

Santeri Kuusisto

**RASKAAN KALUSTON SÄHKÖISESTI OHJATUT  
JARRUJÄRJESTELMÄT JA JARRUTARKASTUS**

# **RASKAAN KALUSTON SÄHKÖISESTI OHJATUT JARRUJÄRJESTELMÄT JA JARRUTARKASTUS**

Santeri Kuusisto  
Opinnäytetyö  
Kevät 2021  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka, auto- ja työkonetekniikka

---

Tekijä: Santeri Kuusisto

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Raskaan kaluston sähköisesti ohjatut jarrujärjestelmät ja jarrutarkastus

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Electronically controlled brake systems and brake inspection of commercial vehicles

Työn ohjaaja: Hannu Heikkilä

Työn valmistusluku ja -vuosi: kevät 2021

Sivumäärä: 28 + 0 liitettä

---

Työssä tutkittiin EBS-järjestelmillä varustettujen raskaan kaluston jarrutarkastusprosessia katsastuksessa. Työssä selvitettiin EBS-järjestelmien diagnostiikkatietojen laajuutta ja saatavuutta sekä niiden mahdollista hyödyntämistä jarrutarkastusprosessissa. Tilajana on toiminut Liikenne- ja viestintävirasto Traficom.

Työssä perehdyttiin EBS-järjestelmien sähköpneumaattiseen jarrujärjestelmään ja jarrujärjestelmän ominaisuuksiin kuten hidastuvuuden ohjaus, jarrujen kulumisen ohjaus, automaattinen painosta riippuvainen jarruvoiman säätö, hätäjarrutusavustin ja perävaunun ohjausjärjestelmä. Lisäksi selvitettiin ajonvakautusjärjestelmän ominaisuuksista hitausmomentin hallinta, automaattinen luistonesto ja elektroninen ajonvakautusjärjestelmä. Määräaikaiskatsastuksen jarrutarkastuksesta perehdyttiin määräykseen perus- ja laajan tarkastuksen sisällöstä ja vertailujarrutusvoimien mittauksen ohjeistuksesta.

Työssä selvitettiin yleisimmät EBS-järjestelmien valmistajat, tutkimuksessa käytetyt laitteet ja järjestelmät. Seuraavaksi esiteltiin diagnostiikkalaitteiden avulla saatuja tietoja EBS-järjestelmästä. Valmistajien omilla laitteilla perävaunujen järjestelmästä löytyi ajon aikana tallennettuja tietoja kuten matkojen pituudet eri kuormituksilla, jarrutusajat ja -tapahumat eri ohjauspaineilla, aika eri järjestelmäpaineilla ja ajonopeuksilla, kokonaismatka eri sivuttaiskiihtyvyyden arvoilla sekä jarrutustapahtumien määrä eri mäen kaltevuuksilla ja hidastuvuusarvoilla. Testiajon avulla saatiin reaaliaikaisina mittaustuloksina ohjepaineen CAN ja anturiarvo, akselikohtaiset jarrupaineet, joustomatkat ja paljepaineet, tasanturien signaalit, säiliöpaine, ajonopeus, jarrutussuhde, nostoakselien status ja peruutustutkan etäisyysarvo. Yleismallin testilaitteella kuorma-autosta löytyi vain reaaliaikaisina mittaustietoina asetettu akseliväli, paineensäätöventtiilin tila, kulkusuuntatunnistimen tieto, moduuleiden ohjaamat pyörät, käynnistyskytkimen jännite, jarrupolkimen asento, jarrutuspaineet pyöräkohtaisesti, perävaunun järjestelmäpaine, nopeusanturien ja takana olevan ohjaavan akselin tiedot.

Työn laajuus jäi tavoitetta pienemmäksi. Koronapandemia vaikutti tutkimukseen tarvittavan kaluston ja yhteistyökumppaneiden hankintaan.

---

Asiasanat: jarrujärjestelmät, raskas kalusto, katsastus

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Mechanical engineering, option of vehicle and transportation engineering

---

Author: Santeri Kuusisto

Title of thesis: Electronically controlled brake systems and brake inspection of commercial vehicles

Supervisor: Hannu Heikkilä

Term and year when the thesis was submitted: spring 2021

Pages: 28 + 0 appendices

---

The work examines the brake inspection process of commercial vehicles equipped with EBS systems. The aim of the work was to find out the scope and availability of diagnostic data for EBS systems and to consider their possible utilization in the brake inspection process. The client of the thesis has been the Finnish Transport and Communications Agency Traficom.

The electro-pneumatic braking system of the EBS systems and the features of the braking system such as deceleration control, brake lining wear control, automatic load sensing braking force control, emergency braking assist and trailer control system were introduced. In addition, the features of the stability control system, drag torque control, automatic traction control and electronic stability control were reviewed. Regarding the brake inspection of the periodic inspection, the regulation on the content of the basic and extensive inspection and the guidelines for measuring the reference braking forces were reviewed.

The most common manufacturers of EBS systems, equipment and systems used in the study were investigated. Next, information obtained from diagnostic devices on EBS systems was presented. With the manufacturers own equipment, trailer systems found information stored during driving such as distance traveled at different loads, braking times and events at different steering pressures, time at different system pressures and speeds, total distance at different lateral acceleration values and number of braking events at different hill gradients and deceleration values. The test run provided real-time measurement results of the reference pressure CAN and sensor value, axle-specific brake pressures, ride height and bellows pressures, level sensor signals, tank pressure, travel speed, braking ratio, lifting axle status and reversing radar distance value. The universal model tester found only real-time measurement data from set wheelbase, pressure control valve status, direction sensor information, module-controlled wheels, start switch voltage, brake pedal position, brake pressures per wheel, trackside system pressure and trailer system pressure.

The scope of the work was smaller than the target. The corona pandemic affected the acquisition of research equipment and partners.

---

Keywords: brake systems, commercial vehicles, inspection

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 EBS-JÄRJESTELMÄN TOIMINTA	7
2.1 Jarrujärjestelmän toiminta	7
2.1.1 Sähköpneumaattinen jarrujärjestelmä	8
2.1.2 Hidastuvuuden ohjaus	11
2.1.3 Jarrujen kulumisen ohjaus	11
2.1.4 Automaattinen painosta riippuvainen jarruvoiman säätö	11
2.1.5 Hätäjarrutusavustin	12
2.1.6 Perävaunun ohjaus	13
2.2 Ajonvakautusjärjestelmän toiminta	13
2.2.1 Hitausmomentin hallinta	14
2.2.2 Automaattinen luistonesto	14
2.2.3 Elektroninen ajonvakautusjärjestelmä	14
3 MÄÄRÄAIKAISKATSASTUKSEN JARRUTARKASTUS	16
3.1 Perustarkastus	16
3.2 Laaja tarkastus	17
3.3 Vertailujarrutusvoimien mittaus	20
4 TUTKIMUSTULOKSET	22
4.1 EBS-järjestelmien diagnostiikka	22
4.2 Perävaunujen diagnostiikka	22
4.3 Kuorma-autojen diagnostiikka	24
4.4 Asiantuntijan haastattelu	24
5 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	27

# 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan EBS-järjestelmällä (Electronically controlled Braking System) varustettujen raskaan kaluston ajoneuvojen jarrutarkastusprosessia määräaikaikatsastuksessa. Työn tilaajana toimii Traficom. EBS-järjestelmällä varustetulle ajoneuvolle jolle ei voida tehdä laajaa tarkastusta tehdään vain perustarkastus. Toisin kuin perinteisissä paineilmaohjatuissa jarrujärjestelmissä, EBS-järjestelmän ohjaus perustuu ajoneuvon hidastuvuuteen, jolloin se täytyy dynamometrimittauksessa kytkeä testitilaan tai pois päältä. Jarrujen mekaaninen toimivuus joudutaan usein tarkastamaan vertailujarruvoimien avulla sekä EBS-järjestelmän toiminta merkkivalon avulla. Nykyinen jarrutarkastus on kehitetty alun perin paineilmaohjattua jarrujärjestelmää varten ja tutkimus liittyy EBS-järjestelmien tarkastukseen.

