



Jarno Redsven

SUZUKI HAYABUSAN KILPA-ALUSTAN RAKENTAMINEN

SUZUKI HAYABUSAN KILPA-ALUSTAN RAKENTAMINEN

Jarno Redsvén
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma,
tuotantotalouden suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Jarno Redsven
Opinnäytetyön nimi: Suzuki Hayabusan kilpa-alustan rakentaminen
Työn ohjaajat: Mauri Haataja ja Arto Lehtonen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 30 + 4 liitettä

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Team Force Major, moottoripyörien nopeuskilpailuista innostunut tiimi, joka on harrastanut nopeusajoja moottoripyörillään jo useiden vuosien ajan. Tavoitteena työssä oli selvittää kilpa-alustan vaikutuksia seisovan mailin (1 609,34 m) matkalla sekä juoksevan mailin matkalla, jossa moottoripyörällä ajetaan 7 mailin radalla ja nopein mailin matkan keskinopeus mitataan. Myös moottoripyörän ajo-ominaisuuksia, turvallisuutta ja nopeutta yritettiin parantaa.

Juokseva maili ajettiin Yhdysvalloissa Utahin osavaltiossa Bonnevilien suola-aavikolla syksyllä 2013. Nopeustavoitteeksi seisovalle ja juoksevalle mailille tiimi asetti rikottavaksi 400 km/h. Iskunvaimennuksen säädöt olivat projektissa tärkeitä, koska ne ovat merkittävä turvallisuustekijä ja lyhyemmät kuin vakioiskunvaimentimet, joten ne vaikuttavat myös aerodynamiikkaan ja renkaiden pito-kykyyn.

Iskunvaimennus muutettiin aiempaa jäykemmäksi jousien ja vaimennustehon osalta, koska moottoripyörän kiihtyvyys ja huippunopeus on noussut noin 100 km/h lisää. Myös ajokorkeus muutettiin vakio-Suzukia matalammaksi. Vaimennusvoimat mitattiin dynamometrillä ja saatuja tuloksia vertailtiin moottoripyörään asennettujen potentiometriä keräämään koeajotuloksiin nähden.

Asiasanat: Suzuki, Hayabusa, nopeusennätys

ALKULAUSE

Kiitoksia TFM:n projektin vetäjälle ja tiimipäällikkö Jouni Rissaselle mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta Taxi Suzukin parissa sekä innostavista ja opettavista hetkistä ohjaaja laboratorioteknikko Arto Lehtoselle ja yliopettaja, TkT Mauri Haatajalle.

12.6.2014

Jarno Redsven

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 LÄHTÖTIEDOT	7
3 AJOVASTUS- JA TYÖNTÖVOIMAT	9
3.1 Ilmanvastus	10
3.2 Vierintävastus	11
3.3 Työntövoima	12
4 ISKUNVAIMENNUS JA JOUSITUS	14
4.1 Sisään- ja ulostulon vaimennus	15
4.2 Vaimennuksen hidas ja nopea liike	16
4.3 Iskunvaimentimien lyhennys	18
4.4 Sopivat jouset	20
4.4.1 Etujousitus	21
4.4.2 Takajousitus	22
5 DYNAMOMETRI	24
6 MOTEC-TIEDONKERUU	26
7 ERI AJORATOJEN VAIKUTUS SÄÄTÖIHIN	28
8 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	30
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	
Liite 2 Roehrig Engineering INC, kuvaaja	
Liite 3 Roehrig Engineering INC, Hayabusa test3	
Liite 4 Roehrig Engineering INC, Hayabusa test7	

1 JOHDANTO

Moottoripyörätiimi Team Force Major antoi tehtäväksi tutkia Suzuki Hayabusan alustan säätöjä, koska jousitus oli osa-alue, johon kukaan ei vielä ollut TFM taxi projektissa paneutunut. Alustan säädöistä uskottiin löytyvän vielä parannettavaa moottoripyörän ajo-ominaisuuksiin ja parempaan suorituskykyyn, jotta seisovan ja juoksevan mailin nopeusennätystavoitteisiin päästäisiin. Suomessa ajettuun seisovaan mailiin tiimi asetti tavoitteen 400 km/h ja Yhdysvalloissa Utahin osavaltiossa Bonnevilien suola-aavikolla ajettuun juoksevan mailin keskinopeudeksi saman 400 km/h. Tavoitteisiin pääseminen olisi ollut uusi maailmanennätys molemmilla ajoalustoilla vapaasti hengittävien moottoripyörien luokassa.

Seisovalla maililla tarkoitetaan suoritusta, jossa moottoripyörällä lähdetään paikoiltaan ja kiihdytetään yksi maili (1 609,34 m) ja suurin nopeus jää voimaan. Juoksevassa mailissa ajetaan 7 mailia pitkällä radalla, jossa ensimmäiset 4 mailia kiihdytetään ja 4 - 5 mailin kohdalla mitataan keskinopeus, joka jää tulokseksi. Viimeiset 2 mailia radasta on jarruttelua varten. Virallinen tulos on kahden 4 tunnin sisällä toisistaan ajatun tuloksen keskiarvo.

Opinnäytetyössä tutkitaan Suzuki Hayabusan vakioiskunvaimenninsäätöjä. Vakio ja muutetut vaimennusvoimat mitataan iskunvaimennindynamometrillä. Näitä saatuja tuloksia hyväksikäyttäen lasketaan nopeuden kasvun aiheuttaman vaimennusvoimien tarvittava lisäys ja dynamometrillä niiden mitatut arvot, joiden avulla saadaan tuotettua uudet säädöt iskunvaimentimiin. Työssä vertailaan myös saatuja tuloksia ajossa tiedonkeruun keräämään dataan iskunvaimentimien liikkeistä ja pyörän käyttäytymisestä. (Liite 1.)

Myös jousituksen on oltava tarpeeksi herkkä, jotta painonsiirtoa tapahtuu takarenkaalle ja moottoripyörä saa mahdollisimman paljon pitoa kiihdytyksissä. Tätä kautta suurempi loppunopeus on saavutettavissa. Ajokorkeuden säätö tapahtuu iskunvaimentimia lyhentämällä, ja koska ajokorkeus on matalampi kuin vakio Suzukissa, on vaimennuksen ja jousituksen oltava huomattavasti jäykempi. Tällöin ei pohja osu maahan lujaa ajettaessa ja aiheuta pidon menetystä ja vaaratilannetta.

2 LÄHTÖTIEDOT

Tässä opinnäytetyössä käytetyn moottoripyörän malli oli Suzuki Hayabusa GSX-R 1 570 cm³, vuosimallia 2006. Suzukissa käytetään KYB-merkkisiä vakioiskunvaimentimia, jotka ovat riittävän laadukkaat ja hyvin monipuolisesti säädettävissä olevat vaimentimet, koska nopeus ja moottoriteho testattavassa moottoripyörässä oli kasvanut vakiosta, oli myös jousitus ja iskunvaimennus päivitettävä tehoja vastaavalle tasolle esimerkiksi turvallisuudenkin takia.

Lähtötilanteessa jouset olivat vakiojouset, jotka moottoripyörään on asennettu jo tehtaalla. Suzukin iskunvaimentimet olivat myös vakiokunnossa vaimennuksiltaan ja jousien osalta, mutta muutoksia oli tehty ajokorkeuteen asentamalla taakse linkustoon säädettävät yhdystangot, joilla voitiin puristaa perää matalammaksi. Kuormaliinalla puristamalla ja nostamalla iskunvaimentimia t-kappaleessa ylöspäin saatiin myös keulan iskunvaimennus matalammaksi. Kun madalluksen suorittaa tällä tyylillä, jouset puristuvat valmiiksi lyhennyksen määrän verran, eli esijännitys jousella on näin ollen jo valmiiksi jäykkä. Tästä seuraa pintakova jousitus. Kuormaliinaratkaisu keulassa tosin aiheuttaa ylimääräisen riskitekijän, esimerkiksi menemällä poikki kovassa nopeudessa, jolloin keulan korkeus muuttuu äkillisesti ja aiheuttaa näin vakavan vaaratilanteen.

