



Veturin törmääminen teräsrainakelaan ja suistuminen Matkanevalla 23.3.2016



Tutkinnan tunnus: R2016-02

ALKUSANAT

Onnettomuustutkintakeskus päätti turvallisuustutkintalain (525/2011) 2 §:n nojalla tutkia 23.3.2016 Matkanevalla tapahtuneen onnettomuuden. Tutkintaryhmän johtajaksi nimitettiin koulutuspäällikkö Timo Kivelä ja jäseniksi tutkija Timo Naskali ja liikenneopettaja, logistiikkainsinööri Veli-Jussi Kangasmaa. Diplomi-insinööri Eero Jaakola toimi erityisasiantuntijana liittyen vaunukaluston teknisiin asioihin. Tutkinnanjohtajana toimi johtava tutkija Esko Värttiö.

Tutkintaselostuksessa esitetään tapahtumat ennen onnettomuutta, onnettomuushetkellä ja sen jälkeen. Lisäksi tekstissä analysoidaan onnettomuuteen vaikuttaneita syitä. Lopuksi esitetään turvallisuussuosituksia, jotka toteuttamalla vastaavanlaiset onnettomuudet voidaan välttää tai joilla voidaan lieventää niiden seurauksia.

Tutkinnan tarkoituksena on yleisen turvallisuuden lisääminen, onnettomuuksien ja vaaratilanteiden ehkäiseminen sekä onnettomuuksista aiheutuvien vahinkojen torjuminen. Turvallisuustutkinnassa ei käsitellä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.

Paikkatutkinta tehtiin onnettomuuspaikalla lähellä Matkanevan liikennepaikkaa. Vaunut, joissa oli kallistuneita keloja, pysähtyivät ja jäivät Härmän liikennepaikalle, jossa ne käytiin dokumentoimassa samana päivänä. Tutkintaryhmä teki vaunujen tarkemman teknisen tutkinnan Tampereen vaunukorjaamon tiloissa. Tutkinnan aikana käytiin useita kertoja SSAB:n Raahen tehtaalla selvittämässä kelojen valmistus- ja kuljetusprosessiin liittyviä asioita. Rainakelanippujen sidonnassa käytettyjen vanteiden vetokokeet tehtiin Raahessa SSAB:n tutkimuskeskuksessa. Tutkinnassa osallistuttiin kahdelle kuormatulle kelavaunulle VR:n tekemään kulkuominaisuuskokeeseen Raahesta–Hämeenlinnaan.

Onnettomuuteen osallisille sekä tutkittavan onnettomuuden alalla valvonnasta vastaaville viranomaisille on varattu tilaisuus antaa lausuntonsa tutkintaselostuksen luonnoksesta. Lausunnot on otettu huomioon tutkintaselostusta viimeisteltäessä. Yhteenveto lausunnoista on tutkintaselostuksen lopussa. Yksityishenkilöiden antamia lausuntoja ei julkaista.

Tutkintaselostus, tiivistelmä ja liitteet on julkaistu Onnettomuustutkintakeskuksen verkkosivuilla osoitteessa www.turvallisuustutkinta.fi.

SISÄLLYSLUETTELO

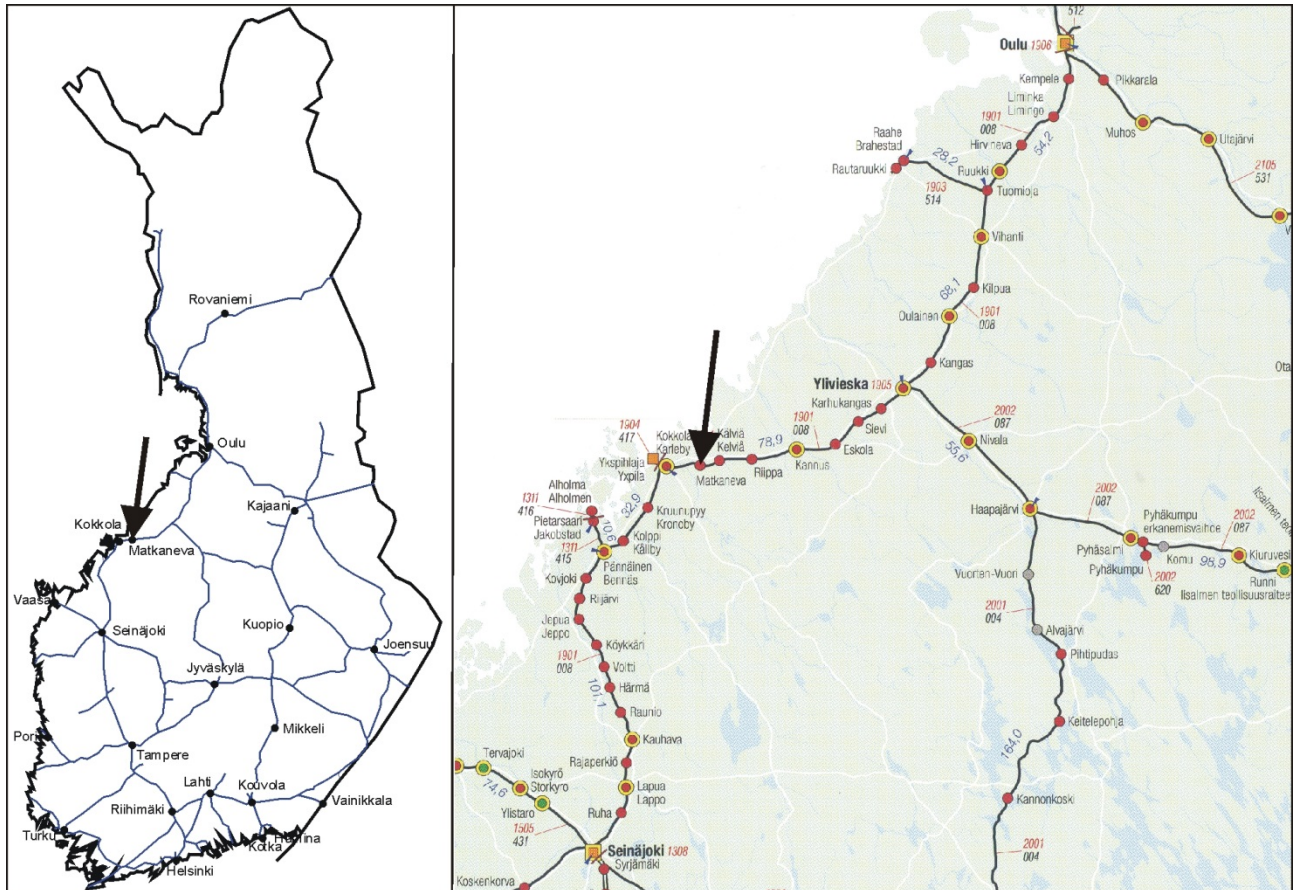
ALKUSANAT	2
1 ONNETTOMUUS	5
1.1 Tapahtuma-aika ja -paikka.....	5
1.2 Tapahtumien kulku	5
1.3 Onnettomuudesta aiheutuneet vahingot	6
1.3.1 Henkilövahingot	6
1.3.2 Kalusto-, rata- ja laitevauriot	7
1.3.3 Onnettomuudesta aiheutuneet liikennehäiriöt	7
1.4 Viestintä.....	7
2 ONNETTOMUUDEN TUTKINTA	8
2.1 Paikkatutkinta.....	8
2.2 Käytännöt kelojen tilaus- ja valmistusprosessissa, kuormauksessa ja kuljetuksessa	8
2.2.1 Rainakelojen tilaus	8
2.2.2 Rainakelan valmistus ja sidonta.....	9
2.2.3 Varastointi ja nostokäsittely	10
2.2.4 Vaunujen kuormaus.....	12
2.2.5 Kuljetus	14
2.3 Kalusto	15
2.4 Ratalaitteet.....	15
2.5 Turvalaitteet.....	16
2.6 Viestintävälineet.....	16
2.7 Olosuhteet.....	16
2.8 Onnettomuuteen liittyvät organisaatiot ja henkilöt.....	16
2.8.1 SSAB Europe Oy, Raahen terästehdas.....	16
2.8.2 VR-Yhtymä Oy	17
2.9 Pelastustoimen organisaatiot ja niiden toimintavalmius	17
2.10 Tallenteet.....	18
2.10.1 Kulunrekisteröintilaitteet	18
2.10.2 Asetinlaite- ja turvalaitetallenteet.....	21
2.10.3 Liikenteenohjauksen puhetallenteet.....	21
2.10.4 Pelastustoimen tallenteet.....	22
2.10.5 Muut tallenteet.....	22
2.11 Turvallisuusjohtamisjärjestelmät	23
2.11.1 VR-Yhtymä Oy:n turvallisuusjohtamisjärjestelmä	23
2.11.2 SSAB Europe Oy, Raahen terästehtaan turvallisuusjohtamisjärjestelmä	23
2.11.3 VR Transpointin ja SSAB:n yhteistoiminta sekä vastuut rautatiekuljetuksissa	23

2.12	Määräykset ja ohjeet.....	25
2.12.1	Rautatiekuljettamiseen liittyvät määräykset	25
2.12.2	Liikenneviraston rataan liittyvät ohjeet	26
2.12.3	VR:n ohjeet.....	26
2.12.4	SSAB:n ohjeet.....	27
2.13	Muut tutkimukset.....	27
2.13.1	Ennen onnettomuutta kelavaunuille tehty kulkuominaisuuskokeet	27
2.13.2	Onnettomuuden jälkeen tehty kulkuominaisuuskoe	28
2.13.3	Vetolujuuskokeet sidontavanteelle.....	31
2.13.4	Laskelmat kuorman sijoituksen vaikutuksesta kulkuominaisuuteen	33
3	ANALYYSI	34
3.1	Onnettomuuden analysointi.....	34
3.1.1	Rainakelojen tilaus- ja toimitusprosessi.....	34
3.1.2	Käsittely tehtaalla	34
3.1.3	Vaunun kuormaus	36
3.1.4	Kuljetus	37
3.1.5	Rainakelan putoaminen ja veturin törmäys.....	37
3.2	Turvallisuusjohtamisen analysointi.....	38
3.2.1	Riskien arviointi	38
3.2.2	Oman toiminnan valvonta ja seuranta	39
3.2.3	Organisointi ja vastuut	39
3.2.4	Operatiiviset järjestelyt ja menettelyt	40
3.3	Pelastustoimien analysointi.....	40
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	41
4.1	Toteamukset.....	41
4.2	Onnettomuuden syyt	43
5	TOTEUTETUT TOIMENPITEET	44
6	TURVALLISUUSSUOSITUKSET	46
6.1	Uudet suositukset.....	46
6.1.1	Rainakelanippujen sitomisen selvittäminen.....	46
6.1.2	Rainakelanippujen vaunuun kuormaaminen	46
6.1.3	Turvallisuustiedon kerääminen ja analysointi	46
6.2	Muita huomiota ja ehdotuksia	47
	LÄHDELUETTELO	48
	YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA	50
	Liite 1. Accimap-kaavio.	

1 ONNETTOMUUS

1.1 Tapahtuma-aika ja -paikka

Onnettomuus tapahtui keskiviikkona 23.3.2016 kello 11.53 Seinäjoki–Ylivieska-välisellä rataosalla Matkannevan liikennepaikan läheisyydessä. Junana kulkeva Sr1-sähköveturi törmäsi raiteella olleeseen toisesta junasta pudonneeseen teräsrainakelaan ja suistui.



Kuva 1. Onnettomuus tapahtui Seinäjoki–Ylivieska-rataosalla Matkannevan liikennepaikan läheisyydessä. (Kuva: OTKES)

1.2 Tapahtumien kulku

Tavarajuna 55002 lähti Raahesta SSAB:n terästehtaalta kohti Hämeenlinnaa kello 8.24. Junassa oli kuormana muun muassa teräsrainakeloja. Juna kulki Kannuksesta lähtien poikkeuksellisesti vasenta eli itäistä raidetta pitkin. Ennen Matkannevan liikennepaikkaa kello 10.57 junasta putosi sen kuormassa ollut noin 3 500 kg painava rainakela. Putoamisen jälkeen rainakela pyöri viereiselle läntiselle raiteelle ja kaatui jäaden lappeelleen toisen kiskon päälle. Tavarajuna jatkoi matkaa veturinkuljettajan huomaamatta kelan putoamista.