Työn teoriaosassa käsitellään EBS-järjestelmien rakennetta ja toimintoja. Lisäksi tarkastellaan määräystä raskaan kaluston paineilmajarrujen tarkastuksesta katsastuksessa. Työn käytännön osassa tutkitaan mahdollisuuksia hyödyntää EBS-järjestelmien tiedonkeruu- ja diagnostiikkajärjestelmiä jarrutarkastuksessa. Ajotapahtumien tai koeajon perusteella saatavien mittaustulosten laajuutta ja saatavuutta mitataan eri diagnostiikkalaitteilla kuorma-autoista ja perävaunuista. Ajoneuvon hidastuvuus, akselimassat sekä jarrupaineet ovat jarrutarkastuksen kannalta hyödyllisiä tietoja.

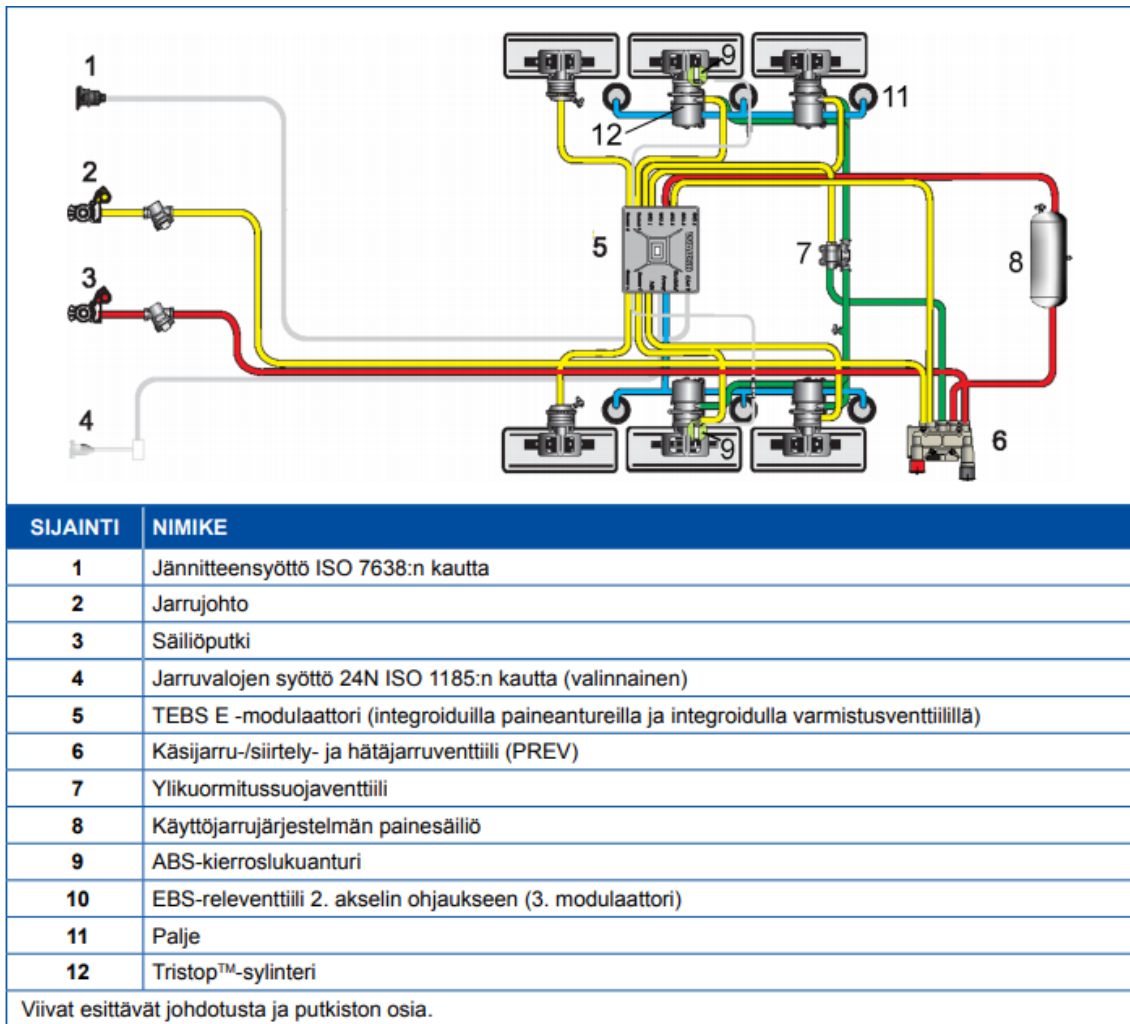


### 2.1.1 Sähköpneumaattinen jarrujärjestelmä

Sähköisessä ohjauksessa käytetään releventtiilejä muistuttavia modulaattoreita, jotka ohjaavat jarrusylintereille menevää paineilmaa. Kuljettajan painaessa jarrupoljinta ohjausyksikkö eri antureiden tietojen perusteella lähettää sähköisen signaalin modulaattoreille, jotka ohjaavat magneettiventtiilien avulla paineilmaa halutuille jarrusylintereille. Järjestelmästä löytyy myös paineilmatoiminen varmistusjärjestelmä sähköisen ohjauksen vian varalta. (2.) Jos jännitteensyöttö kuorma-autolta perävaunun EBS-järjestelmälle katkeaa, järjestelmässä on varatoiminto, jolloin jännitteensyöttö toteutetaan jarruvalojen jännitteensyötön kautta, jotta järjestelmä pysyy toiminnassa. Kaikki lisätoiminnot eivät kuitenkaan välttämättä ole käytössä varatoiminnon ollessa aktiivisena.

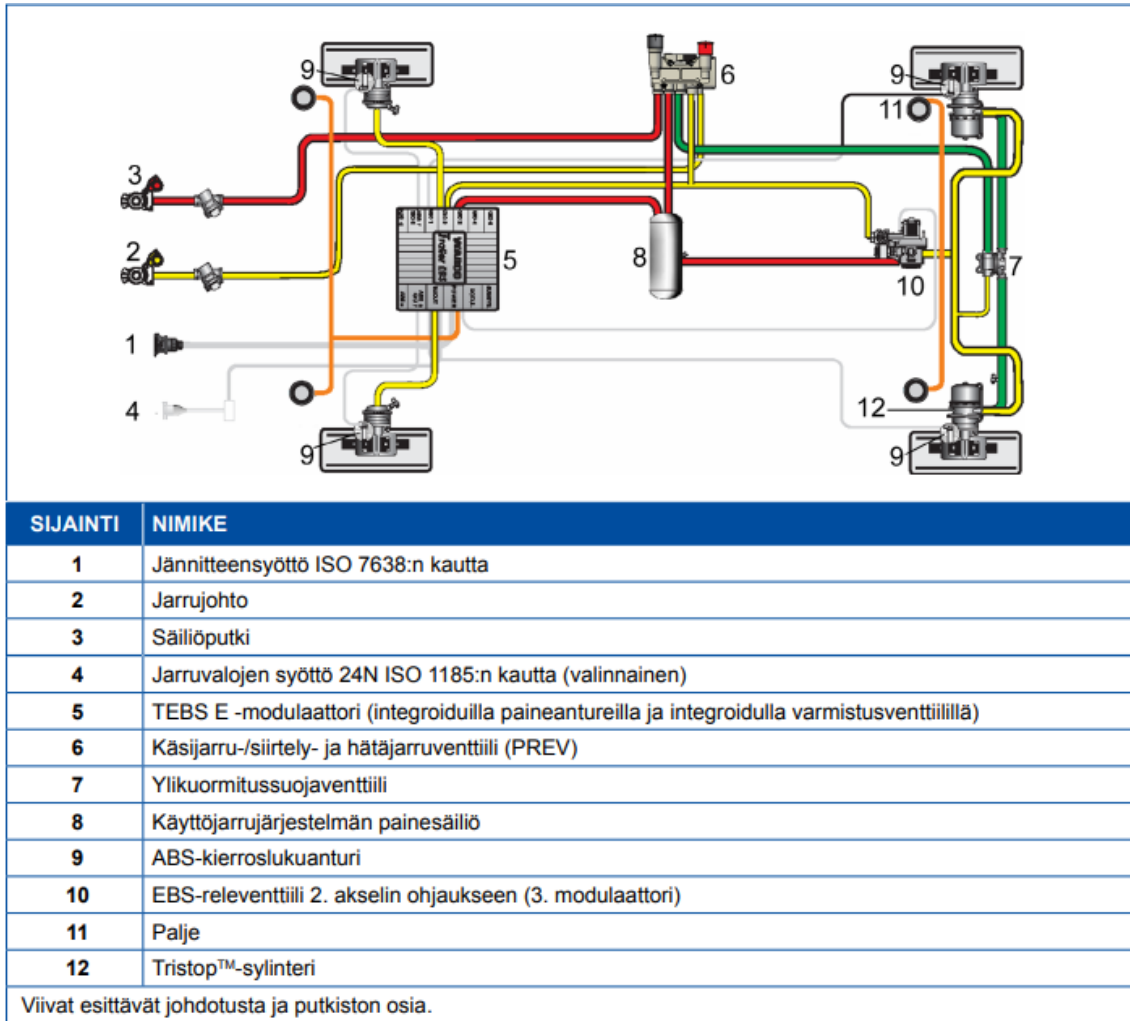
Ajoneuvoissa ja perävaunuissa käytetään erilaisia ABS-konfiguraatioita, joissa modulaattorien sekä ABS-antureiden määrät vaihtelevat. Esimerkiksi kuvassa 2 on Wabcon 3-akselinen puoliperävaunu ilman ohjautuvia akseleita 2S/2M-tyyppisellä järjestelmällä, jossa on kaksi kierrosnopeusanturia (S) sekä kaksi magneettiventtiiliä (M). Modulaattorissa on kummallekin sivulle oma magneettiventtiili, jolloin se pystyy ohjausyksikön pyynnöstä jarruttamaan vasemman ja oikean puolen pyöriä eri jarruvoimilla. (3, s. 15 - 16.)





