



Tutkintaselostus

C 5/1999 R

Tavaravaunun suistuminen kiskoilta Kiuruvedellä 16.3.1999

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.

TIIVISTELMÄ

Kiuruvedellä tapahtui tiistaina 16.3.1999 junaonnettomuus, jossa lisalmesta Ylivieskan kautta Kokkolaan kulkevan tavarajunan vaunu suistui kiskoilta. Onnettomuudessa vaurioituivat suistunut vaunu sekä rataa noin 5 km:n matkalta.

Junan ollessa noin 8 kilometrin päässä Kiuruveden asemalta juna 13:n vaunun taka-akselin oikea laakerointi juuttui, minkä seurauksena akseli katkesi. Akselin katkettua vaunun takapää putosi alemmaksi ja aiheutti etupyöräkerran nousemisen pois kiskoilta. Etupyöräkerta jatkoi kulkuaan kiskojen vasemmalla puolella. Kuljettuaan noin 5 kilometrin matkan kiskojen vierellä pyöräkerran oikea pyörä osui tasoristeyksen keskikanteen, jolloin vaunun etuosa kääntyi lisää vasemmalle. Tällöin junan jarrujohto katkesi ja junan jarrut kytkeytyivät. Suistuneen vaunun taka-
pyöräkerta pysyi kiskoilla, mutta etupyöräkerta jäin noin puoli metriä radan sivuun.

Onnettomuuden syy oli se, että vaurioitunut pyöräkerta oli aiemmin ollut lukkiutuneena ilmeisesti junan liikkeellelähdön yhteydessä. Tällöin pyöriin oli syntynyt ns. jarrulovet, jotka aiheuttivat vaunun kulkiessa laakerointiin liian suuren pystysuuntaisen iskumaisen kuormituksen. Laakeri kuumeni, vaurioitui ja lopulta juuttui. Osasyynä laakerin vaurioitumiseen saattoi olla myös voitelun riittämättömyys esim. laakeripesään joutuneen veden takia tai laakerin kuluneisuus.

Vaunun ohittaessa kaksi kuumakäynti-ilmaisinta laakeri oli ollut jo vaurioitunut ja laakeripesän lämpötila oli ollut selvästi muita laakeripesiä korkeampi. Koska siitä huolimatta hälytystä ei aiheutunut, Onnettomuustutkintakeskus ehdottaa kuumakäynti-ilmaisimien hälytysperusteiden ja –rajojen kehittämistä. Lisäksi Onnettomuustutkintakeskus suosittaa vaihtoehtoisten valvontatapojen käyttöönottoa tilanteissa, joissa kuumakäynti-ilmaisimien ei jostain syystä ole käytössä ja toistaa aiemmin esitetyt suositukset lovipyörä- ja kuumakäynti-ilmaisimien kehittämisestä.

SUMMARY

FREIGHT WAGON DERAILING AT KIURUVESI, FINLAND, ON MARCH 16, 1999

On Tuesday, 16 March 1999, a train accident occurred, where one wagon of a freight train running from Iisalmi via Ylivieska towards Kokkola derailed. In the accident the derailed wagon and about 5km of track were damaged.

When the train was at a distance of about 8 km from Kiuruvesi station, the right-side bearings of the rear axle of the 13th wagon stuck, and as a result the axle broke. Then the rear end of the wagon dropped and the front wheelset raised above the rails and derailed. The front wheelset continued travelling on the left side of the rails. Having travelled thus beside the rails about 5km, the right wheel of the wheelset hit the centre drum of a level crossing, which made the front part of the wagon turn further to the left. Then the brake conduit of the train broke and the train brakes switched on. The rear wheelset of the derailed wagon remained on the rails while the front wheelset travelled at about half a meter off the track.



The accident was caused by the damaged wheelset having stuck and locked earlier, apparently in connection with the starting off of the train. As a result wheelflats were generated by braking, and while the train was running an excessive vertical impact-type load stressed the bearings. A bearing heated and damaged and finally it stuck. Partially the wear of the bearing or its insufficient lubrication may have contributed to the bearing damage, e.g. as due to water having penetrated into the axle-box.

When the wagon passed two hot-box detectors, the bearing was already damaged and the temperature of the axle-box was clearly higher than that of the other axle-boxes. As there was no alarm signal emitted, the Accident Investigation Board of Finland recommends a revised definition of the alarm motives and the corresponding limit values for the hot-box detectors. The Accident Investigation Board of Finland furthermore recommends alternative control methods to be adopted in situations where the hot-box detector - for one reason or another - is out-of operation. The Board also reiterates its earlier recommendations for the development of wheelflat and hot-box detectors.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	I
SUMMARY.....	I
1 ONNETTOMUUS.....	1
1.1 Yleiskuvaus.....	1
1.2 Tapahtumien kulku.....	1
2 ONNETTOMUUDEN TUTKINTA.....	1
3 TAPAHTUMAOLOSUHTEET	2
3.1 Kalusto	2
3.2 Ratalaitteet.....	3
3.3 Turvalaitteet	3
3.4 Määräykset ja ohjeet.....	3
3.5 Olosuhteet.....	3
3.6 Henkilöstö	3
4 VAURIOT JA VAHINGOT	3
4.1 Henkilövahingot.....	3
4.2 Kalusto- ja laitevauriot.....	3
5 PELASTUSTOIMET.....	4
6 ANALYYSI.....	4
7 ONNETTOMUUDEN SYYT	5
8 SUOSITUKSET.....	6

LIITTEET

Liite 1. Kuumakäynti-ilmaisimen mittaustulosten käsittely vaunun 39657-2 ylittäessä Siikamäen mittausaseman

Liite 2. Kuumakäynti-ilmaisimien sijainti

Liite 3. Lausunnot

LÄHDELIITTEET

KUVALIITE

1 ONNETTOMUUS

1.1 Yleiskuvaus

Kiuruvedellä tapahtui 16.3.1999 junaonnettomuus, jossa tavaravaunu suistui kiskoilta. Vaunun laakeri vaurioitui, minkä seurauksena akseli katkesi. Onnettomuudessa vaurioituivat suistunut vaunu ja rataa noin 5 km:n matkalta.

