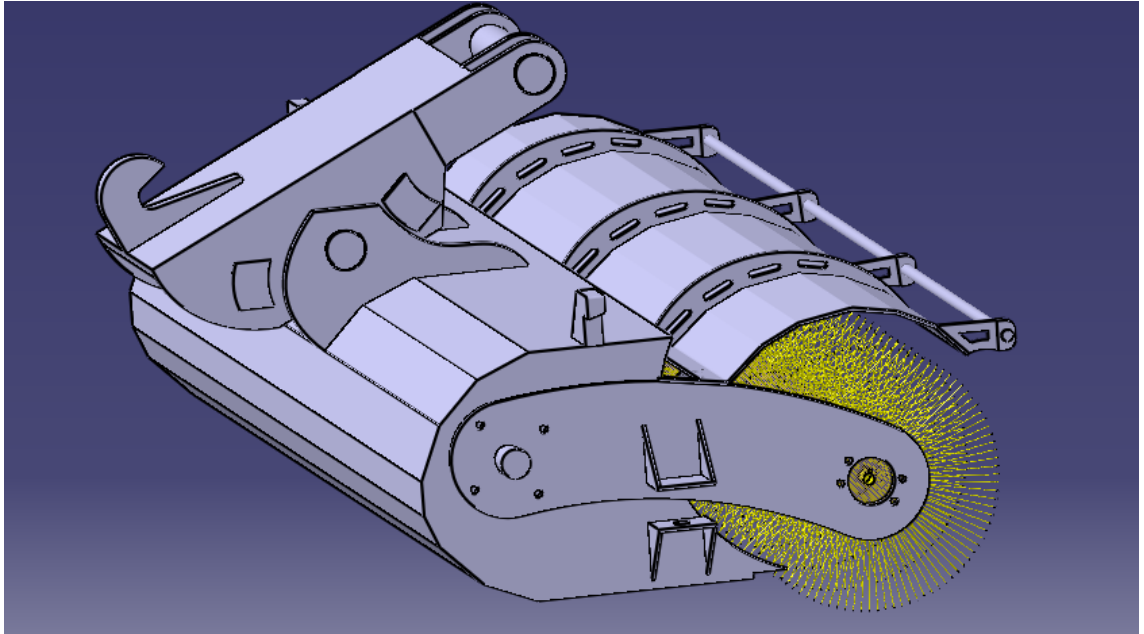


Kuva 24 Pölynsidonta

Prototyypin pitäisi tulla testausvaiheeseen kesällä 2016. Testitulosten analysoinnin jälkeen tehdään mahdolliset muutokset, minkä jälkeen pystytään miettimään tuotteen kaupallistamista ja siihen liittyviä toimintoja, kuten CE-hyväksynnän hakemista. Tästä vuoden päästä olisi mahdollista tuoda tuote markkinoille, jos se päätetään ottaa myyntilistoille. Kuvassa 25 ja 26 on esitetty alkuperäisen ja uuden suunnitelman mukaiset mallit.



Kuva 25 Ensimmäinen versio



Kuva 26 Paranneltu versio

Jatkokehittelyä voisi tehdä kauhan pohjan kestävyuden parantamiseksi. Voisi selvittää, voisiko jollain rullaratkaisulla ehkäistä pohjan kulumista. Jatkokehittelytoimenpiteitä tullaan miettimään lisää testausvaiheen jälkeen.

Lähteet

Airila, Mauri ym. 2010. *Koneenosien suunnittelu*. WSOYpro, Helsinki. 4.-5. painos.

Salmi, Tapio & Pajunen, Sami. 2010. *Lujuusoppi*. Pressus Oy, Tampere.

SFS-EN ISO 12100:2010, Helsinki, Suomen standardisoimisliitto SFS.

