



**Tutkintaselostus
erityistutkinnasta**

A 1/1999 Y

Tutkimus väitetyistä ongelmista autojen ABS-jarruissa

Tämä tutkintaselostus on tehty turvallisuuden parantamiseksi ja uusien onnettomuuksien ennalta ehkäisemiseksi. Tässä ei käsitellä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.

ALKULAUSE

Heinolassa sattui 17.4.1999 onnettomuus, jossa Lahden ortodoksisen seurakunnan jäseniä pyhiinvaellusmatkalle Uuden Valamon luostariin Heinävedelle kuljettamassa ollut linja-auto FAB-624 syöksyi valtatie 5:n Heinolan eteläisessä liittymässä olevassa T-risteyksessä kaiteen läpi. Tämän jälkeen bussi syöksyi noin 9 metrin korkuisen penkereen alareunaan ja jatkoi matkaa pyörillä noin 20 metrin matkan, kunnes pysähtyi jäätyään keskiosastaan kiinni maahan. Onnettomuudessa sai heti surmansa kolme matkustajaa. Neljäs matkustaja kuoli myöhemmin sairaalassa. Muut 37 matkustajaa saivat eriasteisia vammoja.

Heti onnettomuuden jälkeen onnettomuusauton kuljettaja kertoi painaneensa linja-auton jarrupoljinta 3-5 kertaa, mutta jarrut eivät olleet toimineet. Onnettomuusauton jarrut oli varustettu ABS-lukkiutumisenestojärjestelmällä.

Kuljettajan kertomusta jarrujen pettämisestä siteerattiin laajasti tiedotusvälineissä. Tämän seurauksena monet kansalaiset ottivat yhteyttä Heinolan linja-auto-onnettomuuden tutkintalautakuntaan, jonka valtioneuvosto asetti 21.4.1999. He kertoivat tapauksista, joissa jarrut olivat yllättäen kadonneet autosta ajon aikana. Suurin osa näistä autoista oli varustettu ABS-jarruilla. Jarrujen katoamisia oli tapahtunut sekä henkilö-, kuorma- että linja-autoissa.

Lisäksi tutkintalautakunta sai vihjeitä, joiden mukaan matkapuhelimet, muut elektroniset laitteet sekä voimakkaat sähkökentät saattaisivat vaikuttaa ABS-jarrujen toimintaan.

Näiden yhteydenottojen vuoksi tutkintalautakunta päätti 20.5.1999 tehdä erillistutkimuksen, jossa lautakunnalle ilmoitetut tapaukset käytiin läpi. Lisäksi tehtiin sarja kokeita, joissa tutkittiin sähkökenttien ja matkapuhelimien vaikutusta auton ABS-järjestelmään.

Tutkijaksi erillistutkimukseen kutsuttiin Onnettomuustutkintakeskuksen asiantuntija, Pohjois-Pohjanmaan Ammattioppilaitoksen autotekniikan lehtori Pertti **Mikkonen**.

Tutkimuksen tieteellisenä johtajana on toiminut Oulun Seudun Ammattikorkeakoulun autotekniikan yliopettaja, tekniikan tohtori Mauri **Haataja**. Lisäksi tutkimuksista vastanneeseen työryhmään ovat kuuluneet insinööri Matti **Vatanen** HMV-Systems Oy:stä ja tutkintalautakunnan puheenjohtaja Kari **Lehtola**.

Tutkimuksessa ovat avustaneet insinööri Jari **Ekholm** ja diplomi-insinööri Antero **Koivisto** Nokia Oy:stä, käyttöpäällikkö Antti **Taskila** ja tuotantopäällikkö Juha **Happonen** Fortum Service Oy:stä sekä kuljetuspäällikkö Pertti **Koivu** A. Mörö Oy:stä.

TIIVISTELMÄ

Tutkimus

Tutkimuksen alussa on kyselytutkimus kuljettajille, jotka ovat havainneet ABS-jarrujärjestelmällä varustetun auton jarrujärjestelmää käytettäessä jarrujen häipymistä tai katoamista jarrutustilanteessa. Myös kuljetusyrityksille, raskaan kaluston korjaamoille ja maahantuojille tehtiin kysely erityisesti raskaan kaluston ongelmista.

Ilmoitetuista linja-autojen jarrujen ongelmista kaksi koski Scania- ja kaksi Volvo-merkkisiä autoja. Kuorma-autoista ilmoituksia tehtiin kaksi, yksi Volkosta ja yksi Sisusta. Henkilöautoissa havaittuja jarrujen häipymis- ja katoamistapauksia oli kahdessa Opel-, yhdessä Chevrolet- ja yhdessä Mercedes-Benz-merkkisessä autossa.

Linja-autot

Linja-autojen kuljettajien kertomusten mukaan kahdessa Scania 3-sarjan linja-autossa ei tapahtunut jarrutusta ajon aikana jarrutustilanteessa. Jarrut alkoivat toimia usean jarrupolkimen painalluksen jälkeen. Toinen tapauksista tapahtui kolme viikkoa ennen Heinolan onnettomuutta. Jarrujen katoaminen ei aiheuttanut kummassakaan tapauksessa liikenneonnettomuutta, sen sijaan liikenteen vaaratilanteen.

Tutkijan mukaan jarrujen katoamisen todennäköisiä syitä ovat: takajarrupiirin relevanttiilissä poistoventtiilin tiivisteosaan joutunut pieni kivi tai muu epäpuhtaus taikka häiriö ABS-venttiilin tyhjennystoiminnossa, jotka ovat aiheuttaneet takajarrupiirin tyhjenemisen ulkoilmaan. Samanlainen vuoto etu- ja takajarrupiirissä, joka on korjautunut jarrupoljinta painelemalla, on mahdollisesti johtunut elektronisen ohjausyksikön häiriötoiminnasta. Pakkasolosuhteissa jääkiteiden muodostuminen ja liikkuminen putkistossa ovat saattaneet aiheuttaa huomattavan virtausvastuksen paineilmasäiliön ja jarrupoljinventtiilin yhdistävään paineilmaputkeen, etu- ja takajarrupiirin paineensyöttöputkissa, mistä on ollut seurauksena jarrutuspaineen ja jarrutuskyvyn aleneminen.

Volvo B 10 linja-autossa jarrujen katoaminen aiheutti peräänajon henkilöautojonoon. Jarrut olivat palautuneet onnettomuusautoon hinauksen aikana. Tapahtumasta on jo noin 15 vuotta. Jarrujen katoamisen aiheuttajaksi epäillään ABS-jarrujärjestelmän ohjausyksikön toimintoa, joka poistaa hidastimen käytöstä ABS:n toimiessa. Ensimmäisissä ABS-versioissa ko. toiminto tapahtui herkemmin kuin myöhemmissä versioissa.

Volvo B 57 linja-autossa jarrutusta ei tapahtunut ajon aikana jarrutustilanteessa. Jarrut olivat alkaneet toimia jonkin ajan kuluttua. Syyksi jarrujen katoamiseen epäillään jarrupoljinventtiilin virheteroimintoa. Tämäkään tapahtuma ei aiheuttanut onnettomuutta.

Uudemmissa, 1990-luvulla valmistetuista ABS-jarrujärjestelmällä varustetuista linja-autoista ei ole tullut tietoon vastaavia jarrujen katoamisia.

Kuorma-autot

Sisu-merkkisessä kuorma-autossa jarrutustilanteessa oli tapahtunut voimakas jarrujen ylitehostuminen. Virhetoiminnon syyksi epäillään jarrutuspaineen poistokanavassa käytetyn huopatiiviteen jäätymistä jarrupoljinventtiilissä. Vika on poistettu rakennemuutoksella seuraavissa valmistussarjoissa ja huoltokampanjalla.

Scania-merkkisessä kuorma-autossa jarrutustilanteessa tapahtui vain hyvin heikko jarrutus jarrupolkimen painallukseen nähden. Virhetoiminnon syyksi epäillään, että kuormatuntevan jarruvoiman säätimen (ALB-venttiilin) asennuksen jälkeen etujarrupiiriin on vaihdettu alhaisella säätökarakteristiikalla varustettu jarrutuspaineen säätöventtiili, jolloin etujarrujen jarrutuskyky olennaisesti alenee häiriön sattuessa takajarrupiirissä.

ALB-järjestelmän ongelmat raskaissa ajoneuvoissa

Tutkimuksessa käsitellään laajasti kuormatuntevan jarruvoiman säätimen asentamiseen ja säätöön liittyviä ongelmia ja puutteita raskaissa kuorma-autoissa ja perävaunuissa.

Jarruvoimansäätimen ja ulkoisten säätömekanismien asennuksissa ja säädöissä esiintyy virheitä. Lisäksi käytössä säätömekanismit saattavat jumiutua ja olla alttiina korroosion vaikutuksille. Virheelliset asennukset, säädöt, jumiutuminen, korrosio sekä puutteellisuudet huolto- ja tarkastustoiminnoissa aiheuttavat ongelmia akselikohtaisen jarruvoiman säädössä ja saattavat täten vaarantaa ajoneuvon jarruttamisen.

Huomiota on kiinnitetty myös perävaunujen paineilmaletkujen puhkikulumiseen ja letkuliitoksien kirstimisiin, koska ne saattavat aiheuttaa vaaratilanteen tai onnettomuuden. Tutkijan havainnot ovat varteenotettavaa tietoa autojen ja jarruvarusteiden maahantuojille, perävaunujen valmistajille, raskaan ajoneuvokaluston jarrujen huollosta ja korjauksista vastaaville henkilöille.

Asiantuntijain lausunnot

Tutkimuksessa on haastateltu useita korjaamopäälliköitä, huoltokouluttajia ja muita alan asiantuntijoita linja- ja kuorma-autojen jarrujärjestelmään liittyvistä ongelmista. Erityistä huomiota he ovat kiinnittäneet jarrujärjestelmän paineilman sisäänotossa ja ilmankuivaamisessa havaittuihin puutteisiin, paineilmaputkistojen ja jarruvarusteiden jäätymisongelmiin sekä sähköjärjestelmän suojauksiin.

Henkilöautot

Henkilöautoissa oli havaittu useita jarrujen häipymis- ja katoamistapauksia. Vikalähteiksi epäillään yhdessä tapauksessa auton sähköjärjestelmää, yhdessä tapauksessa pyöräjarrujen jäätymistä ja irtoavan asfaltin aiheuttamaa kitkahäviötä, kahdessa tapauksessa pääsylinterin puutteellista toimintaa.

Kenttäkokeet

Kenttäkokeet suoritettiin Muhoksella 14-15.6.1999 onnettomuuslinja-autoa vastaavalla jarrujärjestelmällä varustetulla linja-autolla. Kenttäkokeissa mitattiin sähköteknillisin mittauksin sähkömagneettikentän ja matkapuhelimien signaalien mahdollisia vaikutuksia ABS-jarrujärjestelmän toimintaan. Tiejarrutuskokeet suoritettiin noin kilometrin etäisyydellä sähkövoimalinjasta, 400kV sähkövoimalinjan alla kulkevalla tiellä. Mittauksen kohteena olivat pyöräanturien signaalit, magneettiventtiilien ohjaussignaalit ja pyörähidastuvuudet. Kenttäkokeissa saatujen mittaustulosten ja linja-auton jarrutuskäyttäytymiseen kiinnitettyjen havaintojen perusteella ei ollut havaittavissa normaalista poikkeavaa käyttäytymistä. Johtopäätöksenä todetaan, että sähkömagneettikentän ja matkapuhelimien signaalit eivät saaneet aikaan havaittavaa muutosta ABS-jarrujärjestelmän toiminnassa.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKULAUSE	I
TIIVISTELMÄ	III
1 TUTKINTALAUTAKUNNALLE TULLEET TIEDOT ABS-JARRUONGELMISTA.....	1
1.1 Linja-autot.....	1
1.1.1 Scania, 3-sarja	1
1.1.2 Volvo B 10, vuosimalli 1984 tai 1985	2
1.1.3 Scania, 3-sarja	2
1.1.4 Volvo B 57, valmistettu 1960-luvun lopulla.	3
1.2 Kuorma-autot	3
1.2.1 Sisu, vuosimalli 1986	3
1.2.2 Scania, 3-sarja	4
1.2.3 Kuorma-autojen ja perävaunujen jarrujen ongelmia.....	4
1.3 Henkilöautot	9
1.3.1 Chevrolet Caprice, vuosimalli 1991	9
1.3.2 Mercedes Benz, vuosimalli 1997	10
1.3.3 Opel Vectra, vuosimalli 1998	10
1.3.4 Opel Omega, vuosimalli 1998.....	10
2 ABS-JARRUONGELMIIN LIITTYVIÄ ASiantuntijoiden käsityksiä	11
3 KENTTÄKOKEET	13
3.1 Kokeiden tavoite.....	13
3.2 Suoritetut kokeet, mittauspaikat ja olosuhteet.	13
3.3 Mittaukset.....	14
3.3.1 ABS-järjestelmän yleismittaritarkastus.....	14
3.3.2 Pyöräanturisignaalien mittaaminen dynamometriä käyttäen.....	16
3.3.3 Ajonaikaisten pyöräanturisignaalien mittaaminen.....	17
3.3.4 ABS-magneettiventtiilien toiminnan sähköinen mittaus.....	21
3.3.5 Pyöräkohtaisten hidastuvuuksien mittaaminen täysjarrutuksessa.	24
3.3.6 Hidastuvuuden mittaaminen normaalijarrutuksessa.....	25
3.3.7 Signaalien mittaaminen voimalaitoksen sähköjakokentän alueella.....	26
3.3.8 Signaalien häirintä matkapuhelimilla.....	27
4 SUOSITUKSET.....	29
4.1 Jarrujärjestelmiä koskeva koulutus.....	29
4.2 Jarrujärjestelmissä käytettävät letkunkiristimet	29

1 TUTKINTALAUTAKUNNALLE TULLEET TIEDOT ABS-JARRUONGELMISTA

1.1 Linja-autot

1.1.1 Scania, 3-sarja

Kuljettaja on kertonut, että hänen kuljettamastaan autosta katosivat jarrut ajon aikana. Käsijarrun käyttö varajarruna esti liikenneonnettomuuden. Vika korjautui kuitenkin, kun kuljettaja teki useita toistuvia, erittäin nopeita jarrupolkimen painalluksia.

Vian korjautuminen em. tavalla tukee otaksumaa, ettei kysymyksessä ollut ABS-venttiilin toimintahäiriö.