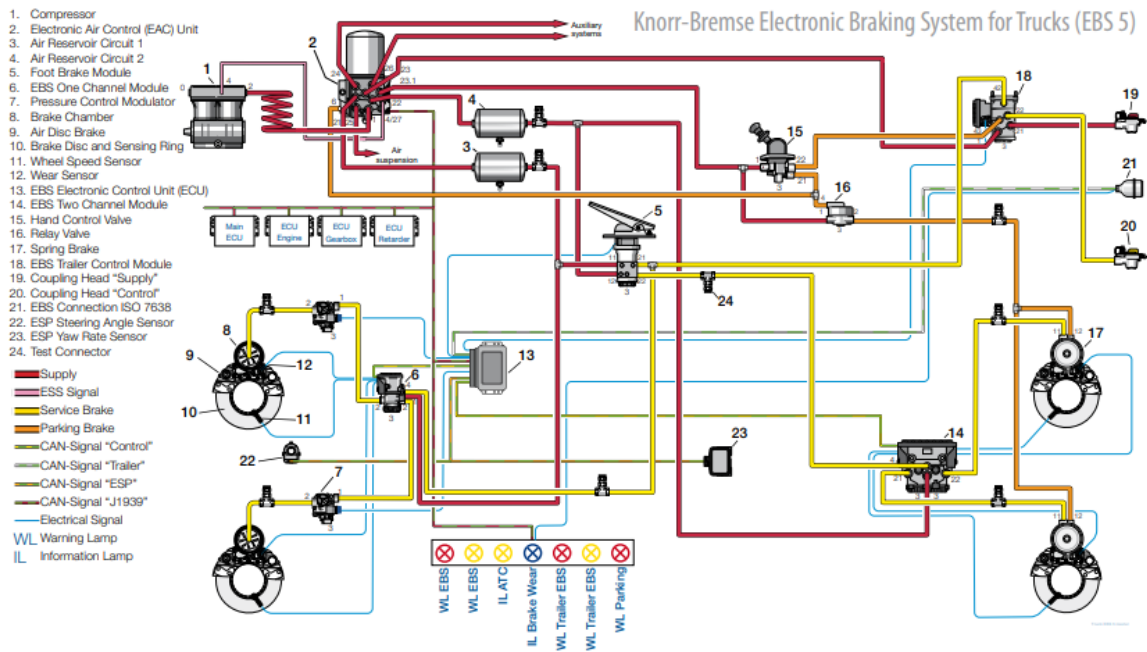
KUVA 2. 3-akselinen puoliperävaunu ABS-konfiguraatiolla 2S/2M (3, s. 15)

Varsinaisissa perävaunuissa tarvitaan ohjautuvan etuakseliston vuoksi enemmän kierrosnopeusantureita sekä erillinen modulaattori etu- ja taka-akselistolle. Taka-akseliston ollessa kiinteä voidaan jarrujen ohjaus toteuttaa yhdellä magneettiventtiilillä, joka ohjaa saman paineen kummallekin taka-akseliston puolelle. Kuvassa 3 on Wabcon versio varsinaisissa perävaunuissa useasti käytettävistä ABS-konfiguraatiosta 4S/3M. (3, s. 26.)



KUVA 3. 2-akselinen varsinainen perävaunu ABS-konfiguraatiolla 4S/3M (3, s. 15)

Kuorma-autoissa useimmiten löytyy kierrosnopeustunnistin sekä magneettiventtiili jokaiselle pyörälle. Esimerkkinä kuvassa 4 on yksi Knorr-Bremsen versio (4S/4M) kuorma-autoihin suunnatuista EBS-järjestelmistä.



KUVA 4. Knorr-Bremse EBS 5 -järjestelmä kuorma-autoihin (4, s. 5)

## 2.1.2 Hidastuvuuden ohjaus

Hidastuvuuden ohjaus -toiminto ohjaa ajoneuvon hidastuvuutta jarrutustilanteissa. Järjestelmiin ohjelmoidaan ajoneuvon haluttu hidastuvuus jarrupolkimen asennon suhteen, jolloin kuorman määrästä ja ajotilanteesta riippuen EBS säätelee jarrutusvoimia, jotta saavutetaan aina sama hidastuvuus jarrupolkimen asentoon nähden. Tästä syystä jarrujärjestelmä ei välttämättä vaadi erillistä akselikuormitusten tunnistusjärjestelmää. (5, s. 12.)

## 2.1.3 Jarrujen kulumisen ohjaus

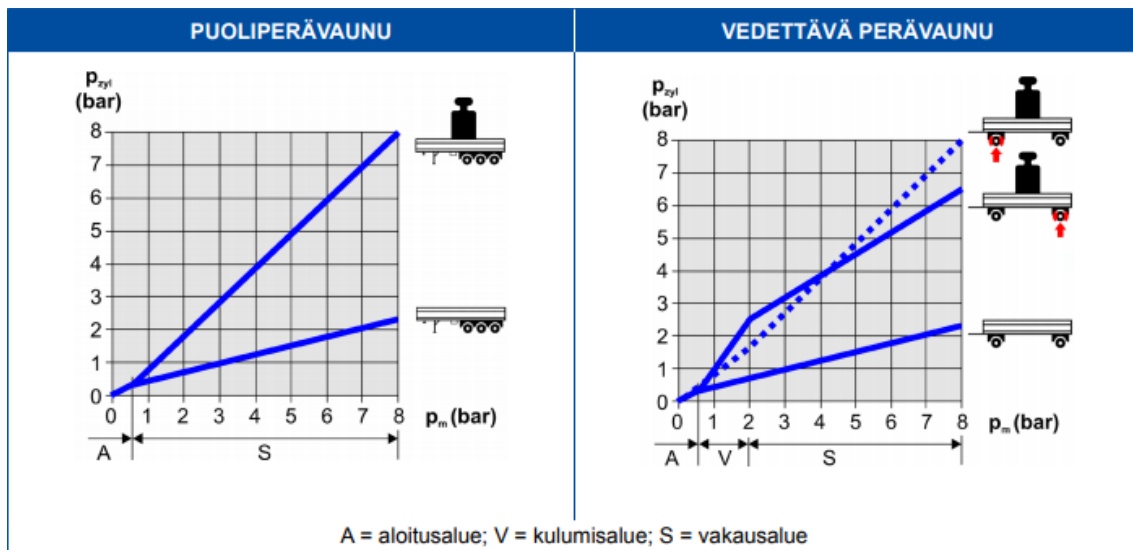
EBS-järjestelmistä usein löytyy tuottavuuden kannalta hyödyllinen järjestelmä, jarrupäällysteiden kuluneisuuden ohjaustoiminto (LWC). Jarrupaloissa tai -kengissä on tunnistin, joka mittaa jarrupäällysteiden kuluneisuutta, jonka avulla EBS-järjestelmä voi ohjata enemmän jarrutusvoimaa vähemmän kuluneille jarruille ajonvakaus huomioiden. Lisäksi järjestelmä kommunikoi moottorin ja hidastimen ohjausyksiköiden kanssa ja pyrkii niiden avulla vähentämään pyöräjarrujen käyttöä päällysteiden säästämiseksi. (4, s. 6.)

