

Joonas Peltonen

Tutkimus kevyen kaluston jarrudynamometreistä sekä jarrujen testauksesta katsastuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinööryö

1.3.2015

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Joonas Peltonen Tutkimus kevyen kaluston jarrudynamometreistä sekä jarrujen testauksesta katsastuksessa 21 sivua + 2 liitettä 1.3.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotetekniikka
Ohjaajat	Lehtori Heikki Parviainen, Metropolia AMK Hallituksen puheenjohtaja Arto Lehtinen, Diagno Finland Oy
<p>Tämä insinöörityö on tehty Diagno Finland Oy:lle. Muita yhteystyökumppaneita työssä olivat K1 Katsastajat Oy ja Klaukkalan Ajoneuvokatsastus Oy. Työn tavoitteena oli tutkia katsastuskäytössä olevien jarrudynamometrien selviytymistä niille asetetuista määräyksistä. Jarrudynamometrityypit, joita työssä tutkittiin, olivat rulladynamometri ja levydynamometri. Levydynamometri on etenkin Suomessa vielä uusi jarrujen mittaukseen tehty laite. Tutkimuksen kohteena oli erityisesti EU:n ajoneuvoille määrittämisen ja minimissään vaadittavan jarrutussuhteen saavuttaminen katsastuskäytössä olevilla jarrudynamometreillä.</p> <p>Työ toteutettiin suorittamalla konkreettisia jarrumittauksia eri jarrudynamometreillä ja eri ajoneuvoilla katsastusasemilla. Mittaustuloksien ja saavutettujen jarrutussuhteiden avulla analysoitiin jarrumittausta katsastuksessa sekä dynamometrien toimintaa. Työssä lisäksi suoritettiin Saksassa kehitetty mittaustapa rulladynamometrillä tehtäviin jarrumittauksiin.</p> <p>Työn tuloksissa on arvioitu tehtyjen jarrumittausten pohjalta eri jarrudynamometrityyppien suoriutuminen katsastuksen jarrumittauksista ja soveltuvuutta katsastuskäyttöön. Työssä on myös selvitetty saksalaisen rulladynamometrimitaustavan soveltuvuus katsastuskäyttöön Suomessa.</p>	
Avainsanat	jarrudynamometri, jarrutussuhde, katsastus

Author Title Number of Pages Date	Joonas Peltonen A Study on Brake Dynamometers for Light Vehicles and Brake Testing in Vehicle Inspection 21 pages + 2 appendices 1 March 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Design Engineering
Instructors	Heikki Parviainen, Senior Lecturer, Helsinki Metropolia UAS Arto Lehtinen, Chairman of the Board, Diagno Finland Oy
<p>This thesis was assigned by Diagno Finland Oy. Other associates were K1 Katsastajat Oy and Klaukkalan Ajoneuvokatsastus Oy. The objective of this thesis was to examine brake dynamometers in the inspection use and their performance on specifications set for them. The brake dynamometers examined in this thesis were a roll dynamometer and a disk dynamometer. The Disk dynamometer is a new device in Finland made for brake measurements. The research target was to reach the minimum braking ratio for vehicles set by the European Union with the brake dynamometers in inspection use.</p> <p>The thesis was conducted by carrying out concrete brake measurements with different brake dynamometers at various inspection stations. Different vehicles were also used in the thesis. Measurement results and reached braking ratios were used to analyze a brake measurement in the inspection and the dynamometers' performance. The roll dynamometer measuring method developed in Germany was also used in this thesis.</p> <p>The different brake dynamometer types' suitability for the inspection use has been assessed in the results based on the measurement results. Also the suitability of the German roll dynamometer standard for the inspection use in Finland is evaluated.</p>	
Keywords	brake dynamometer, braking ratio, vehicle inspection

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Direktiivi katsastuksesta ja Trafin säädökset	1
2.1	EU:n direktiivit	1
2.2	Trafin säädökset	2
3	Jarruvoimien mittaus katsastuksessa	2
4	Jarrutussuhde	3
5	Jarrudynamometrit	3
5.1	Rulladynamometri	3
5.2	Levydynamometri	6
6	Mittaukset	8
6.1	Mittausten suoritus ja käytetyt ajoneuvot	8
6.2	Mercedes Benz W201	9
6.2.1	Mittaukset hyväkuntoisilta rulladynamometrin rullilta	9
6.2.2	Mittaukset kuluneilta rulladynamometrin rullilla	10
6.2.3	Mittaus levydynamometriltä	11
6.2.4	Mittaus ajoneuvo kuormattuna	11
6.3	Mercedes Benz W205	12
6.4	Volkswagen Transporter T5	12
6.5	Mercedes Benz W246	13
6.5.1	Normaalit jarrumittaukset rulla- ja levydynamometrillä	14
6.5.2	Mittaus rulladynamometrillä poljinvoima huomioiden	14
7	Saksalainen mittaustapa rulladynamometrillä	15
7.1	Mittauksen kulku	15
7.2	Jarrutussuhteen laskenta saksalaisella tavalla	16
8	Tulosten analysointi	17
8.1	Tulokset rulladynamometrillä	17
8.2	Tulokset levydynamometriltä	18
8.3	Tulokset saksalaisella mittaustavalla	19
9	Yhteenveto	20

Liitteet

Liite 1. Mittauspöytäkirjat

Liite 2. Valmistajan ilmoittamat jarrutestin arvot ajoneuvolle Mercedes Benz W246

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty Diagno Finland Oy:lle. Työn tarkoituksena oli tutkia katsastuskäytössä olevien rulladynamometrien selviytymistä niille asetetuista vaatimuksista. Erityisesti tutkimuksen kohteena oli EU:n direktiivin vaatiman jarrutussuhteen täyttyminen määräaikaikatsastuksen dynamometrimittauksissa. Syy tutkimukselle oli epäily nykyisen dynamometrikaluston kyvyttömyydestä mitata direktiivin vaatimaa jarrutusuhdetta kaikissa olosuhteissa.

Lisäksi työssä tutkittiin uuden jarrudynamometriityypin, levydynamometrin, soveltuvuutta katsastuskäyttöön perinteisen rulladynamometrin asemesta. Työssä myös verrattiin Saksassa kehitetyn, rulladynamometrille tarkoitetun mittausmenetelmän ja nykyisin Suomessa käytössä olevan mittausmenetelmän soveltuvuutta katsastukseen. Työhön liittyvät mittaukset suoritettiin Klaukkalan ajoneuvokatsastuksen sekä K1-Katsastajien Herttoniemen-tiloissa.