Vakioiskunvaimennus on Suzuki Hayabusassa suunniteltu maksimissaan noin 300 km/h nopeuksiin, ja koska tavoite on rikkoa 400 km/h nopeus, täytyi iskunvaimennusta madaltaa ja jäykistää. Myös moottoripyörän ajokorkeus on matalampi kuin vakiopyörässä paremman painopisteen ja aerodynamiikan saavuttamiseksi, joten iskunvaimentimien täytyi olla lyhyemmät. Alkuperäiset iskunvaimentimet muutettiin lyhyemmiksi asentamalla holkit vaimentimien sisälle. Tämä rajoitti vaimentimien liikerataa lyhyemmiksi, ja koska vaimennusmatka lyheni, oli myös vaimennustehoa jäykistettävä alkuperäisestä.

Moottoripyörän jousivoimat täytyi myös selvittää. Oli olennaista tietää, kuinka paljon lyhyemmät ja jäykemmät jouset tarvittiin. Selvitettiin myös, olisiko järkevää käyttää progressiivista jousia takajousena. Tämän avulla voitaisiin saada

haluttu painonsiirto takarenkaalle ja tätä kautta parempi pito renkaalle olisi saavutettavissa.

3 AJOVASTUS- JA TYÖNTÖVOIMAT

Ajoneuvon liikeyhtälö muodostuu kolmesta tekijästä: työntövoimasta, ajovastuksista sekä kiihtyvyydestä. Yhtälö kirjoitetaan kaavan 1 muodossa (1, s. 4).

$$\sum F_x = 0 ; F_p - F_h - F_r - F_a + ma = 0$$

KAAVA 1

$$\sum F_x = a$$

F_p = työntövoima (N)

F_h = nousuvastus (N)

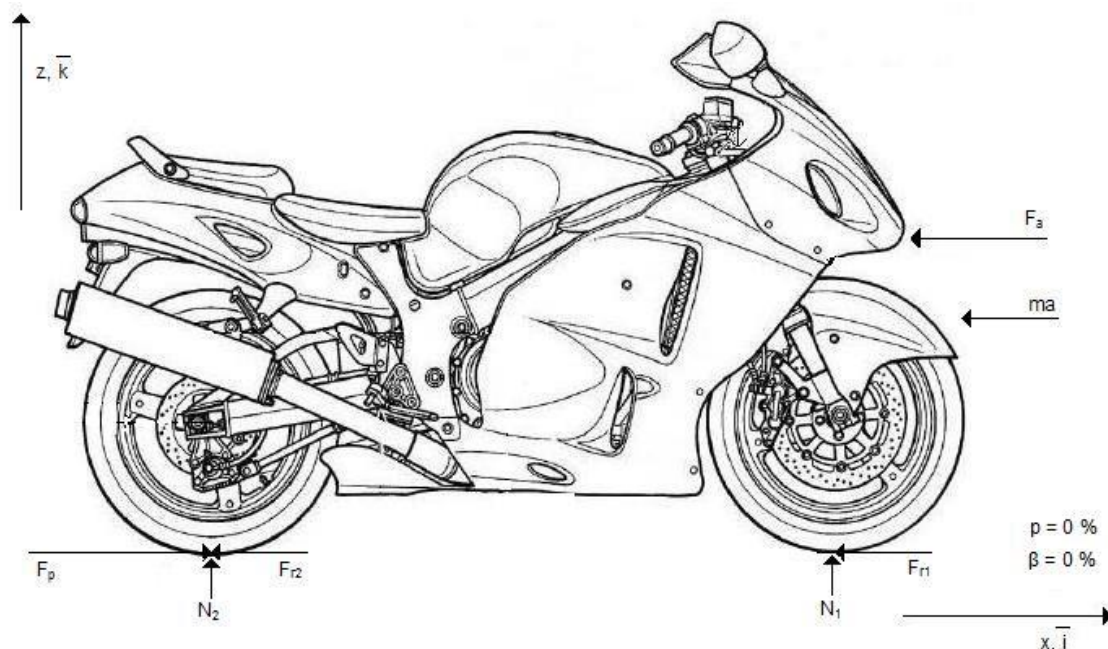
F_r = vierintävastusvoima (N)

F_a = ilmanvastusvoima (N)

m = ajoneuvon massa (kg)

a = kiihtyvyyys (m/s^2)

Ajovastukset jaetaan kolmeen pääkomponenttiin, jotka ovat ilmanvastusvoima F_a , vierintävastusvoima F_r sekä nousuvastus F_h . Koska nopeusennätysajot suoritetaan lentokentällä tai suola-aavikolla, jotka ovat tasaisia, nousuvastus puuttuu F_h . Kuvassa 1 on esitetty kaavan 1 mukaiset voimat.



KUVA 1. Ajovastuskomponentit (2, s. 10)

Moottoripyörällä huippunopeuksia ajaessa on ajovastuksista ilmanvastuksella suurin merkitys, koska vierintävastuksen suhteellinen osuus pienentyy nopeuden kasvaessa.

3.1 Ilmanvastus

Ilmanvastuksella tarkoitetaan tässä moottoripyörän liikettä vastustavaa voimaa. Ilmanvastukseen vaikuttavia tekijöitä ovat ajoneuvon nopeus, poikkileikkauspinta-ala, ilmanvastuskerroin ja ilmantiheys sekä tuuli ja sen suunta (1, s. 4).

Ilmanvastusvoima F_a lasketaan seuraavasti kaavalla 2 (1, s. 4).

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot c_w \cdot A \cdot v^2 \quad \text{KAAVA 2}$$

ρ_a = ilman tiheys (kg/m^3)

c_w = ilmanvastuskerroin

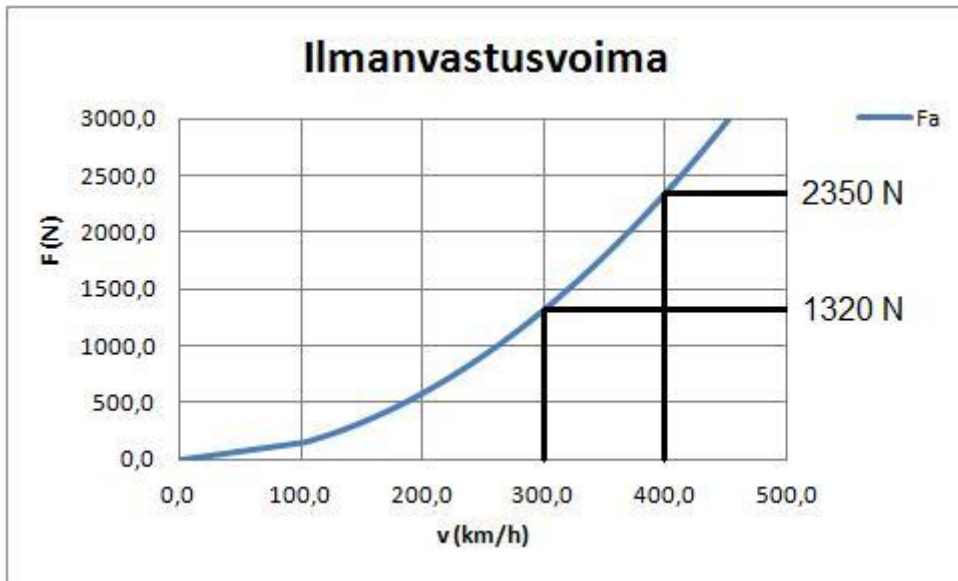
A = poikkileikkauspinta-ala (m^2)

v = nopeus (m/s)

Lasketaan esimerkki nopeudelle $v = 270 \text{ km/h}$, kun ilmanpaine on $p = 1\,017 \text{ hPa}$ ja lämpötila $T = 5 \text{ °C}$. Tällöin ilman tiheys $\rho = 1,275 \text{ kg/m}^3$. Laskussa on käytetty valmistajan ilmoittamaa ilmanvastuskerrointa ja poikkileikkauspinta-alaa.