## 2.1.4 Automaattinen painosta riippuvainen jarruvoiman säätö

EBS-järjestelmissä on usein mukana ALB-toiminto, joka säätelee ajoneuvon tai perävauunun jarrutuspainetta automaattisesti akselikuormitusten mukaan. Ajoneuvoissa, joissa on

mekaaninen jousitus, löytyy tunnistimet, jotka mittaavat jousituksen painumaa, kun taas ilmajousitteisessa ajoneuvossa painetunnistimet mittaavat ilmajousien paljempainetta.

EBS-ohjausyksikköön syötetään ajoneuvon parametreit sekä määritetään jarrutuksen lineaarinen ominaiskäyrä. Erikoistapauksissa voidaan määrittää lisäksi erityinen ominaiskäyrä. Kuvassa 5 on esimerkkinä ominaiskäyrät, joita voidaan käyttää perävaunuissa. (3, s. 41 - 43.)



KUVA 5. Wabcon esimerkki ominaiskäyristä (3, s. 42)

Kuvassa A-kohta eli aloitusalue tarkoittaa jarrujen herätyspainetta, jonka jälkeen jarrutus alkaa. Vedettävän perävaunun käyrässä oleva kulumisalue on esimerkkinä tilanteisiin, joissa perävaunun etummaisiet jarrut on suuremmat kuin takana. Järjestelmä tasaa jarrutusvoimaa ja jarrujen kulumista pienentämällä etummaisten jarrujen painetta pienten kuormitusten jarrutuksissa. Vakausalueella jarrupaineita säädetään eri akseleiden kuorman mukaisesti saman kitkatehon saavuttamiseksi. (3, s. 42.)

### 2.1.5 Häätäjarrutusavustin

Hätäjarrutusavustin avustaa kuljettajaa hätäisissä jarrutustilanteissa. Kun järjestelmä tunnistaa jarrupolkimen nopean painamisen, se alkaa jarruttamaan ajoneuvoa täydellä voimalla, vaikka poljinta ei olisi painettu täysin pohjaan. Kuljettajan vapauttaessa jarrupolkimen hätäjarrutusavustus kytkeytyy taas pois päältä. (5, s. 13.)

Joissakin ajoneuvoissa voi myös olla keulassa tutka-anturi tai kamera, jonka havaitessa nopeasti lähestyvän esteen tai vaaratilanteen, hätäjarrutusavustin voi kytkeä täyden jarrutuksen jo ennen kuljettajan reaktiota. (6, linkit MAN-maailma -> Teknologia & kompetenssit -> Turvallisuus- ja avustinjärjestelmät -> Hätäjarrutusavustin.)

Hätäjarrutusavustin on määritelty pakolliseksi järjestelmäksi Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa n:o 661/2009 (7, s. 10). Asetus koskee M2-, M3-, N2- ja N3-luokan ajoneuvoja.

### **2.1.6 Perävaunun ohjaus**

Perävaunun jarrujen ohjaus voidaan toteuttaa kuorma-autossa sähköisesti tai paineilmalla ohjattuna. EBS-järjestelmissä on perävaunuja varten oma modulaattori, jolla säädelään perävaunulle menevää ohjauspainetta. Vaikka jarrutuksissa syntyviä kuorma-auton ja perävaunun välisiä kytkentävoimia ei suoraan tunnisteta, perävaunun ohjaus on ohjelmoitu vastaamaan kuorma-auton jarrutusvoimien hallintaa haitallisten kytkentävöimien välttämiseksi. Mikäli jarrujen ohjausjärjestelmä havaitsee yhdistelmän riittämätöntä hidastuvuutta jarrutuksissa kuorma-auton ja perävaunun jarrutusvoimien pienen eron vuoksi, se voi säätää perävaunulle menevää painetta hieman pienemmäksi tai suuremmaksi eron tasaamiseksi. (5, s. 14.)

Perävaunun ohjaus vaatii oikein toimiakseen joko ALB-venttiilillä tai EBS-järjestelmällä varustetun perävaunun. Jos perävaunusta löytyy EBS-järjestelmä, kuorma-auton ohjausyksikkö kommunikoi CAN-väylän avulla suoraan perävaunun ohjausyksikön kanssa. (5, s. 14.)

Perävaunuja, joissa on perinteinen paineilmahajattu jarrujärjestelmä, ohjataan ohjauspaineella, jota EBS-järjestelmä säätää edellä mainitun modulaattorin avulla. Jarruviiveen vähentämiseksi perävaunun ohjauspainelinjaan päästetään pieni esipaine nopeamman reagoinnin saavuttamiseksi. (5, s. 14.)

### **2.2 Ajonvakautusjärjestelmän toiminta**

EBS-järjestelmistä löytyy ajonvakautusjärjestelmä, joissa on monia toimintoja järjestelmästä riippuen. Ajonvakautusjärjestelmä analysoi ajoneuvon hallittavuutta pyörintä- ja kiihtyvyyssantureiden avulla ja voi tarvittaessa ohjata eri pyörien jarrutusvoimia hallinnan säilyttämiseksi.

### **2.2.1 Hitausmomentin hallinta**

Moottorijarrutuksen aiheuttama jarrutusmomentti voi saada vetävät pyörät lukkiutumaan, mikä tekee ajoneuvosta epävakaan. Tällöin vetomomentin hallintajärjestelmä lisää moottorin vääntömomenttia, jotta pyörät lähtevät pyörimään ajoneuvon nopeuden mukaisesti. (5, s. 14.)

### **2.2.2 Automaattinen luistonesto**

EBS-järjestelmän havaitessa moottorin vääntömomentin aiheuttamaa luistoa molemmissa vetävissä pyörissä järjestelmä reagoi vähentämällä vääntömomenttia luiston estämiseksi. Jos vain toinen vetävistä pyöristä luistaa, järjestelmä voi jarruttaa erikseen luistavaa pyörää pidon saavuttamiseksi. (5, s. 15.)

### **2.2.3 Elektroninen ajonvakautusjärjestelmä**

Elektroninen ajonvakautusjärjestelmä (ESC) laajentaa EBS-järjestelmän toimintaa. Kun EBS-järjestelmä reagoi jarrutuksissa ja kiihdytyksissä, ESC valvoo ajonvakautta ajoneuvon kääntyessä mutkaan tai vaikka kaistalta toiselle. Kuorma-autojen ja ajoneuvoyhdistelmien suuret massat ja korkea painopiste tekevät niistä alttiita kaatumiselle, heittelehtimiselle sekä linkkuunmenolle. (5, s. 15.)

Useiden eri antureiden tietojen avulla ESC havaitsee poikkeamat ajoneuvon vakaudessa sekä ohjaa moottoria ja jarruja tilanteen mukaan vakauden palauttamiseksi. ESC toimii itsenäisesti ilman kuljettajan reaktiota. (5, s. 15 - 16.)

ESC valvoo ajoneuvon kulkusuuntaa ratin asentoon nähden, ja suunnan poiketessa kuljettajan haluamasta suunnasta yli- tai aliohjautumalla ESC käyttää EBS-järjestelmää tarvittavien pyörien jarruttamista varten, jotta ajoneuvon vakaus palautuisi. Lisäksi mahdollista perävaunua jarrutetaan samalla linkkuunmenon estämiseksi. (5, s. 16.)

