

Jarrudynamometritarkastukset mittausteknisellä perävaunulla heinäkuussa 2003

sekä uusintamittaukset lokakuussa 2003 ja maaliskuussa 2004

Hannu Leppälä

ISBN 952-5324-19-2
ISSN 1456-4181

OY EDITA AB
Helsinki Helsingfors 2004

ALKUSANAT

Raskaiden ajoneuvojen jarrudynamometrimittausten vaatimustenmukaisuuden ja luotettavuuden parantamiseksi Ylivieskan YTOL-instituutissa käynnistyi vuonna 1999 Ajoneuvohallintokeskuksen tuella perävaunurungolle rakennetun mittausteknillisen tarkastuslaitteiston suunnittelu- ja toteutushanke.

Mittausteknillisen perävaunun valmistuttua sillä on Ajoneuvohallintokeskuksen toimeksiantosta tarkastettu katsastustoimipaikkojen ja a-jarrukorjaamoiden jarrudynamometrejä vuosina 2000-2004. YTOL-instituutissa, nykyisin Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu/CENTRIA tutkimus ja kehitys, mittausvaunun kehittämisestä sekä tarkastustyön toteutuksesta on huolehtinut CENTRIA-yksikön jarrutyöryhmä. Jarrutyöryhmän jäseninä ovat dosentti, tekn.tri Mauri Haataja, Oulun seudun ammattikorkeakoulu, kehitysinsinööri, fil.maist., ins. Hannu Leppälä, CENTRIA tutkimus ja kehitys, laboratorionjohtaja, ins. Aimo Pusa, Raute-MIKES sekä työnjohtaja, teknikko Paavo Ratinen, Raskone Oy. Ajoneuvohallintokeskuksesta jarrutyöryhmään ovat osallistuneet tarkastusinsinööri Ahti Kalliomäki, tutkimusjohtaja Ove Knekt (pj) ja yksikönpäällikkö Hannu Pellikka.

Tässä tutkimusraportissa kuvataan mittausteknisen perävaunun toimintaa sekä selostetaan kesän 2003 tarkastusmittaustuloksia ja niiden perusteella tehdyt johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset. Mittaustulokset on laskenut ja analysoinut sekä raportin laatinut Hannu Leppälä muiden jarrutyöryhmän jäsenten avustamana. Jarrudynamometrimittaukset katsastustoimipaikoissa ja a-jarrukorjaamoissa on tehnyt Paavo Ratinen. Jarrudynamometrien laite- ja ohjelmistotoimittajat ovat osallistuneet tarkastustoiminnan valmisteluun ja jälkikäteistarkistuksiin.

Helsingissä, marraskuun 17.päivänä 2004



Ove Knekt

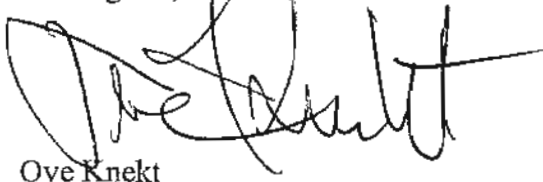
Förord

För att förbättra tillförlitligheten och överensstämmelsen för tunga fordon's bromsdynamometermätningar startades år 1999 i Ylivieskas YTOL-institut med stöd av Fordonsförvaltningscentralen ett projekt, som syftade till att på ett släpvnagschassi bygga en mätteknisk kontrollapparat för bromsdynamometrar.

Efter att den mättekniska släpvagnen färdigstälts har på uppdrag av Fordonsförvaltningscentralen bromsdynamometrar på besiktningstillägen och i a-bromsverkstäder granskats under åren 2000-2004. I YTOL-institutet, numera Mellersta Österbottens yrkeshögskola/CENTRIA forskning och utveckling, har CENTRIA-enhetens bromsarbetsgrupp svarat för utvecklandet av mätvagnen och kontrollmätningarna på fältet. Medlemmar i bromsarbetsgruppen är docent, tekn. dr Mauri Haataja, Oulun seudun ammattikorkeakoulu (Uleåborgs-nejdens yrkeshögskola), utvecklingsingenjör, fil.mag., ing. Hannu Leppälä, CENTRIA forskning och utveckling, laboratoriedirektör, ing. Aimo Pusa, Raute-MIKES samt arbetsledare, tekniker Paavo Ratinen, Raskone Oy. Från Fordonsförvaltningscentralen har i arbetsgruppen medverkat inspektörsingenjör Ahti Kalliomäki, forskningsdirektör Ove Knekt (ordf.) och enhetschef Hannu Pellikka.

I denna forskningsrapport beskrivs den mättekniska släpvagnens funktionssätt och redogörs för resultaten av kontrollmätningarna sommaren 2003 samt de slutsatser och rekommendationer till åtgärder, som föranletts av kontrollmätningarna. Mätresultaten har sammanställts och analyserats samt rapporten skrivits av Hannu Leppälä med bidrag av de övriga medlemmarna i arbetsgruppen. Bromsdynamometermätningarna på besiktningstillägen och i a-bromsverkstäderna har gjorts av Paavo Ratinen. Leverantörerna av bromsdynamometerutrustningen har deltagit i förberedelserna för kontrollmätningarna och i eftergranskningarna.

Helsingfors, den 17 november 2004



Ove Knekt

Jarrudynamometritarkastukset mittausteknisellä perävaunulla heinäkuussa 2003 sekä uusintamittaukset lokakuussa 2003 ja maaliskuussa 2004. Helsinki 2004. Ajoneuvohallintokeskus.

TIIVISTELMÄ

Tässä raportissa käsitellään Ajoneuvohallintokeskuksen tilaamia ja Keskipohjanmaan ammattikorkeakoulun tutkimus- ja palvelutoimintayksikön (CENTRIA tutkimus ja kehitys, ent. YTOL-instituutti) suorittamia raskaan ajoneuvokaluston jarrudynamometrien tarkastuksia v. 2003. Vuosina 2000 – 2002 suoritettujen tarkastusten tulokset ovat antaneet aihetta jatkaa tarkastustoimintaa. Tarkastustoiminnan tavoitteena on selvittää syyt jarrudynamometrimittauksissa esiintyviin poikkeamiin eri toimipaikkojen välillä.

Tarkastukset suoritettiin tähän tarkoitukseen kehitetyn mittausteknisen perävaunun avulla. Perävaunulle tehtiin normaali 3-akselisen ajoneuvon jarrudynamometrimittaus, josta jarrudynamometrillä saatuja tuloksia verrattiin mittausteknisen perävaunun omiin mittaustuloksiin. Tarkastuksen yhteydessä suoritettiin jarrudynamometrin tekninen kuntoarvio, jossa todettiin jarrudynamometrin telojen kunto ja viimeisimmän kalibroinnin ajankohta sekä kalibroitipöytäkirjojen laatu.

Suoritetuissa tarkastuksissa jarrudynamometrien antamien tulosten poikkeamat mittausteknisen perävaunun antamiin tuloksiin olivat -16,1 ... + 17,3 %. Liikemeturvallisuuden ja yksilön oikeusturvan kannalta tulosta ei voida pitää hyvänä. Yksittäisillä paikkakunnilla suoritetuissa tarkastuksissa todetut suuret poikkeamat eri jarrudynamometrien kesken erityisesti korostavat yksilön oikeusturvan toteutumattomuutta. Verrattaessa näiden ja aiemmin tehtyjen tarkastusten tuloksia voidaan tilanteen todeta parantuneen. Kuitenkin kaikista tarkastetuista jarrudynamometreistä liian suuri määrä on hyväksyntärajan ulkopuolella. Tuloksissa näkyy edelleen aiempien tarkastusten tapaan, että jarrudynamometrien kalibroinnissa ja virityksessä ei riittävästi huomioida lopputulokseen vaikuttavia eri tekijöitä, jotka yksittäisinä voivat tuntua vähäpätöisiltä, mutta joiden yhteisvaikutus on merkittävä.

Kontroll av rullbromsprovare med mätteknisk släpvagn i juli 2003 samt de förnyade kontrollmätningarna i oktober 2003 och mars 2004. Helsingfors 2004. Fordonsförvaltningscentralen.

SAMMANFATTNING

I denna rapport behandlas de kontroller av rullbromspröware, som Fordonsförvaltningscentralen år 2003 beställt av Mellersta Österbottens yrkeshögskolas enhet för forskning- och serviceverksamhet (CENTRIA forskning och utveckling, f.d. YTOL-institutet). En fortsättning av kontrollverksamheten har ansetts motiverad utgående från resultaten av de kontroller, som gjordes under åren 2000 - 2002. Kontrollverksamhetens syfte har varit att klarlägga orsakerna till att mätresultaten för rullbromsproven varierar då resultaten för olika verksamhetsställen jämförs med varandra.

Granskningarna utfördes med hjälp av en mätteknisk släpvagn, som utvecklats speciellt för detta ändamål. Med hjälp av släpvagnen utfördes normala rullbromsprov för ett treaxlad fordon. Rullbromspröwarens resultat jämfördes med de resultat, som den mättekniska släpvagnen noterat. I samband med kontrollen bedömdes även rullbromspröwarens tekniska kondition; rullarnas kondition och yt slitaget mättes samt tidpunkten för den senaste kalibreringen och kalibreringsprotokollens skick noterades.

De genomförda kontrollerna visade att rullbromspröwarens resultat skiljde sig från den mättekniska släpvagnens resultat $-16,1 \dots +17,3$ %. Resultaten kan inte anses vara acceptabla ur trafiksäkerhetens och det personliga rättsskyddets synvinkel. De stora differenserna i mätresultaten, som kunde konstateras mellan olika verksamhetsställen på samma ort pekar på bristfälligheter i det personliga rättsskyddet; fordonen bedöms ofta inte efter samma kriterier på alla verksamhetsställen. Då resultaten av denna mätning jämförs med de tidigare mätningarnas resultat kan man dock konstatera att situationen förbättrats. Men en alltför stor andel av de kontrollerade rullbromspröwarena uppvisade dock resultat som låg utanför gränserna för ett godkännande. Ur resultaten framgår vidare, såsom även kunde konstateras under de tidigare kontrollmätningarna, att alla de olika faktorer, som påverkar slutresultatet inte i tillräcklig utsträckning har beaktats vid kalibreringen och den därpåföljande justeringen. Felen kan skilt för sig verka obetydliga men deras sammanlagda effekt kan vara avsevärd.

SISÄLLYSLUETTELO

Alkusanat	
Förord	
Tiivistelmä	1
Sammanfattning	3
Sisällysluettelo	5
1 Tausta	7
1.1 Raskaiden ajoneuvojen jarrumittauslaitteisto	7
1.2 Jarrudynamometrimittausten kehittämishanke	8
2 Jarrudynamometritarkastukset mittausteknisellä perävaunulla heinäkuussa 2003	10
2.1 Tarkastuskohteet heinäkuussa 2003	10
2.2 Tarkastusmenetelmä	11
2.3 Tarkastustulokset	12
2.4 Tulokset jarrudynamometrityyppittäin	13
2.5 Tulokset laskentaohjelmittain	14
2.6 Tulosten vertailu paikkakunnittain	15
2.7 Tarkastusten suorittajan tekemä telojen kuntoarvio	16
2.8 Kalibrointipöytäkirjat	18
2.9 Havaintoja tarkastuspaikoilla	19
2.10 Jatkotoimenpiteet tarkastusmittausten jälkeen	19
3 Tarkastusmittaukset lokakuussa 2003	21
3.1 Tarkastuskohteet	21
3.2 Laitetoimittajien suorittamat toimenpiteet	21
3.3 Vaunumittauksen tulokset	24
3.4 Jarrudynamometrien poikkeamatarkastelu	24
3.5 Jatkotoimenpiteet lokakuun 2003 tarkastusten jälkeen	29
4 Tarkastusmittaukset maaliskuussa 2004	30
4.1 Tarkastuskohteet	30
4.2 Laitetoimittajien suorittamat toimenpiteet	30
4.3 Vaunumittauksen tulokset	31
5 Johtopäätökset ja suositukset	33
5.1 Jarrudynamometrimittauksen ongelmia	33
5.2 Suositukset jatkotoimenpiteiksi	35
Liite 1: Jarrudynamometrin kalibrointilaitteen jäljitettävyyden toteuttaminen, mittausta alue 20 kNm:n. Aimo Pusa, Raute-Mikes. 22.10.2002	
Liite 2: Jarrudynamometrin kalibrointipöytäkirja. AKE 2003.	

1. Tausta

Raskaiden kuorma-autojen ja perävaunujen jarrujen dynamometrimittaukset määrääaikaiskatsastuksessa ovat jossain määrin herättäneet epäilyjä jarrudynamometrimittauksen vastaavuudesta eri katsastustoimipaikoissa ja jarrukorjaamoissa. On tullut tietoon tapauksia, joissa ajoneuvo on vuosikatsastuksessa jossain katsastustoimipaikassa tai jarrukorjaamossa saanut hylkäävän päätöksen jarrujärjestelmän osalta ja toisessa puolestaan hyväksyvän päätöksen.

Tutkimatta ovat sellaiset mahdolliset tapaukset, joissa asiakas tietoisesti valitsee jarrukorjaamon tai katsastustoimipaikan, jossa ajoneuvon jarrujärjestelmän katsastus hyväksytään suuremmalla todennäköisyydellä kuin jossain muualla. Liikenneturvallisuuden ja asiakkaan oikeusturvan toteutumiseksi on kohtuullista edellyttää, että katsastuksessa käytettävät mittausmenetelmät, mittauslaitteet ja katsastajien ammattitaito täyttävät riittävät laatu- ja yhdenvertaisuusvaatimukset. Tämä edellyttää jarrudynamometrimittauksilta kehittyntä laatuja järjestelmää ja henkilöstön riittävää koulutusta sekä luotettavaa valvontajärjestelmää työvälaineen.

1.1 Raskaiden ajoneuvojen jarrumittauslaitteisto

Raskaiden ajoneuvojen mittauslaittekokonaisuus koostuu useammasta osasta. Kokonaisuuteen kuuluu jarrudynamometri eli ns. rullasto, tiedonkeruujärjestelmä, mekaaninen viisari tai digitaalinäyttö, elektroninen laskenta- ja tulostusohjelma sekä lanka- tai radiopainelähetimiä. Jarrudynamometrin toiminta perustuu pyöriviin teloihin, joiden päällä auton mitattava akseli suorittaa jarrutuksen. Telojen pyöritys tapahtuu sähkömoottorilla.

Jarrutarkastuksessa mitataan ajoneuvon jarruvoimat sylinteripaineen funktiona. Jarrutettaessa dynamometrin sähkömoottorin saama momentin kasvu korreloi ajoneuvon akselin pyöräparin jarrutusvoimaan. Voima mitataan joko mekaanisella tai hydraulisella voimanturilla, jolta saatu sähköinen signaali siirretään tiedonkeruujärjestelmän kautta viisari- tai digitaalinäytölle ja käsiteltäväksi laskentaohjelmaan. Mittausten tiedonkeruujärjestelmä sisältää mittaustietojen keräys- ja tallennustiedoston, dynamometrin tietokannan ja laskentaohjelmiston. Laskentaohjelma laskee pienimmän neliösumman menetelmällä pyöräparin jarrutusvoimaennusteen, jonka perusteella varmistutaan vähimmäishidastuvuuden täyttymisestä. Jarrutuspaineiden mittaamiseen jarrupiireissä käytetään lanka- tai radiopainelähetimiä. Laskentaohjelma tulostaa ajoneuvon jarrujärjestelmän tehosta kertovan tulosteen.¹

¹ Mikkonen, Sami: Raskaiden ajoneuvojen jarrudynamometrimittauksen laatukäsikirjamalli, s.11-12 ja 34. Ajoneuvohallintokeskuksen tutkimusmuistio 1/2004.