2 Direktiivi katsastuksesta ja Trafín säädökset

2.1 EU:n direktiivit

EU:n katsastusta käsittelevä lainsäädäntöohje eli direktiivi on 2009/40/EY. Kyseistä direktiiviä on myöhemmin muutettu direktiivillä 2010/48/EU. Direktiivi 2010/48/EU muun muassa vaatii direktiivin jälkeen käyttöönotettujen M1-luokan ajoneuvojen kykenevän 58 %:n jarrutussuhteeseen kaikissa olosuhteissa. Ennen direktiiviä valmistetuilla ajoneuvoilla vaadittava jarrutussuhde on 50 %. M1-luokan ajoneuvoilla tarkoitetaan henkilöiden kuljetukseen valmistettuja ajoneuvoja, joiden kokonaismassa on alle 3500 kg ja joissa on istuinpaikkoja enintään 8 kuljettaja mukaan lukien. Direktiivin mukaan katsastuksessa ajoneuvon jarrujen testaus on suoritettava staattisella jarrutestauslaitteella tai, jos tämä ei ole teknisistä syistä mahdollista, testaus koeajon aikana tallentavalla hidastuvuusmittarilla. Esimerkiksi joitakin nelivetoisia ajoneuvoja ei voi välttämättä testata perinteisellä rulladynamometrillä. [1]

2.2 Trafin säädökset

EU:n direktiivi ei itsessään muuta jäsenvaltion lainsäädäntöä vaan antaa toimintaohjeita kansallisille lainsäätöelimille. Tämä koskee myös katsastustoimintaa. Suomessa katsastustoimintaa valvoo ja säätelee Liikenteen turvallisuusvirasto eli Trafi. Trafi antaa valtakunnallisia säännöksiä ja linjauksia EU:n direktiivin pohjalta. Trafi on linjannut mm. seuraavaa liittyen katsastuskäytössä oleviin jarrudynamometreihin:

- kevyiden ajoneuvojen tarkastukseen käytettävän jarrudynamometrin on sovelluttava raideleveydeltään 1,20–1,90 metrin akselistojen tarkastukseen
- kevyiden ajoneuvojen tarkastukseen käytettävän jarrudynamometrin on oltava ominaisuuksiltaan sellainen, että sillä voidaan tarkastaa 58 %:n jarrutussuhteen saavuttaminen vähintään akselimassalle 2 t
- kevyiden ajoneuvojen tarkastukseen käytettävän jarrudynamometrin telojen kitkakertoimen on oltava kaikissa mittaolosuhteissa vähintään 0,58 [2].

3 Jarruvoimien mittaus katsastuksessa

Jarrudynamometrin voidaan sanoa olevan tärkein laite katsastuksen suorittamisessa. Trafin julkaisemasta vikatilastosta selviää, että vuonna 2013 jarruviat olivat yksi yleisimmistä ajoneuvon hylkäämisen perusteista katsastuksessa [3]. Ajoneuvon määräaikaiskatsastuksessa tutkitaan ajoneuvon jarrujen kunto mm. mittaamalla ajoneuvon jokaisen pyörän jarruvoima. Käytännössä jarruvoiman suuruuteen mittauksessa vaikuttaa ajoneuvon jarrujen kunnon lisäksi ajoneuvon massa sekä mittalaitteen ja ajoneuvon pyörän välinen kitka.

Ajoneuvon määräaikaiskatsastuksen hylkäysperusteita jarruvoimien osalta EU:n direktiivin mukaan ovat seuraavat:

- yhden tai useamman pyörän jarruvoima puuttuu tai on riittämätön
- jarruvoima missä tahansa pyörässä on alle 70 prosenttia samalla akselilla olevan pyörän maksimijarruvoimasta
- jarruvoima ei ole portaattomasti muuttuva
- jossakin pyörässä on liian pitkä viive

- jarruvoima vaihtelee liikaa yhden täyden pyörän kierroksen aikana
- ajoneuvo ei saavuta jarrutussuhteen vähimmäistasoa [1].

4 Jarrutussuhde

Jarrutussuhde tarkoittaa ajoneuvon kokonaisjarruvoiman suhdetta auton todelliseen kokonaispainoa vastaavaan painovoimaan. Käytännössä sitä voidaan pitää ajoneuvon jarrujen tehokkuuden mittarina. Jarrutussuhde lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$jarrutussuhde (\%) = \frac{\textit{kokonaisjarruvoima (N)}}{\textit{ajoneuvon massa (kg)} * 9,81 \frac{m}{s^2}} * 100 \% \quad (1)$$

Jarrutussuhde lasketaan koko ajoneuville, joten laskennassa on otettava huomioon kaikkien neljän pyörän mitattu jarruvoima sekä ajoneuvon massa. Testihetken massa muodostuu kunkin akselin akselimassasta. [4; 5] EU:n direktiivin mukaan vaadittava jarrutussuhde on saavutettava myös ajoneuvon suurimmalla sallitulla kokonaismassalla.

5 Jarrudynamometrit

Yleisin katsastuskäytössä oleva dynamometri on rulladynamometri. Se on myös ainoa dynamometri, jota saa Suomessa tällä hetkellä käyttää katsastuksessa testaamaan ajoneuvon jarruja. Saksassa ja Alankomaissa myös levydynamometri on hyväksytty dynamometri jarrujen testaukseen katsastuksessa.

5.1 Rulladynamometri

Rulladynamometri koostuu vetävistä teloista sekä näyttölaitteesta. Telat ja niiden koneisto on yleensä upotettuna lattiaan, jolloin ajoneuvo on lähes vaakatasossa jarrumittauksen aikana.

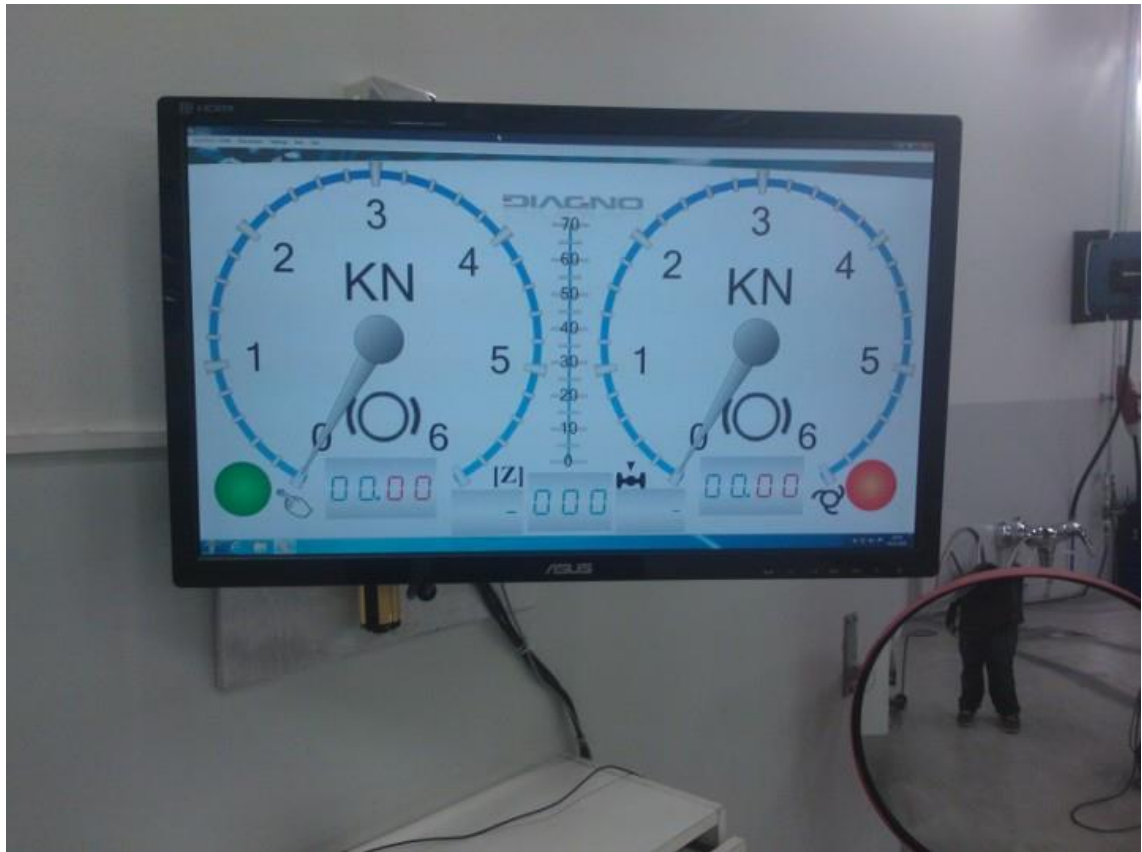
Dynamometrin toimintatapa perustuu vetäviin teloihin. Telat pyörittävät auton rengasta sähkömoottoreiden välityksellä. Testaaja painaa samanaikaisesti jarrupoljinta, jolloin