Tämäntyyppisessä linja-autossa käsijarrun releventtiili, takajarrupiirin releventtiili ja ABS-venttiilit muodostavat yhteen rakennetun kokonaisuuden. Takajarrupiirin osalta on mahdollista ja jopa hyvin todennäköistä, että vuoto on aiheutunut releventtiilin poistoventtiilitiivisteosaan jääneestä kivenpalasesta tai muusta epäpuhtaudesta. Tässä tilanteessa releventtiili toimiessaan avaa yhteyden suoraan paineilmasäiliöstä ulkoilmaan. Vika voi olla myös jommankumman ABS-venttiilin tyhjennysventtiilitoiminnossa, jolloin releventtiilistä ABS-venttiiliin tuleva paineilma pääsee suoraan poistokanavan kautta ulkoilmaan.

Tällainen epäpuhtaus voi päästä venttiileihin ulkokautta tai paineilman mukana. Kuljettaja kertoi vuodon esiintyneen samanaikaisesti auton etu- ja takapäässä ja korjautuneen itsestään jarrupoljinta painelemalla. Jos vika olisi ollut ABS-järjestelmässä, ohjausyksikön olisi pitänyt avata ja pitää koko ajan auki (jännitteellisinä) ainakin yksi tyhjennysventtiili takajarrupiiristä ja toinen etujarrupiiristä ja pitää ne auki häiriön kestoajan. Samanaikainen ja samaan aikaan korjautuva vika kahdessa venttiilissä ei ole todennäköinen.

Jos vika on ollut takajarrupiirin releventtiilissä tai ABS-venttiilissä, vuotoa ei pitäisi normaalisti esiintyä etujarrupiirissä. Takajarrun tulopaineen katoaminen jarrupoljinventtiilistä voi vaikuttaa jarrupoljinventtiilin toimintaan. Käytävissä olevien tietojen perusteella ei voida luotettavasti osoittaa häiriön syytä. Kyseinen auto oli tapahtuman jälkeen saman liikennöitsijän käytössä useita vuosia, eikä tilanne toistunut.

Scania kuorma-autoissa käytettiin tuohon aikaan Bosch Alfa järjestelmää. Sen ensimmäisen version erikoisuutena oli 12 V jännite magneettiventtiilipiireissä ja akselikohtaiset magneettiventtiilit, joissa paineen yksittäinen pyöräkohtainen ohjaus ei ollut mahdollista niin, että painetta olisi samanaikaisesti nostettu yhdessä pyörässä ja toisessa yhtä aikaa laskettu. Tutkijoiden tiedossa ei ole tätä järjestelmää koskevia toimintahäiriöitä. Järjestelmä muuttui Scania kuorma-autoissa vuonna 1987 Bosch Diagnos-järjestelmäksi. Se oli ensimmäinen itsediagnostisoiva ABS-järjestelmä ja sen kehittyneempi versio Bosch Gamma otettiin Scania linja-autoissa käyttöön 3-sarjan mukana vuonna 1988. Missään

tässä kuvatuissa järjestelmissä ei ole ollut yhtään tutkijoiden tietoon tullutta toimintahäiriötä, joka olisi voinut aiheuttaa jarrujen katoamisen.

1.1.2 Volvo B 10, vuosimalli 1984 tai 1985

Kuljettaja on kertonut ajaneensa kaupunkibussilla henkilöautojonon perään, kun ABS-jarrullisesta autosta katosivat jarrut. Hinausauton tullessa paikalle auto oli edelleen jarruton, mutta hinauksen aikana jarrut tulivat kuntoon. Kuljettaja ei muista, oliko päävirta päällä hinauksen aikana. Auton valmistumisaika ja tapahtuma-aika huomioon ottaen on ilmeistä, että kysymyksessä on Wabco A-elektroniikka järjestelmään liittyvä ongelma eli hidastimen poiskytketymisestä johtuva vaikutelma jarrujen katoamisesta.

Volvo vaihtoi valmistamiinsa linja-autoihin Wabco A-elektroniikka ohjausyksiköitä noin 15 vuotta sitten. Vaihtokampanjan syistä ei tuolloin tiedotettu. Wabcon maahantuojalta Örum Oy:ltä saadun tiedon mukaan vaihdon syynä oli se, että aikaisemmat ABS-ohjausyksiköt toimivat joidenkin mielestä liian herkästi. ABS-ohjausyksikön toimintaan kuuluu hidastimen poiskytketyminen ABS:n toimiessa. Hidastimen poiskytketyminen saattoi yllättää kuljettajia, joilla ei ollut kokemusta ABS-jarrullisesta autosta. Yksiköiden vaihdon jälkeen tehtyjä valituksia ei ole tutkijoiden tietoon tullut. Mercedes-Benz on Örumilta saadun tiedon mukaan käyttänyt samaa yksikkötyyppiä kuin Volvo eikä niitä yksiköitä ole vaihdettu. Muuta syytä vaihtokampanjaan ei tiettävästi ollut.

1.1.3 Scania, 3-sarja

Kuljettaja on kertonut kolme viikkoa ennen Heinolan onnettomuutta sattuneesta tapauksesta, jossa linja-autosta katosivat jarrut ajon aikana. Kuljettaja epäili sään vaikutusta. Ilman lämpötila oli $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ensimmäinen jarrun painallus oli pehmeä, samoin toinen ja sitten jarrut menivät äkkiä täydelle teholle. Tutkijoiden ja kuljettajan keskusteluissa päädyttiin epäilyyn, että paineilmasäiliön ja jarrupoljinventtiilin väliseen paineputkeen olisi päässyt kosteutta, joka olisi ajon aikana jäänyt. Tätä olettamusta tukee tieto, että kuljettaja ajoi yhtäjaksoisesti noin 100 km jarruttamatta kertaakaan. Putkesta liikkeelle lähtenyt jääpala olisi voinut sulkea etu- tai takajarrupiirin paineensyöttöputken, jolloin jarrupoljin painuu normaalia alemmaksi. Tässä tilanteessa toimii vain yksi jarrupiiri. Kokenut kuljettaja aistii poljintuntuman muutoksen ja yrittää välittömästi uutta jarrutusta ilman, että toimivaksi jäänyt jarrupiiri ehtii saada jarrutusta aikaan. Jääpala olisi olettamuksen mukaan lähtenyt kolmannella jarrun painalluksella putkesta liikkeelle, jolloin myös paineettomana ollut piiri olisi alkanut toimia. Tämä ilmiö on samankaltainen kumman tahansa jarrupiirin syöttöputken tukkeutuessa. Molempien piirien toimiessa jarrupoljin ottaa jonkin verran ylemmänä kuin toisen piirin ollessa paineeton.

Tutkijoiden toimittamassa toisen samanmallisen auton tarkastuksessa todettiin, että jarrupoljinventtiili on korin sisäpuolella hyvin suojatussa paikassa. Paineilmaputket nousevat loivasti kaartuen jarrupoljinventtiilille. Putkissa on ennen jarrupoljinventtiiliä notkelmakohta, johon voi syntyä vesilukko.

Painemittareita, merkkivaloja ja summeria ohjaavat paineanturit eli painevahdit ovat kiinni jarrupoljinventtiin tulevien paineputkien metallisissa liittimissä. Jos ilmaputkusta ei ole, saattaa osittain jäänyt paineilmaputki päästää sen verran painetta läpi, että summeri, painemittari tai merkkivalo hälyttää vasta jarrutustilanteessa. Tällöin kuljettajalle ei jää riittävästi aikaa havaita mittarien tai merkkivalojen muutoksia.

Tutkimuksen aikana kokeiltiin jarrupoljintuntemaa täysillä säiliöpaineilla ja takajarrupiirin paineilmasäiliön tyhjentämisen jälkeen auton seistessä paikallaan. Tuntemassa on selvästi havaittava, mutta melko vähäinen ero. Ajon aikana ero saattaa kuitenkin tuntua suurelta, jos suunniteltua jarrutusta ei tapahdu.

Takajarrupiirin releventtiin paineensäätömännän kiinnijuuttuminen aiheuttaa takajarrujen katoamisen samoin kuin tukkeutuma jarrupoljinventtiin menevässä putkessa. Se ei kuitenkaan vaikuta poljintuntemaan.

Tässä tapauksessa haastateltu kuljettaja oli kokenut ja kykeni analysoimaan tapahtuman selkeästi. Tilanteessa ei ollut varsinaisesti vaaraa, koska matkaa olisi ollut mahdollista jatkaa suoraan eteenpäin tekemättä suunniteltua kääntymistä.

1.1.4 Volvo B 57, valmistettu 1960-luvun lopulla.

Kuljettaja ajoi lämpimänä ja poutaisena kesäpäivänä normaalia reittilinjaa. Hän olisi pysähtynyt tienristeykseen jättämään matkustajan, mutta jarrua painettaessa ei tapahtunut minkäänlaista jarrutusta. Jonkin ajan kuluttua jarrut taas toimivat.

Edellisessä jaksossa mainitulla kuljettajalla oli samanlainen kokemus 1960-luvun alussa valmistetulla Vanajalla.

Monet 60- ja 70-luvuilla ajaneet linja-autonkuljettajat ovat kertoneet, että vanha, 1980-luvulla käytöstä poistuneessa jarrupoljinventtiilimallissa saattoi esiintyä kyseinen ilmiö. Kyseistä jarrupoljinventtiiliä ei tiettävästi ole asennettu uusiin autoihin yli kymmeneen vuoteen.

1.2 Kuorma-autot

1.2.1 Sisu, vuosimalli 1986

Kuorma-autoja koskevia ilmoituksia tuli kaksi. Toinen koski vuosimallin 1986 Sisussa tapahtunutta jarrujen ylitehostumista. Kuljettaja käytti ilmaisua: ”Poljinventtiili on hotaissut ilmaa”. Sisu on tehnyt asiasta kuorma-autoja koskevan huoltotiedotteen vuonna 1989. Syynä on jarrupoljinventtiin paineenpoistokanavassa käytetty huopatiiviste, joka jäätyessään jätti takapiirin paineentasausmännän päälle painetta. Seuraavassa jarrutuksessa takajarrupiirin toiminta ylitehostui. On huomattava, että Sisussa ennen vuotta 1989 etujarrupiiri toimi ohjaavana pääjarrupiirinä ja takapiiri ohjattuna piirinä. Vuonna 1989 toteutetun mallimuutoksen yhteydessä rakenne muutettiin muiden valmistajien käyttämää rakennetta vastaavaksi.

1.2.2 Scania, 3-sarja

Toinen kuorma-autoihin liittyvä ilmoitus koski 3-sarjan Scaniaa. Kuljettajan painaessa jarrupoljinta tapahtui ainoastaan hyvin heikko jarrutus. Kuljettaja ei voi analysoida sitä, missä jarrupiirissä jarrutus tapahtui. Todennäköinen syy ilmiöön on takajarrupiirin toimintahäiriö esimerkiksi takajarrupiirin releventtiilin säätömännän jäätyminen tai muusta syystä johtuneen juuttumisen seurauksena. Sen ei pitäisi vaikuttaa etujarrupiiriin. Kuitenkin kuorma-autoissa on yleisesti käytetty rakennetta, jossa ALB-venttiilin jälkeisellä takajarrupiirin jarrutuspainella ohjataan etujarrupiirin painetta rajoittavaa suhdeventtiiliä. Scanian 3-sarjan kuorma-autossa kyseinen ohjauspainetieto otetaan takajarrupiirin releventtiilin jälkeen.

Kuljettajan kertomien tietojen mukaan kyseessä on todennäköisesti auto, jossa ALB-venttiilin asennuksen jälkeen on vaihdettu jarrupoljinventtiili suhdeventtiilitoiminnoltaan säätösuhteella 1:2,7 toimivaksi kahdella etuakselilla varustettuun autoon tarkoitetuksi jarrupoljinventtiiliksi. Tehtaalla asennettu yhdellä etuakselilla varustettuihin autoihin tarkoitettu jarrupoljinventtiili toimii säätösuhteella 1:1,5. Myös trippelirakenteisissa 8x2 autoissa käytetään 1:1,5 jarrupoljinventtiiliä. 3-sarjan Scaniassa vetävän akselin etupuolelle asennetun lisäakselin jarrut on kytketty erillisellä releventtiilillä ohjattuna takajarrupiiriin osaksi.

1.2.3 Kuorma-autojen ja perävaunujen jarrujen ongelmia

Etujarruvoimien alentaminen

Jos edellä kuvatun kaltaisessa autossa tulee jostain syystä takajarrupiiriin toimintahäiriö, jää etujarruille tulevaksi jarrutuspaineksi vain 2,2 bar takajarrupiirille lähtevän paineen ollessa 6 bar.

Suhdeventtiililtä etujarrupiiriin jollakin sisääntulopaineella, laskelmissa 6 bar, menevä paine riippuu suhdeventtiilin säätösuhteesta ja ALB-venttiilillä säädetyistä takajarrupiirin paineesta.

Etujarruvoimien alentamiseen pyrittiin takajarrupiirin jarrutuspaineen mukaan säätävän suhdeventtiilin säätösuhdetta muuttamalla. Syksyllä 1990 siirryttiin käyttämään magneettiventtiiliohjausta, jolla takajarrupiiristä jarrupoljinventtiilin suhdeventtiiliosaan menevä painetieto katkaistiin ja ohjauspaine poistettiin, jos haluttiin mahdollisimman suuri etujarrutehon alennus. On huomattava, ettei kaikkia suhdeventtiilityyppejä voi rakennetta muuttamatta käyttää etujarrutehon alentajina. Jarrupoljinventtiilin sisään rakennettuja suhdeventtiileitä käytettäessä kytkentä on ongelmaton.

Magneettiventtiiliohjausta ei kuitenkaan saa asentaa yli 1:2 säätösuhteella olevan suhdeventtiilin ohjaukseen. Muutoin 1:2,7 säätösuhteisen venttiilin käyttö on laillista. Painemajarruilla varustettujen autojen ja niihin kytkettävien perävaunujen jarrulaitteista 29 päivänä kesäkuuta 1990 annetun liikenneministeriön päätöksen (631/1990) 45 §:n mukaan auton jarrujärjestelmään saa asentaa käsikäyttöisen jarruvoiman säätimen, joka

päälle kytkettynä alentaa etuakseliston pyöräjarruille tulevaa jarrutuspainetta enintään suhteessa 1:2.

Aikaisempi päätös salli tällaisen järjestelmän asentamisen vain puutavara-autoon ja salli sen käytön vain maasto-olosuhteissa. Koska ohjatun etujarrutehon alentajan asentaminen oli kielletty, täytyi tyhjänä ylitehoisten etujarrujen hallintaan käyttää muita keinoja. Jarrupoljinventtiililyypin vaihto oli yksi kokeiltu menetelmä ongelman ratkaisemiseksi. On mahdollista, että joitakin silloin muutetuista autoista on jäänyt palauttamatta alkuperäiseen varustukseensa. Normaalitilanteessa tällainen auto on turvallinen, mutta takajarrupiirin paineensyöttöhäiriön sattuessa myös etujarrupiirin jarrutuspainetta laskee kohtuuttoman alhaiseksi. Toimintahäiriöksi riittää ALB-venttiilin jumiutuminen tyhjän ajoneuvon asentoon.