1.2 Tapahtumien kulku

Iisalmesta Ylivieskan kautta Kokkolaan kulkeva tavarajuna T 6043 lähti Iisalmesta tiistaina 16.3.1999 kello 13.33. Juna kulki kohti Kiuruvedettä nopeuden vaihdellessa välillä 60–80 km/h. Junan suurin sallittu nopeus oli 80 km/h.

Noin 8 kilometriä ennen Kiuruveden asemaa junassa 13:ntena olleen vaunun taka-akselin punahehkuseksi kumentunut oikeanpuoleinen laakerointi juuttui ja akseli katkesi. Tällöin laakeripesä irtosi ja putosi radan varteen. Pyöräkerran oikeanpuoleinen tuenta poistui, jolloin vaunun oikea takakulma putosi alemmaksi. Pyöräkerta jäi vasemanpuoleisen laakeripesän tuennan varaan. Taka-akselin katkeamisen seurauksena vaunun etupyöräkerran vasen pyörä keveni ja ylitti kiskon. Pyöräkerta jatkoi kulkuaan kiskojen vasemmalla puolella. Akselin katketessa juna oli kulkenut Iisalmelta lähdettyään noin 23 kilometriä.

Kolme kilometriä ennen Kiuruveden asemaa kiskojen vierellä kulkenut pyöräkerta osui tasoristeyksen kanteen ja ajautui lisää vasemmalle. Junan jarrujohto katkesi ja jarrut kytkeytyivät. Jarrutuksen aikana juna ehti kulkea ennen pysähtymistään noin 200 metriä. Suistuneen vaunun etupyöräkerta jäi noin puoli metriä kiskojen vasemmalle puolelle. Vaurioitunut takapyöräkerta pysyi kiskoilla. Vaunun molempien päiden ruuvikytkimet jäivät kiinni.

Junan nopeus seitsemän kilometriä ennen pysähtymispaikkaa oli noin 80 km/h. Kun laakeri juuttui ja akseli katkesi, nopeus oli hidastunut noin 65 km/h:iin. Etupyöräkerran kiskoiltaaputoamisen jälkeen nopeus hidastui 55 km/h:in ja hidastui edelleen siten, että oli jarrujohdon katkeamishetkellä 50 km/h. Veturinkuljettajan kertoman mukaan hän ei kiinnittänyt huomiota nopeuden hidastumiseen ennen kuin vasta jarrujohdon katketessa.

2 ONNETTOMUUDEN TUTKINTA

Onnettomuustutkintakeskus päätti 16.3.1999 käynnistää onnettomuuden johdosta virkamiestutkinnan. Tutkijoiksi määrättiin johtava tutkija **Esko Värhtiö** ja tekniikan yo **Kai Valonen**.

3 TAPAHTUMAOLOSUHTEET

3.1 Kalusto

Onnettomuuteen joutuneessa junassa oli kahden Dv12-dieselveturin lisäksi 32 kuormattua tavaravaunua. Junan kokonaispaino oli 1635 tonnia ja kokonaispituus 543 metriä. Jarrupaino oli 1038 tonnia ja jarrupainoprosentti 63.

<	Dv12	Dv12	Hkb	Hkb	Hkb	Hkb	Hbin	Hbin	Hbin	Hbikk	Hbi	Hbi
	68 t	68 t	38 t	38 t	39 t	38 t	39 t	35 t	39 t	35 t	40 t	40 t

Hbi	Hbikk	Hbi*	Hbin	Hbin	Hbin	Hbi	Hbi	Hbi	Hbi	Hbin	Hbi
38 t	40 t	38 t	40 t	42 t	39 t	38 t	39 t	34 t	34 t	38 t	38 t

Sp	Sp	Ocpp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
66 t	66 t	66 t	66 t	66 t	66 t	66 t	66 t	66 t	66 t

- Hkb = 2-akselinen yleisavovaunu
- Hbin = 2-akselinen katettu sahatavaravaunu
- Hbikk = 2-akselinen katettu vaunu sahatavaran, levyjen ja selluloosan kuljetukseen
- Hbi = 2-akselinen katettu vaunu sahatavaran ja levyjen kuljetukseen
- Sp = 4-akselinen avovaunu raakapuun kuljetukseen
- Ocpp = 4-akselinen avovaunu raakapuun kuljetukseen
- Hbi* = suistunut vaunu
- < = liikesuunta

Suistunut vaunu, jonka akseli katkesi, oli junan 13. vaunu. Vaunu on 2-akselinen katettu Hbi-sahatavaravaunu, joka on valmistettu vuonna 1966. Vaunun taara on 14 tonnia ja suurin kuorma 26 tonnia. Suurin sallittu akselipaino on 20 tonnia. Onnettomuudessa suistuneen vaunun kuorma oli 24 tonnia, jolloin vaunun kokonaispaino oli 38 tonnia ja akselipaino 19 tonnia. Vaunun jarrupaino oli 23 tonnia, jolloin jarrupainoprosentti oli 61.

Hbi-vaunuissa käytettävien pyöräkertojen tyyppi on 130 R. Akselin päissä, pyörien ulkopuolella ovat laakeripesät, joista akseli on tuettu vaunuun lehtijousipakalla ja laakeripesän ohjaimilla. Laakeripesissä on kaksi kaksirivistä pallomaista rullalaakeria, joiden voitelussa käytetään Esso Beacon Ep2 rasvaa. Laakeripesät on tiivistetty sokkelotiivistelä¹. Laakerit ovat UIC²:n spesifikaatioiden mukaiset.

Vaurioitunut pyöräkerta on valmistettu vuonna 1973. Se oli täyshuollettu viimeksi lokaussa 1993, pikakorjattu joulukuussa 1994 ja tarkastettu helmikuussa 1998. Kyseiseen Hbi-vaunuun pyöräkerta oli asennettu tammikuussa 1995. Pyöräkerralla oli ajettu asennuksen jälkeen noin 157 000 kilometriä.