Raskaiden ajoneuvojen jarrudynamometrimittauksia varten on useita erilaisia laiteyhdistelmiä. Käytössä olevia jarrudynamometrejä ja niiden valmistajia tai maahantuojaia ovat²:

<u>Merkki</u>	<u>Maahantuoja tai valmistaja</u>	<u>Osuus kyselyyn vastanneista %</u>
Bosch	Robert Bosch Oy	41,4
Cartec	Oy Tecalemit Ab	13,5
Dymac	Dymatronic Oy	7,7
Maha	Atoy Oy	33,5
Muut		3,9

Käytössä olevia laskentaohjelmia on myös useampia. Ohjelmien tiedonkeruujärjestelmät ovat laskentaohjelmien valmistajien tekemiä ja sovitettuja käytettäviin laskentaohjelmiin. Käytännössä esiintyy seuraavat ohjelmat:

<u>Merkki</u>	<u>Maahantuoja tai valmistaja</u>	<u>Osuus kyselyyn vastanneista %</u>
Cartec	Oy Tecalemit Ab	1
Dymatic	Dymatronic Oy	77
Maha	Atoy Oy	17
Profinn	Finntest Oy	5

Raskaiden ajoneuvojen paineilmajarrujen tarkastuksesta katsastuksessa on Ajoneuvohallintokeskus antanut ohjeen n:o 36/2000/3.3.2000 (päivitetty 23.10.2000), joka perustuu liikenneministeriön päätökseen 631/29.6.1990, EU:n neuvoston katsastusdirektiiviin 96/96/EY, jarrulaitteita koskevaan direktiiviin 98/12/EY sekä liikenneministeriön asetukseen ajoneuvojen katsastuksesta 102/1998. Ajoneuvohallintokeskuksen ohjeen mukaan mittauslaitteiston tulee kalibroida vähintään 12 kuukauden välein. Kalibrointivaatimus koskee koko mittauslaitteistokokonaisuutta eli jarrudynamometriä, painelähettämiä, laskenta- ja tiedonkeruuohjelmaa sekä analogista tai digitaalista näyttöä. Jos jarrumittauslaitteiston valmistaja määrää kalibroinnin suoritettavaksi useammin kuin 12 kuukauden välein tulee Ajoneuvohallintokeskuksen ohjeen mukaan noudattaa valmistajan ohjeita. Kalibroinnin tarkoituksena on aikaansaada jäljitettävyyttä sekä määrittää laitteistokokonaisuuden mittauserävarmuus.³

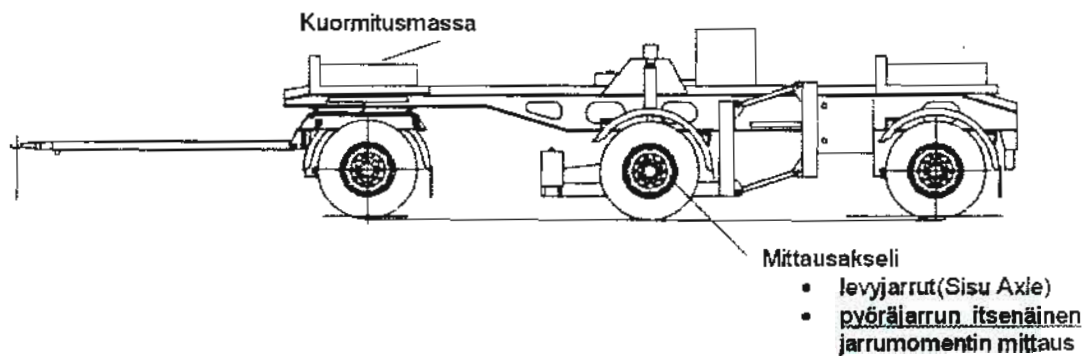
1.2 Jarrudynamometrimittausten kehittämishanke

Ylivieskan YTOL-Instituutissa käynnistettiin vuonna 1999 Ajoneuvohallintokeskuksen tuella jarrudynamometrimittausten vastaavuuden ja luotettavuuden parantamiseksi kehittämishanke. Jarrudynamometrimittausten tarkastamista varten rakennettiin mittaus teknillinen perävaunu Ylivieskan Raskone Oy:ssä. Mittausperävaunu (kuva 1) varustettiin kuorma-auton vetävällä akselilla, jossa oli napavaihte ja paineilmajarruvarustus rumpujarruin. Kaksiakseliseen perävaunuun asennettiin mittausakseli erillisellä kiinnitysalustalla akselivälin keskelle.

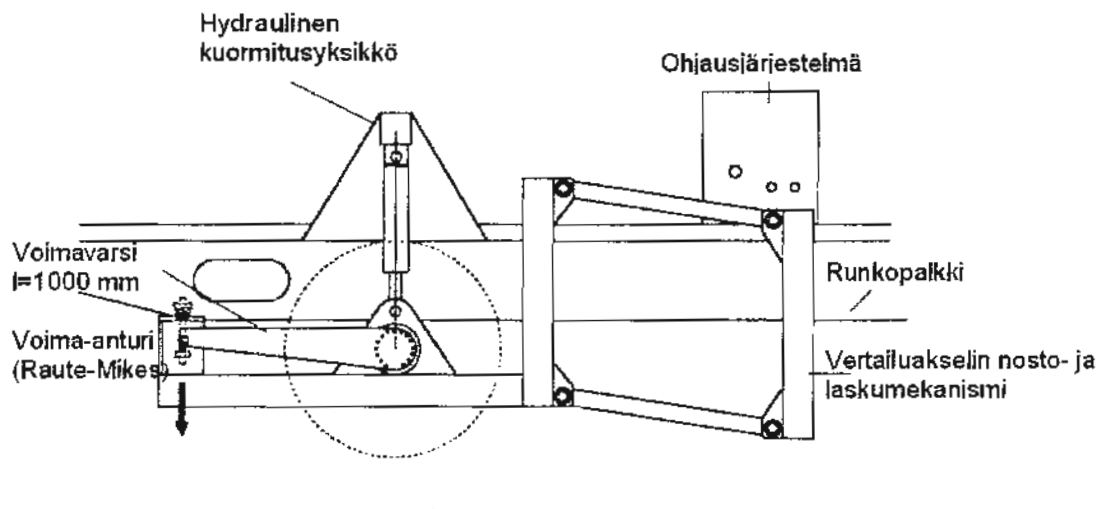
² Sami Mikkosen laitekysely katsastustoimipaikoille ja jarrukorjaamoille maaliskuussa 2004; kyselyn vastausprosentti oli noin 55.

³ Mikkonen, Sami mt s. 38

Mittausakselin käyttö on toteutettu hydraulisella nostojärjestelmällä. Akselin kuormitus jarrudynamometrirullastoa vasten on 5–6 tonnia; Mittausakseliston kumpikin pyörä on varustettu erillisellä akselilla. Jarrukilpi on laakeroitu vapaasti pyöriväksi ja siihen on kiinnitetty voimavarsi. Nämä ja pyöräakselin laakerointi ovat saman keskeiset. Voimavarren tukipiste voiman mittausakselin suhteen on akselin keskiössä. Voimavarren vapaa pää on tuettu voima-anturiin estäen pyörimisliikkeen. Pyörän jarrumomenttia vastaava tukivoima mitataan voima-anturilla.



Kuva 1. Mittausteknisen perävaunun rakenne.



Kuva 2. Mittausakselin tuenta ja pyöräjarrun jarrumomentin mittausmekanismi.

Vuonna 2001 mittausvaunu varustettiin akseliin kiinnitettävällä voimavarsimekanismilla ja voima-antureilla. Akseli on laakeroitu alustarakenteeseen mahdollistaen akselin kiertymisen. Jarrutettaessa pyörien jarrumomentti saa aikaan akselin kiertoliikkeen, joka välittyy vipuvarsiensa kautta voima-anturien puristuskuormitukseksi. Mittausakselin pyöräjarrujen jarrumomentti sekä vastaavat voima-anturien mittausarvot määritettiin jarrutuspaineen funktiona massavipu-mittauksilla ja kalibroidulla vääntömomenttianturilla. Mittatekniikan keskus on suorittanut mittausakselin mittausepävarmuuden määrittämisen ja kalibroinnin. Mittausakselin rakenne sekä mittaus- ja tiedonkeruujärjestelmä on esitetty kuvassa 2.

2 Jarrudynamometritarkastukset mittausteknisellä perävaunulla heinäkuussa 2003

Keskipohtanmaan ammattikorkeakoulun tutkimus- ja palvelutoimintayksikkö *CENTRIA tutkimus ja kehitys* (ent. YTOL-instituutti) on Ajoneuvohallintokeskuksen toimeksiannosta toteuttanut katsastustoimipaikkojen ja jarrukorjaamoiden jarrudynamometrien tarkastusmittauksia tähän tarkoitukseen kehitetyllä mittausteknisellä perävaunulla vuosina 2000, 2001 ja 2002. Mittaustulokset ovat antaneet aiheita jatkaa tarkastustoimintaa. Vuoden 2003 jarrudynamometritarkastukset toteutettiin heinäkuussa ja uusintamittaukset lokakuussa samana vuonna. Toinen uusintatarkastus tehtiin vielä maaliskuussa 2004. Vuoden 2003 jarrudynamometritarkastukset toteutettiin heinäkuussa 2003 yhteensä 44 jarrudynamometrille Kaakkois-Suomessa ja yhdelle Turussa. Korjaus- ja huoltotoimenpiteiden jälkeiset uusintatarkastukset suoritettiin 22 jarrudynamometrille lokakuussa 2003 sekä niistä 11 jarrudynamometrille uudelleen maaliskuussa 2004.

2.1 Tarkastuskohteet heinäkuussa 2003

Heinäkuussa 2003 tarkastettiin 44 raskaan ajoneuvokaluston jarrudynamometriä Kaakkois-Suomessa sekä Cartecin ohjelmistolla varustettu jarrudynamometri Turussa. Tarkastusmittaukset suoritettiin mittausteknisellä perävaunulla.

Tarkastusmittausten pääpaino kohdistui katsastustoimipaikkojen jarrudynamometreihin, taulukko 1.

Taulukko 1. Tarkastettujen jarrudynamometrien haltija

Jarrudynamometrin haltija	Lukumäärä, kpl
SAUK:n katsastusasema	23
Yksityinen katsastusasema	7
Yksityisen katsastusaseman ja jarrukorjaamon yhteinen	4
Jarrukorjaamo	7

Tarkastuksissa oli mukana kuuden eri valmistajan jarrudynamometrejä ja niissä esiintyi neljä eri laskentaohjelmaa. Cartec:n ja Profinn:n laskentaohjelmaa oli kumpaakin yksi kappale, Dymatic:n 36 kpl ja Mahan 7 kpl, taulukko 2.

Taulukko 2. Tarkastetut jarrudynamometrit ja laskentaohjelmat valmistajittain

Dynamo- metri	Määrä kpl	Laskentaohjelma			
		<i>Cartec SW-V 1.50 FIN</i>	<i>Dymatic dym 2.1</i>	<i>Profinn 3003 Ver 3 Rel 1.0.1.6</i>	<i>Maha V 3.10.014</i>
Bosch BPS105	15	-	14	1	-
BPS195	5	-	5	-	-
BSA331	1	-	1	-	-
Cartec	6	1	5	-	-
Dymac 100	4	-	4	-	-
Maha IW4	7	-	1	-	6
Maha IW7	5	-	4	-	1
Varioflex AHS T310 S/4	1	-	1	-	-
VLT	1	-	1	-	-
Yhteensä	45	1	36	1	7

2.2 Tarkastusmenetelmä

Ennen tarkastusmittausta mittausteknisen perävaunun testausakselin jarrut on lämmitetty jarruttamalla n. 100 °C:een lämpötilaan kosteuden poistamiseksi ja jarrujen tasaisen toiminnan varmistamiseksi. Jarrujen lämpötila on mitattu myös mittausarjan jälkeen ja on todettu, että se on pysynyt jokseenkin samalla tasolla kuin se oli ennen mittausta. Mittausjärjestelmä tallentaa jarruvoima- ja jarrupainearvot samanaikaisesti varsinaisen jarrudynamometritarkastuksen yhteydessä ja mittaustapahtuma noudattaa jarrudynamometrin mittausvaiheita. Mittausakseli lasketaan jarrudynamometrin teloja vasten akselikuormituksen ollessa noin 6 t, kun jarrudynamometrin mittausohjelma kehottaa ajamaan tarkastettava akseli teloille. Mittausakselin tiedonkeruujärjestelmä kytketään mittaukseen.

Aluksi mitataan kitkatekijöistä aiheutuvat voimat samanaikaisesti, kun jarrudynamometri mittaa laahausvoimaa. Pyöräjarruja jarrutetaan tasaisesti jarrutuspainetta nostaen 2 - 3 bar saakka. Voima-antureita kuormittaa pyöräjarrun jarrumomentin tukivoima momenttivarrella $l=1000$ mm. Pyöräjarrujen jarrumomentti määritetään voima-anturilla jarrutuksen aikana mitatuista kokonaiskuormitusarvoista vähentämällä ennen jarrutusta mitattujen kuormitusten mittausarvot (kitkatekijät). Tarkastus on suoritettu mittausteknisen perävaunun mittausakselille kolmen mittauksen peräkkäisenä sarjana. Jarrudynamometrin laskentaohjelmassa mittaukset ovat tapahtuneet 3-akselisen ajoneuvon jarrutestin mukaisesti. Mittauksen aikana jarrudynamometrin oma mittausohjelma kerää jarruvoima- ja jarrupainearvot sekä määrittää mittausakselin jarruvoimaennusteet laskentapainearvoon 6,0 bar.

Mittausteknisellä perävaunulla saadusta mittausdatasta (jarrupaine-jarruvoima-pareista) on laskettu 6 bar:n laskentapainetta vastaava jarruvoimaennuste excel-taulukkolaskentaohjelmassa pieninmän neliösumman menetelmällä. Laskennassa on käytetty nettojarruvoima-arvoja. Nettojarruvoima saadaan vähentämällä mitatuista kokonaisjarruvoima-arvoista vierintävastuksen arvo, joka on mitattu jarrut vapautettuna ennen jarrutuspaineen nostamista.

Käytetty vierintävastuksen arvo on noin sadan mitatun kokonaisjarruvoiman mittauspisteen keskiarvona.

Jarrudynamometrin laskentaohjelman määrittämän arvon ja vertailumittauksen tuloksista määritetyn jarruvoimaennusteen poikkeama on laskettu seuraavasti

$$Poikkeama = JVE_d - JVE_v \quad (1)$$

$$Poikkeaman\ osuus\ mittausarvosta = \frac{JVE_d - JVE_v}{JVE_v} * 100\% \quad (2)$$

joissa:

JVE_d = Mitattu arvo (jarrudynamometrissä käytetyn laskentaohjelman antama jarruvoimaennuste)

JVE_v = Vertailuarvo (mittausteknisen perävaunun tuloksista laskettu jarruvoimaennuste).

Vertailussa tulee kuitenkin muistaa, että laskentaohjelma laskee ennusteen jarrudynamometritä saamastaan mittausdatasta. Poikkeamien syyt saattavat olla laskentaohjelmissa, jarrudynamometrien kalibroinnissa ja jarrudynamometrimittauksen epävarmuustekijöissä.

Jarrudynamometrimittauksen tulokset on jaoteltu poikkeamalle sallitun suurimman arvon ns. hyväksymisrajan (HR) mukaan. Taulukoissa 3 ja 4 HR:n arvona on käytetty arvoja $\pm 5,0\%$ ja $\pm 2,5\%$. Käytettäessä HR:n arvoa $\pm 5,0\%$ hyväksytään 10 %-yksikön ero kahden eri jarrudynamometrin poikkeamien välillä (ts. toisen jarrudynamometrin ennustearvo voi olla 5 % alhaisempi kuin vertailumittauksella saatu arvo ja toisen 5 % korkeampi). Tämä sallii suurimmillaan huomattavan eron jarrudynamometriä välillä ja korostuu, kun hyväksymisalueen ääripäihin sijoittuvat laitteet sijaitsevat lähekkäin.

Jarrudynamometriä paineanturit on testattu Beamex -painekalibraattorilla ennen jarrudynamometritestausta. Tällä toimenpiteellä on haluttu varmistaa, että tarkastuksessa käytettävät painelähettimet eivät omalta osaltaan vääristä jarrudynamometrin jarruvoimaennustetta. Beamex Oy:n akkreditoitu kalibrointilaboratorio on kalibroinut kyseisen paineäkalibraattorin 30.6.2003 (kalibrointitodistus nro K026-03P577).

Mittausteknisen perävaunun mittausakselin rengaspaine on ollut 8 bar ennen mittausta. Jokaisesta jarrudynamometristä on mitattu telojen minimihalkaisija ja halkaisija renkaan kohdalta. Telojen tyyppi ja kunto on kirjattu ja kaikki telat on valokuvattu. Jarrudynamometrin mittaustilan lämpötila on mitattu ja ulkona vallitsevat sääolosuhteet on kirjattu ylös.

Jarrudynamometriä kalibrointipöytäkirjoista on otettu kopiot mikäli pöytäkirjat ovat olleet saatavilla.

2.3 Tarkastustulokset

Silmiinpistävin havainto aiempiin vuosiin verrattuna on se, että 16 jarrudynamometrin mitattu arvo on suurempi kuin vastaava vertailuarvo ja muiden 29 jarrudynamometrin

mitattu arvo on pienempi kuin vertailuarvo. Aiemmin suoritetuissa vertailumittauksissa jarrudynamometrien mitatut arvot ovat olleet pääasiassa suurempia kuin vertailuarvot. Poikkeamat jakautuvat suhteellisen tasaisesti nollan molemmiin puolin. Aiemmissa arvioissa jarrudynamometrien hyväksymisrajana on myös pidetty $\pm 5,0 \%$:n poikkeamaa jarrudynamometrin laskentaohjelmasta saadun ja vertailumittauksella saadun jarruvoimaennusteen välillä. Nyt testatuista jarrudynamometreistä 23 kpl sijoittuu näiden rajojen sisälle ja niistä 11 kpl $\pm 2,5 \%$:n sisään. Käytetty hyväksymisraja tosin on aika väljä verrattuna siihen mitä jarrudynamometrin valmistajat ilmoittavat laitteidensa tarkkuudeksi ($\pm 2 - 3 \%$).

2.4 Tulokset jarrudynamometrityypeittäin

Taulukossa 3 on vertailtu eri jarrudynamometrityyppien sijoittumista hyväksymisrajojen sisälle.

Vertailtaessa poikkeamia on havaittavissa, että tarkastetuista 15:sta Bosch BPS105 -tyypin jarrudynamometristä 10 kpl eli 67 % jää hyväksymisrajan ulkopuolelle. Tämä on 45,5 % kaikista hyväksymisrajan ulkopuolelle jäävistä jarrudynamometreistä. Todettakoon, että 1/3 kaikista testatuista jarrudynamometreistä oli kyseisen tyyppisiä. Hydrauliset Bosch -jarrudynamometrit edustavat jarrudynamometrikaluston vanhinta polvea. Kuudesta testatusta elektronisesta tyypin BPS195 ja BSA331 Bosch -jarrudynamometristä, viisi sijoittuu hyväksymisrajojen sisäpuolelle.