Elektroniseen ajonvakautusjärjestelmään kuuluu myös kallistuksenvakausjärjestelmä (RSS). ECS-ohjainyksikössä oleva sivuttaiskiihtyvyyssanturi tunnistaa ajoneuvon sivusuunnassa tapahtuvia liikkeitä, ja kiihtyvyyden saavuttaessa kallistumisriskin raja-arvon RSS alkaa suorittaa testijarrutuksia vähäisellä paineella, joiden kesto ja paineen suuruus

vaihtelee sivuttaiskiihtyvyyden mukaan. Jos testijarrutuksessa kallistumissuunnan vastapuolen renkaissa havaitaan luistoa, järjestelmä käynnistää automaattisen jarrutustapah-tuman kaatumisriskin pienentämiseksi. (5, s. 16.)

### 3 MÄÄRÄAIKAISKATSASTUKSEN JARRUTARKASTUS

Raskaan kaluston katsastuksessa tehtävät jarrutarkastukset paineilmajarruin varustetuille ja 1.1.1973 tai myöhemmin käyttöönotetuille ajoneuvoille jaetaan tarkastuksen laajuuden mukaan perustarkastukseen tai laajaan tarkastukseen. Jos ajoneuvo ei kuulu laajan tarkastuksen tai perustarkastuksen piiriin, tehdään jarruvoimien mittausta dynamometrillä sekä jarrujen pneumaattisen ja mekaanisen kunnan tarkastus. (1, s. 3 - 4.)

Ajoneuvon ollessa liian suuri tai raskas jarrudynamometrimittausta varten tai mittauksen vaatiessa ajoneuvon rakenteiden purkamista, jarrujen tarkastus suoritetaan koeajon perusteella. Myös renkaiden ollessa erittäin karkeakuvioidet, ettei jarrudynamometrimittausta voida tehdä, suoritetaan tarkastus koeajon perusteella. (1, s. 4.)

#### 3.1 Perustarkastus

Perustarkastuksen piiriin kuuluvat seuraavat ajoneuvot:

- ajoneuvo, joka ei kuulu laajan tarkastuksen piiriin
- perävaunu, jossa ei ole ALB-venttiileitä
- museorekisteröity ajoneuvo
- EBS-järjestelmällä varustettu ajoneuvo, jolle ei voida suorittaa laajaa tarkastusta. (1, s. 4.)

Määräys raskaan ajoneuvon paineilmajarrujen tarkastamisesta katsastuksessa määrittelee perustarkastuksen sisällön seuraavasti (1, s. 4 - 5):

Katsastuksessa todetaan jarrudynamometriä apuna käyttäen ajoneuvon kunkin akselin pyöräjarrujen toiminta.

- Ajoneuvosta mitataan jarruvoimat sylinteripaineen funktiona ja ATK-avusteisten laskelmien perusteella varmistetaan minimihidastuvuuden täyttymisestä.
- Laskelmien tuloksena esitetään pyöräkohtaisesti vierintävastukset sekä jarrurumpujen ja -levyjen mittapoikkeamista johtuvat jarruvoimien vaihtelut. Eri puolien jarruvoimien erot esitetään akselikohtaisesti.
- Kytkentä- ja vapautusviive tulee mitata, mikäli siihen on jarrujärjestelmän tarkastuksen perusteella ilmeistä aihetta.
- Todetaan mahdollisuuksien mukaan, että jarrujärjestelmä komponentteineen on samanlainen kuin ajoneuvoa liikenteeseen hyväksyttäessä ja että se vastaa hyväksynnässä ilmoitettuja tietoja.
- Tarkastetaan silmämääräisesti venttiilien ja putkien kunto sekä kiinnitys.
- Tarkastetaan silmämääräisesti paineilmasäiliöiden kunto ja kiinnitys.



- Tarkastetaan jarrusylintereiden ja vipujen mitoitus, jarrusylintereiden iskunpituudet sekä jarruhihnojen, -palojen ja -levyjen kuluneisuus.
- Jarruvivusta on tarkastettava niiden mekaanisen kunnan lisäksi, että vaatimusten mukaisia automaattisella kulumissäädöllä varustettuja vipuja ei ole vaihdettu käsisäätöisiin.
- Pyöräjarrun levittäjäkselin laakerointi tarkastetaan kaikilta pyöriltä.
- Pyöräkohtaisesti mitatut vierintävastukset vähennetään laskelmissa pyöräkohtaisista jarruvoimista.
- Mahdollisen ALB-venttiilin toimivuus tarkastetaan sekä venttiilin säätö mitataan atk-avusteiden mittaussäätöjärjestelmän avulla ja verrataan säätöarvokilven tietoihin.
- Käsikäyttöisen jarruvoiman säätimen toiminta tarkastetaan autoista, joihin se on asennettu.
- Perävaunusta, johon on asennettu siirtelyventtiili, tarkastetaan, että sen käyttökytkin palautuu alkuasentoonsa, kun paineilmaohjaimet kiinnitetään vetoautoon.
- Jousijarrusylinterein varustetun ajoneuvon seisontajarrun toimivuus todetaan dynamometrillä riittävää varovaisuutta noudattaen. Mekaanisella seisontajarrun käyttölaiteistolla varustetusta perävaunusta todetaan käyttölaiteiston kunto.
- Lukkiutumisen estolaitteiston toimivuus todetaan ABS / EBS -merkkivalon toiminnasta ja olosuhteiden salliessa myös koeajossa.
- Sähköisesti ohjatun jarrujärjestelmän (EBS) tarkastus tehdään noudattaen ajoneuvon valmistajan ohjeita. Jos EBS-ajoneuvolle ei voida tehdä laajaa tarkastusta, tehdään vain perustarkastus. ALB-tarkastusta ja viivetarkastusta ei tehdä.
- Perävaunun jousijarrun (seisontajarrun) toiminnan tarkastus perävaunuun asennettua käyttöventtiiliä käyttäen niiden perävaunujen osalta, joissa on seisontajarrun käyttöventtiili.

### 3.2 Laaja tarkastus

Perustarkastuksen lisäksi laaja tarkastus tehdään lukkiutumattomin jarruin (ABS, EBS) ja/tai kuorman tuntevalla jarruvoimansäätimellä (ALB) varustettuihin:

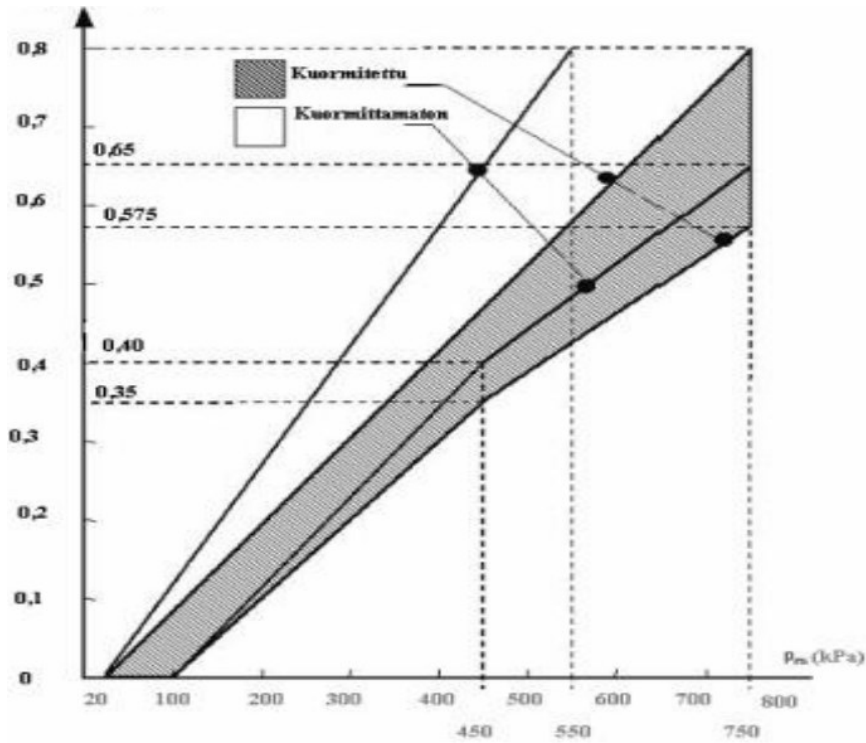
- N2- ja N3-luokan kuorma-autoihin sekä erikoisautoihin, jotka on varustettu O3- tai O4-luokan perävaunujen vetoon
- O3- ja O4-luokan perävaunuihin. (1, s. 4.)