Tavarajunan 55002 perässä Matkannevan liikennepaikan ohitti matkustajajuna IC50 kello 11.45 myös itäistä raidetta pitkin. IC50-junan henkilökunta ei havainnut kiskoille pudonnutta rainakelaa.

Sr1-sähköveturi lähti junana 11375 Kokkolasta kohti Ylivieskaa kello 11.43. Veturinkuljettaja oli jo ennen lähtöä huomannut Kokkolan taukahuoneen ikkunasta katsellessaan, että ohikulkevan tavarajunan kyydissä olevia keloja oli kallistuneena. Hän ei kuitenkaan kiinnittänyt asiaan enempää huomiota. Ohittaessaan Matkannevan liikennepaikkaa läntistä raidetta huomasi junan 11375 veturinkuljettaja noin 100 metrin päässä kiskon päällä makaavan rainakelan.

Huomattuaan, että törmäys kelaan on väistämätön, veturinkuljettaja pudottautui veturin lattialle kuljettajan istuimen taakse. Juna törmäsi rainakelaan 120 km/h-nopeudella. Juna hypähti rainakelan ylitse ja suistui kiskoilta kokonaan. Juna kulki suistuneena 185 metriä jääden kallistuneena oikean puoleisen kiskon päälle siten, että kisko oli lähes veturin keskellä. Veturinkuljettaja ilmoitti törmäyksestä liikenteenohjaajalle, joka ilmoitti asiasta edelleen hätäkeskukseen.

Junan 11375 sijaan samalla aikataululla Kokkolasta piti lähteä Raaheen VAK¹-kuormassa ollut tavarajuna, jossa oli kuormana muun muassa klooria. Havaitun ylipainon takia juna ei päässyt lähtemään, vaan se jäi odottamaan kuorman vajentamista.

Tavarajuna 55002 pysäytettiin Härmän liikennepaikalle ja vaunut, joissa oli kallistuneita keloja, poistettiin junasta. Seuraavana päivänä neljä kallistuneista keloista siirrettiin Härmän asemalla kuorma-autoihin. Muut kallistuneet niput oikaistiin, järjesteltiin uudelleen vaunuihin ja sidottiin uudelleen teräsketjuilla sekä kiristimillä. Vaunut siirrettiin myöhemmin Hämeenlinnaan purettavaksi ja kaksi vaunua edelleen Tampereen vaunukorjaamolle teknistä tarkastusta varten.

Pelastustoiminta ja ensihoito

Liikenteenohjaaja ilmoitti onnettomuudesta Vaasan hätäkeskukselle kello 12.12 ja hätäkeskus hälytti paikalle kello 12.15 kaikkiaan neljä pelastustoimen yksikköä ja yhden ensihoidon yksikön. Hälytetyt pelastustoimen yksiköt olivat RKP 151, RKP 157 ja RKP 15 AS Kälviältä ja pelastustoiminnan johtajan RKP 30 Kokkolasta. Kokkolasta hälytettiin myös ensihoidon yksikkö EKP 131. Ensimmäinen pelastustoimen yksikkö RKP 151 oli kohteessa kello 12.29. Pelastustoiminnan johtaja johti tehtävää aluksi etäjohtamisena Kokkolan paloasemalta ja määräsi tilannepaikan johtajaksi RKP 151:n yksikönjohtajan. Johtuen onnettomuuden erikoisuudesta ja viranomaisyhteistyön tarpeesta, hän siirtyi myös itse onnettomuuspaikalle.

Varsinaisille pelastus- ja ensihoitotoimille ei kuitenkaan ollut tarvetta. Pelastusyksikön tehtäväksi jäi onnettomuuspaikan ja alueen tiedustelu sekä tiedon välittäminen pelastustoiminnan johtajalle. Pelastustoiminnan johtaja oli yhteydessä muihin pelastustoimintaan osallistuviin tahoihin ja rataliikenteen ohjauskeskukseen varmistaen virta- ja liikennekatkot. Lisäksi hän välitti tiedon onnettomuudesta pelastusjohtajalle sekä sisäministeriön ja Onnettomuustutkimuskeskuksen (OTKES) päivystäjille. Ensihoidon yksikölle ei ollut paikan päällä tehtävää.

Onnettomuuspaikalla kävi myös poliisin kenttäpartio.

VR-Yhtymä Oy hälytti onnettomuuspaikalle raivausryhmän ja raivausauton Oulusta kello 12.04. Viiden henkilön raivausryhmä saapui onnettomuuspaikalle kello 16.00. Suistunut veturi päädyttiin nostamaan kiskoille kahdella ajoneuvonosturilla, koska veturi oli kallellaan ja takertuneena alustastaan alla olevaan kiskoon. Ajoneuvonostureille rakennettiin kantava tie veturin vierelle ajattamalla paikalle mursketta. Suistunut veturi nostettiin ajoneuvonostureilla takaisin kiskoille ja siirrettiin tarkastuksen jälkeen hinaamalla Kokkolaan. Raivausryhmän päällikkö ilmoitti raivaustöiden päättymisestä liikenteenohjaukseen 24.3.2016 kello 6.45.

1.3 Onnettomuudesta aiheutuneet vahingot

1.3.1 Henkilövahingot

Teräsrainakelaan törmänneen ja suistuneen veturin kuljettaja sai vähäisiä vammoja.

¹ VAK = Vaarallisten aineiden kuljetus.

1.3.2 Kalusto-, rata- ja laitevauriot

Suistunut Sr1-veturi vaurioitui. Raivauksesta, nostotöistä sekä veturin vaurioiden korjauksesta aiheutui noin 300 000 euron kulut.

Rataa ja ratalaitteita vaurioitui 257 metrin matkalta. Yhteensä 450 metriä rataa, 410 betonista ratapölkkyä, kaksi baliisia ja yksi akselinlaskijan auraussuoja uusittiin. Radan ja ratalaitteiden korjauskustannukset olivat noin 200 000 euroa.

1.3.3 Onnettomuudesta aiheutuneet liikennehäiriöt

Onnettomuuspaikalla oli kaksoisraide ja suistunut veturi jäi kallistuneena niiden väliin. Muu junaliikenne mahtui ohittamaan onnettomuuspaikan viereistä raidetta pitkin alennetulla nopeudella. Raivaustyöt suistuneen veturin osalta saatiin päätökseen ja sen pois siirtäminen aloitettiin 24.3.2016 kello 5.50. Onnettomuuspaikalle tehtiin nostotöiden vuoksi jännitekatko 23.3.2016 kello 22.20 ja seuraavan aamun kello 3.30 väliseksi ajaksi. Vaurioitunut rata saatiin korjattua liikennöitäväksi 25.3.2016 ja korjaus oli täysin valmis 11.5.2016.

Rainakelakuljetukset keskeytettiin rautatiekuljetuksina onnettomuuden jälkeen ja kuljetukset toteutettiin kuorma-autokuljetuksina 17.8.2016 saakka.

1.4 Viestintä

Kun tieto tapahtuneesta onnettomuudesta tuli, VR Transpointin johto ja VR-Yhtymän turvallisuusjohtaja kokoontuivat käsittelemään asiaa. Samassa kokouksessa tehtiin päätös rainakelakuljetusten pysäyttämisestä, kunnes asia olisi selvitetty. Tieto päätöksestä keskeyttää rainakelakuljetukset ilmoitettiin SSAB:lle ja Liikenteen turvallisuusvirastolle (Trafi).

23.3.2016 Liikenteen turvallisuusvirasto pyysi sähköpostilla VR:ltä kirjallista selvitystä ja näkemystä syistä, jotka aiheuttivat rainakelan putoamisen vaunusta ja myöhemmin veturin törmäämisen siihen. VR kuittasi pyynnön ja vastasi tutkinnan olevan käynnissä.

Onnettomuustutkintakeskus tiedotti 24.3.2016 aloittavansa tapauksesta tutkinnan.

24.3.2016 VR antoi Liikenteen turvallisuusvirastolle tiedon, että kentällä tehtyjen tarkastusten ja mittauksen perusteella vaunut olivat teknisesti kunnossa, mutta asia varmistetaan vielä varikkotiloissa tehtävällä tarkemmalla tarkastuksella. Samassa yhteydessä VR kertoi sopineensa seuraavalle viikolle SSAB:n kanssa tapaamisen, jossa käydään läpi muun muassa lasausprosessia.

1.4.2016 VR lähetti Liikenteen turvallisuusvirastolle SSAB:n kanssa pidetyssä kokouksessa läpikäytyt aineistot.

26.5.2016 VR ilmoitti suunnittelevansa SSAB:n kanssa rainakelakuljetusten aloittamiseksi tarvittavia toimenpiteitä ja halusi pitää yhteisen kokouksen asiaan liittyen Liikenteen turvallisuusviraston kanssa. OTKESin tutkijat osallistuivat seuraajina kokoukseen.

Vaunujen kulkuominaisuuksien ja rainakelanippujen muutetun sidonnan vaikutusten selvittämiseksi päätettiin tehdä kulkuominaisuuskoe. Koe toteutettiin 16.8.2016 välillä SSAB Raahen–Hämeenlinna. Liikenteen turvallisuusvirasto hyväksyi kulkuominaisuuskokeen ja sen tulokset perusteluksi rainakelakuljetusten jatkamiselle.

2 ONNETTOMUUDEN TUTKINTA

2.1 Paikkatutkinta

Onnettomuustutkintakeskus sai tiedon onnettomuudesta 23.3.2016 kello 12.03.

Paikkatutkinnan Matkanevalla tekivät OTKESin asiantuntijat, jotka saapuivat onnettomuuspaikalle 23.3.2016 kello 15.00. Lisäksi yksi OTKESin asiantuntija kävi kuvaamassa ja dokumentoimassa tavarajunasta 55002 irrotetut vaunut ja niiden kuormana olleet teräsrainakelat Härmässä.

Onnettomuuspaikalla selvisi, että veturi oli törmännyt aiemmin Matkanevan liikennepaikan ohittaneen tavarajunan vaunusta pudonneeseen yksittäiseen teräksiseen rainakelaan ja suistunut kiskoilta kulkusuunnassaan oikealle puolelle. Törmäyksessä veturi oli ”hypähtänyt” lappeellaan kiskojen välissä ja vasemman puoleisen kiskon päällä olleen rainakelan yli. Törmäyksen voimasta rainakela oli liukunut 33 metriä veturin kulkusuuntaan jääden edelleen vasemman puoleisen kiskon päälle. Kiskoissa ja ratapölkyissä olleiden jälkien perusteella suistuminen oli tapahtunut 17 metriä törmäyskohdasta. Veturin keula oli pysähtynyt 162 metrin päähän törmäyskohdasta. Onnettomuuspaikalta löytyi rainakelanippujen sidonnassa käytettäviä teräsvanteita, jotka olivat katkenneet.

Härmään jätetyille vaunuille tehdyssä tarkastuksessa selvisi, että kallellaan olevia rainakelanippuja oli kolmessa vaunussa. Kallistumat olivat molempiin suuntiin, mutta samassa vaunussa vain yhteen suuntaan. Junassa 33:ntena olleen vaunun takimmainen rainakelanippu oli oikealle kallistunut, mutta sidonta oli ehyt. Junan 34:ntenä olleessa vaunussa ensimmäisen rainakelanipun sidonta oli pettänyt ja yksi kela oli pudonnut. Junan 35:ntenä olleessa vaunussa ensimmäinen rainakelanippu oli vasemmalle kallistunut ja yksi silmävanne oli poikki. Kolmas rainakelanippu oli paljon kallellaan vasemmalle ja kaikki silmävanteet olivat poikki. Junan 36:ntena olleessa vaunussa rainakelaniput oli tuettu metallisilla, kiristettävillä ylätuilla ja ne olivat pystyssä. Niissäkin silmävanteita oli huomattavan löysällä, paikaltaan siirtyneinä ja jopa katkenneina.