laitteisto mittaa pyörittämistä vastustavan voiman ja ilmoittaa sen näyttölaitteella jarruvoimana pyöräkohtaisesti. (Kuva 2) Vetävien telojen välissä on pienempi seurantatela joka seuraa pyörän liikettä (Kuva 1). Tämän avulla dynamometri havaitsee pyörän luistamisen teloilla ja lopettaa mittauksen, mikäli dynamometriin ennalta määritetty luistoraja tulee vastaan. Tällä toiminnalla ehkäistään renkaiden sekä rullien tarpeeton kuluminen. Etenkin rullilla luistavat nastarenkaat kuluttavat teloja voimakkaasti. Liian kuluneet telat on uusittava, jotta riittäviä jarruvoimia saadaan mitattua. Tyypillinen luistoraja teloille on noin 20 %. Rajaa voidaan tarvittaessa nostaa esimerkiksi 30 %:iin, mikäli telat ovat kuluneita. Renkaiden luistaminen teloilla asettaa siis haasteita mittaukselle. [6]



Kuva 1. Rulladynamometri lattiaan upotettuna. Kapeampi rulla telojen välissä on seurantatela.

Yleensä rulladynamometrit ovat osana testausrataa. Testausradassa dynamometrin rullien edessä ovat iskunvaimentimien testauslevyt. Iskunvaimennin testauslaite myös punnitsee ajoneuvon akselin ja näytöltä nähdään ajoneuvon testauksessa olevan akselin massa.



Kuva 2. Dynamometrin näyttöpääte. Päätteeltä on nähtävissä kummankin puolen jarruvoimat reaaliajassa mittauksen aikana.

Mikäli näyttölaitteen viisari värähtelee mittauksen aikana jarrupoljinta painettaessa, se kertoo mahdollisesti kierosta jarrulevystä tai soikeasta jarrurummusta.

Rulladynamometrillä on mahdollista tavoitella mahdollisimman suuria jarruvoimia muuttamalla eri tavalla. Yksi vaihtoehto on painaa jarrupoljin nopeasti pohjaan renkaiden lukkiutumisrajan lähestyessä, jolloin dynamometri voi saada mitattua hetkellisesti suuremmat jarruvoimat. Tämä ei ole kuitenkaan oikea tapa suorittaa mittaus, vaan poljinvoimaa tulee lisätä tasaisesti. Mikäli ajoneuvon seisontajarru vaikuttaa taka-akselille, niin seisontajarrun voi kytkeä päälle etuakselin jarruvoimia mitattaessa. Tällöin etuakselin renkaat pysyvät paremmin paikoillaan rullilla mittauksen aikana ja on mahdollista saada suuremmat jarruvoimat mitattua.

Suomessa käytettäville rulladynamometreille ei ole asetettu tarkkoja vaatimuksia niiden teknisiin tietoihin. Saksassa näin on tehty, jotta kaikilla rulladynamometreillä saavutetaisiin samat tulokset jarrumittauksissa. Näin ollen dynamometri ei olisi muuttujana jarrumittauksessa. Saksassa on määrätty rulladynamometreistä mm. seuraavaa:

- dynamometrin telanopeus kevyen kaluston dynamometreissä 4-6 km/h
- kitka vähintään 60 % märillä renkailla ja 70 % kuivilla renkailla
- telahalkaisija 200 mm
- katkaisuluistoraja 27 +/- 3 %
- tarkkuus: alueella 0-2000 N +/- 40 N ja sen yläpuolella 2 % maksiminäyttämästä 8 kN. [7]

5.2 Levydynamometri

Opinnäytetyötä tehdessä K1-Katsastajien Herttoniemen-katsastusasemalla oli levydynamometri koekäytössä rulladynamometriensä ohella. Se ei kuitenkaan ole vielä Trafín säädösten mukainen katsastuksen laite, joten sillä saatuja tuloksia ei voi käyttää katsastuksen päätöksen perusteena.

Levydynamometri koostuu lattialle kiinteästi asennetuista levyistä sekä näyttölaitteesta. Levyjen alla on voima-anturit, jotka mittaavat levyihin kohdistuvaa horisontaalista voimaa. Anturit ovat venymäliuskatyyppisiä. Levyille ajetaan hitaalla noin 10–15 km/h -vauhdilla ja jarrutetaan voimakkaasti pysähdyksiin. Digitaalinen näyttölaite tämän jälkeen näyttää kunkin pyörän jarruvoiman erikseen. Ajoneuvon iskunvaimennuksesta ja jousituksesta riippuen ajoneuvon massaa siirtyy hetkellisesti jarrutuksen seurauksena enemmän etuakselille, mikä näkyy myös mitatuissa jarruvoimissa. Etuakselilta saadaan mitattua merkittävästi suurempia jarruvoimia kuin taka-akselilta. Levyjä voi olla asennettuna esimerkiksi vain kaksi (kuva 3), jolloin sekä etuakseli että taka-akseli on mitattava erikseen. Mittauksen helpottamiseksi sekä asennuspaikan lattian kulumisen vähentämiseksi on suositeltavaa käyttää neljää levyä, jolloin ajoneuvon kaikkien neljän pyörän jarrut on mahdollista mitata yhdellä jarrutuksella dynamometrille.



Kuva 3. Kahden levyn levydynamometri

Dynamometrini levyjen pintamateriaali vastaa kitkakertoimeltaan vähintäänkin kuivaa asfalttia. Renkaan pysähtymiskohdalla levyllä ei ole mittauksen kannalta merkitystä, jolloin levyt voidaan mitoittaa riittävän pitkiksi mittaamisen helpottamiseksi. Levydynamometri on erittäin herkkä ja nopea laite voimien mittaukseen, ja esimerkiksi pelkkä levyllä potkaisu riittää levyyden kohdistuvan voiman näyttämiseen näyttölaitteella.

Levydynamometrini suunnittelun lähtökohdina ovat olleet mm. yksinkertainen rakenne sekä toimintaperiaate ja helppo huollettavuus sekä asennus. Mittauspaikan lattiaan ei tarvitse tehdä lainkaan upotuksia tai syvennyksiä laitteistolle toisin kuin rulladynamometrissä. Dynamometrini päällimmäinen levy ei ole kiinteästi asennettu, joten sen irrottaminen on helppoa ainoastaan nostamalla levy pois (kuva 4). Levyn alta löytyy voimaanturi sekä levyn liikkumista helpottavia rullia.