¹ Tiiviste ei nimityksestään huolimatta muodosta sokkelomaista reittiä laakeripesästä ulkoilmaan. Oikeampi nimitys laakerikannesta ja akselirenkaasta muodostuvasta tiivisteestä olisi kampa- tai lamellitivist.

² UIC = (Union Internationale des Chemins de Fer) Kansainvälinen (eurooppalainen) rautatieliitto, joka on laatinut valtioiden välisen rautatieliikenteen teknisiä standardeja.

3.2 Ratalaitteet

Onnettomuus tapahtui yksiraiteisella sähköistämättömällä rataosalla, jonka rataluokka on C. Rataosalla on UIC60E1³ kiskotus ja radan tukikerroksena on sepeli.

Ratalaitteiden kunnolla ei ollut vaikutusta onnettomuuteen.

3.3 Turvalaitteet

Rataosalla ei ole suojustusta ja käytössä on vanha opastinjärjestelmä.

Turvalaitteilla ja niiden kunnolla ei ollut vaikutusta onnettomuuteen.

3.4 Määräykset ja ohjeet

Määräyksiä ja ohjeita noudatettiin.

3.5 Olosuhteet

Sää oli aurinkoinen ja lämpötila oli arviolta noin 0 °C. Näkyvyys oli hyvä, eikä maassa ollut lumi pölissyt.

3.6 Henkilöstö

Kaikilla tapahtumaan liittyvillä henkilöillä oli määräykset täyttävä koulutus ja riittävä kokemus tehtävänsä.

4 VAURIOT JA VAHINGOT

4.1 Henkilövahingot

Henkilövahinkoja ei aiheutunut.

4.2 Kalusto- ja laitevauriot

Onnettomuudessa suistuneen Hbi-sahatavaravaunun nro 39657-2 aluskehysten alapuoliset osat ja laitteet vaurioituivat.

Betonisia rata- ja siltapölkkyjä katkesi ja kiskonkiinnitysosa vaurioitui noin viiden kilometrin matkalta. Myös kuuden tasoristeyksen keskikansi rikkoontui.

³ Kiskon metripaino on 60 kg/m.

5 PELASTUSTOIMET

Pelastustoimia ei tarvittu. VR raivasi onnettomuuspaikan, korjasi radan vauriot ja siirsi vaurioituneen vaunun pois.

6 ANALYYSI

Vaunu, jonka laakeri vaurioitui ja akseli katkesi, oli kulkenut edellisenä päivänä Uimaharjulta Joensuun ja Varkauden kautta Pieksämäelle. Sieltä vaunu oli jatkanut onnettomuuspäivää edeltävänä yönä junassa T 6205 lisalmeen, josta edelleen junassa T 6043 kohti Kiuruvedettä. Matkalla vaunu ylitti kaksi kuumakäynti-ilmiasinta ja oli kuuntelutarkastuksen kohteena lisalmessa. Kuumakäynti-ilmiasimet eivät antaneet hälytystä eikä kuuntelutarkastuksessa havaittu mitään tavallisesta poikkeavaa. Kuumakäynti-ilmiasimet ovat rataan asennettuja laitteita, joilla mitataan liikkuvan kaluston laakerin lämpötilaa pyörän ja laakeripesän välistä tavoitteena löytää vaurioituneet laakerit ajoissa. Kuuntelutarkastuksessa tarkastusta suorittava henkilö kuuntelee junasta kuuluvia ääniä sen saapuessa ratapihalle ja pyrkii tunnistamaan pyörissä mahdollisesti olevat jarrulovet sekä muut ääniä aiheuttavat vaunuviat.

Kuumakäynti-ilmiasimissa on neljä eri hälytysperustetta. Mikäli jokin seuraavista mittaus- tai laskenta-arvoista on kyseisen hälytystavan vertailuarvoa suurempi, aiheutuu kauko-ohjaajan päätteelle hälytys. Ennen lämpötilavertailuja kompensoidaan vaunun oikean ja vasemman puolen esim. auringonpaisteen aiheuttama lämpötilaero. Hälytysperusteet ovat:

1. Laakerin absoluuttinen lämpötila (varoitustaso 90 °C, matala 95 °C, korkea 99 °C)⁴
2. Laakerin lämpötilan ja ulkoilman lämpötilan erotus (70 °C, 80 °C, 90 °C)
3. Laakerin ja saman pyöräkerran toisen puolen laakerin lämpötilojen erotus (40 °C, 50 °C, 60 °C)
4. Laakerin ja vaunun muiden laakerien lämpötilojen keskiarvon suhde (Suhdeluvut: 4,00; 5,00; 6,00 Minimilämpötilat: 50 °C, 60 °C, 70 °C)

Kauko-ohjaaja näkee päätteeltään, mistä syystä hälytys on aiheutunut. Hälytyksiä on kolmea eri tasoa riippuen siitä, kuinka paljon alin hälytysraja ylittyy. Tasot ovat varoitustaso, matala lämpötila ja korkea lämpötila. Kauko-ohjaajalla on ohjeet, kuinka hälytyksen tullessa tulee toimia. Jos hälytystyyppi on korkea lämpötila, juna on pysäytettävä.

Vaunu, jonka akseli katkesi, ylitti Pieksämäen itäpuolella olevan Siikamäen mittausaseman onnettomuutta edeltävänä yönä. Tällöin laakeripesän, joka myöhemmin vaurioitui, lämpötila oli 69 °C. Muiden mittaustulosten keskiarvo oli 31 °C ja keskihajonta 10 °C. Toiseksi suurin mitattu lämpötila oli 46 °C. Saman vaunun muiden laakeripesien lämpötilat olivat 23, 25 ja 37 °C. Vaikka vaurioitunut laakeri mittauservoja vertaamalla osoittautuu selvästi muita laakereita kuumemmaksi, minkään hälytysperusteen hälytysraja ei ylittynyt. Siikamäen mittausasemalta onnettomuuspaikalle on noin 210 km. Vaunun laa-

⁴ Suluissa Pieksämäen itäpuolella olevan Siikamäen mittausaseman hälytysrajat.

kerien lämpötiloja Siikamäen mittauspisteessä, hälytysperusteita ja hälytysrajoja on käsitelty liitteessä 1.

