Timo Ojala

Jarrudynamometrien telat ja luistorajat

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tutkinto-ohjelman nimi

Insinöörityö

21.1.2019

Metropolia

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Timo Ojala Jarrudynamometrien telat ja luistorajat 24 sivua + 3 liitettä 21.1.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine	Insinöörityö
Ohjaajat	Laboratorioinsinööri Teemu Laine

Insinöörityö on tehty K1 Katsastajille tukimateriaaliksi käytettäväksi tulevaa säädösmuutosta varten. Työn tavoitteena on mitata kahdella autolla erityyppisillä dynamometreillä jarruvoimia. Mittauksien aikana mittaustilannetta muunnellaan nykyisten määräysten sallimissa rajoissa.

Saatujen jarruvoimien perusteella laskettiin ajoneuvoille hidastuvuus. Hidastuvuutta verrattiin eri telatyypeillä ja luistorajoilla. Samalla tutkittiin, miten mitattu hidastuvuus olisi vaikuttanut katsastuspäätökseen. Mitattavien autojen jarrut ovat kunnossa eikä niiden hidastuvuudessa ollut mitään vikaa, vaikka osa mittauksista niin näyttikin.

Mittaukset tehtiin K1 Katsastajien katsastusasemilla. Kaikkina mittauspäivinä oli kuiva keli ja kummassakin autossa oli kesärenkaat. Märät olosuhteet saatiin aikaiseksi kastelemalla rengas vedellä. Dynamometrien telat olivat normaalisti käytössä olevia ja niiden käyttöä jatkettiin mittausten jälkeen normaalisti. Vain yhdessä dynamometrissä oli uudet telat.

Mittaustulosten pohjalta tiedetään, ettei nykyinen kansallinen määräystaso ole riittävä katsastuksen tasapuolisen laadun aikaan saamiseksi. Määräyksiä laadittaessa on määritettävä telan tyyppi, luistoraja sekä kalibrointiohjeet kitkan määrittämiseksi.

Avainsanat	Dynamometri, jarruvoima, hidastuvuus

Author	Timo Ojala
Title	Brake Testers and Slip Rate
Number of Pages	24 pages + 3 appendices
Date	21 January 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	Automotive After Sales Engineering
Instructors	Teemu Laine, Laboratory Engineer

This thesis was carried out for K1 Katsastajat to be used as support material for future legislation change. The aim of this thesis was to measure the braking force of two cars with different types of dynamometers. During the measurements, the measurement situation was modified following the current regulations.

Based on the measurement results deceleration for the vehicles was calculated. The deceleration was compared with the different types of rollers and slip rates. At the same time, it was investigated how the measured deceleration would have affected the inspection decision. The brakes of the cars to be measured were in order and there was nothing wrong with their deceleration even though some of the measurements showed that.

All the measurements were carried out at K1 Katsastajat inspection stations. On all the days of the measurement the weather conditions were dry and both cars had summer tires. Wet conditions were achieved by watering the tire with water. The rollers of the dynamometers were normally in use and their use was continued normally after carrying out the measurements. Only one dynamometer had new rollers.

Based on the measurement results, it is known that the current level of national regulation is not sufficient to achieve a uniform quality of the inspection. The rules for determining the roll type, slip rates and calibration guidelines for defining friction must be specified.

Keywords	Brake tester, Brake force, Deceleration

Sisällys

Lyhenteet

1 Johdanto 1

2 Tausta 1

3 Tutkimusmenetelmät 2

4 Jarrudynamometrien nykytila 2

4.1 Mukana olleet dynamometrimallit 6

5 Jarrumittaus ja hidastuvuus 6

6 Testauksessa käytetyt autot 8

6.1 VW Caddy 8
6.2 Toyota Yaris 9

7 Mittaustulokset 10

7.1 Maha pyöröhitsatulla telalla. 10
7.2 Beissbarth verkkotela 12
7.3 ATT ripatela ja pyöröhitsattu tela 13
7.4 Sherpa uudet pyöröhitsatut telat ja käytetyt telat 16
7.5 Cartec näppylä-, ripa- ja pyöröhitsattu tela 18

8 Tulosten analysointi 20

8.1 Luistoraja 20
8.2 Poljinvoima 21
8.3 Dynamometrit 21
8.4 Telat 21

9 Yhteenveto 23

Lähteet 24

Liitteet

Liite 1. Mittauspöytäkirja

Liite 2. Mahan telojen kitkataulukko

Liite 3. Beissbarthin telojen kitkataulukko

Lyhenteet

Trafi	Liikenteenturvallisuus virasto.
K1	K1 katsastajat oy
Traficom	Liikenne- ja viestintävirasto

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan katsastusasemilla olevien dynamometrien telojen kitkaominaisuuksia ja luistorajan merkitystä saataviin jarruvoimiin. Työssä on käytetty kahta henkilöautoa. Henkilöautoista mitataan jarruvoimia, niin kuin autot olisivat katsastuksessa. Mittauksia tehdään kuivissa ja märissä olosuhteissa. Kitkakertoimen muutokset kuivalla kelillä ja märällä kelillä tulevat työssä esille. Erityyppisten telojen kitkaominaisuuksia vertaillaan keskenään ja todetaan, millaisia hidastuvuusarvoja eri teloilla on mahdollista saavuttaa. Lisäksi vaihdellaan luistoraja arvoa, jotta saataisiin esille luistorajan vaikutukset mitattaviin jarruvoimiin.

Työssä ei oteta kantaa dynamometrien merkkeihin tai laitteiden hintoihin. Työstä on rajattu pois käyttökustannusten arviointi.

K1 katsastajat oy käyttää tutkimuksen tulosta oman lobbausmateriaalinsa tukena. K1 katsastajat on Suomen toisiksi suurin katsastusyritys. K1 katsastajilla on yli kuusikymmentä katsastusasemaa. K1:llä on useita erilaisia dynamometrejä ja teloja käytössä. Traficom tulee antamaan uuden määräyksen katsastusasemien tiloista ja laitteista. Työssä keskitytään kevyen kaluston dynamometreihin.

2 Tausta

K1 katsastajat oy pyrkii vaikuttamaan Traficonin määräykseen siten, että kaikilla Suomen katsastusasemilla olisi riittävän hyvät dynamometrit katsastuspäätösten yhtenäistämiseksi. K1 katsastajien mielestä nykyisessä määräyksessä ei ole riittävän yksiselitteisesti määritelty mittalaitteiden vaatimuksia.

Katsastuksen arvosteluperusteet muuttuivat 20.5.2018 alkaen [1, kohta B1]. Arvosteluperusteissa on määritelty ajoneuvo luokille minimihidastuvuudet, jotka tulee täyttää. Hidastuvuuksia ei pysty määrittelemään, jos telan kitka on liian pieni.

Telan kitka vaikuttaa arvosteluun myös niissä tapauksissa, joissa ajoneuvon akselin jarruissa on teho eroa. Teho ero on havaittavissa silloin, kun jarruvoimat ovat suuret. Jos kitka on olematon, jää jarruvoimat pieniksi. Tällöin katsastajalta jää tehoero huomioitta.

Katsastusalan kiristynyt kilpailutilanne on myös vaikuttanut yritysten kykyyn investoida. Yritykset eivät investoi uusiin dynamometreihin tai teloihin, jos määräyksissä ei ole annettu tarkkoja määräyksiä dynamometrien mallista ja telojen kitkasta.

3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusta tehtiin kiertämällä katsastusasemia kahdella autolla. Kummassakin autossa on kesärenkaat. Autoina ovat iso henkilöauto Volkswagen Caddy ja pieni henkilöauto Toyota Yaris. Testaaminen aloitetaan kuivilla teloilla ja renkailla. Dynamometrin luistorajaa säädetään. Luistoraja on dynamometrin sisäinen mittausarvo. Dynamometri mittaa telojen pyörimisnopeutta suhteessa keskitelan pyörimisnopeuteen. Luistoraja ilmoitetaan prosenttilukuna. Mitä pienempi luistoraja on, sitä vähemmän dynamometri sallii pyörimisnopeus eroa telan ja keskitelan välillä. Kun luistoraja saavutetaan, katkaisee dynamometri automaattisesti mittauksen. Jokaisella luistorajalla mitataan saatava jarruvoima. Osassa mittauksista mitataan myös poljinvoima. Poljinvoima mitataan poljinvoima mittarilla. Suurin sallittu poljinvoima on 500 N [1, kohta B 1.2.1].

Kun dynamometriltä on saatu kuivan renkaan ja telan arvot mitattua, kastellaan renkaat ja dynamometrin telat vedellä. Seuraavaksi mitataan märkänä saatavat jarruvoimat eri luistorajoilla. Kaikki mittaukset tehdään niin kuin katsastuksen yhteydessä katsastaja sen suorittaa. Tarkoituksena on saada eri tuloksia, jotta voitaisiin löytää telojen mallille ja luistorajojen säädölle jotkin rajat. Mukana on useita dynamometrimerkkejä ja telamalleja.

4 Jarrudynamometrien nykytila

Katsastusasemilla on käytössä monentyyppisiä ja -merkkisiä jarrudynamometrejä. Laitteitten merkkiä tai mallia ei ole rajattu [2, kohta 3.1.2.1]. Dynamometrien voiman mittaustapa voi olla joko sähköinen tai hydraulinen. Näistä hydraulinen voiman mittaustapa on vanhentunut. Uudet dynamometrit mittaavat voimaa sähköisillä voima-antureilla.

Dynamometrin pyörivät telat voivat olla minkälaisia tahansa. Määräykset eivät aseta rajoituksia telan pinnan materiaalille tai pinnoitustavalle [2, kohta 3.1.2.1.]. Valmistajilta on saatavilla useita eri telapintamalleja.

Ripatela (kuva 1) on paljon Suomessa käytetty telamalli. Ripatelan hyviin puoliin kuuluu hyvä kesto. K1 katsastajat oy:llä on dynamometrejä, joiden ripateloja on käytetty yli 5 vuotta. Telat ovat loppuun kuluneita vasta, kun tela ei täytä mene kalibroinnin yhteydessä valmistajan halkaisijavaatimusta.

