



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU

KONETEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA

MOTOCROSSPYÖRÄN RUNKO JA JOUSITUS

Janne Pulkkinen

KANDIDAATINTYÖ
2016

Ohjaaja: Tapio Korpela

TIIVISTELMÄ

Motocrosspyörän runko ja jousitus

Janne Pulkkinen

Oulun yliopisto, Konetekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö 2016, 34 s.

Työn ohjaaja: Tapio Korpela

Tämä kandidaatintyö kertoo motocrosspyörän rungosta ja jousituksesta, joilla on suuri vaikutus pyörän hallittavuuteen ja ajettavuuteen. Työssä perehdytään rungon osalta runkorakenteisiin ja ohjausgeometriaan, jonka jälkeen tarkastellaan etu- ja takajousituksen perusteita ja niiden tärkeimpiä komponentteja. Lisäksi tutkielman lopussa kerrotaan iskunvaimentimien toiminnasta ja sen muuttamisesta.

Asiasanat: motocross, runko, jousitus, iskunvaimennus

ABSTRACT

Motocross bike frame and suspension

Janne Pulkkinen

University of Oulu, Degree Programme of Mechanical Engineering

Bachelor's thesis 2015, 34 p.

Supervisor: Tapio Korpela

This bachelor's thesis tells about motocross bike frame and suspension which greatly affect the driveability and controllability. First, the work focuses on the frame structure and steering geometry and then the front and rear suspension basic knowledge. I also tell about the function of shock absorbers and how can they be adjusted.

Keywords: motocross, frame, suspension, shock absorber

ALKUSANAT

Kandidaatintutkielman tarkoituksena on antaa lukijalle perusteita motocrosspyörän rungosta ja jousituksesta. Tämän lisäksi perehdyn jousituksen toiminnan muuttamisen olennaisiin näkökulmiin. Tutkielman toteutin kirjallisuuskatsauksena erilaisia aiheeseen liittyviä lähteitä hyödyntäen. Kiitän kandidaatintyöni ohjaamisesta yliopisto-opettajaa Tapio Korpelaa. Hän auttoi minua aiheen valinnassa ja opasti työn teossa.

Oulu, 19.4.2016

Janne Pulkkinen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

MERKINNÄT JA LYHENTEET

1 JOHDANTO	7
2 RUNKO	8
2.1 Painopiste ja painon jakaantuminen	8
2.2 Runkorakenteet	9
2.3 Ohjausgeometria	11
3 JOUSITUS	13
3.1 Takajousitus	14
3.1.1 Progressiivisuus	14
3.1.2 Takahaarukka.....	16
3.2 Etujousitus.....	16
3.3 Jouset.....	19
3.3.1 Progressiivisuus	20
3.3.2 Esijännitys.....	21
3.4 Iskunvaimentimet.....	23
3.4.1 De Carbon -iskunvaimennin	23
3.4.2 Iskunvaimentimen säätäminen.....	24
3.4.3 Jousilevyventtiili.....	25
3.4.4 Cartridge-haarukka	27
4 YHTEENVETO	31
5 LÄHDELUETTELO.....	33

MERKINNÄT JA LYHENTEET

D	kierteen halkaisija
d	jousilangan halkaisija
G	Liukumoduuli
K	jousivakio
K_{kok}	jousien yhteinen jousivakio
K_1	jousen 1 jousivakio
K_2	jousen 2 jousivakio
n	kierteiden lukumäärä

1 JOHDANTO

Valitsin kandidaatintyön aiheeksi motocrosspyörän rungon ja jousituksen, koska motocrosspyörät ovat kiehtoneet minua jo kauan. Olen harrastanut myös motocrossia yli 10 vuotta, ja viimeisten vuosien aikana olen kiinnostunut tarkemmin jousituksesta ja sen säätämisestä. Tämän vuoksi halusin tarkastella tarkemmin rungon ja jousituksen perusteita ja perehtyä iskunvaimentajien toimintaan.

Tässä tutkielmassa motocrosspyörän tarkastelu on rajattu sen runkoon ja jousitukseen. Rungolla ja sen geometrialla on iso vaikutus jousitukseen ja mielestäni nämä lukeutuvat motocrosspyörän olennaisiin osiin. Motocrossrata sisältää paljon epätasaisuuksia, joten jousitusta voidaan pitää pyörän tärkeimpänä ominaisuutena. Huonon rungon ja jousituksen omaavalla pyörällä on mahdoton menestyä kilpailuissa, joten tieto rungon ja jousituksen toiminnasta on olennaista pyörää säädettäessä.

Teknillinen kehitys motocrosspyörän rungon ja jousituksen saralla on ollut kiinnostavaa. Motocrosspyörien valmistajat pyrkivät kehittämään jatkuvasti uusia innovatiivisia ratkaisuja pärjätäkseen kilpakentillä ja keskinäisessä kilpailussa. Ymmärtääkseen uusimpia teknillisiä ratkaisuja on jo omattava laajaa tietämystä jousituksen perusteista.

Tutkielman alussa tarkastellaan motocrosspyörän rungon perusteita, jonka jälkeen perehdytään jousitukseen ja iskunvaimentimien toimintaan syvemmin. Tutkielman päätavoite on syventyä motocrosspyörän rungon ja jousituksen tekniikkaan mahdollisimman kattavasti. Haluan myös parantaa omaa tietotaitoani, jota voin hyödyntää käytännössä ajaessani motocrossia. Samalla työssä tarjotaan myös muille lisätietoa aiheesta, sillä tästä ei ole paljon suomenkielistä tutkimusta. Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena.

2 RUNKO

Runkoa pidetään kaksipyöräisissä moottoriajoneuvoissa kriittisenä selkärankana. Siihen kiinnittyvät moottori, etu- ja takahaarukat sekä monet muut osat. Motocrosspyörän rungon tulisi olla riittävän luja ja jäykkä, jotta välttyttäisiin sen notkuilemiselta ja vääntyilyltä ajettaessa. Ajon aikana etu- ja takapyörän on pysyttävä linjassa toisiinsa nähden, jotta jousitus ja ohjaus toimisivat oikealla tavalla. Rungon keveys on myös todella tärkeää, koska ylimääräinen paino vaikuttaa heikentävästi suorituskykyyn ja pyörän ajo-ominaisuuksiin. Monesti ei tulla ajatelleeksi, että rungolla on merkittävä vaikutus motocrosspyörän ominaisuuksiin. Liian heikkorakenteinen runko voi pahimmassa tapauksessa hajota tai vääntyä kesken ajon. Rungon suunnittelussa on huomioitava sekä geometriset että rakenteelliset vaatimukset. (Mauno 2002: 9.1; Coombs 2002: 9.1.)

2.1 Painopiste ja painon jakaantuminen

Motocrosspyörillä, kuten myös muillakin kaksipyöräisillä on painopiste, johon pyörän koko painon kuvitellaan keskittyneen. Sen sijainti määräytyy rungon geometriasta ja siihen kiinnittyneistä osista. Moottorilla on merkittävä vaikutus painopisteeseen, koska se on yksi pyörän painavimpia komponentteja. (Mauno 2002: 9.1)

Painopisteen sijainnilla ja painon jakaantumisella etu- ja takapyörälle on iso vaikutus motocrosspyörän käyttäytymiseen. Niiden vaikutus tulee esille muun muassa kiihdytyksessä, jarrutuksessa ja kaarreaajossa. Painopisteen korkeus vaikuttaa siihen, miten paino siirtyy etu- ja takapyörän välillä kiihdytyksessä ja jarrutuksessa. Painon siirtyminen vaikuttaa puolestaan renkaiden kitkavoimaan kummassakin tilanteessa. Esimerkiksi jarrutuksessa painopiste pyrkii siirtymään eteenpäin, jolloin etupyörän kitkavoima kasvaa ja pysähtyminen paranee. Mikäli painopiste on liian korkealla, pyörän reagoiminen ohjausliikkeisiin kaarreaajossa hidastuu merkittävästi. On siis löydettävä oikeanlainen kompromissi, jotta motocrosspyörää olisi helppo käsitellä pienissä nopeuksissa ja esimerkiksi sivuluistoon lähtiessä. (Mauno 2002: 9.1–9.2)

