

Seppo Airaksinen

Supermoto-moottoripyörän modifikaatiot

Metropolia

Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Seppo Airaksinen Supermoto-moottoripyörän modifikaatiot 19 sivua + 2 liitettä 8.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotetekniikka
Ohjaaja	Osaamisaluepäällikkö Pekka Hautala
<p>Moottoripyörällä kilpaa ajettaessa on pyörän ja kuljettajan yhteisellä kokonaispainopisteellä merkitystä pyörän ajo-ominaisuuksiin. Työn tavoitteena on selvittää, saavutetaanko paremmat ajo-ominaisuudet supermoto-moottoripyörän painopistettä muuttamalla, kun polttoainesäiliö ja ilmanpuhdistaja vaihtavat paikkaa.</p> <p>Kohteeksi valittiin Kawasaki KX 450F -moottoripyörä, josta irroitettiin polttoaine- ja ilmanpuhdistusjärjestelmät. Näiden paikoille suunniteltiin ja toteutettiin uudet elementit. Polttoainetankki suunniteltiin Catia V5R20 -ohjelmalla ja tankki rakennettiin alumiinista. Sijainnin muutoksen vuoksi uusittiin myös polttoainelinja. Ilmanpuhdistaja koteloineen vaihdettiin parempaan konstruktion.</p> <p>Painopistemittauksia tehtiin ennen ja jälkeen muutoksia. Lähtöoletuksena ollut arvio moottoripyörän painopisteen siirtymisestä alemmaksi toteutui tehdyillä muutoksilla, ja se vaikutti myönteisesti ajo-ominaisuuksiin.</p>	
Avainsanat	Painopiste, supermoto, polttoainetankki

Author(s) Title	Seppo Airaksinen Modifications of Supermoto Motorcycle
Number of Pages Date	19 pages + 2 appendices 8 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Design Engineering
Instructor	Pekka Hautala, Head of Department, Automotive and Mechanical Engineering
<p>When driving in the race the driver's and the motorcycle's combined center of gravity makes an impact on the driving features. To gain better driving features a decision was made to investigate the change in the center of gravity in the supermoto racing bike when changing the positions of the fuel tank and the air filter. In this thesis Kawasaki KX 450F Motorcycle was used from which the fuel tank and the air filter systems were removed, and new elements were designed and manufactured to replace them. The new fuel tank was drawn with Catia V5R20 -program and the end product was made out of aluminium. Because of the new position the fuel lines and the air filter and its cover were changed to better construction. Measurements were carried out after the changes. The expectation of lower center of gravity was reached with the changes made and this also had a positive impact on the driving features.</p>	
Keywords	Center of gravity, supermoto, fuel tank

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Työn suunnittelu	2
2.1	Tavoitteet	3
2.2	Projektin kohde	3
2.3	Toteutuksen suunnitelma ja aikataulu	3
3	Modifikaatio	4
3.1	Moottoripyörän lähtötilanne	4
3.2	Muutostyö	5
3.2.1	Tilat	5
3.2.2	Polttoainetankki	5
3.2.3	Korkki	8
3.2.4	Pumppu	9
3.2.5	Ilmansuodatin	9
3.2.6	Rakenteen muita muutoksia	10
4	Modifikaatioiden vaikutukset	12
4.1	Mittaukset	13
4.2	Alkuperäisen kokoonpanon mittaukset	14
4.3	Modifioitu kokoonpanon mittaukset	15
4.4	Vertailu	16
5	Omavalmisteinen moottoripyörä	17
6	Loppupäätelmät	17
	Lähteet	19
	Liitteet	
	Liite 1. Alkuperäinen painopistemittaus	
	Liite 2. Modifioitu painopistemittaus	

1 Johdanto

Moottoriurheilun kilpailutilanteissa on hyvin suuri merkitys laitteen ajo-ominaisuuksilla, oli sitten kyseessä rata-auto tai -moottoripyörä. Jokainen kuljettaja pyrkii muuntamaan ajokkiaan itselleen sopivammaksi. On olemassa tunnettuja ominaisuuksia, joiden avulla saadaan hyviä tuloksia ajettavuuteen, kuten moottoripyörissä jalkatappien sijainti ja kulma suhteessa pyörän runkoon ja sen kuljettajaan. Vaativampia muutostöitä varten on tehtävä kuitenkin tarkat suunnitelmat ja huolellinen toteutus kokeiluineen.

Tämän insinööriyön tarkoituksena on tutkia, mitä vaikutuksia supermoto-moottoripyörän modifikaatiolla on sen painopisteeseen ja ajo-ominaisuuteen, kun polttoainesäiliön ja ilmanpuhdistajan sijainteja vaihdetaan. Idea tähän tutkimukseen saatiin työskentelystä harjoittelevana kilpailuinsinöörinä supermoton EM-sarjassa kaudella 2015.

Vertailtaessa erimerkkisiä moottoripyöriä voitiin todeta polttoainetankin ja ilmanpuhdistajan olevan sijainneiltaan joka valmistajalla suunnilleen samat. Moottoripyörien rakenteellinen historia osoittautui syyksi tähän sijoitteluun. Ensimmäisen polttomoottorilla kulkevan moottoripyörän rakensivat vuonna 1885 saksalaiset Gottlieb Daimler ja Wilhelm Maybach. Heidän kehittämässään moottoripyörässä polttoaine valui painovoimaisesti kaasuttimeen, minkä vuoksi moottorin piti sijaita alempana kuin polttoainesäiliön. Tämä käytäntö oli käytössä hyvin pitkään. Katukäytössä oleviin moottoripyöriin tuli ensin uutuutena sähköpumpulla varustettu polttoaineenruiskutusjärjestelmä. Tutkimuksen kohteena olevaan Kawasaki KX 450F ratapyörään vastaava järjestelmä otettiin käyttöön vasta vuonna 2010 (kuva 1). (Mäkinen.)



Kuva 1. Tutkimuskohde Kawasaki KX 450F

2 Työn suunnittelu

Tämän insinööriyön tekemisen mahdollisti muokattavan moottoripyörän olemassaolo. Pyörään tehtävät muutokset tuli suunnitella erittäin huolellisesti, ettei edelleen kilpakäytössä oleva supermoto-moottoripyörä tuhoutuisi käyttökelvottomaksi. Suunnittelun aikana pyrittiin jo ennakoimaan tulevat ongelmat visioimalla miellekartta avulla kaikki mieleen tulevat mahdolliset onnistumisen ja epäonnistumisen kohdat. Suunnittelun aikana epäily pakoputken tuottamasta kuumuudesta koettiin jo huolestuttavaksi. Pohdittaessa tätä asiaa, uskottiin ajon aikaisen ilmavirran tuovan tarvittavan viilennyksen tähän kuumuuteen.