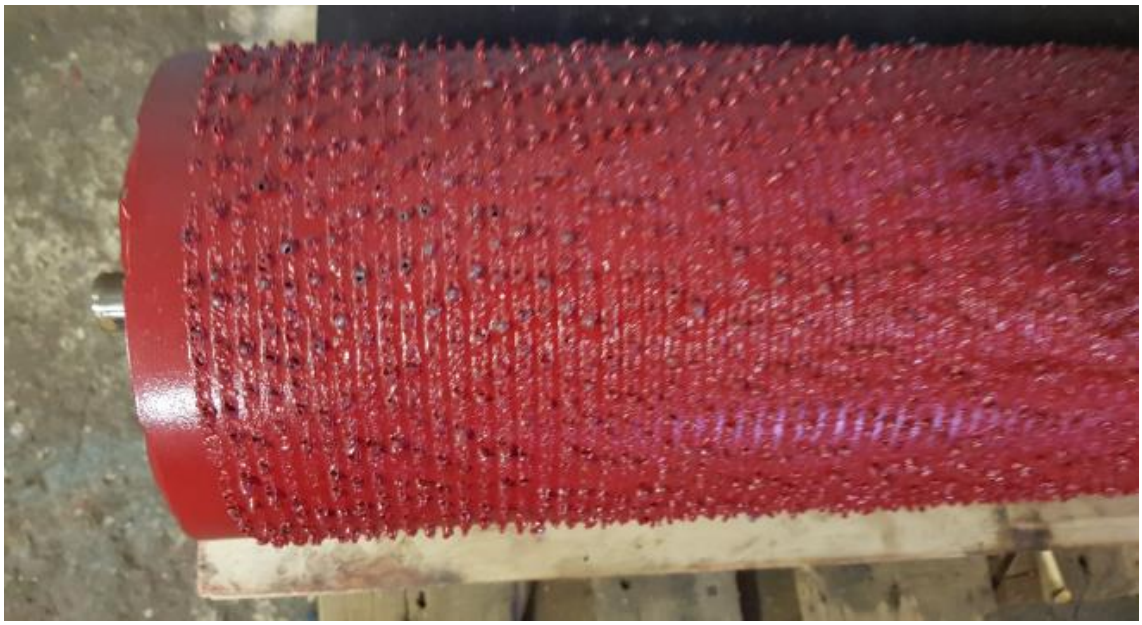
Kuva 1. Ripatela.

Massatela on Euroopassa käytettävä telatyyppi. K1 on kokeillut massatelaa myös Suomessa. Nastojen käyttö talviaikaan rikkoo massatelan pinnan, ja massa alkaa irtoamaan telasta. Massatelan hyvä puoli on hyvä kitka. K1:n testatessa massatelaa se kesti talvikaudella noin kolme viikkoa.

Verkkotela (kuva 2) on Suomessa harvinainen telatyyppi. Beissbarth-dynamometreissä on käytetty verkkoteloja. Verkkotela kestää hyvin kulutusta. Verkkotelan uudelleenpinnoitus ei ole mahdollista. Verkkotela on kulunut loppuun, kun verkko irtoaa telasta.

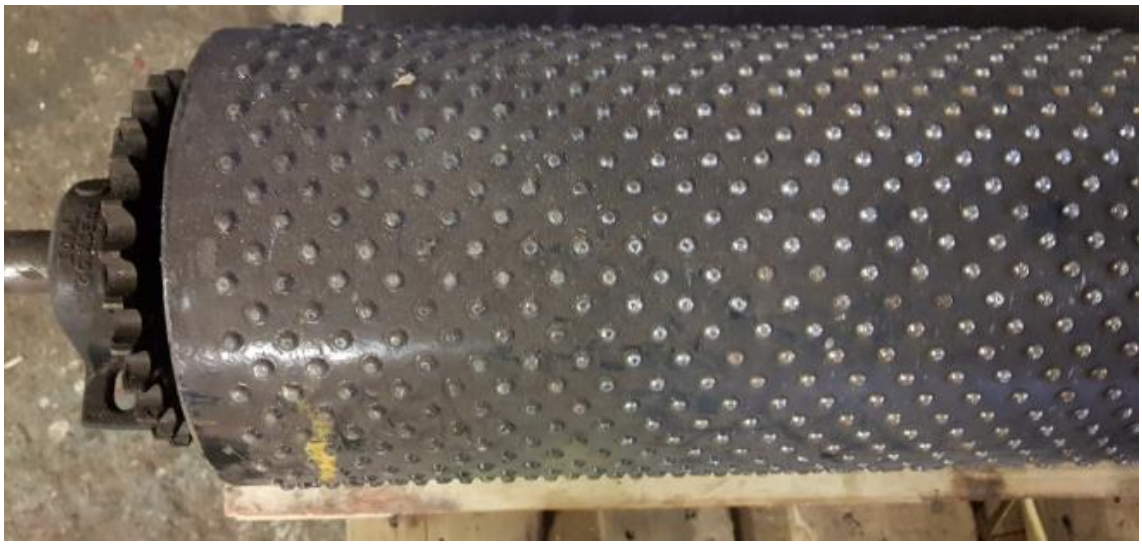
Kuva 2. Verkkotela

Pyöröhitsatulla telalla (kuva 3) on uusien dynamometrien vakiotelatyyppi. Pyöröhitsattutela kestää huonosti kulutusta. Tela on uudelleen pinnoitettavissa. Tela on kulunut loppuun, kun telassa oleva hitsausjälki on kulunut pois.



Kuva 3. Pyöröhitsattu tela

Näppylätela (kuva 4) on Suomessa harvinainen telatyyppi. Cartec- dynamometreissä on käytössä näppyläteloja. Tela kestää kohtuullisesti kulutusta. Tela on kulunut loppuun, kun telassa olevat nyppylät ovat kuluneet pois.



Kuva 4. Näppylätela

Dynamometreissä on myös teloja, joita on itse paranneltu kitkan lisäämiseksi. Nämä telat eivät ole määräyksen mukaisia. [2, kohta 3.1.2.1].

Tutkimuksessa oli mukana useita dynamometrimalleja. Ne kattavat koko K1:n laitekannan ja suuren osan Suomeen maahantuotavista laitteista. Wihurin tuoma AHS puuttuu testistä kokonaan. Suomen työkalun maahantuoma Nussbaum on identtinen ATT:n kanssa. Samoin Boschin dynamometri on Beissbartin sisar.

4.1 Mukana olleet dynamometrimallit

Maha IW2

Cartec combiline BDE 2304 ja BDE 4504

Beissbarth BD 641

Sherpa Sherlane

ATT Argus

5 Jarrumittaus ja hidastuvuus

Määräaikaiskatsastuksen yhteydessä osana liikennekelpoisuuden valvontaa mitataan ajoneuvoista jarruvoimia. Suomessa on mitattu jarruja jo vuosikymmenten ajan. Kevyiden ajoneuvojen määräaikaiskatsastuksessa on tarkasteltu jarruvoimia, tehoeroa, laahausvoimaa ja jarrujen soikeutta. Raskaat ajoneuvot (kokonaismassa yli 3500 kg), joissa on paineilmajarrut, mitataan dynamometrillä, ja niistä lasketaan hidastuvuus. Hidastuvuuden laskeminen on uutta kevyellä kalustolla. Raskaiden ajoneuvojen hidastuvuuden määritystä on helpottanut se, että ajoneuvoja on voitu kuormittaa kuormituslaitteella ja voimat on voitu laskea jarrujärjestelmäpaineen suhteella. Henkilöautojen kuormittamista varten ei ole laitetta. Myöskään henkilöauton jarrujärjestelmän paineita ei voida mitata. Tähän asti jarruja mitattaessa ei ole tehty poljinvoima mittauksia.

Dynamometrillä mitattaessa kitka on merkittävä tekijä. Kuivan asfaltin ja renkaan välinen kitka on parhaimmillaan 0,8. [3] Henkilöautojen, joiden käyttöönotto on 1.1.2012 jälkeen, tulisi saavuttaa hidastuvuus 5,8 $m/s^{2.}$ Tämä tarkoittaa 58 %:n jarrutussuhdetta. Samanikäisillä pakettiautoilla jarrutussuhde vaatimus on 50 %. Vanhemmilla henkilöautoilla jarrutussuhdevaatimus on 50 % ja vanhemmilla pakettiautoilla 45 %. [1, kohta 1.2.2.].

Jotta tällainen hidastuvuus voitaisiin mitata, on dynamometrillä kitkakertoimen oltava vähintään 0,58. Jos kitkakerroin on pienempi kuin 0,58, jäävät jarruvoimat niin alhaisiksi,

ettei ajoneuvon jarrutussuhdetta saavuteta. Tällöin ei voida varmistua siitä, johtuuko jarrutussuhteen alittaminen jarruviasta vai renkaan ja telanvälisen kitkan vähyydestä. Dynamometri ovat testanneet omia dynamometrejään ja telojaan, silloin kun ne ovat uusia.

Taulukosta 1 voidaan havaita, että kitkakerroin riippuu renkaan painosta ja jarruvoimasta. Taulukosta voidaan tarkastella 400 kg:n akselipainolla olevia kitka-arvoja. Tämä massa on sama kuin testissä olevan VW Caddyn takarenkaan massa. Voidaankin nähdä, että Caddya mitatessa jarruvoiman pitää olla vähintään 2,3 kN, jotta jarrutussuhde saavutetaan.

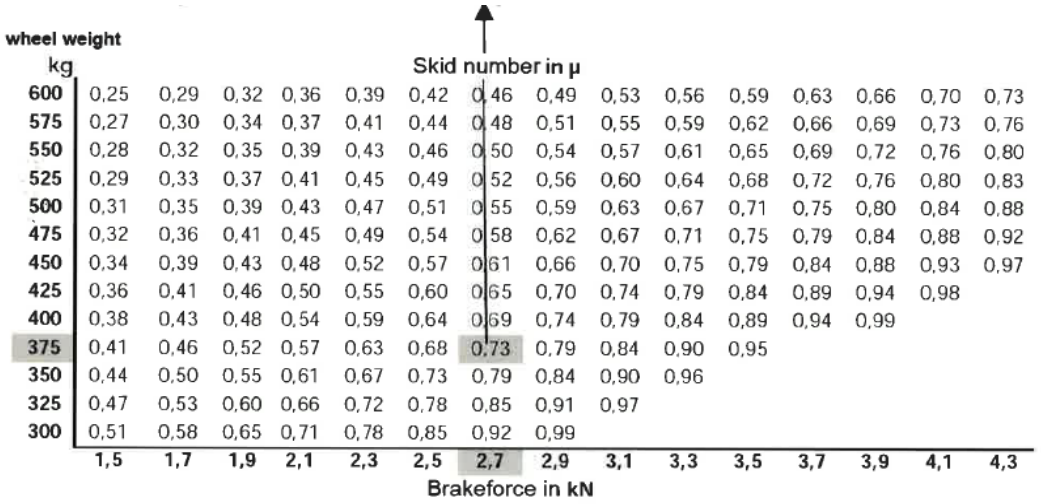
Taulukko 1. Beissbarth jarrudynamometrin kitkakerroin mittaukset verkkotelalla. Tehtaan mittaukset. [Liite 2.]