2.2 Runkorakenteet

Lujuus, jäykkyys ja keveys ovat motocrosspyörän rungolle asetettuja rakenteellisia vaatimuksia. Rungon tulee myös tarjota kiinnityspisteet siihen kiinnitettävälle osille ja osakokonaisuuksille, kuten etujousitukselle ja moottorille. Runkoon kohdistuu väistämättä suurta rasitusta, ja siitä huolimatta sen on pysyttävä täsmälleen oikeassa muodossa, jotta pyörän ajettavuus säilyisi. Pienikin taipuminen tai vääntyminen aiheuttaa ajo-ominaisuuksien heikkenemisen. (Mauno 2002: 9.2–9.3; Seeley: 108)

Rungon valmistusmateriaalina käytetään pääasiassa terästä ja alumiiniseosta. Teräs omaa hyvät lujuus ominaisuudet, sekä sitä on helppo hitsata. Nykyisin erittäin yleinen valmistusmateriaali on kumminkin alumiiniseos. Alumiinin ominaispaino on vain noin kolmasosa teräksen ominaispainosta, mutta siitä löytyy myös huonompiakin puolia. Alumiini on lujuudeltaan heikompaa kuin teräs ja hinnaltaan kalliimpaa. Alumiini on kumminkin erinomainen rungon valmistusmateriaali, koska siitä on mahdollista rakentaa jäykkä ja kevyt runko. Rungon jäykkyyttä voidaan parantaa muuttamalla runkoputkien poikkipinta-alaa isommaksi, joten alumiini rungot ovat hieman erilaisia verrattuna teräksiseen. (Mauno 2002: 9.3; Seeley: 109)

Nykypäivänä motocrosspyörien rungot ovat pääasiassa valmistettu alumiiniseoksesta. KTM on ainoa valmistaja, joka luottaa vielä tänäkin päivänä teräsrunkoihin, *ks. kuva 1*. Uskon, että teräsrungolla KTM haluaa parantaa rungon kestävyyttä ja lujuutta verrattuna muihin valmistajiin ja näin ollen pärjätä valmistajien välisessä kilpailussa. Vaikka päärunko KTM pyörissä on terästä, niin takarunko on tehty silti alumiinista. Takarunkoon ei kohdistu niin suuria voimia tai rasituksia, joten se voidaan tehdä kevyestä alumiinista.



Kuva 1. KTM motocrosspyörän runko. (Motorcycle-usa.com: 2007)

Verratessa alumiinirunkoa teräsrunkoon, voidaan huomata, että alumiinirunko on teräsrunkoa massiivisempi, ks. kuva 1 ja 2. Alumiinirungossa on myös käytetty paljon valettuja osia. Valetut osat nopeuttavat ja helpottavat rungon valmistamista ja näin pienentävät sen valmistuskustannuksia.

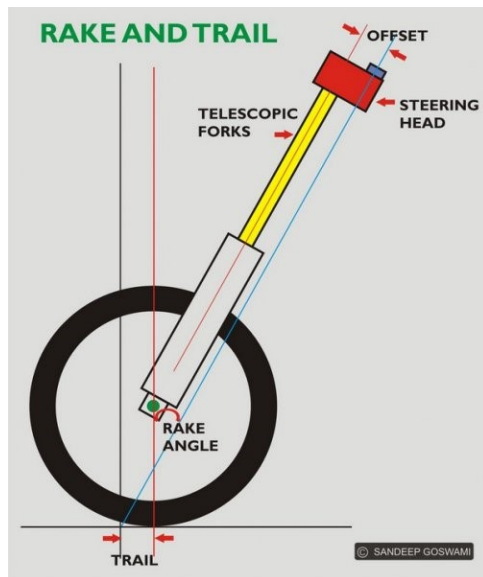


Kuva 2. Kawasaki motocrosspyörän runko. (Dirtaction.com.au: 2012)

2.3 Ohjausgeometria

Motocrosspyörän ohjaaminen tapahtuu pääasiassa kallistamalla pyörää, mutta etupyörää on kuitenkin oltava käännettävissä. Etuhaarukan rakenne koostuu pääasiassa haarukkaputkista, ylä- ja alakolmioista ja ohjausputkesta. Motocrosspyörän, niin kuin kaikkien muidenkin moottoripyörien ohjauksen ominaisuuksiin, vaikuttavat eniten ohjausjätö sekä caster-kulma. Ohjausputken suuntaisen suoran ja pystysuoran välistä kulmaa kutsutaan caster-kulmaksi (Mauno 2002: 7.13), *ks. kuva 3*. Lisäksi hallittavuuteen vaikuttaa myös eturenkaan halkaisija ja sen hitausmomentti. Pitkäliikkeiset ja pehmeät iskunvaimentimet muuttavat ohjauskulmia jouston aikana ja se tuo ongelmia ohjausgeometrian suunnittelussa. Ohjausgeometrialle on siis vaikea löytää ihannearvoja, koska jo pelkästään erilaiset jousituksen säädöt muuttavat pyörän käyttäytymistä ajotilanteissa. (Tiittanen 1983: 157–161 ; Mauno 2002: 7.13)

Caster-kulman oltaessa nolla, eli ohjausputken suuntainen linja on täysin pystysuorassa, eturengas pääsee kääntymään vapaasti pysty akselin suhteen. Silloin pienen kallistuksen seurauksena eturengas siirtyy kallistuksen suuntaan. Korkealla sijaitseva massapiste ei hitautensa takia ehdi siirtymään eturenkaan suuntaan, joten pyörä lähtee kallistumaan vastakkaiseen suuntaan. Uusi kallistuminen aiheuttaa vastakkaisen suuntaisen reaktion, jonka seurauksena pyörä alkaa heilua puolelta toiselle. Tämä heiluminen aiheuttaa jatkuessaan pyörän hallinnan menettämisen ja kaatumisen. Jos vuorostaan caster-kulma olisi 60 astetta, eli ohjausputken suuntainen linja osoittaisi melkein taaksepäin, niin tällöin eturenkaasta syntyvä hyrrämomentti otettaisiin vastaan etuhaarukan tukivoimilla. Hyrrämomentti yrittää siis kääntää rengasta haarukkaputkiin nähden kohtisuorassa. Isolla caster-kulmalla hyrrämomentti kumoutuu ja eikä siten helpota pyörän kääntymistä. Pyörää joudutaan kääntämään voimakkaasti ohjaustangosta, ja näin ollen ohjauksesta tulee hidas ja vakaa. Motocrossissa ohjauksen tulee olla nopea ja vakaa, joten caster-kulmaksi tulee löytää sopiva arvo. Caster-kulma motocrosspyörissä on normaalisti 26- ja 30 asteen välissä. (Tiittanen 1983: 157–160)



Kuva 3. Caster-kulma ja ohjausjättämä. (Xbhp.com: 2014)

Ohjausjättämä tarkoittaa ohjausputken suuntaisen linjan ja maanpinnan välisen leikkauspisteen sekä etuakselin kautta vedetyn maahan nähden kohtisuoran tason välinen etäisyys, ks. kuva 3. Sitä muuttelemalla voidaan vaikuttaa pyörän käyttäytymiseen ajossa. Ohjausjättöä suurentaessa etupää laskeutuu ohjauksen ääriasennoissa alaspäin, joten ohjaus pyrkii pyörähtämään keskiasennosta jommallekummalle puolelle. Renkaan ja maan välinen kosketuspinta siirtyy myös kauemmaksi pyörän keskilinjalta. Kosketuspinnan etäisyydellä keskilinjasta on iso merkitys kaarreaajossa, koska se ja renkaaseen vaikuttava sivuttaiskitkavoima muodostaa renkaan oikaisevan momentin. Tämä oikaiseva momentti ei ole mutkissa kovinkaan hyvä asia, koska silloin ohjaus pyrkii suoristumaan ja pyörällä on vaikea ajaa tiukkaa mutkaa. Suorilla se kumminkin vakauttaa ohjausta, jos esimerkiksi eturengas pääsee heilahtamaan töyssystä hieman sivulle. Suuri ohjausjättö helpottaa myös pyörän hallintaa etujarrulla jarruttaessa rauhoittaen ohjaustangon heilumista. Ohjausjätön määrä määräytyy pitkälti pyörän käyttökohteen mukaan, ja se on myös sidoksissa caster-kulmaan. Motocrosspyörissä tavallisesti ohjausjättö on 110- ja 135 millimetrin välillä. (Tiittanen 1983: 157–161)