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot 1,275 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(75 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \cdot 0,561 \cdot 0,559 \text{m}^2 = 1\,124,54 \text{ N}$$

Ilmanvastusvoima kasvaa nopeuden neliössä, joten pienikin nopeuden muutos vaikuttaa suurissa nopeuksissa huomattavasti ilmanvastusvoiman suuruuteen. Kuvasta 2 havaitaan, että nopeuden noustessa 300 km/h :sta 400 km/h :iin tunnissa kasvaa ilmanvastusvoima F_a noin 1,8-kertaiseksi. (2, s. 12)



KUVA 2. TFM Taxin ilmanvastusvoima nopeuden funktiona (2, s. 12)

3.2 Vierintävastus

Toinen huomioon otettava ajovastustekijä on vierintävastus, joka muodostuu renkaiden ja ajoalustan muodonmuutoksesta ja pyörän laakerikitkoista. Siitä aiheutuu vierintävastusvoima F_r . Vierintävastusvoima pysyy muuttumattomana nopeudesta riippumatta, minkä vuoksi sen vaikutus suhteessa vähenee suurissa nopeuksissa. (2, s. 12)

Vierintävastusvoima lasketaan kaavalla 3 (1, s. 4).

$$F_r = f_r \cdot G \cdot \cos \alpha$$

KAAVA 3

f_r = renkaan ja tienpinnan välinen vierintävastuskerroin

G = ajoneuvon painovoima (N)

α = tien kaltevuus ($^\circ$)

307 kg:n kokonaismassalla tasaisella $p = 0 \%$ ajettaessa tulokseksi muodostuu

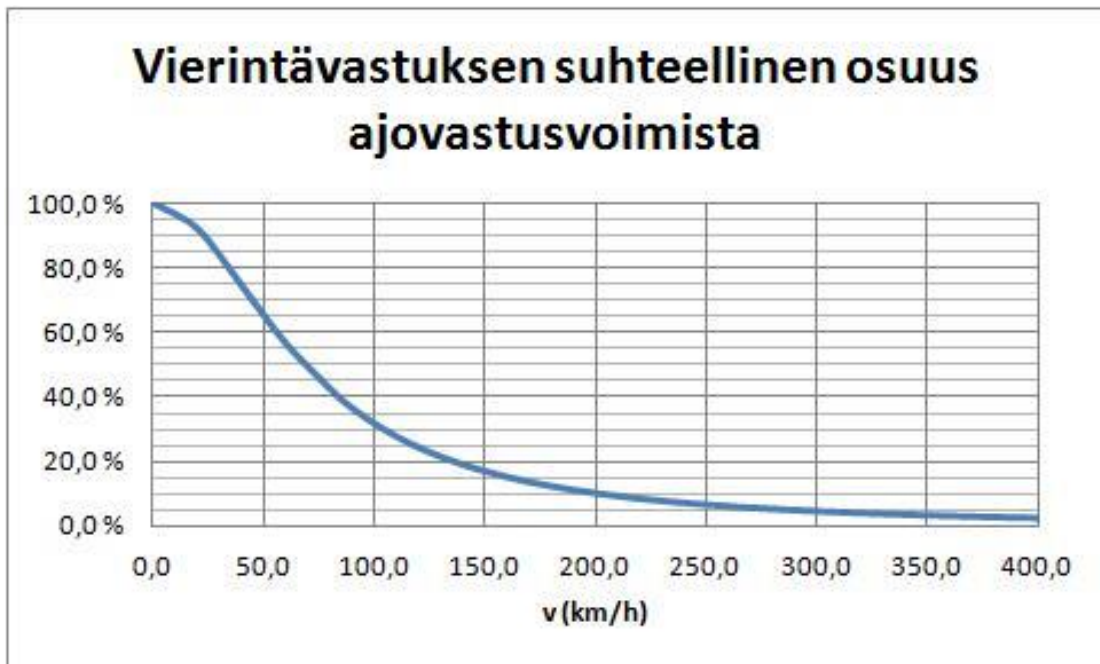
$$F_r = 0,015 \cdot 307 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 45,18 \text{ N.}$$

Kuten tuloksesta huomataan, on vierintävastusvoiman F_r osuus suurissa nopeuksissa vähäinen verrattuna ilmanvastusvoimaan.

Lasketaan vierintävastusvoiman suhteellinen osuus kokonaisajovastusvoimista.

$$\frac{45,18 \text{ N}}{45,18 \text{ N} + 1388,22 \text{ N}} = 0,0315 \approx 3,2 \%$$

Vierintävastusvoiman osuus on noin 3,2 % ajettaessa nopeutta $v = 300 \text{ km/h}$. Kuvassa 3 on esitettyä vierintävastusvoiman suhteellinen osuus kokonaisajovastusvoimista.



KUVA 3. Vierintävastuksen suhteellinen osuus ajovastusvoimista (2, s. 13)

3.3 Työntövoima

Työntövoimalla tarkoitetaan ajoneuvoa eteenpäin työntävää voimaa. Se välittyy tässä tapauksessa takapyörän kautta tien pintaan. Moottoripyörän vääntö oli tarkoitus mitata takapyörän akselilta, mutta redusoituna kampiakselille. Tämän vuoksi laskuissa on otettu huomioon välityssuhteet, mutta ei niistä muodostuvaa häviötä. Voiman momentti lasketaan kaavalla 4 (2, s. 13).

$$M = F \cdot r$$

KAAVA 4

M = voiman momentti (Nm)

F = vaikuttava voima (N)

r = voiman vaikutussuoran etäisyys akselista

Moottoripyörässä voiman momenttina on moottorin tuottama vääntömomentti T kerrottuna kokonaisvälityssuhteella. Säteenä on takapyörän dynaaminen vierintäsäde. Työntövoima lasketaan kaavalla 5 (2, s. 14).

$$F_{tv} = \frac{T \cdot i_{ensiö} \cdot i_{vaihte} \cdot i_{ketju}}{r_{dyn}}$$

KAAVA 5

F_{tv} = työntövoima (N)

T = moottorin vääntömomentti (Nm)

$i_{ensiö}$ = ensiövälityksen välityssuhde

i_{vaihte} = vaihdevälityksen välityssuhde

i_{ketju} = ketjuvälityksen välityssuhde

r_{dyn} = renkaan dynaaminen vierintäsäde (m)

Moottorin vääntömomentin T ollessa 242 Nm 10 000 $^1/\text{min}$ pyörintänopeudella ja ajettaessa 6. vaihteella on takapyörän kehälle muodostuva työntövoima 320 mm dynaamisella vierintäsäteellä seuraava:

$$F_{tv} = \frac{242 \text{ Nm} \cdot 1,596 \cdot 0,923 \cdot 2,11}{0,320 \text{ m}} = 2\,350,6 \text{ N.}$$

4 ISKUNVAIMENNUS JA JOUSITUS

Jousien ja iskunvaimentimien toiminta vaikuttaa erityisesti ajoneuvon pysyvuuteen liikkeisiin ja niiden oikeanlaisella toiminnalla varmistetaan ajoneuvon ajomukavuus (kuljettajaan ja kuormaan kohdistuvat heilahtelurasitukset) sekä turvallisuus (3, s. 676).

Mikäli moottoripyörän rungon ja pyörien välissä olisi ainoastaan jouset, jäisi moottoripyörä tienpinnan epätasaisuuden jälkeen heilahtelemaan ominaistajuudellaan, kunnes josten ja muiden jousitukseen kuuluvien osien sisäinen kitka tämän heilahtelun viimein sammuttaisi. Iskunvaimentimien tehtävänä onkin vaimentaa moottoripyörän heilahteluliike muuttamalla jousiin varastoitunut kiineellinen energia lämpöenergiaksi, joka haihdutetaan ulkoilmaan.

Normaali katumoottoripyörissä ei ole iskunvaimentimissa juurikaan sisäänmenovaimennusta vaan jousi vaimentaa iskuja eli silloin iskunvaimentimien pohjaaminen tapahtuu herkemmin. Näin jousitus on mukava pienissä töyssyissä mutta ei yleensä sovi koviin nopeuksiin tai kilpailukäyttöön. Kilpakäytössä ajomukavuudesta usein tingitään suorituskyvyn kustannuksella, koska nopeuskilpailuissa vain nopeus merkitsee. Myös kuljettajien palaute on tärkeässä osassa iskunvaimennusta suunniteltaessa. Huonolla jousituksella hyväkään kuljettaja ei voi ajaa lujaa ja toisen kuljettajan säädöt eivät aina miellytä jotain toista kuljettajaa.

Iskunvaimentimen toiminta perustuu nesteeseen virtausvastukseen. Iskunvaimentimen varsi on kiinnitetty mäntään, joka joutuu liikkumaan edestakaisin nesteessä. Käytännössä iskunvaimentimien nesteinä käytetään aina öljyä. Öljy pakotetaan virtaamaan tarkasti mitoitetujen männän aukkojen ja shimmilevyjen kautta, ja vaimennusvoima syntyy siis näiden osatekijöiden aikaansaamasta öljyn virtausvastuksesta. Tämä on toimintaperiaatteena kaikissa iskunvaimentimissa, olipa niiden aukkojen ja niitä avaavien ja sulkevien shimmilevyjen rakenne kuinka monimutkainen hyvänsä. (5, luku 7.2 kohta 1.)