Kuva 4. Dynamometrin levyn alla oleva voima-anturi.

6 Mittaukset

6.1 Mittausten suoritus ja käytetyt ajoneuvot

Mittaukset suoritettiin Klaukkalan Ajoneuvokatsastuksen tiloissa sekä K1-Katsastajien Herttoniemen-tiloissa. Mittauksissa oli tarkoituksena suorittaa vertailua dynamometrienvälillä mittauksien tuloksista lasketuista jarrutussuhteista sekä osittain myös tutkia kesä- ja talvirenkaiden aiheuttamia eroja tuloksissa. Kaikki mittaukset suoritettiin oikean katsastustilanteen mukaisesti eli rulladynamometrillä jarrujen maksimivoimaa lähestyttiin rauhallisesti poljinvoimaa lisäämällä aina luistorajalle asti. Kaikissa mittauksissa mittausolosuhteet olivat hyvät. Täydelliset mittauspöytäkirjat ovat työn liitteenä (liite 1).

Mittauksiin valikoitui eri-ikäisiä sekä kokonaismassaltaan erilaisia ajoneuvoja, jotta nähtäisiin mahdollisia eroja ajoneuvojen sekä dynamometrienvälillä. Mittauksissa käytettiin seuraavia ajoneuvoja.

- Mercedes Benz W201 (190-sarja) vm. 1991
- Mercedes Benz W205 (C-sarja) vm. 2014
- Volkswagen Transporter T5 vm. 2009 ->
- Mercedes Benz W246 (B-sarja) vm. 2012 ->

Kaikissa ajoneuvoissa oli ABS-jarrujärjestelmä. Volkswagen Transporter valikoitui mukaan mittauksiin suuren massansa vuoksi, jolloin saatiin kyseinen tapaus myös mukaan tutkimukseen. W201:llä vaadittava jarrutussuhde oli 50 % ajoneuvon iän vuoksi. Lisäksi Volkswagen Transporter kuuluu ajoneuvoluokkaan N1 eli tavarankuljetukseen valmistettuihin ajoneuvoihin, joiden kokonaismassa on alle 3500 kg. Vaadittava jarrutussuhde N1-luokan ajoneuvoilla on 50 %. Muut ajoneuvot kuuluvat minimissään vaadittavan 58 %:n jarrutussuhteen piiriin. Mittaustuloksissa on esitetty laskettu jarrutussuhde sekä testimassalla että suurimmalle sallitulle kokonaismassalle.

6.2 Mercedes Benz W201

Mercedes Benz W201:llä suoritettiin eri dynamometreiltä saaduista tuloksista tapahtuvan vertailun lisäksi myös vertailua kesä- ja talvirenkaiden välillä. Talvirenkaina olivat nastarenkaat. Ajoneuvo edustaa jarrujärjestelmältään vanhempaa tekniikkaa. Sen jarrujärjestelmää ei ole varustettu modernilla elektronisella jarruvoiman jaolla, vaan järjestelmä pitää huolen, että taka-akseli ei varmasti lukkiudu ennen etuakselia. Tästä johtuen takajarrujen jarruvoima ei ole välttämättä tarpeeksi suuri pitämään ajoneuvoa paikallaan mitattaessa etuakselia rulladynamometrin teloilla. Tämä saattaa aiheuttaa mittauksen liian aikaisen keskeytymisen lukkiutumisrajaa lähestyessä, mikä saattaa johtaa todellista pienempiin jarruvoimiin etuakselilla. Mittauksissa havaittiin kyseinen ongelma erityisesti kesärenkailla mitattaessa. Ajoneuvon suurin sallittu kokonaismassa oli 1720 kg.

6.2.1 Mittaukset hyväkuntoisilta rulladynamometrin rullilta

Taulukossa 1 on hyväkuntoisilla rullilla varustetusta rulladynamometristä saaduista mittaustuloksista lasketut jarrutussuhteet. Testimassoissa oleva pieni ero johtuu mm. renkaiden painoerosta.

Taulukko 1. W201:n jarrutussuhteet hyväkuntoisilla dynamometrin rullilla

	Testimassa (kg)	Kokonaisjarruvoima (N)	Jarrutussuhde testimassalla (%)	Jarrutussuhde kokonaismassalla (%)
Kesärenkaat	1544	9900	65,4	58,7
Talvirenkaat	1539	8900	58,9	52,7

6.2.2 Mittaukset kuluneilta rulladynamometrin rullilla

Mittauksessa käytetyn rulladynamometrin telat olivat merkittävästi kuluneet (kuva 5), mutta dynamometri oli kuitenkin päivittäisessä katsastuskäytössä. Kuluneista rullista johtuen luistoraja saattaa tulla aikaisemmin vastaan kuin hyväkuntoisilla rullilla, jolloin saadut jarruvoimat jäävät myös pienemmiksi. Kyseisessä dynamometrissä luistoraja oli telojen kuluneisuuden vuoksi nostettu lähemmäksi 30 prosenttia. Taulukossa 2 on kyseisiltä teloilta saaduista mittaustuloksista lasketut jarrutussuhteet.



Kuva 5. Merkittävästi kulunut dynamometrin rulla

Taulukko 2. W201:n jarrutussuhteet kuluneilla dynamometrin rullilla

	Testimassa (kg)	Kokonaisjarruvoima (N)	Jarrutussuhde testimassalla (%)	Jarrutussuhde kokonaismassalla (%)
Kesärenkaat	1544	8600	56,8	51
Talvirenkaat	1541	8000	52,9	47,4

6.2.3 Mittaus levydynamometriltä

Levydynamometrillä suoritettiin mittaus pelkästään talvirenkailla, sillä todettiin, että levydynamometrillä ei saada mittauksissa merkittäviä eroja aikaiseksi eri renkaiden välillä. Tuloksia on ennemminkin syytä verrata vastaaviin rulladynamometrillä saatuihin tuloksiin. Tulokset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. W201:n jarrutussuhteet levydynamometrillä

	Testimassa (kg)	Kokonaisjarruvoima (N)	Jarrutussuhde testimassalla (%)	Jarrutussuhde kokonaismassalla (%)
Levydynamometri	1541	17700	117,2	104,9

6.2.4 Mittaus ajoneuvo kuormattuna

Mercedes Benz W201:llä suoritettiin myös rulladynamometrimittaus ajoneuvo kuormattuna. Ajoneuvoon otettiin testaajan lisäksi kolme matkustajaa mittauksen ajaksi, jolloin saatiin noin kaksisataa kiloa lisää painoa. Punnituksessa auton massa kuormattuna vastasi hyvin rekisteriotteeseen merkittyä kokonaismassaa. Suurin osa lisääntyneestä massasta sijoittui taka-akselille. Tulokset on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. W201:n jarrutussuhteet kuormatulla ajoneuvolla

	Testimassa (kg)	Kokonaisjarruvoima (N)	Jarrutussuhde testimassalla (%)
Rulladynamometri	1712	10200	60,7

Painonlisäyksen seurauksena ajoneuvosta tuli painojakaumaltaan takapainoinen, mikä vuoksi etenkin taka-akselilta saatiin mitattua merkittävän suuria jarruvoimia. Kuormattuna ajoneuvosta mitattu kokonaisjarruvoima kasvoi noin 1,3 kN verrattuna kuormaamattomaan. Myös jarrutussuhde nousi noin 1,8 prosenttiyksikköä.