3 JOUSITUS

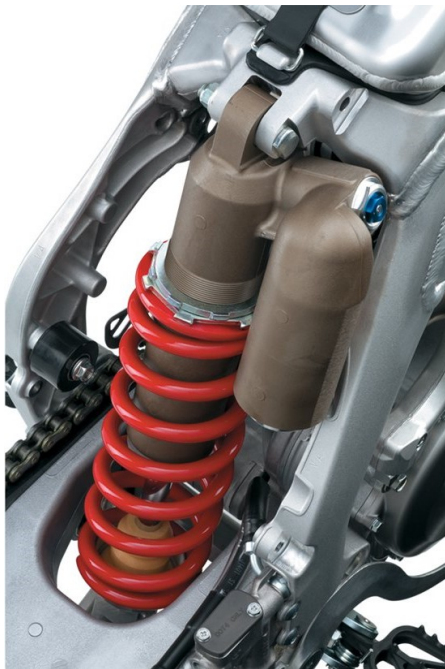
Motocrosspyörän jousituksella ja iskunvaimennuksella on kaksi tehtävää. Ensimmäiseksi jousituksen ja iskunvaimennuksen pitää saada pyörä etenemään tasaisesti radan kuopista, töyssyistä ja epätasaisuuksista huolimatta. Toiseksi niiden tehtävänä on estää renkaiden pomppiminen radalla, minkä radan epätasaisuudet saavat aikaan. Renkaan pomppimisen estämisellä saadaan pyörän renkaan ja radan välille kitkavoima joka ajotilanteeseen. Ilmassa olevassa renkaassa ei esiinny kitkavoimia ja siitä syystä ajaminen on sitä vaikeampaa ja vaarallisempaa mitä enemmän renkaat pomppivat. (Mauno 2002: 7.1; Seeley: 110)

Yksinkertaistettuna minkä tahansa moottoripyörän jousitusjärjestelmä voidaan esittää kaksimassajärjestelmänä. Toinen massoista on jousittamaton massa ja toinen jousitettu massa. Jousittamattomaan massaan kuuluvat muun muassa renkaat, vanteet ja jarruosat. Jousitettuun massaan kuuluvat runko, moottori ja polttoainesäiliö. Etu- ja takahaarukat iskunvaimentimiseen kuuluvat osittain molempiin massoihin. Motocrosspyörän renkaan törmätessä esteeseen, rengas ja runko nousevat ylöspäin. Runko nousee pyörän jousien työntämänä. Nousuliikkeen voimakkuus määräytyy jousten jäykkyydestä ja pyörän massasta. Mitä pienempi jousittamaton paino on verrattuna jousitettuun painoon, sitä paremmin motocrosspyörä pystyy vastustamaan renkaan liikkeitä. Tästä suhteesta riippuu se, miten rengas seuraa radan pintaa. Jousitetun painon lisääminen parantaisi myös suhdetta, mutta lisäpainon tuominen ei ole ikinä hyvä asia. Tästä syystä kilpapyörissä panostetaan paljon jousittamattoman massan vähentämiseen. (Mauno 2002: 7.1–7.2)

Renkaat toimivat jousittamattomalle massalle pienenä jousituksena. Renkaat joustavat ja vaimentavat vähän iskuja, jotka syntyvät esimerkiksi radalla olevista pateista. Hitaalla vauhdilla liikkuvissa ajoneuvoissa, esimerkiksi traktoreissa, ilmatila sekä renkaan kumi pystyvät vaimentamaan iskut tarpeeksi hyvin, ja näin erillistä jousitusta ei tarvita. Motocrosspyörien ja muidenkin moottoripyörien vauhti on kumminkin paljon suurempi, joten erillinen jousitus on tarpeen. (Mauno 2002: 7.1)

3.1 Takajousitus

Motocrosspyörrien takajousituksessa käytetään hyvin yleisesti yhdistettyä jousi-iskunvaimenninelementtiä. Tämä tarkoittaa sitä, että jousi ja iskunvaimennin ovat kasattu yhdeksi kokonaisuudeksi, ks. kuva 4. Aivan yhtä hyvin ne voitaisiin asettaa myös erilleen toisistaan. Takajousituksen tärkeimpiä komponentteja ovat jousi, iskunvaimennin, takahaarukka ja mahdollisesti vipumekanismi. Jousituksesta tulee tehdä jollakin tapaa progressiivinen, jotta se vastaa nykyajan tarpeita. (Mauno 2002: 8.1–8.12; Tiittanen 1983: 133–134) Iskunvaimentimessa on yleisesti monia säätimiä, joista voidaan säätää vaimennuksen toimintaa.



Kuva 4. Motocrosspyörän takajousitus. (Blog.motorcycle.com: 2012)

3.1.1 Progressiivisuus

Progressiiviset takajousitusratkaisut syrjäyttivät aikanaan lineaariset vaihtoehdot. Yleensä progressiivisuutta jousitukseen haetaan muuttamalla jousituksen vipusuhdetta jouston aikana. Vipusuhte muuttuu niin, että jousitus jäykkenee sitä enemmän, mitä enemmän jousitus joustaa. Vipusuhteen muuttuminen voidaan toteuttaa asentamalla

iskunvaimentaja noin 45-asteen kulmaan takahaarukkaan tai käyttämällä erilaisia vipumekanismeja. Kun jousi-iskunvaimentajaelementti asennetaan viistoon, painuu iskunvaimentaja jouston alussa vain vähän sisään. Joustoliikkeen pidentyessä iskunvaimentajan ja takahaarukan välinen kulma kasvaa, jolloin iskunvaimentajan liike kasvaa samassa suhteessa. Tämä kasvattaa myös jousijäykkyyttä, ja näin jousitus jäykkenee. (Tiittanen 1983: 133–134 ; Mauno 2002: 8.10–8.12)

Vipumekanismeissa joustoliikkeen aikana vivut saavat aikaan vipusuhteen muuttumisen ja jousijäykkyyden suurenemisen. Vipumekanismeilla saadaan jousitukseen sopiva progressiivisuus ja siten haluttu toiminta. Vipusysteemit valmistetaan alumiinista ylimääräistä painoa välttämällä. Ne on myös suunniteltava tarkoin, koska niiden tulee kestää suuria voimia ja rasituksia. Vipumekanismi tuo jousitukseen lisää nivelpisteitä, jotka lisäävät kuluvien osien määrää, *ks. kuva 5*. Holkkeja ja laakereita on muistettava huoltaa, jotta mekanismiin ei tule väljyyttä tai takertelua. (Tiittanen 1983: 133–134 ; Mauno 2002: 8.10–8.12)

Nykypäivänä jokainen motocrosspyörävalmistaja käyttää takajousituksessaan vipumekanismeja, *ks. kuva 5*. KTM luotti vielä 2000-luvulla takajousitukseen, jossa ei ollut vipusysteemiä, mutta nyt myös he ovat siirtyneet vipumekanismiin. Vipumekanismista käytetään puhekielessä myös nimitystä linkku. Se tulee englanninkielisestä sanasta linkage, joka tarkoittaa kyseistä vipumekanismia.



Kuva 5. Vipumekanismi. (Motocrossactionmag.com: 2013)

3.1.2 Takahaarukka

Takahaarukka tai toiselta nimeltä keinuhaarukka on U-kirjaimen muotoinen rakenne. Etupäästä se on laakeroitu runkoon moottorin takapuolelle, ja takapästä se kiinnittyy pyöränakselin avulla takarenkaseen. Etupäässä voidaan käyttää myös moottoria hyväksi. Takahaarukan ja rungon välille on myös sijoitettu jousi-iskunvaimenninelementti. Se asettuu renkaan ja rungon väliin. Takahaarukan laakeroinnissa käytetään yleensä rulla- ja kuulalaakereita. (Mauno 2002: 8.1–8.5; Seeley: 115)

Takahaarukat on valmistettu monien vuosien ajan teräksestä. Teräksestä tehdyt takahaarukat olivat painavia, mikä lisäsi näin ollen pyörän jousittamatonta painoa, koska takahaarukka kuuluu suurimmaksi osaksi siihen. Painon vähentämiseksi takahaarukoita ryhdyttiin tekemään alumiinista. Riittävän jäykän rakenteen saaminen alumiinista edellyttää massiivisempaa rakennetta. Massiivisempi rakenne saadaan aikaan kevyillä ja ontoilla putkilla, jotka eivät kasvata haarukan kokonaispainoa. (Mauno 2002: 8.2; Seeley: 115)