Suzukissa käytetyt KYB-merkkiset vakioiskunvaimentimet ovat laadukkaat ja niitä voi säätää hyvin monipuolisesti. Nopeus ja moottoriteho testimoottoripyö-

rässä olivat kuitenkin nousseet rajusti vakiosta, ja sen takia myös iskunvaimennus oli tässä työssä päivitettävä tehoja ja nopeutta vastaavalle tasolle. Tämä onnistui muuttamalla iskunvaimennuksen shimmilevytystä (kuva 4).



KUVA 4. Takaiskunvaimentimen shimmilevyt ja mäntä

4.1 Sisään- ja ulostulon vaimennus

Iskunvaimennin työskentelee edestakaisella liikkeellä vaimentaen jousien aiheuttamaa liikettä. Jousen painuessa kasaan menee vaimentimen mäntä sisäänpäin (bump) ja jousen tullessa ulos mäntä liikkuu vastaavasti ulospäin (rebound). Sisäänjoustossa jousi ottaa suuremman osan voimasta, ulosjoustossa taas iskunvaimennin vaikuttaa enemmän.

Sisäänmenovaimennuksen ja ulostulovaimennuksen suhde piti siis saada oikeaksi, ettei pääsisi käymään tilannetta, jossa iskunvaimennin painuisi kasaan enemmän kuin ehtisi suoristua epätasaisella alustalla. Liika paluuvaimennus aiheuttaisi iskunvaimentimen "pakkaamisen". Tämä on tilanne, joka syntyy, jos ajetaan esimerkiksi töyssyyn ja jousi puristuu kasaan, eikä paluuvaimennus salli iskunvaimentimen palata alkuperäiseen mittaan riittävän nopeasti ennen seuraavaa töyssyä. Monen peräkkäisen töyssyn jälkeen tämä aiheuttaa iskunvaimentimen jatkuvan pohjaamisen, joka johtaa siihen, että rengas irtoaa tienpinnasta ja näin ollen pito menetetään. (7, s. 821.)

Kybin iskunvaimentimissa on mahdollista säätää puristus- ja vetovaimennusta myös iskunvaimenninta purkamatta, ja näitä säätö-clickereitä kutsutaan tämän seurauksena pikasäädöiksi (kuva 5). Varren päässä oleva säätöruuvi vaikuttaa kumpaankin puristus- ja vetovaimennukseen. Pyörittämällä ruuvia myötävään vaimennusteho kasvaa ja vastapäivään vaimennusteho löystyy molempiin suuntiin. Tämä toiminto ohittaa männän ja shimmilevyt eli muuttaa iskunvaimentimen ohivirtausta.



KUVA 5. Hayabusan takaiskunvaimennin, jousi ja pikasäätö-clickerit

Puristusvaimennuksen pikasäätö tapahtuu pyörittämällä iskunvaimentimen rungon ja lisäsäiliön välissä olevasta clickeristä. Tämä säätö rajoittaa öljynvirtausta iskunvaimentimesta lisäsäiliöön ja vaikuttaa käytännössä vain puristusvaimennukseen, eikä siis ole niin tehokas kuin varren päässä oleva säädin.

4.2 Vaimennuksen hidas ja nopea liike

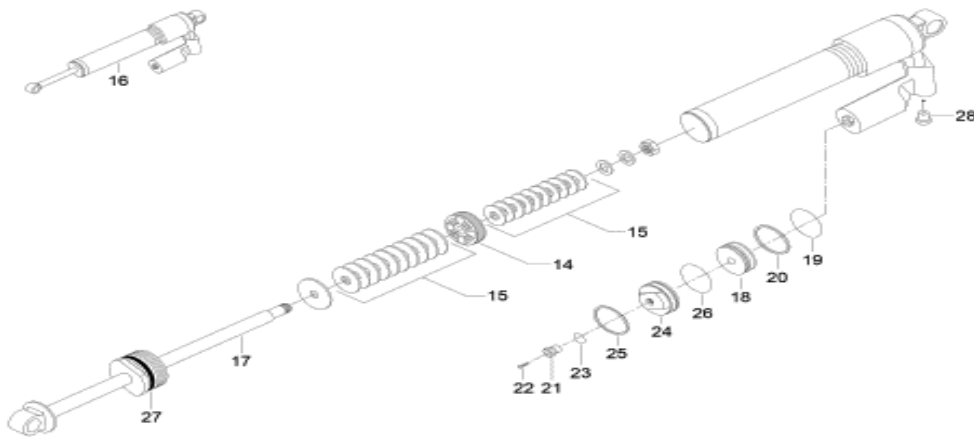
Öljyn virtausta rajoittavat iskunvaimentimen sisällä oleva mäntä ja shimmilevyt (kuva 6) osat 14 ja 15. Mahdollisuuksia erilaisiin säätöihin on lukematon määrä, koska shimmipinon rakennetta sekä shimmilevyjen kokoa, paksuutta ja määrää voidaan muuttaa mielivaltaisesti. Säätöjä tehtäessä on hyvä mitata ja laittaa muistiinpanoihin ylös muutetut säädöt. Näin säätötyö on helpompi mieltä uudel-

leen, jos säädöt eivät miellytä kuljettajaa. Edellä kuvattuja muistiinpanoja nimitetään shimmikartoiksi (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Shimmikartta: TFM Taxin muutetut säädöt takaiskunvaimentimeen

vakio:	muutettu:
puristusvaimennus:	
34 mm * 0,15 mm * 9 kpl	34 mm * 0,25 mm
30 mm * 0,2 mm	34 mm * 0,15mm * 9 kpl
28 mm * 0,3 mm	28 mm * 0,3 mm
26 mm * 0,3 mm	26 mm * 0,3 mm
24 mm * 0,3 mm	24 mm * 0,3 mm
21 mm * 0,3 mm	21 mm * 0,3 mm
19 mm * 0,7mm	19 mm * 0,7 mm
vetovaimennus:	
30 mm * 0,15 mm * 7kpl	30 mm * 0,15 mm * 6 kpl
28 mm * 0,25 mm	28 mm * 0,25 mm
26 mm * 0,25 mm	26 mm * 0,25 mm
24 mm * 0,25 mm	24 mm * 0,25 mm
21 mm * 0,25 mm	21 mm * 0,25 mm
19 mm * 0,25 mm	19 mm * 0,25 mm
18 mm * 0,7 mm	18 mm * 0,7 mm

Puristusvaimennusta jäykistettiin alkuperäisestä lisäämällä yksi shimmilevy (kuva 6) shimmipinon päälle. Tämä jäykistää puristusvaimennusta koko alueelta, mikä vaikuttaa hitaaseen ja nopeaan vaimennukseen. Koska vauhti pyörällä oli kasvanut ja joustomatka lyhentynyt vakioon verrattuna, tarvittiin vaimennusta sisäänmenoon reilusti enemmän, jotta iskunvaimentimen pohjaamistilanteelta vältyttiin.



29L1316

KUVA 6. Takaiskunvaimentimen purkukuva osanumero 15 shimmit ja 14 mäntä (9)

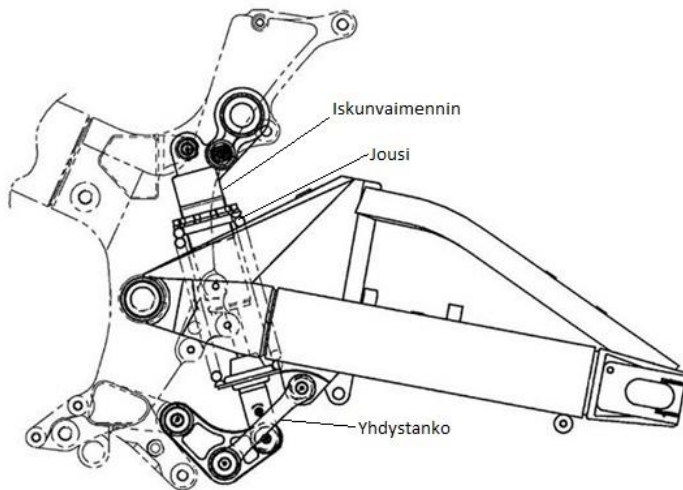
Paluuvaimennusta löysättiin ottamalla yksi shimmi pinon päältä pois. Tämän ansiosta jousitus ehti epätasaisuuksien välissä suoristua paremmin, ja koska pyörällä ajetaan koko ajan kaasu pohjassa, massaa on jatkuvasti enemmän takajousituksella.