Kallistuneet rainakelaniput muodostuivat seitsemästä rainakelasta, jotka oli sidottu yhteen neljällä teräsvanteella keskireiän kautta. Pudonneen rainakelan halkaisija oli noin 1 800 mm, leveys 180 mm ja paino 3 382 kg. Muut kallistuneet rainakelat olivat suunnilleen samankokoisia.

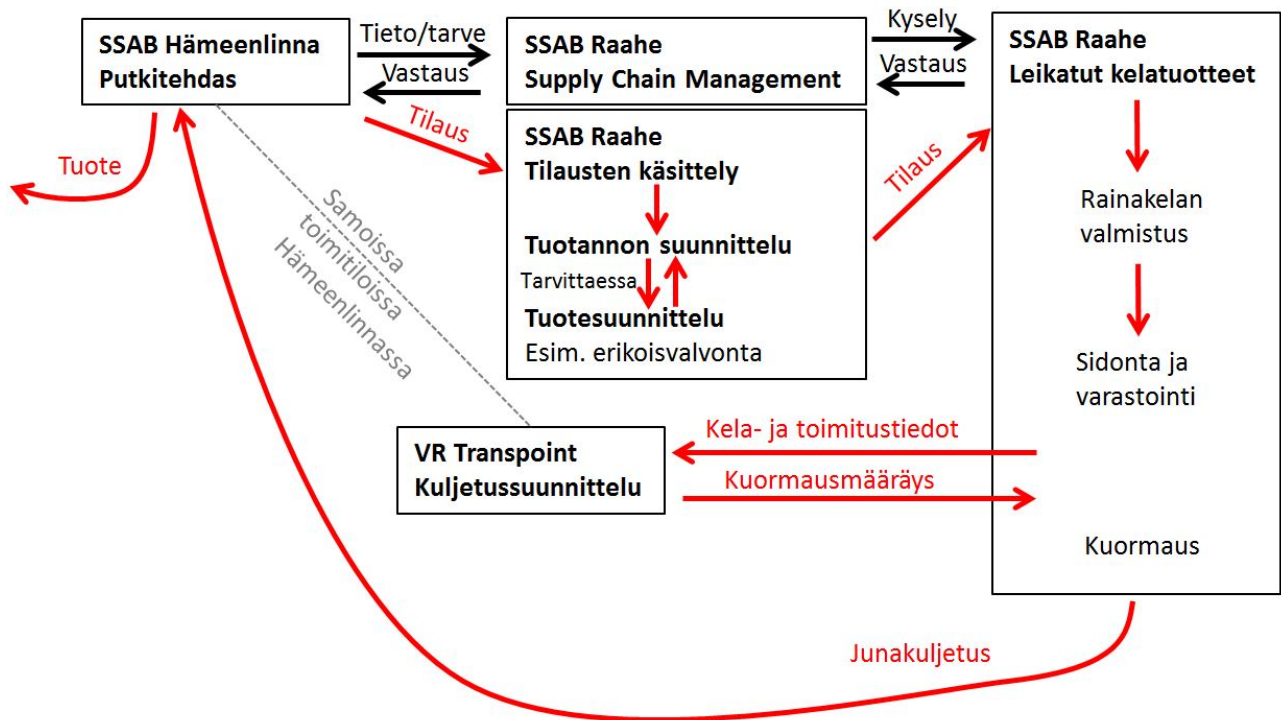
2.2 Käytännöt kelojen tilaus- ja valmistusprosessissa, kuormauksessa ja kuljetuksessa

2.2.1 Rainakelojen tilaus

Rainakelaksi kutsutaan tyypillisesti noin 1 300 mm leveästä teräsnauhakelasta leikattua kaapeampaa teräsnauhakelaa. Rainakelojen leveys vaihtelee 80–900 mm välillä. SSAB:n Raahen tehdas toimittaa rainakeloja muun muassa SSAB:n Hämeenlinnan tehtaalle, jossa niistä valmistetaan putkia. Putki valmistetaan taivuttamalla rainanauha putkeksi ja hitsaamalla syntynyt saumakohta yhteen.

Rainakelojen tilausprosessissa SSAB:n Hämeenlinnan tehdas toimittaa tilauksen SSAB:n Raahen tehtaalle tilausten käsittelyyn, jonka jälkeen tilaus siirtyy tuotannon suunnitteluun. Tuotannon suunnittelu laatii tuotantoaikataulun, jonka perusteella tilattu tuote valmistetaan. Tuotteen valmistuttua tieto valmistetusta tuotteesta siirtyy tuotannon LÄHTI-järjestelmään.

LÄHTI-järjestelmän tietojen perusteella Hämeenlinnassa työskentelevät VR Transpointin kuljetussuunnittelijat suunnittelevat tilatuille ja valmistetuille rainakeloille kuljetuksen Hämeenlinnan tehtaalle. Kuljetussuunnittelussa keskeinen kelojen ominaisuus on niiden paino. Muita ominaisuuksia kuten mittoja tarkastellaan vain tilanteissa, joissa se voi olla rajoittava tekijä vaunuun sijoittelun suhteen. Tieto suunnitelmasta välittyy edelleen LÄHTI-järjestelmän kautta Raahan tehtaan tuotannossa työskentelevälle lastaajalle. Hän tilaa suunnitelman mukaan tilatuille tuotteille junanvaunut tai kuorma-autokuljetuksen. Kuorma lastataan LÄHTI-järjestelmästä saadun kuormausmääräyksen mukaisesti ja lähetetään tilaajalle.

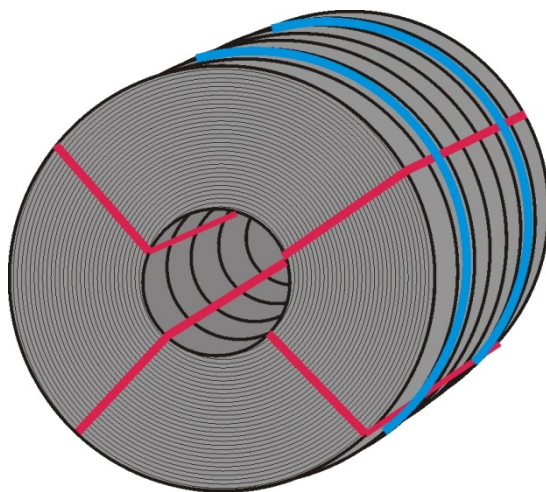


Kuva 2. Piirros tilausprosessista. Mustilla nuolilla on kuvattu onnettomuustapauksessa mukana olleen suuremman rainakelan valmistusmahdollisuuksien selvitystä. Punaiset nuolet kuvaavat varsinaisen tilaus ja valmistusprosessin vaiheet ja tietojen siirtymistä. (Piirros: OT-KES)

2.2.2 Rainakelan valmistus ja sidonta

Rainakelanippu² muodostetaan leikkaamalla leveä teräsnauhakela rainaleikkurilla eri levyiksi rainoiksi. Leikkauksen jälkeen rainat kelataan uudelleen ja sidotaan automaattisella sidontakoneella kehältä teräsvanteilla (= kehäsidonta). Kehäsidonnan vanteiden määrä ja asema riippuvat rainakelan mitoista. Tämän jälkeen rainakelat sidotaan käsikäyttöisellä paineilmakoneella yhdeksi nipuksi neljällä teräsvanteella. Tätä kutsutaan silmäsidonnaksi. Silmävanteiden paikallaan pysyminen varmistetaan vielä niiden päälle laitettavalla kahdella kehävanteella.

² Selostuksessa käytetään yhdestä rullaksi kelatusta rainasta termiä rainakela ja useammasta yhteen sidotusta rainakelasta termiä rainakelanippu.



Kuva 3. Esimerkkipiirros rainakelanipun sidonnasta. Rainakelat sidotaan nipuksi neljällä silmävanteella (kuvassa punaisella), joiden paikallaan pysyminen varmistetaan niiden päälle sidottavilla kahdella kehävanteella (kuvassa sinisellä). (Piirros: OTKES)

Rainakelanippu, josta rainakela putosi, muodostettiin leikkaamalla 1 260 mm leveä teräsnauhakela rainaleikkurilla asiakkaan tilauksen mukaisesti seitsemäksi 180 mm leveäksi rainaksi. Leikkauksen ja uudelleen kelauksen jälkeen rainakelat siirrettiin vaa'alle. Automaattinen sidontakone sitoi jokaisen rainakelan kehältä kahdella päällekkäisellä teräsvanteella. Tämän jälkeen rainakelat sidottiin käsikäyttöisellä paineilmakoneella yhdeksi nipuksi neljällä teräsvanteella. Tehtaalta saadun videotallenteen mukaan silmävanteiden paikallaan pysyminen varmistettiin yhdellä kehävanteella rainakelanipun keskeltä.

Sidonnassa käytetty teräsvanne oli tyyppiltään FROMM, 0,8x31,75 high tensile. Vanteen nimelliset vetolujuus on 24 130 N.

2.2.3 Varastointi ja nostokäsittely

Sidonnan jälkeen rainakelanippuja nostetaan siltanosturilla, jota kuljettaja ohjaa ylhäällä sijaitsevasta nosturin mukana liikkuvasta ohjaamosta. Nosturin koukkua voidaan kääntää sähköisesti ja nosturinkuljettaja voi valvoa nostotapahtumaa nosturissa olevan kameran avulla. Nosturissa käytetään vastapainollista C-koukkua. Koukun alaleuan pituus on 1 650 mm. Kelanipun asento nosto- ja laskutilanteissa riippuu kelanipun leveydestä ja painosta sekä siitä, kuinka pitkälle koukku on työnnetty.



Kuva 4. Siltanosturissa käytettävä C-koukku, jolla kelat nostetaan. (Kuva: OTKES)

Nosturilla vinosti nostetun nipun silmäsidonnat löystyvät nosto- ja laskutilanteissa. Myös se, jos koukku ei ylety tukemaan ulointa rainaa, löystyttää silmäsidontaa. Nostettaessa rainakelanippu voi myös kiertyä, mikäli koukku ei ole täsmälleen kelan sisäreiän suuntainen. Tämä korostuu erityisesti nostettaessa rainakelanippua sidontapisteen kumipäällysteisten rullien päältä, jolloin rullien ja kelanipun välinen kitka on suuri.

Onnettomuuden aiheuttaneen rainakelan sitomisen jälkeisen noston videotallenteesta havaittiin, että nosturinkuljettaja teki rainakelanipulle kaksi nostoa sidontapisteesä. Ensimmäisessä nostossa nosturin C-koukku ei ollut kokonaan työnnettynä rainakelanipun sisään ja nostessa rainakelanippu nousi epätasaisesti ja kiertyi. Nosturinkuljettaja korjasi C-koukun asentoa työntämällä sitä pidemmälle, jonka jälkeen nosti rainakelanipun uudelleen.