2.1 Tavoitteet

Tavoitteena oli tutkia, olisiko mahdollista madaltaa pyörän painopistettä, jos polttoainetankki sijoitetaan toiseen paikkaan moottoripyörän rungossa. Tämän, jopa moottorin tasolle sijoittamisen, mahdollistaa sähköinen polttoainepumppu. Saavutettu painopisteen muutos voisi myös parantaa ajo-ominaisuuksia.

Rahoitus tämän työn toteuttamiseen oli sangen tiukka. Vähäisten rahavarojen vuoksi kaikki mahdolliset työvaiheet tehtiin itse omissa ja Helsingin Metropolia Ammattikorkeakoulun tiloissa. Tämä ei kuitenkaan vaikuttanut lopputuloksen laatuun, joskin hankaloitti ajoittain lopputulokseen pääsyä. Tärkeintä on saada tutkimus tehtyä ja toteuttaa työlle asetettu tavoite.

2.2 Projektin kohde

Projektin kohteena oleva moottoripyörä on seitsemän vuotta vanha Kawasaki KX 450F. Sillä on suhteellisen paljon ajotunteja takana, mutta se on hyvin pidetty kilpakäytössä ollut laite. Sen huollot on tehty oikea-aikaisesti ja varaosina on käytetty laadukkaita alkuperäisosa. Moottoripyörän hyvä kunto kannusti olemaan huolellinen ja tarkka kaikissa vaiheissa.

2.3 Toteutuksen suunnitelma ja aikataulu

Työn toteutus alkoi työvaiheiden listauksesta. Tässä vaiheessa jo selvisi, ettei kaikkia töitä pystyisi tekemään omatoimisesti, vaan ne olisi teetettävä niihin erikoistuneissa alan yrityksissä. Tällaisia vaiheita olivat polttoainetankin aihion leikkaus ja anodisointi. Suunnitelmavaiheessa etsittiin myös edullisimmat hankintapaikat kaikille tarvittaville osille. Työlle asetettu aikataulu oli väljä ja se asetettiin ajanjaksolle kevästä syksyyn vuonna 2016.

3 Modifikaatio

Tällä hetkellä tehdasvalmisteisia supermoto-moottoripyöriä valmistetaan ainoastaan Aprilian ja TM:n tehtailla. Muun merkkiset supermotopyörät on rakennettu motocrosspyöristä modifioimalla. Tutkimuksessa käytetty supermoto-moottoripyörä on rakennettu Kawasaki-merkkisestä motocrosspyörästä. Merkittävimmät tehtaalla tehdyt muutokset ovat vanteet, renkaat, luistokytkin sekä akselivälin lyhennys.

Työn tavoitteen mukaisesti päätettiin vaihtaa polttoainesäiliön ja ilmanpuhdistajakotelon paikkoja, sillä ne vievät suurin piirtein saman tilan moottoripyörän rungossa. Näin saataisiin moottori ja polttoainesäiliö samalle korkeudelle. Tämän jälkeen pystyttäisiin tutkimaan painopisteen muutosta ja sen vaikutusta ajo-ominaisuuksiin. Polttoainesäiliön ja ilmanpuhdistajakotelon sijoittaminen toistensa paikoille vaati täysin uusien, erityismitoitettujen osien suunnittelun ja valmistamisen. Ensimmäiseksi ilmeni, että tankkiin tulisi valita polttoainetta kestävä materiaali, jota voitaisiin itse muotoilla. Ilmanpuhdistajakotelon materiaalit eivät tulisi olemaan yhtä haasteellisia valita, sillä ne eivät tule olemaan kosketuksissa liuotainaineiden kanssa.

3.1 Moottoripyörän lähtötilanne

Supermoto-moottoripyörä, johon ryhdyttiin tekemään muutoksia, oli Kawasaki KX 450F vuosimallia 2010. Pyörän teho 14,5 °C:n lämpötilassa sekä 1016,0 mbar:n ilmanpaineessa on 47,5 kW (63,7 hevosvoimaa) ja vääntömomentti 56,25 Nm moottorilta mitattuna. Tämän Kawasakin märkätankki täynnä on 115,00 kg, jolloin tehopainosuhteeksi muodostuu 0,4 kW/kg. Märkätankki sisältää itse pyörän sekä siihen kuuluvat nesteet kuten polttoaineen ja voiteluaineet sekä jäähdytin- ja jarrunesteet. Alkuperäisessä moottoripyörässä polttoainetankki on muovia ja se sijaitsee rungon yläosassa ohjaustangon ja kuljettajan istuimen välissä. Polttoainetankin tilavuus on 7,19 litraa ja sen paino tyhjänä on 1300 grammaa. Ilmanpuhdistaja sijaitsee pyörän takaosassa kuljettajan istuimen alapuolella, takahäkin sisällä. (Bikez 2017.)

3.2 Muutostyö

Moottoripyörän muutostyöt aloitettiin poistamalla sen runkorakenteesta polttoainetankki johdotuksineen ja moottorin ilmanpuhdistin kaikkine rakenteineen. Kaikki puretut osat säilytettiin huolella, koska tutkimuksen tarkoituksena oli verrata alkuperäisen rakenteen ja modifioidun rakenteen tuomia muutoksia. Puretut osat kiinnitettiin vielä takaisin vertailumittauksia tehtäessä.

3.2.1 Tilat

Oleellista purkamisen tuomaa tietoa oli uusia tuotteita varten muodostuneet tilat. Ilmanpuhdistajan poiston jälkeen selvisi, minkälaiseen tilaan uutta polttoainetankkia piti ryhtyä suunnittelemaan. Moottoripyörä on rakennettu häkkimäisen runkorakenteen ympärille, ja polttoainetankki tulisi nyt modifioidussa versiossa sijoittaa juuri tämän niin sanotun takahäkin sisälle.