Takajousituksen ja takahaarukan suunnittelussa on tärkeä ottaa huomioon ketjun kiristyminen, jota tapahtuu takahaarukan joustoliikkeen aikana. Tärkeää olisi saada takahaarukan etupään akselointi mahdollisimman lähelle moottorin ketjupyörää, kun voimansiirrossa on käytössä rullaketju. Mitä lähempänä takahaarukan akselointi olisi toisioakselia, niin sitä paremmin ketjun kireys pysyisi muuttumattomana. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, joten ketjun pitää olla sopivan löysällä, jotta takahaarukan liikkuminen on mahdollista. Ketjun pituutta voidaan muuttaa säätämällä takapyörän etäisyyttä toisioakselista takahaarukan suunnassa. (Mauno 2002: 8.4–8.5)

3.2 Etujousitus

Etujousituksena käytetään melkein poikkeuksetta teleskooppihaarukkaa. Teleskooppihaarukassa on renkaan kummallakin puolella sisempi ja ulompi haarukkaputki. Kummallakin puolella putkien sisällä on tavallisesti jousi ja iskunvaimennin. Jos teleskooppihaarukka on rakennettu niin, että uloimmat

haarukkaputket sijaitsevat ylempänä ja sisemmät putket alempana, niin keulasta käytetään nimitystä *upside-down*-etuhaarukka. Ks. kuva 6. Tällä ratkaisulla saadaan etuhaarukasta jäykempi rakenteinen, jotta haarukkaputket eivät taipuili ajaessa. Upside-down- haarukassa huono puoli on se, että tämä lisää jousittamatonta massaa, koska teräksestä valmistetut painavammat putket ovat alempana ja alumiinista valmistetut kevyemmät ulkoputket ylempänä. (Mauno 2002: 7.2–7.4; Seeley: 111)



Kuva 6. *Upside-down*- haarukka. (Vitalmx.com: 2010)

Teleskooppihaarukan toimintaan vaikuttaa paljon ulko- ja sisäputkien välinen kitka. Nykyään sen vähentämiseksi etuhaarukoissa käytetään teflonista valmistettuja öljyvuideltuja liukuholkkeja. Sisäputki liukuu teflon holkkien ohjaamana ulkoputken sisällä vähäisellä kitkalla. (Mauno 2002: 7.4)

Etujousituksen toiminta pitää olla takajousituksen tavoin progressiivista. Progressiivisuuden saavuttamiseksi on etujousituksen tapauksessa kaksi eri vaihtoehtoa. Ensimmäinen vaihtoehto on asentaa haarukkaputkien sisään kaksi eri jäykkyydellä olevaa joustia. Silloin sisään joustossa löysempi jousi painuu kokoon aikaisemmin ja sen jälkeen vasta jäykempi jousi. Näin jousivoima kasvaa jouston kasvaessa ja tuo progressiivisuuden joustoon. Toinen vaihtoehto, mitä huomattavasti yleisemmin käytetään, on varsinainen progressiivinen jousi. Jousi on valmistettu niin, että sen toisessa päässä on tiheämpi kierre ja puristuessa kokoon se muuttuu koko ajan jäykemmäksi. Progressiivinen jousi on vaativa ja siksi kallis valmistaa. (Mauno 2002: 7.4)

Teleskooppihaarukan jousen jäykkyyttä ja iskunvaimennuksen vaimennustehoa voidaan säätää nykyään helposti jokaiseen tilanteeseen sopivaksi. Jousen jäykkyyttä säädetään esijännitystä lisäämällä tai vähentämällä. Iskunvaimennusta voidaan säätää sekä sisään ja ulos liikkeelle. Säättäminen tapahtuu yleensä haarukkaputken säätimistä ylä- tai alapäästä ja tärkeää on tehdä samat muutokset kummallekin haarukkaputkelle. (Mauno 2002: 7.7–7.8) Iskuvaimentimien toimintaan perehdytään myöhemmin.

Nykyään markkinoille on myös tullut ilmajousitetuja ja ilma-avusteisia teleskooppihaarukoita. Ilmajousitetussa keulassa jousena toimii ilma, ja siitä puuttuu kokonaan tavalliset jouset. Ilman puristuessa sen paine kasvaa, joten sen toiminta on progressiivista. Ilman käyttäminen jousena on oivallinen idea, mutta haastavana puolena siinä on tiiveys. Ilmajousitetussa keulassa on kova ilmanpaine. Haarukkaputki on vaikea saada niin tiiviiksi, että siitä ei vuotaisi yhtään ilmaa pois. Ilma-avusteisessa haarukassa ilma toimii lisäjousena. Silloin toisena jousena voidaan käyttää lineaarista joustia, mutta ilmalla keulaan saadaan aikaan haluttu progressiivisuus. Ilma-avusteisessa keulassa ilmanpaine on huomattavasti pienempi kuin ilmajousitetussa, joten keulan tiiveys on helpompi toteuttaa. Toinen hyvä puoli on myös se, että ilmavuodon sattuessa keula ei laskeudu pohjaan. Sekä ilmajousitetussa ja ilma-avusteisessa haarukassa ilma toimii vain jousena, jolloin iskunvaimentajat ovat myös normaaliin tapaan haarukan sisällä. (Mauno 2002: 7.5–7.7; Shoemark 1987: 87) Ilmajousitetujen ja avusteisten haarukoiden jousivoimaa voidaan yleensä säätää muuttamalla ilmanpainetta keulan säiliössä.

3.3 Jouset

Niin kuin edellä on tullut ilmi, etu- ja takajousituksessa käytetään melkein poikkeuksetta kierrejousta. Kierrejousen hyvä puoli on lämpötilan vaikuttamattomuus jäykkyyteen. Siitä voidaan tehdä myös progressiivinen. Oikeastaan ainoa kierrejousen heikkous on sen paino. Jousen paino kasvaa suuremmaksi jäykkyyden lisääntyessä ja paino ei ole ikinä hyödyksi motocrosspyörissä. (Tiittanen 1983: 154)

Kierrejousen jousaessa jousilanka ei taivu, vaan jousi kiertyy. Kiertyminen aiheuttaa jouseen vääntöjännityksen, joka on suurimmillaan jousilangan pinnassa. Jousi valmistetaan siten, että vääntöjännitys on maksimissaan noin 60–70 % myötörajasta. Jousi ei siis oikein valmistettuna ylitä suurimmallakaan painaumalla myötörajaa ja näin se palautuu täyteen mittaan kuorman poistuttua. Jouset voivat kumminkin käytön alkuvaiheessa painua jonkin verran, ja tämä selittyy valmistuksessa jääneillä jännityksillä. Jännitykset tasaantuvat kumminkin nopeasti ja jousen painuminen loppuu. (Tiittanen 1983: 154)

Kierrejousen jousivakion voi laskea kaavasta (1) (Tiittanen 1983: 154):

$$K = (G \cdot d^4) / (8 \cdot n \cdot D^3) \quad (1)$$

missä

- K on jousivakio (N/mm)
- d on jousilangan halkaisija (mm)
- D on kirteen halkaisija (mm)
- n on kierteiden lukumäärä (kpl)
- G on materiaa liukumoduuli (N/mm²)

Jousivakio kuvaa jousen jäykkyyttä, eli sitä miten kovalla voimalla se vastustaa josta kasaan painavaa voimaa. Jousivakion kaavasta voi huomata, että siihen vaikuttaa moni asia. Yleisesti jousen valmistusmateriaali on teräs, joten sen liukumoduulina käytetään arvoa 85000 N/mm². Valmistusmateriaalina voidaan käyttää myös parempia teräslaatuja, jotka kestävät korkeampaa vääntöjännitystä. Silloin voitaisiin pienentää jousilangan halkaisijaa ja pudottaa kierremäärä jopa puoleen. Materiaaliparannuksilla

voidaan siis pudottaa painoa, mutta samalla se kasvattaisi myös valmistuskustannuksia. (Tiittanen 1983: 154–155)