ALB-venttiilin juuttuminen

Volvo-merkkisissä kuorma-autoissa ALB-venttiili asennetaan taka-akseliin ja sen säätövaijeri kiinnitetään vasempaan takajouseen erillisellä kiinnikkeellä. Venttiilin toiminta on yleiseen rakennetapaan verrattuna käänteinen eli vaijerin kiristäminen suurentaa venttiilin toiminta-alueella jarrutuspainetta. Venttiili tulee asentaa siten, että teliakselin ollessa alas laskettuna ja 6 bar tulopaineella mitatun jarrukellopaineen ollessa noin 4 bar ALB-venttiilin vipu ja vaijeri ovat toisiinsa nähden 90 asteen kulmassa. Jos vipu on liikaa vaijerin suuntainen, venttiilin akselin ja siihen kiinnitetyn säätövivun keskinäistä asentoa täytyy muuttaa. Jarrumittauksiin liittyvissä tarkastuksissa on havaittu, että liikenteessä on autoja, joissa säätövivun asento akseliin nähden on virheellinen ja vivun ja vaijerin välinen kulma on tylppä. Venttiili ei voi toimia ja jonkin ajan kuluttua se juuttuu. Juuttumista esiintyy myös oikein asennetuilla venttiileillä, jos auto seisoo pitemmän aikaa. Vaijerissa oleva alkuperäinen jousi on venttiilin suojaamisen takia niin hento, ettei se jaksaa asennusohjeen mukaisella 60 mm:n vipupituudella irrottaa juuttunutta akselia.

Scania-merkkisten 2-, 3- ja 4- sarjan kuorma-autojen ALB-venttiilivivuston tarkastuksessa on kiinnitettävä huomiota nivelten väljyyteen ja vivuston muotoon. On varmistettava, ettei siihen ole tullut mekaanisia vaurioita ja että venttiilin vivun molemmista päistä lähtee vivustoon palautusjousi. Molemmat ALB-venttiilin vivusta lähtevät jouset asennetaan toisesta päästään samaan vivustossa olevaan reikään. Liikenteessä on autoja, joista toinen jousi puuttuu. ALB:n oma jousi ei jaksaa palauttaa vipua täyden kuorman asentoon, jos ALB-venttiilin säätöakseli on juuttunut.

Sisun aikaisemmissa malleissa on pitkä vahvalla jousella ja vanttiruuvilla kiristetty vaijeri, johon ALB-venttiilin vipu on kiinnitetty. Uusissa malleissa telinnoston ohjaama hydraulisynteri toimii akselin ja ALB-venttiilin vivun välitankona. Vanhan mallin ongelmana oli ALB-venttiilin vivun ja vaijerin välinen kiinnityskohta. Ongelma korostui maastoajossa ja huonoissa tieolosuhteissa. Uuden kiinnitystavan mukaisissa autoissa ei ole ollut tähän liittyviä ongelmia.

Kuljettajien kertoman mukaan on kuormatuilla yhdistelmillä ollut yli puolen kilometrin jarrutusmatkoja päällystetiellä kuivalla kesäkelillä. Tällaisia ajoneuvoja ja yhdistelmiä tar-

kastettaessa on havaittu, että pääsyynä on usein ollut juuttunut ALB-venttiilin säätöakseli.

Puutavaran ajoon käytettävien tai muuten vaikeissa maasto-olosuhteissa liikkuvien perävaunujen ALB-venttiileissä ei yleensä esiinny juuttumista. Niiden ongelmana on vipuakselin laakeroinnin kulumisen ja siitä johtuvat säätöarvojen muutokset. ALB-asennusten alkuaikoina, 1980-luvulla esiintyi runsaasti liian suuria vipupituuksia ja liian alas säädettyjä tyhjätarvoja. Tämän seurauksena perävaunuilla ei todellisuudessa voinut olla kuormattunakaan laskelmien osoittamia jarruvoimia. Väärät vipupituudet ja säädöt aiheuttivat ALB-venttiilistä johtuvaa jarrutusarvojen alentumista myös perävaunun ollessa kuormattuna. Joissain tapauksissa tyhjää yhdistelmää voitiin jarruttaa vain auton etuakselilla ja silloinkin jarrutusmatkat olivat erittäin pitkiä.

Erityisesti rahtiliikenteessä käytettävien perävaunujen ALB-venttiilien säätöakselit voivat juuttua laakerointikohdistaan. Ilmiötä tehostaa vajaa kuormitus, usein esiintyvä ylijäykkien trapetsijousien käyttö ja hyvillä teillä ajo. Pääteiden voimakas suolaus edistää ilmiön syntymistä. Trapetsijousen jousto-ominaisuudet muuttuvat myös tällaisessa tapauksessa. Jos jousipakka ruostuu yhtenäiseksi nipuksi, jossa jousilehtien välillä ei tapahdu liukumista, ei myöskään kunnossa oleva ALB-venttiili voi toimia, koska se ei saa oikeaa tietoa akselin kuormituksesta.

Muita ALB-venttiilien ongelmia

Jos ajoneuvolla ajetaan paljon vajaalla kuormituksella, jousipakka kuluu usein olakkeiseksi siten, että riittävää joustoa täyteen kuormattuna ei ole. Jousien päät puskevat ylempään jouseen muotoutuneisiin olakkeisiin. Ongelmaa voidaan olennaisesti vähentää paraabelijousia käyttämällä.

Myös ilmajousitetuissa ajoneuvoissa on ilmennyt muutamia ALB-venttiiliin liittyviä ongelmia. Perävaunuissa yleisesti käytössä oleva Wabco 475 714 0000 venttiili on rakennettu siten, että paljepainetta tunnusteleva mäntä on molempien piirien osalta täysikokoinen. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että venttiili säätty suuremman siihen tulevan paljepaineen mukaisesti, jos paljepaineet ajoneuvon vasemmassa ja oikeassa jousipalkeessa ovat erisuuret. Tällä on ilmeisesti haluttu varmistaa se, että paljevaurion sattuesssa kunnossa oleva palje huolehtii vähintäänkin riittävän jarrutehon toteutumisesta kyseisessä jarrupiirissä. Paljepaineiden säätö ennen ALB-venttiilin säätöä on ehdottomasti tehtävä, muutoin ALB-venttiilin säätö menee väärin. Väärin säädetyt paljepaineet ilmenevät erityisen selvästi tyhjässä perävaunussa ristikkäisten pyörien lukkiutumisena jarrutuksessa. Ilmiö näkyy hetkittäisinä pyörien lukkiutumisina myös ABS-jarruin varustetuissa perävaunuissa.

Jarrutesteissa on havaittu perävaunuja, joissa ohjauspaine on tuotu ALB-venttiilille vain toisesta jousipalkeesta. Jos tällaisessa tapauksessa paljepaineiden säätö on virheellinen ja venttiili saa ohjauspaineensa vajaammasta palkeesta, kyseisen jarrupiirin jarruteho alenee joissakin tapauksissa hyvinkin paljon.

Ilmajousiajoneuvon ALB-venttiiliä säädettäessä ilmenee myös täyskuormatoiminnon tarkastamisen laiminlyöntiä. Tämä on sikäli vaikea todentaa, ettei sitä voi havaita normaalissa jarrusovitusajossa. Se on erikseen kokeiltava syöttämällä ALB-venttiilin ohjauspainepiiriin täyttä kuormitusta vastaava paljepainetieto. Wabcon ohje kyseisen venttiilin säädöstä on vaikeaselkoinen.

Volvon ilmajousitetuissa autoissa käyttämässä ALB-venttiilissä ohjausmäntä on rakennettu olakkeiseksi siten, että kumpikin paljepaine vaikuttaa saman verran pyöräjarruille menevään paineeseen.

Jarrutehon turvaamiseksi paljevaurion tapahtuessa on käytössä ainakin edellä mainitun Wabco-venttiilin käyttämä varmistinruuvi. Sitä ei saa sekoittaa tyhjän ajoneuvon tilanetta vastaavan jarrupaineen säätöruuviin. Jarrupaine säädetään aina isommasta ruuvista ja täyden kuorman asennon säätö tapahtuu venttiilin sisällä olevan säätäjösen tehollista pituutta muuttamalla tai vaihtamalla säätäjöuse toiseen, venttiilin mukana toimitettuun jouseen.

Ilmajousitetuissa perävaunuissa yleisesti käytössä olevassa Wabco 475 714 0000 ALB-venttiilissä on muutamissa yksilöissä tavattu ilmeisesti säteismännän takertelusta johtuva häiriö: Jos yhdistelmälle suoritetaan pumppaava jarrutus siten, että jarrutuspainetta ei lasketa nollaan saakka, jää pyöräjarruille menevä paine siihen arvoon, jossa se alimmillaan on käynyt eikä nouse uudelleen jarrua painettaessa. Vika korjaantuu, kun vaihdetaan uusi ALB-venttiili. Kuljettaja valittaa tällaisessa tilanteessa oikein toimivan jarrupiirin lukkiutumistaipumusta.

Mahdollinen vika on todettavissa Dymatic-järjestelmällä tehtävällä ALB-testillä. ALB-testi tehdään normaalista poiketen siten, että jarrutuspainetta käytetään välillä alempana. ALB-kuvaajasta näkee, onko jarrupaine molemmissa jarrupiireissä lähtenyt uudelleen nousuun. Jos piirikohtainen jarrukellopaine on aluksi ollut korkeampi, laskenut jarrua löysättäessä eikä ole noussut uudelleen testin alkuvaiheessa esiintyneeseen arvoon, on kyseisen piirin ALB-venttiili vaihdettava.

Perävaunujen jarrujen vapautusviiveissä on havaittu Dymaticin mittausajan 2,2 s ylittäviä aikoja. Kuljettajat kertovat näissä tapauksissa viiveen olevan selvästi havaittavissa ja merkittävästi vaikeuttavan ajamista. Tällaisessa tapauksessa perävaunun jarrujärjestelmässä on usein ylimääräisiä pikapäästöventtiileitä. Vanhemmissa perävaunuissa ne ovat saattaneet jäädä paikalleen, kun on jälkiasennuksena lisätty järjestelmään ALB-venttiilit ja releventtiilit. Releventtiili ja ylimääräinen pikapäästöventtiili toimivat uusina ilman häiriöitä, mutta ajan oloon niiden toiminnat saattavat sekoittaa toisiaan. Viiveet lyhenevät yleensä normaaliarvoihin, kun poistetaan ylimääräiset pikapäästöventtiilit ja korvataan ne asianmukaisilla T-liittimillä.

Eräässä Wabco ALB-versiossa on säätötoiminto ohjattu muuttuvilla tehollisilla vipupituuksilla siten, että venttiilin pohjassa on kaksi vipua, joiden sisällä liikkuvat paljepaineilla ohjatut rullat. Perävaunukäytössä on esiintynyt tapauksia, joissa vivusto on ruostunut liikkumattomaksi. Tämä ilmenee Dymaticilla tehtävässä ALB-testissä siten, ettei

venttiili rajoita pyöräjarrulle menevää jarrupainetta jarrutuksen alkuvaiheessa ollenkaan, mutta jollakin painearvolla leikkaa paineennousun kerralla poikki.

Eräs usein esiintyvä virhe on ALB-venttiilin säädön laiminlyönti jousien vaihdon jälkeen. Auton tai perävaunun ajokorkeus saattaa jousien vaihdon yhteydessä nousta 2-3 cm. Se on tyhjä/kuormatun akselin jousituksen painuman suuruinen, mikä tarkoittaa käytännössä sitä, että ajoneuvosta saadaan kuormattuna tyhjälle yhdistelmälle tarkoitetut jarruvoimat ja tyhjänä ei juuri mitään. Jarrusuhde eli jarruvoima suhteessa painoon putoaa tässä tapauksessa kuormattuna noin kolmannekseen alkuperäisestä. Täysjarrutuksen jarrutusmatka kasvaisi vastaavasti kolminkertaiseksi, jos ajoneuvoyhdistelmän kaikille akseleille vaihdettaisiin samanaikaisesti uudet jouset ja jätettäisiin ALB-venttiilit säätämättä.

Liian voimakkaasti säätävää suhdeventtiiliä käytettäessä tulee perävaunujarrutuksen ohjaukseen lisäongelma takajarrupiirin toimintahäiriön sattuessa. Autossa oleva perävaunujarrutuksen ohjausventtiili eli perävaunureleventtiili on rakennettu siten, että takajarrupiirin paine ohjaa perävaunun jarrutusta ennen ALB-venttiiliä olevan jarrutuspaineen mukaisesti. Varatoimintona on etupiirin paineohjaus, joka antaa tarvittaessa 1,3 bar alennetun ohjauspaineen perävaunujarrujen ohjaukseen. Esimerkiksi laskennallisen jarrutustilanteen eli 6 bar jarrutuksen aikana etupiirin paine olisi 2,2 bar. Jos oletetaan, että takapiirin releventtiili on juuttunut, jolloin takapiirissä ei tapahdu jarrutusta, etupiiriin lähtee 2,2 bar paine, jolla aikaansaatu jarruvoima vastaa suunnilleen lukkiutumisrajaa kuivalla talvikelillä. Perävaunujarrutuksen ohjaukseen lähtee $2,2 - 1,3 = 0,9$ bar. Koska havahtumispaine on todennäköisesti noin 0,5 bar, jää perävaunun jarruvoima käytännöllisesti katsoen olemattomaksi. Tässä piilee ylisuurella säätösuhteella olevan suhdeventtiilin liikenneturvallisuusriski. Parhaaseen tulokseen takajarrupiirivaurion sattuessa päästään autoilla, joissa on erillinen etujarrupiirin suhdeventtiili ja joissa perävaunureleventtiilin etupiiriohjaus on otettu jarrupoljinventtiilin ja suhdeventtiilin välistä, mutta suhdeventtiilitoiminto on sellainen, että se rajoittaa etujarrupiiriin menevää painetta myös takapiiristä tulevan paineohjauksen puuttuessa.

Kosteuden pääsy ABS-ohjausyksikköön

Ilmajousitetuissa Scania kuorma-autoissa riittävä jarruteho turvataan paljevaurion sattuessa siten, että ajoneuvon runkokorkeuden laskiessa liian alas erillinen turvaventtiili kääntää ALB-venttiilin ohjauspaineensyötön suoraan takajarrupiirin säiliöstä tapahtuvaksi.