6.3 Mercedes Benz W205

Mercedes Benz W205:llä suoritettiin jarruvoimien mittaus rulladynamometrillä sekä levydynamometrillä. Ajoneuvossa oli mittauksissa nastattomat talvirenkaat eli kitkarenkaat. Ajoneuvo edusti mittauksissa tuoretta ajoneuvokalustoa, jossa on moderni jarrujärjestelmä sekä elektroninen jarruvoimanjako. Ajoneuvon suurin sallittu kokonaismassa oli 1990 kg. Tulokset on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. W205:n jarrutussuhteet rulla- ja levydynamometrillä

	Testimassa (kg)	Kokonaisjarruvoima (N)	Jarrutussuhde testimassalla (%)	Jarrutussuhde kokonaismassalla (%)
Rulladynamometri	1406	9800	71,1	50,2
Levydynamometri	1406	18500	134,1	94,8

6.4 Volkswagen Transporter T5

Volkswagen Transporterilla suoritettiin niin ikään jarruvoimienmittaus sekä rulladynamometrillä että levydynamometrillä. Tarkoituksena oli selvittää dynamometriä mittaustarkkuus sekä eroavaisuudet tuloksissa, kun testattava ajoneuvo on massaltaan suuri. Ajoneuvon suurin sallittu massa oli 3000 kg. Tulokset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Transporterin jarrutussuhteet rulla- ja levydynamometrillä

	Testimassa (kg)	Kokonaisjarruvoima (N)	Jarrutussuhde testimassalla (%)	Jarrutussuhde kokonaismassalla (%)
Rulladynamometri	2505	16800	68,4	57,1
Levydynamometri	2505	(28000)	(113,9)	(95,1)

Levydynamometrin mittausalueen raja oli 10 kN per pyörä. Tämä raja tuli vastaan mitauksessa ajoneuvon suuren massan sekä painonsiirtymän vuoksi. Käytännössä etuakselin jarruvoima ylittää 20 kN, ja levydynamometriltä saatu jarrutussuhde on laskettu käyttäen ainoastaan tuota dynamometrin maksiminäyttämää etuakselilla.

6.5 Mercedes Benz W246

Mercedes Benz W246:lla suoritettiin normaalit jarrumittaukset rulladynamometrillä sekä levydynamometrillä. Tavallisesti katsastuksessa rulladynamometrillä jarrutetaan kumpaakin akselia, kunnes saadaan mitattua maksimijarruvoimat ja poljinvoimaa ei juuriikaan huomioida mitauksessa. Oikeassa, tiellä tapahtuvassa jarrutuksessa sama poljinvoima vaikuttaa molempien ajoneuvon akseleiden jarruihin. Ajoneuvojen jarrujärjestelmät ovat säädetty siten, että taka-akseli ei saa lukkiutua ennen etu-akselia, jolloin taka-akselin jarruvoimat ovat pienemmät verrattuna etuakseliin. Rulladynamometrillä taka-akselia voi siis jarruttaa merkittävästi suuremmalla poljinvoimalla kuin etuakselia saadakseen taka-akselin jarrujen maksimivoimat mitattua. Tämän vuoksi kyseisellä ajoneuvolla suoritettiin myös mittaus, jossa rulladynamometrillä taka-akselia jarrutettiin ainoastaan samalla voimalla, jolla etuakseli oli mennyt lukkoon samassa mitauksessa. Tämä vastaa paremmin todellista jarrutustilannetta. Ajoneuvon suurin sallittu kokonaismassa oli 1950 kg.

6.5.1 Normaalit jarrumittaukset rulla- ja levydynamometrillä

Ajoneuvolle suoritettiin normaalit katsastuksen omaiset jarrutestit sekä rulla- että levydynamometrillä. Taulukossa 7 on esitetty mitatut jarruvoimat sekä niistä lasketut jarrutussuhteet.

Taulukko 7. W246:n jarrutussuhteet normaaleissa jarrutesteissä

	Testimassa (kg)	Kokonaisjarruvoima (N)	Jarrutussuhde testimassalla (%)	Jarrutussuhde kokonaismassalla (%)
Rulladynamometri	1568	8300	54	43,4
Levydynamometri	1568	18000	117	94,1

Rulladynamometrimittauksessa käytössä oli lisäksi testaajan kengän pohjaan kiinnitetty poljinvoima-anturi, joka omalta näytöltään näytti testaajan jarrupolkimeen kohdistaman voiman reaaliajassa. Etuakseli lukkiutui dynamometrin rullilla poljinvoiman ollessa 70 newtonia. Taka-akseli puolestaan tarvitsi lukkiutumiseen 150 newtonin poljinvoiman. Taka-akselin jarrut siis tarvitsivat yli kaksinkertaisen poljinvoiman lukkiutuakseen dynamometrissä. Tästä huolimatta mitatut jarruvoimat olivat edessä suuremmat johtuen ajoneuvon jarruvoimanjaosta. Levydynamometrillä kaikkien neljän pyörän jarruvoimat voitiin mitata yhdellä mittauksella, jolloin sama poljinvoima vaikutti kaikkiin pyöriin.

6.5.2 Mittaus rulladynamometrillä poljinvoima huomioiden

Ajoneuvolla toistettiin jarrumittaus rulladynamometrillä huomioiden taka-akselin poljinvoima. Edellisessä mittauksessa todettiin etu-akselin lukkiutuvan 70 newtonin polinvoimalla, joten taka-akselia jarrutettiin nyt ainoastaan samalla 70 newtonin voimalla. Taulukossa 8 on esitetty saadut tulokset.

Taulukko 8. W246:n jarrutussuhteet poljinvoima huomioiden

	Testimassa (kg)	Kokonaisjarruvoima (N)	Jarrutussuhde testimassalla (%)	Jarrutussuhde kokonaismassalla (%)
Rulladynamometri	1568	6500	42,3	34

Taka-akselin poljinvoiman huomioon ottaminen mittauksessa aiheutti merkittävän muutoksen ajoneuvon kokonaisjarruvoimiin ja sitä myöten jarrutussuhteeseen, joka pieneni yli kymmenen prosenttiyksikköä.