Testatuista 12:sta Mahan jarrudynamometristä seitsemän eli 58,3 % sijoittuu hyväksymisrajojen ulkopuolelle.

Cartecin kuudesta jarrudynamometristä 4 sijoittuu hyväksymisrajojen sisälle ja Dymacin neljästä jarrudynamometristä kolme.

VLT- ja AHS Varioflex-jarrudynamometrejä testissä oli yksi kumpaakin. VLT sijoittuu hyväksymisrajojen sisälle ja AHS ulkopuolelle

Taulukko 3. Jarrudynamometrin sijoittuminen hyväksymisrajoissa, $HR = \pm 5 \%$ ja $HR = \pm 2,5 \%$.

Jarrudynamometri	HR = $\pm 5 \%$		HR = $\pm 2,5 \%$	
	HR $\leq \pm 5 \%$	HR $> \pm 5 \%$	HR $\leq \pm 2,5 \%$	HR $> \pm 2,5 \%$
Maha IW4	3	4	1	6
Maha IW7	2	3	1	4
Bosch BPS105	5	10	2	13
Bosch BPS195	4	1	1	4
Bosch BSA331	1		1	
Cartec	4	2	2	4
Dymac 100	3	1	2	2
VLT	1		1	
AHS Varioflex		1		1
Yhteensä	23	22	11	35

2.5 Tulokset laskentaohjelmittain

Taulukossa 4 on esitetty laskentaohjelmien sijoittuminen hyväksymisrajoissa, kun $HR = \pm 5,0\%$ ja $HR = \pm 2,5\%$.

Cartec ja Profinn

Vertailussa on ollut mukana yksi laskentaohjelma tyyppiä Cartec SW-V 1.50 FIN ja Profinn 3003 Ver3 Rel 1.0.1.6. Pienen otannan vuoksi niiden tulokset eivät ole yleistettävissä. Näiden tulokset sijoittuvat hyväksymisrajojen $\pm 5\%$ sisäpuolelle, mutta $\pm 2,5\%$:n ulkopuolelle. Cartec -laskentaohjelma oli liitetty Cartec -jarrudynamometriin. Profinn oli liitetty Bosch BPS105 -jarrudynamometriin.

Taulukko 4. Eri laskentaohjelmilla saatujen tulosten sijoittuminen hyväksymisrajaan nähden

Laskentaohjelma	HR = $\pm 5\%$		HR = $\pm 2,5\%$		Poikkeaman vaihteluväli
	HR $\leq \pm 5\%$	HR $> \pm 5\%$	HR $\leq \pm 2,5\%$	HR $> \pm 2,5\%$	
Cartec	1			1	
Dymatic	19	17	11	25	-16,1% -- +8,8%
Maha	2	5		7	+2,6% -- +17,3%
Profinn	1			1	

Maha

Testatuista jarrudynamometreistä kuudessa Maha IW4 -tyypin ja yhdessä Maha IW7 -tyypin jarrudynamometrissä oli käytössä laskentaohjelma Maha V 3.10.014. Kaksi testattua Maha-laskentaohjelmaa antoi hyväksyttävän tuloksen. Näissä kummassakin oli jarrudynamometrinä Maha IW4. Tuloksia tarkasteltaessa havaitaan, että kaikki Maha-laskentaohjelman antamat ennustearvot ovat korkeampia kuin vastaavat vertailuarvot. Myös poikkeaman vaihteluväli on suuri, $+2,6\%$:sta $+17,3\%$:iin. Tämä vaihteluväli saadaan Maha IW4-jarrudynamometreillä, sillä ainoalla Maha IW7:llä, jossa on Mahan oma laskentaohjelma, poikkeama on $+7,9\%$.

Koska kaikissa kohteissa käytetään samaa laskentaohjelmaa ja Atoy Oy:n ilmoituksen mukaan Mahan laskentaohjelmassa ei käytetä kertoimia, jää suurelle hajonnalle ainoaksi selitykseksi itse jarrudynamometreissä esiintyvät croavaisuudet eli erot voiman välitysmekanikan kuluneisuudessa ja testattujen laitteiden kalibrointien oikeellisuus, johon osaltaan vaikuttaa myös jarrudynamometrin telojen kunto. Laskentaohjelman osuuttakaan ei voida täysin sulkea pois.

Dymatic

Dymatic dym2.1-laskentaohjelma oli käytössä 36 testatussa jarrudynamometrissä, jotka edustavat yhdeksää eri jarrudynamometriä. Dymaticin tulokset on eritelty omaksi taulukoksi, koska Dymatic-ohjelmaa esiintyy usean eri jarrudynamometrin yhteydessä ja otos on 36 kpl, taulukko 5.

Taulukosta 5 on havaittavissa, että 36:sta Dymatic -laskentaohjelmalla varustetusta jarrudynamometristä 11:ssä tapauksessa laskentaohjelmalta saatu mittausarvo poikkeaa vertailu-

Taulukko 5. Dymatic-laskentaohjelmalla saatujen tulosten sijoittuminen hyväksymisrajaan nähden eri jarrudynamometrityyppien yhteydessä

Jarrudynamometri	Dymatic dym 2.1	HR = ± 5 %		HR = $\pm 2,5$ %	
		HR $\leq \pm 5$ %	HR $> \pm 5$ %	HR $\leq \pm 2,5$ %	HR $> \pm 2,5$ %
Bosch BPS105	14	4	10	2	12
BPS195	5	4	1	1	4
BSA331	1	1		1	
Cartec	5	3	2	2	3
Dymac 100	4	3	1	2	2
Maha IW4	1	1		1	
Maha IW7	4	2	2	1	3
Varioflex AHS T310 S/4	1		1		1
VLT	1	1		1	
Yhteensä	36	19	17	11	25

arvosta vähemmän kuin $\pm 2,5$ % ja 19:ssä tapauksessa poikkeama on alle ± 5 %. Poikkeaman vaihteluväli on suuri, $-16,1$ %:sta $+8,8$ %:iin. Koska kaikissa taulukon jarrudynamometreissä käytetään samaa laskentaohjelmaa ja poikkeamat sijoittuvat nollan molemmin puolin, voidaan olettaa, että hyväksymisrajan ulkopuolelle sijoittuvissa jarrudynamometreissä on joko virheellinen kalibrointi tai jarrudynamometrin ja laskentaohjelman keskinäiset sovituskertoimet väärin valittuja.

2.6 Tulosten vertailua paikkakunnittain

Tarkasteltaessa samalla paikkakunnalla suoritettuja tarkastustuloksia on havaittavissa jarrudynamometriä kesken suuria eroja. Suurin paikkakuntakohtainen poikkeama esiintyy Kiteellä, jossa poikkeama on $24,9$ %-yksikköä, taulukko 6.

Taulukko 6. Poikkeamavertailu paikkakunnilla, joissa on tarkastettu kaksi tai useampia jarrudynamometreja

Paikkakunta	Mitattuja kohteita	Poikkeama	Min-max ero %-yksikköä	± 5 %:n sisällä
Kuopio	5	$-8,3\% \text{ -- } +5,5\%$	13,8	3
Joensuu	4	$-6,7\% \text{ -- } -16,8\%$	23,5	0
Savonlinna	2	$-9,9\% \text{ -- } -3,2\%$	6,7	1
Lappeenranta	3	$-10,4\% \text{ -- } -0,8\%$	9,6	2
Mikkeli	3	$-10,5\% \text{ -- } +4,2\%$	14,7	2
Jyväskylä	4	$-2,1\% \text{ -- } +14,8\%$	16,9	2
Helsinki	2	$-4,3\% \text{ -- } +4,8\%$	9,1	2
Lahti	2	$-0,8\% \text{ -- } +17,3\%$	18,1	1
Kouvola	2	$-6,6\% \text{ -- } -3,3\%$	3,3	1
Kitee	2	$-16,1\% \text{ -- } +8,8\%$	24,9	0
Kaikki mitatut	45	$-16,1\% \text{ -- } +17,3\%$	33,4	23

Kiteellä toisen testatun jarrudynamometrin mitattu arvo on 16,1 % vertailuarvon alapuolella ja toisen jarrudynamometrin 8,8 % vertailuarvon yläpuolella.

Alla on esimerkkinä tehty vertailu Kiteellä suoritettujen tarkastustulosten välillä. SAUK Kiteen jarrudynamometrin mitattu arvo on 42,9 kN ja vastaava vertailuarvo on 51,2 kN ja poikkeama näiden välillä -16,1 %. Karjalan Yhdistelmävaunut Oy:n jarrudynamometrin poikkeamaksi saatiin + 8,8 %. Jarrudynamometriä kesken tapahtuvaan vertailuun päästään, kun lasketaan poikkeamien avulla mitä mitattua arvoa SAUK Kiteen jarrudynamometritarkastuksessa saatu vertailuarvo 51,2 kN vastaisi Karjalan Yhdistelmävaunut Oy:n mittauksissa.

$$51,2\text{kN} * \frac{(100 + 8,8)\%}{100\%} = 55,7\text{kN} \quad (3)$$

Karjalan Yhdistelmävaunut Oy:n jarrudynamometrimittauksessa vertailuarvon ollessa 51,2 kN olisi mitattu arvo 55,7 kN. Kun tätä verrataan SAUK Kiteen mitattuun arvoon 42,9 kN, saadaan niiden väliseksi poikkeamaksi 12,8 kN eli Karjalan Yhdistelmävaunut Oy:n jarrudynamometri antaa 29,8 % korkeamman jarruvoimaennustearvon kuin Kiteen SAUK:n jarrudynamometri.

$$\text{Ero} - \% = \frac{55,7\text{kN} - 42,9\text{kN}}{42,9\text{kN}} * 100\% = 29,8\% \quad (4)$$

Molemmissa mittauspaikoissa on käytössä Dymatic-laskentaohjelma. SAUK Kiteen jarrudynamometri on hydraulinen Bosch BPS105 ja Karjalan Yhdistelmävaunut Oy:n jarrudynamometri on Cartec BDE4000.

Kun vastaavalla tavalla verrataan kaikkien jarrudynamometriä suurinta negatiivista poikkeamaa (-16,1 %, Kitee SAUK) suurimpaan positiiviseen poikkeamaan (+17,3 %, Päijät-Hämeen Katsastuspalvelu Lahti), saadaan näiden väliseksi eroksi 40 %.

$$\text{Ero} - \% = \frac{51,2\text{kN} * 1,173 - 42,9\text{kN}}{42,9\text{kN}} * 100\% = 40\% \quad (5)$$

jossa

42,9 kN = mitattu arvo SAUK Kitee

51,2 kN = vertailuarvo SAUK Kitee

17,3 % = poikkeama Päijät-Hämeen Katsastuspalvelu

Vastaavanlaisia vertailuja voidaan suorittaa myös muiden kohteiden kesken. Edelliset esimerkitapaukset osoittavat selvästi, että kentällä esiintyvät erot jarrudynamometrimittauksen tuloksissa ovat edelleen hälyttävän suuria.

2.7 Tarkastusten suorittajan tekemä telojen kuntoarvio

Jarrudynamometriä tarkastuspöytäkirjoissa on arvioitu jarrudynamometriä telojen kunto. Tarkastetuista 45 jarrudynamometristä 30:n telapinnat ovat hyväkuntoisia, kolmen huonokuntoisia, kuuden tyydyttävässä kunnossa ja kuudesta ei ole kuntomerkintää, taulukko 7.

Taulukko 7. Jarrudynamometrien telojen pinnan kunto

Telatyyppi	Ei kunto- merkintää	Hyvä	Tyydyttävä	Huono / Erittäin kulunut
Hitsattu ripatela	5	18	1	1
Hitsattu rypylätela		9	3 (kahdessa korjaus- hitsausta)	1
Massa- pinnoitettu verkko		1 (hitsattu isoja "noppia")	2 (toisessa lisähitsaus- ta)	1
Massarulla		2		
Ei merkintää	1			
Yhteensä	6	30	6	3

Tarkastusten yhteydessä on mitattu työntömitalla jarrudynamometrin telojen minimihalkaisija ja halkaisija siltä kohtaa mihin testausperävaunun pyörä sijoittuu mittauksen aikana. Jarrudynamometrin telojen halkaisijoissa havaittiin huomattavan suuria poikkeamia samaa tyyppiä olevien eri laitteiden välillä, taulukko 8. Esimerkiksi Dymac100-merkkisiä jarrudynamometrejä tarkastuksissa oli neljä ja niissä kaikissa on erilaiset telat. Niissä renkaan kohdalta mitatut halkaisijat olivat 191, 196, 206 ja 272 mm. Yhdessä kalibrointipöytäkirjassa oli merkintä "Sunin telasto", jonka Dymatronic on ilmoittanut tarkoittavan sitä, että kohteessa on Dymatronicin valmistama jarrudynamometri ja siinä käytetään Mahan teloja (IW7). Muissa kolmessa tarkastetussa jarrudynamometrissä telamittojen erot johtuvat jarrudynamometrin mallin muuttumisesta. Uudessa mallissa on erikokoiset telat kuin aiemmassa. Tämä on huomioitu kalibroinnissa.

Taulukko 8. Telan halkaisijoiden eroja samantyyppisillä laitteilla

Laitetyyppi	Mitattu minimi- halkaisija mm	Mitattu maksimi- halkaisija mm	Valmistajan ilmoittama halkaisija mm	Mitattu maksimi halkaisijaero samassa telassa mm
Bosch BSA331	282	284	282 mm ± 4 %	2
Bosch BPS105	171 - 189	177 - 191	183	8
Bosch BPS195	276 - 287	277 - 293	282	10
Maha IW4	202 - 206	203 - 210	200	5
Maha IW7	265 - 269	269 - 271	265	5
Cartec BDE4000	250 - 254 / 299	253 - 255 / 303	255 / 300	4
Cartec BDE4004	254 / 303	256 / 304	255 / 300	2
AHS Varioflex	308	Ei voitu mi- tata		
VLT 16033	300	Ei voitu mi- tata		
Dymac 100	190 - 268	190 - 272	Useita mittoja	5

Cartec -jarrudynamometreissa esiintyy kahta eri telahalkaisijaa. Kalibrointipöytäkirjojen mukaan sekä BDE4000- että BDE4004-tyyppisissä jarrudynamometreissa esiintyy teloja, jotka ovat halkaisijaltaan (renkaan kohdalta mitattu) joko 254 mm tai 304 mm. Laitetoimittaja on ilmoittanut, että *"Cartecilla on käytetty raskaan kaluston jarrudynamometreissa kahta telan nimellismittaa: 300 mm ja 255 mm. Suurempi on tyypillisesti malleissa, jotka on valmistettu 90-luvun alkupuolella, mallimerkinnot 4000 K, 4000 G, 4000 U ja 4004 K. Esimerkiksi Karjalan Yhdistelmäjarrulla on malli 4000 K. 90-luvun puolivälin jälkeen mallit 4000 A, 4004 AN, 4000 Universal, 4504 ovat telakoolla 255 mm"*. Kuten taulukosta on luettavissa, suurempitelaisissa jarrudynamometreissa esiintyy ylimittaisia teloja. Tässä tapauksessa sen aiheuttama vaikutus on suurimmillaan 2/150 eli 1,3 %.

Mittaustuloksista on havaittavissa, että niin Maha IW4:stä kuin Maha IW7:stä mitatut telan halkaisijat kuluneimmaltakin kohdalta mitattuna ovat suurempia kuin laitevalmistajan kalibrointikuvauksessa ilmoittamat arvot. Kun esimerkiksi IW4:n suurin renkaan kohdalta mitattu halkaisija on 10 mm suurempi kuin laitteen valmistajan ilmoitus, on sen tuloksia suurentava vaikutus 5 %. Mahan jarrudynamometreissa täytyy huomioida telan pintaan hitsatut telan ja renkaan välistä kitkaa lisäävät nystyrät, jotka vaikeuttavat telan tehollisen halkaisijan mittaamista.

Maksimissaan samasta telasta on mitattu 10 mm:n ero minimihalkaisijan ja renkaan kohdalta mitatun halkaisijan välillä. Näiden lisäksi esiintyi 8 mm:n ero kolmessa, 5 mm:n ero kuudessa ja 4 mm:n ero viidessä jarrudynamometrissä.

Suurin ero on mitattu Bosch BPS195-jarrudynamometrissä Mikkelissä. Kyseisessä jarrudynamometrissä telan minimihalkaisija oli 283 mm ja halkaisija testausperävaunun renkaan kohdalta 293 mm. Näin suuri ero ei voi olla vaikuttamatta mittaustulokseen.

On syytä todeta, että laitteiden kalibroijien on kiinnitettävä erityistä huomiota jarrudynamometrien telojen kuntoon ja huomioida laitevalmistajien antamat toleranssirajat telojen halkaisijoille. Lisäksi tulee huomioida telojen todelliset halkaisijat ja laskea niitä vastaavat kalibrointi-arvot ennen kalibrointia, koska jarrudynamometrin valmistaja ilmoittaa kalibrointi-arvot telan nimellishalkaisijalle.