Wheel weight in [kg]	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4
650	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,54	0,55	0,57	0,58	0,60	0,62
625	0,29	0,30	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48	0,50	0,51	0,53	0,54	0,56	0,58	0,59	0,61	0,62	0,64
600	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,58	0,60	0,62	0,63	0,65	0,67
575	0,31	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,52	0,54	0,56	0,57	0,59	0,61	0,63	0,64	0,66	0,68	0,70
550	0,33	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45	0,47	0,49	0,51	0,53	0,55	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,65	0,67	0,69	0,71	0,73
525	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,70	0,72	0,74	0,76
500	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80
475	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84
450	0,40	0,42	0,44	0,47	0,49	0,51	0,53	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,67	0,69	0,71	0,73	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,87	0,89
425	0,42	0,45	0,47	0,49	0,52	0,54	0,56	0,59	0,61	0,64	0,66	0,68	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,85	0,87	0,89	0,92	0,94
400	0,45	0,48	0,50	0,53	0,55	0,58	0,60	0,63	0,65	0,68	0,70	0,73	0,75	0,78	0,80	0,83	0,85	0,88	0,90	0,93	0,95	0,98	
375	0,48	0,51	0,53	0,56	0,59	0,61	0,64	0,67	0,69	0,72	0,75	0,77	0,80	0,83	0,85	0,88	0,91	0,93	0,96	0,99			
350	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69	0,71	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,89	0,91	0,94	0,97						
325	0,55	0,58	0,62	0,65	0,68	0,71	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,89	0,92	0,95	0,98								
300	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73	0,77	0,80	0,83	0,87	0,90	0,93	0,97											
275	0,65	0,69	0,73	0,76	0,80	0,84	0,87	0,91	0,95	0,98													
250	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96																

Brakeforce in kN

Taulukosta 2 voidaan havaita, että kitkakerroin riippuu renkaan painosta ja jarruvoimasta. Taulukosta voidaan tarkastella 400 kg:n rengaspainolla olevia kitka-arvoja. Tämä massa on sama kuin testissä olevan VW Caddyn takarenkaan massa. Voidaankin nähdä, että Caddyä mitatessa jarruvoiman pitää olla vähintään 2,3 kN, jotta jarrutussuhde saavutetaan.

Taulukko 2. Mahan dynamometrin kitkakerroin mittaukset pyöröhitsatullatelalla. Tehtaan mittaukset. [Liite 3.]



wheel weight kg	Skid number in μ														
600	0,25	0,29	0,32	0,36	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53	0,56	0,59	0,63	0,66	0,70	0,73
575	0,27	0,30	0,34	0,37	0,41	0,44	0,48	0,51	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,73	0,76
550	0,28	0,32	0,35	0,39	0,43	0,46	0,50	0,54	0,57	0,61	0,65	0,69	0,72	0,76	0,80
525	0,29	0,33	0,37	0,41	0,45	0,49	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,83
500	0,31	0,35	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67	0,71	0,75	0,80	0,84	0,88
475	0,32	0,36	0,41	0,45	0,49	0,54	0,58	0,62	0,67	0,71	0,75	0,79	0,84	0,88	0,92
450	0,34	0,39	0,43	0,48	0,52	0,57	0,61	0,66	0,70	0,75	0,79	0,84	0,88	0,93	0,97
425	0,36	0,41	0,46	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,74	0,79	0,84	0,89	0,94	0,98	
400	0,38	0,43	0,48	0,54	0,59	0,64	0,69	0,74	0,79	0,84	0,89	0,94	0,99		
375	0,41	0,46	0,52	0,57	0,63	0,68	0,73	0,79	0,84	0,90	0,95				
350	0,44	0,50	0,55	0,61	0,67	0,73	0,79	0,84	0,90	0,96					
325	0,47	0,53	0,60	0,66	0,72	0,78	0,85	0,91	0,97						
300	0,51	0,58	0,65	0,71	0,78	0,85	0,92	0,99							
	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3

Brakeforce in kN

Kummallakin jarrudynamometrillä ja telatyypillä on uutena riittävä kitka henkilöautojen ja pakettiautojen jarrutussuhteen selvittämiseksi.

6 Testauksessa käytetyt autot

Testissä on käytetty kahta erikokoista henkilöautoa, joiden käyttöönotto on 1.1.2012 jälkeen. Autoille on saatava jarrutussuhteeksi 58 %. Jarrutussuhde on auton kokonaisjarruvoimansuhde auton painovoimaan.

6.1 VW Caddy

Taulukossa 3 on VW Caddyn teknisesti sallitut massat ja ennen mittauksia punnitut massat. Hidastuvuuslaskelmissa on käytetty punnittuja massoja. Jotta Caddyn jarrutussuhde olisi 58 %, tulee auton jarruvoimien olla seuraavat: Mittaustilanteen massoilla etuakselilta on saatava jarruvoimaa 6,0 kN ((58 x 1060 x 9,81) / 100). Taka-akselilta on saatava jarruvoimaa 4,6 kN ((58 x 800 x9,81) /100) ja koko ajoneuvolle 10,6 kN ((58 x 1860 x 9,81) / 100).

Teknisillä sallituilla massoilla etuakselilta on saatava jarruvoimaa 6,7 kN. ((58 x 1175 x 9,81) / 100). Taka-akselilta on saatava jarruvoimaa 7,1 kN ((58 x 1250 x 9,81) /100). Ja koko ajoneuvolle on saatava jarruvoimaa 13,3 kN ((58 x 2330 x 9,81) /100).

Taulukko 3. VW Caddyn punnitut ja tekniset massat

Punnitut massat (kg)			Teknisesti sallitut massat (kg)		
Etuakseli	Taka-akseli	Ajoneuvo	Etuakseli	Taka-akseli	Ajoneuvo
1060	800	1860	1175	1250	2330

6.2 Toyota Yaris

Yariksen massat (taulukko 4) ovat pienemmät kuin Caddyn. Jotta Yariksen jarrutussuhde olisi 58 %, tulee auton jarruvoimien oltava seuraavat. Mittaus tilanteen massoilla etuakselilta on saatava jarruvoimaa 4,1 kN ((58 x 720 x 9,81) /100). Taka-akselilta on saatava jarruvoimaa 2,5 kN ((58 x 440 x 9,81) /100) ja koko ajoneuvolle 6,6 kN ((58 x 1160 x 9,81) /100).

Teknisillä sallituilla massoilla etuakselilta on saatava jarruvoimaa 4,8 kN. ((58 x 850 x 9,81) /100). Taka-akselilta on saatava jarruvoimaa 4,7 kN ((58 x 825 x 9,81) /100) ja koko ajoneuvolle 8,5 kN ((58 x 1490 x 9,81) /100).

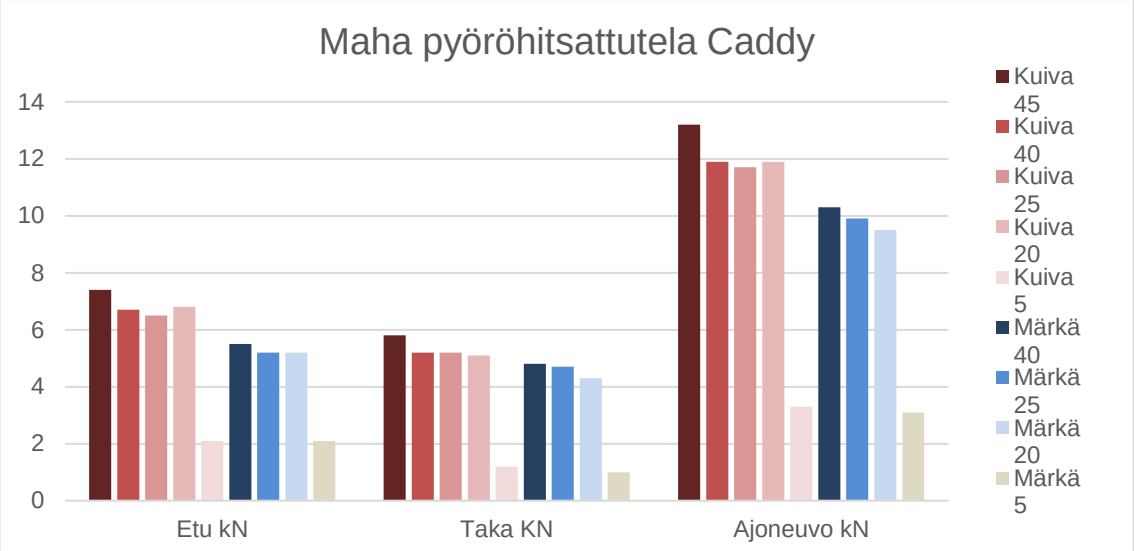
Taulukko 4. Toyota Yarisin punnitut ja tekniset massat

Punnitut massat (kg)			Teknisesti sallitut massat (kg)		
Etuakseli	Taka-akseli	Ajoneuvo	Etuakseli	Taka-akseli	Ajoneuvo
720	440	1160	850	825	1490

7 Mittaustulokset

7.1 Maha pyöröhitsatulla telalla.

Mahan mittaukset on tehty vain Caddyllä ja mittauksiin ei ole käytetty poljinvoimamittaria. Parhaat jarruvoimat saatiin mitattua, kun luistoraja oli nostettu mahdollisimman korkealle. Laskevan trendin havaitsee helposti kuvasta 5. Märkä rengas antaa selvästi huonompia tuloksia kuin kuiva rengas. Luistorajan ollessa kuiva 20, on etuakselin jarruvoima suurempi kuin suuremmilla luistorajoilla. Tämä on mittauksesta johtuva poikkeus.



Kuva 5. Maha-dynamometrin tulokset. Luistorajaa vaihdettu sekä kuivalla että märällä.

Taulukosta 5 näkyy hyvin, millaisia kitkakertoimia saatiin mitattua eri luistorajoilla sekä märillä ja kuivilla renkailla. Kun kitkakertoimen tulisi olla vähintään 0.58, nähdään, ettei minimikitkakerroin toteudu märällä renkaalla millään luistorajalla eikä kuivalla renkaalla, jos luistoraja on 5. Caddyn koko ajoneuvon jarruvoimaksi olisi saatava minimissään 10,6 kN. Märällä renkaalla 40 %:n luistorajalla oltiin hyvin lähellä tarvittavaa kokonaisjarruvoimaa.