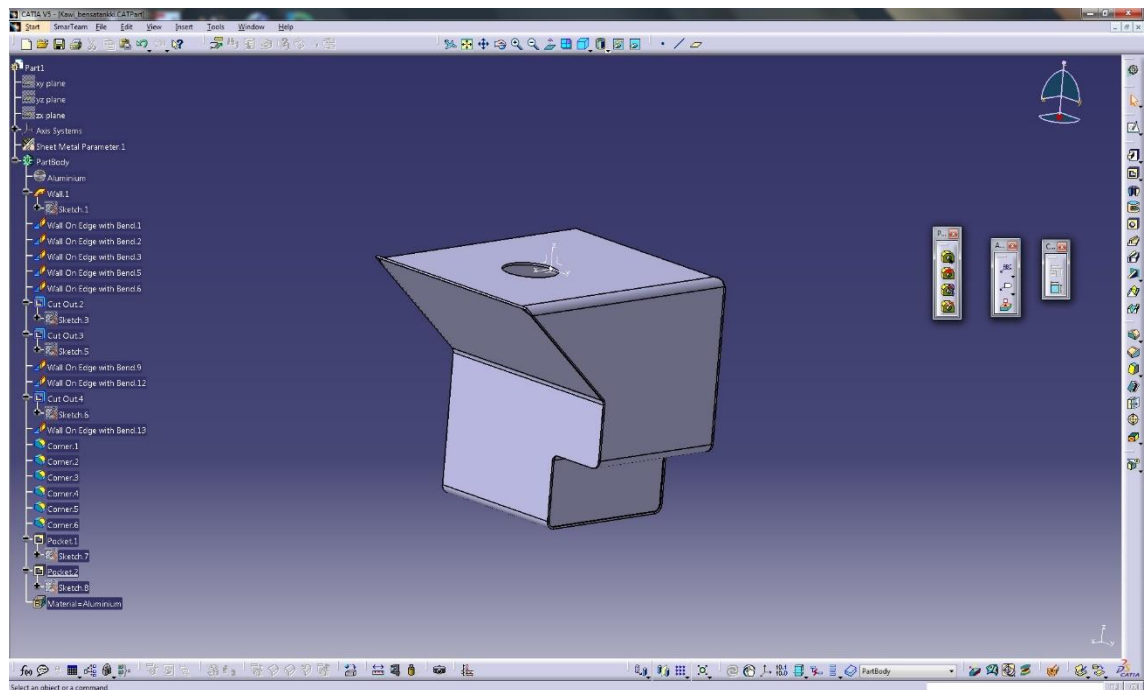
Vanha polttoainetankki on enemmän näkyvissä kuin vanha ilmanpuhdistaja, joten uuden ilmanpuhdistajan kotelon rakentaminen ja suunnittelu tulisi olemaan helpompaa kuin uuden polttoainetankin toteuttaminen. Tilaa kummallekin tuotteelle on suurin piirtein yhtä paljon, joskin tilan muodot tuovat omat haasteensa työhön.

3.2.2 Polttoainetankki

Tila, johon polttoainetankin tuli sijoittua, oli moottoripyörän rungon rakenteen vuoksi kulmikas ja siksi haasteellinen toteuttaa. Polttoainetankin mallintamiseen käytettiin Catia sheetmetal -ohjelmaa. Tämä ohjelma oli tarkoitukseen hyvin toimiva ja sillä oli helppo suunnitella tätä hankalan muotoista osaa. (kuva 2).

Suunnitteluvaiheessa oli esillä erilaisia materiaalivaihtoehtoja polttoainetankin toteuttamiseen. Materiaalivaihtoehtoiksi rajautui nopeasti alumiini tai titaani. Keveytensä takia titaani on suorituskykyä silmällä pitäen parempi ratkaisu. Materiaaliksi valittiin kuitenkin 5000-sarjan

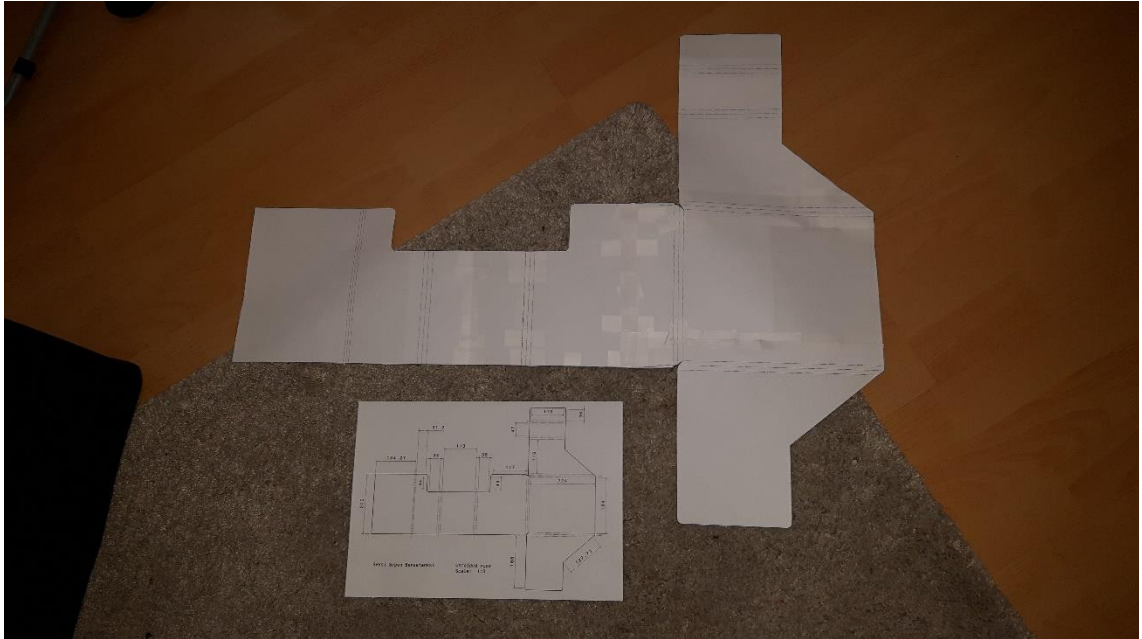
alumiini sen helpomman hitsattavuuden ja halvemman hinnan johdosta. Painonsäästö ei myöskään ole niin suuri prioriteetti tässä kohteessa, että materiaaliksi olisi valittu titaani. Alumiinin halvempi hinta mahdollisti useamman ahion leikkauttamisen, jotta mahdollisen hitsausvirheen sattuessa projekti ei kaatuisi kokonaan. Myös valmistuaineen liuotinaineiden kestävyys oli yksi valintakriteeri. Uusi tankki tulisi kiinnittymään moottoripyörän runkoon siihen hitsattujen kiinnikkeiden avulla. Tankkiin tulisi kiinnitettäväksi myös korkki ja polttoainelinja.