2.8 Kalibrointipöytäkirjat

Kaikilla testauspaikoilla ei ollut kesällä 2003 läsnä henkilöä, joka olisi tiennyt missä kalibrointipöytäkirjat sijaitsevat, joten kaikkien laitteiden viimeistä kalibrointiajankohtaa ei voitu varmistaa. Useissa jarrudynamometriohjelman tulosteissa on väärä kalibrointipäivämäärä (ei vastaa kalibrointipöytäkirjaa). Mittauslaitteiden kalibrointipöytäkirjat tulee olla kaikkien ko. laitetta käyttävien ja halutessaan myös asiakkaan saatavilla.

Tarkasteltaessa mittausten yhteydessä kerättyjä kalibrointipöytäkirjoja, voi niistä todeta, että kokonaisuutena kalibrointipöytäkirjat ovat erittäin puutteellisia, kuten jo aikaisempien tarkastusten yhteydessä on todettu.

2.9 Havaintoja tarkastuspaikoilla

Alla on esitetty tarkastuspöytäkirjoista kerättyjä tarkastusmittauksen suorittajan kirjaamia kommentteja tarkastuskohteista ja jarrudynamometrien kunnosta:

- SAUK, Seppälä, Jyväskylä. "Erittäin kuluneet telat. On pyydetty molempia kalibroijia yhtä aikaa paikalle, mutta toinen osapuoli ei suostu siihen".
- Etelä-Savon Autokatsastus Oy / Raskone Mikkeli, "Teloihin hitsattu isoja noppia, jotka kasvattavat varmasti telan kehää".
- Scan-Auto, Lappeenranta, "Ripoihin hitsattu karhennusta".
- Karjalan Yhdistelmäjarut Oy, Kitee. "Erikokoiset telat kuin aiemmin vastaavassa jarrudynamometrissä. Dynamometri pyörii lujempaa kuin pienitelaiset. Suorittaa n. 200 sovitusaajoa vuodessa. Paikallinen katsastusasema suorittaa muutaman sovituksen vuodessa. Ainakin halu toimia oikein oli kohdallaan. Jarruja ei tehdä dynamometrillä. Asiakkaalle osoitetaan missä vika, jos jarruja ei löydy dynamometrillä."
- SAUK, Kitee. "Viimeiset kalibroinnit eivät näy tulosteissa, kun ovat itse suorittaneet tarkistuksen."
- Suomen Huoltokiito Oy, Joensuu. "Tämä korjaamo mittauttaa noin kahden kuukauden välein yhdistelmiään muilla laitteilla kuin omallaan. Näin saavat vertailukohtia muihin dynamometreihin ja ohjelmiin."
- SAUK Outokumpu. "Telat kuluneet ja pinnoitus mutkainen. Aiotaan uusia rautatelat / riparullat."
- SAUK Lieksa. "Kalibroinnit pitäisi kaikki suorittaa itse. Rullat kuluneet."
- SAUK Varkaus. "Tahti kova. Dynamometri pyörii lujaa."
- SAUK Juva. "Katsastusta vain yhtenä päivänä viikossa".

2.10 Jatkotoimenpiteet tarkastusmittausten jälkeen

Toimipaikoissa, joissa jarrudynamometrin poikkeama ylitti +/- 5 % oli syytä tehdä jarrudynamometrin kalibroijan, laitteen maahantuojaan ja laskentaohjelmiston toimittajan yhteinen selvitys mistä poikkeama johtuu ja suorittaa niin laitteisiin, ohjelmiin kuin kalibroinnin toteuttamiseen tarvittavat muutokset. Tässä käytettiin AKE:n antamaa ohjetta vuoden 2002 jälkitarkastettavien jarrudynamometriä osalta. Toteutettavassa kalibroinnissa noudatettiin erikseen tarkastustoimintaa varten laadittua kalibrointipöytäkirjaa ja sen ohjetta (liite 2). Kalibrointi suoritettiin molemmille teloille kolmen otoksen toistosarjana, jolla selvitetään kalibroinnin toistettavuus. Pöytäkirjaan merkittiin telojen minimi- ja maksimihalkaisijat (telan päästä ja keskeltä mitattuna) sekä lämpötilat dynamometrin ympäristössä, dynamometrikuopassa ja elektroniikan ympäristössä. Pöytäkirjan liitteeksi laadittiin vipukaavio, josta selkeästi ilmeni mitä vipupituuksia käytettiin ja miten ne on huomioitu kuormitusvoimaa laskettaessa. Myös kalibrointi-arvojen laskentakaavat esitettiin.

Keväällä 2003 SAUK:n Lahti-Holman katsastustoimipaikalla suoritettussa Maha-jarrudynamometrin tarkastuksessa havaittiin puutteita ko. jarrudynamometrin kalibrointimenettelyssä. Tarkastuksen jälkeen Atoy Oy on kiinnittänyt huomiota Maha-jarrudynamometriä kalibroinnin ohjeistukseen ja niiden noudattamiseen. Kuitenkin tässä testauksessa mukana olevissa Maha-jarrudynamometreissä on ainakin osa sellaisia, jotka on kalibroitu ennen em. ohjeistuksen täsmennystä.

Myös muilla jarrudynamometrin toimittajilla oli syytä tarkistaa omien laitteidensa kalibrointimenettely, kalibroinnin ohjeistus ja niiden noudattaminen. Kuten telojen

kuntoarviossa todettiin, tulee telojen kuntoon kiinnittää erityistä huomiota ja huomioida telojen todelliset halkaisijat kalibroinnin yhteydessä.

Niissä tapauksissa, joissa jarrudynamometrin laskentaohjelmassa käytetään kertoimia, täytyy myös huolehtia siitä, että kertoimia ei kalibroinnin jälkeen muuteta. Tässä on kaksi vaihtoehtoa:

1. Kalibrintipöytäkirjassa on merkitty kaikki käytetyt kertoimet ja ne tulostetaan näkyviin myös laskentaohjelmalta ajoneuvon jarrujen mittauksessa saatavaan lopulliseen tulostukseen (asiakastuloste).
2. Kalibrintipöytäkirjassa on näkyvillä kaikki käytetyt kertoimet ja kertoimet suojataan salasanalla niin, ettei niitä pääse muuttamaan muuten kuin kalibroinnin yhteydessä.

Myös kalibrintien tilaajien tulee tuntee kalibrintivaatimukset kalibroinniksi. Näin saataisiin ehkä enemmän laatua korostavaa painetta myös laitekäyttäjien puolelta. Kalibroijat tekevät periaatteessa sen mihin tilaaja on tyytyväinen. Lopputoteamuksena kalibrintiasiaan voi sanoa, että kalibrintiin liittyvää koulutustarvetta näyttää olevan sekä kalibroijien että kalibroinnin tilaajien taholla.

3 Tarkastusmittaukset lokakuussa 2003

Heinäkuun mittaustulokset esiteltiin laitetoimittajille 21.8.2003 Ajoneuvohallintokeskuksessa pidetyssä neuvottelutilaisuudessa. Kyseisessä neuvottelutilaisuudessa sovittiin laitetoimittajien kanssa tarkistus-, kalibrointi- ja korjaustoimenpiteistä, joita tulee suorittaa niille 22 jarrudynamometrille, joiden jarruvoimaennusteet poikkesivat enemmän kuin $\pm 5\%$ vertailumittauksen antamasta ennusteesta. Ajoneuvohallintokeskus on lähettänyt 24.9.2003 laitetoimittajille kirjalliset toimenpideohjeet ja tiedot tarkastettavista kohteista. Tässä kirjeessä todetaan mm:

Jarrudynamometritarkastus sekä kalibrointi mahdollisine viritystoimenpiteineen tulisi toteuttaa samanaikaisesti toimipaikkojen laskentaohjelmiin ja/tai jarrudynamometrilaiteistoihin sekä paineantureihin. Jarrudynamometrin kalibroijan, laitteen maahantuojan ja laskentaohjelman toimittajan tulisi yhdessä selvittää mistä arvojen erot johtuvat ja suorittaa niin laitteisiin, ohjelmiin kuin kalibroinnin toteuttamiseen tarvittavat muutokset. Jos toimipaikassa on käytössä sekä lanka- että radiolähettimet on molemmista kaikki anturit kalibroitava. Paineantureista pitää jättää myös selvä merkintä kalibrointipöytäkirjaan onko ne hyväksytty edelleen käytettäväksi, määrätty korjattaviksi vai hylätty.

Tarkastustoimenpiteiden ja niiden raportoinnin takarajaksi annettiin 31.10.2003. Raporttiin pyydettiin liittämään ko. kohteiden kalibrointipöytäkirjat.

3.1 Tarkastuskohteet

Lokakuussa 2003 uudelleentarkastettavina kohteina oli 22 jarrudynamometriä, joista

- 12 Suomen Autokatsastuksen (SAUK) toimipisteissä: Porvoossa, Anjalankoskella, Jyväskylässä Kuormaajantiellä, Mikkelissä Arinakadulla, Imatralla, Savonlinnassa Nätki, Kiteellä, Joensuussa (Hartikaisen korjaamon kanssa yhteinen), Outokummussa, Lieksassa, Nurmeksessa ja Kuopiossa.
- 7 yksityisellä katsastusasemalla (joukossa myös korjaamon kanssa yhteisiä): Kouvolan Autokatsastus, Päijät-Hämeen Katsastuspalvelu Lahdessa, Joutsan Autokatsastus, Jyväskylän Autokatsastus, Lappeen Autokatsastus / Autokymi Lappeenrannassa, Katsastus Kateka / Easy km Joensuussa ja Katsastus Kovalainen Joensuussa.
- 3 korjaamoilla: Karjalan Yhdistelmäjärrut Kiteellä, Suomen Kiitohuolto Joensuussa ja Scan-Auto Kuopiossa.

3.2 Laitetoimittajien suorittamat toimenpiteet

Laitetoimittajat saivat läpikäytyä kyseiset jarrudynamometrit juuri määräajan puitteissa. Kaikkia kalibrointiraportteja ei saatu määräaikaan mennessä, johon osaltaan vaikutti kalibrointiluvan saanti viime hetkessä joiltakin katsastusasemilta sekä atk-ongelmat.

Tecalemit

Tecalemitiltä on toimitettu kalibrointipöytäkirjat Karjalan Yhdistelmäjärrut Oy:n jarrudynamometrille 9.10.2003 ja SAUK / Kuopio jarrudynamometrille 21.10.2003 suoritetuista kalibroinneista ja tarkastuksista. Samalla on tarkastettu myös niihin liitetty Dymatic-laskentaohjelma.

Molemmissa jarrudynamometrin näyttämät (viisari/mittausdata) on viritetty kohdalleen ensimmäisen kuormituksen jälkeen. Tämän jälkeen on suoritettu kuormitukset 2 ja 3. Tämä on toteutettu sekä oikealla että vasemmalla puolella. Karjalan Yhdistelmäjärrut Oy:n Dymatic-ohjelman voimatuloa on nostettu arvosta 57 arvoon 58 ensimmäisen kuormituskerän jälkeen.

Cartec:n kalibrointipöytäkirjassa on annettu valmistajan ilmoittamaksi telan (halkaisijan) nimellimitaksi $300 \text{ mm} \pm 2,5 \%$, joka tarkoittaa siis vaihteluväliä $292,5 - 307,5 \text{ mm}$. Molemmista teloista on mitattu halkaisija vähiten ja eniten kuluneelta kohdalta.

Molempiin kalibrointipöytäkirjoihin on tulostettu liitteeksi Dymatic -laskentaohjelman kertoimet virityksen jälkeen.

Kalibrointilaitteen jäljitettävyydestä kalibrointipöytäkirjoihin ei ole tehty merkintöjä.

Kalibrointipöytäkirjaan on liitetty valmistajan vipusuhdekaaviot kalibrointilaitteelle sekä laskentakaava kuormitusvoimalle. Annetut laskentakaavat ovat seuraavat:

$$F_1 = \frac{F_{Br} * D / 2}{i_{KA} * L_3} = \frac{30000 \text{ N} * 150 \text{ mm}}{1,93 * 270 \text{ mm}} = 8620 \text{ N} = 878 \text{ kg} \quad (6)$$

$$F_2 = \frac{F_1 * L_1}{L_2} = \frac{878 \text{ kg} * 50}{732} = 60 \text{ kg} \quad (7)$$

jossa

$F_2 = 60 \text{ kg}$ (painoja) vastaa jarruvoimaa $F_{Br} = 30\,000 \text{ N}$ ja $D = \text{telan halkaisija (mm)}$. L_1 , L_2 ja L_3 ovat vipukaavioissa annettuja vipumittoja ja i_{KA} laskentakaavassa annettu kerroin.

Edellisistä kaavoista voisi todeta, että välitulos 8620 N pitäisi olla 8636 N ja käyttäen g :n arvona $9,81 \text{ m/s}^2$ saadaan massan arvoksi 880 kg ja edelleen kuormitukseen käytettävän punnuksen massaksi $60,129 \text{ kg}$. Eli annettu F_2 :n arvo on likimain oikea. Tosin kaavoissa on tiettyä epä johdonmukaisuutta, esimerkiksi $8620 \text{ N} = 878 \text{ kg}$ ei ole oikea merkintätapa.

Edellä mainittujen jarrudynamometrien erilaisista telan halkaisijoista huolimatta molemmissa kalibrointipöytäkirjoissa kuormitusvoimat ja niitä vastaavat näyttämät ovat samat. Tämä osoittaa sen, että kalibroinnissa ei ole huomioitu todellisia telan halkaisijoita.

Dymatronic

Dymatronic Oy on toimittanut 14 jarrudynamometrin kalibrointipöytäkirjat. Näiden sijaintipaikat ovat: SAUK:n toimipisteet Porvoossa, Anjalankoskella, Jyväskylässä, Mikkelissä, Imatralla, Savonlinnassa, Kiteellä, Joensuussa, Outokummussa, Lieksassa ja Nurmeksessa sekä Kouvolan Autokatsastus, Katsastus Kateka / Easy km Joensuu ja Scan-Auto Kuopio.

Kalibrointipöytäkirjoihin on tehty merkinnät mitatuista telan halkaisijoista, mutta useampaa pöytäkirjaa tarkasteltaessa voi todeta, että niitä ei ole käytetty hyväksi kalibrointi-arvojen laskemisessa.

Kalibrointipöytäkirjojen liitteenä on toimitettu Dymac-jarrudynamometrin vipusuhdekaavio kalibrointilaitteelle sekä laskentakaava kuormitusvoimalle. Laskentakaavassa huomiota herättää se, että maan vetovoiman kiihtyvyyden arvona käytetään 10 m/s^2 vaikka se tunnetusti pitäisi olla $9,81 \text{ m/s}^2$. Annetut laskentakaavat esitetään alla.

$$F_n = l_p / R_t * F_p \quad \text{esim. } F_n = [1000/105 * 10 * 0,01][kN] \quad (8)$$

$$F_a = l_p / l_{na} * F_p \quad (9)$$

$F_p = (m * g)$ punnuksen aiheuttama voima (näkyä kalibrointitaulukossa 1-punnus, 2-punnus, ...jne punnuksat painavat 10 kg/kpl)

$F_a =$ anturiin kohdistuva voima

$F_n =$ dynamometrin näyttämä voima

$R_t =$ telan säde

$l_{na} =$ anturin etäisyys telan keskipisteestä

$l_p =$ punnuksen etäisyys telan keskipisteestä

Atoy

Atoy:lta on toimitettu kalibrointitodistukset Jyväskylän Autokatsastuksen, Suomen Huoltokiidon, Joutsan Autokatsastuksen, Katsastus Kovalaisen ja Päijät-Hämeen Katsastuspalvelun (Lahti) Maha-jarrudynamometreistä. Kalibrointitodistusten liitteenä ei ollut kalibroinnin vipukaaviota eikä laskentakaavoja, mutta ne on toimitettu aiempien testimittauksen yhteydessä. Vipukaaviossa on annettu myös kalibrointivoimataulukko, jossa on valmiiksi lasketut kalibrointivoimat kuormituspainon eri etäisyyksillä tukipisteestä.

Maha IW7 rs.2 (3:4) -tyyppiselle jarrudynamometrille kalibrointivoimien laskentakaava on esitetty alla.

$$F_A = 30\text{kg} * 9,8067\text{m/s}^2 * \frac{L_1}{66,64\text{mm}} * \frac{397,5\text{mm}}{R * i}, \text{ jossa} \quad (10)$$

$L_1 =$ vivun mitta eli kuormituspainon etäisyys tukipisteestä (mm)

$R =$ telan säde (mm)

$i =$ kerroin, jonka arvo on joko 3:4 tai 1:1, jarrudynamometriversiosta riippuen.

Vastaava Maha IW4 rs.2 (1:1) -tyyppisen jarrudynamometrin laskenta kaava on esitetty alla.

$$F_A = 30\text{kg} * 9,8067\text{m/s}^2 * \frac{L_1}{55,54\text{mm}} * \frac{249,94\text{mm}}{R}, \text{ jossa} \quad (11)$$

merkinnät ovat kuten kaavassa 9.