3.3.1 Progressiivisuus

Linearisessa jousessa jousivoima kasvaa suoraan verrannollisena sen kokoonpuristumaan. Progressiivisessa jousessa jousivoima taas kasvaa suurentuen jousen kokoon puristuessa. On kolme tapaa tehdä progressiivisia jousia. Ensimmäinen tapa on tehdä jouseen muutamia tiheämpiä kierteitä toiseen päähän, jolloin jouston alkupäässä kaikki kiertet ovat toiminnassa ja jousi on tällöin pehmeä. Painauman lisääntyessä tiheämmät kiertet ovat kiertyneet kasaan ja toiminnassa on enää vain harvemmat kiertet. Tällöin jousivoima kasvaa, koska toimivien kiertetiden määrä vähenee. Toinen valmistusvaihtoehto on tehdä jousi sellaisesta jousilangasta, jonka halkaisija kapenee päitä kohti. Tällöin jousen kumpaankin päähän tulee jousivoimaltaan löysemmät kohdat. Jousen painuessa aluksi joustavat päiden ohuet kiertet ja lopussa vain jousen keskellä olevat paksut kiertet. Tällä valmistusvaihtoehdolla jousesta saadaan kevyempi, mutta valmistuskustannuksiltaan kalliimpi kuin edellinen vaihtoehto. Kolmas vaihtoehto on käyttää jousituksessa kahta eri jäykkyydellä olevaa joustaa. Toinen, yleensä löysempi ja lyhempi jousi joustaa liikkeen alussa ja antaa näin pehmeän alkupuristuman. Jouston kasvaessa jäykempi jousi rupeaa joustamaan ja tekee jousituksen jäykemmäksi lopussa. Kahdesta eri jousesta koostuva jousi antaa laajat säätömahdollisuudet, koska erillisiä jousia voidaan vaihtaa toisesta riippumatta. Näin saadaan monta eri jousivaihtoehtoa, ja progressiivisuutta voidaan säädellä helposti. Jouston alkuosaan vaikuttaa jousien yhteinen jousivakio ja löysemmän jousen painuessa kasaan joustoon vaikuttaa vain jäykemmän jousen jousivakio. *Ks. kaavat 1 ja 2;* (Tiittanen 1983: 155–156)

Kierrejousien yhteisen jousivakion voi laskea kaavalla (2) (Tiittanen 1983: 155):

$$K_{\text{kok}} = (K_1 * K_2) / (K_1 + K_2) \quad (2)$$

Missä K_{kok} on jousien yhteinen jousivakio (N/mm)

K_1 on jousen 1 jousivakio (N/mm)

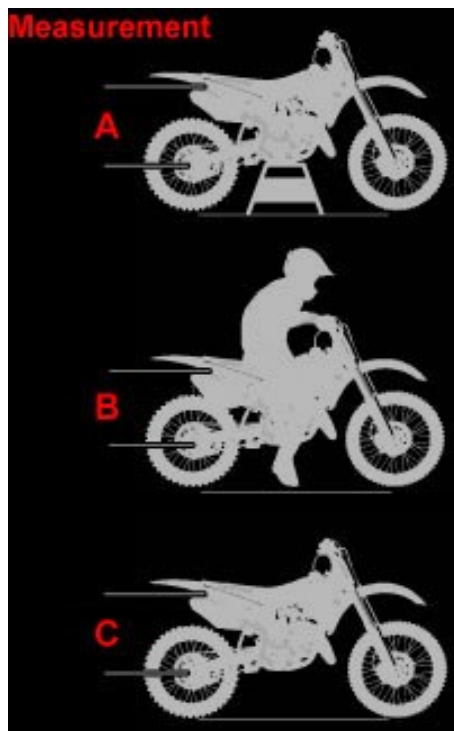
K_2 on jousen 2 jousivakio (N/mm)

3.3.2 Esijännitys

Esijännitys tarkoittaa sitä, kuinka paljon jouta on puristettu kasaan todellisesta pituudesta, ja se vaikuttaa jousijäykkyyteen. Esijännitystä muutetaan siihen tarkoitettulla säätimellä, joka pakottaa jouta painumaan kasaan. Etujousituksessa esijännityksen säätäminen tapahtuu yleensä etuputkien yläpään säätimestä. Takajousituksessa säätö tapahtuu normaalisti jousen yläpäästä säätömutteria kiertäen. Jousen esijännityksellä ei vaikuteta jousituksen kovuuteen tai pehmeuteen, vaan motocrosspyörän painaumaan. Painauma on jousituksen periksi antama mitta, joka aiheutuu laskettaessa motocrosspyörä maahan. Se johtuu pyörän omasta massasta. Esijännitystä lisäämällä pyörän painauma pienenee, mutta jousijännitys on sama, kuin mikä se olisi pienemmällä esijännityksellä ja isommalla painaumalla. Esijännityksellä siis muutetaan pyörän etu- ja takapään ajokorkeutta, mikä vaikuttaa paljon ohjausgeometriaan ja ajo-ominaisuuksiin. (Coombs 2002: 7.8; Mauno 2002: 7.7–8.14)

Esijännityksen säätäminen on motocrosspyörän jousituksen muuttamisen peruslähtökohtia, ja se tulee tehdä aina kuskin painon tai pyörän jousituksen muuttumisen jälkeen. Painauksen mittaaminen ja säätäminen tehdään ensiksi takajousitukselle, jonka jälkeen se tehdään etujousitukselle, koska väärin säädetty takapää vaikuttaa etupään painaumaan. Säätämisen aikana pyörässä tulee olla oikea määrä polttoainetta ja kuljettajalla varusteet päällä. Mittaaminen alkaa nostamalla motocrosspyörä pukille, jotta kummatkin renkaat nousevat ilmaan. Tämän jälkeen mitataan taka-akselin ja esimerkiksi takalokarin väli. *Ks. kuva 7, kohta A.* Seuraavaksi pyörä nostetaan pois pukilta ja kuljettaja menee pyörän päälle ajoasentoon. Toinen

ihminen joutuu pitämään pyörää pystyssä ja suorassa uuden mittauksen ajan, joka tehdään täsmälleen samasta paikasta kuin edellinen. *Ks. kuva 7, kohta B.* Mittojen erotuksen eli jousituksen painauman pitäisi olla 90–105mm välissä. Jos painauma ei ole oikean verran, takajousen esijännitystä joudutaan säätämään. Lopuksi tehdään vielä viimeinen mittausta ilman kuljettajaa. *Ks. kuva 7, kohta C.* Pyörän oman massan aiheuttama painauman pitäisi olla 15–25mm. Painauman ollessa alle 15mm takajousi on liian löysä kuljettajalle. Jos painauma on yli 25mm, jousi on puolestaan liian jäykkä. Kun takajousituksen painauma on saatu säädettyä kohdalleen, niin seuraavaksi se voidaan tehdä etujousitukselle. Etujousituksessa mitta voidaan ottaa etuakselin ja alakolmion välistä. Painauman tulee etujousituksessa olla 35–50mm välissä. (Gorr 2004: 58–59)



Kuva 7. Esijännityksen mittaaminen. (Ohv.8m.com)

3.4 Iskunvaimentimet

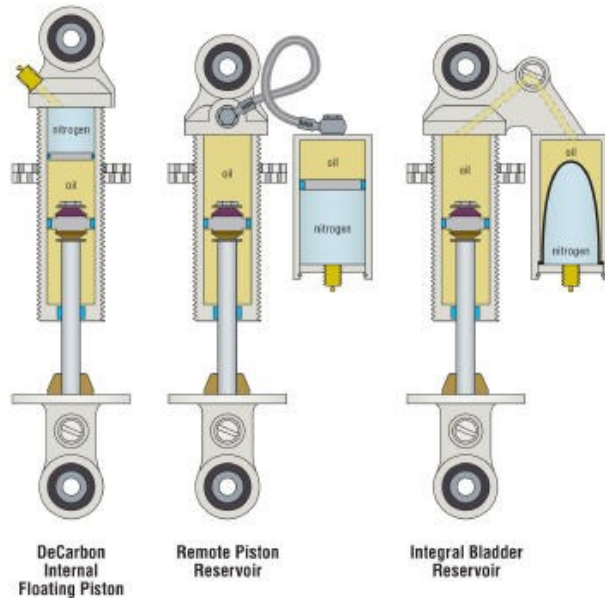
Mikäli jousituksessa käytettäisiin ainoastaan jousia, motocrosspyörä jäisi pomppimaan töyssyn jälkeen. Pomppiminen jatkuisi niin kauan ominaistajuudella, kunnes jousituksen sisäinen kitka vaimentaisi sen. Iskunvaimentajat vaimentavat tämän pomppimisen muuttamalla kineettisen energian lämpöenergiaksi. Lämpöenergia haihtuu iskunvaimentajasta lopulta ulkoilmaan. Iskunvaimentimen vaimennus perustuu nesteeseen tai tarkemmin öljyn virtauksen kuristamiseen. Öljy pakotetaan virtaamaan männän läpi pienien aukkojen kautta, joka aikaansaa virtausvastuksen. (Mauno 2002: 7.1–7.2)