Taulukko 5. Maha-dynamometrin tulokset. Luistorajaa vaihdettu sekä kuivalla että märällä.

		Etu kN	Taka KN	Ajoneuvo kN		
VW Caddy	Maha Pyöröhitsattu tela	7,4	5,8	13,2	Kuiva 45	0,70
VW Caddy	Maha Pyöröhitsattu tela	6,7	5,2	11,9	kuiva 40	0,63
VW Caddy	Maha Pyöröhitsattu tela	6,5	5,2	11,7	kuiva 25	0,61
VW Caddy	Maha Pyöröhitsattu tela	6,8	5,1	11,9	Kuiva 20	0,64
VW Caddy	Maha Pyöröhitsattu tela	2,1	1,2	3,3	Kuiva 5	0,20
VW Caddy	Maha Pyöröhitsattu tela	5,5	4,8	10,3	Märkä 40	0,52
VW Caddy	Maha Pyöröhitsattu tela	5,2	4,7	9,9	Märkä 25	0,49
VW Caddy	Maha Pyöröhitsattu tela	5,2	4,3	9,5	Märkä 20	0,49
VW Caddy	Maha Pyöröhitsattu tela	2,1	1	3,1	Märkä 5	0,20

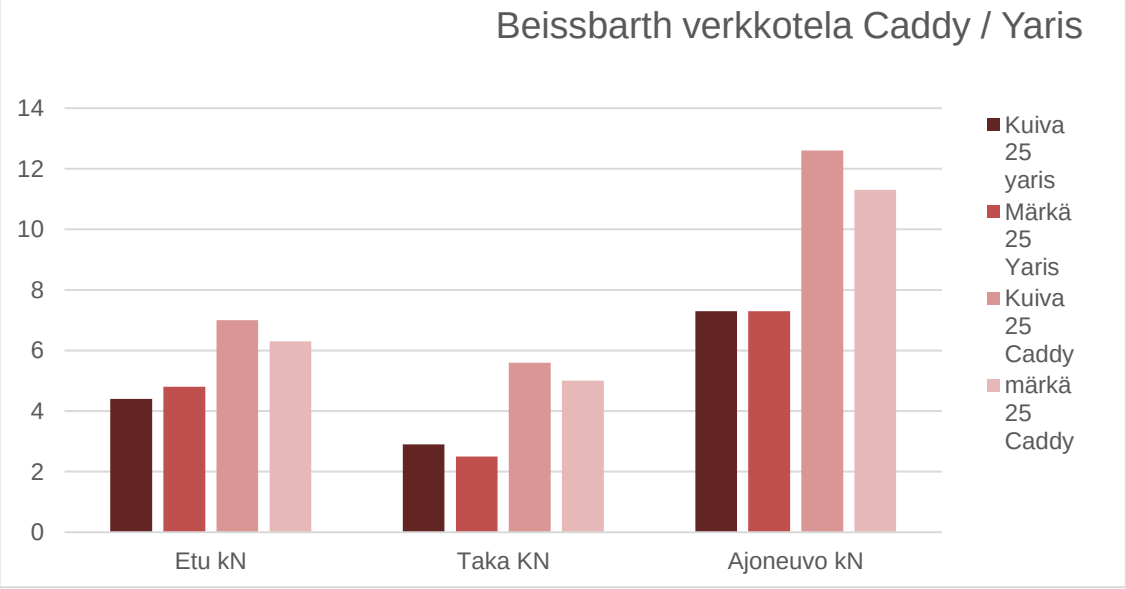
Caddyn osalta katsastuspäätökset olisi hyväksytty silloin, kun renkaat olisivat olleet kuivat ja luistoraja olisi ollut suurempi kuin 5. Märällä kelillä Caddya ei olisi voitu hyväksyä jarrujen osalta lainkaan. Tämä näkyy selvästi taulukossa 6. Koko ajoneuvon hidastuvuuden tulee olla 58 % tai sen yli

Taulukko 6. Caddyn jarrutussuhteet Mahan dynamometrillä mitattuna

Etu	Taka	Koko		
71 %	74 %	72 %	Kuiva 45	0,70
64 %	66 %	65 %	kuiva 40	0,63
63 %	66 %	64 %	kuiva 25	0,61
65 %	65 %	65 %	Kuiva 20	0,64
20 %	15 %	18 %	Kuiva 5	0,20
53 %	61 %	56 %	Märkä 40	0,52
50 %	60 %	54 %	Märkä 25	0,49
50 %	55 %	52 %	Märkä 20	0,49
20 %	13 %	17 %	Märkä 5	0,20

7.2 Beissbarth verkkotela

Beissbarth-dynamometrillä mittaukset on suoritettu tehtaan normaaleilla luistoraja-asetuksilla, koska tarvittavaa työkalua luistorajan säätämiseksi ei ollut. Luistoraja on tehtaalta lähtien 25 %. Verkkotela testattiin kummallakin autolla ja märällä sekä kuivalla renkaalla. Kuvasta 6 näkee, mikä vaikutus vedellä on jarruvoimiin. Isommalla autolla voimat ovat suurempia. Suurempimassaiset autot tarvitsevat suuremman jarruvoiman hidastuvuuksien täyttymiseksi. Suuremmilla voimilla kuivan ja märän telan erot ovat selvemmin havaittavissa



Kuva 6. Beissbarth-mittaukset verkkotelalla kuivana märkänä.

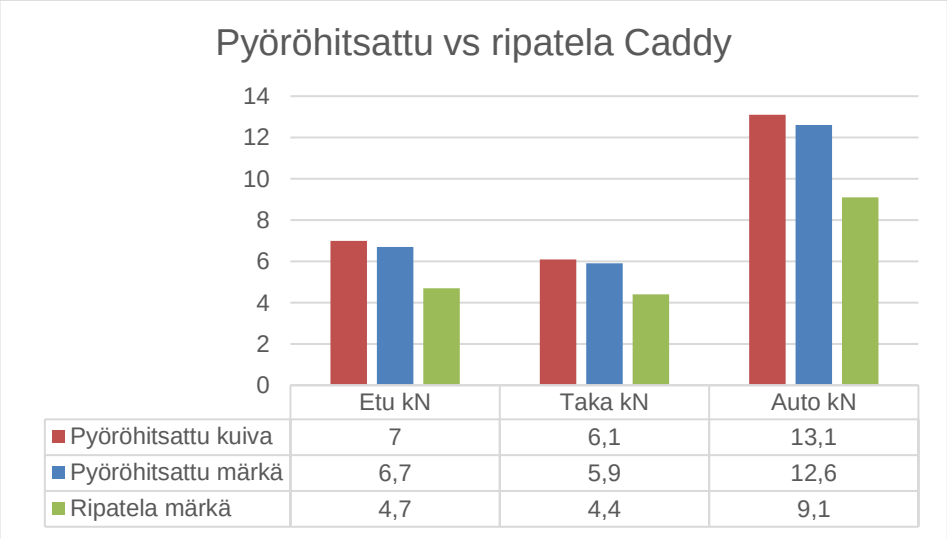
Taulukossa 7 on näkyvissä, millaisia hidastuvuuksia verkkotelalla on mitattu. Hidastuvuudet on laskettu punnitulla massalla. Kaikki tulokset ovat katsastuksessa hyväksyttäviä. Kitka on riittävä myös märällä kelillä. Kun mittaustuloksia verrataan Beissbarthin tehtaan ilmoittamiin kitka-arvoihin (taulukko 1) voidaan huomata, että kitka 0,63 täyttyi kuivana reilusti (0,66). Jarruvoimat ovat selvästi ajoneuvojen minimivaatimuskokonaisjarruvoimia suurempia: Caddy 10,6 kN ja Yaris 6,6 kN.

Taulukko 7. Hidastuvuudet verkkotelalla mitattuna.

	Etu kN	Taka kN	Auto kn	Etu	Taka	Koko		Etu poljinvoima	Taka poljinvoima	Kitka
Toyota Yaris	4,4	2,9	7,3	62 %	67 %	64 %	Kuiva 25 %	49	119	0,61
Toyota Yaris	4,8	2,5	7,3	68 %	58 %	64 %	Märkä 25%	63	99	0,67
VW Caddy	7	5,6	12,6	67 %	71 %	69 %	Kuiva 25 %	81	171	0,66
VW Caddy	6,3	5	11,3	61 %	64 %	62 %	Märkä 25 %	53	166	0,59

7.3 ATT ripatela ja pyöröhitsattu tela

ATT-dynamometrillä mitattiin ripatelan arvoja kuivana ja märkänä. Lisäksi mitattiin Suomessa valmistettuja pyöröhitsattujateloja kuivana ja märkänä. Dynamometrin luistorajaa muutettiin mittausten aikana. Caddyllä mitattiin, millaisia voimia saadaan 25 %:n luistorajalla märällä ripatelalla ja kuivalla ja märällä pyöröhitsatullatelalla. Kuvasta 7 voidaan nähdä, kuinka paljon pienempiä voimia märällä ripatelalla saadaan kuin märällä pyöröhitsatullatelalla. Auton kokonaisjarruvoima minimiä 10,6 kN ei saavutettu märällä ripatelalla.