Edellä esitetyistä kaavoista voidaan todeta, että esimerkiksi liian suuri telan halkaisija antaa kalibrointivoimalle pienemmän arvon kuin on kalibrointivoimataulukossa. Jos tässä tapauksessa ei huomioida todellista telan halkaisijaa, tulee jarrudynamometri viritettyä näyttämään todellista kuormitusta suurempaa arvoa. Kalibrointitodistuksista voi havaita, että

todellisia telamittoja ei ole huomioitu kalibroitaessa jarrudynamometrejä. Teloista on mittauksen perusteella ainoastaan päätelty onko ne valmistajan antamien toleranssiarvojen sisällä.

Kalibroitodistuksiin on merkitty jarrudynamometrien telojen ja paineantureiden hyväksymismerkinnät. Valmistaja ilmoittaa Maha IW4 rs.2:n telan halkaisijaksi $202 \pm 0,5$ mm sekä Maha IW7 rs.2 (3:4):lle $265 \pm 0,5$ mm. Suomen Huoltokiidon ja Jyväskylän Autokatsastuksen jarrudynamometriin telat on merkitty hylätyiksi, koska niiden halkaisija on suurempi kuin tehtaan ilmoittama telan halkaisija toleranssikin huomioiden. Suomen Huoltokiidon kalibroitodistuksessa on merkintä *"Telat kotimaassa pinnoitettu hitsaamalla"*. Teloja ei (ilmeisesti) ole vaihdettu ennen testausvaunulla tapahtunutta vertailumittausta.

3.3 Vaunumittauksen tulokset

Mittaukset on suoritettu samalla tavalla kuin heinäkuussa 2003.

Lokakuussa uudelleen tarkastetuista jarrudynamometreistä viisi antaa hyväksyttävän vertailutuloksen. Kuudentoista muun jarrudynamometrin tulos jää edelleen hyväksyttävän rajan ulkopuolelle laitetoimittajien tekemistä korjaus- ja kalibroitointitoimenpiteistä huolimatta.

Neljässätoista tapauksessa tulokset olivat parantuneet heinäkuun tuloksiin nähden (mukana em. 5 jarrudynamometriä), neljässä tapauksessa tulos oli selvästi huonontunut heinäkuusta, kahdessa ei ollut tapahtunut oleellista muutosta ja yhdessä tapauksessa heinäkuun eroarvo oli $+8,5\%$ ja lokakuun eroarvo $-7,7\%$ eli poikkeama oli jokseenkin samansuuruinen, mutta erisuuntainen kuin aiemmin.

3.4 Jarrudynamometriin poikkeamatarkastelu

Alla virhetarkastelua on suoritettu laitetoimittajajaottelun mukaisesti. Joissakin paineantureiden kalibrointipöytäkirjoissa/-todistuksissa on paineantureita merkitty OK-merkinnällä, vaikka ko. anturin näyttämä poikkeaisi jopa 5% vertailulaitteen arvosta. Näin huomattava ero jarrudynamometrillä suoritettussa ajoneuvon jarrumittauksessa ei voi olla vaikuttamatta lopputuloksiin.

Cartec

Karjalan Yhdistelmäjarut Oy:n jarrudynamometrin teloissa eniten kuluncen kohdan halkaisija vasemmalla puolella on $304,9$ mm ja oikealla puolella $306,2$ mm eli molemmat on valmistajan ilmoittaman toleranssin sisällä. Kalibrointipöytäkirjaan on tämän johdosta merkitty *"Hyväksytään"*.

Kyseisessä jarrudynamometrissä mitattu telan maksimihalkaisija on vasemmalla puolella $305,9$ mm ja oikealla puolella $307,2$ mm. Edellä esitettyjä laskentakaavoja 6 ja 7 käyttäen saadaan 60 kg:n kuormitusta vastaavaksi jarruvoima-arvoksi vasemmalle puolelle $29,388$ kN ja oikealle puolelle $29,264$ kN eli kokonaisjarruvoimaksi $58,652$ kN. Tehtaan ilmoittamaa telamittaa 300 mm käyttäen kokonaisjarruvoima on $60,000$ kN ja jarrudynamometri on viritetty näyttämään tätä arvoa, joka on $2,3\%$ liian korkea eli jarrudynamometrin näyttämä

on 1,023-kertainen vähiten kuluneelta kohdalta mitattua telahalkaisijaa käyttäen laskettuun arvoon nähden. Kun jarrudynamometrin antamia ennustearvoja korjataan edellä mainitun kertoimen vaikutuksella, saadaan ko. jarrudynamometrin kolmen mittauksen eroarvojen keskiarvoksi 4,7 %, jolla jarrudynamometri on hyväksyntärajan sisällä (taulukko 9). Alkuperäinen eroarvo on 7,1 %.

Taulukko 9. Karjalan yhdistelmäjarrut Oy:n tulokset, joissa jarrudynamometrin ennustetta on korjattu telan halkaisijan vaikutuksella

		mittaus 1 kN	mittaus 2 kN	mittaus 3 kN	ka. kN	kh. kN	kh-%
Korjaamaton	vaunu	58,6	57,9	57,3	58,0	0,631585	1,1 %
	jarrudynamometri	62,1	61,3	62,8	62,1	0,750555	1,2 %
	ero	3,5	3,4	5,5			
	ero%	6,0 %	5,8 %	9,5 %	7,1 %		
Korjattu	vaunu	58,6	57,9	57,3	58,0	0,631585	1,1 %
	jarrudynamometri	60,7	59,9	61,4	60,7	0,733681	1,2 %
	ero	2,1	2,0	4,1			
	ero%	3,6 %	3,4 %	7,1 %	4,7 %		

Kuopion SAUK:n jarrudynamometrin teloissa eniten kuluneen kohdan halkaisija vasemmalla puolella on 297 mm ja oikealla puolella 298 mm eli molemmat on valmistajan ilmoittaman toleranssin sisällä. Kalibrointipöytäkirjaan on tämän johdosta merkitty ”Hyväksytään”.

Kyseisessä jarrudynamometrissä mitatut telan maksimihalkaisija on vasemmalla puolella 302 mm ja oikealla puolella 303 mm. Vastaavasti laskentakaavoja käyttäen saadaan 60 kg:n kuormitusta vastaavaksi jarruvoima-arvoksi vasemmalle puolelle 29,768 kN ja oikealle puolelle 29,670 kN eli kokonaisjarruvoimaksi 59,438 kN ja jarrudynamometrin näyttämä on 0,95 % liian korkea. Tässä jarrudynamometrissä eroarvo muuttuu korjauksella arvosta 6,3 % arvoon 5,3 %, taulukko 10.

Taulukko 10. Kuopion SAUK:n tulokset, joissa jarrudynamometrin ennustetta on korjattu telan halkaisijan vaikutuksella

		mittaus 1 kN	mittaus 2 kN	mittaus 3 kN	ka. kN	kh. kN	kh-%
Korjaamaton	vaunu	48,4	48,3	46,7	47,8	0,917072	1,9 %
	jarrudynamometri	51,2	53,9	47,4	50,8	3,265476	6,4 %
	ero	2,8	5,6	0,7			
	ero%	5,9 %	11,6 %	1,4 %	6,3 %		
Korjattu	vaunu	48,4	48,3	46,7	47,8	0,917072	1,9 %
	jarrudynamometri	50,7	53,4	47,0	50,4	3,234746	6,4 %
	ero	2,4	5,1	0,2			
	ero%	4,9 %	10,6 %	0,5 %	5,3 %		

Kuten jo aiemmin on mainittu, kalibrointilaitteen jäljitettävyydestä kalibrointipöytäkirjoihin ei ole tehty merkintöjä.

Dymatic

SAUK/Joensuu käyttää Hartikaisen korjaamon kanssa samaa Dymac –jarrudynamometriä, jossa on myös Dymatic-laskentaohjelma. Dymac:n kuormitusvoiman laskentakaavassa g-arvon (maanvetovoiman kiihtyvyyden) virheellinen arvo vaikuttaa jarrudynamometrin mittaustuloksia suurentavasti 1,94 %. Taulukossa 11 esitetään korjatut arvot, joissa g-arvona käytetään $9,81 \text{ m/s}^2$.

Taulukko 11. Joensuun SAUK:n / Hartikaisen korjaamon tulokset, joissa jarrudynamometrin ennustetta on korjattu vastaamaan g-arvoa $9,81 \text{ m/s}^2$.

		mittaus 1 kN	mittaus 2 kN	mittaus 3 kN	ka. kN	kh. kN	kh-%
Korjaamaton	vaunu	51,0	51,1	51,8	51,3	0,418891	0,8 %
	jarrudynamometri	46,6	47,4	48,0	47,3	0,702377	1,5 %
	ero	-4,4	-3,7	-3,8			
	ero%	-8,7 %	-7,2 %	-7,3 %	-7,7 %		
Korjattu	vaunu	51,0	51,1	51,8	51,3	0,418891	0,8 %
	jarrudynamometri	45,7	46,5	47,1	46,4	0,689078	1,5 %
	ero	-5,3	-4,6	-4,7			
	ero%	-10,4 %	-8,9 %	-9,0 %	-9,5 %		

Tarkastuksessa oli mukana 10 Bosch BPS105-jarrudynamometriä, joissa on Dymatic-laskentaohjelma. Bosch:n ilmoituksen mukaan valmistaja antaa kyseisen jarrudynamometrityyppin telan halkaisijaksi 183 mm. Taulukossa 12 esitetään mukana olleista jarrudynamometreistä mitatut telan halkaisijat telan vähiten kuluncelta kohdalta mitattuna. Taulukossa on myös kalibroinnissa tapahtunut prosentuaalinen virhe, kun laskennassa ei ole käytetty todellista telan halkaisijaa. Lopuksi esitetään korjauskerroin, jolla ko. jarrudynamometreillä mitattuja jarruvoima-arvoja on korjattava, jotta virheellisen telamitan vaikutus eliminoiduu.

Taulukko 12. Korjauskertoimet Bosch BPS105 –jarrudynamometrien mittaustuloksiin

Bosch BPS105 telan nimellishalkaisija on 183 mm			
	Mitattu max halkaisija (mm)	Virhevaikutus	Korjauskerroin
SAUK Anjalankoski	178	-2,73 %	1,0281
Easy Joensuu	178	-2,73 %	1,0281
SAUK Jyväskylä	178	-2,73 %	1,0281
SAUK Savonlinna	178	-2,73 %	1,0281
SAUK Outokumpu	183	0,00 %	1,0000
SAUK Kitee	182	-0,55 %	1,0055
SAUK Nurmee	182	-0,55 %	1,0055
SAUK Lieksa	178	-2,73 %	1,0281
SAUK Porvoo	186	1,64 %	0,9839
Kouvola Autokatsastus	182	-0,55 %	1,0055

Taulukossa 13 esitetään Bosch BPS105-jarrudynamometrien tulosten muuttuminen, kun huomioidaan ko. jarrudynamometrien mitatut telamitat. Tuloksista on havaittavissa, että todellisten telamittojen huomioiminen pääsääntöisesti lähentää jarrudynamometrin jarruvoimaennustetta ja vertailumittauksen jarruvoimaennustetta.

Taulukko 13. Telamittojen korjauksen vaikutus Bosch BPS105 –jarrudynamometriin tuloksiin Dymatic-ohjelman yhteydessä

	Alkuperäiset arvot							Korjatut arvot			
	mittaus 1 kN	mittaus 2 kN	mittaus 3 kN	ka. kN	kh. kN	kh-%		mittaus 1 kN	mittaus 2 kN	mittaus 3 kN	ka. kN
SAUK Porvoo	43,0	43,6	44,4	43,7	0,679	1,6 %	Vaunu				
jarrudynamometri (alkup.)	45,0	44,3	44,6	44,6	0,351	0,8 %	jarrudynamometri (korjattu)	44,3	43,6	43,9	43,9
ero%	4,6 %	1,6 %	0,5 %	2,3 %			ero%	3,0 %	0,0 %	-1,1 %	0,6 %
SAUK Anjalankoski	47,6	48,0	48,8	48,1	0,585	1,2 %	Vaunu				
jarrudynamometri (alkup.)	44,2	40,9	45,1	43,4	2,211	5,1 %	jarrudynamometri (korjattu)	45,4	42,0	46,4	44,6
ero%	-7,2 %	-14,8 %	-7,5 %	-9,8 %			ero%	-4,6 %	-12,4 %	-4,9 %	-7,3 %
Kateka / Easy km JNS	51,9	51,0	51,6	51,5	0,443	0,9 %	Vaunu				
jarrudynamometri	51,0	50,5	51,4	51,0	0,451	0,9 %	jarrudynamometri (korjattu)	52,4	51,9	52,8	52,4
ero%	-1,7 %	-1,0 %	-0,4 %	-1,0 %			ero%	1,1 %	1,8 %	2,4 %	1,8 %
SAUK Jyväskylä	50,0	49,6	50,5	50,1	0,441	0,9 %	Vaunu				
jarrudynamometri (alkup.)	47,9	44,6	46,5	46,3	1,656	3,6 %	jarrudynamometri (korjattu)	49,2	45,9	47,8	47,6
ero%	-4,3 %	-10,1 %	-7,9 %	-7,4 %			ero%	-1,6 %	-7,6 %	-5,4 %	-4,8 %
SAUK Savonlinna	57,6	57,5	56,5	57,2	0,606	1,1 %	Vaunu				
jarrudynamometri (alkup.)	50,7	51,0	49,1	50,3	1,021	2,0 %	jarrudynamometri (korjattu)	52,1	52,4	50,5	51,7
ero%	-12,0 %	-11,3 %	-13,1 %	-12,1 %			ero%	-9,5 %	-8,8 %	-10,7 %	-9,7 %
SAUK Lieksa	50,1	50,4	50,5	50,3	0,238	0,5 %	Vaunu				
jarrudynamometri	46,8	47,9	46,2	47,6	0,737	1,5 %	jarrudynamometri (korjattu)	48,1	49,2	49,6	49,0
ero%	-6,5 %	-5,0 %	-4,6 %	-5,4 %			ero%	-3,9 %	-2,3 %	-1,9 %	-2,7 %
SAUK Kitee	55,2	54,9	54,8	54,9	0,222	0,4 %	Vaunu				
jarrudynamometri (alkup.)	49,9	50,8	51,0	50,6	0,586	1,2 %	jarrudynamometri (korjattu)	50,2	51,1	51,3	50,8
ero%	-9,6 %	-7,4 %	-6,9 %	-8,0 %			ero%	-9,1 %	-6,9 %	-6,4 %	-7,5 %
SAUK Nurmee	47,8	48,1	49,3	48,4	0,820	1,7 %	Vaunu				
jarrudynamometri (alkup.)	46,0	43,5	46,0	45,2	1,443	3,2 %	jarrudynamometri (korjattu)	46,3	43,7	46,3	45,4
ero%	-3,7 %	-9,7 %	-6,8 %	-6,7 %			ero%	-3,2 %	-9,2 %	-6,3 %	-6,2 %
Kouvolan Autokatsastus	43,9	42,8	42,0	42,9	0,967	2,3 %	Vaunu				
jarrudynamometri	44,5	44,6		44,6	0,071	0,2 %	jarrudynamometri (korjattu)	44,7	44,8		44,8
ero%	1,3 %	4,3 %		2,8 %			ero%	1,9 %	4,9 %		3,4 %

Vertailumittausten keskiarvo (kN) 49,7 ero (kN) ero-%
 Jarrudynamometrimittausten keskiarvo (kN) 47,1 -2,6 -5,3 %
 Korjattu jarrudynamometriin keskiarvo (kN) 47,8 -1,9 -3,9 %

Myöhemmin Dymatronic:ilta ilmoitettiin, että he ovat muuttaneet ohjelmassaan laskennan alkamispistettä ja että näyttää siltä kuin ko. toimipaikkojen kalibroinneissa ei virheellistä telamittaa lukuun ottamatta olisi virhettä vaan vika korjaantuu ohjelmapäivityksellä. Korjaus muuttaa ko. laskentaohjelman jarruvoimaennusteita ylöspäin. Tarkastuskierroksen aikana Dymatronic:n edustaja on ottanut muutamista Dymatic:n mittauksista mittaustiedot talteen. Edellä kerrottu muutostarve ohjelmaan on löytynyt näitä tietoja ja vastaavia vertailumittausten tietoja tutkimalla. Dymatronicin mukaan jarrudynamometriennusteen ja vertailumittausten ero pienenee ollen tuntuvasti sallittujen rajojen sisälle, kun huomioidaan ohjelmamuu-
 toksen ja todellisten telamittojen yhteisvaikutus.

Maha

Maha:n omalla laskentaohjelmalla varustettujen Maha-jarrudynamometriin eroarvot ovat lähestyneet toisiaan ja ovat yhtä poikkeusta lukuun ottamatta välillä + 10,5 ... +12,9 % (Joutsan Autokatsastus + 6,6 %). Vastaavat arvot olivat heinäkuussa välillä + 7,9 ... +17,3 %.

Jyväskylän Autokatsastuksen ja Suomen Huoltokiito Oy:n jarrudynamometriin telojen halkaisijat on kalibroitipöytäkirjassa merkitty hylätyiksi. Syynä on ilmeisesti se, että niissä telan halkaisija on suurempi kuin annettu nimellishalkaisija + sallittu toleranssi. Kaiken kaikkiaan kalibroititodistuksissa näkyvät telamitat poikkeavat hyvin vähän ilmoitetusta nimellismitasta.