Vaimennuksesta syntyvä lämpö on saatava haihtumaan ulkoilmaan riittävän nopeasti, jotta vaimennusteho ei kärsisi. Lämmön haihtumista voidaan parantaa iskunvaimentimen oikeanlaisella mitoituksella ja sijoituksella. Liiallinen lämpö saa öljyn viskositeetin pienenemään, ja siten öljy virtaa helpommin aukkojen läpi. Tätä vaimennusvoiman pienenemistä kutsutaan iskunvaimentajan häipymiseksi. Iskunvaimentajan öljytilan tilavuuden suurentamisella saadaan lämpiämistä hillittyä. (Mauno 2002: 7.2)

3.4.1 De Carbon -iskunvaimennin

Takaiskunvaimentimena käytetään erilaisia iskunvaimentimia, mutta yleisemmin käytetty on De Carbon -iskunvaimennintyyppi. De Carbon -iskunvaimennin on nimetty keksijänsä mukaan, ja sen ideana on erottaa kaasu ja öljy toisistaan irrallisen männän avulla, ks. kuva 8. Kaasua iskunvaimentimissa käytetään siksi, että iskunvaimentimen sisälle painuvan männänvarsi syrjäyttää tilavuutensa verran öljyä. Syrjäytetty öljy painaa kaasua kasaan ja näin öljysäiliön tilavuus kasvaa männänvarren verran. Kaasuna iskunvaimentimissa käytetään yleensä tyypeä, koska sen on havaittu olevan reagoimaton muitten vaimentimen materiaalien kanssa. Ilma kaasuna aiheuttaisi tiivisteiden haurastumista ja teräsosien ruostumista. Ensimmäisten De Carbon -iskunvaimentimien iskunpituudet olivat varsin lyhyitä, kunnes keksittiin liittää vaimentimeen lisäsäiliö. Lisäsäiliön avulla saatiin kasvatettua iskunpituutta, koska erotusmäntä ja kaasutila eivät enää vie tilaa pääsäiliöstä. Öljytilavuuden ja jäädyttävän

pinnan lisääntyminen paransivat myös vanhoja lämpöongelmia. Lisäsäiliön liittäminen voidaan toteuttaa kiinteästi tai teräspunosletkulla. (Tiittanen 1983: 137–141)



Kuva 8. De-Carbon –iskunvaimentimia. (Racetech.com)

Kovan rasituksen alla iskunvaimentaja voi ruveta kavitoimaan. Se aiheuttaa öljyyn ilmakuplia, joka muuttaa öljyn vaahdoksi ja näin iskunvaimentaja menettää ominaisuudet. Kavitointi syntyy, kun iskunvaimentajan mäntä liikkuu nopeammin kuin öljy pystyy virtaamaan, eli männän eripuolille syntyy iso paine-ero. Kavitointia voi estää paineistetulla kaasulla, joka on erotettu öljystä välimännän avulla. De Carbon -iskunvaimentimissa on juuri kavitoinnin estävä rakenne.(Coombs 2002: 8.8)

3.4.2 Iskunvaimentimen säätäminen

Nykypäivän motocrosspyörien jousituksessa on paljon erilaisia säätöjä. Veto- ja puristusvaimennus on säädettävissä sekä nopealle ja hitaalle liikkeelle. Monet näistä säädöistä on tehtävissä säätönupeista ilman vaimentimen purkamista. Hitaalla liikkeellä

iskunvaimennin toimii loivissa töyssyissä ja hitaasti ajettaessa esimerkiksi mutkissa. Hypystä alas tullessa ja nopeissa töyssyissä iskunvaimennin toimii nopealla liikkeellä. Puristusvaimennuksesta puhuttaessa tarkoitetaan vaimennusta, jonka iskunvaimentaja tuottaa kasaan puristuessa. Vetovaimennus on puolestaan vaimennus, jonka iskunvaimentaja tuottaa jousen työntäessä sitä painuksista täyteen pituuteen. Iskunvaimentaja on siis säädettävissä optimaaliseksi jouston eri tilanteisiin. Säätonupit voivat säätää öljynvirtausta portaallisesti tai portaattomasti. Säätimissä voi olla myös kuula-jousi -mekanismi, joka helpottaa säätämistä tuottaessaan napsauksia säädintä kääntäessä. (Tiittanen 1983: 141)

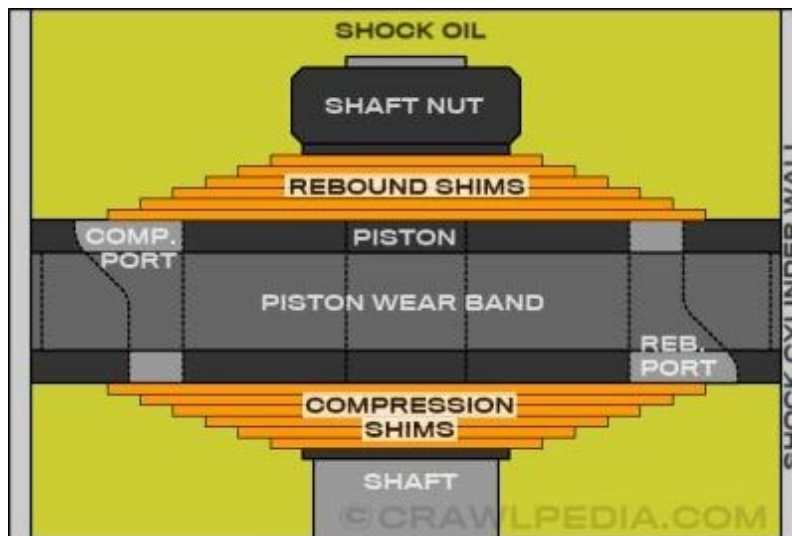
Ennen jousituksen ja iskunvaimennuksen säätämistä on tärkeä tarkastaa, että pyörä on kaikin puolin kunnossa. Esimerkiksi jousituksen osissa ei saa olla väljää tai takertelua. Iskunvaimentajat eivät saa myöskään vuotaa öljyä. On myös hyvä muistaa, että pyöränvalmistajan tekemät perussäädöt ovat hyvä lähtökohta alkaa hakemaan itselle sopivampia säätöjä. Käyttöohjekirja sisältää myös monesti paljon neuvoja ja vinkkejä jousituksen säätämiseen. (Mauno 2006: 45)

Jousituksen säätämisen jälkeen on tärkeää, että etu- ja takajousitus on keskenään tasapainossa. Tasapainolla tarkoitetaan sitä, että kumpikin jousitus toimii yhtä pehmeästi. Epätasapaino jousituksessa saa aikaan painon siirtymisen jompaankumpaan suuntaa, joka tekee pyörästä joko etupäällä tai takapäällä ajettavan. Tämä vaikuttaa pyörän käyttäytymiseen esimerkiksi mutkissa ja töyssyissä. Jousituksen tasapainoa voi testata asettamalla pyörä tasaiselle alustalle ja painamalla jalalla nopeasti toisesta jalkatapistasta. Pyörän tulisi joustaa sekä etu- ja takapäältä saman verran, jotta pyörä on tasapainossa. (Suzuki motor corporation (2012) 4.16; Tiittanen 1983: 141)

3.4.3 Jousilevyventtiili

Iskunvaimentimissa käytetään yleisimmin jousilevyventtiiliä vaimennuksen aikaansaamisen. Se koostuu pääasiassa männästä ja jousilevyepäköistä. *Ks. kuva 9.* Painettaessa iskunvaimentajaa kasaan, öljy virtaa männässä olevien kanavien läpi. Virtausvastusta säädetään muuttamalla virtauskanavien kuristusta jousilevyillä.