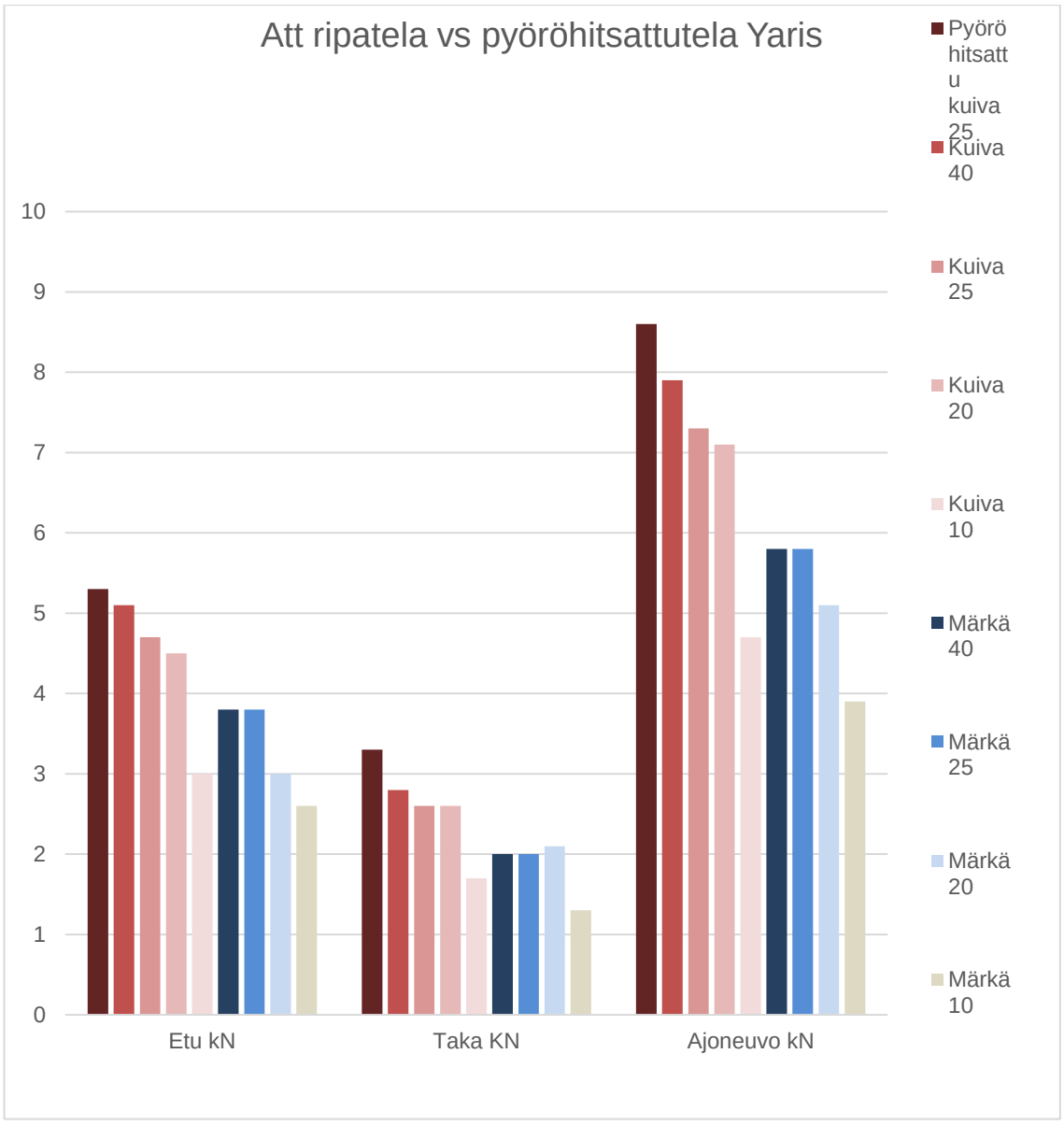
Kuva 7. Caddyllä mitattu pyöröhitsatuntelan ja ripatilan jarruvoimia.

Katsastuksen päätöstä tehdessä pyöröhitsatuilla teloilla Caddy olisi hyväksytty. Märällä ripatelalla Caddy olisi pitänyt hylätä. Märän ripatelan hidastuvuus punnituilla painoilla jäi alhaiseksi. Ripatelalle saatu kitka oli myös heikko. (Taulukko 8.)

Taulukko 8. Hidastuvuudet eri telatyypillä ATT.

		Etu	Taka	Koko		Kitka
VW Caddy	ATT Argus/pyöröhits.	67 %	78 %	72 %	Kuiva 25%	0,66
VW Caddy	ATT Argus/pyöröhits.	64 %	75 %	69 %	Märkä 25 %	0,63
VW Caddy	ATT Argus/ripatela	45 %	56 %	50 %	Märkä 25 %	0,44

Pyöröhitsatulla telalla mitattiin vertailuvoimat. Voimat mitattiin Yariksella. Luistorajan muutoksella on suuri vaikutus myös ripatelalla varustetussa dynamometrissä. Voimat jäävät pienemmiksi kuin pyöröhitsatulla telalla (kuva 8). Kuivalla ripatelalla ja 40 %:n luistorajalla päästiin kaikista lähimmäksi pyöröhitsatuntelan voimia. Kun luistorajaa laskettiin 10 %:iin, jäivät jarruvoimat pieniksi sekä kuivana että märkänä.



Kuva 8. Kuivan pyöröhitsatuntelan ja ripatelan jarruvoimien vertailu eri luistorajoilla.

.

Yariksen hidastuvuudet mitattiin pyöröhitsatullatelalla, joka oli valmistettu Suomessa. Hidastuvuus oli hyvä, 76 %. Ripatelalla hidastuvuutta mitattiin kuivana ja märkänä. Luistorajaa vaihdettiin mittausten välillä. Pyöröhitsatuntelan luistoraja oli tehdasasetuksessa 25 %. Kuivana ripatelalla tehdyt hidastuvuusmittaukset olivat riittäviä, paitsi 10 %:n luistorajalla. 10 %:n luistoraja on niin alhainen, ettei hidastuvuutta saada riittävästi aikaiseksi.

Märkänä ripatelalla mitatut hidastuvuudet jäivät liian alhaisiksi. Edes luistoradan nosto ei auttanut parantamaan mittaustuloksia. Tämä johtuu siitä, että ripatelan kitka jää pieneksi märkänä. Katsastus olisi siis hylättävä, joka kerta kostealla kelillä. (taulukko 9)

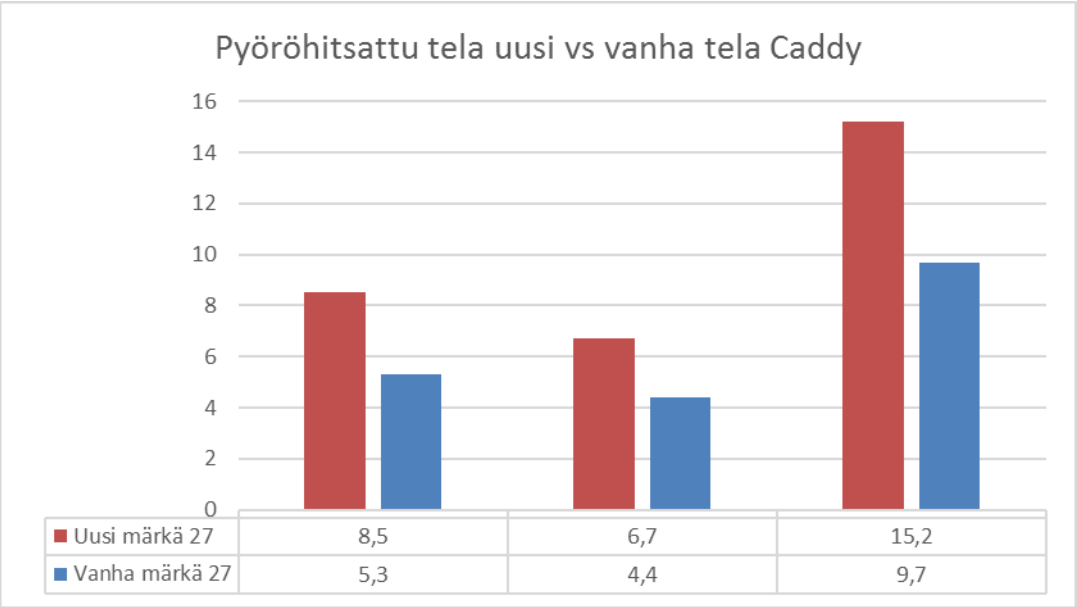
Taulukko 9. ATT ripatelan hidastuvuudet

		Etu	Taka	Koko		Kitka
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	42 %	39 %	41 %	Kuiva 10 %	0,42
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	64 %	60 %	62 %	Kuiva 20 %	0,63
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	67 %	60 %	64 %	Kuiva 25%	0,65
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	72 %	65 %	69 %	Kuiva 40%	0,71
Toyota Yaris	ATT Argus/pyöröhits.	75 %	76 %	76 %	Kuiva 25%	0,74
		Etu	Taka	Koko		Kitka
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	37 %	30 %	34 %	Märkä 10%	0,36
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	42 %	49 %	45 %	Märkä 20 %	0,42
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	54 %	46 %	51 %	Märkä 25 %	0,53
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	48 %	58 %	52 %	Märkä 40%	0,47

7.4 Sherpa uudet pyöröhitsatut telat ja käytetyt telat

Sherpan dynamometrillä mitattiin jarruvoimia pyöröhitsatuillateloilla. Mittauksessa on uudet sekä käytetyt telat. Käytetyt telat ovat vielä hyväkuntoiset, eikä niihin ole suunniteltu tehtävän telavaihtoa. Lisäksi mitattiin käytetyillä teloilla luistorajan vaikutusta mittaustuloksiin.

Uutta ja vanhaa telaa mitattiin märkänä tehtaan asettamalla luistorajalla. Vanhalla telalla saatiin selvästi pienempiä voimia kuin uudella telalla. Vanhalla telalla ei saavutettu ajoneuvon kokonaisjarruvoimaminimiä 10,6 kN.(kuva 9)



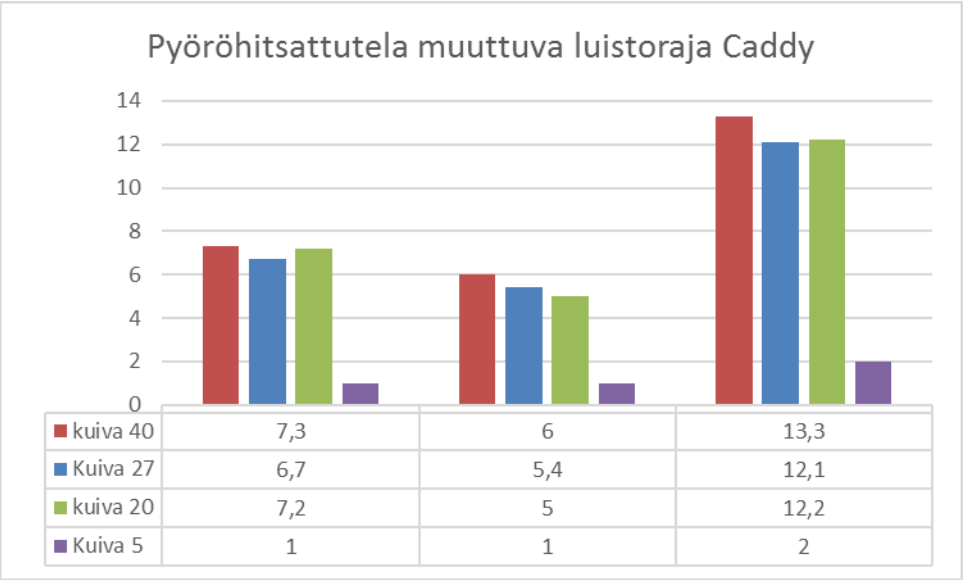
Kuva 9. Sherpa uusi tela ja vanha tela.