Taulukossa 14 esitetään testatuille Maha-jarrudynamometreille telan todellisen halkaisijan ja nimellishalkaisijan välisen eron vaikutus jarrudynamometrin näyttämään, kun kalibroinnissa ei ole huomioitu todellisia telamittoja. Maha-jarrudynamometrien todellisella telamitalla korjatut jarruvoimaennustearvot esitetään taulukossa 15.

Taulukko 14. Telan todellisen ja nimellishalkaisijan eron vaikutus testattujen Maha-jarrudynamometrien mittaustuloksiin

	virhe-% min.mitalla	virhe-% max.mitalla
Suomen Huoltokilto IW 7 rs.2 (3:4)	0,9 %	1,8 %
Jyväskylän autokatsastus IW 4 rs.2	0,3 %	2,0 %
Katsastus Kovalainen	-0,9 %	-0,7 %
Joutsan autokatsastus	0,1 %	1,4 %
Päijät Hämeen Autokatsastus	0,2 %	1,3 %

Taulukoista 14 ja 15 on havaittavissa, että todellisten telamittojen huomioiminen pääsääntöisesti lähentää jarrudynamometrin jarruvoimaennustetta ja vertailumittauksen jarruvoimaennustetta, mutta suuret eroarvot jarrudynamometrimittauksen ja vertailumittauksen välillä eivät ole selitettävissä pelkästään telan halkaisijan vaikutuksella. Mahan osalta jää epäselväksi mistä suuret erot jarrudynamometrin laskentaohjelman antaman tuloksen ja vertailumittauksen tuloksen välillä johtuvat.

Taulukon 15 korjatut arvot on laskettu mitatuille telan maksimiarvoille, jolloin korjausvaikutus on suurempi kuin minimimitalla.

Taulukko 15. Maha-jarrudynamometriä todellisella telamitalla korjatut jarruvoimaennustearvot

	alkuperäiset arvot					telamitalla korjatut arvot			
	mittaus 1 kN	mittaus 2 kN	mittaus 3 kN	ka. kN		mittaus 1 kN	mittaus 2 kN	mittaus 3 kN	ka. kN
Suomen Huoltokilto Oy	54,0	55,6	55,3	54,9	vaunu				
jarrudynamometri	62,6	61,3	62,1	62,0	jarrudynamometri	61,5	60,3	61,0	60,9
ero%	16,1 %	10,3 %	12,4 %	12,9 %	ero%	14,0 %	8,4 %	10,4 %	11,0 %
Jyväskylän Autokatsastus	51,9	52,1	50,8	51,6	vaunu				
jarrudynamometri	57,0	56,4	58,9	57,4	jarrudynamometri	55,9	55,3	57,7	56,3
ero%	9,9 %	8,3 %	15,9 %	11,4 %	ero%	7,8 %	6,1 %	13,6 %	9,2 %
Katsastus Kovalainen	53,4	54,5	53,6	53,8	vaunu				
jarrudynamometri	61,5	60,1	58,7	60,1	jarrudynamometri	61,9	60,5	59,1	60,5
ero%	15,2 %	10,3 %	9,5 %	11,7 %	ero%	16,0 %	11,0 %	10,2 %	12,4 %
Joutsan Autokatsastus	47,0	47,8	47,8	47,5	vaunu	47,0	47,8	47,8	47,5
jarrudynamometri	49,4	51,8	50,9	50,7	jarrudynamometri	48,7	51,1	50,1	50,0
ero%	5,2 %	8,4 %	6,3 %	6,6 %	ero%	3,7 %	6,9 %	4,8 %	5,1 %
vaunu	46,5	47,6	47,8	47,3	vaunu	46,5	47,6	47,8	47,3
jarrudynamometri	51,3	50,4	55,1	52,3	jarrudynamometri	50,7	49,7	54,4	51,6
ero%	10,4 %	5,9 %	15,2 %	10,5 %	ero%	9,0 %	4,5 %	13,7 %	9,1 %

3.5 Jatkotoimenpiteet lokakuun 2003 tarkastusten jälkeen

Laitetoimittajia kehoitettiin suorittamaan mahdollisimman pian tarkastustoimenpiteet niille jarrudynamometrilaitteistoille, tiedonkeruu-/laskentaohjelmisto ja painemittausketju mukaan lukien, joissa edelleen on suuria, yli $\pm 5\%$, poikkeamia vertailumittaukseen nähden.

Laitetoimittajat ovat esittäneet, että tarkastukseen otettaisiin laitteistoja, joilla poikkeama vertailumittaukseen nähden on suurempi kuin $\pm 7\%$. Perusteluna tälle on esitetty mm. laahauksen ajoneuvokohtaiset vaihtelut ja sen huomioon ottaminen laskentaohjelmassa, telojen kuluneisuuden vaihtelut ja laitteistosta aiheutuvat muut mekaaniset mittausepätaarkkuudet. Kyseinen raja-arvo on kuitenkin korkea, koska se sallii esimerkiksi samalla paikkakunnalla olevien jarrudynamometrienvälille 14 %:n eron

4 Tarkistusmittaukset maaliskuussa 2004

Vuoden 2003 jarrudynamometritestaukset toteutettiin heinäkuussa ja uusintamittaukset lokakuussa. Heinäkuussa 2003 testattiin 44 raskaan ajoneuvokaluston jarrudynamometriä Kaakkois-Suomessa sekä yksi Turussa. Tarkastusmittausten pääpaino kohdistui katsastusasemien jarrudynamometreihin. Jarrudynamometriä hyväksymisrajana on pidetty $\pm 5\%$:n poikkeamaa jarrudynamometrin laskentaohjelmasta saadun ja vertailumittauksella saadun jarruvoimaennusteen välillä. Heinäkuussa 2003 testatuista jarrudynamometreistä 23 kpl sijoittui näiden rajojen sisälle.

Ajoneuvohallintokeskuksessa 21.8.2003 pidetyssä neuvottelukokouksessa sovittiin laite-toimittajien kanssa tarkistus-, kalibrointi- ja korjaustoimenpiteistä, joita tuli suorittaa niille 22 jarrudynamometrille, joiden jarruvoimaennusteet poikkesivat enemmän kuin $\pm 5\%$ vertailumittauksen antamasta ennusteesta. Näille jarrudynamometreille suoritettiin uusintamittaukset lokakuussa 2003. Näissä mittauksissa todettiin viiden jarrudynamometrin laskentaohjelmasta saadun ja vertailumittauksella saadun jarruvoimaennusteen välisen eroarvon sijoittuvan hyväksymisrajan $\pm 5\%$ sisälle (jatkossa HR = hyväksymisraja). Muiden tulokset olivat edelleen hyväksymisrajan ulkopuolella.

Laitetoimittajien esityksestä maaliskuussa 2004 toteutettuun uusintatarkastukseen otettiin mukaan lokakuun mittauksessa mukana olleista laitteista ne, joilla poikkeama vertailumittaukseen nähden on suurempi kuin $HR \pm 7\%$. Perusteluna tälle on esitetty mm. laahauksen ajoneuvokohtaiset vaihtelut ja sen huomioon ottaminen laskentaohjelmassa, telojen kuluneisuuden vaihtelut ja laitteistosta aiheutuvat muut mekaaniset mittausepätaarkkuudet. Tällä perusteella maaliskuun uusintatarkastukseen otettiin mukaan 11 lokakuussa mitattua jarrudynamometriä.

Tutkimusryhmä on jo aiemmin todennut tähän asti käytetyn $HR \pm 5\%$:n olevan aika väljän verrattuna siihen mitä jarrudynamometrin valmistajat ilmoittavat laitteidensa tarkkuudeksi ($\pm 2 - 3\%$). Käytettäessä HR:n arvoa $\pm 5\%$ hyväksytään 10 %-yksikön ero kahden eri jarrudynamometrin poikkeamien välillä ja nyt käytetty $HR \pm 7\%$ sallii esimerkiksi samalla paikkakunnalla olevien jarrudynamometriä välille 14 %-yksikön eron.

4.1 Tarkastuskohteet

Maaliskuussa tarkastettavina kohteina oli 11 jarrudynamometriä, joista

- viisi A-katsastuksen toimipisteissä: Anjalankoskella, Jyväskylässä Kuormaajantiellä, Savonlinnassa Nätäki, Kiteellä ja Joensuussa (Hartikaisen korjaamon kanssa yhteinen)
- kolme muulla yksityisellä katsastusasemalla: Päijät-Hämeen Katsastuspalvelu Lahdessa, Jyväskylän Autokatsastus ja Katsastus Kovalainen Joensuussa.
- kolme korjaamoilla: Karjalan Yhdistelmäjärrut Kiteellä, Suomen Kiitohuolto Joensuussa ja Scan-Auto Kuopiossa.

4.2 Laitetoimittajien suorittamat toimenpiteet

Toimipaikoilta löytyneiden kalibrointimerkintöjen mukaan viisi jarrudynamometriä oli kalibroitu nyt ja lokakuussa suoritettujen mittausten välisenä aikana. Nämä toimipisteet ovat:

- A-katsastus, Jyväskylä, kalibroitu 14.2.2004.
- Päijät-Hämeen katsastuspalvelu, Lahti, kalibroitu 11.3.2004.
- A-katsastus, Savonlinna, kalibroitu 17.2.2004.
- Karjalan Yhdistelmäjärrut Oy, Kitee, kalibroitu 8.3.2004.
- A-katsastus / Hartikaisen korjaamo, Joensuu, kalibroitu 10.3.2004.
- Muille kuudelle laitteelle ei ole tehty mitään.

Edellä mainituista ainoastaan Karjalan Yhdistelmäjärrut Oy:llä tehdystä kalibroinnista on toimitettu pyydetty raportointi (tilanne 1.4.2004). Tecalemitiltä toimitetussa kalibrointipöytäkirjassa todetaan:

"1. kuormituksen jälkeen viisarin näyttämä säädetty maksiminäytössä 3 % pienemmäksi, jolloin Dymatic-näyttämä on muuttunut vastaavasti. Sääto tehty, koska telojen ulkohalkaisija on suurimmillaan lähes 3 % nimellismittaa suurempi. Tämä tehty sekä oikealla että vasemmalla puolella. Telojen halkaisijan poikkeamaa ei oltu huomioitu 9.10.2003 tehdyssä kalibroinnissa."

Cartec ilmoittaa kyseiselle jarrudynamometrille telan nimellismitaksi ja toleranssiksi 300 mm $\pm$ 2,5 %. Vasemman telan halkaisija vähiten kuluneelta kohdalta on 307 mm ja oikean telan 308 mm. Eniten kuluneelta kohdalta vastaavat mitat ovat: vasen 305 mm ja oikea 306 mm. Dymatic-ohjelman kertoimia ei ole muutettu. Voimatulon kalibrointi-arvoksi on ilmoitettu 58.

Kalibrointilaitteen jäljitettävyydestä kalibrointipöytäkirjoihin ei ole tehty merkintöjä. Kalibrointipöytäkirjaan on liitetty valmistajan vipusuhdekaaviot kalibrointilaitteelle sekä laskentakaava kuormitusvoimalle.

4.3 Vaunumittauksen tulokset

Mittaukset on suoritettu samalla tavalla kuin heinäkuussa ja lokakuussa 2003. Maaliskuun mittaustulokset esitetään taulukossa 16 (kts seuraava sivu).

Maaliskuussa uudelleen tarkastetuista jarrudynamometreistä yksi (Scan-Auto Kuopio) antaa hyväksyttävän vertailutuloksen. Myös toisen jarrudynamometrin (A-katsastus Anjalankoski) keskimääräinen eroarvo jää hyväksyntärajan sisälle, mutta siinä keskiarvoa ei voi pitää luotettavana viimeisessä mittauksessa esiintyneen häiriön vuoksi. Lahdessa Päijät-Hämeen Katsastuspalvelun jarrudynamometrin laskentaohjelmalta saatua oikean puolen jarruvoimaennustearvoja ei voi pitää luotettavana, sillä ne ovat tulosteessa näkyvien jarrudynamometrin mittaamien jarruvoima ja -paine- arvojen valossa selvästi liian alhaiset. Taulukosta 17 voidaan todeta, että maaliskuussa saadut vertailutulokset eivät testattujen jarrudynamometriensä osalta juurikaan poikkea lokakuun tuloksista.

Taulukko 16. Maaliskuun 2004 jarrudynamometrimittauksen ja vaunumittauksen vertailu

	MITTAUSAKSELISTON KOKONAISJARRUVOIMA (kN)							
	VAUNUMITTAUS				JARRUDYNAMOMETRI / EROARVO (%)			
	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3	Keskiarvo	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3	Keskiarvo
Scan-Auto Kuopio	41,5	40,5	41,6	41,2	39,3	40,8	42,6	40,9
Dymatic + Maha IW7					-5,3 %	0,7 %	2,5 %	-0,7 %
Katsastus Kovalainen Joensuu	43,2	43,0	43,1	43,1	48,4	48,9	49,1	48,8
Maha V 3.30.014 + Maha IW4					12,0 %	13,7 %	13,9 %	13,2 %
Suomen huoltokito Oy Joensuu	46,4	46,9	46,4	46,6	51,9	50,1	50,8	50,9
Maha V 3.30.014 + Maha IW7					11,9 %	6,9 %	9,3 %	9,4 %
A-katsastus Joensuu / Hartikaisen korjaamo	45,5	46,0	46,7	46,1	38,7	43,5	43,9	42,0
Dymatic + Dymac 100					-15,0 %	-5,5 %	-5,9 %	-8,8 %
Jarrudynamometrin ensimmäinen mittaustulos vaikuttaa liian pieneltä								
Karjalan yhdistelmäajarrut Oy, Kitee	45,4	46,9	48,2	46,8	47,7	49,7	51,8	49,7
Dymatic + Cartec BDE4004					5,1 %	6,0 %	7,4 %	6,2 %
A-Katsastus Kitee	48,0	47,8	48,6	48,1	43,5	43,0	43,8	43,4
Dymatic + Bosch 105 "Mehu-Bosch"					-9,4 %	-10,1 %	-9,9 %	-9,8 %
A-Katsastus Nätki Savonlinna	46,6	47,8	48,4	47,6	40,8	41,6	42,6	41,7
Dymatic + Bosch 105 "Mehu-Bosch"					-12,4 %	-12,9 %	-11,9 %	-12,4 %
Päijät-Hämeen Katsastuspalvelu Lahti	48,7	47,3	49,8	48,6	40,3	33,2	41,9	38,4
Maha V 3.30.014 + Maha IW4					-17,3 %	-29,8 %	-15,9 %	-21,0 %
HUOM! Jarrudynamometrin laskentaohjelman tulosteissa oikean puolen ennustearvoissa jokin virhe!								
A-Katsastus Anjalankoski	47,1	47,5	48,7	47,8	43,7	44,6	49,7	46,0
Dymatic + Bosch 105 "Mehu-Bosch"					-7,3 %	-6,0 %	2,0 %	-3,8 %
MITTAUKSESSA 3 ON JOKIN HAIRIO!!!!								
Jyväskylän autokatsastus	46,9	48,3	48,2	47,8	53,8	51,0	54,5	53,1
Maha V 3.30.014 + Maha IW4					14,7 %	5,7 %	13,1 %	11,2 %
A-Katsastus Jyväskylä Kuormaajantie	50,5	50,3	51,3	50,7	44,2	45,7	48,5	46,1
Dymatic + Maha IW7					-12,5 %	-9,2 %	-5,5 %	-9,1 %

Taulukko 17. Maaliskuun mittauksissa mukana olleiden jarrudynamometriä vertailuarvot heinä- ja lokakuussa 2003 sekä maaliskuussa 2004