Perävaunuissa käytetyissä Knorr ABS-ohjausyksiköissä on havaittu veden pääsystä ohjausyksikköön johtuvia toimintahäiriöitä. Syyksi on havaittu perävaunutehtaalla tehty asennusvirhe. Sähköjohtimet tulevat kaikissa vauriotapauksissa ohjausyksikköön ylhäältä päin, jolloin vesi pääsee ohjausyksikön sisään johtimia pitkin. Korjaustoimenpide on uudentyypin Knorr ABS-ohjausyksikön asentaminen ja johtosarjan vetäminen siten, että johtimet tulevat ohjausyksikköön alhaalta päin. Käytössä olevien ohjausyksiköiden johdotus kannattaa tarkastaa. Vika ei ole aiheuttanut yhtään jarrujen katoamista, mutta muutamat ABS-ohjausyksiköt ovat menettäneen toimintakykynsä. Uusi Knorr ABS-ohjausyksikkö on aikaisempaa paremmin kosteussuojattu. Perävaununäytössä

ohjausyksikkö on kuitenkin aina sijoitettava erilliseen koteloon ja siihenkin tuleva johdotus on kierrätettävä kotelon sisään alakautta.

Jarruputkien ja -letkujen ongelmia

Vanhoissa autoissa ja perävaunuissa käytettiin jarruputkina metalliputkia. Joitakin tällaisia perävaunuja on vielä liikenteessä. Metalliputki saattaa ruostua käytännöllisesti katsoen tukkoon. Viivetestistä paljastaa usein putken tukkeutumisen. Metalliputkiin jäänyt ruoste saattaa lähteä liikkeelle ja kiilautua johonkin jarrujärjestelmän venttiiliin aiheuttaen vuotoa tai muuta toimintahäiriötä. Jo 1980-luvun alkupuolella siirryttiin käyttämään muoviputkia.

Jarrujärjestelmissä esiintyvät pienetkin paineilmavuodot on syytä korjata välittömästi niiden havaitsemisen jälkeen. Vika on usein jarruletussa tai jossakin liitoksessa. Kevytmetalliset komponentit ovat alttiita tiesuolan syövyttävälle vaikutukselle. Tarkastuksissa on havaittu esim. puhki syöpyneitä ABS-venttiileitä. Tällainen venttiili saattaa näyttää hyvältä silmämääräisessä tarkastuksessa, mutta syöpymä onkin usein venttiilin ja korirakenteen välissä siten, ettei sinne voi nähdä. Syynä näihin syöpymistapauksiin on yleensä komponentin sijoittaminen siten, ettei sen ja esim. korin väli tule normaaliopesussa puhtaaksi eikä komponentti myöskään ajoviiman vaikutuksesta tuuletetu. Ajoviihasuojauksella ei kuitenkaan saa estää komponenttien puhtaana ja kuivana pysymistä.

Eryteisesti perävaunuissa esiintyy ongelmia jarruletujen ja niiden liitosten kanssa. Vaikeutena on se, ettei letkuja voi sitoa kovin tiukasti mihinkään, koska niillä täytyy olla laajat ajotilanteiden vaatimat joustomahdollisuudet.

Tarkastuksissa on havaittu esimerkiksi perävaunun jousijarrukelloille menevien paineilmaletkujen lähes täydellistä puhki kulumista. Tämä on erityisen vaarallinen asia, koska letkun katkeaminen saa aikaan jousijarrujen kytkeytymisen ja se tekee erityisesti tyhjästä perävaunusta hallitsemattoman.

1.3 Henkilöautot

Tässä yhteydessä on syytä todeta, että henkilöautojen jarrut toimivat nestepaineella ja niiden toimintaperiaate eroaa näin ollen olennaisesti raskaissa ajoneuvoissa käytetyistä paineilmajarruista.

1.3.1 Chevrolet Caprice, vuosimalli 1991

Kuljettaja on kertonut, että autosta menivät jarrut, kun hän ennen risteystä kytki vilkun ja ryhtyi jarruttamaan. Jarrupolkimessa tuntui samanlaisia nykäyksiä kuin jarrutettaessa olosuhteissa, joissa pyörä luistaa ja ABS toimii. Jarrut eivät toimineet. Kuljettaja totesi, että kyseisessä tilanteessa vilkkureleen vilkkumistaajuus oli liian hidas. Vikaa ei esiintynyt vilkkureleen vaihdon jälkeen.

Jarrupoljintuntuman perusteella päätellen ABS on ilmeisesti kyseisessä tilanteessa toiminut. On mahdollista, että auton johtosarjassa on vikaa. Käytöstä poistettu vilkkurele ei

ole enää käytettävissä eikä tutkijoilla ole ollut muutenkaan mahdollisuutta perehtyä kyseiseen autoon. On myös mahdollista, että vika on ollut täysin mekaaninen.

1.3.2 Mercedes Benz, vuosimalli 1997

Kuljettaja on kertonut, että 125 000 km ajetulla autolla tapahtui jarrujen katoaminen noin puoli tuntia ennen Heinolassa tapahtunutta bussionnettomuutta ja hyvin lähellä kyseistä onnettomuuspaikkaa. Kuljettaja oli ennen Heinolassa tekemäänsä jarrutusta ajanut yhtäjaksoisesti yli 100 km jarruttamatta.

Jarrutettaessa ei tuntunut mainittavaa hidastuvuutta ennen kuin useiden polkaisujen jälkeen. Poljintuntuma oli normaali.

Tämä ja muutamat muut kostealla tiellä lämpötilan ollessa vähän nollan yläpuolella tapahtuneet vastaavat tapahtumat viittaavat mekaaniseen vikaan. Mahdollisia vikoja ovat pyöräjarrukomponenttien jäätyminen ja toisaalta tiestä irronneen asfaltin aiheuttama kitkahäviö jarrulevyjen ja jarrupalojen välillä.

1.3.3 Opel Vectra, vuosimalli 1998

Kuljettaja on kertonut, että autossa oli ensimmäisten 10 000 ajokilometrin aikana tapahtunut 3-4 jarrujen katoamista, joista kaksi alle -10°C lämpötilassa.

Auton säilytyspaikkana on kylmä autotalli. Jarrujen katoamisia on tapahtunut, kun sää on ollut lämpenemässä. Lämpötila oli noussut -20 asteesta -10 asteeseen. Jarrut ovat olleet kadoksissa heti liikkeellelähdon jälkeen. Kun ne on saatu pumppaamalla pitämään, ne ovat jääneet laahaamaan.

Autoon on vaihdettu alipainepumppu, mutta pumpun vaihdon jälkeen tapahtuma on toistunut, nyt noin nollan asteen lämpötilassa. Autoon on tämän jälkeen vaihdettu pääsylinteri. Pääsylinterin vaihdon jälkeen ei ole havaittu jarrujen häviämistä.

1.3.4 Opel Omega, vuosimalli 1998

Kuljettaja on kertonut, että autosta hävisivät jarrut kaksi kertaa ajoon lähdon jälkeen. Molemmilla havaintokerroilla nopeus on ollut noin 30 km/h. Uudelleen jarrutettaessa jarrut ovat toimineet normaalisti. Kummallakin kerralla lämpötila on ollut noin -10°C .

Kolmas jarrujen häviäminen on tapahtunut ilman lämpötilan ollessa -2°C . Auto oli seisäyt noin 20 minuuttia edellisen ajokerran jälkeen. Liikkeellelähdon jälkeen noin 30 km/h nopeudessa tapahtuneessa jarrutuksessa ei tapahtunut havaittavaa hidastumista.

Vika ei ole toistunut pääsylinterin vaihdon jälkeen.

Kahdessa Opel-henkilöautoja koskevassa esimerkkitapauksessa vika on ilmeisesti ollut mekaaninen. On sattumaa, että esimerkkitapaukset ovat samanmerkkisiä. Valtaosa autojen valmistajista käyttää samojen alihankkijoiden valmistamia komponentteja.

2 ABS-JARRUONGELMIIN LIITTYVIÄ ASIAANTUNTIJOIDEN KÄSITYKSIÄ

Tutkimuksen aikana on haastateltu useita korjaamopäälliköitä, huoltokouluttajia ja muita alan asiantuntijoita.

Keskisuuren linja-autoyrietyksen korjaamopäällikkö kiinnitti huomiota Scanioiden imuilman sisäänottoon. Hänen käsityksensä mukaan 2- ja 3- sarjan linja-autojen imuilman sisäänoton siirtäminen kuivempaan paikkaan vähentää ratkaisevasti jarrujen kosteusongelmia. Ilma voidaan ottaa esim. moottorilasta tai matkatavaratilasta erillistä imusuodatinta käyttäen.

Ainakin Lahden Autokori Oy:n korittamissa 4-sarjan Scania linja-autoissa muutos on toteutettu siten, että moottorin imuilma otetaan auton takaa melko korkealta eikä enää matalalta takapyörän takaa. Kosteusongelmista ei ole tutkijoiden tietoon tullut näitä malleja koskevia valituksia.

Toisen keskisuuren linja-autoyrietyksen korjaamopäällikkö kiinnitti huomiota yksitorni-kuivaimen toimintatiheyteen. Jos auton ilmankulutus on esim. ilmajousituksen vuoksi suuri, latausvaihe kestää joskus niin kauan, ettei kuivain kykene imemään kaikkea kosteutta eikä välttämättä myöskään kuivaamaan itseään kunnolla. Asiaa voidaan auttaa ilmankuivaimen lisäsäiliöllä.

Useat raskaan kaluston koulutustehtävissä työskentelevät asiantuntijat ovat kiinnittäneet huomiota paineilmalaitteiden jäätymisongelmiin. Paineilmalaitteiden ajoviimasuojaukseen olisi kiinnitettävä nykyistä enemmän huomiota

Ilmankuivaimen toimintaa on tarkkailtava säännöllisesti ja tarvittaessa sen huoltoväliä lyhennettävä. Kuljettajia olisi koulutettava entistä paremmin ymmärtämään ajoneuvon rakennetta ja toimintaa ja huolehtimaan ajoneuvojensa teknisestä kunnosta. Kuljettajien pitäisi osata mm. seurata ilmankuivaimen toimintaa sen toimintaäänien perusteella. Jäätymisongelmien kannalta vaarallisin lämpötila-alue on 0°C molemmin puolin.

Paineilmaputkistojen jäätymisongelmat syntyvät helposti paikoissa, joissa on kuristuksia, metallisia liittimiä tai muita epäjatkuvuuskohtia. Paineilmaputkistojen suunnittelussa ja asennuksessa onkin kiinnitettävä huomiota siihen, ettei tehdä tarpeettomasti jyrkkiä mutkia tai muita sellaisia kohtia, joissa virtauksen nopeus tai suunta muuttuu äkillisesti.

Muutamit kouluttajat kiinnittivät huomiota myös signaalihoitimien suojaukseen ja sijoitukseen lisäasennuksia tehtäessä.

Heinolan linja-auto-onnettomuuden tutkintalautakunnan jäsenet ovat perusteellisesti tarkastaneet onnettomuudessa olleen linja-auton. Tarkastus on tehty toisen linja-autoyrietyksen korjaamolla. Korjaamon henkilöstö on avustanut tutkimuksessa.

Tutkimuksissa autosta ei ole löydetty sen laatuista teknistä vikaa, joka olisi saattanut aiheuttaa tutkinnan kohteena olevan onnettomuuden. Tutkimuksissa kävi myös ilmi, että linja-auton paineilmajärjestelmä oli kuiva.



Yhteenvetona voidaan todeta, että jarrujärjestelmissä esiintyvät viat ovat ajosuoritteeseen nähden harvinaisia. Suurin syy esiintyviin vikoihin on paineilmajärjestelmään pääsevä kosteus ja siitä aiheutuvat jäätymisongelmat.

3 KENTTÄKOKEET

3.1 Kokeiden tavoite

Useat kansalaiset olivat esittäneet tutkintalautakunnalle epäilyksiä, että yhtäältä sähkölinjojen ja vastaavien aiheuttamat sähkömagneettiset kentät ja toisaalta matkapuhelimet voisivat häiritä ABS-jarrujärjestelmän toimintaa. Tämän vuoksi tutkintalautakunta järjesti 14-15.6.1999 Muhoksella koesarjan, jossa näiden ilmiöiden mahdollisia vaikutuksia ABS-jarrujärjestelmän toimintaan tutkittiin oskilloskooppimittausten avulla.

Sähkömagneettisten kenttien vaikutusta tutkittaessa tutkintaryhmää avustivat johdantojaksossa mainitut asiantuntijat Fortum Service Oy:stä ja matkapuhelinten vaikutusta tutkittaessa asiantuntijat Nokia Oy:stä. Kokeissa käytettiin A. Mörö Oy:n omistamaa linja-autoa KFR-782 joka oli Heinolan onnettomuusauton kanssa samanmallinen ja lähes samanikäinen 3-sarjan Scania. Kokeissa auton kuljettajana toimi A. Mörö Oy:n kuljetuspäällikkö Pertti Koivu.

3.2 Suoritettut kokeet, mittauspaikat ja olosuhteet.

- Muhoksella tehtiin 14-15.6.1999 linja-auton ABS-jarrujärjestelmään koesarja. Kokeissa käytetty A.Mörö Oy:n Scania 113 linja-auto KFR-782 oli ABS-järjestelmänsä osalta samantyyppinen kuin Heinolassa 17.4.1999 tapahtuneessa liikenneonnettomuudessa ollut auto.
- ABS-järjestelmän yleismittaritarkastus tehtiin Scanian korjaamo-ohjeen mukaisesti. Mittavälineinä olivat Fluke 12 -yleismittari ja Mercedes-Benz-merkillä varustettu 35-napainen liitinadapteri, joka voidaan kytkeä sekä ABS-ohjainyksikköön että siitä lähtevän johtosarjan liittimeen samanaikaisesti.
- Edellä mainittua liitinadapteria käyttäen kytkettiin AD-AC100, AD-AC200 ja Fc-05 mittalaitteet vuorotellen ajoneuvoon.
- Mittalaite AD-AC100 on tarkkuusmittalaite, jonka erottelukyky 24 voltin mittauksessa on noin 6 mV. Mittaustulokset tulevat suoraan mikrotietokoneen ohjelmaan. Tulosten tallennus tapahtuu tietokoneen kovalevylle. Dynamometrimittaus ja magneettiventtiilimittaukset tehtiin AD-AC100 mittalaitteella.
- Mittalaite AD-AC200 on nopea digitaalinen oskilloskooppi, joka mittaa tuloksen omaan muistiinsa mikrotietokoneen näyttäessä tulokset. Pyöränantureiden signaalimittaukset tehtiin AD-AC200 mittalaitteella.
- Mittalaite Fc-05 on taajuusmittari, joka mittaa signaalitaajuutta. Tulokset tallentuvat tietokoneen muistiin. Hidastuvuusmittaukset tehtiin Fc-05 mittalaitteella.