Kuva 5. Valvontakameran tallenteesta otetuista kuvakaappauksista näkyy, että rainat kiertyvät toistensa suhteen nostettaessa kelaä sidontapaikalta varastoalueelle. Eniten kiertyy kuvassa kauimmaisena oleva raina. Kiertymisen voi havaita valkoisesta tarrasta (punainen nuoli) sekä rainoja yhdessä pitävästä silmävanteesta (sininen nuoli). Kameraa lähimpänä olevan puolen kohdat (vihreät nuolet) pysyvät paikoillaan. Onnettomuudessa junasta pudonnut raina oli kuvassa kauimmaisena oleva. (Kuva: OTKES, SSAB:n kameratallenteelta)

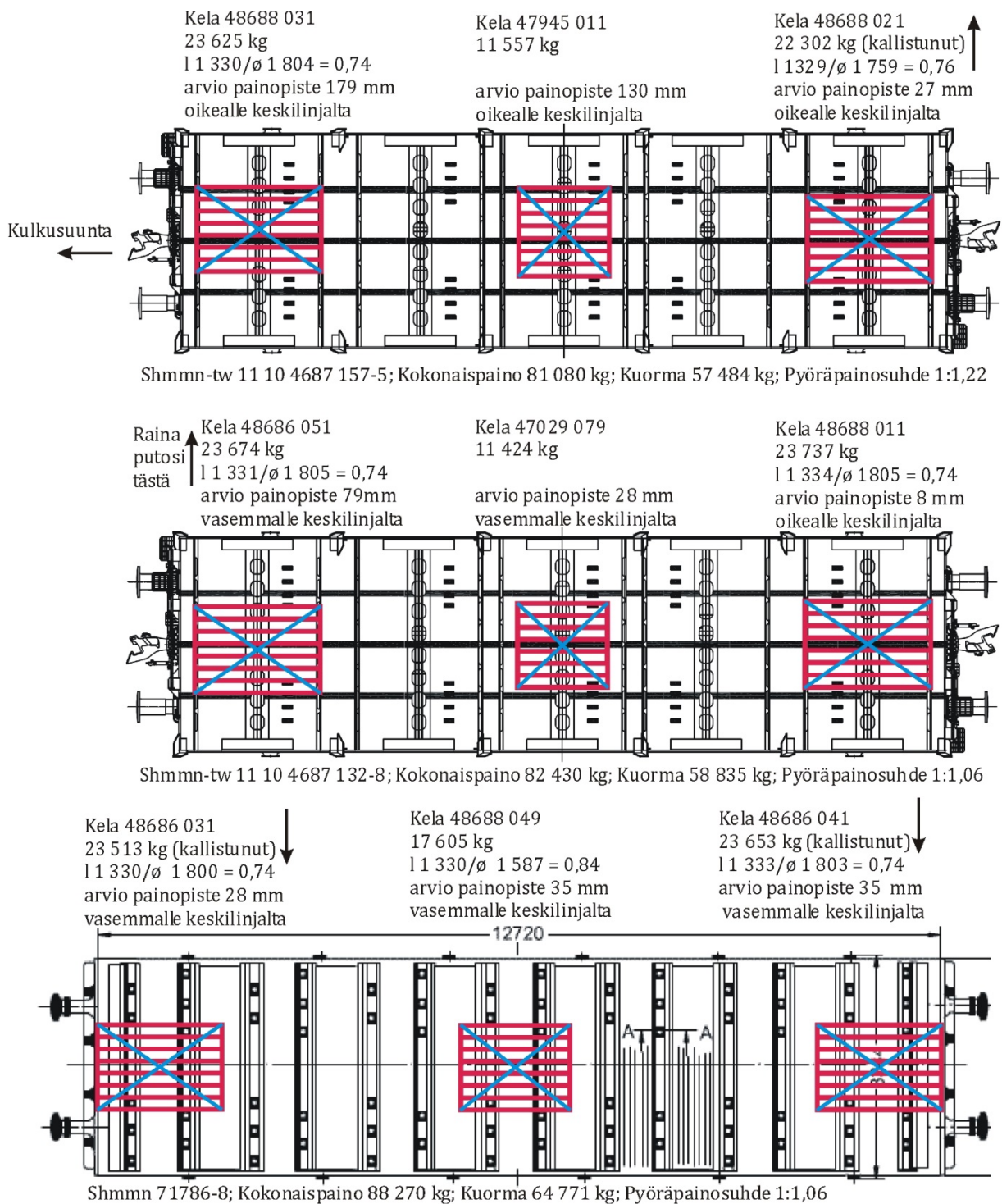
Sidonnan jälkeen rainakelanippu siirrettiin siltanosturilla lattiavarastoon. Varastoinnin ja käsittelyn aikana kelanippuja saatetaan siirtää varastointialueella, jolloin niihin kohdistuu useita nostoja ja laskuja. Tutkinnassa ei pystytty selvittämään kuinka monta nostoa kyseessä olevalle rainakelanipulle tehtiin ennen sen lastausta vaunuun. Kelaniput saattavat lisäksi vieriä varaston betonipäällysteisellä lattialla, jolloin sidonta voi vaurioitua.

2.2.4 Vaunujen kuormaus

Rainakelaniput kuormataan junanvaunuihin siltanosturilla sisätiloissa. Kuormauksen tekevät nosturinkuljettaja ja lastaaja. Junanvaunut kuormataan VR Transpointin kuormaus suunnittelun antaman kuormausmääräyksen mukaisesti. Rainakelaniput pyritään kuormauksessa sijoittamaan vaunuihin pituussuunnassa siten, että painojakauma olisi mahdollisimman tasainen. Raskaimmat kelaniput lastataan vaunujen pätyihin ja kevyemmät keskelle vaunujen kantavuuden rajoissa. Sivuttaissuunnassa kelaniput pyritään sijoittamaan mahdollisimman keskelle.

Junan 55002 rainakelaniput kuormattiin kuljetussuunnittelijoiden laatiman kuormausmääräyksen mukaisesti vaunuihin. Vaunuissa raskaimmat rainakelaniput sijoitettiin päätymäisiin kehtoihin ja kevyempi nippu keskelle. Vaunut tulivat kuormatuiksi lähes maksimipainoon.

Vaunujen kuorman sijoittelu selvitettiin pudonnutta ja kallistuneita rainakeloja kuljettaneiden kolmen vaunun osalta. Paikat määriteltiin valokuvien ja kallistuneista keloista vaunuihin jääneiden jälkien perusteella. Keloja kuljettanut tavarajuna pysäytettiin Härmän liikennepaikalle, jossa kallistuneita rainakeloja kuljettaneet vaunut valokuvattiin. Vaunut tarkastettiin ja kallistuneista rainakeloista jääneet jäljet dokumentoitiin 7.4.2016 Tampereen vaunukorjaamolla. Määriteltyjen paikkojen ja rainakelojen tietojen perusteella saatiin arvio kelojen painopisteen asemasta vaunun keskilinjan suhteen sekä laskettua arvio vaunujen pyöräpainoista ja pyöräpainosuhteesta.



Kuva 6. Valokuvien ja mittausten perusteella tehty arvio rainakelojen paikoista ennen onnettomuutta. Arvioidun kuorman sijoittelun mukaiset laskennalliset pyöräpainosuhteet vaunujen kuvien alla. Suurin sallittu pyöräpainosuhte on 1:1,25 ja pienin sallittu kelan leveys-halkaisija-suhde 0,7. (Kuva: OTKES)

Taulukko 1. Vaunujen pyöräpainot* arvioidun kuormansijoittelun mukaan laskettuna. Suurin sallittu yksittäinen pyöräpaino pyöräpainosuhte huomioiden on 12,5 t.

Vaunu	Teli 1 oikeat** [t]	Teli 1 vasemmat [t]	Teli 2 oikeat [t]	Teli 2 vasemmat [t]	YH- TEENSÄ [t]
Shmmn-tw 11 10 4687 157-5	11,34	9,30	10,93	8,97	81,08
Shmmn-tw 11 10 4687 132-8	9,98	10,61	10,00	10,63	82,44
Shmmn 71786-8	10,69	11,35	10,72	11,38	88,28

*Telin saman puolen pyörien pyöräpainojen on oletettu jakautuvan puoliksi kummallekin

**Oikea ja vasen määritelty kulkusuunnan mukaan

Tutkintaryhmän tekemällä tehdasvierailulla havaittiin, että käytännössä nosturilla tapahtuvassa kuormauksessa sivusuuntaisen sijoittelun tarkkuudessa ei päästä onnettomuuden tapahtuma-aikaan VR:n kuormausohjeissa esitettyyn sijoittelun tarkkuusvaatimukseen. Huomioitavaa oli myös, että kuormaukseen tai nostokäsittelyyn liittyvässä nosturinkäsittelyssä oli kuljettajakohtaisia eroja.

Tutkinnassa selvisi, että kuormauksessa toimivalla henkilöstöllä oli erilaisia käsityksiä toimintatavoista. Lastaajan mukaan lattiatasolla toimiva lastaaja osoittaa siltanosturin kuljettajalle vaunuun nostettavan kelan sekä sen, mihin vaunun kehtoon se sijoitetaan. Nosturinkuljettajan mukaan hän päättää, mihin kehtoon kelan kulloinkin nostaa.

2.2.5 Kuljetus

Raahesta lähtee kaksi kelajunaa vuorokaudessa sekä lisäksi kolmena päivänä viikossa asiakasjuna, joka kuljettaa teräsrainakeloja sekä teräslevyjä. Kelat ja rainakelat kuljetetaan pääosin erityisesti tähän käyttöön suunnitelluissa kelakehdoilla varustetuissa avovaunuissa. Keloja ei sidota vaunuun. Kuljetuksessa rainakelaniput, joissa rainakelojen leveys on alle 140 mm, varmistetaan rainojen yhdessä pysyminen vannesidonnan lisäksi kelanippujen yläosaan asetettavalla metallisella ylätuella.



Kuva 7. Rainakelanippuja lastattuna kelavaunun kehtoihin. (Kuva: OTKES)

Lähtevälle junalle tehdään SSAB:ltä lähtiessä matkakuntoisuuden tarkastus. Tarkastus keskitetty käytännössä kuitenkin vain vaunujen ja junan liikennöintikuntoon.

Junanvaunuissa kallistuneet rainakelat olivat osa koe-erätoimitusta, jossa kelan halkaisijaa oli asiakastarpeesta kasvatettu 1 630 mm:stä 1 800 mm:n. Tiedustelu koe-erätoimituksen mahdollisuudesta oli tullut SSAB:n Hämeenlinnan tehtaalta. Tieto koe-erästä oli SSAB:n Raahen tehtaan tuotannon johdolla. Ensimmäiset koe-erät oli toimitettu marraskuussa 2015. Onnettomuus tapahtui kolmannessa koe-eräkuljetuksessa.

2.3 Kalusto

Junassa 55002 oli 2 Sr1-sähköveturia ja 43 kuormassa olevaa tavaravaunua. Vaunuista 36 oli avonaisia teräskelavaunuja tyypiltään Shmmns-tw, Shmmn-tw ja Shmmn, 2 katettua teräskelavaunua (Shimmmn), 1 kelakehdoilla varustettu siirtokatevaunu (Sim) ja 4 terästuotteiden kuljetukseen tarkoitettua siirtokatevaunua (Sim-u). Kuormana vaunuissa oli teräskeloja ja rainakelanippuja. Junan pituus oli 613 metriä ja paino 3 705 tonnia.

Junana 11375 kulki Sr1-sähköveturi, jonka pituus on 18,96 metriä ja paino 84 tonnia.

2.4 Ratalaitteet

Rataosuuksien Rautaruukki-Raahen–Tuomioja päällysrakenneluokka oli C₂ ja kiskotus 54 E1-kiskoa. Suurin sallittu akselipaino *Rautateiden verkkoselostuksen 2016* mukaan oli 225 kN (22,5 t). Rataosuuden Tuomioja (Oulu)–Seinäjoki päällysrakenneluokka oli D, lukuun ottamatta km:ltä 431,5 Lapualle C₂, ja kiskotus 60 E1- tai 60 E2-kiskoa. Suurin sallittu akselipaino *Rautateiden verkkoselostuksen 2016* mukaan oli 225 kN (22,5 t). Koko matkalla rata on sähköistetty.

Välillä Seinäjoki–Oulu oli meneillään ratahanke, jossa perusparannetaan rataa ja rakennetaan osalle matkaa kaksoisraide (välille Kokkola–Ylivieska). Ratatyöt olivat meneillään Tuomioja–Vihanti-välillä ja Ylivieska–Kokkola-välillä.