Jousilevyt taipuvat öljynpaineen takia männän pinnasta irti ja päästävät näin öljyn virtaamaan männän läpi. Vaimennusvoima on suoraan riippuvainen jousilevyjen paksuudesta ja halkaisijasta. Männän kummallakin puolella on jousilevypakka, joista toinen hoitaa puristusvaimennuksen ja toimen vetovaimennuksen. Jousilevypakka koostuu useista erikokoisista pyöreistä jousilevyistä. Jousilevypakka on yleensä kartion muotoinen siten, että suurimman halkaisijan omaava levy on mäntää vasten. Pienellä virtausnopeudella vain jousilevypakan ensimmäiset levyt taipuvat, joten niitä muuttamalla voidaan vaikuttaa hitaan nopeuden vaimennukseen. Suurella virtausnopeudella jousilevypakan kaikki levyt taipuvat. Kummatkin levypakat on mahdollista jakaa taittorengaalla kahdeksi eri pakaksi. Tämä parantaa hitaan ja nopean liikkeen vaimennuksen säätämistä ja säädön tarkkuutta. Jousilevyjä vaihtamalla on siis saavutettavissa lähes rajattomat säätömahdollisuudet. (Gorr 2004: 78; Tiittanen 1983: 144–145) Jousilevyventtiilin säätäminen tarvitsee siis paljon tietoa. Väärillä valinnoilla säätäjä voi tehdä jousituksesta jopa vaarallisesti käyttäytyvän.

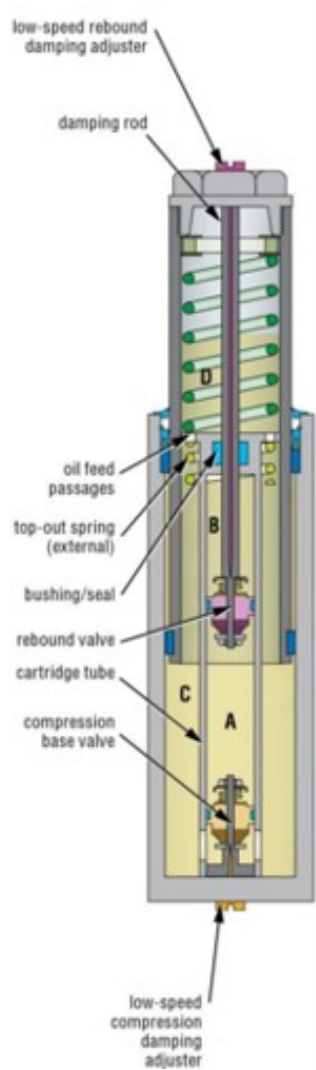


Kuva 9. Jousilevyventtiili. (Crawlpedia.com)

Kuvasta 9 voi huomata, kuinka iskunvaimentimen männässä on sekä puristus- että vetovaimennukselle omat öljykanavat. Öljykanavat ovat myös muotoiltu niin, että levypakat toimivat myös sulkuventtiileinä väärään suuntaan tapahtuvalle öljynvirtaukselle.

3.4.4 Cartridge-haarukka

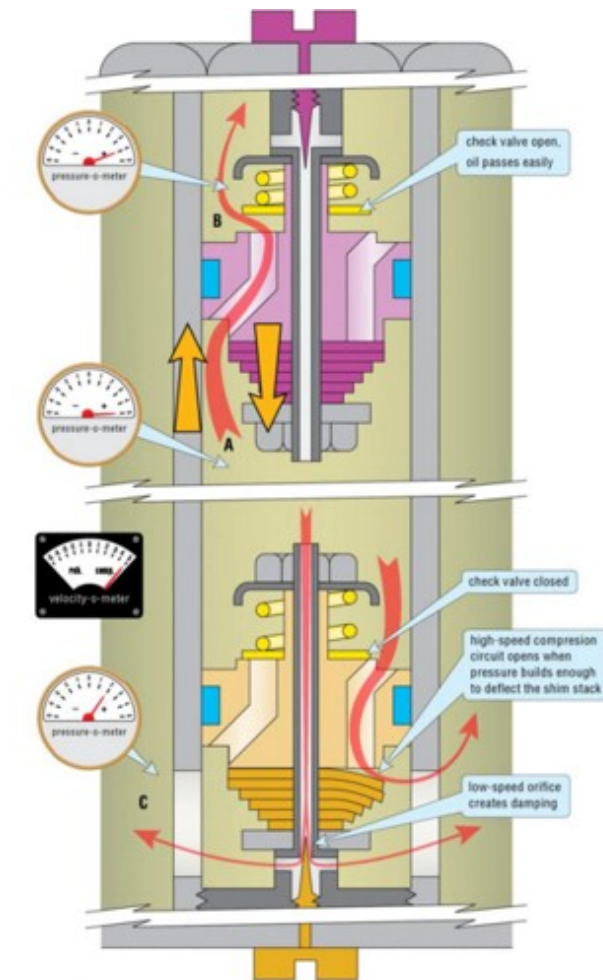
Ensimmäiset Cartridge -haarukat tulivat markkinoille jo vuonna 1986. Ne koostuvat kasettiputkesta (engl. cartridge tube) ja kahdesta jousilevyventtiilistä. Jousilevyventtiilien lisääminen haarukkaan toi parannusta edellisiin malleihin huomattavasti, koska niissä öljynvirtausta kuristettiin vain pelkillä rei'illä. Jousilevyventtiilien avulla nopean ja hitaan liikkeen vaimennus voidaan säätää toisista riippumatta, mikä edellisissä etuhaarukkaratkaisuissa oli mahdotonta. Cartridge -haarukassa toinen jousilevyventtiili aiheuttaa puristusvaimennuksen, ja se sijaitsee kasettiputken pohjassa, ks. kuva 10. Toinen jousilevyventtiili aiheuttaa puolestaan vetovaimennuksen, ja se sijaitsee normaalin tapaan männänvarren päässä kasettiputkessa. Cartridge-haarukassa on useasti puristus- ja vetovaimennuksen säätimet. Upside-down -haarukassa puristusvaimennuksen säädin sijaitsee ylhäällä ja vetovaimennuksen säädin alhaalla. Säätimet vaikuttavat kummankin jousilevyventtiilin luona neulaventtiiliin. Neulan kiristäminen saa aikaan öljyvirran kuristamista ja vaimennuksen kasvamista. Säätimet vaikuttavat pääasiassa hitaan nopeuden vaimennuksiin, mutta koska kanavien läpi virtaa öljyä nopeassakin iskussa, niin ne vaikuttavat myös nopean liikkeen vaimennukseen. (Gorr 2004: 65; Sport Rider Magazine 1994; Thede P & Parks L: 2010)



Kuva 10. Cartridge-haarukkaputki (Thede P & Parks L: 2010)

Cartridge- haarukan toiminta perustuu myös öljyn virtauksen vastustamiseen. Jousilevyventtiilien rakenne on sellainen, että toiseen suuntaan se päästää öljyn virtaamaan helposti sulkuventtiilin kautta, kun taas toiseen suuntaan virratessa öljyn on mentävä neulaventtiilin ja levyjakan läpi. Kun öljy virtaa neulaventtiilin ja levyjakan läpi, niin silloin sulkuventtiili tukkii ohivirtauskanavan. Nopeassa puristusvaimennuksessa jousilevyventtiileiden välisen tilan (A) paine kasvaa, koska tilavuus pienenee, ks. kuva 10. Öljy virtaa kasettiputken sisältä puristusjousilevyventtiilin läpi ulkosäiliöön (C). Siinä ovat neulaventtiili ja levypakka vastustavat öljyn virtausta aiheuttaen vaimennuksen. Öljy virtaa myös toisessa