Caddyn hidastuvuudet uudella telalla ovat riittävät. Vanhalla telalla hidastuvuus ei ole riittävä. Mittaukset tehtiin märkinä. Taulukosta 10 havaitsee selkeästi, että tela on vaihdettava, kun se kuluu. Uudella telalla katsastus olisi hyväksytty, kun taas vanhalla telalla katsastuspäätös olisi ollut hylätty.

Taulukko 10. Uusi ja vanha tela.

		Etu	Taka	Auto		Etu	Taka	
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits. Uusi tela	82 %	85 %	83 %	Märkä 27 %	58	158	0,80
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	51 %	56 %	53 %	Märkä 27 %	36	108	0,50

Kuivalla telalla mitattaessa luistorajan vaikutus ei ole kovin suuri, jos luistoraja on yli 20 %: n.(kuva 10). Vain luistorajan lasku 5 %:iin muutti jarruvoimia merkittävästi. Jos dynamometrin luistoraja on määritelty 5 %:iin, ovat voimat todella pieniä ja pyörät lukkiutuvat helposti.



Kuva 10. Luistorajan vaikutus jarruvoimiin.

Hidastuvuuden kannalta kuivissa olosuhteissa 20–40 %:n luistorajan muutoksilla ei ole vaikutusta katsastuspäätökseen. Pyöröhitsatuntelan kitka on niin hyvä kuivalla kelillä, että alhaisemmallakin luistorajalla hidastuvuus on saavutettavissa. Vasta luistorajan laskeminen 5 %:iin muuttaa merkittävästi hidastuvuutta. Taulukoissa 10 ja 11 näkyy myös mittauksissa käytettyjä poljinvoimia. Poljinvoimat jäävät todella alhaisiksi silloin, kun kitka on pieni. Taka-akselin mittauksissa jouduttiin käyttämään suurempaa poljinvoimaa jarruvoimien aikaansaamiseksi.

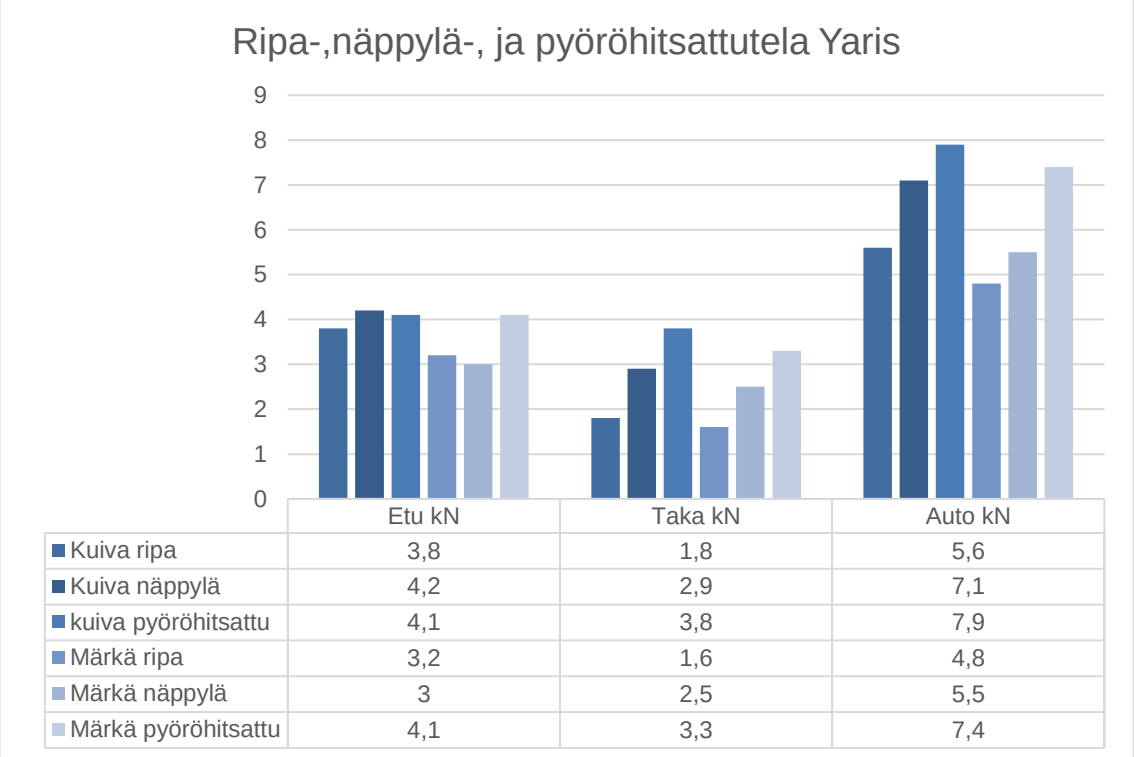
Taulukko 11. Luistorajan vaikutukset pyöröhitsattu tela, kuiva.

		Etu	Taka	Auto		Etu	Taka	
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	70 %	76 %	73 %	Kuiva 40%	84	166	0,69
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	64 %	69 %	66 %	Kuiva 27			0,63
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	69 %	64 %	67 %	Kuiva 20%	76	131	0,68
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	10 %	13 %	11 %	Kuiva 5 %	23	22	0,09

7.5 Cartec näppylä-, ripa- ja pyöröhitsattu tela

Cartecillä mitattiin kolmen tyyppisiä teloja. Kaikki telat mitattiin samalla luistorajalla. Luistoraja oli 30 %. Jarruvoimia mitattiin jokaisella telatyypillä kuivana ja märkänä. Dynamometrejä on kahta eri mallityyppiä. Tyyppi BDE 2304 on kevyiden ajoneuvojen dynamometri. Tyyppi BDE 4504:llä pystytään mittaamaan myös raskaita ajoneuvoja.

Kuivana pyöröhitsatullatelalla ja näppylätelalla on hyvät jarruvoimat. Ripatelallakin on kohtalaiset voimat kuivana. Märkänä jarruvoimat laskevat ja näppylätelalla suhteessa eniten. Kuvasta 11 voidaan havaita, kuinka lähelle ripatelan arvoja näppylätela laskee märkänä. Yariksen koko ajoneuvon jarruvoimien minimi vaatimuksen ollessa 6,6 kN vain pyöröhitsattutela märkänä ylitti vaatimuksen



	Etu kN	Taka kN	Auto kN
Kuiva ripa	3,8	1,8	5,6
Kuiva näppylä	4,2	2,9	7,1
kuiva pyöröhitsattu	4,1	3,8	7,9
Märkä ripa	3,2	1,6	4,8
Märkä näppylä	3	2,5	5,5
Märkä pyöröhitsattu	4,1	3,3	7,4

Kuva 11. Ripa-, näppylä- ja pyöröhitsatut telat jarruvoimat.

Yariksen hidastuvuus kuivalla näppylä- ja pyöröhitsatulla telalla on yli 58 %. Ripatelalla ei edes kuivana päästä 58 %:n hidastuvuuteen. Märissä olosuhteissa vain pyöröhitsatulla telalla on mahdollista päästä 58 %:n hidastuvuuteen. Taulukosta 12 näkee myös, kuinka Yariksen mittauksissa auton kokonaisjarruvoima laskee kuivasta telasta märkään telaan.

Taulukko 12.Yariksen hidastuvuus eri telatyypeillä Cartec.

	Auto kN	Etu	Taka	Koko			Kitka
Cartec BDE4504/ripatela	5,6	54 %	42 %	49 %	38 %	Kuiva 30 %	0,53
Cartec BDE 2304/näppylätela	7,1	59 %	67 %	62 %	49 %	Kuiva 30 %	0,58
Cartec BDE 2304/pyöröhitsaus	7,9	58 %	88 %	69 %	54 %	Kuiva 30 %	0,57
	Auto kN	Etu	Taka	Koko			Kitka
Cartec BDE4504/ripatela	4,8	45 %	37 %	42 %	21 %	Märkä 30 %	0,44
Cartec BDE 2304/näppylätela	5,5	42 %	58 %	48 %	38 %	Märkä 30 %	0,42
Cartec BDE 2304/pyöröhitsaus	7,4	58 %	76 %	65 %	51 %	Märkä 30 %	0,57

8 Tulosten analysointi

8.1 Luistoraja

Jotta katsastuksessa saataisiin yhteneväisiä katsastuspäätöksiä, olisi dynamometrien laitemääräystä tarkennettava. Mittauksissa kävi ilmi, että riippuen olosuhteista ja dynamometrin telan tyypistä sekä luistorajasta saadaan samalle autolle eri katsastuspäätöksiä. Märällä kelillä vain hyvässä kunnossa olevat pyöröhitsatut telat ja verkkotelat mahdollistavat riittävän jarruvoiman ajoneuvon hidastuvuuden laskemiseksi. ISO-standardissa ISO 21069 määritelty luistoraja 27 % +/- 3 % on hyvä määritelmä luistorajalle [4, Kohta A.1.9.c]. Traficomin tulisi sisällyttää luistorajan arvo määräykseen. Mittauksissamme testasimme useilla dynamometreillä luistorajan ollessa 24–30%. Huonoimmat hidastuvuudet mitattiin luistorajan ollessa 5 % tai 10 %. Hidastuvuudet olivat 11–41 %. Huonoimman kuivan kelin hidastuvuuden standardin mukaisella luistorajalla antoi ripatela hidastuvuudeksi 49%. Paras hidastuvuus saatiin mitattua uudella pyöröhitsatulla telalla, 83%. Parasta hidastuvuutta mitattaessa luistoraja oli 27 %.

8.2 Poljinvoima

Mittauksissa suurin käytetty poljinvoima oli 290 N. Katsastuksessa mitataan maksimijarruvoimia. Etuakselin maksimijarruvoimat saadaan mitattua pienemmällä poljinvoimalla kuin taka-akselin maksimijarruvoima. Yariksella mitattiin maksimijarruvoimia Sherpan dynamometrillä pyöröhitsatuillateloilla luistorajan ollessa 27 %. Tällöin etuakselin maksimijarruvoimaksi saatiin 5,3 kN. Poljinvoima mitattaessa oli 68 N ja taka-akselin maksimijarruvoimaa mitattaessa oli 3,2 kN poljinvoiman ollessa 290 N. Tiellä ajettaessa kummankin akselin jarruvoimat muodostuvat samasta poljinvoimasta. Mitattaessa Yariksen taka-akselin jarruvoimia käyttäen 68 N:n poljinvoimalla saadaan taka-akselin jarruvoimaksi 1,6 kN. Jos samalla poljinvoimalla saadut voimat lasketaan yhteen saadaan kokonaisjarruvoimaksi 6,9 kN. Kun Yariksen kokonaisjarruvoimaminimi on 6,6 kN, voidaan todeta, että tälläkin tavalla mitatut jarruvoimat riittävät minimihidastuvuuden saavuttamiseksi.