2.5 Turvalaitteet

Kokkola–Ylivieska–Tuomiojan välisellä rataosalla on käytössä Siemensin releasetinlaitteet. Asetinlaitteita ohjataan Mipron kauko-ohjausjärjestelmällä. Kokkolan ja Ylivieskan välisen rataosan liikenteen kauko-ohjaus hoidettiin Seinäjoelta. Ylivieska–Tuomioja–Raahe-välin rataosa kauko-ohjattiin Oulusta. Ylivieskassa on käytössä Ericssonin asetinlaite ja sitä ohjataan erilliskäytössä omalla ohjaustaululla Ylivieskasta.

Kokkola–Ylivieska rataosan raiteiden vapaanaolon valvonta on toteutettu akselinlaskentajärjestelmällä. Ylivieskan asemalla ja Ylivieska–Tuomioja välillä, sekä Tuomiojan asemalla vapaanaolon valvonta hoidetaan eristetyillä raidevirtapiireillä. Tuomiojan ja Raahen välisellä rataosalla ja Raahen asemalla on akselinlaskentajärjestelmä.

Kauko-ohjausjärjestelmä tallentaa annetut komennot, osuuksien varautumiset ja vikatiedot lokitietoihin. Lokitiedot ovat olleet tutkijoiden käytössä. Muutostöiden vuoksi Ylivieskasta ei saatu lokitietoja.

Väli Raahe–Tuomioja–Seinäjoki on kauko-ohjattu ja sillä on junakulunvalvontajärjestelmä (JKV). Väliä Raahe–Ylivieska ohjataan Oulun liikenteenohjauskeskuksesta ja väliä Ylivieska–Kokkola Seinäjoen liikenteenohjauskeskuksesta.

Osa matkasta, muun muassa Ylivieska oli muutostyön alla.

2.6 Viestintävälineet

Liikenteenohjaajan ja veturinkuljettajien välisessä viestinnässä sekä vaihtotöissä oli käytössä rautateiden Raili-verkon puhelimet.

2.7 Olosuhteet

Onnettomuusajankohtana sää oli Matkannevan kohdalla pilvinen, räntäsateinen ja lämpötila oli – 1 °C. Maassa oli vähän lunta, mutta raiteiden alue ja ratapenkki olivat lumettomia.

Edellisenä päivänä tehty rainakelojen lastaus oli tapahtunut lumettomiin ja jäätömiin vauhuihin.

2.8 Onnettomuuteen liittyvät organisaatiot ja henkilöt

2.8.1 SSAB Europe Oy, Raahen terästehdas

Rainanleikkauksesta ja leikkauksesta tulevien rainakelojen sidonnasta vastaavat tuotannon henkilöt. Rainaleikkausta ja sidontaa tekeviä henkilöitä on työvuorossa kaksi henkilöä. Leikkauslinjoja on kaksi. Leikkauslinjalta tulevat rainakelat sidotaan kukin ensin koneellisesti kehävanteella ympäri. Tämän jälkeen rainaleikkaaja sitoo käsikäyttöisesti rainakelat nipuiksi teräsvanteilla keskireiästä. Lopuksi rainaleikkaaja vielä varmistaa keskireikäsidontojen paikoillaan pysymisen sitomalla kaksi kehävannetta rainakelanipun reunimmaisten rainojen ympäri.

Rainakelojen nostoista ja lastauksista vastaavat tuotannon henkilöt. Rainakelanippuja siirrellään sisätiloissa siltanosturilla, jossa kuljettaja istuu ylhäällä nosturin mukana liikkuvassa ohjaamossa. Nosturinkuljettajia on työvuorossa kerrallaan viisi, joista yksi on vuorottaja. Ensimmäinen nostotapahtuma rainaleikkauksen jälkeen tapahtuu, kun sidottu rainakelanippu

siirretään nosturilla sidontapisteestä varastoalueelle. Junanvaunuihin ja autoihin lastauksessa mukaan liittyy lastaaja. Lastaajan tehtävänä on VR Transpointin ennalta tekemän kuormasuunnittelun pohjalta etsiä varastoalueelta lastattavat rainakelaniput ja osoittaa ne nosturinkuljettajalle. Lastaaja osoittaa nosturinkuljettajalle myös mihin vaunuun mikäkin rainakelanippu nostetaan. Rainaleikkauslinjalla 2 lastaajia on työvuorossa kerrallaan yksi.

Tuotannosta operatiivisella tasolla vastaa tuotantopäällikkö.

Kuljetusten suunnittelusta ja toteutuksesta rautateitse suoritettavissa kelakuljetuksissa vastaa kuljetussuunnittelun päällikkö, joka on myös SSAB:n yhteyshenkilö VR Transpointin kuljetussuunnitteluun. Kuljetussuunnittelun päällikkö järjestää kahdesti vuodessa turvallisuuskierroksen tehtaan ratapiha-alueille yhteistyössä VR Transpointin kanssa.

Tuotannon ja toimitusten johtamisesta vastaa valmistuksen ja toimitusten ohjauksen johtaja SSAB Raahen tehtaalla.

2.8.2 VR-Yhtymä Oy

Kuormien suunnittelusta vastaa VR Transpointin SSAB:n Hämeenlinnan tehtaalla olevat kaksi kuljetussuunnittelijaa. Kuljetussuunnittelijat tekevät valmistuneiden kelatietojen perusteella *LÄHTI*-järjestelmään kuormausmääräykset, joiden mukaan rainakelaniput lastataan junavaunuihin Raahessa.

Vaihtotyöt SSAB:n tehtaalla Raahessa suorittaa VR Transpointin kaksi vaihtotyöjohtajaa. SSAB:n lastaaja tilaa vaihtotyöt VR Transpointilta. Tilattavia vaihtotöitä ovat tyhjen vaunujen siirto lastaukseen ja lastattujen vaunujen siirto lastaushallista ulos. Vaihtotyöt Raahessa tehdään radio-ohjatulla veturilla. Vaihtotyöliikenteestä vastaa VR Transpointin vaihtotyönjohtajien ryhmäesimies.

Lähtevästä junaliikenteestä Raahesta vastaa VR-Yhtymä junaliikennöinti vetopalvelut Oulu. Lähtevän junan kasaamiseen ja sen liikennöintitarkastukseen³ osallistuu veturinkuljettajan lisäksi VR Transpointin vaihtotyöntekijä.

2.9 Pelastustoimen organisaatiot ja niiden toimintavalmius

Pelastuslain⁴ mukaan kunnat vastaavat pelastustoimesta yhteistoiminnassa valtioneuvoston määräämällä maantieteellisellä alueella (alueen pelastustoimi). Onnettomuusalueen pelastustoiminnasta vastaa yhteistoimintasopimuksen mukaan Keski-Pohjanmaan ja Pietarsaaren alueen pelastuslaitos.

Keski-Pohjanmaan ja Pietarsaaren alueen pelastuslaitos toimii alueelle vuosiksi 2015–2018 vahvistetun palvelutasopäätöksen mukaisesti. Palvelutasopäätöksessä kuvataan pelastusalue, toiminnan painopisteet ja strategiset päämäärät ja palvelutasopäätös prosessi. Lisäksi siinä määritellään palvelutasopäätöksen perusteet. Perusteiden määrittelemisen jälkeen päätöksessä kuvataan palvelutasopäätös jakaen se muun muassa onnettomuuksien ehkäisyyn, pelastustoimintaan, öljyntorjuntatehtäviin, muihin tehtäviin, sekä pelastustoimen ohjeisiin ja suunnitelmiin. Palvelutasopäätöksessä määritetään pelastustoimen taso alueella ja käytettävät resurssit.

Pelastustehtävien hoitamista varten pelastuslaitoksen alueelle on 12.10.2015 hyväksytty käyttöön pelastustoimintaohje. Ohjeessa määritellään muun muassa pelastustoiminnan joh-

³ Aikaisemmin "matkakuntoisuuden tarkastus".

⁴ Pelastuslaki 379/2011.

taminen ja käskyvaltasuhteet, valmiudet kulloisenkin tehtävän hoitamiseen, hälytysten vastaanottaminen ja toiminta hälytysten aikana, pelastustoiminta häiriötilanteissa, tiedottaminen ja ilmoitusten tekeminen sekä pelastustoiminnan arviointi ja osaamisen kehittäminen.

Pelastuslaki ja sisäministeriön asetus⁵ erityistä vaaraa aiheuttavien kohteiden ulkoisesta pelastussuunnitelmasta vaatii alueen pelastuslaitosta tekemään ulkoisen pelastussuunnitelman yhteistyössä toimijan kanssa, kun kyseessä on muun muassa vaarallisten aineiden kuljetuksesta rautatiellä annetun valtioneuvoston asetuksen⁶ 32 §:n mukainen järjestelyratapiha. Pohjois-Pohjanmaan ja Pietarsaaren alueen pelastuslaitos on yhdessä VR-Yhtymä Oy:n kanssa laatinut 27.3.2015 käyttöön hyväksytyn ulkoisen pelastussuunnitelman Kokkolan ja Ykspihlajan ratapihojen alueille. Ulkoisen pelastussuunnitelman laadinnassa on huomioitava muun muassa alueelta laadittu turvallisuusselvitys, toimintaperiaateasiakirja tai valmiussuunnitelma sekä sisäinen pelastussuunnitelma. Suunnitelmassa kuvataan alueen tai kohteen perustiedot ja suuronnettomuusvaaraa aiheuttavat riskit. Lisäksi siinä määritetään alueen pelastusorganisaatio ja pelastustoimen muodostelmat, vasteet ja tukioorganisaatiot. Pelastustoiminnan osalta siinä määritetään pelastustoiminnan johtaminen suuronnettomuustilanteessa, väestön varoittaminen ja tiedottaminen onnettomuuden aikana, sekä kohteessa suoritettavien harjoitusten määrävälit ja vastuutahot. Suunnitelma päivitetään vuosittain.

Pelastuslaitos on lisäksi laatinut alueella noudatettavaksi pikaohjeen, ”VR-ohjekortti”, pelastustoiminnan johtajalle ensitoimenpiteiden hoitamiseksi pelastustoiminnassa rautatiellä kii-reellisissä erityistöissä.

Raideliikenneonnettomuuksissa tarvittavat hätämaadoituskalustot on sijoitettu kaikkiin junaradan varrella oleviin laitoksen pelastusyksiköihin. Vaarallisten aineiden torjuntakalusto on keskitetty Kokkolan paloasemalle. Pelastuslaitoksella on yhteistyösopimus myös suurteollisuusalueelle sijoitetusta kemikaalitorjuntayksikön käytöstä onnettomuustilanteessa.

Ensihoito Pohjois-Pohjanmaan ja Pietarsaaren alueen pelastuslaitoksella on yhteistoimintasopimus Vaasan sairaanhoitopiirin kanssa sairaankuljetus- ja ensivastepalvelujen⁷ tuottamisesta alueella ja lisäksi yhteistoimintasopimus Keski-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin kanssa ensivastetoiminnasta. Pelastuslaitos tuottaa ensihoitopalveluita siinä laajuudessa kuin siitä on sovittu yhteistoimintasopimuksessa palvelun tilaajan kanssa.

2.10 Tallenteet

2.10.1 Kulunrekisteröintilaitteet

Junan 55002 kulunrekisteröintilaitteen tiedot saatiin talteen sellaisessa muodossa, että alkumatka SSAB:n tehtaalta Ylivieskaan oli tallentunut ”pitkän ajan”-tallennusmuotoon, jolloin tiedot ovat tallentuneena kahden sekunnin välein, eikä tiedoissa näy esimerkiksi baliisitietoja. Ylivieskasta eteenpäin tiedot olivat ”lyhytaikainen muisti”-muodossa, jossa tiedot tallentuvat puolen sekunnin välein ja myös baliisitiedot näkyvät. Ylivieskan nopeusrajoituksista ei ollut baliisitietoa.

Kulunrekisteröintilaitteen tietojen mukaan junan jarrulaji oli G, suurin sallittu nopeus 85 km/h, pituus 613 m, kokonaispaino 3 705 t ja jarrupaino 2 369 t. Jarrupainoprosentti oli 64.

⁵ Sisäasiainministeriön asetus 406/2011.

⁶ Asetus 195/2002.