- Mittaukset tapahtuivat kaikissa tapauksissa suoraan johtosarjasta jännitesignaaleina. Mitattiin johtimissa esiintyvät signaalit. Mittausjärjestelmän toimivuus todettiin tarkastamalla kaikki ABS-anturisignaalit dynamometrillä pyöriä pyörittäen.
- Ajonaikaiset pyöräkohtaiset anturisignaalit mitattiin maantiellä 8300 välillä Pyhäkoski-Pälli. Voimalinjan alla tehdyt mittaukset tehtiin Pyhäkosken voimalaitokselta pohjoiseen lähtevien 400 kV voimalinjojen alla ja vertailumittaukset noin 1 km päässä niistä. Kokeet tehtiin ajamalla autoa eri nopeuksilla. Mittaustulokset tallennettiin mittausohjelman tietokantaan.
- ABS-magneettiventtiilien toimintesignaalit mitattiin Oulujoen eteläpuolisella soratiellä välillä Pyhäkoski-Pälli. Voimalinjan alla tehdyt testijarrutukset tehtiin Pyhäkosken voimalaitoksesta etelään lähtevien 400 kV voimalinjojen alla ja vertailukokeet yli 1 km päässä niistä. Tiealusta oli kovapintainen ja kuiva soratie, jonka keskikohta oli lähes puhdas irtokivistä, mutta reuna-alueella irtokiviä oli runsaasti. Testi tehtiin painamalla jarrupoljin nopeasti pohjaan noin 40 km/h nopeudessa vasemmanpuoleisten pyörien ollessa tien keskialueella ja oikeanpuoleisten pyörien ollessa tien reunassa, jossa oli irtokiviä. Testin aikana mitattiin ja tallennettiin tietokantaan ABS-magneettiventtiilien pito- ja tyhjennystoimintojen käämeihin vaikuttava jännite.
- Pyöräkohtaisten hidastuvuuksien mittaaminen lukkojarrutuksessa tehtiin samoissa paikoissa ja samalla tavalla kuin ABS-magneettiventtiilien toiminnan testauskin. Testin aikana mitattiin pyöräkohtaista ABS-anturisignaalitaajuutta ja sen muutosta. Anturisignaalitaajuus kertoo pyörän pyörintänopeuden ja sen vaihtelut.
- Samaa kytkentää käyttäen mitattiin maantie 8300:lla pyöräkohtainen hidastuvuus tavanomaisessa jarrutuksessa, jossa hidastuvuus on niin pieni, ettei ABS-järjestelmä siihen reagoi.
- Matkapuhelinoperaattoreiden kanssa sovituin järjestelyin saatiin normaalia matkapuhelinverkkoa kuormittamatta testiajoneuvon läheisyyteen kymmentä erityyppistä matkapuhelinta varten tarvittava yhteysignaalikenttä. Testipuhelimista kaksi oli NMT 450, kaksi NMT 900 ja kuusi erityyppisiä GSM-puhelimia. Aktivoituja puhelimia kuljetettiin johtosarjojen, antureiden ja ABS-ohjainyksikön läheisyydessä ABS-signaalianturi ja ABS-magneettiventtiilimittausten ollessa koko ajan kytkettyinä. Kokeen lopuksi soitettiin johtosarjan läheisyydessä olevalla Radiolinjan liittymää käyttävällä Nokia 1611 matkapuhelimella ABS-yksikön läheisyydessä olleeseen Soneran liittymää käyttäneeseen Nokia 5110 matkapuhelimeen normaalin verkon kautta. Testi toistettiin ajoneuvon liikkeessä noin 30 km/h nopeudella.

3.3 Mittaukset

3.3.1 ABS-järjestelmän yleismittaritarkastus

Ennen muita mittauksia tehtiin testiajoneuvoon Scanian korjaamo-ohjeen mukainen ABS-järjestelmän tarkastus, jossa mitattiin virransyötöt, pyöränantureiden ja ABS-magneettiventtiilien vastukset ja maavuodot. Pyöränantureiden ja magneettiventtiilien

toiminta tarkastettiin. ABS:n sisäinen vilkkukoodi purettiin. Oskilloskooppimittaukset osoittavat anturisignaalien olevan kunnossa. Vikakoodi on jäänyt voimaan joskus aikaisemmin eikä sitä ollut purettu ennen 14.6.1999 tehtyä testiä.

Esivalmistelut:

Mittauspaikka ja -päivä:	Muhos 14.6.1999
Mittaajat:	Matti Vatanen ja Pertti Mikkonen
Auton merkki ja malli:	Scania 113
Rekisterinumero:	KFR- 782
ABS-järjestelmän tyyppi:	Bosch Gamma

Vilkkukoodien tarkastus:

Löydetty 2 - 4 - 3 , kaukana olevat anturit vasemmassa etu- ja oikeassa takapyörässä.

Syöttöjännite:

piiri 1 (nasta 1):	24,16 V
piiri 2 (nasta 19):	24,20 V

Magneettiventtiilit:

Pitiventtiilin resistanssi (Ω):	15,3	15,3	16,4	15,8
Tyhjennysventtiilien resistanssi:	15,3	15,2	16,5	15,8
Ohjearvo:	10-20 Ω			
Pitiventtiilin toiminta	kunnossa	kunnossa	kunnossa	kunnossa
Tyhjennysventtiilin toiminta	kunnossa	kunnossa	kunnossa	kunnossa

Ajonopeustunnistimet:

	VE	OE	VT	OT
Resistanssi maahan (M Ω):	∞	∞	∞	∞
Tunnistimen resistanssi(k Ω):	1,68	1,75	1,23	1,23
Ohjearvo:	edessä 1,65-1,85, takana 0,95-1,45			
Jännite dynamometrinopeudella (V):	0,73	0,82	0,20	0,16

VE = vasen etupyörä

OE = oikea etupyörä

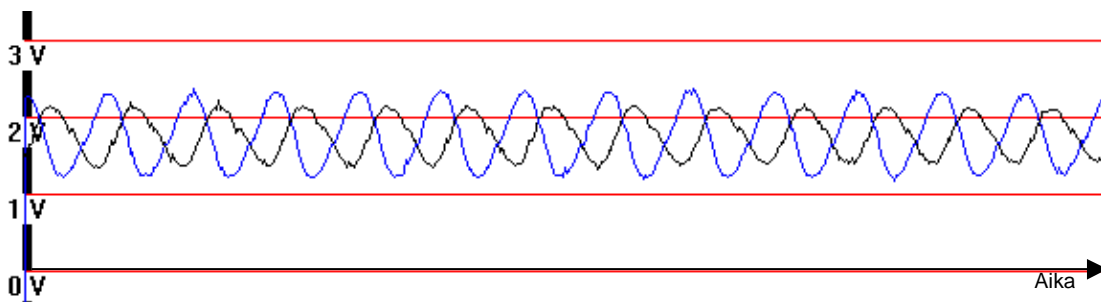
VT = vasen takapyörä

OT = oikea takapyörä

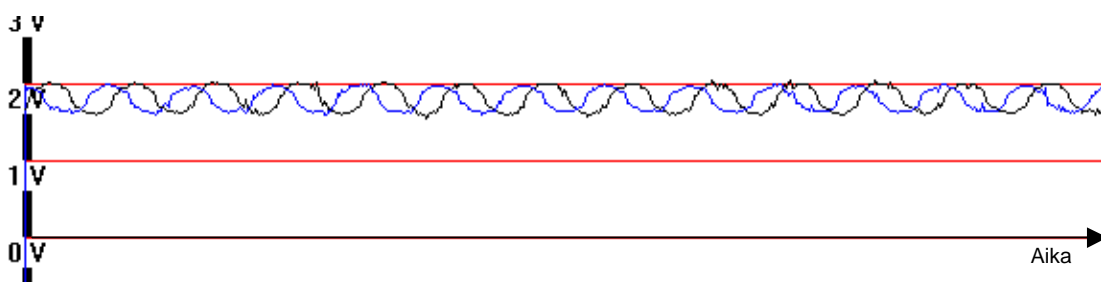
3.3.2 Pyöräanturisignaalien mittaaminen dynamometriä käyttäen

Mittauksissa havaittiin, että testiajoneuvon taka-akselilla oli 1,2 k Ω :n anturit. Etuakselilla oli 1,7 k Ω :n anturit. Boschilta saadun tiedon mukaan Bosch Gamma ABS-järjestelmän mukana on toimitettu vain takapyöräanturit. Boschin kirjallisuus ei tunne etupyöräantureiden varaosanumeroa. Scan Autosta saadun tiedon mukaan 3-sarjan linja-autojen etupyörissä on käytetty Wabco-antureita. Bosch-antureiden vastusarvo on aina noin 1,2 k Ω . Wabco-antureiden vastusarvo oli aluksi 1,2 k Ω , mutta 1990-luvun alkupuolella käytettiin jonkin aikaa 1,7 k Ω antureita. Wabco D-elektronikassa käytetään jälleen 1,2 k Ω antureita. Testitulokset on vuosimallia 1993 olevassa Scania 3-sarjan linja-autossa alun perin asennettuna olevan järjestelmän mukainen.

Kuvista 1 ja 2 havaitaan, että signaalit tulevat kaikista pyöristä samalla taajuudella. Mustalla piirtyvä vasemman etupyörän signaali on jännitetasoltaan hieman sinisellä piirtyvää oikean etupyörän signaalia heikompi. Pyöräanturi on todennäköisesti vasemmassa pyörässä hieman kauempana ABS-hammaskehästä kuin oikeassa, mutta ei kuitenkaan liian kaukana riittävän signaalin muodostamiseksi. Ero voi johtua myös vasemman ja oikean pyöräanturin ominaisuuksien erosta.



Kuva 1. Etupyöräanturien nopeussignaalit



Kuva 2. Takapyöräanturien nopeussignaalit

Takapyöräanturien signaalit ovat samalla nopeudella mitattuina jännitetasoltaan huomattavasti etupyöräanturien signaaleja heikommat. Testitulokset osoittavat, ettei ABS-antureiden erilaisilla vastusarvoilla ole vaikutusta ABS:n toimintaan.

Dynamometrillä tehdyissä mittauksissa havaitaan keskimääräisen jännitetaso olevan noin 1,7 V. Jännitevaihtelu on koko ajan etupyörissä alle 1 V ja takapyörissä noin 0,2 V. Mittaukset kyseisessä testissä on tehty pyöräanturin mittapään ja ajoneuvon maan väliltä.

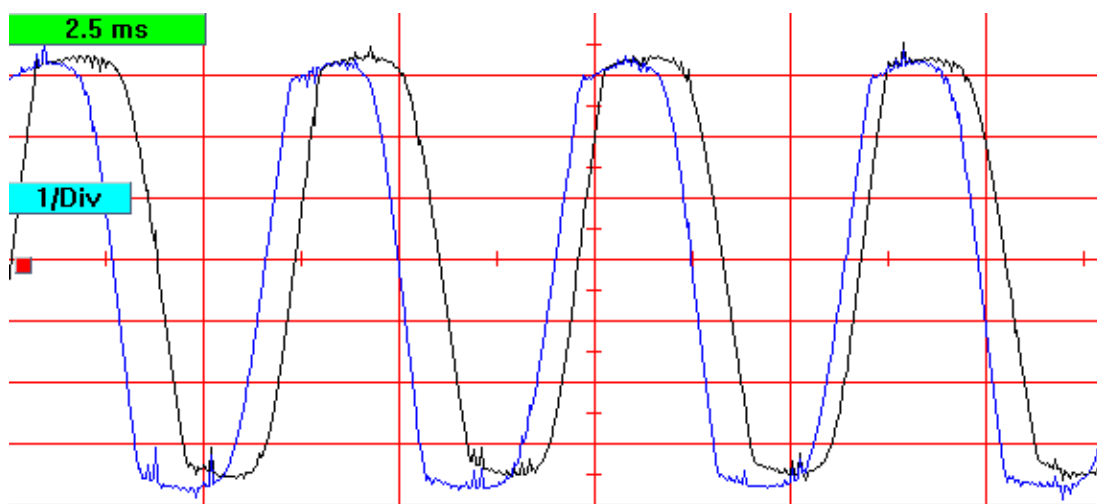
Sekä yleismittaritestistä että oskilloskooppikuvasta voidaan havaita vasemman ja oikean etupyörän signaalitasojen välinen ero.

Tässä havaittu 1,7 V jännite on ilmeisesti tässä järjestelmässä itsediagnoosiominaisuuksien vuoksi. Itsediagnoosilla tarkoitetaan ohjainlaitteen ohjelmaa, joka etsii vikoja ja ilmoittaa ne sitten mekaanikolle joko vilkkukoodeilla tai testilaitteella. Jos itsediagnoosi havaitsee järjestelmässä suuren vian, esim. pyörän nopeussignaalin puuttumisen, ohjainlaite kytkee ABS-toiminnan pois. Tällöin toimivat auton jarrut normaalisti ilman lukkiutumisenestoa.

3.3.3 Ajonaikaisten pyöräanturisygnaalien mittaaminen

Nopeus 30 km/h, etupyörät, koe 1

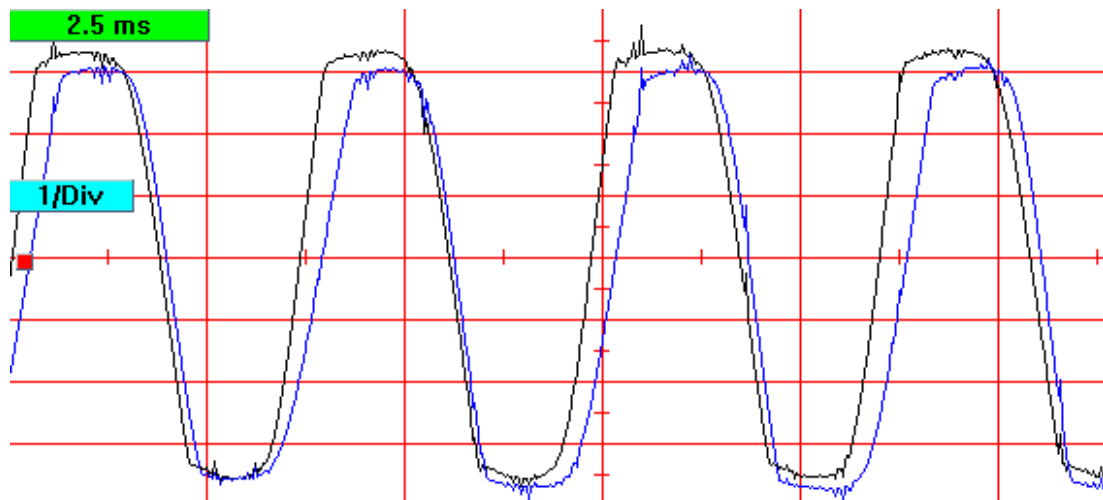
Kuvasta 3 näkyvät signaalit on mitattu pyöräantureiden antureiden väliltä, ei ajoneuvon maan ja anturin navan väliltä, kuten edellä kuvatussa jarrudynamometrillä suoritetussa testissä. Havaitaan, että jännitetaso vaihtelee noin 3 V nollatason molemmin puolin. Testi tehtiin tarkoituksellisesti kaarteessa pyörien pyörimisnopeuksien erojen aikaansaamiseksi. Kuvasta käy ilmi, että sinisellä piirtyvä oikean etupyörän signaali on taajuudeltaan korkeampi. Ulkokaarteeseen puoleisen pyörän pyörimisnopeus on sisäkaarteeseen puoleisen pyörän nopeutta suurempi.