500 N:n maksimipoljinvoima ei ainakaan näissä mittauksissa tullut rajoittavaksi tekijäksi. Poljinvoiman mittaamiselle ei näiden mittausten perusteella ole mitään tarvetta. Poljinvoimamittari on katsastusasemille pakollinen varuste [2, kohta 3.1.1].

8.3 Dynamometrit

Mittauksista voidaan todeta, ettei dynamometrin merkillä ole merkitystä ajoneuvon hidastuvuutta arvioitaessa. Jokaisella merkillä päästiin riittäviin jarruvoimiin, jotta hidastuvuus voitiin luotettavasti laskea. Saman merkkisen dynamometrin mittaustulokset vaihtelivat riippuen siitä, millaisilla teloilla dynamometri oli varustettu. Luistorajan säätäminen vaikutti myös dynamometrin suorituskykyyn. Standardissa [4, kohta A.1-A.3] on määritelty dynamometrin ominaisuuksia nämä pitäisi ottaa mukaan Traficomin uuteen määräykseen.

8.4 Telat

Tulosten kannalta telatyyppi vaikutti jarruvoimien mittaamiseen paljon. Ripateloilla ja näppyläteloilla mitattaessa jarruvoimat jäivät pieniksi. Ripa- ja näppyläteloilla ei riittäviä

jarruvoimia hidastuvuuden laskemiseksi saatu, jos tela oli märkä. Jos luistoraja oli standardin asettamissa rajoissa, parhaita hidastuvuuksia saatiin mitattua kuivana pyöröhitsatullatelalla. Toiseksi paras tulos saatiin verkkotelalla ja kolmanneksi parhaat ripatelalla. Märällä kelillä pyöröhitsattutela oli edelleen paras. Toiseksi parhaan tuloksen märkänä antoi verkkotela. Kolmanneksi paras tulos märkänä saatiin ripatelalla. Ripatelalla mitattu paras hidastuvuus jäi kuitenkin alhaiseksi, 51 %:iin.

Standardi ISO 21069 antaa määrityksiä dynamometrin telalle. Telan tulisi olla vähintään 200 mm halkaisijaltaan ja kyettävä muodostamaan 0,7:n kitka kuivana ja 0,5:n kitka märkänä. [4, kohta A.1.2 ja A.1.6.] Pyöröhitsatuntelan paras kitka kuivana oli 0,77. Verkkotelan paras kitka kuivana oli 0,66. Näppylätelan paras kitka kuivana oli 0,58. Ripatelan paras kitka kuivana oli 0,56. Katsastus asemilla on käytössä sellaisia dynamometrejä, jotka eivät täytä standardin vaatimusta.

Märkänä pyöröhitsatun telan paras kitka oli 0,8. Verkkotelalla paras kitka märkänä oli 0,67. Näppylätelan paras kitka märkänä oli 0,42. Ripatelan paras kitka märkänä oli 0,53. Märkänä telat pääsivät helpommin standardin minimi kitkavaatimukseen. Vain pyöröhitsatun- ja verkkotelan kitka oli niin suuri, että mittauksissa saatiin riittäviä jarruvoimia märissä olosuhteissa. Hidastuvuuden arviointi ei ole mahdollista märällä kelillä kuin hyvillä pyöröhitsatuilla ja verkkoteloilla.

Direktiivi 2014/45/EU ei ota huomioon Suomen sääolosuhteita. Direktiivin vaatimukset hidastuvuuden mittaamisen saavuttamiseksi ovat erittäin haastavia. Suomessa on käytössä nastalliset talvirenkaat, jotka sulkevat pehmeät telapinnoitteet pois käytöstä. Lisäksi Suomessa on pitkiä aikoja, jolloin olosuhteet ovat kosteat. Uuden kansallisen määräyksen tulisikin ottaa huomioon Suomen erikoisolosuhteet. [5, kohta 1.2.2 ja 6, kohta 5.1.4.3]

Myös hidastuvuusmittarilla tehtäviin hidastuvuuden mittauksiin emme helposti pysty siirtymään, koska direktiivin vaatimus kuivasta ja tasaisesta mittausalustasta koeajon yhteydessä ei ole useinkaan mahdollinen.

9 Yhteenveto

Tässä työssä on tutkittu katsastusasemilta löytyviä dynamometrejä. Mittaustuloksista huomataan, että telan tyypillä ja luistorajalla on suuri vaikutus mittaustuloksiin. Työssä tutkittiin, mitä kansainväliset säädökset vaativat dynamometreiltä. Työssä on tarkasteltu, kuinka hyvin katsastusasemien dynamometrit pystyvät antamaan yhteneväisiä mittaustuloksia.

Katsastuksen laadullisena tavoitteena on asiakkaiden yhdenvartainen kohtelu. Tutkimuksessa on tarkasteltu, millaisia katsastuspäätöksiä tehtäisiin, jos Traficomin määräyksiä noudatettaisiin arvosteluperusteiden osalta. Jarrudynamometrien osalta Traficomin laitemääräys ei ole samalla vaatimus tasolla kuin arvosteluperustemääräys. Tästä johtuen dynamometri mittauksissa saadaan samalle autolle eri tuloksia. Telan tyyppi vaikuttaa jarruvoimiin niin paljon, että täysin kunnossa olevat autot jouduttaisiin hylkäämään arvosteluperusteiden mukaisesti, koska minimihidastuvuutta ei saavuteta.

Poljinvoiman mittaaminen kertoi, ettei 500 N:n raja tule normaaliolosuhteissa vastaan. Yhdenkään mittauksen yhteydessä ei poljinvoiman maksimiraja ollut lähelläkään.

Dynamometrientelat kuluvat käytössä varsinkin nastojen käyttö aikana. Kuluneisuus vaikuttaa mittaustuloksiin. Olisikin tärkeää, että Taficomin seuraavassa tila- ja laitemääräyksessä olisi määritelty, miten dynamometrit kalibroidaan ja miten kalibroinnin yhteydessä todetaan riittävän kitkan olemassaolo. Kalibroijan tulisi määrätä liian pienellä kitkalla olevat telat vaihdettaviksi.

Telatyyppikin voitaisiin määrittää. Näiden mittausten perusteella pyöröhitsattutela olisi paras vaihtoehto. Verkkotelallakin pärjättäisiin. Jos määräyksessä määrättäisiin pakolliseksi telatyypiksi pyöröhitsattutela, olisi näitä teloja saatavilla kaikkiin dynamometrimalleihin. Telatyypin rajaaminen ei sulkisi dynamometrimerkkejä pois markkinoilta. Telatyypin rajaaminen vähentäisi katsastusasemien mittaamien jarruvoimien eroja.

Tila- ja laitemääräyksessä pitäisi määritellä myös dynamometrin luistoraja. Luistorajan määritelmäksi kannattaisi ottaa sama määritelmä kuin on ISO-standardissa. 40 % luistoraja on voimien mittaamisen kannalta hyvä arvo, mutta liian korkeassa luistorajassa on ongelmana talvirenkaiden nastat. Suurella luistorajalla rengas luistaa paljon suhteessa telaan ja tästä johtuen poistaa paljon nastoja.

Lähteet

1 Määräys ajoneuvojen määräaikaiskatsastuksen arvosteluperusteet. TRAFI/664120/03.04.03.00/2018. 2018. Liikenteen turvallisuusvirasto.

2 Määräys katsastustoimipaikan tilat ja laitteet. TRAFI/191268/03.04.03.00/2018. 2018. Liikenteen turvallisuusvirasto.

3 Talvisen tienpinnan kitkakertoimelle kehitettiin tilastollinen malli. Verkkodokumentti. Ilmatieteenlaitos. https://ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/1233313. Luettu 24.1.2019.

4 ISO 21069. 2008.Test of braking systems on vehicles with a maximum authorized total mass of over 3,5 t using a roller brake tester. Geneve. Organisation Internationale de Normalisation.

5 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/45/EU. 2014.

6 Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 13-H – Henkilöautojen jarrulaitteiden hyväksyntää koskevat yhdenmukaiset määräykset. 2015. Euroopan unionin virallinen lehti.