Salhydro. 2016. verkkodokumentti. www.salhydro.fi/files/PDF/EPM_tekniset_tiedot.pdf (Luettu 9.4.2016)

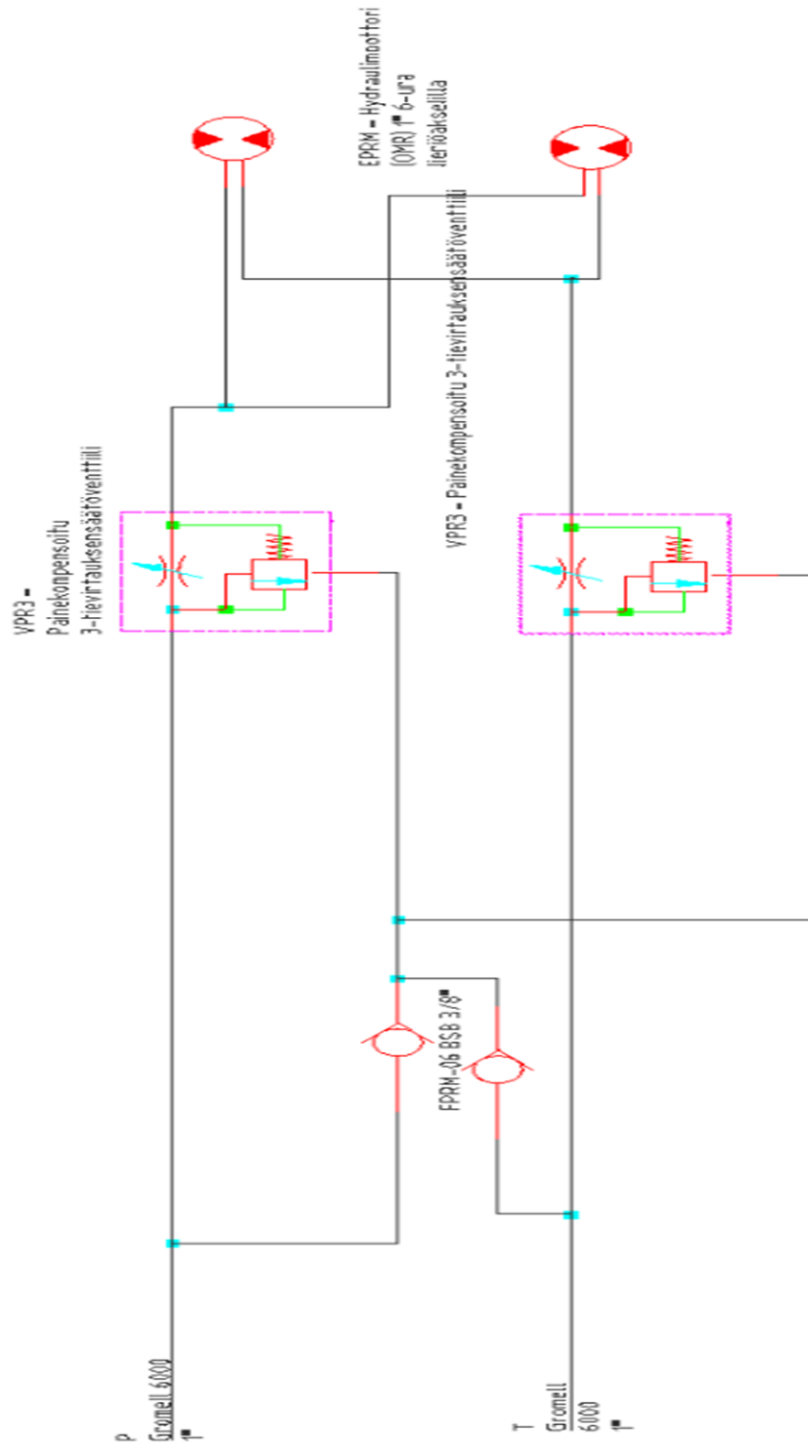
Rullalaakeri. 2016. verkkodokumentti. www.laakerinetti.com/liukulaakerit-suorat-liukulaakeriholkkit-c-56_136.html (Luettu 14.4.2016)

Tieluiska. 2016. verkkodokumentti. www.tieluiska.fi (Luettu 14.4.2016)

Gradall. 2016. verkkodokumentti
www.gradall.com/downloads/spec_sheets/xl4300vss.pdf (Luettu 20.4.2016)

Pome. 2016. verkkodokumentti. www.pome.fi (Luettu 14.4.2016)