Kuva 3. Etupyörien nopeusanturien pyöräkohtaiset signaalit ajettaessa kaarteessa nopeudella 30 km/h (koe 1).

Nopeus 30 km/h, etupyörät, koe 2

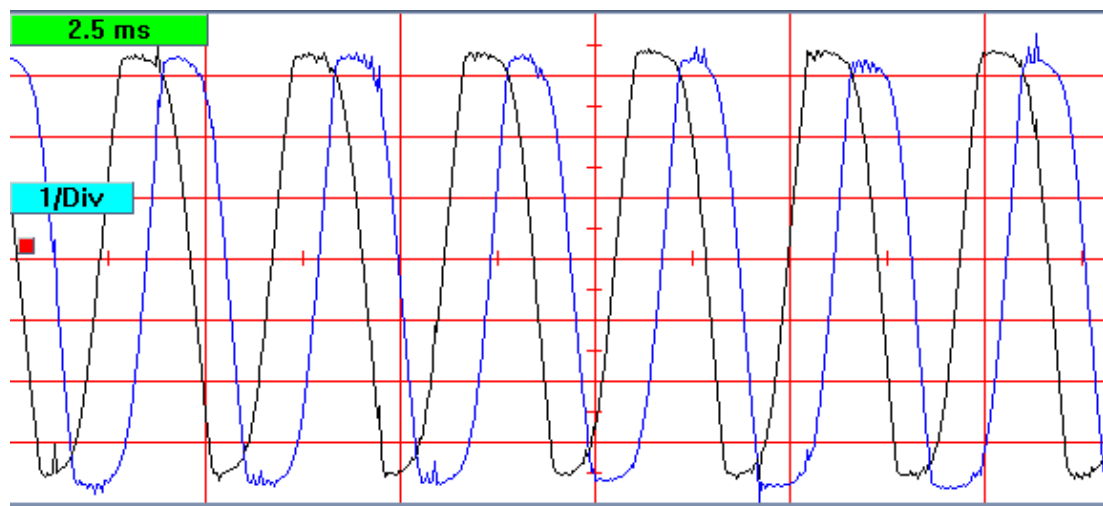
Kuvassa 4 on sama mittaus toistettu kaarteen jälkeisellä suoralla. Signaalimuodoissa havaitaan pieniä eroja, jotka johtunevat anturien yksilöllisistä ominaisuuksista. Taajuus on molemmin puolin lähes yhtä suuri.



Kuva 4. Etupyörien nopeusanturien pyöräkohtaiset signaalit ajettaessa suoraan nopeudella 30 km/h (koe 2).

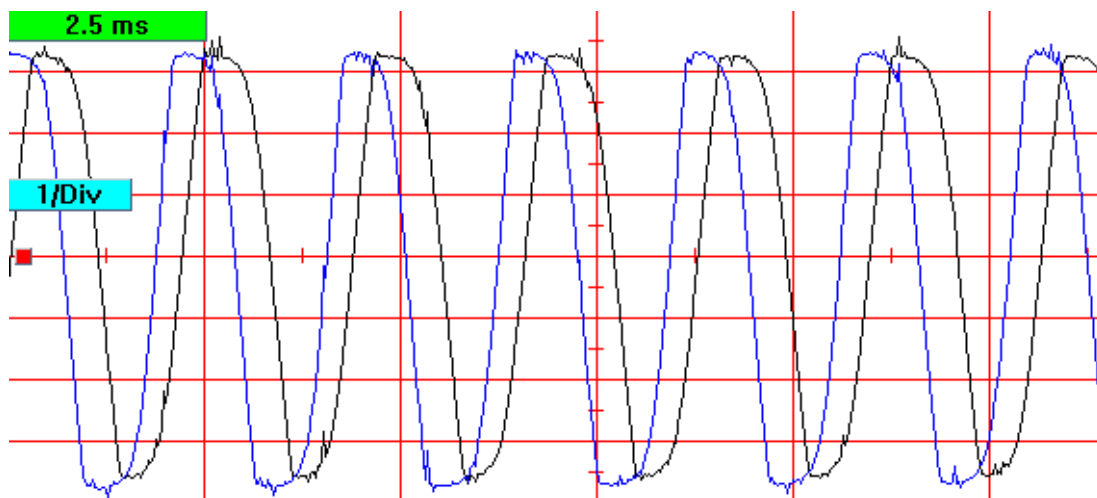
Nopeus 50 km/h, etupyörät, koe 1

Kuvista 5 ja 6 havaitaan, ettei nopeuden nosto enää kasvata jännitettä. Sen sijaan taajuus kasvaa. Anturijännite saavuttaa maksimiarvonsa alle 30 km/h nopeudella.



Kuva 5. Etupyörien nopeusanturien pyöräkohtaiset signaalit ajettaessa suoraan nopeudella 50 km/h (koe 1).

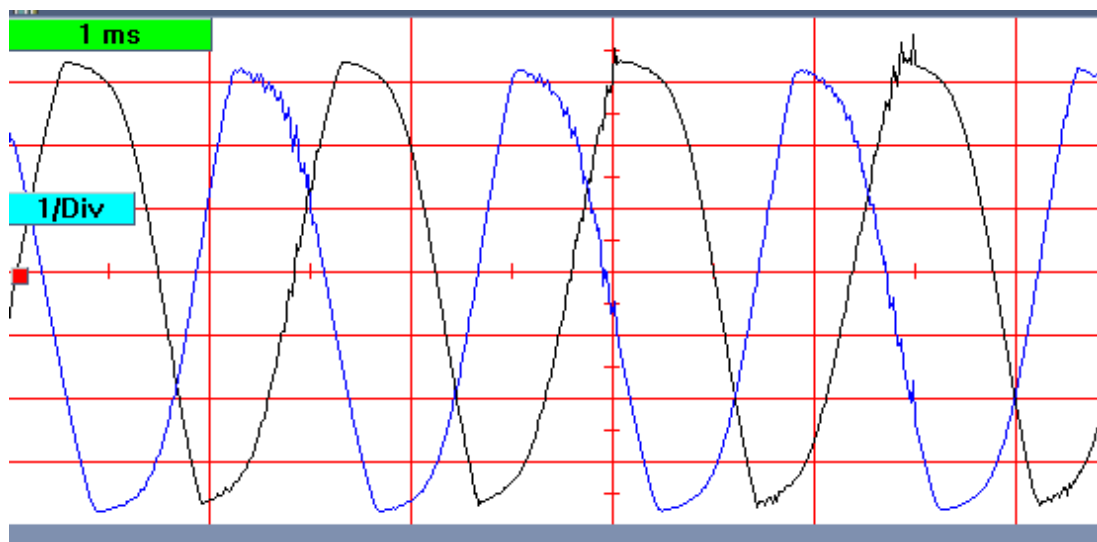
Nopeus 50 km/h, etupyörät, koe 2



Kuva 6. Etupyörien nopeusanturien pyöräkohtaiset signaalit ajettaessa suoraan nopeudella 50 km/h (koe 2).

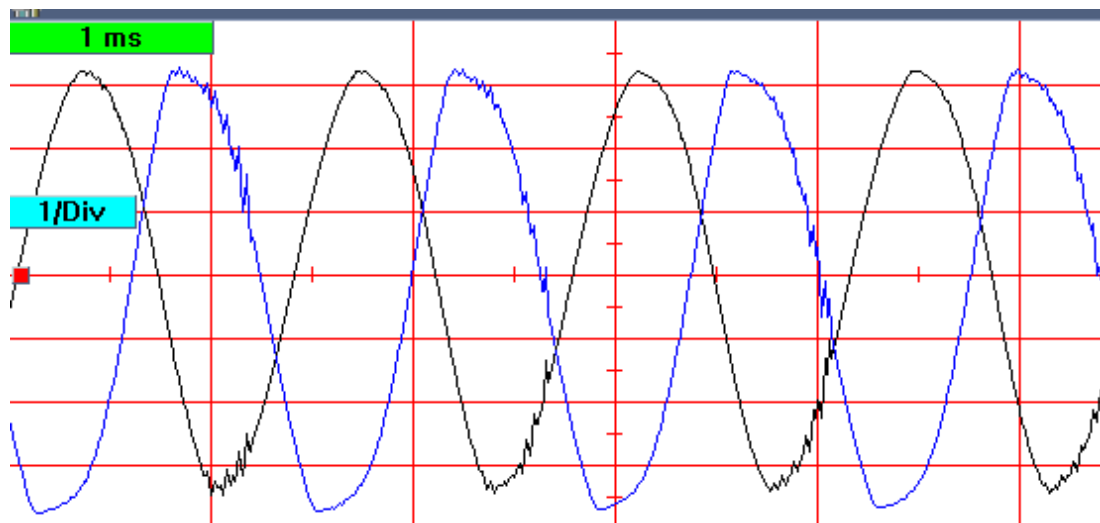
Kuvissa 7-10 kokeet on toistettu käyttäen nopeutta 80 km/h. Kuvien lukukelpoisuuden parantamiseksi kuvissa 7-10 on käytetty 1 ms mitta-asteikkoa aikaisemmin käytetyn 2,5 ms mitta-asteikon sijasta.

Nopeus 80 km/h, etupyörät, koe 1



Kuva 7. Etupyörien nopeusanturien pyöräkohtaiset signaalit ajettaessa suoraan nopeudella 80 km/h (koe 1).

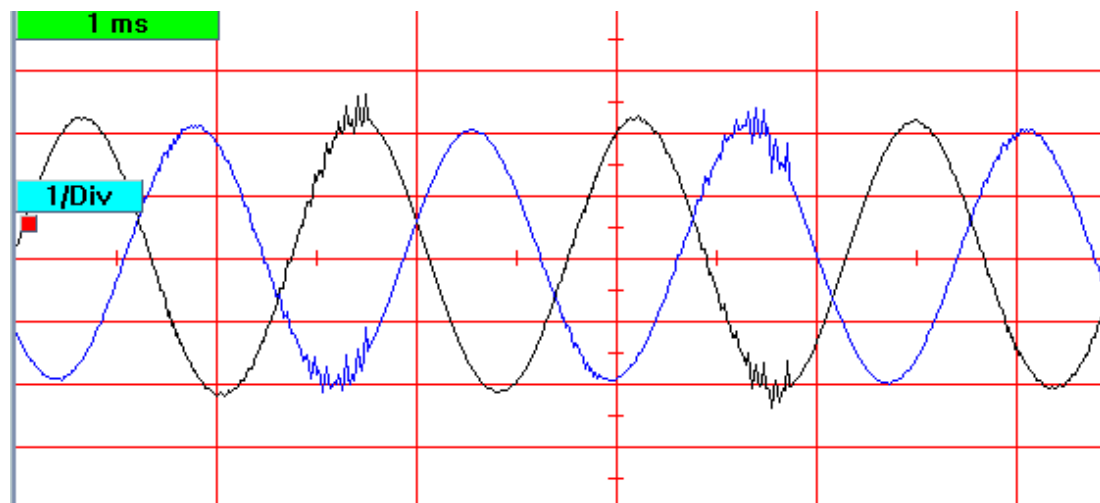
Nopeus 80 km/h, etupyörät, koe 2



Kuva 8. Etupyörien nopeusanturien pyöräkohtaiset signaalit ajettaessa suoraan nopeudella 80 km/h (koe 2).

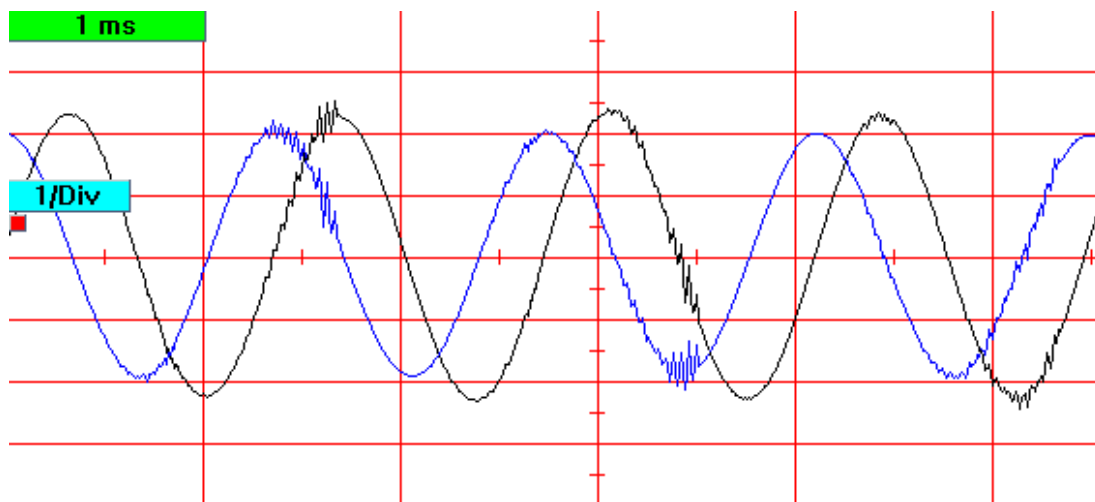
Kuvista 9 ja 10 havaitaan, että takapyörien anturisignaalit ovat jännitetasoltaan etupyörien signaaleja heikkomat. Ero johtuu erilaisista pyöräantureista testiajoneuvon etu- ja taka-akseleilla.

Nopeus 80 km/h, takapyörät, koe 1



Kuva 9. Takapyörien nopeusanturien pyöräkohtaiset signaalit ajettaessa suoraan nopeudella 80 km/h (koe 1).