Onnettomuusaamuna noin kello 5 vaunu ylitti Iisalmen eteläpuolella olevan Kapalan mittausaseman. Mittausasema ei kuitenkaan saanut mitattua lämpötiloja ilmaisimien päälle kertyneen lumen vuoksi. Ilmaisimet on varustettu lumen sulattavilla vastuksilla, mutta lunta oli, ilmeisesti radan aurauksen yhteydessä, kerääntynyt kotelon päälle siten, ettei sulatusteho riittänyt. Mittausasema antoi mittautulokset, jotka eivät olleet todenmukaisia. Suurin osa lämpötiloista oli 1 °C, loput joko 13 °C tai 22 °C. Kuumakäynti-ilmaisimessa on vikadiagnoosijärjestelmä, joka antaa vikatilanteessa ilmoituksen kauko-ohjaajan päätteelle. Ilmaisimen päälle kasaantunut lumi ei kuitenkaan aiheuttanut vikailmoitusta, koska itse laite oli kunnossa. Kapalan mittausasemalta on onnettomuuspaikalle noin 50 km.

Kun onnettomuuteen joutunut vaunu lähti Iisalimesta kohti Kiuruvedettä junassa T 6043, se ylitti vielä yhden, Iisalmen länsipuolella olevan Ylemmäisen mittausaseman. Mittausasema ei mitannut junan T 6043 laakerien lämpötiloja, koska se mittaa laakerien lämpötilat vain Kiuruveden suunnasta Iisalmeen saapuvista junista.

Akseli- ja laakerivaurioista pyöräkertaa tutkittaessa molemmissa pyörissä havaittiin ns. jarrulovia. Pyörässä, jonka vierestä akseli katkesi, oli kaksi lovea. Loviin oli vaunun kulkiessa muodostunut myös syvempiä koloja (murentumia) sekä niiden viereen aineskasautuma. Molemmissa pyörissä olevista jäljistä voidaan päätellä, että lovet ovat syntyneet vaunun omien jarrujen aiheuttamasta pyöräkerran lukkiutumisesta, eikä pysäytyskengän käytöstä. Lovien reunat olivat pyöristyneet ja loviin oli aiheutunut murentumia, joten voidaan olettaa vaunun kulkeneen lovien syntymisen jälkeen useita satoja kilometrejä. Pyöräkerran lukkiutuminen on voinut tapahtua voimakkaassa jarrutuksessa tai kun jarrut ovat jääneet lukkiutuneeksi esim. jäätyneen tai jarrujohdon vajaan täyttymisen vuoksi junan lähtiessä liikkeelle. Jarrutönnkien irtiolosta pyritään varmistamaan jarrujen tarkastuksella ja koettelulla, jotka tehdään ennen junan liikkeellelähtöä.

Vaunu, jonka laakeri vaurioitui, oli Hbi-sahatavaravaunu nro 39657-2. Vaunu oli valmistettu vuonna 1966. Tuolloin valmistettujen vaunujen jarrujen teho on selvästi alempi kuin uudemmissa vaunuissa. Jarrupainoprosentti täydellä kuormalla on 57 ja Uimaharjulta lähteneellä kuormallakin vain 61. Tyhjänä jarrupainoprosentti on noin 99. Koska jarrutuskyky on huono, on todennäköistä, että pyörissä havaittujen lovien alut ovat syntyneet pyöräkerran ollessa lukkiutuneena vaunun lähtiessä liikkeelle.

7 ONNETTOMUUDEN SYYT

Onnettomuuden syy oli se, että Hbi-sahatavaravaunun nro 39657-2 akselin toisen pään laakerit ylikuormittivat pyörään syntyneiden jarrulovien seurauksena. Lovet aiheuttivat vaunun kulkiessa laakerointiin liian suuren pystysuuntaisen iskumaisen kuormituksen, minkä seurauksena laakerointi kuumentui, vaurioitui ja lopulta juuttui. Kun laakeri juuttui, punahehkuisiksi kuumentunut akseli katkesi ja pyöräkerta suistui kiskoilta.

Laakerin puutteellinen voitelu tai kulunut laakeri ovat mahdollisesti myötävaikuttaneet laakerin vaurioitumiseen. Onnettomuus tapahtui keväällä, jolloin lämpötilanvaihtelut ovat suuria. Tällöin laakeripesään saattaa kondensoitua vettä, mikä heikentää voitelua. Tosin ilman kosteus ei keväisin ole läheskään niin suuri kuin syksyisin. Myös edeltävä talvi on saattanut kuluttaa laakeria, sillä laakerirasva on erityisen jäykkää junan lähtiessä liikkeelle kovalla pakkasella. Voitelu alkaa toimia kunnolla vasta laakerin saavutettua normaalin käyntilämpötilansa. Laakeri vaurioitui niin pahoin, että voitelun tai laakerin kunnon osuutta vaurioon oli mahdotonta tutkia.