Alkuperäinen hydraulikkakaavio



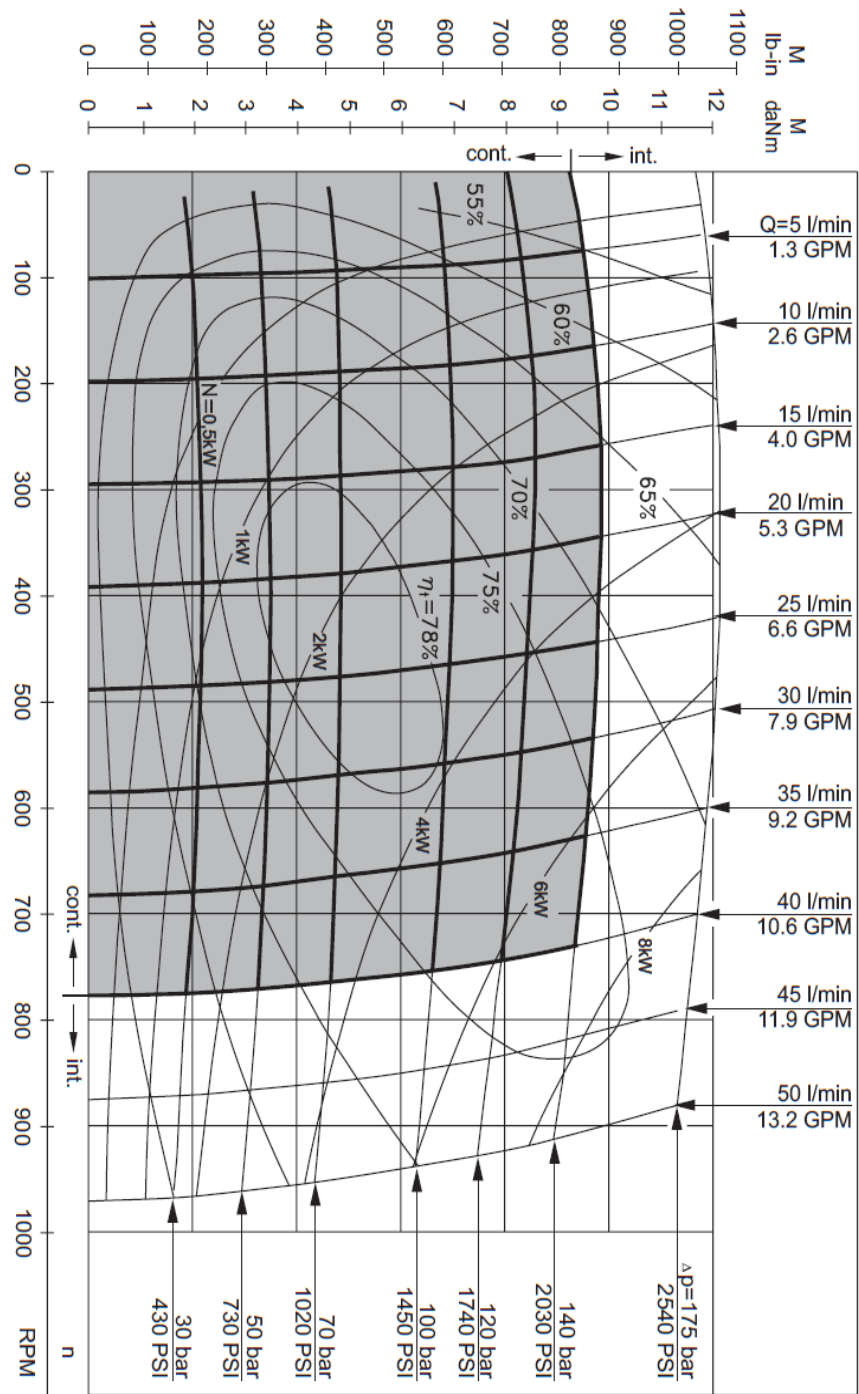
Hydrauliikkamoottoreiden mitoitus

Paine	170 bar	Vaatimukset	Valittu moottori	Moottorin laakerin rasituskesto
	17000000 Pa	$J \ 1/2^* J^* \omega^2$	SalHydro MR50	
virtaus	150 l/min	2,7 kgm ²	Vk	$\frac{800}{\pi} \times \frac{18750}{95 + L}$
	0,0025 m ³ /s		Max Speed	
moottorin pyörimä		$E \ 1/2^* J^* \omega$	775 r/min	
nopeus	400 r/min	2368,705 J	Max torque	pyörimisnopeus
	6,666667 r/s		hyötysuhde taulukosta	rasituspiste
ω	41,8879 rad/s	$\alpha \ \omega/t$		400 r/min
		20,94395 rad/s ²		15 mm
		Momentti 56,54867 Nm		
		Laitteeseen asennetaan kaksi moottoria		Radiaalirasituksen kesto 3409,091 N
Harjan mitat				Kandelle moottorille 6818,182 N
				Massana 695,0236 kg
		Q	20 l/min	
leveys	2,5 m	p	140 bar	
halkaisija	0,6 m	nv	65 %	
Säde	0,3 m	M	98 Nm	
massa	60 kg			
		84,823		