Kuva 2. Catia sheetmetal -ohjelmalla mallinnettu polttoainetankki

Catia sheetmetal -ohjelmalla tehdyn mallinnuksen mukaan toteutettiin ensin styroksista yksi polttoainetankkiaihio. Se ei kuitenkaan ollut toimiva materiaali tähän tarkoitukseen. Sen jälkeen valmistettiin useita pahvisia mallinnoksia ja särmäyssuunnitelmia (kuva 3). Kova ja ohut pahvi olikin toimiva materiaali työn tässä vaiheessa. Lopullisen koon ja muodon selvittyä suunniteltiin ja piirrettiin Catia sheetmetal -ohjelmalla oikeankokoinen tankki särmäyskohtineen.

Valmis tiedosto toimitettiin sähköisessä muodossa laserleikkaamoon, jossa tankki leikattiin kaksi millimetriä paksusta 5754-luokitetusta alumiinista. Tässä alumiiniseoksessa on 97 % alumiinia ja siinä on myös noin 3 % magneesiumia ja lisäksi muun muassa vähäisiä määriä kromia, titaania ja sinkkiä. Seos on hyvin hitsattavissa ja myös anodisoitavissa.

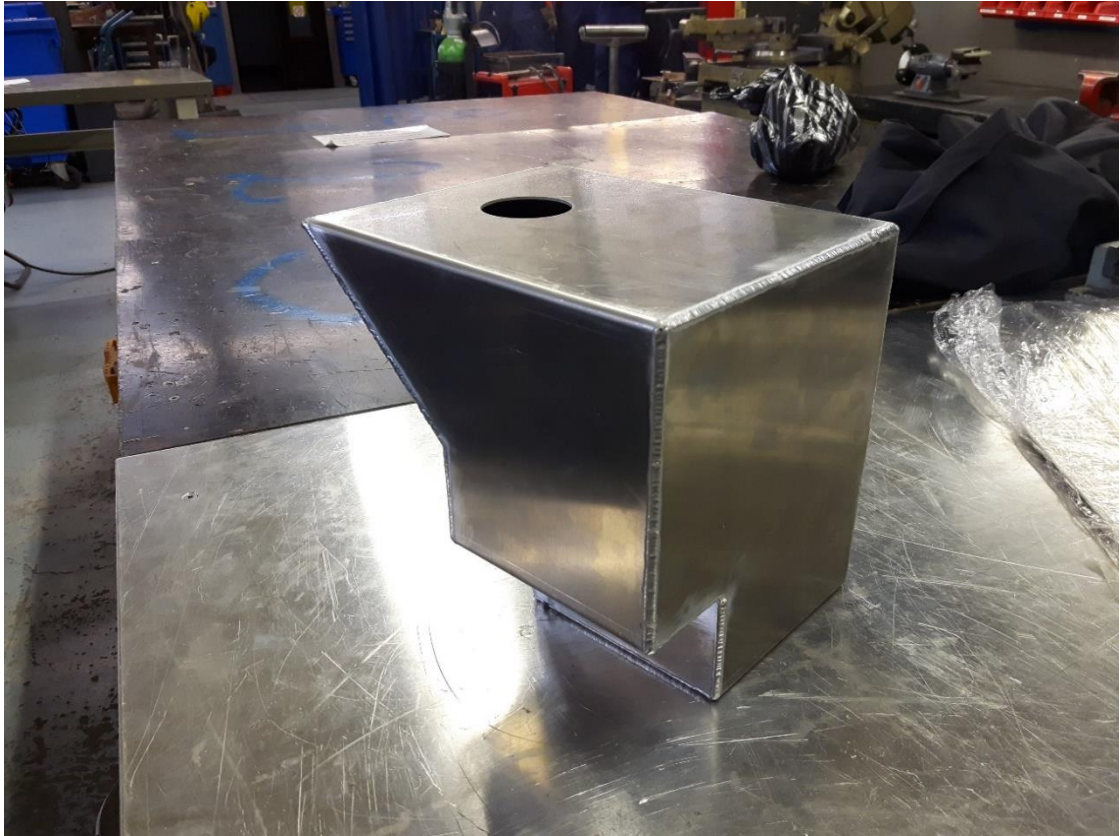


Kuva 3. Polttoainetankin suunnitelmia

Laserleikattu alumiininen aihio särmättiin tehdyn suunnitelman mukaan tankin muotoon. Särmäyksessä tuli olla tarkka ja täsmällinen, koska se oli pohja tulevan hitsauksen onnistumiselle. Huolellisesti tehdyn särmäyksen jälkeen polttoainetankki koottiin kaasukaarihitsausmenetelmällä, joka yleisemmin tunnetaan nimellä TIG-hitsaus (Kuva 4).

Ennen TIG-hitsausta muotoonsa särmätty tankkiaiho säilytettiin kuivassa huonetilassa. Näin vältettiin hitsaukselle haitallisen pintakosteuden muodostuminen. Juuri ennen työn aloitusta tankin pinnan epäpuhtaudet poistettiin asetonilla ja alumiinin oksidit hiomalla. TIG-hitsauksen haasteellisuus tuli esille työtä tehdessä, sillä alumiini on helposti kuumuudessa muovautuvaa ainesta. Hitsaus tulikin tehdä nopean sujuvasti, jotta lopputulos olisi hyvä. Hitsaustyön onnistumiselle merkityksellisiä tekijöitä ovat myös hitsauksen vaatiman suojakaasun sekä lisäaineen valinnat. (Pienoisopas.)

Hitsausaumojen tultua valmiiksi tankki hiottiin vielä kauttaaltaan ja vietiin alan yritykseen anodisoitavaksi. Anodisoinnissa eli eloksoinnissa tehtiin tankille sähkökemiallinen pintaa parantava käsittely.