⁷ Ensivasteella tarkoitetaan hätätilapotilaan luokse lähetettävää lähintä pelastustoimen yksikköä, joka kykenee aloittamaan välittömät potilaan peruselintoiminnot turvaavia toimenpiteitä ja arvioimaan potilaan tilaa.

Taulukko 2. Tavarajunan 55002 kulkutiedot 23.3.2016 välillä SSAB:n tehdas Raahe–Härmä. Välin Raahe–Ylivieska kelloajat on saatu Mipron tallenteista saatujen varautumis- ja vapautumistietojen perusteella. Välillä Ylivieska–Härmä aikatie on saatu kulunrekisteröintilaitteen baliisitiedoista.

Aika	Paikka, Tapahtuma (vaihteen asento)	Nopeus [km/h]	Sn [km/h]	Matka [km]
8.07.07	SSAB, Liikkeelle	1	-	0
8.14.10	Raahe, Vaihteella V016 (sivulle)	30	-	2,781
8.14.47	Raahe, Vaihteella V018 (sivulle)	30	-	3,074
8.19.24	Pysähtyi Raahen raiteelle 001	0	-	4,108
8.24.39	Liikkeelle	1	40	4,108
8.25.22	Raahe, Veturi vaihteella V011 (suoraan)	11	40	4,175
8.26.55	Raahe, Junan perä vaihteella V011 (suoraan), km 726+021	31	40	4,754
8.55.05	Tuomioja, Vaihteella V526 (sivulle), km 699+288	31	35	31,069
8.56.00	Tuomioja, Vaihteella V525 (sivulle), km 697+692	32	35	31,562
9.09.16	Vihanti, Vaihteella V412 (suoraan), km 685+397	74	85	44,321
9.10.05	Vihanti, Vaihteella V411 (suoraan), km 683+866	74	85	45,323
9.21.40	Kilpua, Vaihteella V362 (suoraan), km 669+024	79	85	60,353
9.22.29	Kilpua, Vaihteella V361 (suoraan), km 677+853	80	85	61,419
9.29.01	Oulainen, Vaihteelle V312 (suoraan), km 658+867	83	85	70,491
9.29.49	Oulainen, Vaihteelle V311 (suoraan), km 657+611	86	85	71,621
9.40.37	Kangas, Vaihteelle V212 (suoraan), km 643+311	83	85	86,073
9.41.36	Kangas, Vaihteelle V211 (suoraan), km 641+948	81	85	87,398
9.48.10	Ylivieska, Nopeusrajoitukselle ⁸ 50 km/h, km 632+975 (EKE:ssä Tn 50 ja Sn 85)	86	50	96,256
9.48.39	Ylivieska, Junan perä nopeusrajoituksella 50 km/h (EKE:ssä Tn 50 ja Sn 85)	63	50	96,695
9.50.29	Ylivieska, Nopeusrajoitukselle 30 km/h, km 631+106 (EKE:ssä Tn 35 ja Sn 35)	29	30	98,125
9.51.42	Ylivieska, Junan perä nopeusrajoituksella 30 km/h (EKE:ssä Tn 0 ja Sn 35)	29	30	98,738
9.52.00	Ylivieska, Nopeusrajoitus 30 km/h päättyy, km 630+346 (EKE:ssä Tn 0 ja Sn 35)	30	30	98,880
9.53.00	Ylivieska, Nopeusrajoitus 50 km/h päättyy, km 629+826	21	25	99,352
9.54.33	Juna pysähtyi Ylivieskaan, km 629+591	0	0	99,587
9.58.33	Liikkeelle Ylivieskasta	1	10	99,587
9.59.42	Ylivieska, Ensimmäinen baliisi 37598, km 929+468	13	70	99,710
10.12.34	Karhukangas, Vaihteelle V002 (suoraan), km 622+089	65	85	107,066
10.13.22	Karhukangas, Vaihteelle V001 (suoraan), km 621+072	68	85	107,937
10.19.06	Sievi, Vaihteelle V002 (suoraan), km 614+006	71	80	115,059
10.19.59	Sievi, Vaihteelle V001 (suoraan), km 613+000	73	80	116,105
10.26.39	Eskola, Vaihteelle V712 (suoraan), km 604+566	83	85	124,412
10.27.54	Eskola, Vaihteelle V711 (suoraan), km 602+852	81	85	126,046
10.35.51	Kannus, Baliisille 60087 (sivulle o), km 591+775	71	80	137,212
10.35.58	Kannus, Baliisille 60887 (sivulle v), km 591+610	71	80	137,350
10.36.41	Kannus, Vaihde V617 (sivulle), km 590+730	71	80	138,189

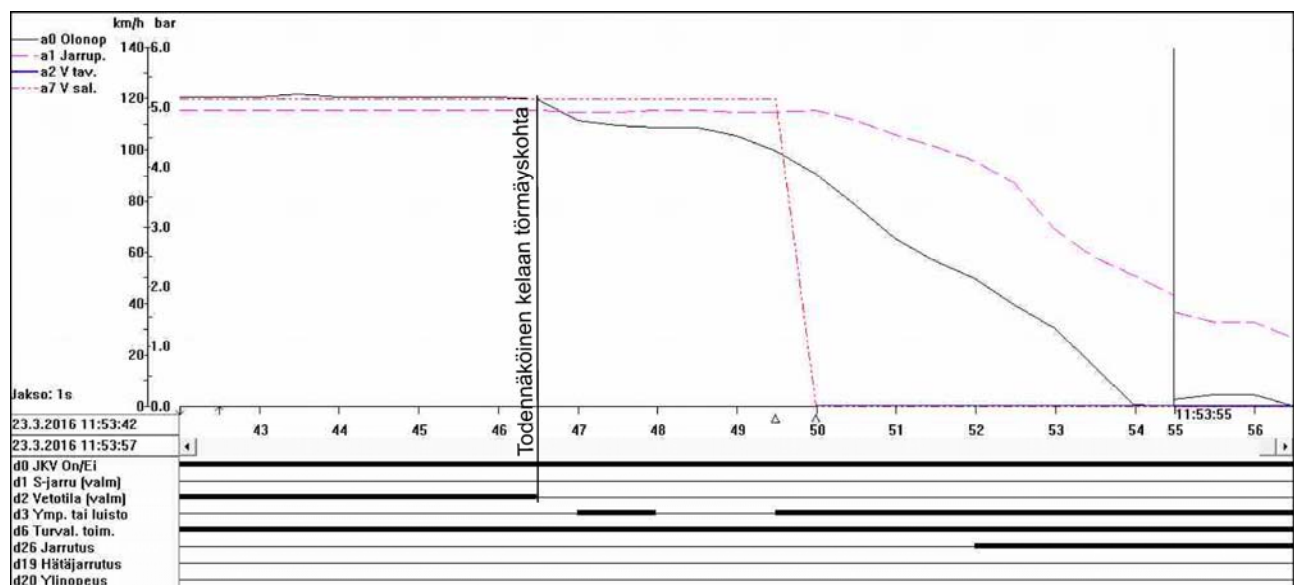
⁸ Työmaa-alueella ollut nopeusrajoitusmerkin paikkatieto on saatu Liikennevirastosta. Merkin todellisesta sijoituskohdasta ei ole täyttä varmuutta. Veturin kulunvalvontalaitteen tieto näytti sallituksi nopeudeksi 85 km/h ja tavoitenopeudeksi 50 km/h. Junan nopeus oli laskeva

10.36.51	Kannus, Vaihde V615 (sivulle), km 590+498	70	80	138,384
10.45.38	Riippa, Vaihteelle V514 (suoraan), km 578+757	83	85	150,146
10.46.17	Riippa, Vaihteelle V518 (suoraan), km 577+962	78	85	151,008
10.47.12	Riippa, Vaihteelle V517 (suoraan), km 576+655	81	85	152,232
10.47.40	Riippa, Vaihteelle V513 (suoraan), km 576+111	84	85	152,868
10.51.39	Kälviä, Vaihteille V414 ja V413 (suoraan), km 570+300	83	85	158,537
10.57.04	Ennen Matkanevaa olevalle baliisille 60020, km 563+220	81	85	165,697
10.57.11	Rainakelan putoamiskohta km 563+068	80	85	165,849
10.57.19	Ennen Matkanevan vaihdetta V312 olevalle baliisille	79	85	166,030
12.13.29	Juna pysähtyi Härmään			256,367

Junan 11375 kulunrekisteröintilaitteen tietojen mukaan junan jarrulaji oli R, suurin sallittu nopeus 140 km/h (välillä Kokkola–Matkaneva 20 km/h), pituus 20 m, kokonaispaino 86 t ja jarrupaino 102 t. Jarrupainoprosentti oli 119.

Taulukko 3. Tavarajunan 11375 (suistuneen veturin) kulkutiedot 23.3.2016 välillä Kokkola–suistuminen (Matkaneva).

Aika	Tapahtuma	Nopeus [km/h]	Matka [km]
11.43.26	Liikkeelle Kokkolasta	0	0
11.48.58	Nopeusrajoitus nousi 120 km/h:iin	60	2,077
11.49.26	Nopeus nousi 120 km/h:iin	120	2,803
11.53.42	Viimeinen baliisi 60725 ennen suistumista km 562+903	121	11,432
11.53.46	Vetotila pois, nopeus alkoi laskea, todennäköinen törmäyskohta, km 563+038	120	11,567
11.53.47	Sekunnin mittainen luisto	112	11,600
11.53.49	Tallennuksen loppuun asti kestävä luisto/ympärilyönti alkoi	106	11,661
11.53.50	Jarrujohdon paine alkoi laskea, Sn 0:ksi	91	11,690
11.53.52	Jarrutus digitaalisiin tietoihin	50	11,731
11.53.55	Nopeus 0:aan	0	11,750
11.53.57	EKE:n näyttö loppui	0	11,752



Kuva 8. Junan 11375 kulunrekisteröintilaitteen tiedon tulostus ajan funktiona viimeiseltä baliisilta. (Kuva: OTKES, VR:n EKE-tallenteesta)

Matkustajajunan IC50 kulunrekisteröintilaitteen tietojen mukaan junan jarrulaji oli R, suurin sallittu nopeus 160 km/h, pituus 151 m (Sr2-veturi + 5 matkustajavaunua), kokonaispituus 383 t ja jarrupaino 516 t. Jarrupainoprosentti oli 134. Juna kulki samaa raidetta kuin tavarajuna 55002, eli viereistä raidetta kuin millä vaunusta pudonnut rainakela oli.

Taulukko 4. Matkustajajunan IC50 kulkutiedot 23.3.2016 välillä Rovaniemi–Helsinki.

Aika	Tapahtuma	Nopeus [km/h]	Matka [km]
6.40.46	Juna lähti Rovaniemeltä	0	0
9.20.49	Juna saapui Ouluun	0	219,802
9.35.13	Juna lähti Oulusta	1	219,802
10.51.35	Juna saapui Ylivieskaan	0	342,790
10.56.04	Juna lähti Ylivieskasta	1	342,790
11.20.33	Juna saapui Kannukseen	0	381,705
11.31.11	Juna lähti Kannuksesta	1	381,705
11.44.55	Juna ohitti kelan putoamiskohtaa edeltävän baliisin 60020, km 563+220	127	410,112
11.45.01	Juna ohitti pudonneen kelan, km 563+038	125	410,294
11.53.08	Juna saapui Kokkolaan	0	421,921
16.54.45	Juna saapui Helsinkiin	0	906,121

Juna kulki suistuneen rainakelan ohi 125 km/h-nopeudella vajaan yhdeksän minuuttia ennen kuin tavarajunana 11375 kulkenut veturi törmäsi siihen ja suistui.

2.10.2 Asetinlaite- ja turvalaitetallenteet

Mipron kauko-ohjausjärjestelmän lokitiedoista on voitu selvittää onnettomuusjunan kulkua. Järjestelmän lokitiedoista selviää raide- ja vaihteosuuksien varautumiset ja vapautumiset. Näitä lokitietoja käyttäen on seurattu junan kulkua Raahesta Ylivieskaan.