4.3 Iskunvaimentimien lyhennys

Suzukin ajokorkeutta oli muutettu aikaisemmin noin 50 - 60 mm matalammaksi verrattuna vakio-Suzukiin. Tämä ajokorkeus miellytti tiimin kuljettajia. Moottori-

pyörässä oli myös näin pienempi ilmanvastus, joten päätimme kuljettajien Jari Määtän ja Antti Pietilän kanssa pysyä tässä ajokorkeudessa jatkossakin.

Keulan iskunvaimennus oli aikaisemmin lyhennetty kuormaliinaa käyttäen. Tämä oli turvallisuusriski, koska liina olisi saattanut katketa tai löysätä ajon aikana. Kuormaliina myös hankaloitti pyörän ohjaamista ajettaessa. Keulan lyhentäminen kuormaliinaa käyttäen jätettiin loppujen loppuksi pois edellä mainituista syistä. Takaiskunvaimennuksen madallus oli toteutettu vaihtamalla linkustoon erimittainen yhdystanko (kuva 7), mikä löysäsi iskunvaimentimen vaimennustehoa rakenteen geometrian muuttuessa.



KUVA 7. Suzukin takaiskunvaimennus, linkusto ja yhdystanko (8)

Keulaiskunvaimentimia oli aikaisemmin nostettu ylöspäin 30 mm t-kappaleessa ja myös kiristetty liinalla 20 - 30 mm radasta riippuen. Nyt moottoripyörän madallus tehtiin käyttämällä nylonmuovisia holkkeja iskunvaimentimien sisällä. Näin toimien pystyttiin jättämään kuormaliinoilla kiristäminen kokonaan pois. Keulan molempiin iskunvaimentimiin valmistettiin 36 mm pitkät holkit ja asennettiin ne vaimentimien sisäputken ympärille. Tämän toiminto estää vaimenninta pääsemään täyteen mittaansa. Valmistetuilla holkeilla vaimennin lyheni 25 mm eli joustomatkaa oli 90 mm. Ulosjoustolle oli vaimentimissa myös pieni jousi,

ettei vaimennin kolahtaisi ulos tullessaan. Vakio iskunvaimentimessa oli jousimatkaa noin 115 mm. (Kuva 8.)



KUVA 8. Vakiomittainen ja lyhennetty KYB-keulaiskunvaimennin

Takaiskunvaimennin lyhennettiin samalla periaatteella, jolloin tehtiin 21 mm paksu nylonholkki vaimentimen sisälle ja asennettiin sen männän ja korkin väliin. Tämä toimenpide lyhensi vaimentimen maksimimittaa holkin paksuuden verran.

4.4 Sopivat jouset

Jousen esijännityksen säätämällä vaikutetaan siihen, kuinka paljon jousi on alkuasennossaan kokoon puristuneena. Oikean suuruiseen esijännitykseen on puolestaan hyvin suuri merkitys sillä, kuinka paljon moottoripyörän kuljettaja painaa. Vastoin yleistä käsitystä, jousen esijännityksen säätäminen ei muuta jousen varsinaista jäykkyyttä. Se ei siis tee jouta jäykemmäksi tai löysemmäksi, vaan esijännityksen säädöillä määrätään, kuinka paljon liikematkasta jousi on kasaan painuneena kuljettajan istuessa moottoripyörän päällä. Toisella tavalla ilmaistuna jousien esijännityksen muuttamisella säädetään jousien painuman suuruus kuljettajan istuessa moottoripyörän päällä. Hyvin tärkeää on ymmärtää nimenomaan se, että jousien esijännitys on säädettävä aivan ensimmäiseksi, eli jo ennen kuin moottoripyörään ryhdytään tekemään mitään iskunvaimennuksen säätöjä. (4, s. 45.)

4.4.1 Etujousitus

Tehdasasennetut jouset keulaan ovat jäykkyydeltään 0,93 kg/mm ja vapaa pituus 264 mm (10.). Keulan joustomatka vakiona on 115 mm. Esijännitys jousella vakiossa on esijännityksen säätö tiukimmillaan 80 mm ja löysimmillään 60 mm. Pikkujousi antaa tähän löysää noin 11mm.

Seuraavassa on laskettu lyhyemmän ja jäykemmän jousen vaikutus, jonka jäykkyys 11,8 N/mm ja vapaa pituus 230 mm. Keulan joustomatka lyhennettynä on 95 mm. Etuakselilla on kaksi iskunvaimenninta ja joustu, joten tulos on kaksinkertainen. Esijännitysvoima 80 mm:n vakiojousen, jäykkyydeltään 9,1 N/mm, esijännityksellä eri matkoilla on seuraava:

$$M = 80mm * 9,1N / mm = 728N$$

$$M_{20mm} = 100mm * 9,1N / mm = 910N$$

$$M_{40mm} = 120mm * 9,1N / mm = 1092N$$

$$M_{60mm} = 140mm * 9,1N / mm = 1274N$$

$$M_{80mm} = 160mm * 9,1N / mm = 1456N .$$

Jäykemmällä ja lyhyemmällä jousella 11,8 N/mm voima on

$$M = 80mm * 11,8N / mm = 944N$$

$$M_{20mm} = 100mm * 11,8N / mm = 1180N$$

$$M_{40mm} = 120mm * 11,8N / mm = 1416N$$

$$M_{60mm} = 140mm * 11,8N / mm = 1625N$$

$$M_{80mm} = 160mm * 11,8N / mm = 1888N .$$

Lyhemmällä ja jäykemmällä jousella saatiin alkuliikkeestä pehmeämpi jousto, koska jousen esijännitys pienenee iskunvaimentimen pituuden pysyessä samana. Tällä saavutettiin parempi ohjaustuntuma etupyörän seuratussa tarkemmin

ajoalustan pintaa. Kovassa jarrutustilanteessa pyörän keula ei kuitenkaan painunut niin syväälle, koska loppujoustossa jousivoima alkoi ylittämään vakiojousien kuormankantokyvyn, jolloin se on silloin jäykempi. Sitä tarvittiin lyhyillä kii-
toradoilla, koska kuljettaja joutui jarruttamaan erittäin voimakkaasti.

4.4.2 Takajousitus

Vakiojousi on jäykkyydeltään 128,5 N/mm ja sen vapaa pituus 194 mm. Tällä jousella ajaessa esijännitys oli 11 mm. Vakiojousen tilalle vaihdettiin WP:n valmistama 157 N/mm jäykkä ja lyhyempi jousi, jonka vapaapituus on 175 mm jousen tilalle, johon asennettiin esijännitystä 8 mm.

Vakiojousen voimat olivat seuraavat:

$$M = 11\text{mm} * 128,5\text{N} / \text{mm} = 1413,5\text{N}$$

$$M_{10\text{mm}} = 21\text{mm} * 128,5\text{N} / \text{mm} = 2698,5\text{N}$$

$$M_{20\text{mm}} = 31\text{mm} * 128,5\text{N} / \text{mm} = 3983,5\text{N}$$

$$M_{30\text{mm}} = 41\text{mm} * 128,5\text{N} / \text{mm} = 5268,5\text{N}$$

$$M_{40\text{mm}} = 51\text{mm} * 128,5\text{N} / \text{mm} = 6553,5\text{N} .$$

WP:n jäykemmällä ja lyhyemmällä jousella 157 N/mm voima on

$$M = 8\text{mm} * 157\text{N} / \text{mm} = 1256\text{N}$$

$$M_{10\text{mm}} = 18\text{mm} * 157\text{N} / \text{mm} = 2826\text{N}$$

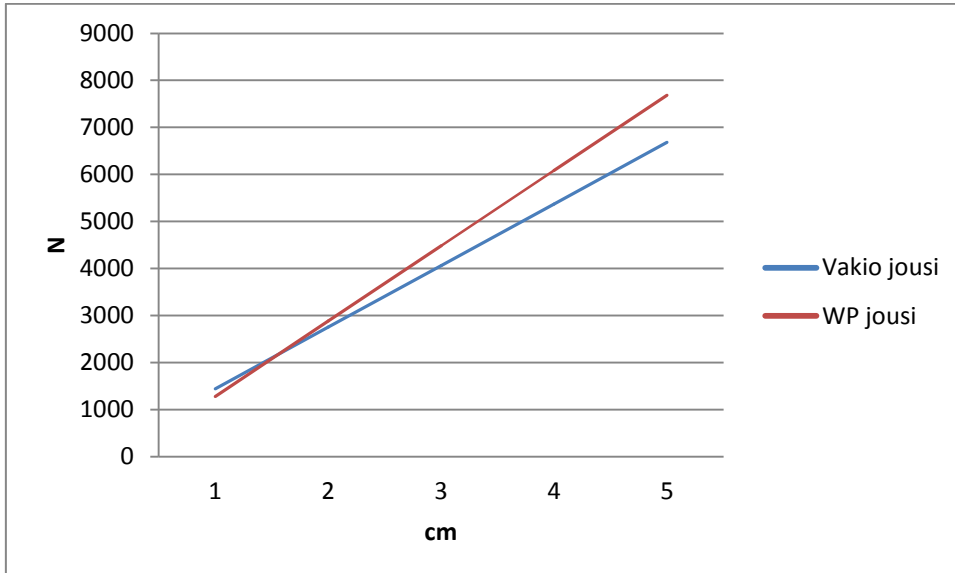
$$M_{20\text{mm}} = 28\text{mm} * 157\text{N} / \text{mm} = 4396\text{N}$$

$$M_{30\text{mm}} = 38\text{mm} * 157\text{N} / \text{mm} = 5966\text{N}$$

$$M_{40\text{mm}} = 48\text{mm} * 157\text{N} / \text{mm} = 7536\text{N} .$$

Kuvassa 11 näkyvät jousivoimakäyrät, ja kuvasta huomataan, että jäykemmällä WP:n jousella pienemmällä jousen esijännityksellä voima on pienempi kuin mil-
lä perä lähtee painumaan alaspäin. Kun jousi puristuu noin 15 mm, vaaditaan-

kin jo enemmän voimaa perän painumiseen. Tämä sallii helpomman painonsiirron takarenkaalle ja näin kiihtyvyys paranee.



KUVA 11. Jousivoimat vakiojousi vs. WP-jousi

Takapään jousi mitoitettiin siten, että pyörän perä lähti helposti kiihdytyksessä painumaan alaspäin ja näin mahdollisti painonsiirron hyvin takarenkaalle. Täysillä kiihdyttäessä pito oli näin parempi kuin vakiopyörässä. Iskunvaimentimen puristuessa lisää jäykemmällä jousella saavutettiin vakiota suurempi kuormankantokyky ja suurissa nopeuksissa radan epätasaisuudet eivät päässeet niin helposti yllättämään kuljettajaa. Myöskään jousituksen pohjaamistilanne ei päässyt tapahtumaan niin helposti.

5 DYNAMOMETRI

Iskuvaimennindynamometri on tietokoneohjattu, sähköisellä lineaarimoottorilla oleva laite, joka simuloi ja mittaa iskunvaimentimen tuottamaa vaimennusvoimaa eri iskun nopeuksilla. Laite on kytketty tietokoneohjelmaan, joka piirtää vaimennuskäyrät. Saman testiohjelman läpi ajamalla voidaan nähdä säätöjen vaikutukset iskunvaimentimen toimintaan suoraan. Tällä menetelmällä tulokset ovat luotettavia ja testaamalla saadaan varma tieto iskunvaimentimien toiminnasta. (6, s. 80 - 81.)

Iskunvaimentimien tarkka analyysi sekä voimien ja varren nopeus ja niiden suhde voidaan ajaa siihen käyttötarkoitukseen suunnitellulla dynamometrillä. Tarkat dynamometrit ovat vielä nykypäivänä kalliita ja siksi myös hyvin harvinaisia. Lähin laadukas dynamometri löytyi tätä opinnäytetyötä varten Rovaniemeltä Lapin ammattikorkeakoulun Arctic Powerin tiloista.

Keulan jousitusta ei voitu mitata dynamometrissä, koska siihen ei ollut sopivia kiinnikkeitä eikä aika riittänyt niitä valmistamaan. Siksi testattiin vain takaiskunvaimennin.

Tutkittiin takaiskunvaimentimen vaimennusvoimat vakio pikasäätöasetuksilla siten, että pikasäädöt kokonaan kiinni sekä kokonaan auki. Saatiin luotettavaa tietoa säätöjen vaikutuksista testaukseen. Tarkkailtiin, missä asennossa säädöt milloinkin olivat ja tehtiin niistä johtopäätöksiä ennätysyritystä varten.

Vakiotakaiskunvaimentimen ventilöintiä muutettiin ts. shimmitystä oikeana pidettyyn suuntaan. Tavoitteena oli saada iskunvaimentimeen enemmän sisäänmenovaimennusta ja vähemmän ulostulovaimennusta, sen jälkeen tarkastettiin dynamometrillä, päästiinkö haluttuun tulokseen. Testaus on suoritettu pelkälle takaiskunvaimentimelle, eli ilman joustia. Liitteessä 2 on kuvaaja takaiskunvaimentimen sisäänmeno- sekä ulostulovaimennuksien vaimennusvoimista. Oranssi käyrä esittää muutettuja TFM-säätöjä. Pikasäädöt olivat Hayabusa test7:ssä kiinni. Vihreä käyrä, eli Hayabusa test3 esittää iskuvaimentimen vakiosäädöt pikasäätöjen ollessa kiinni. Testiarvoiksi annettiin maksimi varrennopeudeksi 1 500 mm/s ja liikematka 30 mm, amplitudi 15 mm. Dynamometri ajaa

keskelle vaimennusmatkaa ja liikuttaa iskunvaimentimen vartta edestakaisin 15 mm molempiin suuntiin ja mittaa eri varren nopeuksilla vaimennusvoimat.

Vakiosäädöissä iskunvaimentimen varrenopeudella $-1\,267,33$ mm/s on sisäänmenovaimennusta $5\,302,30$ N ja varrenopeudella $1\,209,20$ mm/s on ulostulovaimennusta $-9\,849,29$ N. (Liite 3.)

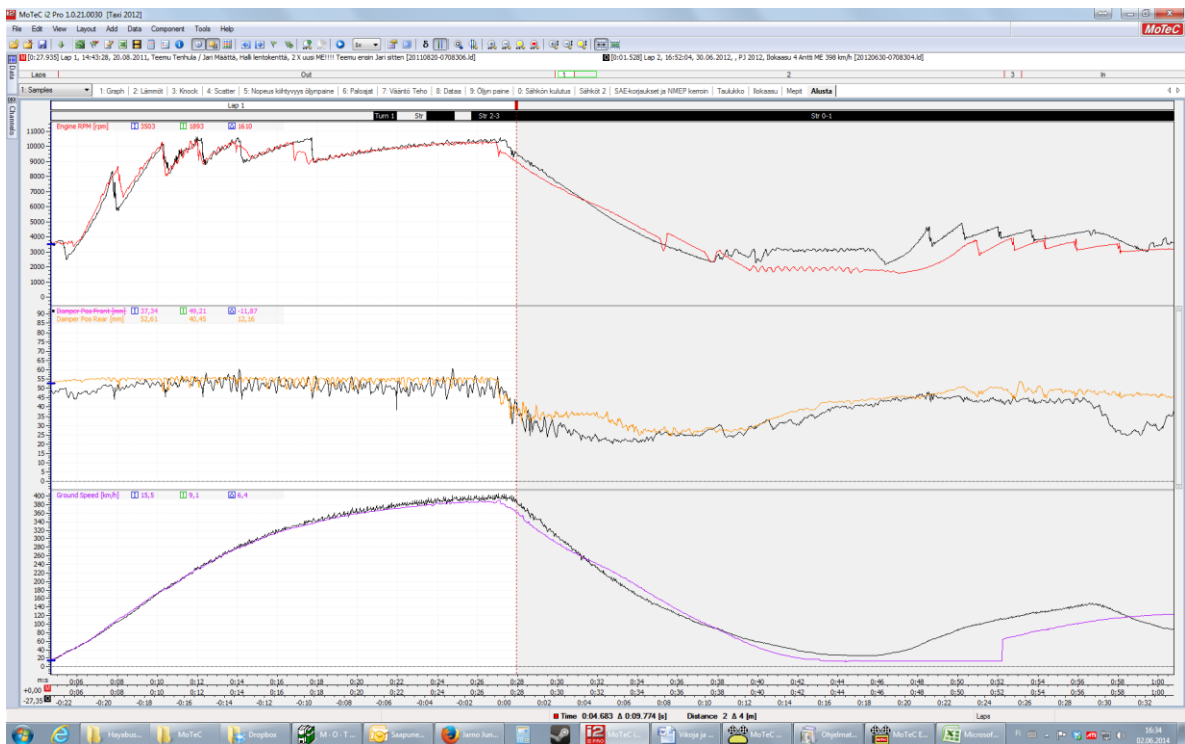
Säädetyssä iskunvaimentimessa, jossa säädettiin sisäänmenovaimennusta jäykemmäksi ja ulostulovaimennusta löysemmäksi, varrenopeudella $-1\,267,67$ mm/s on sisäänmenovaimennusta $5\,732,14$ N ja varrenopeudella $1\,254$ mm/s on ulostulovaimennusta $-9\,812,08$ N. Mittasimme vakio ja säädetyin iskunvaimentimen useilla eri varrenopeuksilla, joiden voimat löytyvät tämän opinäytetyön liitteistä. (Liite 4.)