Kuva 4. TIG-hitsattu polttoainetankki

Anodisointikäsittelyssä polttoainetankki upotettiin rasvanpoistoaltaaseen, minkä jälkeen se peitattiin hieman alumiinia sisältävässä lipeänesteessä. Tämän nestekäsittelyn aiheuttama pintamuutos poistettiin happoliuoksella. Näiden esikäsittelyvaiheiden jälkeen tankki upotettiin rikkihappoliuokseen, johon johdettiin sähkövirta. Tässä kemiallisessa anodisoinnissa tankki toimi anodina ja rikkihappo elektrolyytinä. Ennen kuin tankki oli valmis käytettäväksi, sen pinta tiivistettiin kemiallisesti ja kuivattiin huolellisesti. Anodisoinnilla parannettiin tankin ulko- ja sisäpintojen kestävyttä polttoaineen syövyttävyyttä ja mekaanista kulutusta vastaan. Käsitelty pinta on myös helpompi pitää puhtaana, sillä anodisoinnissa pinnalle muodostuva oksidikerros parantaa alumiinin korroosiokestävyyttä ja estää likaa tarttumasta. (Alumiinin pintakäsittely.)

3.2.3 Korkki

Tankin korkiksi valittiin Englannissa valmistettu Newton-merkkinen Aero 200 -mallisarjan tuote, koska korkki on ulkomuodoltaan siro, urheilullinen ja ennen kaikkea valmistettu laadukkaista

materiaaleista. Polttoainetankkiin leikattiin aukko korkkia varten. Alumiininen korkki kiinnitettiin tankkiin 80 millimetriä halkaisijaltaan olevalla kuusi pulttisella kauluksella. (Autoracing 2017.)

3.2.4 Pumppu

Polttoainepumpuksi valittiin Keihinin valmistaman pumppu, joka toimii sähköohjatusti vain yhdellä bensalinjalla eli erillistä paluulinjaa ei ollut tarpeellista rakentaa. Tankin sisäisen pumppu kiinnitettiin suoraan tankin pohjaan viidellä M6 -kokoisella ruuvilla. Alumiinisen polttoainetankin tilavuudeksi tuli 5,94 litraa ja sen paino tyhjänä oli 1300 grammaa. (Autoracing 2017.)

3.2.5 Ilmansuodatin

Ilmansuodattimen tehtävä on puhdistaa moottoriin virtaavasta imuilmasta sen toimintaa haittaavat pölyhiukkaset ja muut epäpuhtaudet. Uudessa konstruktiossa ilmansuodatin on vaahtomuovia ja se sijaitsee suodatinkotelossa.

Tavoitteena oli saada moottoripyörän painopisteeseen muutosta, siksi kevyt ilmansuodatinelementti sijoitettiin rungon yläosaan kuljettajan ja ohjaustangon väliin alkuperäisen polttoainetankin tilalle. Kyseisellä sijoittelulla saatiin aikaan ajonopeutta hyödyntävän imuilman oton diffuusori, joka on suppilon mallinen. Suodatinkotelo on tilavuudeltaan imuilman ottoa suurempi, jolloin suodattimelle muodostuu suurempi ilmanpaine ja ilman virtausnopeus laskee. Rakenteella pienennettiin suodattimen aiheuttamaa virtausvastusta ja siten saavutettiin mahdollisimman hyvä ilmanvirtaus moottorin imukanavaan.

Alkuperäinen muovista valettu ilmansuodattimenkehys ja sen kiinnitysrunko vaihdettiin Twin Airin valmistamaan PowerFlow-malliin. PowerFlow'n kehys sekä runko on molemmat CNC-koneistettu alumiinikappaleista, ja ne ovat huomattavasti kestävämpiä kuin alkuperäiset muoviset versiot. Ilmansuodatin on myös alkuperäistä virtaavampi kolmikerroksinen PowerFlow-mallisarjan tuote (Kuva 5).



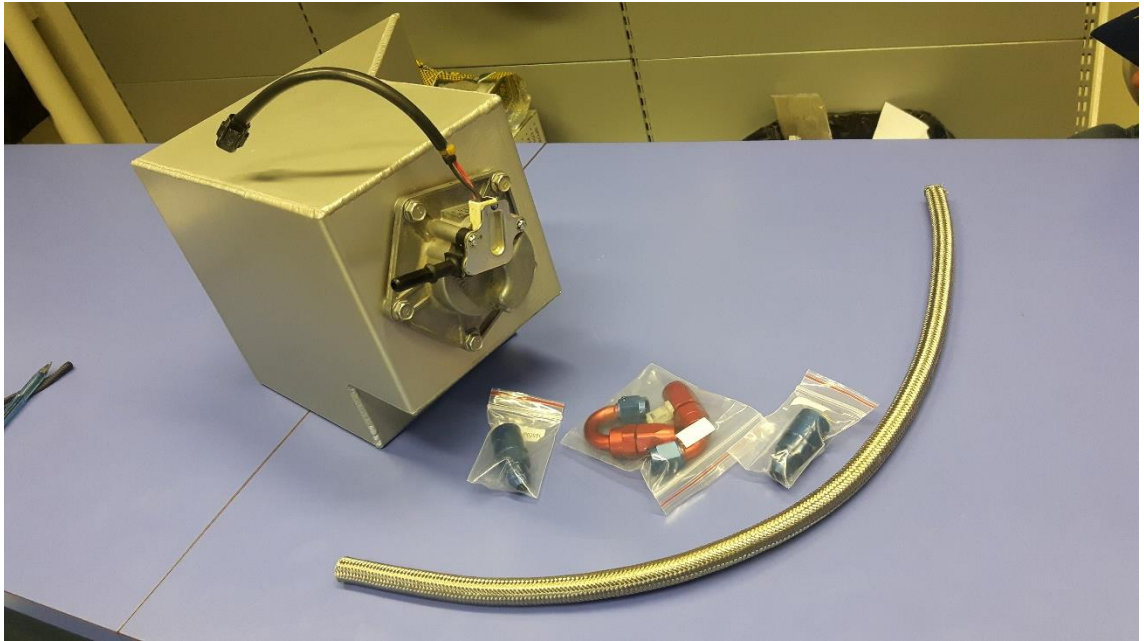
Kuva 5. Twin Air PowerFlow -ilmansuodattimen kehys ja runko

Ilmansuodatinkotelon muotoon ja rakenteeseen vaikuttivat kehyksen kiinnityskohdat moottoripyörän rungossa ja satula. Uusi suodatinkotelo valmistettiin muovista. Muoviaihioksi valittiin polykarbonaattilevy. Levy asetettiin muotin päälle ja sitä lämmitettiin kuumailmapuhaltimella, jolloin se muotoutui oikeanmalliseksi suunnitellun suodatinkotelon muotoon.