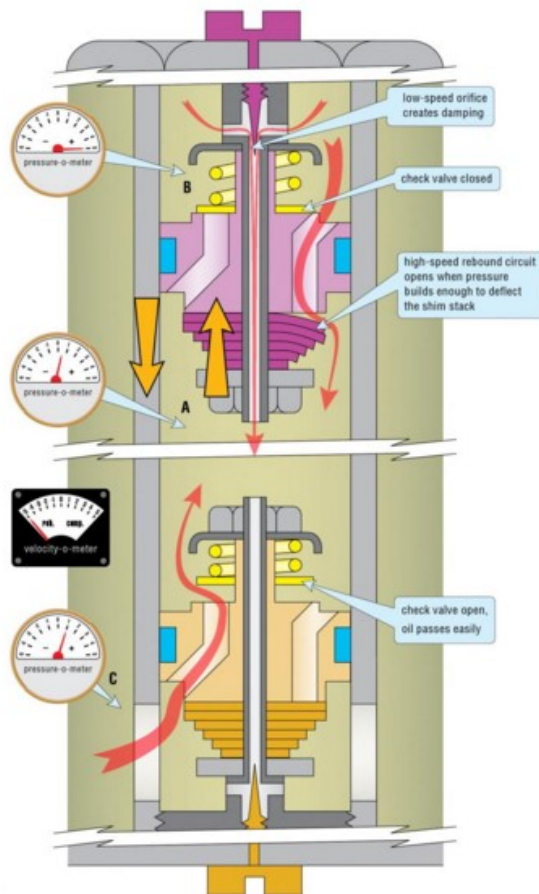
jousilevyventtiilissä olevan sulkuventtiilin kautta ja ei aiheuta näin virtausvastusta, ks. kuva 11. Hitaassa puristusvaimennuksessa öljyn paine ei kykene taittamaan puristusjousilevyventtiiliä auki, joten se virtaa vain neulaventtiilin kautta pois kasettiputkesta. Hitaan nopeuden vaimennuksia säädetään siis neulaventtiileillä. (Thede P & Parks L: 2010)



Kuva 11. Cartridge-haarukkaputken puristusvaimennus (Thede P & Parks L: 2010)

Cartridge- haarukan toiminta on samanlainen sekä puristus- että vetovaimennuksessa, vaikkakin öljy kiertää toista reittiä kummasakin jousilevyventtiilissä. Nopeassa vetovaimennuksessa öljyn paine kasvaa kasettiputkessa vetovaimennuksen aiheuttaman

jousilevyventtiilin yläpuolella. Sulkuventtiili tukkii nyt venttiilin ohivirtauskanavan, joten öljyn on virrattava neula-venttiilin ja levypakkan läpi. Kasettiputken toisessa päässä oleva levyjousiventtiili päästää vuorostaan öljyn virtaamaan ohivirtauskanavan läpi vapaasti, ks kuva 12. (Thede P & Parks L: 2010)



Kuva 12. Cartridge-haarukkaputken vetovaimennus (Thede P & Parks L: 2010)

Cartridge -haarukoita on valmistettu kauan, ja ne ovat vieläkin laajassa käytössä. Säädettävyydeltään se vastaa jousilevyventtiilien ja ulkoisien säätimien ansiosta nykypäivän tarpeita. Pieniä eroja voi valmistajien välillä kuitenkin esiintyä, kuten öljykanavien ja mäntien muotoilussa. Muitakin haarukkatyyppejä on olemassa, mutta niitä ei enää käytetä motocrosspyörissä.

4 YHTEENVETO

Kandidaatintyön tarkoituksena oli tarkastella motocrosspyörän rungon ja jousituksen perusteita. Runkoon liittyviä asioita on muun muassa painopisteen sijainti, runkorakenteet ja ohjausgeometria. Tutkielmassa käsiteltiin myös etu- ja takajousitukseen liittyviä seikkoja sekä progressiivisuuden, esijännityksen ja jousilevyventtiilin toimintaa. Näiden motocrosspyörän jousituksen ja rungon toimintaperusteiden avulla jokainen motocross-kuljettaja voi perehtyä paremmin oman pyörän jousituksen toimintaan ja sen säätämiseen.

Jo itsessään motocrosspyörässä on jousituksen osalta monia asioita, jotka vaikuttavat olennaisesti sen toimintaan. Rataprofiili, maalaji ja kuljettajan mieltymykset vaihtelevat myös paljon. Huonosti suunniteltu runko voi jo itsessään pilata jousituksen toiminnan. Pyörien valmistajat tekevät kompromissin jousituksen säätöihin, ja näistä lähtökohdista kuljettajan tulisi osata muuntaa pyörä säätöjen osalta itselle sopivaksi. Jousituksen säätäminen alkaa jousien valinnalla ja esijännityksen tarkistuksella. Sen jälkeen iskunvaimennus säädetään kohdalleen joko pikasäätimistä tai jousilevypakkaa muuttamalla.

Uusia teknisiä ratkaisuja jousituksen saralla on tullut viime vuosien aikana markkinoille. Jotkut näistä ovat osoittautuneet paremmiksi kuin toiset. Esimerkiksi ilmajousitetut haarukat ovat tulleet mielestäni pysyvästi markkinoille. Niiden helppo säädettävyys ja haarukan massan pieneneminen ovat hyviä ominaisuuksia ja tekevät niistä näin ollen kilpailukäyttöä ajatellen toimivammat.

Työtä tehdessäni ongelmaksi nousi nykyaikaisen tiedon löytyminen. Mielestäni tästä aiheesta tarvittaisiin enemmän tietoa, kuin mitä tällä hetkellä on tarjolla. Aiheesta on erityisen vähän tehty myös tieteellistä tutkimusta, joka olisi julkista. Luulen, että tiedon puuttumiselle uusista ratkaisuista on järkevä selitys. Motocrosspyörän ja iskunvaimentimien valmistajat eivät halua paljastaa tarkkoja tietoja omista ratkaisuistaan. Toinen syy lähteiden vähäisyydelle on varmasti se, että iskunvaimentimien säätämiseksi ei ole tarkkoja ohjeita. Niiden säätäminen vaatii todella paljon tietoa ja kokemusta, koska muutoksia aiheuttavat niin monet tekijät. Näin ollen

on lähes mahdotonta laatia kaikille sopivia ohjeita, vaan jokaisen kuljettajan on löydettävä siihen omat ratkaisunsa.

5 LÄHDELUETTELO

Blog.motorcycle.com (2012) 2013 Suzuki RM Motocross Lineup Announced. <http://blog.motorcycle.com/2012/06/28/manufacturers/suzuki/2013-suzuki-rm-motocross-lineup-announced/> (kuva 4.) [11.4.2016].

Coombs M (2002) Motorcycle Basics TechBook. 2.painos. Sparkford: Haynes

Crawlpedia.com Off-Road Shock Tuning Guide. http://www.crawlpedia.com/shock_tuning.htm (kuva 9.) [11.4.2016].

Dirtaction.com.au (2012) Bike Test: 2013 KAWASAKI KX 250F. <http://dirtaction.com.au/bike-test-2013-kawasaki-kx-250f/> (kuva 2.) [11.4.2016].

Gorr E (2004) Motocross & Off-Road Performance Handbook 3.painos St.Paul, MN: Motorbooks International

Mauno E (2002) Moottoripyörän tekniikka. Helsinki: Alfamer Oy

Mauno E (2006) Tuning, Moottoripyörän modifointi. Helsinki: Alfamer Oy

Motocrossactionmag.com (2013) MXA'S 2013 SUZUKI RM-Z450 MOTOCROSS TEST. <http://motocrossactionmag.com/bike-tests/mxas-2013-suzuki-rm-z450-motocross-test-is-it-a-one-trick-pony> (kuva 5.) [11.4.2016].

Motorcycle-usa.com (2007) 2008 KTM Model Line Up Photos. <http://www.motorcycle-usa.com/photo-gallery/2008-ktm-model-line-up/> (kuva 1.) [11.4.2016].

Ohv.8m.com Dirt Bike Suspension Setup. <http://www.ohv.8m.com/> (kuva 7.) [11.4.2016].

Racetech.com G3-S SHOCK TYPES. <http://www.racetech.com/page/title/G3S%20Shock%20Types> (kuva 8.) [11.4.2016].

Seeley A (2007) Moottoripyöräkirja. Helsinki: Alfamer Oy

Shoemark P (1987) Moottoripyörän tekniikka. Helsinki: Alfamer Oy

Sport Rider Magazine (1994) Cartridge Forks.

<http://racetech.com/articles/CartridgeForks.htm> [10.4.2016]

Suzuki motor corporation (2012) RM-Z450 owner's service manual. Japan: Suzuki motor corporation

Thede P & Parks L (2010) Race Tech's motorcycle suspension bible. Minneapolis: Motorbooks

Tiittanen S (1983) Motocross mekaanikon käsikirja. 3.painos. Alppa: Oma kustanne.

Vitalmx.com (2010) 2011 KTM Ride Impressions.

<http://www.vitalmx.com/features/2011-KTM-Ride-Impressions,3063> (kuva 6.) [11.4.2016].

Xbhp.com (2014) Handlebars and Steering torque.

<http://www.xbhp.com/talkies/blogs/old-fox/240-handlebars-steering-torque.html> (kuva 3.) [11.4.2016].