	Kalibroitu	Mitattu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3	Keskiarvo
Scan-Auto Kuopio	19.5.2003	22.7.2003	-8,3 %	-8,2 %	-8,5 %	-8,3 %
Dymatic + Maha IW7	16.10.2003	21.10.2003	-7,7 %	-6,8 %	-7,8 %	-7,4 %
	16.10.2003	15.3.2004	-5,3 %	0,7 %	2,5 %	-0,7 %
Katsastus Kovalainen Joensuu	23.10.2002	18.7.2003	11,9 %	20,4 %	18,2 %	16,8 %
Maha V 3.30.014 + Maha IW4	21.10.2003	22.10.2003	15,2 %	10,3 %	9,5 %	11,7 %
	21.10.2003	15.3.2004	12,0 %	13,7 %	13,9 %	13,2 %
Suomen huoltokito Oy Joensuu	31.7.2002	18.7.2003	5,6 %	8,0 %	10,1 %	7,9 %
Maha V 3.30.014 + Maha IW7	21.10.2003	22.10.2003	16,1 %	10,3 %	12,4 %	12,9 %
	21.10.2003	15.3.2004	11,9 %	6,9 %	9,3 %	9,4 %
SAUK Joensuu / Hartikaisen korjaamo	13.3.2003	18.7.2003	7,4 %	8,1 %	9,9 %	8,5 %
Dymatic + Dymac 100	4.9.2003	23.10.2003	-8,7 %	-7,2 %	-7,3 %	-7,7 %
	10.3.2004	15.3.2004	-15,0 %	-5,5 %	-5,9 %	-8,8 %
Karjalan yhdistelmäajarrut Oy, Kitee	19.2.2003	17.7.2003	9,9 %	8,8 %	7,8 %	8,8 %
Dymatic + Cartec BDE4004	9.10.2003	23.10.2003	6,0 %	5,8 %	9,5 %	7,1 %
	8.3.2004	16.3.2004	5,1 %	6,0 %	7,4 %	6,2 %
A-Katsastus Kitee	19.3.2003	18.7.2003	-16,8 %	-18,8 %	-12,8 %	-16,1 %
Dymatic + Bosch 105 "Mehu-Bosch"	23.10.2003	23.10.2003	-9,6 %	-7,4 %	-6,9 %	-8,0 %
	23.10.2003	16.3.2004	-9,4 %	-10,1 %	-9,9 %	-9,8 %
A-Katsastus Nätki Savonlinna	13.3.2003	17.7.2003	-9,9 %	-9,5 %	-10,2 %	-9,9 %
Dymatic + Bosch 105 "Mehu-Bosch"	23.10.2003	23.10.2003	-12,0 %	-11,3 %	-13,1 %	-12,1 %
	17.2.2004	16.3.2004	-12,4 %	-12,9 %	-11,9 %	-12,4 %
Päijät-Hämeen Katsastuspalvelu Lahti	6.8.2002 ???	9.7.2003	11,0 %	18,5 %	22,5 %	17,3 %
Maha V 3.30.014 + Maha IW4	16.10.2003	28.10.2003	10,4 %	5,9 %	15,2 %	10,5 %
	11.3.2004	16.3.2004	-17,3 %	-29,8 %	-15,9 %	-21,0 %
A-Katsastus Jyväskylä Kuormaajantie	25.10.2003	11.7.2003	-8,3 %	-2,4 %	-7,1 %	-5,9 %
Dymatic + Maha IW7	24.10.2003	28.10.2003	-4,3 %	-10,1 %	-7,9 %	-7,4 %
	14.2.2004	17.3.2004	-12,5 %	-9,2 %	-5,5 %	-9,1 %
Jyväskylän autokatsastus	12.2.2003	10.7.2003	12,5 %	16,6 %	15,3 %	14,8 %
Maha V 3.30.014 + Maha IW4	14.10.2003	28.10.2003	9,9 %	8,3 %	15,9 %	11,4 %
	14.10.2003	17.3.2004	14,7 %	5,7 %	13,1 %	11,2 %
A-Katsastus Anjalankoski	25.3.2003	8.7.2003	-5,5 %	-5,1 %	-4,8 %	-5,2 %
Dymatic + Bosch 105 "Mehu-Bosch"	28.10.2003	28.10.2003	-7,2 %	-14,8 %	-7,5 %	-9,9 %
	28.10.2003	17.3.2004	-7,3 %	-6,0 %	2,0 %	-3,8 %

5 Johtopäätökset ja suositukset

Tässä tarkastuksessa oli mukana 45 jarrudynamometriä, joka edustaa n. 10 % koko määrästä (katsastusasemat ja A-jarrulupakorjaamot). Verrattuna aiemmin tehtyihin tarkastuksiin tilanne oli parantunut ja hajonta lähes noudattaa normaalijakaumaa, joka viittaa satunnaisuuteen. Kaikista tarkastetuista jarrudynamometreistä liian suuri määrä on kuitenkin hyväksyntärajan ulkopuolella.

Tuloksissa näkyy edelleen aiempien tarkastusten tapaan, että jarrudynamometrien kalibroinnissa ja virityksessä ei riittävästi huomioida lopputulokseen vaikuttavia eri tekijöitä, jotka yksittäisinä voivat tuntua vähäpätöisiltä, mutta joiden yhteisvaikutus on merkittävä.

Myöskään tiedonkeruu- ja laskentaohjelmia ei voi sulkea pois virhelähteenä, kuten aiemmin Dymatic:n tulosten yhteydessäkin havaittiin. Maha-laskentaohjelman antamat tulokset jäävät edelleen arvoitukseksi, koska kyseisen ohjelman laskentamenetelmä jää esitettyjen dokumenttien valossa epäselväksi.

5.1 Jarrudynamometrimittauksen ongelmia

Laitteistokokonaisuuden virheettömän toiminnan perusta on asiallinen kalibrointi, jonka perusteena on valvovan viranomaisen asettamat laitevaatimukset. Näyttää siltä, että osa ongelmista tulee itse *kalibroinnista* (menetelmästä, ehkä huolimattomuudesta), osa *laitteiston mittavirheistä* (vivut, telat) ja osalla *tuntemattomasta laskennan toteutuksesta*. Virheet korostunevat silloin, kun on *eri toimijat itse mekaniikalla ja laskentaohjelmalla*.

Laskennassa oleellista on se, tehdäänkö analyysi mittaussarjasta vai kahdesta pisteestä. Kahden pisteen toteutuksessa oleellinen tekijä on vierintävastuksen määrittäminen ja samalla nollapisteen sidonta, yläpään piste mitattaneen sinällään helpommin oikein. Kuitenkin väärä nollapiste johtaa myös virheelliseen lopputulokseen.

Asianmukaisen kalibroinnin edellytyksenä on, että :

- laitteen lähtötiedot esitetään kirjallisena (kalibrointiin vaikuttavien komponenttien tuntemus)
- kalibroijille on kirjalliset kalibrointiohjeet
- kalibroinnista on todistukset jäljitettävyydestä
- suoritetaan mittausepävarmuuslaskelma epävarmuuskomponentit eriteltynä (mm. telan vaikutus)

Alla esitetään kooste tässä ja aiemmissa jarrudynamometritutkimuksissa esiin tulleista kalibrointiin liittyvistä tekijöistä / ongelmista.

Kalibroinnista johtuvia ongelmia

a. Menetelmä

- Kalibrointivipujen väärä tai huolimaton asennustapa (esim. SAUK:n Lahti/Holma-toimipaikka keväällä 2003).
- Ei tarkasteta laskentaohjelmalle meneviä mittaussignaaleja (voima/paine) vaan ainoastaan viisarin näyttämä.

- Ei huomioida todellisia telamittoja.
- Ei mitata todellista laitteeseen kohdistuvaa kalibrointikuormitusta vaan käytetään etukäteen laskettuja ”taulukkoarvoja”.
- Kalibroitiraudat ja –punnukset oltava tarkistettuja, jotta kalibrointi olisi jäljitettävissä.
- Myös paineanturien kalibrointi tulisi tehdä läpi mittausketjun eli laskentaohjelmaan saakka.
- Koko mittausketju tulisi kalibroida kerralla.
- Voiman välitysmekaniikka ja sen kuluneisuus tulisi tarkastaa, esim. anturin ja vivun kosketuspinnan kuluneisuus.
- Ei suoriteta hystereesitarkastelua, joka osaltaan kertoo mm. alkavat mekaaniset kulumiset.

b. Huolimattomuus / Taitamattomuus / Puutteelliset ohjeet / Välinpitämättömyys

- ”Tehdään kuten aikaisemmin”; esimerkkinä tapaus Lahti/Holma. Kalibroitirautojen vaakasuoruus ja sen vaikutukset => oli ”aina” aikaisemmin tehty virheellisesti.
- Lokakuun 2003 kalibrointipöytäkirjoista näkyy, että telat on mitattu, vipukaaviot ja laskentakaavat toimitettu, mutta ei ole laskettu kalibrointivoimia vastaamaan todellisia telamittoja.
- Käytetään mm. porakonetta/ruuvinväännintä apupainona kalibroinnissa.
- Sanotaan suoraan ettei huomioida telamittoja, koska ”ne eivät vaikuta mihinkään”!
- Ei ymmärretä mitä eroa on kalibroinnilla, virittämisellä, säädöllä.

c. Asiakkaan puutteelliset tiedot

- ”Paperilla” vaatimukset täyttyy
- Laitteen haltijoilla ei ole riittävää kalibrointituntemusta, jotta osaisivat vaatia kalibrointiin laatua!
 - luottavat kalibroinnin oikeellisuuteen, kun kerran maksavat ”asiantuntijoille” siitä
 - joillekin riittää, kun on kalibrointitodistus (joka useimmiten on puutteellinen):
 - ei jäljitettävyyttä
 - ei telamittoja
 - ”arvot ennen ja jälkeen kalibroinnin” puuttuvat
 - samat arvot vuodesta toiseen
 - ei ymmärretä asian vakavuutta esim. liikenneonnettomuustapauksessa (ei laitteen haltija, eikä kalibroija!)
- Myös selviä laiminlyöntejä on tullut esiin.

Laitteistosta johtuvia ongelmia

a. Voiman välitysvivun pituus

- Anturin ja vivun kosketuspinta pitäisi olla pistemäinen => vipupituus vakio koko mittauksen ajan

b. Telojen kunto

- Kalibroinnissa ei huomioida todellisia telojen säteitä => väärä vipusuhde => virheellinen mittaustulos.
- Teloissa erilaiset pinnoitteet ja hitsaukset; jos käytetään muita kuin laitteen alkuperäisiä teloja, on niille oltava laitetoimittajan tai –valmistajan hyväksyntä.

- Selvät hyväksymistoleranssit teloille (HUOM! Vaikka toleranssin sisällä, ei silti poista tarvetta huomioida todellista telan halkaisijaa kalibrointi / viritystilanteessa)
- Telojen laakeroinnin kunto => vierintävastukset
 - ainakin yhdessä tapauksessa todistetuksi laitetta ei saatu viritettyä kuntoon kalibroinnin yhteydessä. Tilanne saatiin korjattua vasta, kun jarrudynamometristä hajosi laakeri ja se vaihdettiin.

c. Paineanturit

- Radiolähettimien ylikuuluminen
- Kalibroinnit (samalla kertaa kuin muu laite) kunnollisilla laitteilla
- Kalibroidaanko hydraulisten Bosch-jarrudynamometrien nestepaineantureita koskaan?
- Vuodot (ei havaita ”jatkuvalle” paineella).

d. Korroosion vaikutus

- Pitäisikö jarrudynamometreillä olla jokin käyttöikä?

Tuntematon laskennan toteutus

- Esim. Mahan ohjelmasta ei täyttä varmuutta
- Käytetäänkö varmasti neliösummamenetelmää (vai kahden pisteen)?
- Vierintävastuksen määrittäminen
- Havahtumispaineen määrittäminen
- Laskennan varmistus
 - todellista mittausdataa ei ole saatavilla

Eri toimittajat / toimijat mekaniikalla ja laskennalla (ohjelmistolla)

Tällöin virheet korostuvat:

- kalibroidaan viisarit => kalibroidaan ohjelma viisareiden mukaan
- pitää kalibroida koko mittausketju kerralla! Viisarit on vain suuntaa antava instrumentti ajoneuvon jarrutestin suorittajalle; jarrujen kuntoarvio tulee laskentatulosteesta pohjalta.

Sama ohjelma erilaisissa jarrudynamometreissa

- yhteensovituksen onnistuminen
- tarve erilaisille sovituskertoimille
- kertoimet kalibrointipöytäkirjoihin ja jarrudynamometrin laskentatulosteisiin

Jarrudynamometrimittausten virhelähteitä on lukuisia. Edellä oleva luettelo ei ole läheskään tyhjentävä. Jotta asiakas saisi oikean ja luotettavan mittaustuloksen ajoneuvonsa jarrujen toimintakunnosta tulisi käyttöhenkilöstöllä olla riittävästi koulutusta ja käyttäjäkokemusta sekä laitekokonaisuudella riittävät laatuvaatimukset ja laitteiden oltava vaatimusten mukaisessa kunnossa. Tähänastisten tarkastustuloksista saatujen kokemusten perusteella voidaan ehdottaa eräitä toimenpidesuosituksia raskaiden ajoneuvojen jarrudynamometrimittausten yhdenmukaistamiseksi ja tulosten luotettavuuden parantamiseksi.

5.2 Suositukset jatkotoimenpiteiksi

Ajoneuvohallintokeskuksen toimeksiannosta on suoritettu jarrudynamometriä tarkastusta mittausteknisen perävaunun avulla jo usean vuoden ajan. Näillä tarkastusmittauksilla on löydetty parannettavaa mm. jarrudynamometriä kalibrointikäytännöistä ja ohjeistuksesta sekä

jarrulaskentaohjelmistoista. Kun mittausten perusteella on löydetty liian suuria poikkeamia jarrudynamometrin laskentaohjelmasta ja vertailumittaustuloksista lasketun jarruvoimaennusteen välillä, ovat korjaavat toimenpiteet kohdistuneet lähinnä tarkastuksissa mukana olleisiin yksittäisiin jarrudynamometreihin. Eri ohjelmatoimittajien toimittaessa ohjelmistopäivityksiä asiakkailleen tulevat mahdollisesti tehdyt muutokset myös muiden kuin tarkastuksissa mukana olleiden jarrudynamometrien yhteyteen. Myös kalibrointiohjeisiin, -laitteisiin ja -käytäntöihin on tullut tarkennuksia joidenkin laitetoimittajien taholta.

Laite- ja ohjelmistotoimittajien tulisi huolehtia siitä, että tehdyt parannukset saatettaisiin käytäntöön myös niissä jarrudynamometrijärjestelmissä, jotka eivät ole olleet mukana vertailumittauksissa.

Laitetoimittajat ovat esittäneet, että jälkitarkastukseen otettaisiin laitteistoja, joilla poikkeama vertailumittaukseen nähden on suurempi kuin $\pm 7\%$. Perusteluna tälle on esitetty mm. laahauksen ajoneuvoikohtaiset vaihtelut ja sen huomioon ottaminen laskentaohjelmassa, telojen kuluneisuuden vaihtelut ja laitteistosta aiheutuvat muut mekaaniset mittausepätauksuudet. Kyseinen raja-arvo on kuitenkin pidettävä liian korkeana. Se sallii esimerkiksi samalla paikkakunnalla olevien jarrudynamometrien välille 14 %:n ero.

Raskaan kaluston jarrumittauksen kokonaisvaltaisen laadun tai laatuvarustuksen edelleen kehittäminen on tarpeen, kuten luvussa 5.1 luetelluista havaituista epäkohdistakin voi päätellä.

Raskaiden ajoneuvojen jarrudynamometrimittausten yhtenäistäminen liikenneturvallisuuden ja asiakkaiden oikeusturvan toteutumiseksi edellyttää päätöksiä lähinnä seuraavissa asioissa:

1. Kalibroinneilla tulee osoittaa jarrudynamometrien toiminnallisuus niin mittausteknisesti kuin myös kaupallisen tasapuolisuuden takaamiseksi.

Kalibrointivälin määrittäminen tapahtuu sekä mittausteknisen pysyvyyden arvioinnin perusteella kuin myös riskianalyysin perusteella, eli virheellisen mittaustuloksen seurauksena voi olla liikenneturvallisuusriski, jarrujen nopeampi kuluminen tai toimipaikkojen välinen epäreilu kilpailu. Kaksi viimeksi mainittua tekijää heikentää asiakkaan oikeusturvaa. Tarkastusmittaustulosten perusteella on analysoitu, että laitteiden pysyvyys määrittää kalibrointiväliksi luokkaa 8 kk ja toisaalta riskianalyysi näyttäisi, että kalibrointiväli ei voi olla yli 8 kk. Jos kalibroinneissa vaaditaan jatkuvasti laitteen merkittävää virittämistä, kalibrointiväli on liian pitkä ja sitä tulee lyhentää. Myös laitteen käyttö määrän tulisi vaikuttaa kalibrointiväliin siten, että suuri käyttömäärä aikaistaisi kalibrointitarvetta.

2. Jarrudynamometrilaitteistoille ei ole määritetty laitevaatimuksia eikä edellytetty tämän vaatimustason ylläpitoa dynamometrilaitteiston mekaanisten osien kulumisen ja vahingoittumisen sekä laskentaohjelmaversioiden ym. ohjelmistojen vanhentumisen johdosta.
3. Jarrudynamometrilaitteistojen (ohjelmat mukaan lukien) asiallisuusvaatimus tulee kohdistaa jarrudynamometrin omistajaan (vastuuhenkilöön); tähän saakka he ovat seuranneet hieman sivullisina tarkastuksia ottamatta vastuuta laitteistonsa toiminnasta. Heidän tulee myös ymmärtää vaatia kalibroijalta laitteiston toiminnallista kokonaisvastuuta, ei vain jarrudynamometrin tai mittaustiedon kalibrointia, koska heidän työnsä maksavat.

4. Mikäli joku haluaa *kalibroida itse* laitteistonsa, hänen tulee kalibroinnin osaamisen lisäksi osoittaa riittävä laitetuntemus. Valmistajien laitetuntemus on tietysti riittävä, mutta se ei näytä vielä takaavan varsinaisen kalibroinnin laatua.
5. Kuka tarkastaa valvovalla puolella, että *jarrudynamometrit on asianmukaisesti kalibroitu*, Ajoneuvohallintokeskus, vai tuleeko vaatia akkreditointia? On ilmeistä, että tasapuolisuus ei täyty niin turvallisuus kuin asemien kaupallisen toiminnan hengessä ilman pätevää arviointia kalibroinnin asiallisuudesta. Tarkastukseen tulee sisältyä kaikki tekijät: jarrudynamometrin kalibroinnista, tulosten jäljitettävyys, tietojen käsittely, ohjelman varmennusmenettelyt!
 - a) Jos AKE huolehtii valvonnasta, *tarkastajien tulee kyetä arvioimaan oleelliset asiat kalibroinnista*, ei pelkästään toteamaan, onko kalibroitodistus olemassa. Tehtävään AKE voi palkata jonkun asiaa tuntevan henkilön joko tekemään työn tai kouluttamaan henkilöstöään!
 - b) Vaatimalla kalibroijalta *akkreditointia*, jolloin valvonnan tekee ulkopuolinen. Tässä tapauksessa tulisi myös itse kalibroinnin tekevien toimipaikkojen hakea akkreditointia.Akkreditointia voi pitää varmana menetelmänä, mutta sen kustannuksen voivat tulla melko suureksi, joten AKE joutunee harkitsemaan oman tarkastustoimintansa laadun kehittämistä tavalla tai toisella.
6. *Vaaditun kalibrointimenettelyn* tulee sisältää toimenpiteet riittävän informaation saamiseksi ja mittausepävarmuuden määrittämiseksi. Myös hystereesimittaus on tehtävä, koska se kertoo mm. alkavista mekaanisista kulumisista ja on siten tärkeä työkalu jarrudynamometrin omistajan kannalta.
7. Mittaustekninen perävaunu on tällä hetkellä ainoa mahdollisuus *todentaa jarrudynamometrien suorituskky*. Sillä suoritettava valvontamenettely on arvioitava erikseen, onko se pistokoemenettely tai jokin muu? Mittausteknisellä perävaunulla suoritettavaa valvontamenettelyä tulisi jatkaa nykyisen kaltaisena niin kauan, että tuloksilla voidaan osoittaa tilanne kentällä hyväksyttäväksi.