8 SUOSITUKSET

Onnettomuusvaunu ohitti onnettomuutta edeltäneenä iltana Pieksämäen itäpuolella olevan Siikamäen kuumakäynti-ilmaisimen. Vaikka mittauksista voidaan selvästi havaita yhden laakeripesän olleen selvästi muita junan laakeripesiä lämpimämpi, hälytystä ei aiheutunut (ks. liite 1). Vaunu ohitti myös lisalmen eteläpuolella olevan Kapalan mittausaseman. Tällöin hälytysrajat olisivat mitä ilmeisimmin ylittyneet, mutta mittausasema ei antanut todellisia mittausarvoja ilmaisimen päälle kasautuneen lumen vuoksi. Onnettomuustutkintakeskus ehdottaa laakerivaurioiden aiheuttamien onnettomuuksien välttämiseksi seuraavia toimenpiteitä:

1. Kuumakäynti-ilmaisimen hälytysperusteita ja hälytysrajoja tulisi kehittää, sillä vaikka vaurioitunut laakeri on selvästi tunnistettavissa Siikamäen mittauspaikan tuloksista, hälytystä ei aiheutunut. Jotta alimman tason hälytysraja (varoitustaso) olisi ylittynyt, laakeripesän lämpötilan olisi pitänyt olla vähintään 4 °C korkeampi. Varoitus olisi tällöin tullut laakeripesän ja saman pyöräkerran toisen laakeripesän lämpötilojen erotuksen perusteella.

Paras tapa tunnistaa viallinen laakeri on verrata laakeripesän lämpötilaa muiden laakeripesien lämpötilaan, koska tällöin tarkastelu on riippumaton ulkoilman lämpötilasta tai vaunutyypistä. Laitteiston tekemä kompensointi oikean ja vasemman puolen lämpötilojen välillä on tarpeellinen ja hyvä toimenpide tasoittamaan esim. auringonpaisteen vaikuttaessa vain junan toiselle puolelle. Kompensoidun laakeripesän lämpötilan vertaaminen pyöräkerran toisen puolen laakeripesään ei kuitenkaan anna riittävän luotettavia tuloksia, sillä yksittäisen laakeripesän lämpötilan satunnainen vaihtelu on liian suurta. Lisäksi pyöräkerrassa oleva vika (esim. lovet molemmissa pyörissä) saattaa aiheuttaa molempien laakeripesien lämpenemistä.

Myös laakeripesän lämpötilan ja vaunun laakeripesien lämpötilojen keskiarvon suhteeseen perustuvassa hälytystavassa on ongelmia. Suhdelukuun perustuvan hälytystavan herkkyys on riippuvainen siitä, kuinka korkea laakeripesien lämpötilojen keskiarvo on. Vaunun 39657-2:n mittauksessa Siikamäellä laakeripesien lämpötilojen keskiarvo oli 31 °C. Lämpimimmän laakeripesän lämpötilan olisi pitänyt olla 64 °C:n sijaan 124 °C, jotta alin hälytysraja olisi ylittynyt (suhde 4.00). Jos kovalla pakkasella laakeripesien keskimääräinen käyntilämpötila on alempi, esim. 15 °C, riittää alimman hälytysrajan ylittämiseen 60 °C lämpötila. Kesäaikaan suh-

teellinen mittaustapa menettää merkityksensä, koska esim. keskiarvokäyntilämpötilan ollessa 45 °C, alin hälytysraja on 180 °C.

Laakeripesän lämpötilan vertaaminen ko. vaunun laakeripesien lämpötilan keskiarvoon on hyvä tapa havaita viallinen laakeri, mutta suhdelukuun perustuva hälytysraja tulisi muuttaa absoluuttiseen lämpötilaeroon perustuvaksi. Samalla vertaustasoksi voitaisiin ottaa koko junan kompensoitujen laakeripesien lämpötilojen keskiarvo. Keskiarvoa laskettaessa voidaan, kuten nykyisinkin, korkein ja alin lämpötila jättää huomioita. Junan lämpimintä laakeripesää verrattaisiin laskettuun keskiarvoon ja jos erotus olisi liian suuri, tapahtuisi hälytys. Oikeat hälytysrajat löytyy kokemuksen perusteella, mutta alustavasti alimmaksi hälytysrajaksi voitaisiin asettaa esim. 25 °C (= jos tarkasteltavan laakeripesän lämpötilan ja junan laakeripesien lämpötilojen keskiarvon erotus on suurempi kuin 25 °C aiheutuu alimman tason hälytys). Vielä parempi tapa analysoida mittaustuloksia on hyödyntää tilastomatematiikan keinoja. Laskemalla junan kompensoitujen laakeripesien lämpötilojen keskiarvo ja keskihajonta, voidaan normaalijakauman kertymäfunktion avulla laskea eri lämpötilojen todennäköisyyksiä. Esimerkiksi Siikamäen mittaustuloksia tarkastelemalla voidaan laskea, että todennäköisyys, millä laakerin lämpötila on yli 65 °C on vain 0,000128. Koska todennäköisyys on näin pieni, on syytä heti olettaa laakerissa olevan jotakin poikkeuksellista. Hälytysrajaksi tulisi asettaa todennäköisyys, joka lämpimimmän laakeripesän tulisi ylittää.

Hälytystapojen ja rajojen kehittäminen mahdollistaisi kuumakäynti-ilmaisimien hyödyntämisen yhä tehokkaammin ja vaurioituneet laakeripesät voitaisiin tunnistaa entistä aikaisemmin. Kun hälytysperusteet ovat järkevät, myös virrehälytyksiltä vältytään.

2. Kun kauko-ohjaaja tai junasuorittaja saa päätteelleen hälytyksen liian lämpimästä laakerista, hän ilmoittaa asiasta veturinkuljettajalle sekä seuraavalle liikennepaikalle. Junahenkilökunta tai seuraavan liikennepaikan henkilökunta tarkastaa laakerin, minkä perusteella päätetään jatkotoimista. Tarkastusta tekeväälle henkilökunnalle pitää olla täsmälliset ohjeet, joissa myös painotetaan tarkastuksen tärkeyttä. Jokaiseen kuumakäynti-ilmaisimen antamaan hälytykseen tulee suhtautua vakavasti, vaikka osa hälytyksistä olisikin virheellisiä. Myös virheellisistä hälytyksistä tulee ilmoittaa kuumakäynti-ilmaisimien ylläpidosta vastaaville, jotta hälytysperusteita ja -rajoja voidaan kehittää.
3. Mittausasema ilmoittaa kauko-ohjaajan päätteelle, jos laitteessa on vikaa. Tällöin kauko-ohjaaja lähettää asentajat paikalle. Kapalan mittausasema ei antanut todennukaisia mittaustuloksia, koska ilmaisimen päälle oli kasautunut ilmeisesti aurauksen jäljiltä lunta. Vikailmaisua ei kuitenkaan tullut, koska ilmaisin oli teknisesti kunnossa. Ilmaisimien antoi junan ajaessa yli mittaustuloksena vain lämpötiloja 1, 13 ja 22 °C. Vikadiagnostiikkaan tulisi lisätä toiminto, joka tulkitsevi viaksi liian monta kertaa toistuvan saman lämpötilan. Tällöin voitaisiin havaita mittausvirheet, jotka johtuvat väärään kohteeseen, kuten esim. lumeen, kohdistuvista mittauksista. Laakeripesien lämpötiloissa on aina vähintään muutaman asteen hajonta, minkä vuoksi vääriä vikailmaisuja ei tulisi lainkaan.