Mittauspöytäkirja

			Punnittu taka	Punnittu etu	Punnittu koko	Etu	Taka	Koko		
VW Caddy	Cartec BDE 2304/pyöröhitsaus	Espoo 1	1060	800	1860	5,6	4,2	9,8	Märkä rengas 30 %	E 56 N T 113 N
VW Caddy	Cartec BDE 2304/pyöröhitsaus	Espoo 1	1060	800	1860	6,8	5,4	12,2	Kuiva rengas 30 %	E 73 N T 150 N
Toyota Yaris	Cartec BDE 2304/pyöröhitsaus	Espoo 1 T	720	440	1160	4,1	3,3	7,4	Märkä rengas 30 %	E 68 N T 53 N
Toyota Yaris	Cartec BDE 2304/pyöröhitsaus	Espoo 1 T	720	440	1160	4,1	3,8	7,9	Kuiva rengas 30 %	E 59 N T 211 N
Toyota Yaris	Cartec BDE 2304/pyöröhitsaus	Espoo 2 T	720	440	1160	3,7	3	6,7	Märkä rengas 30 %	E 60 N t 111 N
Toyota Yaris	Cartec BDE 2304/pyöröhitsaus	Espoo 2 T	720	440	1160	4,1	3,3	7,4	Kuiva rengas 30 %	E 58 N T 230N
VW Caddy	Cartec BDE 2304/pyöröhitsaus	Espoo 2 V	1060	800	1860	5,8	5,8	11,6	Märkä rengas 30 %	E 74 N T 133 N
VW Caddy	Cartec BDE 2304/pyöröhitsaus	Espoo 2 V	1060	800	1860	6	5,4	11,4	Kuiva rengas 30 %	E 56 N T 173 N
Toyota Yaris	Cartec BDE4504/ripatela	Espoo 3R T	720	440	1160	3,2	1,6	4,8	Märkä rengas 30 %	E 39 T 63
Toyota Yaris	Cartec BDE4504/ripatela	Espoo 3R T	720	440	1160	3,8	1,8	5,6	Kuiva rengas 30 %	E 51 N T 68
VW Caddy	Cartec BDE4504/ripatela	Espoo 3R V	1060	800	1860	4,5	3,8	8,3	Märkä rengas 30 %	E 39 T 90
VW Caddy	Cartec BDE4504/ripatela	Espoo 3R V	1060	800	1860	5,8	4,8	10,6	Kuiva rengas 30 %	E
Toyota Yaris	Cartec BDE 2304/näppylätela	Kaarina	720	440	1160	3	2,5	5,5	Märkä rengas 30 %	E 46 t 144
Toyota Yaris	Cartec BDE 2304/näppylätela	Kaarina	720	440	1160	4,2	2,9	7,1	Kuiva rengas 30 %	E 46 t 143
VW Caddy	Maha	Kotka	1060	804	1864	2,1	1	3,1	Märkä 5	
VW Caddy	Maha	Kotka	1060	801	1861	2,1	1,2	3,3	Kuiva 5	
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	Kotka	1060	804	1864	5	4,2	9,2	Märkä 27	
VW Caddy	Maha	Kotka	1060	804	1864	5,2	4,3	9,5	märkä 20	
VW Caddy	Maha	Kotka	1060	804	1864	5,2	4,7	9,9	Märkä 25	
VW Caddy	Maha	Kotka	1060	804	1864	5,5	4,8	10,3	Märkä 40	
VW Caddy	Maha	Kotka	1060	804	1864	6,5	5,2	11,7	kuiva 25	
VW Caddy	Maha	Kotka	1060	803	1863	6,7	5,2	11,9	kuiva 40	
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	Kotka	1060	800	1860	6,7	5,4	12,1	Kuiva 27	
VW Caddy	Maha	Kotka	1060	802	1862	6,8	5,1	11,9	Kuiva 20	
VW Caddy	Maha	Kotka	1060	800	1860	7,4	5,8	13,2	Kuiva rengas 45	
VW Caddy	ATT Argus/pyöröhits.	Mäntsälä 1	1060	800	1860	6,7	5,9	12,6	Märkä rengas 25 %	E 59 t 156
VW Caddy	ATT Argus/pyöröhits.	Mäntsälä 1	1060	800	1860	7	6,1	13,1	Kuiva rengas 25%	E 80 t 200
Toyota Yaris	ATT Argus/pyöröhits.	Mäntsälä 1	720	440	1160	5,3	3,3	8,6	Kuiva rengas 25%	E77 t141
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	Mäntsälä 2	720	440	1160	2,6	1,3	3,9	Märkä rengas 10%	e 45 t 56
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	Mäntsälä 2	720	440	1160	3	1,7	4,7	Kuiva rengas 10 %	E 48 T 71
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	Mäntsälä 2	720	440	1160	3	2,1	5,1	Märkä rengas 20 %	e 45 t 61
VW Caddy	ATT Argus/ripatela	Mäntsälä 2	1060	800	1860	4,7	4,4	9,1	Märkä rengas 25 %	E 46 t 138
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	Mäntsälä 2	720	440	1160	3,4	2,5	5,9	Märkä rengas 40%	E49 t 87
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	Mäntsälä 2	720	440	1160	3,8	2	5,8	Märkä rengas 25 %	E 53 T 72
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	Mäntsälä 2	720	440	1160	4,5	2,6	7,1	Kuiva rengas 20 %	E66 T 117
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	Mäntsälä 2	720	440	1160	4,7	2,6	7,3	Kuiva rengas 25%	E 69 T 103
Toyota Yaris	ATT Argus/ripatela	Mäntsälä 2	720	440	1160	5,1	2,8	7,9	Kuiva rengas 40%	E 77 T 108
VW Caddy	Beissbarth BD 641/verkkotela	Nummela	1060	800	1860	6,3	5	11,3	Märkärengas 25 %	E 53 N T 166 N
Toyota Yaris	Beissbarth BD 641/verkkotela	Nummela	720	440	1160	4,8	2,5	7,3	Märkärengas 25%	E63 N T 99 N
Toyota Yaris	Beissbarth BD 641/verkkotela	Nummela	720	440	1160	4,4	2,9	7,3	Kuiva rengas 25 %	E49 N T 119 N
VW Caddy	Beissbarth BD 641/verkkotela	Nummela	1060	800	1860	7	5,6	12,6	Kuiva rengas 25 %	E81 N T 171
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	vantaa 1	1060	800	1860	1	1	2	Kuiva Rengas 5 %	E 23 T 22
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	Vantaa 1	1060	800	1860	5,3	4,4	9,7	Märkä rengas 27 %	E 36 t 108
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	Vantaa 1	1060	800	1860	6,6	5,4	12	Kuiva rengas 27%	E 78 T 160
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	Vantaa 1	1060	800	1860	7,2	5	12,2	kuiva rengas 20%	E 76 T 131
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	Vantaa 1	1060	800	1860	7,3	6	13,3	Kuiva rengas 40%	E 84 t166
Toyota Yaris	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	Vantaa 2	720	440	1160	5,3	3,2	8,5	Kuiva rengas 27%	E 68 T 290 (takaa 68 N 1,6)
Toyota Yaris	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	Vantaa 2	720	440	1160	5,5	3,2	8,7	Märkä rengas 27%	E68 t187
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	Vantaa 2	1060	800	1860	8,2	6,5	14,7	Kuiva rengas 27%	E 98 t 178
VW Caddy	Sherpa Sherlane/pyöröhits.	Vantaa 2	1060	800	1860	8,5	6,7	15,2	Märkä rengas 27 %	E 58 t158

Beissbarth telojen kitkataulukko

Beissbarth GmbH • Hanauer Straße 101 • 80993 München

To whom it may concern

Beissbarth GmbH
A Bosch Group Company

Postfach 50 01 45
80993 München

Tel +49 (0)89 14901-0

international.sales@beissbarth.com
www.beissbarth.com

München, 04th August 2016

Calculation of friction coefficient

Dear Ladies and gentlemen,

attached you can find the overview about the calculation of the friction coefficient.

Wheel weight in [kg]	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4
650	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,54	0,55	0,57	0,58	0,60	0,62
625	0,29	0,30	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48	0,50	0,51	0,53	0,54	0,56	0,58	0,59	0,61	0,62	0,64
600	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,58	0,60	0,62	0,63	0,65	0,67
575	0,31	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,52	0,54	0,56	0,57	0,59	0,61	0,63	0,64	0,66	0,68	0,70
550	0,33	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45	0,47	0,49	0,51	0,53	0,55	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,65	0,67	0,69	0,71	0,73
525	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,70	0,72	0,74	0,76
500	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,63	0,65	0,68	0,73	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80
475	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84
450	0,40	0,42	0,44	0,47	0,49	0,51	0,53	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,67	0,69	0,71	0,73	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,87	0,89
425	0,42	0,45	0,47	0,49	0,52	0,54	0,56	0,59	0,61	0,64	0,66	0,68	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,85	0,87	0,89	0,92	0,94
400	0,45	0,48	0,50	0,53	0,55	0,58	0,60	0,63	0,65	0,68	0,70	0,73	0,75	0,78	0,80	0,83	0,85	0,88	0,90	0,93	0,96	0,98	
375	0,48	0,51	0,53	0,56	0,59	0,61	0,64	0,67	0,69	0,72	0,76	0,77	0,80	0,83	0,85	0,88	0,91	0,93	0,96	0,99			
350	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69	0,71	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,89	0,91	0,94	0,97						
325	0,55	0,58	0,62	0,65	0,68	0,71	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,89	0,92	0,95	0,98								
300	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73	0,77	0,80	0,83	0,87	0,90	0,93	0,97											
275	0,65	0,69	0,73	0,75	0,80	0,84	0,87	0,91	0,95	0,98													
250	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96																

Brakeforce in kN

Calculation formula for friction factor:

$$\mu = \frac{\text{Brakeforce in [kN]} * 1000}{\text{Wheel weight in [kg]} * 10}$$

Example:

$$\mu = \frac{2{,}5 * 1000}{400 * 10} = 0{,}63$$

With kind regards

Stefan Velkoski

Global Key Account Management
Beissbarth GmbH

Managing Directors:
Oliver Frei (Chairm.)
Gary Palmer,
Richárd Wagner

Registered Office:
Munich
Registered Court:
Munich HRB 100 399

Deutsche Bank AG B-Code 600 700 70
Acc-Nr. 1221571 00
IBAN: DE14 6007 0070 0122 1571 00
BIC: DEUTDESSXXX

Mahan telojen kitkataulukko

Index for calculation the Skid number on the Rollerset

Index for calculation the Skid number (Gleitbeiwert)

Calculation example:
Axle load (front); 750 Kg : 2 = 375 Kg each wheel
Breakforce (highest value) 2,7 KN = 0,73µ

wheel weight kg	Skid number in µ														
600	0,25	0,29	0,32	0,36	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53	0,56	0,59	0,63	0,66	0,70	0,73
575	0,27	0,30	0,34	0,37	0,41	0,44	0,48	0,51	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,73	0,76
550	0,28	0,32	0,35	0,39	0,43	0,46	0,50	0,54	0,57	0,61	0,65	0,69	0,72	0,76	0,80
525	0,29	0,33	0,37	0,41	0,45	0,49	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,83
500	0,31	0,35	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67	0,71	0,75	0,80	0,84	0,88
475	0,32	0,36	0,41	0,45	0,49	0,54	0,58	0,62	0,67	0,71	0,75	0,79	0,84	0,88	0,92
450	0,34	0,39	0,43	0,48	0,52	0,57	0,61	0,66	0,70	0,75	0,79	0,84	0,88	0,93	0,97
425	0,36	0,41	0,46	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,74	0,79	0,84	0,89	0,94	0,99	
400	0,38	0,43	0,48	0,54	0,59	0,64	0,69	0,74	0,79	0,84	0,89	0,94	0,99		
375	0,41	0,46	0,52	0,57	0,63	0,68	0,73	0,79	0,84	0,90	0,95				
350	0,44	0,50	0,55	0,61	0,67	0,73	0,79	0,84	0,90	0,96					
325	0,47	0,53	0,60	0,66	0,72	0,78	0,85	0,91	0,97						
300	0,51	0,58	0,65	0,71	0,78	0,85	0,92	0,99							
	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3

Brakeforce in kN

MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG. • Hoyen 20 • 87490 Haldenwang • Germany
Fon +49 (0) 8374 585-0 • Fax +49 (0) 8374 585-499 • Internet www.maha.de • E-Mail maha@maha.de