Määräys raskaan ajoneuvon paineilmajarrujen tarkastamisesta katsastuksessa määrittelee laajan tarkastuksen sisällön seuraavasti (1, s. 5):

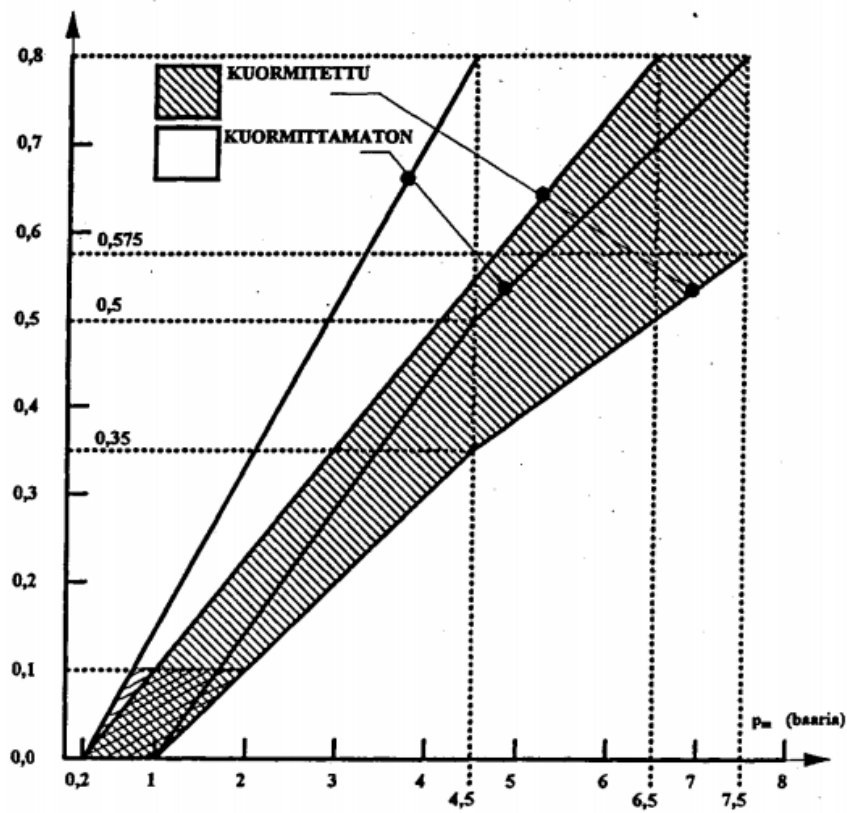
- Laajassa tarkastuksessa suoritetaan perustarkastuksen lisäksi ajoneuvon ja ajoneuvoyhdistelmän jarrutuskäyttämiseen liittyvät tarkastukset.

- Jarruvoiman ja jarrutuspaineen keskinäinen riippuvuus mitataan akseleittain sekä määritetään ajoneuvon jarrujen jarrutuspainesta riippuva jarrutussuhde.
- Kuormaamatonta sekä kuormattua ajoneuvoa vastaava jarrutussuhdetarkastelu tehdään jäljempänä kuvatun mukaista laskenta- ja tiedonkeruujärjestelmää sekä arvosteluperusteita käyttäen.
- Erikseen esitetään sekä kuormattua että tyhjää ajoneuvoa vastaava jarrutussuhde perävaunun jarrujen ohjauspaineen funktiona koordinaatistossa, johon on piirretty ennalta asetetut hyväksymisrajat eli jarrukäytävät.
- Kuormatun ja kuormaamattoman ajoneuvon laskentapainetta vastaavat jarrutussuhdearvot ekstrapoloidaan pienimmän neliösumman menetelmää tai vastaavaa menetelmää käyttäen.
- Jarrujärjestelmän säätöventtiilien toimivuus tarkistetaan mittaustilanteessa käytetyillä massan arvoilla.
- Paineilmajärjestelmästä mitataan kytkentä- ja vapautusviiveet.
- Sähköisesti ohjattujen paineilmajarrujen (EBS) tarkastus tehdään noudattaen ajoneuvon valmistajan ohjeita, jos ne ovat saatavilla.
- Jos valmistajan ohjeita ei ole saatavilla, tehdään vain perustarkastus. ALB-tarkastusta ja viivetarkastusta ei tehdä.
- Perävaunun jarrujen tarkastuksen yhteydessä varmistetaan jarrujen automaattinen kytkeytyminen irrottamalla jarrujohdot autosta.
- Perävaunun jousijarrun (seisontajarrun) toiminnan tarkastus perävaunuun asennettua käyttöventtiiliä käyttäen niiden perävaunujen osalta, joissa on seisontajarrun käyttöventtiili.

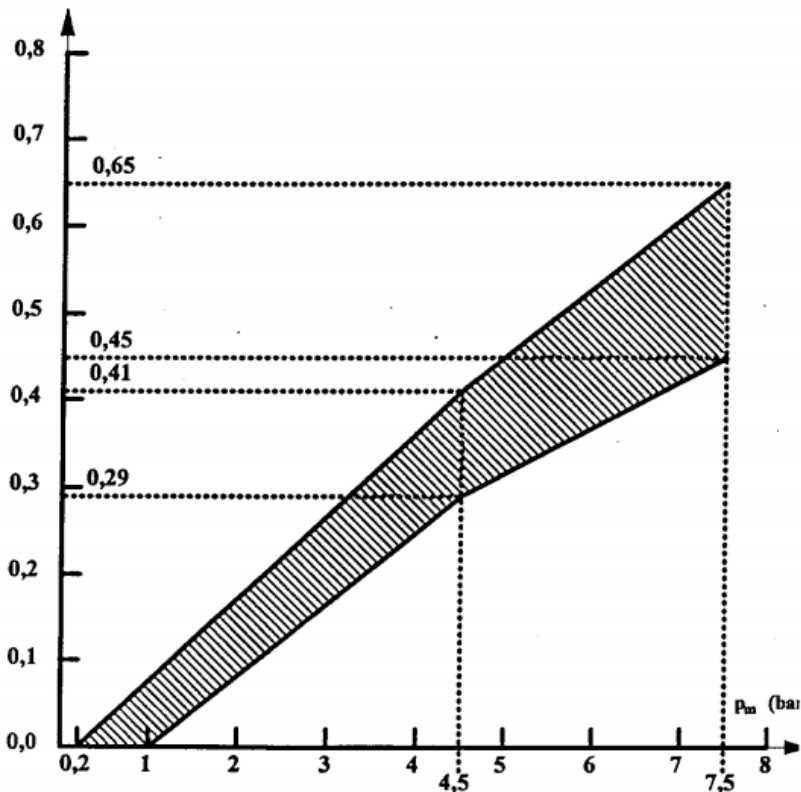
Määräyksessä mainitun laskenta- ja tiedonkeruujärjestelmän vaatimuksina on automaattinen mittaustulosten kirjautuminen mittauslaitteen muistiin, järjestelmästä tulee löytyä riittävä määrä mittauskanavia, jotta paineen yhtäaikainen mittaus on mahdollista vähintään poljinpaineesta, etu- ja takajarrupiiristä sekä perävaunun jarrujen ohjausjohdosta. Perävaunussa täytyy pystyä mittaamaan painetta yhtäaikaisesti vähintään ohjauspaineesta ja jarrupiireistä, joissa on ohjauspaineesta eroava jarrutuspainetta. Järjestelmän täytyy lisäksi laskea mittaustietojen perusteella pienimmän neliösumman tai vastaavan menetelmän avulla jarrutussuhdekuvaaja kuormatulle sekä kuormaamattomalle ajoneuvolle vähintään laskentapaineeseen asti sekä piirtää kuvaajat laissa määriteltyihin jarrukäytäviin. Kuvissa 6, 7 ja 8 on määritelty jarrukäytävät eri kuorma-autoille ja perävaunuille. (1, s. 7 - 8.)