Lisäksi Onnettomuustutkintakeskus suosittaa:

S117 Toiminta kuumakäynti-ilmaisimen ollessa pois käytöstä

Jos kuumakäynti-ilmaisimien on jostain syystä pois käytöstä tai se toimii väärin, tulisi laakerivaurioiden tunnistamiseksi ja onnettomuuksien ehkäisemiseksi olla jokin korvaava menetelmä, esim. tehostetut aistinvaraiset tarkastukset tai alennetut nopeusrajoitukset. [C5/99R/S117]

Kuumakäynti-ilmaisimien tavoitteena on varsinkin niiden yleistyessä täydentää ja korvata aistinvaraista tulotarkastuksia. Silloin kun kuumakäynti-ilmaisimien on jollekin rataosalle asennettu, tulee sen toimintaan voida luottaa ellei viasta ole erikseen ilmoitettu. Määräys korvaavasta menetelmästä edesauttaisi myös kuumakäynti-ilmaisimien kunnosta huolehtimista ja varsinkin toimimattoman mittausaseman nopeaa huoltamista ja korjaamista.

Laakerien kuumakäyntiongelmien on suhtauduttava vakavasti, sillä VR Osakeyhtiön tilaston mukaan Suomessa on 1.1.1999 – 30.11.1999 tapahtunut yhteensä 30 pyöräkeran laakerin kuumakäyntiä. Näistä Onnettomuustutkintakeskus on ottanut tutkittavakseen neljä. Kolme on johtanut akselin katkeamiseen ja tavaravaunujen suistumiseen ja yksi aiheutti vaaratilanteen pikajunalle.

Lovipyörien ja kuumentuneiden laakerien havaitsemismenetelmien ja laitteiden kehittämisestä on annettu suositus tutkintaselostuksessa C 2/1999 R Tavarajunan suistuminen kiskoilta Jalasjärvellä 19.2.1999.

KUUMAKÄYNTI-ILMAISIMEN MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY VAUNUN 39657-2 YLITTÄESSÄ SIIKAMÄEN MITTAUSASEMAN

Junan T 7706 laakeripesien lämpötilojen keskiarvo: 31,1 °C
 Laakeripesien lämpötilojen keskihajonta: 10,0 °C

Vaunun 39657-2 laakeripesien mitatut lämpötilat:

Vasen etu: 23 °C	Oikea etu: 37 °C
Vasen taka: 25 °C	Oikea taka: 69 °C

Vasemman/oikean puolen lämpötilaerojen kompensointi:

Vasemman puolen keskiarvo:	27 °C
Oikean puolen keskiarvo:	35 °C
Erotus:	8 °C

Vasen kompensointi:	+4 °C
Oikea kompensointi:	-4 °C

Junan laakerien lämpötilojen keskihajonta kompensoinnin jälkeen: 9,3 °C

Kompensoidut laakeripesien lämpötilat:

Vasen etu: 27 °C	Oikea etu: 33 °C
Vasen taka: 29 °C	Oikea taka: 65 °C

Hälytystapa 1. Absoluuttinen lämpötila:

- Hälytystasojen rajat: 90, 95 ja 99 °C (varoitusta, matala ja korkea)

Lämpimimmän laakeripesän kompensoitu lämpötila 65 °C

Hälytystapa 2. Laakeripesän ja ulkoilman lämpötilan erotus:

- Hälytystasojen rajat: 70, 80 ja 90 °C

Lämpimimmän laakeripesän kompensoitu lämpötila (65 °C) – ulkoilman lämpötila (n. 0 °C) = 65 °C

Hälytystapa 3. Laakeripesän ja saman pyöräkerran toisen laakeripesän lämpötilan erotus:

- Hälytystasojen rajat: 40, 50 ja 60 °C

Lämpimimmän laakeripesän kompensoitu lämpötila (65 °C) – vasemman laakeripesän kompensoitu lämpötila (29 °C) = 36 °C

Hälytystapa 4. Laakeripesän ja vaunun muiden laakeripesien suhde:

- Hälytystasojen rajat: 4.00, 5.00 ja 6.00 (vaikka suhdeluku ylittyy, mutta vastaavaa tasoa oleva lämpötilaraja 50, 60 ja 70 °C ei ylitä, hälytystä ei tule)