2.10.3 Liikenteenohjauksen puhetallenteet

Tutkijoilla on ollut käytössään vaihtotyönjohtajien ja liikenteenohjauksen väliset RAILI-puhelimen puhetallenteet ajalta 22.3.2016 kello 18.44–20.57 sekä veturinkuljettajien ja liikenteenohjauksen väliset puhetallenteet ajalta 23.3.2016 kello 7.04–14.17.

Taulukko 5. Onnettomuuteen liittyvien puhetallenteiden sisältö.

Kello	Kuka	Kenelle	Asia
11.54.26	11375 veturinkuljettaja	Kokkola–Ylivieska kauko	Veturinkuljettaja ilmoitti törmänsensä radalle kelajunasta pudonneeseen teräskelaan Matkanevan kohdalla. Hän kertoi veturin suistuneen kiskoilta ja ettei ollut loukkaantunut. Puhelun aikana veturinkuljettaja kertoi havainneensa Kokkolassa ohimenevän kelajunan, jonka kuorma oli jotenkin huonosti.
11.59.25	Kokkola–Ylivieska kauko	11375 veturinkuljettaja	Liikenteenohjaaja tiedusteli tarkempaa sijaintia ja että pystyykö itäistä raidetta pitkin liikennöimään. Veturinkuljettaja kertoi ohittaneensa Matkanevan ja että paikkan mahtuu varoen ohittamaan. Liikenteenohjaaja kertoi, että raivausporukka on tilattu.

12.01.21	Ruha-Kokkola kauko	55002 veturinkuljettaja	Liikenteenohjaaja otti yhteyttä junan 55002 veturinkuljettajaan. Hän ohjeisti veturinkuljettajaa ajamaan Härmässä sivuun ja tarkistamaan kuorman. Liikenteenohjaaja kertoi, että juna 11375 oli Matkanevalla törmännyt kiskoilla olleeseen teräskelaan 120 km/h ja suistunut kiskoilta.
12.03.13	Kokkola-Ylivieska kauko	11375 veturinkuljettaja	Liikenteenohjaaja otti yhteyttä junan 11375 veturinkuljettajaan ja tiedusteli, että oliko veturi osunut sähköportaaleihin. Veturinkuljettaja vastasi, että ei. Veturinkuljettaja pyysi liikenteenohjaaja pysäyttämään kelajunan, ettei kyydistä pääsisi enempää tippumaan.
12.20.21	55002 veturinkuljettaja	Ruha-Kokkola kauko	Veturinkuljettaja kertoi olevansa tarkastamassa junaa ja että kela oli pudonnut hänen perässään olevasta vauhasta. Veturinkuljettaja kertoi, että rautahihnasidokset olivat pettäneet kolmesta rainakelanipusta ja kelat ovat kallellaan. Veturinkuljettaja kertoi, että vaunut pitää luultavasti jättää Härmään. Liikenteenohjaaja kertoi pyytävänsä apua junan tarkastukseen.
12.31.15	Ruha-Kokkola kauko	IC50 veturinkuljettaja	Liikenteenohjaaja otti yhteyttä junan IC50 veturinkuljettajaan ja tiedusteli, että oliko hän huomannut Matkanevaa ohittaessaan mitään kiskoilla olevaa rautarullaa. Veturinkuljettaja ei ollut havainnut mitään poikkeavaa ja arveli sen johtuvan teräskelan väristä.
12.43.51	Ruha-Kokkola kauko	55002 veturinkuljettaja	Liikenteenohjaaja kertoi, että Kokkolasta tulee henkilöitä tarkastamaan junan kuorman. Liikenteenohjaaja tiedusteli myös, että kumpaa puolta juna ohitti Matkanevan liikennepaikan. Veturinkuljettaja kertoi ajaneensa oikeaa puolta ja vaihtaneensa vasemmalle puolelle Matkanevan eteläpään vaihteessa.

2.10.4 Pelastustoimen tallenteet

Tutkinnassa oli käytössä pelastustoimen onnettomuustietokannan (Pronto) hälytys- ja onnettomuusselosteet tapahtumasta. Niistä käy ilmi muun muassa onnettomuuteen hälytetyt yksiköt tilatietoineen, miehistön määrä ja kohteeseen saapumisaika. Näitä tietoja on käsitelty tarkemmin luvun 1.2 pelastustoiminta osiossa.

2.10.5 Muut tallenteet

Tutkinnassa oli käytössä SSAB Raahan tehtaan valvontakameratallenteet tehtaan tuotantotiloista sisältä sekä tehdasrata-alueelta ulkoa. Tallenteista ilmeni pudonneen rainakelanipun sidonta- ja nostotapahtuma sekä kuormaus junanvaunuun. Tehdasrata-alueen valvontakamera-aineistosta oli todettavissa lastatuille vaunuille tehdyt vaihtotyöt ja junan lähtö 23.3.2016 Raahesta.

Juna kulki kahden pyöräpainoilmaisinnittauspisteen kautta Kannuksessa ja Mattilassa. Mittaustulokset olivat Kannuksen mittauspisteessä sallituissa rajoissa lukuun ottamatta junan ensimmäisen vaunun kolmannen akselin vasemman pyörän kuormaa, joka oli 12,98 tonnia, kun raja-arvo on 12,5 tonnia. Kyseisen akselin pyöräpainosuhte oli 56/44 %. Poikkeama pyöräkertojen välillä oli 22 %. Etelämpänä sijaitsevan Mattilan mittauspisteen mittaustuloksissa yhdenkään pyörän pyöräpaino ei ylittänyt raja-arvoa.

2.11 Turvallisuusjohtamisjärjestelmät

2.11.1 VR-Yhtymä Oy:n turvallisuusjohtamisjärjestelmä

Rautatielaki edellyttää rautatieliikenteen harjoittajalta turvallisuusjohtamisjärjestelmää. VR-Yhtymä Oy on liikenteen harjoittajana määritellyt organisaation turvallisuuden johtamisen, arvot ja turvallisuuspolitiikan turvallisuusjohtamisjärjestelmässään.

VR-Yhtymään kuuluva VR Transpoint on laatinut asiakkailleen kuormausohjeet, jotka sisältävät kuormaamista koskevat yleiset määräykset sekä ohjeistukset koskien kuljetettavien tuotteiden pakkausta, kuormaamista ja kuljettamista rautateillä. Ohjeiden laadinnalla on pyritty varmistamaan, että yhteistyössä tapahtuvat kuljettamiseen liittyvät toiminnot olisivat turvallisista sekä täyttäisivät rataa, kalustoon ja rautatiesäädöksiin perustuvat vaatimukset.

2.11.2 SSAB Europe Oy, Raahen terästehtaan turvallisuusjohtamisjärjestelmä

SSAB:llä on voimassaolevat Liikenteen turvallisuusviraston myöntämät turvallisuustodistus ja turvallisuuslupa. Luvat ovat Liikenteen turvallisuusviraston ylläpitämässä luettelossa nimellä Rautaruukki Oyj, joka on yrityskauppojen myötä nykyisin SSAB Europe. Turvallisuusluvan saamisen edellytyksenä on, että rataverkon haltijalla on käytössään toimiva rautatieliikenteen turvallisuusjohtamisjärjestelmä. Turvallisuusjohtamisjärjestelmä on kuvattu prosesseina, joissa jokaisella osaprosessilla on omistaja tai haltija. Käytännössä kuitenkin turvallisuusjohtamisjärjestelmän kaikki omistaja- tai haltijaosapuolet eivät tunnista roolejaan kuvatuissa prosesseissa.

SSAB:n rautatieliikenteen turvallisuusjohtamisjärjestelmä on integroitu SSAB:n toimintajärjestelmään. Toimintajärjestelmä on sertifioitu ISO 9001 ja ISO 14001 mukaisesti. SSAB on laatinut toimintajärjestelmäänsä menettely- ja työohjeita koskien kelojen ja rainakelojen:

- ulkomuotoa
- pakkaamista
- sidontaa
- käsittelyä
- varastointia
- lähettämistä.

Laaditut ohjeet perustuvat muun muassa asiakkaiden, tuotteiden ominaisuuksien, eri kuljetusmuotojen ja työturvallisuuden asettamiin vaatimuksiin.

2.11.3 VR Transpointin ja SSAB:n yhteistoiminta sekä vastuut rautatiekuljetuksissa

Rainakelojen valmistus, lähettäminen ja kuljetus on organisoitu usealle eri taholle. Rainakelojen leikkauksesta, sidonnasta, varastoinnista ja kuormaamisesta vastaa SSAB:llä Raahessa tuotannon organisaatio. Rautatiekuljetuksina tapahtuvien rainakelakuljetusten kuljetussuunnittelu tapahtuu SSAB Hämeenlinnan toimipaikassa olevan VR Transpointin kuljetussuunnittelun toimesta. Rainakelojen rautatie- ja maantiekuljetuksista vastaa SSAB Raahen tehtaalla toimiva kuljetuspäällikkö.

VR Transpoint aloitti kuljetussuunnittelupalvelun tuottamisen SSAB:lle vuonna 2011. Tällöin SSAB lopetti oman kuljetussuunnittelun rautatiekuljetusten osalta. SSAB järjesti ennen palvelun aloittamista perehdytyksen VR Transpointin kuljetussuunnittelijoille Raahessa. Kuljetussuunnittelijat kokivat perehdytyksen kevyehköksi. Neljä kertaa vuodessa pidetään VR Transpointin ja SSAB:n väliset sopimusseurantapalaverit, jotka ovat luonteeltaan operatiivisia. Sopimusseurantapalaverissa käydään läpi muun muassa operointitilanne, vasteajat, turvallisuuskysymykset ja kehityskohteet. Sen lisäksi palaverissa keskustellaan yhteistyöstä yleisellä

tasolla ja sopimuksen toteutumisesta. VR Transpointin paikallinen operatiivisen yhteistyön avainhenkilö, palveluesimies tai palvelupäällikkö, on ollut aina mukana palaverissa. Kaupalliset asiat käsitellään eri palaverissa ja osittain eri henkilöiden kesken. Kuljetussuunnittelun henkilöt ovat usein työtilanteiden vuoksi olleet estyneitä osallistumaan sopimusseurantapalaveriin. Muita operatiivisen kuljetustoiminnan säännöllisiä palaverikäytänteitä ei ole.

Tutkinnassa nousi esiin muun muassa, että kyseinen kuljetus oli kolmas koetoimituserä, jossa rainojen halkaisijaa oli kasvatettu asiakkaan eli SSAB Hämeenlinnan esittämästä tarpeesta. Tuotetilaukset lähtivät SSAB:n Hämeenlinnan tehtaalta Raahen tehtaalle tuotannon käyttöön ja tuotanto valmisti rainakelarullia, joissa kelan halkaisijaa oli kasvatettu. Raahen SSAB:n kuljetuksista vastaavat henkilöt eivät saaneet tietoa tuotannon muutoksesta, eivätkä näin tienneet koe-erätoimituksista. Raahessa tieto koetoimituserästä nousi tutkinnassa esille lastaajan kertomana, ja tuotanto- ja logistiikkapäälliköt täydensivät tietoja koetoimituseristä.

SSAB:n tuotannon työohjeet ja VR Transpointin ohjeet eivät olleet yhdenmukaiset, jonka vuoksi lastaaja ja nosturinkuljettaja eivät olleet tietoisia muun muassa rainakelanippujen si-
vuittaissuuntaisen sijoittelun tarkkuusvaatimuksista.

SSAB:lla vaihtotöistä vastaa VR Transpoint. Vaihtotyöntekijät noutavat lastatut junanvaunut hallista ja tekevät samalla vaunuille silmämääräisen tarkastuksen. Tarkastus keskittyy käytännössä vain vaunukaluston tarkastamiseen eikä kuorman sijoittelua tai rainakelojen sidontaa tarkasteta.