3.2.6 Rakenteen muita muutoksia

Polttoainetankin ja ilmansuodatinkotelon sijaintien muutos aiheutti muutamia lisätöitä. Vanhan rakenteen pituiset polttoainelinjat eivät enää toimineet uusien sijaintien takia. Uusi polttoainelinja rakennettiin oikeanmittaiseksi käyttämällä Goodridgen laadukasta 200-sarjan AN6 -teräspunosletkua. Valittu teräspunosletku sopii kaikille bensiineille ja alkoholeille mukaan lukien metanoli ja nitrometaani. Tämä mahdollistaa jatkossa myös etanolipohjaisen RE85

polttoaineen käytön. (Autoracing 2017.) Polttoainelinjassa käytettiin GB:n valmistamia AN6-liittimiä 9/16x18 -kierteillä. Polttoainetankkia sekä polttoaineruiskua varten asennettiin 5/16":n AN6-malliset naaraspikaliittimet (Kuva 6).



Kuva 6. Polttoainetankki, -pumppu ja -linjan osat

Tässä vaiheessa modifiointia oli tehty kaikki ne muutokset, jotka oli suunniteltu. Moottoripyörällä tehtiin seuraavaksi useita testiajoja. Näiden ajojen yhteydessä havaittiin polttoainetankin kuumenemista pakoputken tuottaman lämmön seurauksena. Tämä oli tullut esille jo työn suunnitteluvaiheessa, ja siihen osattiin varautua. Kuumuuden siirtymistä polttoainetankkiin vähennettiin päällystämällä pakoputki Thermo-Tecin lämpöeristenauhalla (Kuva 7). Päällysteenä käytetty eristenauha on yhden tuuman levyistä ja alle 2 millimetriä paksua. Eristyksen avulla saatiin polttoaine pidettyä mahdollisimman viileänä alumiinisessa tankissa.



Kuva 7. Akrapovic Evolution Line (Titanium) pakoputki päällystettynä Termo-Tec-eristenauhalla

4 Modifikaatioiden vaikutukset

Insinööriyön tarkoituksena on tutkia, miten polttoainetankin sijainnin muutos vaikuttaa supermoto-moottoripyörän painopisteeseen. Oletuksena ennen mittauksia oli, että muutos madaltaisi painopistettä sekä siirtäisi sitä keskemälle pyörää. Näin saavutettu painopisteen sijainnin muutos parantaisi moottoripyörän ajo-ominaisuuksia erityisesti mutka-ajossa.

Painopisteen määrittämiseen tarvitaan mitattavan laitteen tiedoista etu- ja taka-akselin massat, akseliväli ja nostokorkeus. Näiden tietojen avulla, alla olevaa kaavaa käyttäen pystytään määrittelemään tutkittavan laitteen painopiste. (Oikarinen 2015.) (Kuva 8.)

Kuvasta nähdään:

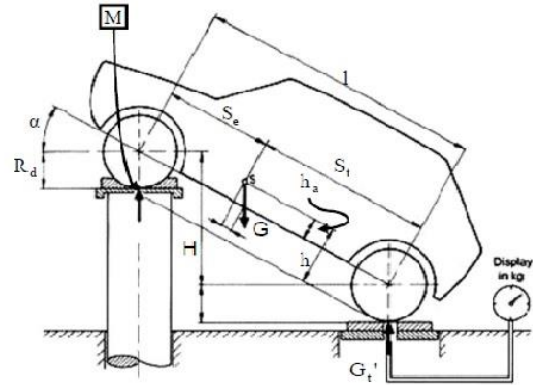
$$\tan \alpha = \frac{H}{\sqrt{l^2 - H^2}}$$

joten

$$h_a = \frac{l^2}{H} \cdot \frac{G_t' - G_t}{G} \sqrt{1 - \frac{H^2}{l^2}}$$

Painopisteen korkeus:

$$h = h_a + R_d$$



Kuva 8. Painopisteen määrittämisen teoria (Oikarinen 2015).

4.1 Mittaukset

Moottoripyörän mittaukset tehtiin täysin tasaisella ja stabiililla alustalla kahden samanlaisen langattoman Intercomp SW777RFX vaa'an avulla 15 celsiusasteen lämpötilassa. Ensimmäinen mittaus tehtiin pyörän ollessa suorassa pystyasennossa, siten, että kummankin renkaan alla oli vaaka. Näin saatiin selville akselikohtaiset massat. Painojakaumaa käyttämällä pystytettiin laskemaan moottoripyörän pituussuuntainen painopiste. Seuraavat mittaukset tehtiin nostamalla eturengasta eri korkeuksille. Nostokorkeuden ja akselivälin pituuden avulla saatiin laskettua nostokulma. Takarenkaalle kohdistuvan massan ja nostokulman avulla pystytettiin laskemaan korkeussuuntainen painopiste (kuva 8). Nostokorkeuden määrittelyssä poistettiin vaa'an korkeus, jottei sen olemassaolo aiheuttaisi virhettä lopputulokseen.



Kuva 9. Korkeussuuntaisen painopisteen mittaaminen

4.2 Alkuperäisen kokoonpanon mittaukset

Muutostöiden vaikutuksia mitattiin ensin moottoripyörän alkuperäisellä kokoonpanolla. Polttoainemääränä käytettiin molemmissa mittauksissa samansuuruisia määriä, vaikka alkuperäinen tankki oli hieman alumiinista suurempi. Muoviseen tankkiin mitattiin 4,3 kilogrammaa vettä vastaamaan 5,72:ta litraa polttoainetta. Tämän lisäksi kompensoitiin polttoainepumpun massaa lisäämällä 600 grammaa vettä. Käytetyn veden tilavuus laskettiin öljynjalostus- ja markkinointiyhtiön Neste Oyj:n julkaiseman tiedon perusteella, jonka mukaan Neste Futura 98 E5:n tiheys 15 celsiusasteen lämpötilassa on 752 grammaa litraa kohden (Neste tuotetiedot 2017). Polttoainetankin täyttämiseen käytettiin yhden litran mitta-astiaa ja mahdollinen virhetoleranssi oli neljä millilitraa.