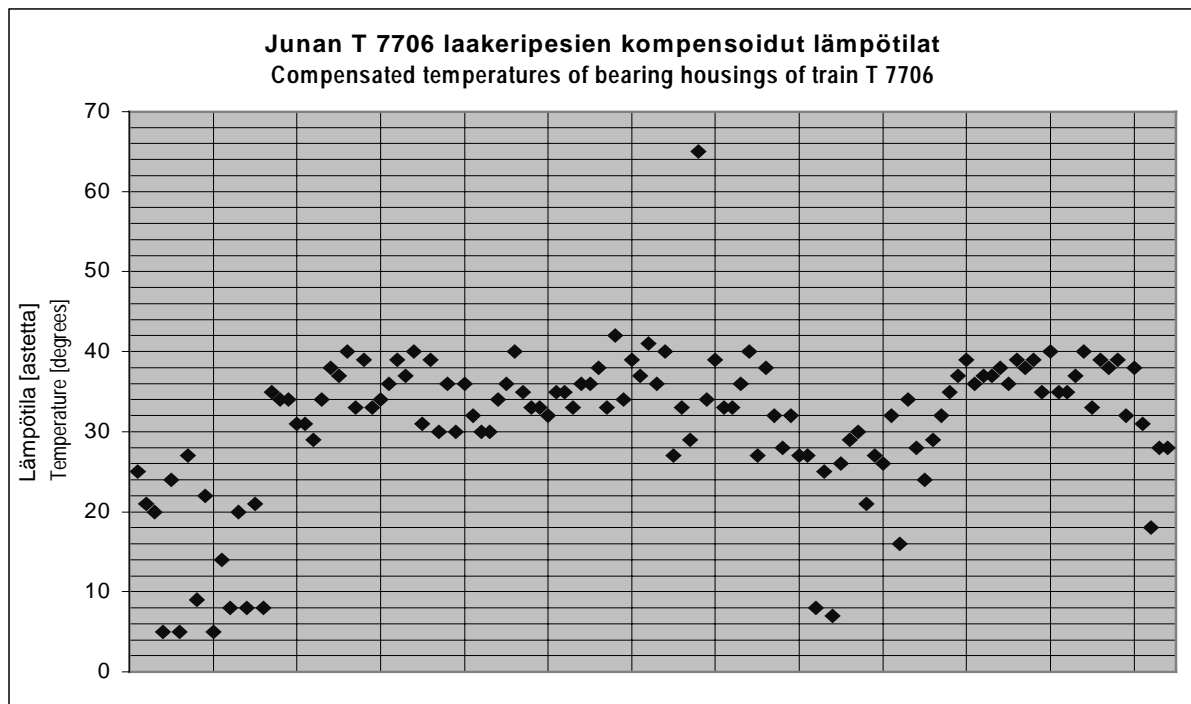
Lämpimimmän laakeripesän kompensoitu lämpötila (65 °C) / Vaunun laakeripesien kompensoitujen lämpötilojen keskiarvo, josta on jätetty pois lämpimin ja kylmin laakeripesä (31 °) = 2.10

Liite 1/2

Siikamäen mittausaseman mittaustulokset:

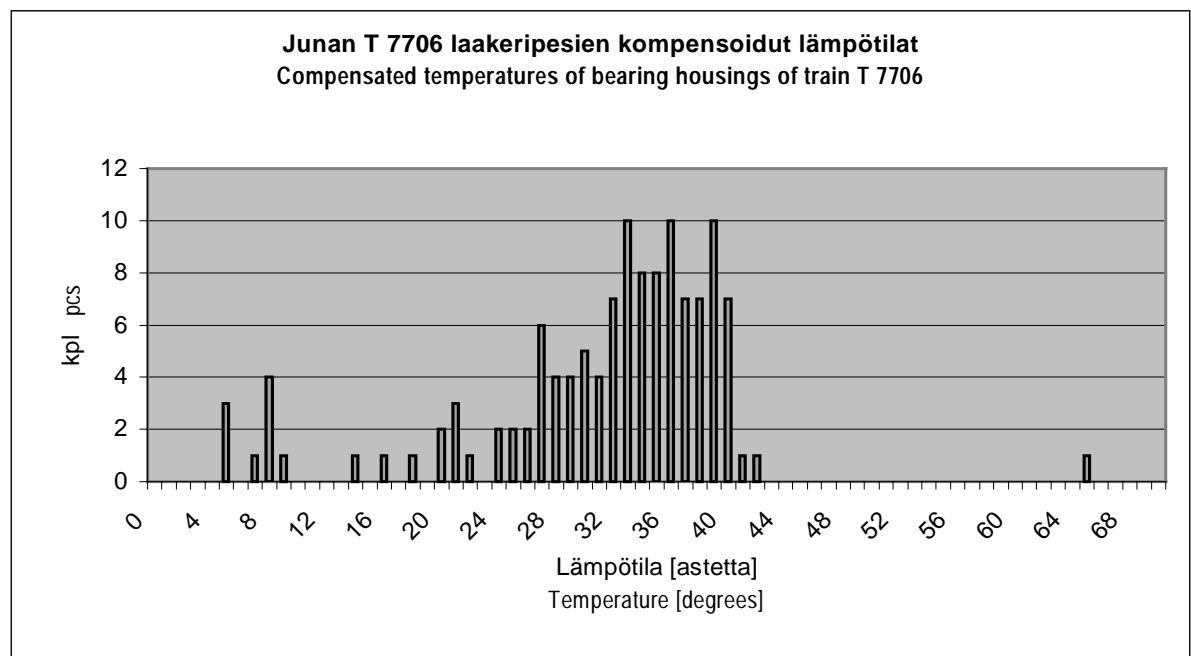
Mittaustulokset	
21	25
16	9
20	9
23	13
18	9
10	12
16	12
17	12
31	38
30	35
27	33
30	42
33	44
29	43
29	38
32	43
33	44
27	43
26	40
26	40
28	34
26	38
32	44
31	37
29	36
31	39
29	40
32	42
29	46
30	43
33	45
32	44
23	37
25	69
30	43
29	37
32	44
23	42
28	32
28	31
23	12
21	11
22	33
26	25
23	30
28	20
30	32
20	33
28	39
33	43
32	41
33	42
32	43
34	43
31	44
31	39
33	44
29	43
34	43
28	42
27	22
24	32

Kompensoidut mittaustulokset	
25	21
20	5
24	5
27	9
22	5
14	8
20	8
21	8
35	34
34	31
31	29
34	38
37	40
33	39
33	34
36	39
37	40
31	39
30	36
30	36
32	30
30	34
36	40
35	33
33	32
35	35
33	36
36	38
33	42
34	39
37	41
36	40
27	33
29	65
34	39
33	33
36	40
27	38
32	28
32	27
27	8
25	7
26	29
30	21
27	26
32	16
34	28
24	29
32	35
37	39
36	37
37	38
36	39
38	39
35	40
35	35
37	40
33	39
38	39
32	38
31	18
28	28



Kuva 1. Tavaravaunun suistuminen kiskoilta Kiuruvedellä 16.3.1999. Siikamäen kuumakäynti-ilmaisimien mittasi 15.3.1999 junan T 7706 laakeripesien lämpötilat. Onnettomuusvaunun 39657-2 taka-akselin oikean laakeripesän kohonnut lämpötila erottuu selvästi muiden laakeripesien joukosta. Kaikkien laakeripesien lämpötilojen keskiarvo oli 31,1 °C.