Liitteet

Liite 1: Jarrudynamometrin kalibrointilaitteen jäljitettävyyden toteuttaminen, mittaus-
alue 20 kNm:n. A.Pusa, Raute-MIKES, 22.10.2002

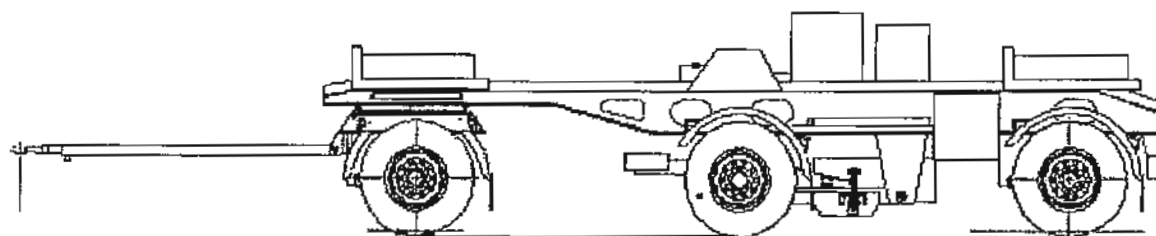
Liite 2: Jarrudynamometrin kalibrointipöytäkirja. AKE 2003.

JARRUDYNAMOMETRIN KALIBROINTILAITTEEN JÄLJITETTÄVYYDEN TOTEUTTAMINEN, mittausalue 20 kNm:n

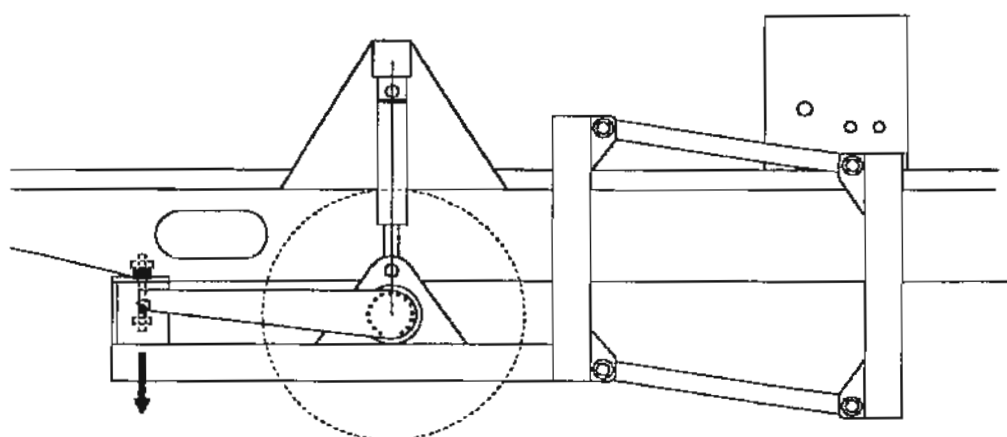
A.Pusa, Raute-MIKES, 22.10.2002

Tausta

Vääntömomentin sopimuslaboratorio teki vuonna 2001 raskaan kaluston jarrudynamo-metrien kalibrointivaunun kalibroinnin, raportti: " *Jarrudynamometrin kalibrointilaitteen jäljitettävyyden toteuttaminen, mittausalue 20 kNm:n; A.Pusa, Raute-MIKES, 22.10.2001.*" Mittaukset osoittivat tarvetta parantaa laitteiston suorituskykyä mm. akselin vääntöpisteen sekä yhden jäykän akselin suhteen. Tältä pohjalta vaunu laitteiston konstruktiota uusittiin siten, että kumpikin pyörä sai oman, erillisen akselin, jonka tukipiste voiman mittausakselin suhteen on akselin keskiössä. Kuva 1 esittää uutta konstruktiota. Pääperiaate säilyi samana, jarrukilpi on laakeroitu vapaasti pyöriväksi ja sen kiertäminen estetään vivulla, johon kohdistuva voima mitataan voima-anturin avulla.



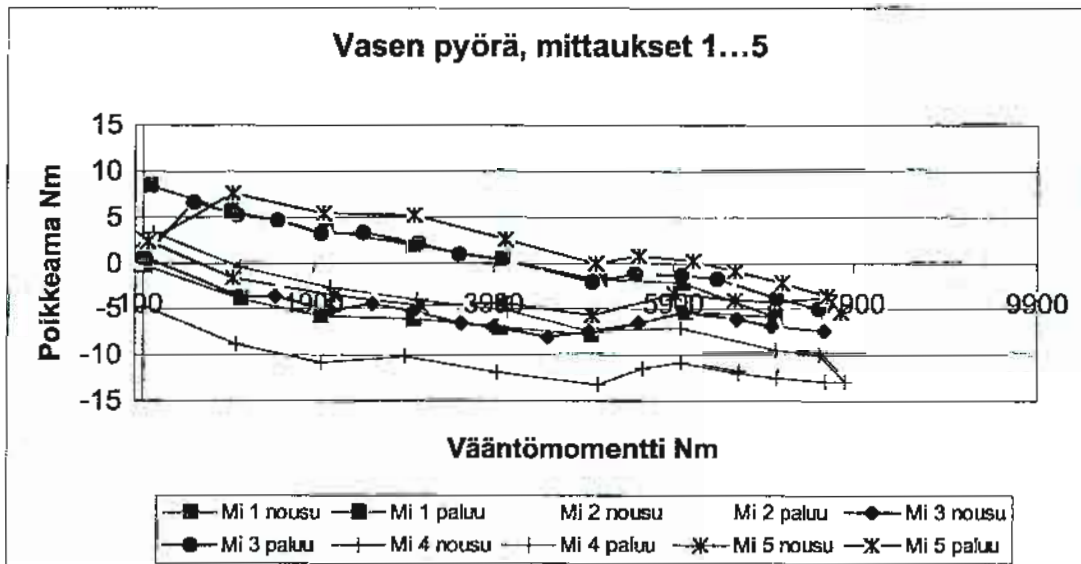
Kuva 1. Mittausvaunun rakenne



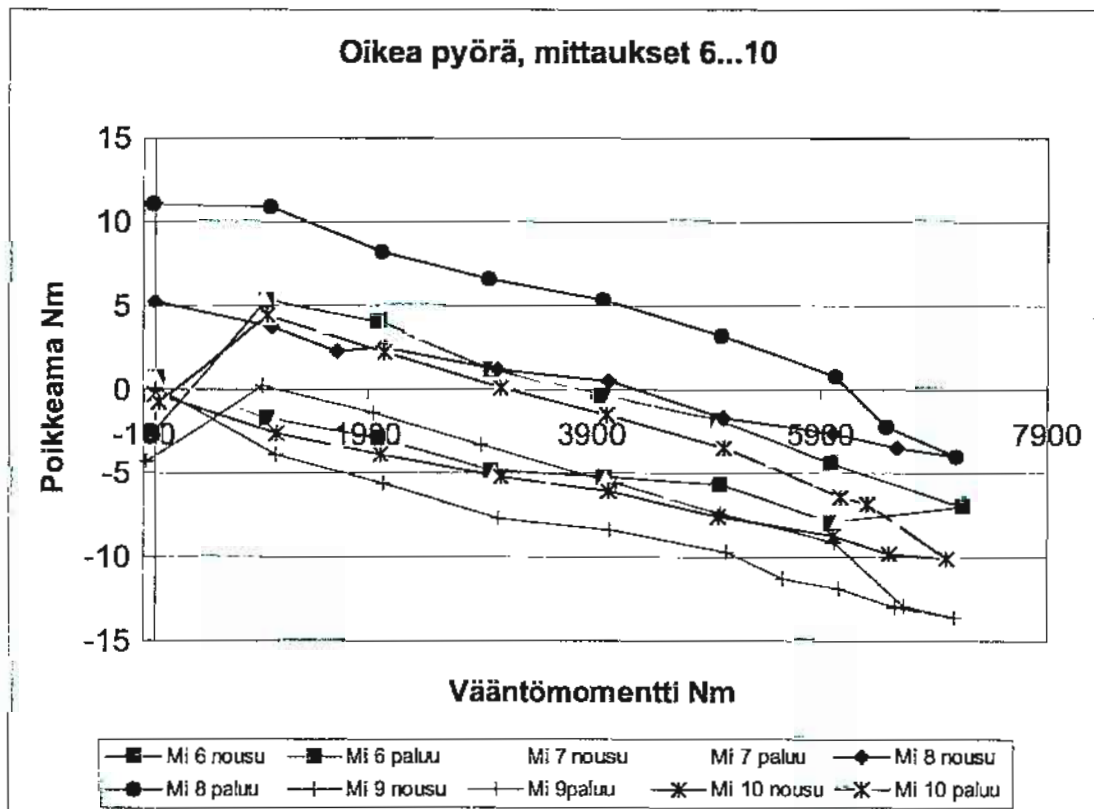
Kuva 2. Akselin tuenta ja voiman mittausvipu

Jäljitettävyyden toteuttaminen

Koska uuttakaan laitetta ei voida sijoittaa mihinkään kalibroitipenkkiin, lähtökohtana oli edelleen kalibroinnin tekeminen kentällä suoraan laitteeseen. Jarrujen ollessa lukittuna, akselille kohdistettiin vääntömomentti, joka mitattiin tunnetulla anturilla ja sen tulosta verrattiin voima-anturin tulokseen. Kalibroinnit tehtiin kuormittamalla laitteistoa "quasistaattisesti" ja lukemalla tunnettua anturia sekä voima-anturia synkronisesti. Kuva 2.



Kuva 3. Kalibrointi vasen puoli, toisto viisi kertaa.



Kuva 4. Kalibrointi oikea puoli, toisto viisi kertaa.

Kun todelliset momentit huomioidaan ja lasketaan niistä kummankin anturin signaali, saadaan vipujen pituuksille eroa 7 mm, mikä on 0,7 %. Tällä ei sinällään ole merkitystä tavoiteltuun mittausepävarmuuteen, se on kuitenkin huomioitu epävarmuuslaskelmissa.

Akselilta mitatun vääntömomenttisygnanalin oikeellisuus

Vääntömomentin mittaus akselilta perustuu siihen, että vipuvarsien teoreettinen pituus on 1 m ja näin ollen mitattu voima N:na kerrottuna arvolla 1 antaa suoraan vääntömomentin Nm:nä. Koska tämä on teoreettinen arvo, mittausten perusteella voitiin mittausjärjestelmän vahvistuskerroin määrittää siten, että voima-anturien ulostulo vastaa akselille syötettyä vääntömomenttia.

Kalibroinnin mittausepävarmuus

Kalibroinnin mittausepävarmuudessa on huomioitu sekä referenssianturin että voimaa mittaavien antureiden epävarmuus ja mittausten hajonta sekä hystereesi. Kalibroinnin epävarmuus on esitetty EA:n ohjeiden mukaisesti käyttäen luotettavuuskerrointa $k=2$, mikä vastaa 95 %:a.

Seuraavat epävarmuustekijät on huomioitu kalibrointituloksissa:

Referenssianturin mittausepävarmuus perustuu anturin kalibrointiin PTB:llä Saksassa ennen mittauksia Suomessa, jotka tehtiin heinä- elokuussa 2001. Mittausten jälkeen anturi kalibroidiin uudestaan PTB:llä ja tällöin saatiin kalibroinnin epävarmuuden lisäksi anturin herkkyyden muutos edellisen kahden kalibroinnin välillä. Kalibroinnin epävarmuus on $< 8 \cdot 10^{-5}$ ($k=2$) ja herkkyyden ajama $< 1 \cdot 10^{-4}$.

Mittausvahvistimen mittausepävarmuus perustuu valmistajan antamaan kalibrointitodistukseen, jossa arvoksi on ilmoitettu $94 \mu\text{V/V}$ arvolla ($k=2$) Epävarmuuslaskennassa käytetty arvo on $u = 47 \mu\text{V/V}$. Tällöin saadaan suhteelliset epävarmuudet vääntömomentin suhteessa:

Momentti [Nm]	Vahvistinkortin suht.	Momentti [Nm]	Vahvistinkortin suht. u
500	$1,25 \cdot 10^{-3}$	4000	$1,57 \cdot 10^{-4}$
1000	$6,27 \cdot 10^{-4}$	5000	$1,25 \cdot 10^{-4}$
2000	$3,13 \cdot 10^{-4}$	6000	$1,04 \cdot 10^{-4}$
3000	$2,09 \cdot 10^{-4}$	7000	$8,95 \cdot 10^{-5}$

Taulukko 1. Vahvistinkortin mittausepävarmuus momentin funktiona.

Voima-anturien mittausepävarmuus perustuu voimanormaalilla tehtyyn kalibrointiin, joka antaa suhteelliseksi arvoksi 0,0006 ($k=2$).

Vipujen pituuseron aiheuttama mittausepävarmuus on laskettu kummallekin anturille erikseen tehdystä kalibroinnista verrattuna keskenään, suhteellinen arvo on $\sim 0,001$

Kalibroinnin toistokyky on saatu tehdyistä mittauksista, se on suuruusluokkaa 6 Nm.

Laitteiston hystereesi on saatu myös suoritetuista mittauksista. Vakka kuormitus on varsinaisessa mittaustilanteessa nouseva, mittausepävarmuudessa on hystereesi huomioitu. Se on suurimmillaan 7 Nm.

Kalibroinnin herkkyyden määrittelyn epävarmuus saadaan suoritetuista mittauksista saadun herkkyyden vaihteluna, joka on suuruusluokkaa 5 Nm.

Laitteiston kalibroinnin mittausepävarmuus on esitetty taulukossa 2. Tämä epävarmuus kertoo laitteiston vääntömomentin mittaussignaalin suurimman mahdollisen poikkeaman oikeasta arvosta. Mittausepävarmuus on laskettu EA:n (European co-operation of Accreditation) suosituksen mukaisesti luotettavuuskertoimella ($k=2$).

Vääntömomentti kNm	Epävarmuus %
0,5	1,2
1	0,6
2	0,4
3	0,4
4	0,3
5	0,3
6	0,3
7	0,3

Taulukko 2. Kalibroinnin mittausepävarmuus

Yhteenveto

Mittaukset osoittivat laitteiston uuden konstruktion toimivan odotetulla tavalla ja se mahdollistaa jarrudynamometriänsä asiallisen kalibroinnin tarkastamisen

Kalibrointilaitteiden jäljitettävyys:...../..... 200.....
Tarkastuspmn Laboratorio tms. laitos

Kuorman arvo luettu _____ laitteelta _____

Telojen halkaisijat:

Valmistajan ilmoittama telan nimellismitta ja toleranssi _____ mm $\pm$ _____ mm

Vasen _____ mm; oikea _____ mm. (mittaus **vähiten** kuluneelta kohdalta)

Vasen _____ mm; oikea _____ mm (mittaus **eniten** kuluneelta kohdalta)

Telat ☐ Hyväksytään ☐ Hylätään

Vipusuhde: Jarrudynamometrin näyttämä _____ kN vastaa anturin kohdistuvaa kalibrointilaitteen voimaa _____ kN

Kalibrointilaitteen vipusuhdekaavio (liitteenä):

Laskentakaava kuormitusvoimalle:

Ohjelmassa käytetyt kertoimet:

Arvot ennen kalibrointia

Arvot kalibroinnin jälkeen

[illegible]

☐ Laskentaohjelma korjattava/..... 200..... mennessä.

Syy:.....

.....

.....

☐ Jarrudynamometri korjattava/..... 200.... mennessä.

Syy:

.....

.....

Allekirjoitukset

Laskentaohjelman toiminta on tarkastettu:

...../..... 200.....

Tarkastuspvm

Laskentaohjelman tarkastaja

Jarrudynamometri on kalibroitu/tarvittavat viritystoimenpiteet on tehty:

Mittauskokonaisuus on:

☐ Hyväksytty ☐ Hylätty

...../..... 200.....

Kalibrointipvm

Kalibroija

¹⁾Jos tämä pöytäkirja ei vastaa noudatettua käytäntöä, tulisi kalibrointi tehdä sekä tähän saakka noudatetulla että tämän pöytäkirjan menetelmällä.