Alkuperäisessä kokoonpanossa etuakselin massa (G_e) oli 58,50 kilogrammaa ja taka-akselin (G_t) oli 56,50 kilogrammaa, jolloin kokonaismassaksi (G) muodostuu 115,00 kilogrammaa. Kawasaki KX 450F -moottoripyörän akseliväli (l) on 1470 millimetriä ja etuakselin etäisyys painopisteestä (S_e) on 722,22 millimetriä eli moottoripyörä on hieman etupainoinen. Korkeussuuntainen painopiste laskettiin kolmen eri nostokorkeuden sekä nostojen taka-akselille muodostamien massojen keskiarvosta. Painopisteen määrittämisessä käytetty nostokorkeus (H) oli 623,3 millimetriä, ja tällöin punnittu taka-akselin massa (G_t) oli 65,8 kilogrammaa. Nostokorkeuden ja akselivälin avulla pystyttiin laskemaan nostokulma ($\tan \alpha$), jota tarvittiin painopisteen korkeuden määrittämiseen akselikeskiöstä mitattuna. Tähän tulokseen lisättiin akselin korkeus maasta (R_d), jolloin painopisteen kokonaiskorkeudeksi saatiin 557 millimetriä. Mittaustulokset on koottu taulukkoon liitteeseen 1.

4.3 Modifioitu kokoonpanon mittaukset

Alkuperäisen kokoonpanon mittausten jälkeen tehtiin moottoripyörään oletetusti ajominaisuuksia parantavat muutokset. Takahäkin sisältä poistettiin muovinen polttoainetankki ja sen tilalle asennettiin alumiininen, omavalmisteinen polttoainetankki. Tämän jälkeen kiinnitettiin polttoainelinja. Alumiininen polttoainetankki täytettiin 5,70 kilogrammalla Nesteen Futura 98 E5 -moottoribensiinillä, joka vastaa massaltaan 4,3 kilogrammaa (Neste tuotetiedot 2017). Tankin täyttämiseen käytettiin samaa yhden litran mitta-astiaa, ja mahdollinen virhetoleranssi oli myös nyt neljä millilitraa.

Modifioidun kokoonpanon etuakselin massa oli 56,50 kilogrammaa ja taka-akselin massa 58,50 kilogrammaa. Kokonaismassa oli siis yhtä suuri kuin alkuperäisessä kokoonpanossa, mikä viestittää samanpainoisista polttoainetankeista. Painojakaumasta laskettiin akselivälin avulla etuakselin etäisyydeksi painopisteestä 747,78 millimetriä, eli moottoripyörän uusi pituussuuntainen painopiste on hieman takapainoinen. Korkeussuuntainen painopiste laskettiin viiden eri nostokorkeuden ja nostojen taka-akselille muodostamien massojen keskiarvosta. Painopisteen määrittämisessä käytetty nostokorkeus oli 534,4 millimetriä, ja tällöin punnittu taka-akselin massa oli 64,5 kilogrammaa. Alumiinisen polttoainetankin kanssa saatiin korkeussuuntaiseksi painopisteeksi maasta mitattuna 499 millimetriä. Mittaustulokset on koottu taulukkoon liitteeseen 2.

4.4 Vertailu

Moottoripyörän alkuperäisen kokoonpanon mittaustuloksia tarkasteltaessa voidaan havaita painopisteen sijaitsevan hyvin ylhäällä. Tämän painopisteen hallintaan kuljettajat ovat oppineet, kun muuta vaihtoehtoa ei ole ollut tarjolla. Tutkimuksessa toteutetussa kokoonpanossa painopiste on sijoittunut huomattavasti paremmin kuin alkuperäisessä Kawasakin tehtaalla valmistetussa moottoripyörässä. Modifioidun moottoripyörän painopiste on jopa 58 millimetriä alempana ja hieman taaempana verrattaessa sitä alkuperäisen moottoripyörän arvoihin (Kuva 10).

Alkuperäisessä moottoripyörässä ilmanpuhdistaja sijaitsee satulan alla, jolloin satula tulee irrottaa aina ilmanpuhdistajaa vaihdettaessa. Modifioidussa moottoripyörässä polttoainetankin korkki on sijoittunut satulan alle. Tämä sijainti hidastaa polttoainevarkaiden toimia, koska satula tulee aina irrottaa ennen tankkausta.



Kuva 10. Painopisteiden sijainnit alkuperäisessä ja modifioidussa moottoripyörässä

5 Omavalmisteinen moottoripyörä

Suomessa ei ollut mahdollista valmistaa omavalmisteista katukäyttöön katsastettavaa moottoripyörää vielä silloin, kun tätä modifiointia ryhdyttiin suunnittelemaan. Valtioneuvoston päätöksellä vuonna 2014 tehtiin omavalmistepyörien valmistus kuitenkin mahdolliseksi. Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista määrittelee omavalmisteprosenttiosuudet koskien jokaista pyörän osaa. Omavalmisteisen moottoripyörän osista tulee olla 51 prosenttia omaa tuotantoa. (Valtioneuvoston asetus 1270/2014, 4 luku 18 §.) Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi on myöntänyt omavalmistepyörille lupia vuoden 2016 alusta. Tällaisia pyöriä on mahdollista saada Suomessa katsastettua vain 150 kappaletta vuodessa. (Yksilöllisesti valmistettu omavalmisteinen moottoripyörä 2016.)

6 Loppupäätelmät

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää, mitä vaikutusta on supermoto-moottoripyörän painopisteeseen ja ajo-ominaisuuksiin, kun sen polttoainetankki ja ilmanpuhdistaja vaihtavat paikkoja.

Suunniteltujen ja toteutettujen muutosten jälkeen voidaan todeta, että tutkimuksessa saavutettiin se lopputulos, joka oli oletuksena lähtötilanteessa. Moottoripyörän painopiste madaltui jopa 58 millimetriä, ja se siirtyi myös muutamia senttimetriä taaemmaksi. Näiden muutosten seurauksena ajo-ominaisuudet paranivat. Alkuperäisen moottoripyörän painopiste oli hieman etupainoinen ja aiheutti ajajalle turhia painonsiirtoja ajon aikana. Koeajossa huomattiin taaemman painopistevaihtoehdon olevan mutka-ajossa parempi verrattaessa sitä alkuperäisen pyörän etupainoiseen rakenteeseen. Mutka-ajossa kuljettajan etupainoinen ajoasento ja moottoripyörän takapainoisuus muodostavat optimaalisen kokonaispainopisteen, joka sijoittuu hyvin lähelle pyörän keskikohtaa.