Figure 1. Freight wagon derailing at Kiuruvesi, Finland, on March 16, 1999. Hot-box detector at Siikamäki measured the temperatures of bearing housings of train T 7706, on March 15, 1999. The temperature of the right rear bearing housing of the accident wagon 39657-2 is clearly higher than the temperatures of the other bearing housings. The average temperature of bearing housings was 31,1 °C.



Kuva 2. Tavaravaunun suistuminen kiskoilta Kiuruvedellä 16.3.1999. Laakeripesien lämpötilojen jakauma. Vaurioitunut laakeripesä on äärimmäisenä oikealla. Matalimmat, molemmissa kuvissa vasemmalla olevat lämpötilat ovat veturien laakeripesien lämpötiloja.

Figure 2. Freight wagon derailing at Kiuruvesi, Finland, on March 16, 1999. Distribution of the temperatures of bearing housings. The damaged bearing housing is on the right. The low temperatures on the left in figure 1 and figure 2 are temperatures of the bearing housings of the engines.



VR Osakeyhtiö
Käyttöosasto
Liikenteenohjausyksikkö

Kuumakäynti-ilmaisimien sijainti



LAUSUNNOT

Ratahallintokeskus ja VR-Yhtymä ovat antaneet suosituksesta lausunnon.

Ratahallintokeskuksen poikkeavat ja täydentävät näkemykset suosituskohtaan:

" Ratahallintokeskus ei voi kuitenkaan yhtyä suositukseen S1 seuraavista syistä:

- 1. Mikäli kuumakäynti-ilmaisimien ei ole toiminnassa, antaa tämä jo nyt nopeille junille nopeusrajoituksen Jtt:n kohdan 5.51 mukaan.*
- 2. Tavarajunille nopeusrajoitukset eivät ole perusteltuja, koska valtaosalta rataverkkoa puuttuu vielä toistaiseksi kattava kuumakäynti-ilmaisinverkko.*
- 3. Junan nopeuden lasku suunnitellusta myöhästyttää sitä, lisää poikkeustilanteita ja lisää sitä kautta onnettomuusriskiä.*
- 4. Matalilla nopeuksilla nopeusrajoitus voi olla jopa haitaksi, koska tietyillä nopeustasoilla lovi-
pyörien kiskoihin aiheuttamat rasitukset ovat suurimmillaan. Rasitukset pienenevät tätä tasoa pienemmillä ja suuremmilla nopeuksilla.*
- 5. Ohikulkevia junia on jo nyt tarkkailtava manuaalisesti Jtt:n kohdan 7.6 (5) mukaan."*

VR-Yhtymä Oy:n poikkeavat ja täydentävät näkemykset suosituskohtaan:

"Käytäntönä on jo nykyisin, että liikkuvan kaluston kuntoa tarkkaillaan kuumakäynti-ilmaisimien lisäksi aistihavainnoin junien lähtö- ja määräasemilla sekä junan kulkureitillä olevilla miehityillä liikennepaikoilla. Myös nopeusrajoitukset ovat käytössä sikäli, että yli 160 km/h nopeudet edellyttävät toimivaa pyörien laakerien lämpötilan valvontajärjestelmää.

VR Osakeyhtiö on uusimassa ja täydentämässä nykyistä kuumakäynti-ilmaisinverkostoa. Nykyiset ilmaisimet muutetaan vielä tämän vuoden aikana yksiraiteisilla radoilla molempiin suuntiin mittaaviksi. Rataosien Helsinki-Seinäjoki, Tampere-Jyväskylä, Riihimäki-Vainikkala ja Luumäki-Imatra ilmaisimet uusitaan ja uusi mittausväli on noin 40 kilometriä. Näiden rataosien nykyiset ilmaisimet siirretään täydentämään muiden rataosien ilmaisinverkostoa. Ilmaisinjärjestelmää uusittaessa huomioidaan tutkimusselostukseen sisältyvät ilmaisinjärjestelmän toiminnan kehittämistä koskevat ehdotukset."

Lausunnot ovat täydellisinä lähdeliitteessä 6.

LÄHDELIITTEET

Seuraavat lähdeliitteet on taltioituna Onnettomuustutkintakeskuksessa:

1. Päätös tutkinnan aloittamisesta C 5/1999 R, 26.3.1999
2. Junan T 6043 lähtöjunan vaunuluettelo, 16.3.1999
3. Vaunun 39657-2 pikakorjaustiedot 5.2.1998 ja 11.6.1998
4. Vaunun 39657-2 korjaushistoria 20.5.1999
5. Junan T 6043 rekisteröintilaitteen numeerinen ja graafinen tulostus
6. Lausunnot tutkintaselostusluonnoksesta:
Ratahallintokeskuksen lausunto 1245/63/99, 1.10.1999
VR-Yhtymä Oy:n lausunto Y 21/021/99, 21.10.1999

Kuva 1. Tavaravaunun suistuminen kiskoilta Kiuruvedellä 16.3.1999. Onnettomuuspaikka, vaunun 39657-2 kulkema reitti ja kuumakäynti-ilmaisimet.

Figure 1. Freight wagon derailing at Kiuruvesi, Finland, on March 16, 1999. The place of the accident, route of the wagon 39657-2 and the hot-box detectors.