7 Saksalainen mittaustapa rulladynamometrillä

7.1 Mittauksen kulku

Saksassa katsastuskäyttöön hyväksytyjä dynamometriä ovat rulladynamometri sekä levydynamometri. Rulladynamometrillä katsastettaessa jarrutussuhde lasketaan testistä saaduista maksimijarruvoimista suhteutettuna kyseisen ajoneuvon suurimmalle sallitulle kokonaismassalle. Mittauksessa huomioidaan poljinvoima käyttäen poljinvoimanturia kengän alla. Vaihtoehtoisesti ajonvakautusjärjestelmällä varustetuista autoista voidaan tarkastella jarrupainetta ajoneuvon OBD-liitännän kautta. Katsastajalla on käytössä mittauksen suorittamisen apuna merkki- ja mallikohtainen luettelo tai sähköinen tietokanta, josta hän näkee laskentaa varten valmistajan ilmoittaman maksimipoljinvoiman, jolla 58 %:n jarrutussuhde tulee saavuttaa suurimmalla sallitulla kokonaismassalla. Lisäksi tietokannasta näkee etu- ja taka-akselille tarvittavan minimiprosenttiosuuden kokonaisjarruvoimasta. Pelkkää jarrutussuhdetta tarkasteltaessa etuakselin jarrutusteho riittäisi hyvin 58 %:n jarrutussuhteen saavuttamiseen, mutta liikenneturvallisuuden kannalta on syytä tarkastella myös jarruvoimien akselikohtaisia vähimmäisosuuksia. Ajoneuvon ajonvakautusjärjestelmä käyttää kaikkien pyörien jarruja hyödykseen ajon vakautuksessa, joten myös takajarrujen toiminnalla on suuri merkitys. [8]

Mittauksissa käytetylle Mercedes Benz W246:lle laskettiin jarrutussuhde saksalaisella tavalla mittausten perusteella. Ajoneuvolle oli saatavilla valmistajan ilmoittama poljinvoima-arvo, jolla 58 % jarrutussuhde tulisi saavuttaa (liite 2). W201 oli liian vanha malli ja W205 puolestaan liian uusi malli työtä tehdessä poljinvoimatiedon löytämiselle. Valmistaja oli ilmoittanut ajoneuvon maksimipoljinvoiman arvoksi 207 N, jolla tulisi saavuttaa 58 %:n jarrutussuhde.

7.2 Jarrutussuhteen laskenta saksalaisella tavalla

Jarrutussuhteen laskennassa käytettävät jarruvoimat saadaan seuraavalla kaavalla:

$$\frac{\text{testin maksimijarruvoima}}{\text{testissä käytetty poljinvoima}} * \text{valmistajan ilmoittama poljinvoima} \quad (2)$$

Ohessa on laskettu kaavaa 2 hyväksi käyttäen etu- ja taka-akselin jarruvoimat. Laskenta on suoritettu jarrutestistä saaduilla maksimijarruvoimilla. Taka-akselilla käytettiin mittauksessa samaa poljinvoimaa kuin etuakselilla.

Etuakseli:

$$\frac{4,8 \text{ kN}}{70 \text{ N}} * 207 \text{ N} = 14,2 \text{ kN}$$

Taka-akseli:

$$\frac{1,7 \text{ kN}}{70 \text{ N}} * 207 \text{ N} = 5,0 \text{ kN}$$

Akselikohtaiset prosenttiosuudet kokonaisjarruvoimasta ovat näin ollen seuraavat:

Etuakseli:

$$\frac{14,2 \text{ kN}}{19,2 \text{ kN}} * 100 \% \approx 74 \%$$

Taka-akseli:

$$\frac{5,0 \text{ kN}}{19,2 \text{ kN}} * 100 \% \approx 26 \%$$

Valmistajan ilmoittamat minimiprosenttiosuudet olivat etuakselille 63,2 % ja taka-akselille 13,7 %. Vaadittavat jarruvoimat siis saavutetaan kummaltakin akselilta. Lasketaan jarrutussuhde ajoneuvon kokonaismassalle:

$$\frac{(14200 \text{ N} + 5000 \text{ N})}{1950 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} * 100 \% \approx 100 \%$$

Lasketaan jarrutussuhde ajoneuvon testimassalle:

$$\frac{(14200 \text{ N} + 5000 \text{ N})}{1568 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} * 100 \% \approx 125 \%$$

Vaihtoehtoisesti voidaan suoraan laskea poljinvoima, jolla testissä oleva ajoneuvo saavuttaa 58 %:n jarrutussuhteen ja verrata saatua poljinvoimaa valmistajan ilmoittamaan poljinvoima-arvoon. Lasketun arvon tulee olla valmistajan arvoa pienempi, jotta testin tulos katsotaan hyväksytyksi [7].

$$\frac{0,58 * 1950 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\frac{4800 \text{ N}}{70 \text{ N}} + \frac{1700 \text{ N}}{70 \text{ N}}} = 119,5 \text{ N}$$

Kyseinen ajoneuvo saavuttaa laskennan mukaan vaaditun jarrutussuhteen noin 120 N poljinvoimalla, ja valmistajan ilmoittama maksimipoljinvoima on 207 N, eli tulos on hyväksytty.

Saksalaisella tavalla lasketut jarrutussuhteet ovat yli kaksinkertaisia verrattuna suoraan rullilta saaduista jarruvoimista laskettaessa. Suurimmalla sallitulla kokonaismassalla laskeminen on perusteltua, sillä EU:n direktiivi vaatii, että 58 %:n jarrutussuhde on saavutettava myös ajoneuvon ollessa kuormattuna täyteen. Ajoneuvo ei saavuttanut direktiivin vaatimaa jarrutussuhdetta suoraan rulladynamometriltä saaduista jarruvoimista laskettaessa ja näin ollen direktiivin perusteella ajoneuvo tulisi hylätä katsastuksessa. Kuitenkin näillä edellä esitetyillä tavoilla laskettaessa ajoneuvo läpäisee katsastuksen samoilla mittaustuloksilla. Voidaan todeta, että ajoneuvon jarrujen suorituskyvyssä ei ole vikaa, vaan nykyinen jarrujen mittaustapa on epäluotettava.

8 Tulosten analysointi

8.1 Tulokset rulladynamometrillä

Mercedes Benz W201:llä tutkittiin renkaiden vaikutusta rulladynamometrimittauksissa kesä- ja talvirenkaiden välillä. Tulosten perusteella talvirenkaat ovat selvästi ongelmallisemmat jarruvoimien mittaamisen kannalta rulladynamometrillä. Kuluneilla dynamo-

metrin rullilla saatiin mitattua 3,9 prosenttiyksikköä pienempi jarrutussuhde talvirenkaila. Sama tilanne toistui hyväkuntoisilla rullilla, jolloin talvirenkailla tuli peräti 6,5 prosenttiyksikköä pienempi jarrutussuhde.

Mittausten tuloksista on nähtävissä, että ajoneuvon suuri massa helpottaa hyvän jarrutussuhteen saamista rulladynamometrillä. Vastaavasti erittäin kevyellä ajoneuvolla vaadittavan jarrutussuhteen saavuttaminen rulladynamometrillä on luultavasti erittäin ongelmallista.

Yleisesti voidaan sanoa nykyisen rulladynamometrimittauksen kärsivän liian monista häiritsevistä muuttujista mittauksissa. Tämä käy hyvin ilmi lasketuista jarrutussuhteista. Saman ajoneuvon ja saman päivän aikana mitatuista jarruvoimista laskettujen jarrutussuhteiden ero pienimmän ja suurimman tuloksen välillä on 12,5 prosenttiyksikköä. Ajoneuvon jarruihin ei tehty mitään muutoksia mittauksien välillä. Eroa voidaan pitää liian suurena luotettavien tulosten saamiseksi.