Nopeus 80 km/h, takapyörät, koe 2



Kuva 10. Takapyörien nopeusanturien pyöräkohtaiset signaalit ajettaessa suoraan nopeudella 80 km/h (koe 2).

Anturipiireissä ei havaittu mitattavissa olevaa jännitettä auton seistessä paikallaan 400 kV voimalinjan alla. Voimalinjan alta ajettaessa ei havaittu signaalimuutoksia.

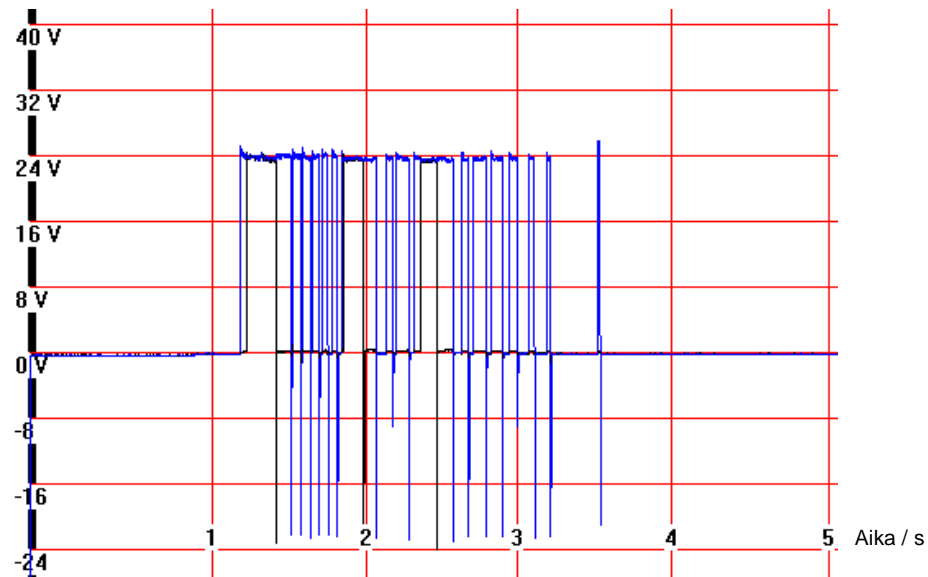
3.3.4 ABS-magneettiventtiilien toiminnan sähköinen mittaus

ABS-magneettiventtiilien signaalikuvaajat on esitetty kuvissa 11-14. Jokainen pyörä on mitattu erikseen. Kuvissa on oleellista todeta venttiilien toiminta. Mittauksen aloittamista ei ole tahdistettu jarrupolkimen painamiseen.

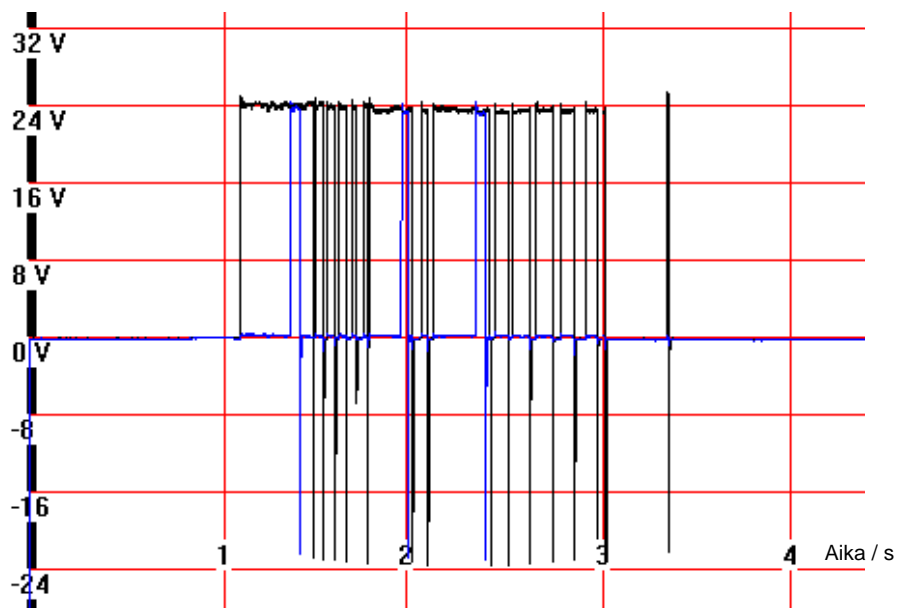
Kaikissa kuvissa pitoventtiili on piirtynyt sinisenä ja tyhjennysventtiili mustana. Tyhjennysventtiili ei voi tulla jännitteelliseksi, ellei pitoventtiili ole jännitteellinen. Samanaikainen jännite näkyy kuvissa mustana. Vasen etupyörä on toiminut pääasiassa pitoventtiilin varassa. Testit tehtiin kuivalla soratiellä ajouralla, jonka keskiosa oli lähes kivetön, mutta jonka reunaosalla oli runsaasti pieniä kiviä. Näissä olosuhteissa kitkakerroin tien keskiosalla oli huomattavasti reunaosaa suurempi.

Jarrukellopainetta ei mitattu testin aikana. Tarkoituksena oli keskittyä ABS-järjestelmän sähköisen toiminnan mittauksiin.

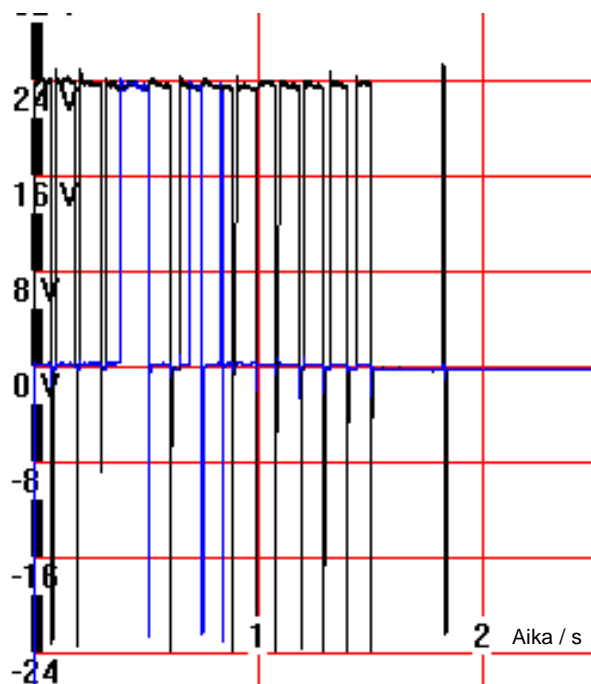
Kuvissa näkyy jokaisen jännitteenpudotuksen jälkeinen induktiopiikki.



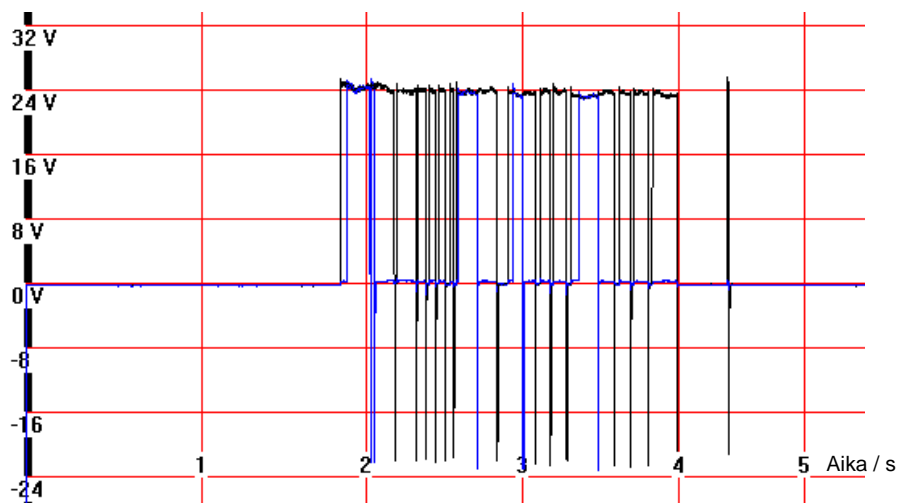
Kuva 11. Vasemman etupyörän ABS-magneettiventtiilin signaalit.



Kuva 12. Oikean etupyörän ABS-magneettiventtiilin signaalit.



Kuva 13. Vasemman takapyörän ABS-magneettiventtiilin signaalit.



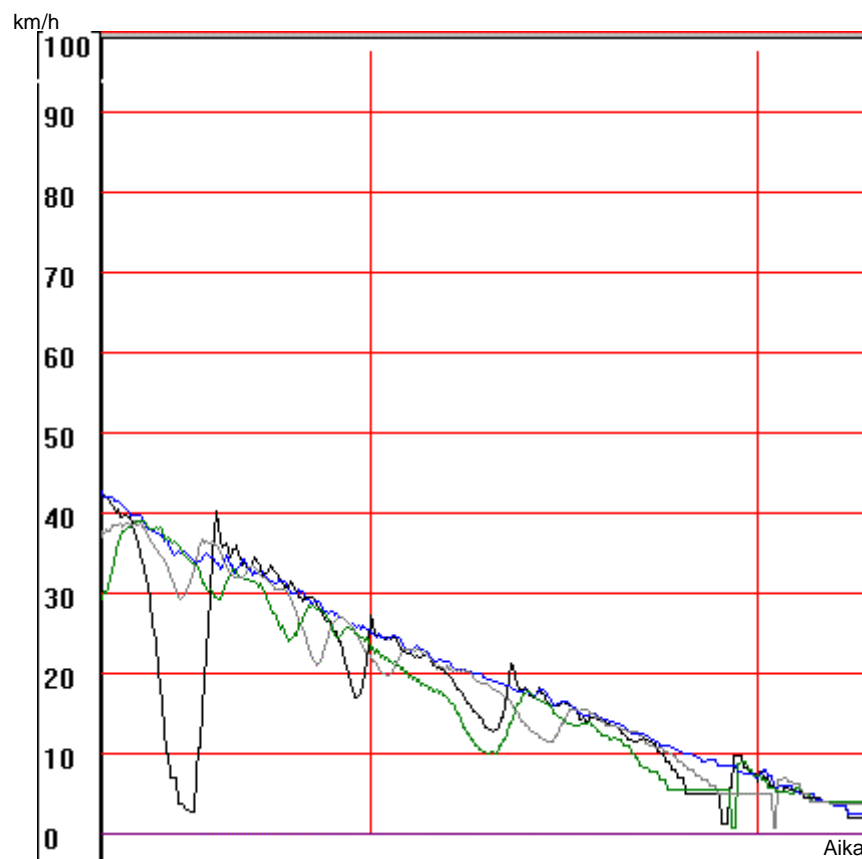
Kuva 14. Oikean takapyörän ABS-magneettiventtiilin signaalit.

Jännitteeltään 400 kV voimalinjan alla ja siitä noin 1 km:n päässä tehdyissä mittauksissa ei havaittu eroja ABS-magneettiventtiileiden toimintakuvaajissa.

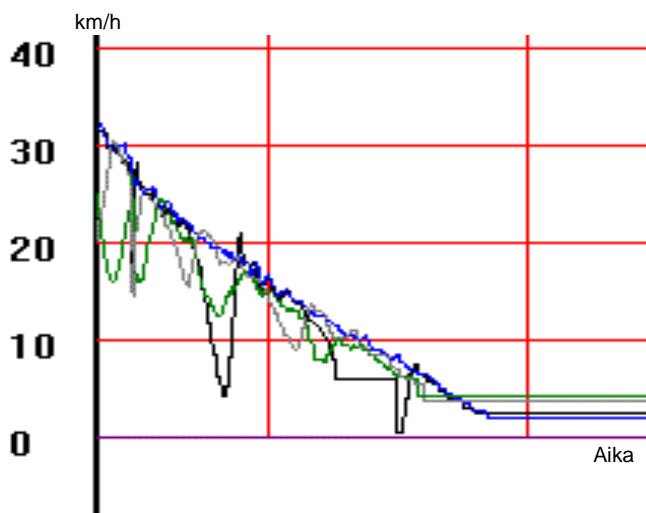
Voimalinjan alla tehdyissä mittauksissa ei havaittu käytettävissä olleilla laitteilla mitattavissa olevaa induktiota. Mittauksia tehtiin auton seistessä paikallaan voimalinjan alla ja vaihtelevilla nopeuksilla voimalinjan alta ajettaessa.

3.3.5 Pyöräkohtaisten hidastuvuuksien mittaaminen täysjarrutuksessa.

Kuvissa 15 ja 16 on esitetty etu- ja taka-akselin pyörien kehänopeudet ajan suhteen. Pyörien kehänopeudet on saatu ABS-anturien pulssitaajuudesta. Kuvaajista voi havaita, että yhdellä pyörällä on muita suurempi lukkiutumistaipumus. Tässä tapauksessa se johtuu tienpinnan erilaisuudesta vasemman ja oikean pyörän alla. Herkimmin lukkiutuva pyörä on oikea etupyörä. Takamoottorisessa linja-autossa taipumus jarrujen etupainoisuuteen on ilmeinen, jos auton etu- ja takajarrupiireissä on käytetty samanlaista jarrukellojen ja vipupituuksien mitoitusta. ABS-järjestelmä korjaa toimiessaan tätä taipumusta ja pyrkii säilyttämään auton ohjattavuuden myös tilanteissa, joissa ilman ABS-järjestelmää olevan auton etupyörät lukkiutuisivat.