KUVA 6. Varsinaisen perävaunun vetoauton, varsinaisen perävaunun ja keskiakselipe-  
rävaunun jarrukäytävä (1, liite 2)



KUVA 7. Puoliperävaunun vetoauton jarrukäytävä (1, liite 3)



KUVA 8. Puoliperävaunun jarrukäytävä (1, liite 4)

### 3.3 Vertailujarrutusvoimien mittaus

Jos ajoneuvoon ei voida tehdä laajaa tarkastusta, mutta vertailujarrutusvoimataulukot ovat käytettävissä, ajoneuvoon tehdään vertailujarrutusvoimien mittaus standardin ISO 21995:2008 mukaisesti. Mittauksen avulla tarkastetaan jarrujen mekaanista toimivuutta vertaamalla jarrudynamometrillä mitattuja jarrutusvoimia jarrutuspaineeseen nähden. Jarrutusvoiman täytyy saavuttaa vähintään taulukossa mainittu arvo mittauksessa käytetyn jarrutuspaineen kohdalta. Mittaus suoritetaan suurimmalla mahdollisella jarrutuspainella, kuitenkin vähintään 2,0 bar. Kuvassa 9 on esimerkkinä eräs Scanian vertailujarrutusvoimien taulukko. (8, s. 7.)

Tyre group C, z = 0,5			Ref. Brake force per axle (N) at brake pressure (Bar)									
			0,4	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Brake	Axle Brake Torque (Nm/Bar)	Dynamic radius (m)										
Disc 14"	2426,1	0,525	0	2773	5083	7394	9704	12015	14326	16636	18947	21257
Disc 16"	2906,3	0,525	0	3321	6089	8857	11625	14393	17161	19929	22697	25465
Disc 20"	3487,5	0,525	0	3986	7307	10629	13950	17271	20593	23914	27236	30557
Disc 24"	4144,58	0,525	0	4737	8684	12631	16578	20526	24473	28420	32367	36314
Disc 30"	5635,7	0,525	0	6441	11808	17175	22543	27910	33277	38645	44012	49379
Drum 16"/130	2102,7	0,525	-1242	1161	3164	5167	7169	9172	11174	13177	15179	17182
Drum 12"	1940,9	0,525	0	2218	4067	5915	7764	9612	11461	13309	15158	17006
Drum 16"	2668,8	0,525	0	3050	5592	8133	10675	13217	15759	18300	20842	23384
Drum 20"	3154,1	0,525	0	3605	6609	9612	12616	15620	18624	21628	24632	27636
Drum 24"	3881,9	0,525	0	4436	8134	11831	15528	19225	22922	26619	30316	34013
Drum 30"	5216,3	0,525	0	5961	10929	15897	20865	25833	30801	35769	40737	45705

KUVA 9. Scania vertailujarrutusvoimataulukko (9, s. 15)

Vertailujarrutusvoimien mittausta ei kuitenkaan voida tehdä, jos ajoneuvon akseleita, akseleiden määrää tai akselimassoja on muutettu siten, ettei ajoneuvo ole enää hyväksynnän mukainen (1, s. 5 - 6).

## **4 TUTKIMUSTULOKSET**

Seuraavaksi käydään läpi tutkimuksen tuloksia. Tutkimisessa on käytetty apuna yleismallin diagnostiikkalaitetta raskaan kaluston korjaamolta kuorma-auton diagnostiikkaan ja EBS-järjestelmien valmistajien diagnostiikkajärjestelmiä perävaunujen tutkimiseen sekä asiantuntijan haastattelua.

### **4.1 EBS-järjestelmien diagnostiikka**

EBS-järjestelmien yleisimmät tämänhetkiset valmistajat ovat Wabco, Knorr-Bremse sekä Haldex. Perävaunuihin useimmiten laitetaan edellä mainittujen valmistajien järjestelmä, joka kommunikoi kuorma-auton järjestelmän kanssa standardin ISO 11992 mukaisen CAN-väylän avulla. Kuorma-autojen valmistajat käyttävät usein samojen valmistajien järjestelmiä, mutta järjestelmä integroidaan kuorma-auton omaan elektroniikkajärjestelmään. (10.)

### **4.2 Perävaunujen diagnostiikka**

Raskaan kaluston perävaunujen EBS-järjestelmiä voidaan tutkia diagnostiikkajärjestelmillä, joita löytyy ainakin Wabcolta, Knorr-Bremseltä sekä Haldexilta. Diagnostiikkajärjestelmät ovat tietokoneelle asennettavia sovelluksia, ja tietokone kytketään erillisen adapterin avulla perävaunun ja kuorma-auton väliseen CAN-väylään. Työssä tutkittiin perävaunujen diagnostiikkaa edellä mainittujen kolmen valmistajan diagnostiikkajärjestelmillä, ja tulokset ovat niistä peräisin.

Perävaunujen diagnostiikkajärjestelmät on suunniteltu vianhaun lisäksi myös ajotapahtumien seurantaan kuljetusliikkeitä varten. Sen lisäksi, että diagnostiikkajärjestelmällä nähdään reaaliaikaisia mittaustuloksia ja tallentuneet vikakoodit, EBS-järjestelmän ohjausyksikkö tallentaa ajotapahtumista tietoja, joita pystyy tarkastelemaan viimeisimmästä muistit tyhjentyä asti kuten kuvassa 10.

**Vehicle data:**

Odometer reading out date	131386.4 km
ODR deleted at odometer reading	0.0 km
Kilometres relevant for analysis	131386.4 km
Operating hours relevant for analysis	2596:57
Reading-out date	2020-02-18 08:09:30
Total number of trips	794
Evaluated trips	600

**ODR values:**

Designation		Value normalised	Absolute value
Brake applications	😊	3343.95 1/10,000km	43935
Braking frequency	😊	0.33 1/km	--- 1/km
Average aggregate load	😊	--- t	22.9 t
Average aggregate load	😊	--- %	54.6 %
Average control pressure	😊	--- bar	1.22 bar
Trips with overload	😞	0.08 1/10,000km	1
Braking actions without ABS connector	😞	0.30 1/10,000km	4
Brake applications with anti-jackknifing brak	😊	0.00 1/10,000km	0
Brake actuations without CAN specification	😊	0.61 1/10,000km	8
RSS interventions, stage 1	😊	0.30 1/10,000km	4
RSS interventions, stage 2	😊	0.00 1/10,000km	0

*KUVA 10. Esimerkkikuva Wabcon järjestelmästä otetusta ODR-tiedostosta (perävaunun tunnistetiedot poistettu)*

EBS-järjestelmä tallentaa ajotapahtumista myös matkakohtaisesti sekä koko tallennuksen ajalta seuraavia tietoja:

- ajettu matka (km) kokonaiskuormilla ja akselikohtaisilla kuormilla 0 - 160 % taulukoituna 10 %:n välein
- jarrutusaika ja jarrutustapahtumien määrä eri ohjauspaineen arvoilla
- aika eri järjestelmäpaineilla
- aika eri nopeuksilla
- kokonaismatka eri sivuttaiskiiktyvyyden arvoilla
- jarrutustapahtumien määrä eri mäen kaltevuuksilla
- jarrutustapahtumien määrä eri hidastuvuusarvoilla.

Diagnostiikkajärjestelmän avulla voidaan myös suorittaa erillinen ajokoe, jonka aikana järjestelmä tallentaa ja näyttää reaaliaikaisesti ainakin seuraavia arvoja:

- ohjepaine CAN (bar)
- ohjepaineanturin arvo PM (bar)
- akselikohtainen jarrupaine (bar)
- tasoanturisignaali 1 (mm)
- tasoanturisignaali 2 (mm)
- akselikohtainen joustomatka (mm)

- akselikohtainen jousituksen paljepaine (bar)
- säiliöpaine (bar)
- ajoneuvon nopeus (km/h)
- jarrutussuhde z (g) (%)
- nostoakselin 1 ja 2 status
- TailGUARD-etäisyys (peruutustutka).

### 4.3 Kuorma-autojen diagnostiikka

Kuorma-autojen diagnostiikka tapahtuu yleismallisen OBD II -pistokkeen kautta. Kuorma-autojen tutkimiseen löytyy valmistajien omien diagnostiikkalaitteiden lisäksi myös yleismallin laitteita, joissa on yleensä vaihteleva määrä toimintoja valmistajien laitteisiin nähden.