8.2 Tulokset levydynamometriltä

Kaikissa levydynamometrillä tehdyissä mittauksissa saavutettiin kullekin ajoneuvolle vaadittava jarrutussuhde. Mittausten perusteella voidaan sanoa, että levydynamometri soveltuu katsastuskäyttöön. Mahdolliset jarruvoimien erot näkyvät levydynamometrillä siinä missä tavallisella rulladynamometrilläkin. Levydynamometrin etuja rulladynamometriin verrattuna on helppo huollettavuus ja pienempi tilan tarve. Mikäli levydynamometri koostuu neljästä levystä, on mittauksen suorittaminen huomattavasti nopeampaa ja helpompaa rulladynamometriin verrattuna. Tällä tavoin mittaus vastaa myös nykyistä rulladynamometrimittausta paremmin todellista jarrutustilannetta ainoastaan yhden testauksessa vaikuttavan poljinvoiman ansiosta. Levydynamometrillä lisäksi voidaan suoraan testata myös kaikkien nelivetoisten autojen jarrut ongelmitta ja laitteistoa muuttamatta.

Mittauksessa tapahtuvan painonsiirtymän vaikutuksesta etuakselin akselimassa kasvaa merkittävästi kasvattaen mitattua jarruvoimaa edestä ja taka-akseli puolestaan kevenee hieman pienentäen akselin mittaustulosta suhteessa etuakseliin. Käytännössä etuakselilta saa mitattua jopa kolminkertaiset jarruvoimat verrattuna rulladynamometriin.

Levydynamometrin haittapuolena voidaan sanoa olevan tulosten toistettavuus. Täysin samoja tuloksia on hankala saavuttaa perättäisissä mittauksissa, sillä mittauksessa saadut jarruvoimat riippuvat täysin ajonopeudesta levyille sekä jarrutuksen voimakkuudesta ja jarrutusnopeudesta. Lisäksi levydynamometrimittauksessa ei pysty näkemään jarrulevyjen kieroutta tai jarrurumpujen soikeutta. Toisaalta tämä ei ole ongelma, sillä EU:n direktiivissä ei ole määritelty kieroudelle tai soikeudelle numeerista rajaa. Direktiivin mukaan jarruvoima ei saa vaihdella liikaa yhden täyden pyörän kierroksen aikana. [1] Liiallinen vaihtelu voidaan hyvin todeta lyhyelläkin koeajolla dynamometrin sijaan.

8.3 Tulokset saksalaisella mittaustavalla

Saksalainen mittaustapa osoittautui erittäin hyväksi tavaksi laskea jarrutussuhde rulladynamometrillä saaduista mittaustuloksista. Samankaltainen jarruvoimien mittaustapa on jo käytössä raskaan kaluston mittauksissa, joissa dynamometriä sähkömoottoreiden vääntömomentti on suurien jarruvoimien saamisen rajoitteena.

Työssä käytetty ajoneuvo läpäisi jarrutestin saksalaisella mittaustavalla, mutta nykyisellä mittaustavalla ajoneuvo olisi tullut hylätä. Saksalaisella tavalla laskettaessa tulee huomioitua poljinvoima sekä ajoneuvon suurin sallittu kokonaisuudessa. Näin ollen saadaan hyvin simuloitua ajoneuvon jarrujen todellista suorituskykyä jarrutustilanteessa. Lisäksi mittauksessa ei tarvitse selvittää maksimijarruvoimia ajoneuvosta, vaan katsastaja voi valita akselikohtaisesti järkevän poljinvoiman testausta varten. Tämä säästää merkittävästi ajoneuvon renkaita sekä dynamometrin rullia. Lisäksi mittauksessa tarvittava kitka on saavutettavissa myös huonokuntoisilta rullilta.

Työn tuloksista käy myös ilmi, että saksalaisella tavalla laskettu jarrutussuhde ajoneuvon suurimmalle sallitulle kokonaisuudelle on hyvin lähellä levydynamometrillä saaduista tuloksista lasketulle jarrutussuhteelle.

Kyseisen mittaustavan haittapuolena on vanhempien autojen mittaus. Selvästi vanhemmille autoille ei ole saatavilla valmistajan ilmoittamia poljinvoima-arvoja mittausta varten. Tämä saattaisi olla haitaksi erityisesti Suomessa, jossa ajoneuvojen keski-ikä on merkittävän korkea.

9 Yhteenveto

Tässä työssä tutkittiin katsastuskäytössä olevien jarrudynamometrien suoriutumista niille asetetuista määräyksistä sekä vaadittavan jarrutussuhteen saavuttamista jarrumittauksissa. Lisäksi vertailtiin myös kahta eri jarrudynamometriyyppiä sekä mittaustapaa.

Työn tuloksista voi todeta, että nykyinen katsastuksessa käytössä oleva jarrujen mittaustapa rulladynamometrillä on liian epäluotettava. Rulladynamometrimittauksessa tulokset kärsivät liikaa renkaiden ja rullien välisestä huonosta kitkasta, joka voi johtua kuluneista dynamometrin rullista tai esimerkiksi ajoneuvon talvirenkaista. Nykyisellä mittaumenetelmällä useita autoja tulisi hylätä määräaikaikatsastuksessa riittämättömiin jarruvoimiin vedoten, vaikka jarrujen suorituskyky olisikin riittävä. Hylkääminen näin ollen tapahtuisi pelkän huonon mittaumenetelmän vuoksi. Lisäksi mikäli poljinvoimaa ei oteta rulladynamometrimittauksessa huomioon akselikohtaisesti, saadaan jarrujen todellisesta suorituskyvystä liioiteltu kuva.

Saksalaisten kehittämä jarrujenmittaustapa rulladynamometrillä on merkittävästi nykyistä käytössä olevaa mittaustapaa parempi ja luotettavampi. Sen käyttöönottoa tulisi harkita myös Suomessa rulladynamometrillä tapahtuviin jarrumittauksiin katsastuksessa. Kyseisellä tavalla huomioidaan myös käytettävä poljinvoima mittauksessa, jolloin tulokset saadaan paremmin vastaamaan todellisuutta. Lisäksi saksalaisella mittaustavassa tutkitaan myös akselikohtaiset vähimmäisosuudet kokonaisjarruvoimasta, mikä on liikenneturvallisuuden kannalta olennaista etenkin ajonvakautusjärjestelmällä varustetuissa ajoneuvoissa. Kyseinen mittaustapa vaatisi katsastajalta hieman enemmän työtä laskennan muodossa, mutta tämä on vain koulutus- ja järjestelykysymys.

Toisena vaihtoehtona katsastuksen jarrujen testaukselle voisi olla levydynamometri. Tämän työn perusteella se on soveltuva katsastuskäyttöön. Se on helppokäyttöinen sekä nopea laite ajoneuvon kaikkien pyörien mittaamiseen yhdellä kertaa, ja sillä saadut tulokset vastaavat tavallista rulladynamometrimittausta paremmin todellista jarrutustilannetta. Levydynamometrillä tapahtuvissa jarrumittauksissa luultavasti kaikille M1-luokan ajoneuvoille saataisiin mitattua ajoneuvon vaatima jarrutussuhde, ellei ajoneuvon jarrujen suorituskyvyssä ole todellista vikaa.