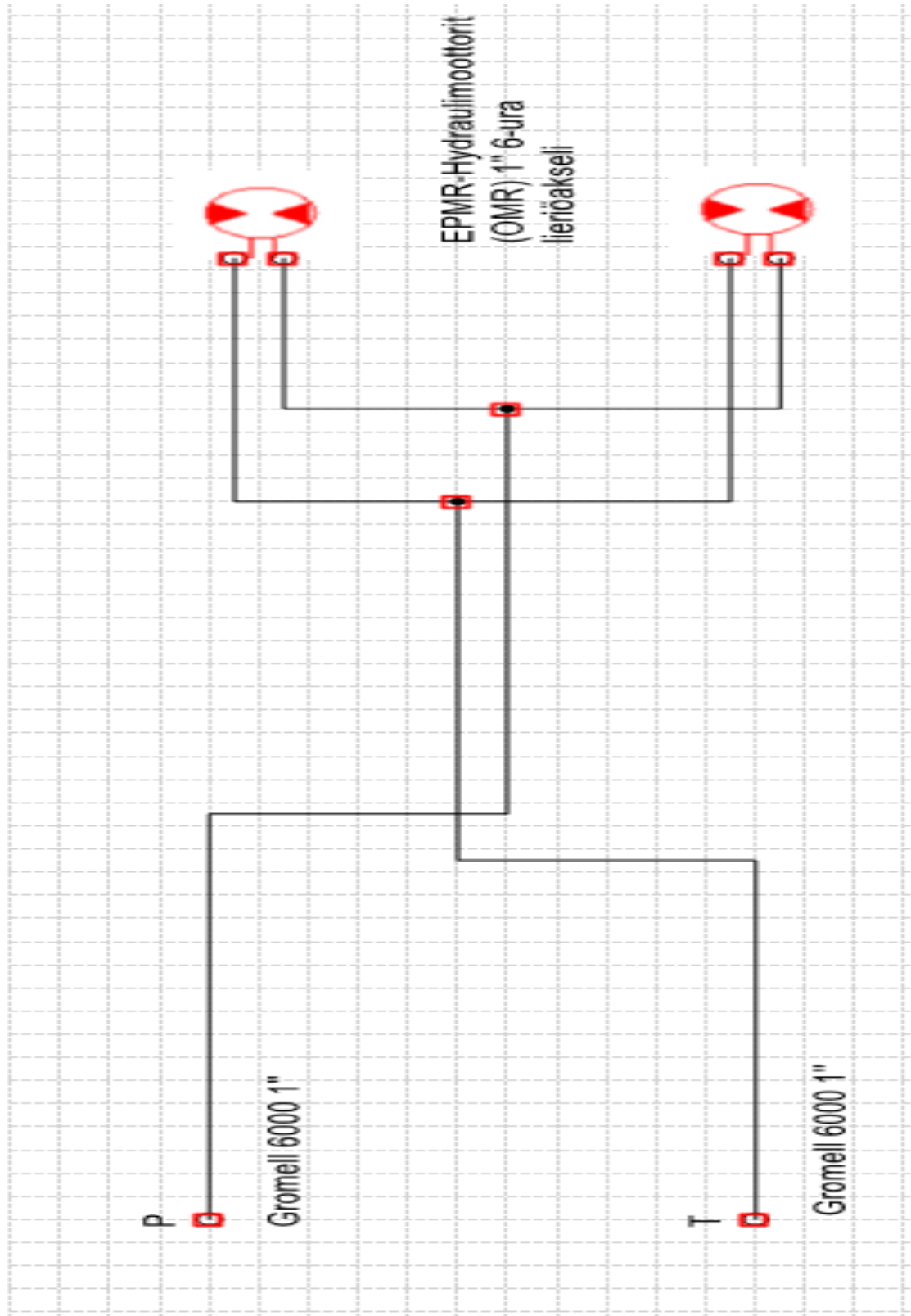
MOTORS

MR 50

FUNCTION DIAGRAMS



Uusi hydraulikkakaavio



Kokoonpano