Työssä päästiin tutkimaan Volvo FH16 V4 vm. 2013 4-akselista kuorma-autoa jaltestmerkkisellä yleistestilaitteella. Testilaitteella pääsi kommunikoidaan EBS-järjestelmän kanssa, ja sieltä löytyi seuraavia mittausarvoja:

- asetettu akseliväli
- paineensäätöventtiilin tila
- kulkusuuntatunnistimen tieto
- moduuleiden ohjaamat pyörät
- jännite ESP-järjestelmälle
- käynnistyskytkimen jännite
- jarrupolkimen asento prosentteina
- jarrutusaineet jokaiselle pyörälle erikseen
- perävaunun järjestelmän paine
- nopeusanturien tieto jokaiselta pyörältä
- takana olevan ohjaavan akselin virhetieto, kalibrointitilanne, ohjauskytkimen tila, ohjausventtiilin tila, akselin laskemispyyntö, öljyn määrä, tunnistimien jännitteet, kääntökulmatunnistimelta renkaiden asennon asteina sekä korkeustiedon.

### 4.4 Asiantuntijan haastattelu

Työssä haastateltiin asiantuntija Mauri Haatajaa ja hänen näkemyksiään EBS-järjestelmällä varustettujen ajoneuvojen jarrutarkastukseen. Mauri on jo aiemmin ollut mukana



määrittämässä katsastusvaatimuksia EBS-ajoneuvoille, jolloin on tehty ajokokeita ja dynamometrimittauksia eri ajoneuvoille ja yhdistelmille. Haastattelussa tuli myös ilmi, että ajoneuvovalmistajia on haastateltu EBS-järjestelmien tiedonkeruun hyödyntämismahdollisuudesta jarrutarkastuksessa. Ajoneuvovalmistajat eivät kuitenkaan ole olleet kovin innokkaita yhteistyöhön. (11.)

Maurin näkemys jarrutarkastuksen kehittämiseen on tehdä kokeellinen kansallinen tutkimushanke. Vähintään kahden vuoden mittainen tutkimus voitaisiin järjestää yliopistoa apuna käyttäen, jossa tehtäisiin päivitys EBS-järjestelmällisen kaluston mittausohjelmille yhteistyössä valmistajien ja korjaamojen kanssa. Tutkimus voisi olla myös kansainvälinen ja sen voisi tehdä yhteistyössä esimerkiksi Ruotsin asianomaisten kanssa. (11.)

## 5 YHTEENVETO

Työssä tutkittiin EBS-järjestelmien diagnostiikan laajuutta useilla eri laitteilla ja erilaisista järjestelmistä, jotta voitaisiin pohtia diagnostiikan hyödyllisyyttä jarrujärjestelmien toiminnan tarkastusta varten. Työssä käytiin läpi teoriaa EBS-järjestelmistä ja raskaan kaluston määräaikaikatsastuksen jarrutarkastuksesta. Työn laajuus jäi tavoitetta pienemmäksi, sillä tutkimukseen saatiin odotettua vähemmän yhteistyökumppaneita eikä laajempaan tutkimukseen vaadittavaa kalustoa ja laitteistoa ollut saatavilla.

Työn suureksi esteeksi muodostui hieman aloitusajankohdan jälkeen maailmalle levinnyt koronaviruspandemia, joka aiheutti suuria ongelmia saada alan yrityksiä ja ammattilaisia yhteistyöhön, sillä virus on erittäin herkästi tarttuva. Terveystieteiden viranomaisien yleinen ohjeistus on ollut lähikontaktien välttäminen mahdollisuuksien mukaan.

Tutkimuksessa saatujen tietojen perusteella EBS-järjestelmien diagnostiikan hyödyntäminen katsastuksessa on mielestäni haastavaa. Yleismallin diagnostiikkalaitteella ei pääse lukemaan järjestelmään tallentuneita tietoja ajotapahtumista eikä katsastuksen kannalta tärkeitä hidastuvuusarvoja näkyneet mittausarvoissa. Tosin on otettava huomioon, että tutkimuksessa päästiin tutkimaan vain yhtä yleismallin diagnostiikkalaitetta. Eri valmistajien diagnostiikkalaitteilla voi päästä näkemään laajemmin mittausarvoja. Perävaunuihin pitää lisäksi olla erillinen adapteri, sillä niissä ei yleensä ole OBD II -pistoketta.

Perävaunujen järjestelmiä diagnosoidessa valmistajien omilla diagnostiikkalaitteilla löytyi kuitenkin laajalti tallennettua tietoa ja reaaliaikaisia mittaustuloksia. Uskon, että diagnostiikasta voidaan tulevaisuudessa saada hyötyä jarrutarkastusta varten, kunhan löytyy testilaitte, jolla saadaan jokaisen valmistajan järjestelmistä tarvittavat mittausarvot ulos. Asiantuntija Mauri Haataja totesi haastattelussa tiedonkeruun hyödyntämisen jarrutarkastuksessa olevan mahdollista, mutta se vaatii tutkimista ja yhteistyötä ajoneuvovalmistajien ja mittauslaitteiden valmistajien kanssa.

## LÄHTEET

1. 12.10.2015 TRAFI/15393/03.04.03.00/2015. Tieliikenne: Raskaan ajoneuvon paineilmajarrujen tarkastus katsastuksessa. Finlex. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/454001/42354>. Hakupäivä 18.11.2020.
2. EBS -ohjelmapaketti EBS-MED. 2008. Tekniset tiedot. Volvo. Saatavissa: [http://productinfo.vtc.volvo.se/files/pdf/lo/EBS-MED\\_Fin\\_04\\_540868.pdf](http://productinfo.vtc.volvo.se/files/pdf/lo/EBS-MED_Fin_04_540868.pdf). Hakupäivä 3.11.2020.
3. TEBS E versiot E0 – E5.5 järjestelmäkuvaus. 2018. WABCO Europe BVBA. Saatavissa: <https://www.wabco-customercentre.com/catalog/docs/8152800933.pdf>. Hakupäivä 10.11.2020.
4. Tuotekatalogi EBS – Electronic Brake System. 2011. Knorr-Bremse. Saatavissa: [https://www.knorr-bremsen.biz/WCMS/Artpics/126/Bildart/Dra-wings/MSaJ1wYVI0EBhB\\_Y074812-EN-002%20for%20web.pdf](https://www.knorr-bremsen.biz/WCMS/Artpics/126/Bildart/Dra-wings/MSaJ1wYVI0EBhB_Y074812-EN-002%20for%20web.pdf). Hakupäivä 13.11.2020.
5. EBS3 – Electronic braking system järjestelmäkuvaus. 2016. WABCO Europe BVBA. Saatavissa: <https://www.wabco-customercentre.com/catalog/docs/8150102083.pdf>. Hakupäivä 18.11.2020.
6. MAN. Saatavissa: <https://www.truck.man.eu/fi/fi/index.html>. Hakupäivä 18.11.2020.
7. 13.7.2009 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 661/2009. Moottoriajoneuvojen, niiden perävaunujen sekä niihin tarkoitettujen järjestelmien, osien ja erillisten teknisten yksiköiden yleiseen turvallisuuteen liittyvistä tyyppihyväksyntävaatimuksista. EUR-Lex. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32009R0661&qid=1610018987574>. Hakupäivä 7.01.2020.
8. ISO 21995. 2008. Road vehicles – Test of vehicle air braking systems with a permissible mass of over 3,5t – Acquisition and use of reference values using a roller brake tester. Reference number ISO 21995:2008(E). International Standard. Saatavissa:

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/ISO/ISO/ID9998/2/54677.html.stx> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 8.1.2021.

9. Scania jarruohjeistus versio 3.2. 2016. Scania. Saatavissa: [https://arkisto.trafi.fi/filebank/a/1456741230/d49d5a39a9fbe0d2e3a4fd5a075b5985/19919-Scania\\_jarruohje\\_katsastajille\\_3\\_2\\_20160226.pdf](https://arkisto.trafi.fi/filebank/a/1456741230/d49d5a39a9fbe0d2e3a4fd5a075b5985/19919-Scania_jarruohje_katsastajille_3_2_20160226.pdf). Hakupäivä 25.11.2020.
10. Lehto, Pekka 2020. Asiantuntija, Taitotalo. Haastattelu 10.6.2020.
11. Haataja, Mauri 2021. Asiantuntija, Oulun yliopisto. Haastattelu 17.3.2021.