Sisäänmenovaimennusvoima on edellisistä arvoista laskettuna kasvanut shimmituksen muutoksen jälkeen noin $17,3$ % suuremmaksi ja ulostulovaimennusvoima on vähentynyt noin 4 %.

Näillä muutoksilla saatiin takajousitus toimimaan jousitusalueella kaikissa kilpailuajoissa. Iskunvaimennuksen pohjaanlyöntejä ei päässyt Motecin-tiedonkeruun eikä kuljettajien tuntemuksien mukaan tapahtumaan.

6 MOTEC-TIEDONKERUU

Moottoripyörässä käytettiin Motecin tiedonkeruujärjestelmää apuna myös iskunvaimennuksessa. Suzukiin asennettiin keulan ja takapäähän potentiometrit mittaamaan iskunvaimentimien liikkeitä ajon tapahtuessa. Näin saatiin tarkkaa tietoa iskunvaimennuksen käyttäytymisestä ajon aikana (kuva 12, keskimääräinen data). Kuvan 12 ylempi datarivi kuvaa maksimikierroksia ja alin rivi nopeutta.



KUVA 12. Motec-tiedonkeruu, takaiskunvaimennus keskellä

Motec-järjestelmän keräämästä datasta huomattiin ongelmia vanhassa jousituksen madallusratkaisussa. Nämä olisivat voineet johtaa vaaratilanteeseen, joten uudet alustan säädöt olivat tarpeen. Oranssilla värillä näkyy vanha lentokenttäajo vuonna 2011, jolloin saatiin MM-tulos, ja mustalla värillä vuonna 2012 ajettu MM-tulos, myös lentokentällä ajettuna, mutta iskunvaimennus ja jousitus uusilla säädöillä. Oranssi data osoittaa, että iskunvaimennus on ollut takapästä pohjaanlyöntikumia vasten täysillä kiihdytettäessä, eli töyssyn tullessa ei olisi ollut enää joustoa jäljellä. Musta data säännöllisellä liikkeellä osoittaa, että täy-

sillä kiihdyttäessä iskunvaimennus pysyy rajojen sisällä eikä kulje toista laitaa, eli on ns. alueella, jossa iskunvaimennus on tarkoitus toimia.

7 ERI AJORATOJEN VAIKUTUS SÄÄTÖIHIN

Suola-aavikko oli ajoalustana uusi elementti tiimille. Tiedettiin vain, että siellä on pienempi kitkakerroin kuin asvaltilla, jossa oli totuttu ajamaan. Myös ajon luonne on aavikolla erilainen. Aavikolla voi kiihdytellä rauhassa huippunopeuteen, mutta asvaltilla tehdään täyskiihdytys mailin matkalla.

Suolalla ajaminen oli kuljettajille haasteellinen tehtävä. Aluksi ajoa kokeiltiin suoraan asvalttsäädöillä, mutta pyörän perä alkoi heitellä ja ajaminen oli vaikeaa. Pyöritettiin pikasäädöillä takaiskunvaimenninta löysemmälle, kuin aikaisemmassa Joensuun ennätysajossa, jotta pitoa saavutettaisiin enemmän liukkaalla radalla. Tästä olikin hyötyä, koska moottoripyörä alkoi käyttäytyä johdonmukaisemmin.

Aavikolla nähtiin monia erilaisia säätöjä pyörissä. Joillakin oli jopa niin löysä vaimennus pyörässä, että pyörä oli pelkästään jousien varassa ja jopa käsin painamalla nämä pyörät liikkuvat todella helposti. Aavikolla oli myös erittäin jäykkiä ja lyhytjoustoisia pyöriä vaimennukseltaan. Selvää sääntöä parhaista alustan säädöistä ei siis lähtökohtaisesti suola-aavikolle ollut.

8 YHTEENVETO

Team Force Majorin minulle osoittama iskunvaimennusprojekti oli hyvin haastava, koska lähdekirjallisuutta, jotka uppoutuisivat näin syvälle iskunvaimentimien tekniikkaan, oli rajoitetusti saatavilla. Saman projektin ympärillä tehdyistä toisista opinnäytetöistä sain kuitenkin tätä työtä tukevaa informaatiota (2).

Onnistuin projektissa mielestäni hyvin, koska kuljettajat pitivät iskunvaimennusta ja jousitusta toimivana ja hyvän tuntuisena ajaessa. Saavutimme moottoripyörällä myös uuden maailmanennätyksen Joensuun lentokentällä vuonna 2012, mikä kertoo osaltaan projektin onnistumisesta.

Kaikkiin asetettuihin tavoitteisiin tiimi ei ihan yltänyt, mutta hyviä tuloksia saatiin. Seisovalla maililla asvaltilla viralliseksi loppunopeudeksi jäi 397,41 km/h, joka on uusi maailmanennätys luokassaan. Suola-aavikolla tuli paljon hyvää oppia huippunopeuden siellä ollen hieno 326 km/h. Kokeneet Bonnevillen nopeusajat pitivät tiimin tulosta hyvänä suorituksena, koska oltiin ensimmäistä kertaa suolalla ajamassa ja koska yksi kilpailupäivä jäi ajamatta myrskyn ja kovan vesisateen takia. Suola-aavikosta muodostui tällöin järvi, jossa ajaminen oli mahdollonta.

LÄHTEET

1. Haataja, Mauri 2010. T331005 Opintojakson oppimateriaali 2010. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
2. Kajula, Matias 2012. Suzuki Hayabusan ajotilatutkimus ja soveltuvuus seisovan sekä juoksevan mailin nopeusennätyksiin. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.
3. Bosch, Robert 2003. Autoteknillinen taskukirja. 6. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy.
4. Maunu, Esko 2006. TUNING Moottoripyörän modifiointi. Helsinki: Alfamer Oy
5. Maunu, Esko 2002. Moottoripyörän tekniikka. Helsinki: Alfamer Oy
6. Gorr, Eric 2004. Motocross & Off-Road Performance Handbook. USA: MBI Publishing company
7. Milliken, William F. – Milliken, Douglas L. 1995. Race car vehicle dynamics. USA: Society of Automotive Engineers
8. 2008 Suzuki Hayabusa First Ride Picture 18. 2014. Motorcycle USA, LLC. Saatavissa: www.motorcycle-usa.com/18727/Motorcycle-Photo-Gallery-Photo/2008-Suzuki-Hayabusa-First-Ride.aspx. Hakupäivä 10.6.2014
9. BRP parts catalogs. 1968- 2011 Bombardier Recreational Products Inc. Saatavissa: <http://epc.brp.com/cgi-bin/ImgServ.exe/convert?ilFN=E:%5C%5CEmpartWeb%5C%5Cdata%5C%5CLynx%5C%5C2013%5CL1316%5C29L1316.tif&ilSC=15&ilV=0&ilBR=0&ilIF=P&ilRE=8>. Hakupäivä 10.6.2014
10. Racetech suspension. 2014. Saatavissa: <http://racetech.com/ProductSearch/2/Suzuki/GSX1300R%20Hayabusa/2008-09>. Hakupäivä 10.6.2014

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä

Jarno Redsven

Tilaaja

Team Force Major

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot

Jouni Rissanen

Työn nimi

Suzuki hayabusan kilpa-alustan rakentaminen.