Lähteet

- 1 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/40/EY (muutettuna direktiivillä 2010/48/EU).
- 2 Katsastustoimipaikkojen tila- ja laitevaatimusten linjauksia (Trafin määräyksen TRAFI/597/03.04.03.00/2013 soveltamismuistio). 2014. Liikenteen turvallisuusvirasto.
- 3 10 yleisintä syytä korjauskehotuksiin, hylkäämisiin ja ajokieltoihin määräaikaikatsastuksissa 2013. Verkkodokumentti. Trafi.
<http://www.trafi.fi/filebank/a/1394180515/695dc24dba64775901b204dc9a24b763/14359-Liite_maaraaikaiskatsastusten_yleisimmat_viat_2013_ja_hylkaysprosentit_2012-13.pdf>. Luettu 16.2.2015.
- 4 Liikenneministeriön päätös paineilmajarruilla varustettujen autojen ja niihin kytkettävien perävaunujen jarrulaitteista 631/1990.
- 5 Henkilöauton jarruvoimat. Verkkodokumentti. Autotieto.
<http://www.autotieto.net/ha_alusta/jarruvoimat.htm>. Luettu 16.2.2015.
- 6 Jarrudynamometri. Verkkodokumentti. Autotieto.
<http://www.autotieto.net/ha_alusta/dynamometri.htm>. Luettu 16.2.2015
- 7 Lehtinen Arto. 2012. Nelivetotekniikka, nelivetoautojen jarrutesti, sähköiset seisontajarrut. PowerPoint-esitys.
- 8 Daimler AG. 2015. Service-Information: Bremsenprüfung auf dem Rollenprüfstand im Rahmen der HU §29 StVZO.

Mittauspöytäkirjat**W201 (kuluneet rullat)****Kesärenkaat:**

	vasen	oikea	yhteensä
akselimassa edessä (kg)	397	374	771
akselimassa takana (kg)	413	360	773
kokonaismassa (kg)			1544
jarruvoimat edessä (N)	2400	2400	4800
jarruvoimat takana (N)	1900	1900	3800
kokonaisjarruvoima (N)			8600
Jarrutussuhde (%)	56,778269		

Nastarenkaat

akselimassa edessä (N)	400	374	774
akselimassa takana (N)	404	363	767
kokonaismassa (kg)			1541
jarruvoimat edessä (N)	2100	2100	4200
jarruvoimat takana (N)	1900	1900	3800
kokonaisjarruvoima (N)			8000
Jarrutussuhde (%)	52,919818		

W201 (hyväkuntoiset rullat)**Kesärenkaat**

	vasen	oikea	yhteensä
akselimassa edessä (kg)	397	374	771
akselimassa takana (kg)	413	360	773
kokonaismassa (kg)			1544
jarruvoimat edessä (N)	2900	2900	5800
jarruvoimat takana (N)	2000	2100	4100
kokonaisjarruvoima (N)			9900
Jarrutussuhde (%)	65,36103		

Nastarenkaatrulladynamometri

	vasen	oikea	yhteensä
akselimassa edessä (kg)	394	378	772
akselimassa takana (kg)	406	361	767
kokonaismassa (kg)			1539
jarruvoimat edessä (N)	2400	2400	4800
jarruvoimat takana (N)	2000	2100	4100
kokonaisjarruvoima (N)			8900
Jarrutussuhde (%)	58,94981		

levydynamometri

jarruvoimat edessä (N)	6800	6800	13600
jarruvoimat takana (N)	2200	1900	4100
kokonaisjarruvoima (N)			17700
Jarrutussuhde (%)	117,2373		

Täysmassa nastarenkaillarulladynamometri

akselimassa edessä (kg)	369	433	802
akselimassa takana (kg)	502	408	910
kokonaismassa (kg)			1712
jarruvoimat edessä (N)	2400	2400	4800
jarruvoimat takana (N)	2800	2600	5400
kokonaisjarruvoima (N)			10200
jarrutussuhde (%)	60,73337		

W205 (kitkarenkaat)**Rulladynamometri**

	vasen	oikea	yhteensä
akselimassa edessä (kg)	414	379	793
akselimassa takana (kg)	311	302	613
kokonaismassa (kg)			1406
jarruvoimat edessä (N)	2800	2800	5600
jarruvoimat takana (N)	2100	2100	4200
kokonaisjarruvoima (N)			9800
Jarrutussuhde (%)	71,05125		

Levydynamometri

jarruvoimat edessä (N)	7800	7800	15600
jarruvoimat takana (N)	1400	1500	2900
kokonaisjarruvoima (N)			18500
Jarrutussuhde (%)	134,1274		

VW Transporter (nastarenkaat)**Rulladynamometri**

	vasen	oikea	yhteensä
akselimassa edessä (kg)	745	622	1367
akselimassa takana (kg)	585	553	1138
kokonaismassa (kg)			2505
jarruvoimat edessä (N)	4500	4500	9000
jarruvoimat takana (N)	3900	3900	7800
kokonaisjarruvoima (N)			16800
Jarrutussuhde (%)	68,3648		

Levydynamometri

jarruvoimat edessä (N)	10000	10000	20000
jarruvoimat takana (N)	4000	4000	8000
kokonaisjarruvoima (N)			28000
Jarrutussuhde (%)	113,9413		

W246 (kitkarenkaat)Rulladynamometri (normaalimittaus)

	vasen	oikea	yhteensä
akselimassa edessä (kg)	611	476	1087
akselimassa takana (kg)	251	230	481
kokonaismassa (kg)			1568
jarruvoimat edessä (N)	2200	2600	4800
jarruvoimat takana (N)	1900	1600	3500
kokonaisjarruvoima (N)			8300
Jarrutussuhde (%)	53,958892		
Poljinvoima taka-akselilla (N)	150		

Rulladynamometri (sama poljinvoima taka-akselilla etuakselin lukkiutuessa)

Poljinvoima (N)	70		
	vasen	oikea	yhteensä
jarruvoimat takana (N)	900	800	1700
Jarrutussuhde (%)	42,256964		

Levydynamometri

jarruvoimat edessä (N)	6800	7500	14300
jarruvoimat takana (N)	1900	1800	3700
kokonaisjarruvoima (N)			18000
Jarrutussuhde (%)	117,01928		

Valmistajan ilmoittamat jarrutestin arvot ajoneuvoille Mercedes Benz W246

Numer	Benennung			TYP 245	TYP 246
		BE42.10-P-1001-10B	Prüfwerte Pedalkraft laut Herstellervorgaben Bezugswerteverfahren	VA min	%
		HA min	%	10,9	13,7
		Prüfkraft min	N	40	40
		Prüfkraft max	N	122	209
		max Pedalkraft für 58% Abbremsung	N	170	207

Betriebsbremse

Numer	Benennung			TYP 251.0	TYP 251.1
		BE42.10-P-1001-10B	Prüfwerte Pedalkraft laut Herstellervorgaben Bezugswerteverfahren	VA min	%
		HA min	%	17,7	17,7
		Prüfkraft min	N	40	40
		Prüfkraft max	N	222	186
		max Pedalkraft für 58% Abbremsung	N	258	219

Betriebsbremse

Numer	Benennung			TYP 451
		BE42.10-P-1001-10B	Prüfwerte Pedalkraft laut Herstellervorgaben Bezugswerteverfahren	VA min
		HA min	%	21,8
		Prüfkraft min	N	40
		Prüfkraft max	N	230
		max Pedalkraft für 58% Abbremsung	N	241