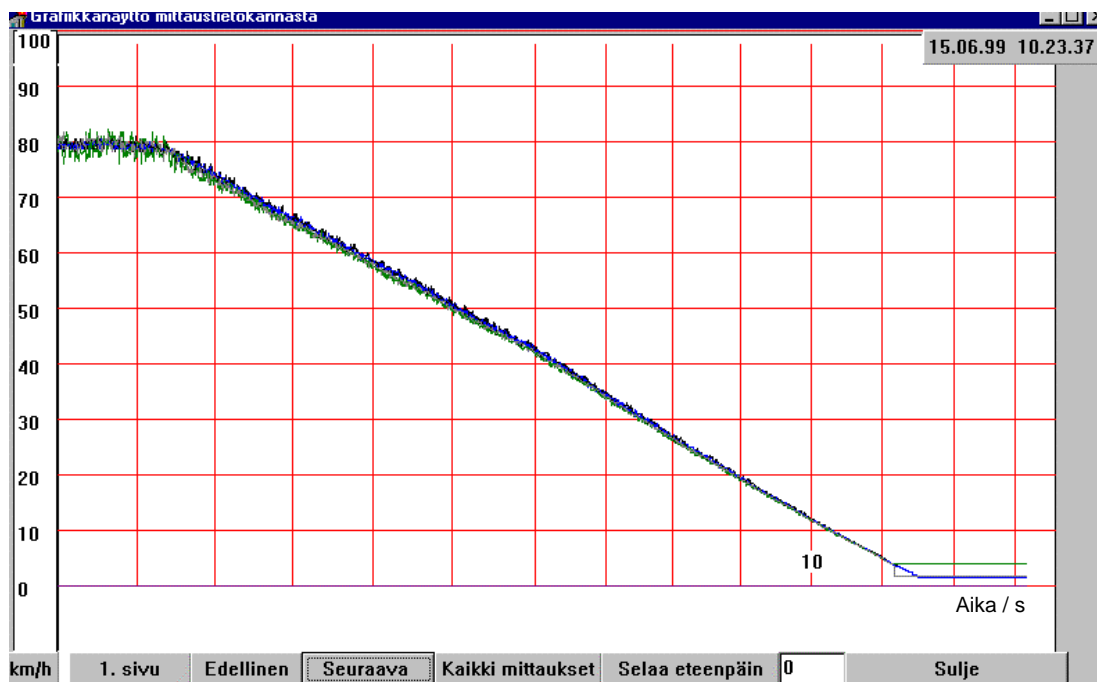
Kuva 15. Pyörien hidastuvuudet täysjarrutuksessa.



Kuva 16. Pyörien hidastuvuudet täysjarrutuksessa. Hidastuvuudet jarrutuksen lopussa.

3.3.6 Hidastuvuuden mittaaminen normaalijarrutuksessa.

Kokeen aikana mitattiin kahden pyörän anturisygnaalitaajuuksia jarrutettaessa autoa tavanomaisella hidastuvuudella nopeudesta 80 km/h pysähdyksiin saakka. Nopeus on hidastunut tasaisesti ja hidastuminen nopeudesta 80 km/h eli noin 22 m/s pysähdyksiin on kestänyt noin 10 sekuntia. Keskimääräinen hidastuvuus on ollut noin 2,2 m/s. Testi tehtiin kuivalla asfalttitiellä. Kuivan asfalttitiien ja renkaan välinen kitkakerroin on noin 0,8, joten jarrutus on voitu suorittaa ABS-toimintoja aktivoimatta (kuva 17).

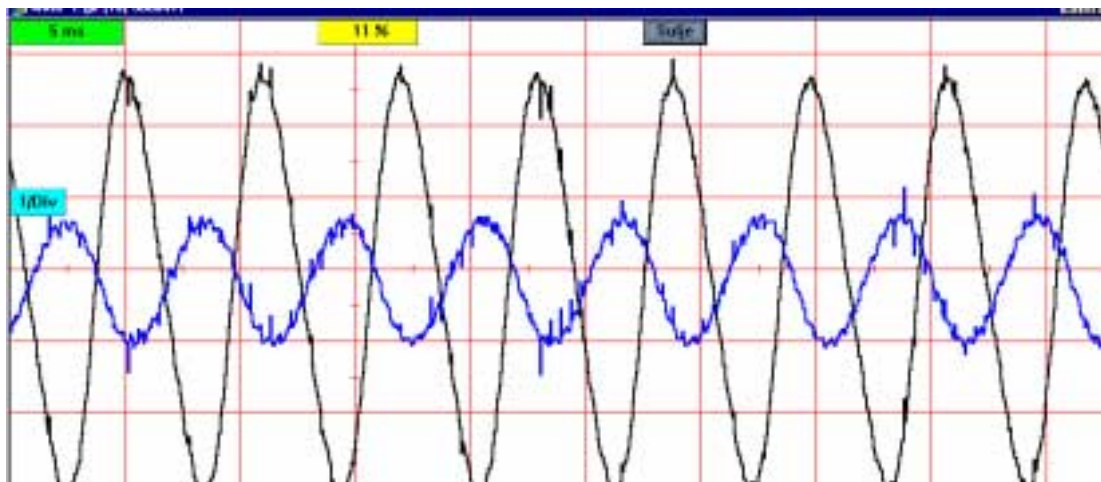


Kuva 17. Pyörien hidastuvuudet normaalijarrutuksessa.

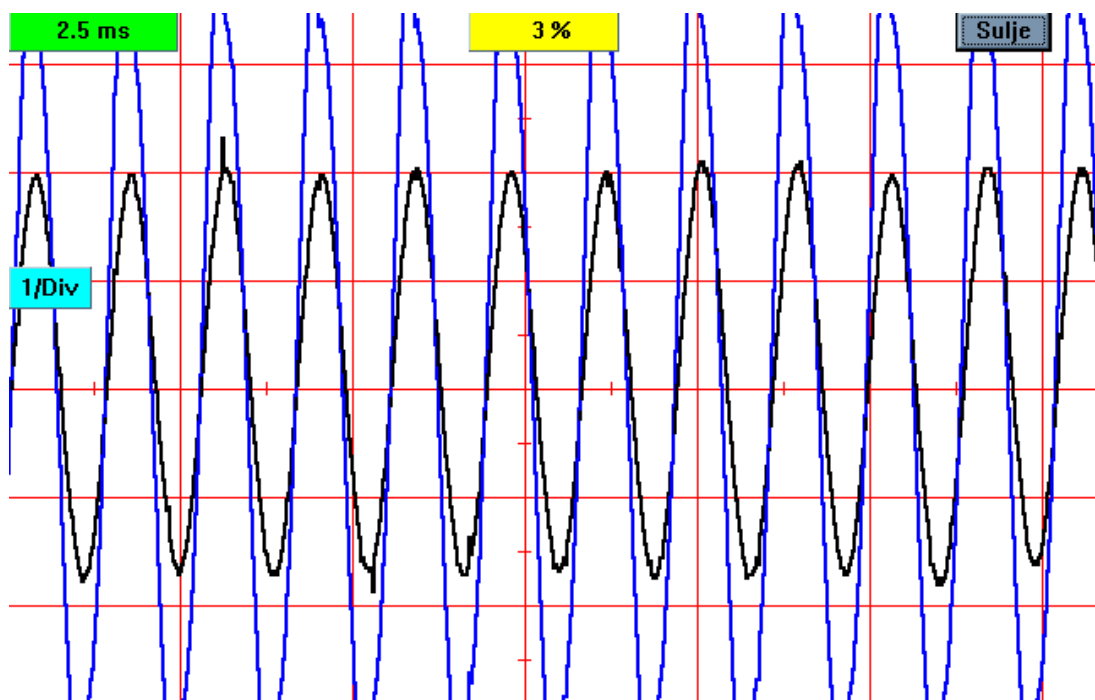
3.3.7 Signaalien mittaaminen voimalaitoksen sähköjakokentän alueella

Pyhäkosken voimalaitoksen sähköjakokentän alla kulkevalla voimalaitoksen yksityis-
tiellä mitattiin muutamia edellä kuvatuista signaaleista uudelleen. Mittaustuloksissa ei
havaittu eroja muihin samalle autolle tehtyihin mittauksiin verrattuna. Tässä esitetään
yhdestä etupyörästä ja yhdestä takapyörästä mitattu pyöräänturisignaali. Mittaus on
tehty paikassa, jossa silmämääräisesti arvioiden erisuuntaisia voimalinjoja oli eniten.

Kuvassa 18 esitetty mittaus on tehty noin 15-20 km/h nopeudella. Kuvassa 19 esitettyssä
mittauksessa nopeus on ollut noin 80 km/h.



Kuva 18. Yhden etu- ja yhden takapyörän nopeusanturin signaalit ajettaessa
sähköjakokentällä nopeudella 15-20 km/h.



Kuva 19. Yhden etu- ja yhden takapyörän nopeusanturin signaalit ajettaessa sähkönjakokentällä nopeudella noin 80 km/h.

3.3.8 Signaalien häirintä matkapuhelimilla

Testin tarkoituksena oli selvittää, aiheuttaako matkapuhelimen käyttö mahdollisesti häiriöitä Bosch Gamma ABS-järjestelmään kyseisessä linja-autossa. Koska onnettomuuden tapahtuessa Suomessa oli käytössä useita matkapuhelinjärjestelmiä, päätettiin testata seuraavat käytössä olevat järjestelmät: NMT 450, NMT 900, GSM 900 ja GSM 1800. Testin aikana käytetyt matkapuhelimet olivat ns. käsipuhelimia, jonka matkustajat tai kuljettaja voi helposti tuoda linja-autoon.

Matkapuhelinoperaattoreiden kanssa oli sovittu käytettävistä kanavista, jotta matkapuhelinliikenne ei testin aikana häiriinny.

Testi suoritettiin ensin linja-auton ollessa paikallaan seuraavasti: Aluksi matkapuhelin asetettiin halutulle kanavalle ja maksimilähetysteholle huolto-ohjelman avulla. Tämän jälkeen puhelinta kuljetettiin ensin matkustamossa, sitten ohjaamossa ja lopuksi johtosarjojen, antureiden ja ABS-ohjausyksikön läheisyydessä. Testien aikana ABS-signaalianturi- ja ABS-magneettiventtiilimittaus olivat koko ajan kytkettyinä ja käytössä. Testi suoritettiin jokaisella puhelimella erikseen ja viimeiseksi kaikkien puhelimien ollessa asetettuina yhtä aikaa suurimmalle lähetysteholle ja sijoitettuina ABS yksikön läheisyyteen. Lopputilanteessa käytössä oli yhtäaikaan kaksi NMT 450, kaksi NMT 900, kolme GSM 900 ja kolme GSM 1800 puhelinta.

Testi toistettiin ajoneuvon liikkeessä noin 30 km/h nopeudella, mutta puhelimia ei viety antureiden läheisyyteen. Kokeen lopuksi soitettiin johtosarjan läheisyydessä olevalla



Radiolinjan liittymää käyttävällä matkapuhelimella ABS-yksikön läheisyydessä olleeseen Soneran liittymää käyttäneeseen matkapuhelimeen normaalin verkon kautta.

Matkapuhelimien lähetysteho tarkastettiin ennen testiä ja testin jälkeen tehomittarilla ja testin aikana kentänvoimakkuusmittarilla, joka toimi indikaattorina lähettimen toiminnasta.

Saatujen tulosten perusteella voidaan päätellä, että testin aikana matkapuhelimilla ja puhelinverkkojen signaaleilla ei ollut vaikutusta Bosch Gamma ABS-järjestelmään kyseisessä linja-autossa.

4 SUOSITUKSET

Työryhmä esittää, että Heinolan linja-auto-onnettomuuden tutkintalautakunta sisällyttäisi tutkintaselostukseensa seuraavat autojen jarrujärjestelmiä koskevat suositukset.

4.1 Jarrujärjestelmiä koskeva koulutus

Edellä jaksossa 2.2.3 on kuvattu yksityiskohtaisesti erilaisia kuorma-autojen ja ajoneuvoyhdistelmien jarrujärjestelmissä esiintyviä ongelmia. Siitä käy ilmi, että ALB-venttiilien kuntoon olisi kiinnitettävä riittävästi huomiota.

Paineilmajarruilla varustettujen autojen ja niihin kytkettävien perävaunujen jarrulaitteista 29 päivänä kesäkuuta 1990 annetun liikenneministeriön päätöksen mukaan auton perävaunujarrutuksen ohjausventtiilissä saa esiintyä 0,5 bar paine-ennakko. Sama koskee perävaunujen pääjarruventtiileitä. Yhdistelmässä on mahdollista olla kokonaisuudessaan 1,0 bar paine-ennakko. Jos ajoneuvoyhdistelmää jarrutetaan esimerkiksi 1 bar paineella, tapahtuu perävaunussa 2 bar jarrutus. Autoista on mitattu jopa 1,6 bar todellisia paine-ennakoita. Katsastuksissa esiintyy alueellisia eroja.

Työryhmä esittää seuraavia suosituksia:

- 1) Moottoriajoneuvojen kuntoa valvovien viranomaisten koulutuksessa tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota jarrusovitusasioiden teoreettiseen ja käytännölliseen hallintaan.
- 2) Ammattikuljettajille olisi suunnattava tietoiskuja jarrujen toiminnasta sekä jarrujen sovituksesta ja jarrusovituksen vaikutuksista ajoneuvoyhdistelmän jarrutuskäyttämiseen.

4.2 Jarrujärjestelmissä käytettävät letkunkiristimet

Jarruletken liitoksiin sallittiin vuoteen 1999 saakka vain teräksisen letkunkiristimen käyttö. Tällä hetkellä voimassa olevan Ajoneuvohallintokeskuksen ohjeen mukaan sallitaan vain vastamutterilla varustettujen letkunkiristimien käyttö. Niihin liittyy kuitenkin se ongelma, että halkaisijaltaan liian suuria letkunkiristimiä käytettäessä kiristimen puolikkaat ottavat kiinni toisiinsa. Silmä määräisesti tarkasteltuna liitos vaikuttaa sinänsä asianmukaiselta, mutta kiristys saattaa silti olla riittämätön.

Liian suuren letkunkiristimen käyttö johtuu usein siitä, että asennuksen alussa sopivan kokoiselta tuntuva ja helposti asennettavissa oleva letkunkiristin saattaa olla liian suuri.

Ajneuvohallintokeskus perustelee vastamutterillisten kiristimien käyttöä sillä, että johtoruuvilla varustettuihin eli ns. vesiletkukiristimiin liittyy vaara ylikiristämiseen, jonka jälkeen riittävää kiristystä ei saada enää aikaan ja jarruletken irtoamisvaara on ilmeinen. Työryhmän lähinnä kokemusperäisen arvion mukaan turvallisuuden kannalta saattaisi



kuitenkin olla tarkoituksenmukaista käyttää ruostumattomasta teräksestä valmistettuja johtoruuvilla varustettuja letkunkiristimiä. Kiristimien tulee asennettaessa olla uusia ja letkun pään tulee olla ehjä. Alumiinisia letkunkiristimiä ei missään tapauksessa saa käyttää.

Työryhmä esittää seuraavaa suositusta:

- 3) Ajoneuvohallintokeskuksen olisi otettava autojen jarrujärjestelmissä olevia letkunkiristimiä koskevat ohjeensa tarkasteltaviksi ja tarvittaessa tehtävä niihin asianmukaiset muutokset.

Työryhmä on saanut tietoonsa, että Ajoneuvohallintokeskus on jo antanut ilmeisesti suullisesti letkunkiristimiä koskevan uuden ohjeen, jonka mukaan joitakin pelkällä johtoruuvilla varustettuja letkunkiristimiä voidaan sallia katsastuksessa jarruletkujen kiinnityksessä.