Työn kuvaus

Suunnitella ja toteuttaa nopeusennätysmoottoripyörään sopivat iskunvaimentimien säädöt ja asetukset.

Työn tavoitteet

Kehittää Suzukista nopeampi ja turvallisempi ajaa seisovan mailin suoritukset Suomessa ja lentävän mailin ajo Bonnevillessä suola-aavikolla syksyllä 2013.

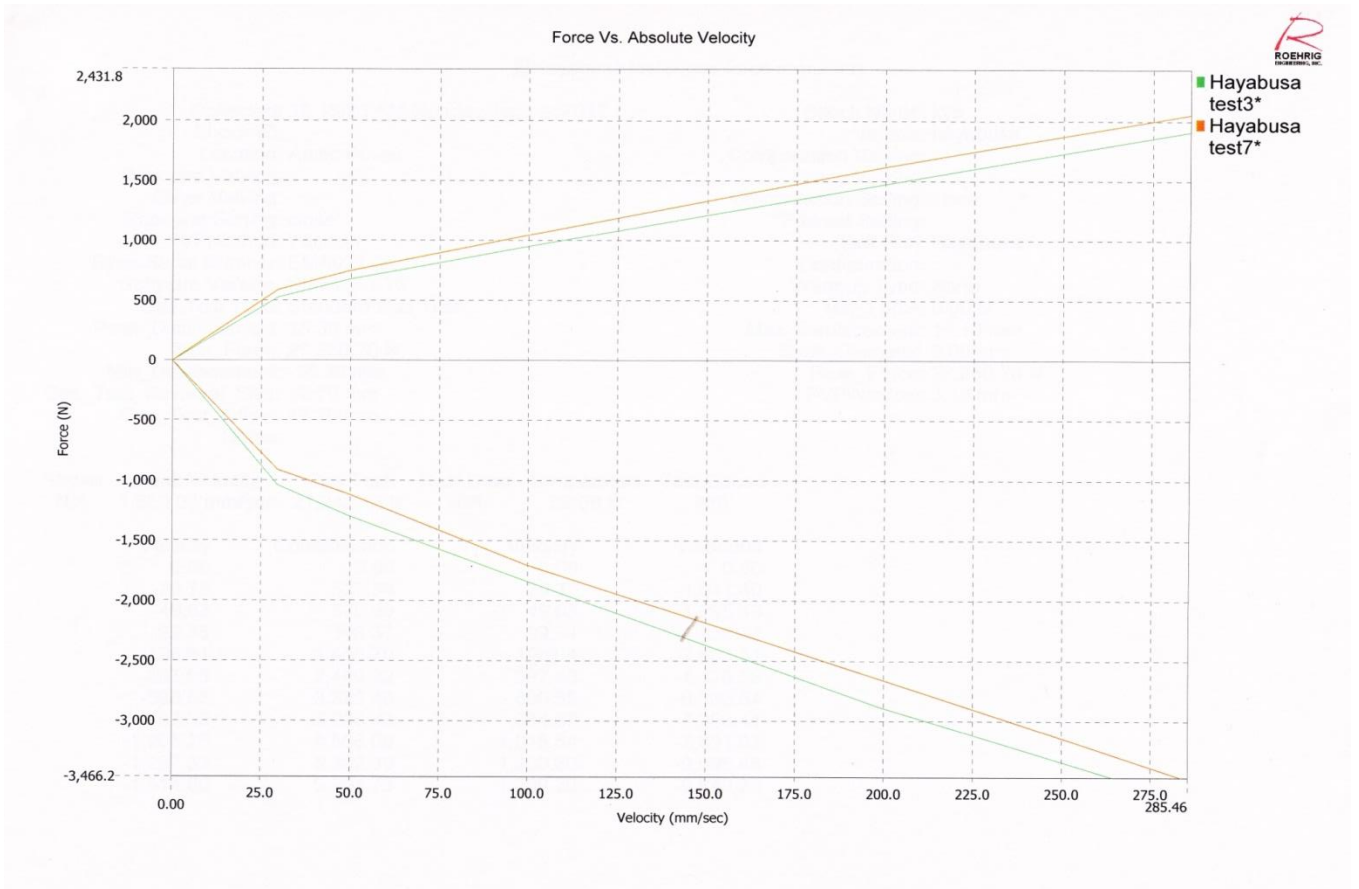
Tavoiteaikataulu

Nopeusennätystapahtuma järjestetään Bonnevillessä elokuun lopussa 2013, jolloin alusta on rakennettu ennen tätä tapahtumaa valmiiksi. Kirjallinen osuus on valmis syksyllä 2013.

Päiväys ja allekirjoitukset

Jouni Rissanen _____

Jarno Redsven _____



■ Hayabusa test3 (gas force removed)

Collected: 12:18:26 AM Monday June 4, 2012	Shock Name: kyb
Shock ID:	Vehicle: hayabusa
Location: Arctic Power	Compression Valving:
Rebound Valving:	Piston Valving:
Other Valving:	Compression Setting: close
Rebound Setting: close	Preload Setting:
PVPMethod: Window	Test Run: Hayabusa
Dyno Serial Number: EMA021 2K	Configuration:
Software Version: Shock 6.3.73	Warmup Type: None
Gas Test Type: Standard Gas Test	Min_Force: 0.00 N
Peak_Displacement: 15.36 mm	Max_Displacement: 15.10 mm
Max_Force: 27,256.70 N	Shaft_Diameter: 0.00 mm
Min_Displacement: -15.36 mm	Peak_Force: 27,256.70 N
Gas_Test_Reversal_Size: 12.70 mm	PVPWindow: 3.18 mm
Gas_Test_Offset: 12.70 mm	
Notes:	

Stroke	Peak Velocity	Gas Test	Seal Drag	Temperature	Test Speed
N/A	1,530.00 mm/sec	21,242.18 N	N/A	32.00 C	N/A
	Velocity	Compression	Velocity	Rebound	
	0.00	0.00	0.00	0.00	
	-29.78	527.54	29.77	-1,041.40	
	-49.63	675.08	49.63	-1,295.13	
	-99.35	946.37	99.34	-1,834.87	
	-198.91	1,468.20	198.94	-2,883.51	
	-397.65	2,480.72	397.88	-4,670.58	
	-598.55	3,323.40	600.55	-6,103.84	
	-797.33	3,936.42	804.67	-7,396.41	
	-1,005.25	4,568.00	1,015.54	-8,691.03	
	-1,267.33	5,302.30	1,200.60	-9,695.46	
	-1,514.80	5,994.73	1,209.20	-9,849.29	

Hayabusa test7 (gas force removed)

Collected: 2:12:17 AM Monday June 4, 2012	Shock Name: kyb
Shock ID:	Vehicle: hayabusa
Location: Arctic Power	Compression Valving: oma1
Rebound Valving: oma1	Piston Valving:
Other Valving:	Compression Setting: close
Rebound Setting: close	Preload Setting:
PVPMethod: Window	Test Run: Hayabusa
Dyno Serial Number: EMA021 2K	Configuration:
Software Version: Shock 6.3.73	Warmup Type: None
Gas Test Type: Standard Gas Test	Min_Force: 0.00 N
Peak_Displacement: 15.39 mm	Max_Displacement: 15.15 mm
Max_Force: 27,752.87 N	Shaft_Diameter: 0.00 mm
Min_Displacement: -15.39 mm	Peak_Force: 27,752.87 N
Gas_Test_Reversal_Size: 12.70 mm	PVPWindow: 3.18 mm
Gas_Test_Offset: 12.70 mm	
Notes:	

Stroke	Peak Velocity	Gas Test	Seal Drag	Temperature	Test Speed
N/A	1,526.00 mm/sec	21,306.02 N	N/A	31.91 C	N/A
	Velocity	Compression	Velocity	Rebound	
	0.00	0.00	0.00	0.00	
	-29.78	591.61	29.77	-910.63	
	-49.63	747.02	49.63	-1,113.97	
	-99.38	1,042.05	99.33	-1,698.31	
	-198.85	1,611.98	198.78	-2,647.10	
	-397.53	2,625.37	398.13	-4,581.37	
	-599.45	3,569.19	600.55	-6,117.78	
	-799.33	4,293.43	804.13	-7,244.75	
	-1,005.00	4,934.34	1,012.62	-8,409.17	
	-1,267.67	5,732.14	1,253.60	-9,751.21	
	-1,513.60	6,427.57	1,254.00	-9,812.08	