Rakennettaessa uutta polttoainelinjaa valittiin siihen useille eri polttoaineille sopivat osat. Näillä valinnoilla alkuperäisen työsuunnitelman sivutuotteena kehitettiin siis myös uutena ominaisuutena erilaisten polttoaineiden käyttömahdollisuus.

Haasteellisuutta työhön toi pakoputken tuottama lämpö, joka siirtyi uuteen paikkaan sijoitettuun polttoainetankkiin. Oletettu ajon tuottama ilmavirta ei kesäkaudella tuonut tarvittavaa viilennystä . Tätä eristystä joudutaan vielä tulevaisuudessa parantamaan.

Kawasaki KX 450F -moottoripyörän modifiointi projektia on tarkoitus jatkaa ja saada pyörälle tulevaisuudessa yksilöllisen oma valmistemoottoripyörän valmistenumero.

Lähteet

Alumiinin pintakäsittely. 2015. Verkkodokumentti. Nordic Aluminium Oyj.
[Http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/alumiini/pintak](http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/alumiini/pintak). Luettu 13.2.2017.

Autoracing. 2017. Verkkodokumentti. Motorsport. [Hhttp://www.autoracing.fi/](http://www.autoracing.fi/). Luettu 2.2.2017.

Bikez. 2017. Verkkodokumentti. Bikez.
[Http://www.bikez.com/motorcycles/kawasaki_kx_450f_2010.php](http://www.bikez.com/motorcycles/kawasaki_kx_450f_2010.php). Luettu 14.5.2016

Neste tuotetiedot. 2017. Verkkodokumentti. Neste Oyj.
[Https://www.neste.fi/static/datasheet_pdf/130178_fi.pdf](https://www.neste.fi/static/datasheet_pdf/130178_fi.pdf). Luettu 4.1.2017

Oikarinen, Pasi. 2015. Auton dynamiikka AT12S. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Helsinki.

Pienoisopas. 2017. Verkkodokumentti. Aga.
[Http://www.aga.fi/internet.lg.lg.fin/fi/images/AGA%20Aluminum%20Welding%20Brochure%20105x210%20FI634_122433.pdf?v=1.0](http://www.aga.fi/internet.lg.lg.fin/fi/images/AGA%20Aluminum%20Welding%20Brochure%20105x210%20FI634_122433.pdf?v=1.0). Luettu 1.1.2017.

Mäkinen, Jari. 2015. 130 vuotta vanha moottoripyörä. Verkkodokumentti. Tiedetuubi.
<http://www.tiedetuubi.fi/tekniikka/130-vuotta-vanha-moottoripyora>. Luettu 9.5.2017

Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista. 1270/2014.

Yksilöllisesti valmistettu moottoripyörä. 2016. Verkkodokumentti. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi.
[Https://www.trafi.fi/tieliikenne/katsastus/valmistenumero_omavalmisteelle](https://www.trafi.fi/tieliikenne/katsastus/valmistenumero_omavalmisteelle). Päivitetty 1.9.2016. Luettu 18.10.2016.

Alkuperäinen painopistemittaus

PAINOPISTEMITTAUS - ALKUPERÄINEN						
	PROTO-PA-säiliön tilavuus	5,94 litraa				
P	Neste Futura 98E5 tiheys 15c lämpötilassa	752 g/litra				
A	Tankkausmäärä vesi max	4,46688 litraa				
	Tankkausmäärä vesi	4,3 kg				
	Polttoainetilavuus bensiiiniekvivalentti	5,72 litraa				
	Bensapumpun kompensointimassa	0,6 kg				
	Tankkausmäärä vesi actual	4,9 kg				
m	Akselin korkeus maasta	302,5 mm	298 mm			
			307 mm			
			Akselimassat tasamaalla			
X	Akseliväli	1470 mm				
Ge	Etuakselin massa	58,50 kg	Punnitus 1	Punnitus 2	Punnitus 3	
Gt	Taka-akselin massa	56,50 kg	58,5	58,5		
G	Kokonaismassa	115,00 kg	56,5	56,5		
Se	Etuakselin etäisyys painopisteestä	722,22 mm	115,0	115,0	0,0	
St	Taka-akselin etäisyys painopisteestä	747,78 mm			0,0	
			Taka-akselin massa kulmassa alpha, korkeudessa H			
H	Nostokorkeus	623,33333 mm	1	2	3	
Gt'	Punnittu akselipaino korkeudessa H	65,833333 kg	734	640	496	
Alpha	Laskee nostokulman radiaaneina	0,4378975 rad	68,5	66	63	
tan(alpha)	Nostokorkeus/SQRT(Akseliväli^2-nostokorkeus^2)	0,4682146				
ha	Painopisteen korkeus akselikeskiöstä	255 mm				
hm	Painopisteen korkeus maasta	557 mm				
+/-	Ero modifioituun	58 mm				

Modifioitu painopistemittaus

PAINOPISTEMITTAUS - MODIFIOITU (BENSA)							
	PROTO-PA-säiliön tilavuus	5,94 litraa					
	Neste Futura 98E5 tiheys 15c lämpötilassa	752 g/litra					
P	Tankkausmäärä vesi max	4,46688 litraa					
A	Tankkausmäärä	5,70 litraa					
	Tankkausmäärä actual	4,3 kg					
m	Akselin korkeus maasta	302,5 mm	Etuaks.kork.	298 mm			
			Taka-aks.kork.	307 mm			
					Akselimassat tasamaalla		
X	Akseliväli	1470 mm			Punnitus 1	Punnitus 2	Punnitus 3
Ge	Etuakselin massa	56,50 kg			56,5	56,5	
Gt	Taka-akselin massa	58,50 kg			58,5	58,5	
G	Kokonaismassa	115,00 kg			115,0	115,0	#REF!
Se	Etuakselin etäisyys painopisteestä	747,78 mm					0,0
St	Taka-akselin etäisyys painopisteestä	722,22 mm					0,0
					Taka-akselin massa kulmassa alpha, korkeudessa H		
					1	2	3
H	Nostokorkeus	534,4 mm			734	626	540
Gt'	Punnittu akselipaino korkeudessa H	64,5 kg			67	66	64,5
Alpha	Laskee nostokulman radiaaneina	0,3720623 rad					
tan(alpha)	Nostokorkeus/SQRT(Akseliväli^2-nostokorkeus^2)	0,3902376					
ha	Painopisteen korkeus akselikeskiöstä	197 mm					
hm	Painopisteen korkeus maasta	499 mm					
+/-	Ero alkuperäiseen	-58 mm					