Koska junaliikennöintiä tapahtuu sekä valtion rataverkolla että SSAB:n yksityisraiteella, VR Transpoint tekee SSAB:n kanssa tehdasalueella kahdesti vuodessa turvallisuuskierroksen. Turvallisuuskierroksen tavoitteena on tehdä havaintoja mahdollisista turvallisuuspoikkeamista liikennöitäessä tehdasalueella, sekä käydä läpi yhteistoiminnassa mahdollisesti ilmenneitä epäkohtia.

Aikaisemmin tapahtuneita kuorman vaunusta putoamisia tai rainakelojen kallistumisia on tiedossa ainakin kolme kappaletta. Vuonna 2005 liikkuvasta junasta putosi rainakela, joka pyöri ratapengertä alas ja törmäsi radan varressa olleeseen puuhun. Kaksi muuta tapausta on vuodelta 2015. Ensimmäisessä 2.8. koko rainakelanippu kaatui vaunun seinää vasten sitä kuljetettaessa katetulla tavaravaunulla. Toisessa 24.9. avovaunulla kuljetettu rainakelanippu kallistui, mutta pysyi vaunun kyydissä. Tässä tapauksessa oli kyse kapeammista rainoista ja rainakelanippu oli varustettu erillisellä ylätuennalla.



Kuva 9. Aikaisempia tapauksia, joissa rainakelanippu on kallistunut kuljetuksen aikana tai rainakela pudonnut. (Kuvat: VR)

Näissä kolmessa tapauksessa vuonna 2005 tapahtuneesta oli tehty VR:n toimesta jonkinlainen tutkinta, mutta tutkinnan sisältö tai mahdolliset tapahtuneen aiheuttaneet syyt eivät nousseet esille. Lisäksi tutkinnassa nousi esille, että SSAB Raahen tehtaan lastaajien sähköpostissa olisi ollut kuvia muistakin tapauksista, joista vastaanottava SSAB Hämeenlinnan tehdas olisi rek-lamoinut kallistuneista rainakelanipuista. Näitä sähköposteja ei kuitenkaan löytynyt.

Rainakelakuljetuksista ei ole tehty erillistä riskienarviointia, jolla olisi pyritty etukäteen huomioimaan mahdolliset vaaratekijät ja kriittiset työvaiheet valmistuksessa, käsittelyssä ja kuljettamisessa.

2.12 Määräykset ja ohjeet

2.12.1 Rautatiekuljettamiseen liittyvät määräykset

Rautatiekuljetuslaissa on määritelty tavaran lähettäjän ja rautatiekuljetusyrityksen vastuut kuljetuksissa. Lain mukaan tavaran lähettäjä on velvollinen korvaamaan rautatieyritykselle vahingon, joka on aiheutunut tavaran puutteellisesta pakkaamisesta tai lähettäjän tekemästä virheellisestä kuormasta.

Jos vahinko on aiheutunut tavaraa kuljetettavaksi otettaessa havaittavissa tai rautatieyrityksen tiedossa olleesta puutteellisuudesta, tavaran lähettäjä ei kuitenkaan ole korvausvelvollinen, jollei puutteellisuudesta ole tehty merkintää kuljetusasiakirjaan tai ilmoitettu lähettäjälle tavaraa kuljetettavaksi otettaessa.

Ratateknisten ohjeiden (RATO) mukaan suurin sallittu pyöräpaino C2, C3, C4, D2, D3, D4, D4xL rataluokilla on 145 kN ja rataluokilla E4 ja E5 155 kN.

Edelleen RATO:n mukaisesti kuormatun kaksiakselisen vaunun akselipainosuhte saa olla enintään 2:1 ja kuormatun telivaunun telipainojen suhte enintään 3:1. Kuormatun akselin pyöräpainojen suhte saa olla enintään 1,25:1.

Tietyillä rataosilla on sallittu 250 kN akselipaino. (Tässä tapauksessa suurin sallittu akselipaino Raahen ja Tuomiojan välillä oli 225 kN ja Tuomiojan- Kokkolan välillä 250 kN)

2.12.2 Liikenneviraston rataan liittyvät ohjeet

Liikenneviraston ratatiedon mukaan suurin sallittu akselipaino SSAB:n Raahen tehtaan ja Tuomiojan liikennepaikan välillä on 225 kN ja sen jälkeen Kokkolan suuntaan 250 kN.

Vastaavasti suurin sallittu nopeus junan painosta riippumatta välillä SSAB tehdas–Raahe on 35 km/h ja Raahe–Tuomioja 80 km/h. Tuomiojalta eteenpäin tavarajunien suurimmat sallitut nopeudet ovat 160–200 kN akselipainoilla 120 km/h ja 225–250 kN akselipainoilla 100 km/h.

2.12.3 VR:n ohjeet

VR Transpoint on laatinut asiakaskäyttöön kuormausohjeet, Yleiset ohjeet. 1.1.2016 päivätyn ohjeen mukaan kuormayksiköt, jotka voivat kaatua vaihtotöissä sattuvissa törmäyksissä, raiteen kallistuksissa tai voimakkaan tuulen vaikutuksesta, on tuettava tämän estämiseksi.

Ohjeen mukaan kuormayksiköt voivat kaatua, jos painopisteen kautta kulkevan pystyviivan etäisyys kallistusreunasta on vaunun poikittaissuunnassa pienempi kuin 0,7 kertaa painopisteen korkeus avovaunuissa ja syväkuormausvaunuissa, jos kuormayksikön paino suhteessa sivusuuntaisen tuulen kosketuspintaan (=tavarán pituus x korkeus) on pienempi kuin 1 t/m².

Ohjeen mukaan suoraan vaunun lattialla tai alustoilla olevat, säännöllisen kuution tai lieriön muotoiset kuormayksiköt, joiden painopiste on keskellä, voivat kaatua, jos tukipinnan suhdekorkeuteen on vaunun poikittaissuunnassa pienempi kuin 0,7, avovaunuissa ja syväkuormausvaunuissa, jos kuormayksikön paino suhteessa sivusuuntaisen tuulen kosketuspintaan (=tavarán pituus x korkeus) on pienempi kuin 1 t/m².

Ohjeessa todetaan, että elleivät edellä esitetyt suhteet vastaa vaadittuja eivätkä seinät, laidat tai pylväävät välittömästi estä kuormayksiköitä kaatumasta, nämä on joko kiinnitettävä tukevasti vaunuun siteiden tai tukien avulla tai kuormattava muulla tavoin siten, että kuormayksiköillä on riittävä vakavuus.

Ohjeen mukaan vaaditut suhteet voidaan aikaansaada myös asettamalla useampia samanlaisia esineitä yhteen ja sitomalla ne lujasti toisiinsa. Erittäin tiiviiden, kapeiden lieriömäisten esineiden osalta, jotka kuormataan vaippapinta vaunun lattiaa vasten (vierimisakseli vaakasuoraan) tämä on kuitenkin sallittu vain, mikäli yksittäisen esineen leveys on vähintään 0,25 kertaa halkaisija ja kokonaisleveys kaikissa tapauksissa vähintään 0,7 kertaa halkaisija.

VR Transpoint on laatinut myös tarkemmat kuormausohjeet, Tavaralajikohtaiset ohjeet. Kelojen kuljettamisesta 1.1.2016 päivätysssä ohjeessa mainitaan, että mikäli kelojen leveys on pienempi kuin 0,5 x halkaisija, on ne sidottava toisiinsa teräsvanteilla, joiden kunkin poikkileikkaus on vähintään 25 mm². Näin syntyvän kelaryhmän leveyden on oltava vähintään yhtä suuri kuin kelojen halkaisija.

Ohjeessa on myös mainittu, että mikäli ilman alustaa olevien kelojen kuljetuksessa kelojen leveys on pienempi kuin 0,5 x halkaisija, on ne viimeistään vaunussa sidottava tiiviisti yhteen 2–4 teräsvanteella, joiden kunkin poikkileikkaus on vähintään 25 mm². Vanteiden lukumäärä

riippuu kelojen painosta ja halkaisijasta. Näin tehdyn nipun leveyden on oltava ainakin 0,7 x halkaisija.

VR:n veturinkuljettajan käsikirjan mukaan kuljettajan on viipymättä ilmoitettava havaitsemistaan epäkohdista, jotka saattavat aiheuttaa tapaturman tai terveyshaitan.

2.12.4 SSAB:n ohjeet

Rainojen käsittely, varastointi ja lähettäminen -ohjeen mukaan rainakelat nostetaan rainaleikkauslinjalta varastoon siltanosturilla, jossa nostoapulaitteena on C-koukku. Nosto tulee suorittaa varovasti, jotta sidontavanteet eivät vahingoitu.

Rainakelat varastoidaan halliin kyseisen linjan tuotevarastoalueelle.

Kun rainakelat on varastoitu ja on todettu Kelpo-järjestelmästä tilauksen olevan lähetysvalmis, tehdään lähetystensuunnittelussa tilauksen lähetys suunnitelma lähetysten suunnittelu-järjestelmään (LÄHTI-järjestelmä). Kuormaussuunnitelma välitetään leikatut kelatuotteet (LKT) -yksikössä lastaajana toimivalle käyttöhenkilölle LÄHTI-järjestelmän päätteellä. Kun tilaus otetaan kuormattavaksi, tulostetaan samalla tarvittavat kuormausohjeet ja asiapaperit.

Kuormausohjeet tulostaa LKT- yksikössä lastaajana työskentelevä henkilö. Kun kuljetusvälineenä on juna, LKT- yksikön lastaaja tilaa kuormaussuunnitelmassa määritellyn vaunukaluston urakoitsijalta

Rainakelojen sidontaohjeen mukaan rainat sidotaan kehältä yhdellä tai kahdella kehävanteella. Rainakelat sidotaan rainakelanipuksi kelan ”silmästä” neljällä silmävanteella. Silmävanteiden pysyminen paikallaan varmistetaan kahdella, lähelle rainakelan päitä sijoitettavalla kehävanteella.

Nosturinkuljettajan työnopastusohjeen mukaan rainoiksi leikattujen kelojen nostossa pois pyöritysrullilta tulee tehdä varovainen nosto, etteivät sidevanteet katkea. Lisäksi koukku ohjeistetaan asettamaan tarpeeksi syvälle kelan keskireikään siten, ettei ”päätimmäinen” raina tipahda.

Junanvaunuun lastattaessa nostot tehdään ”lastarin” merkkäusohjeen mukaan. Rainakeloja on käsiteltävä varovasti. Jos vanteet katkeavat, on rainakelat sidottava uudelleen ennen vaunuun laittoa.

2.13 Muut tutkimukset

2.13.1 Ennen onnettomuutta kelavaunuille tehty kulkuominaisuuskokeet

VR on tehnyt kelavaunuille useita kulkuominaisuuskoeajoja.

Oar-vaunulle (vaunut muutettu Shmmn-vaunuiksi), joka oli varustettu K14-teleillä (akselipaino max 20 t) on tehty sen oletetun epätavallisen käyttäytymisen selvittämiseksi kulkuominaisuuskokeet 24.–26.3.1981 sekä tyhjänä että kuormassa. Poikittaiskiihtyvyyksien tehollisarvot olivat enimmillään 0,5 m/s² ja poikittaiset UIC/ORE:n mukaiset WZ-kulkuominaisuusluvut olivat enimmillään 2,7 (hyvän raja on 2, tyydyttävän 3 ja käyttökelpoisen 4).

Shmmn-t-vaunulle, joka oli varustettu K14R-teleillä (akselipaino max 22,5 t), 1.–3.10.2002 tehdyissä kulkuominaisuuskokeissa poikittaiset WZ-kulkuominaisuusluvut olivat alle 3,0 (keskiarvo lähelle 2,5:tä).

Shmmnss-tw-vaunulle, joka oli varustettu K19-telillä (akselipaino max 25 t), UIC518⁹:n mukaan tehdyn kulkuominaisuuskokeen mukaan vaunu täytti sen kohdassa 10.1 vaaditut arvot tyhjänä nopeudella 100 km/h ja kuormassa nopeudella 90 km/h.

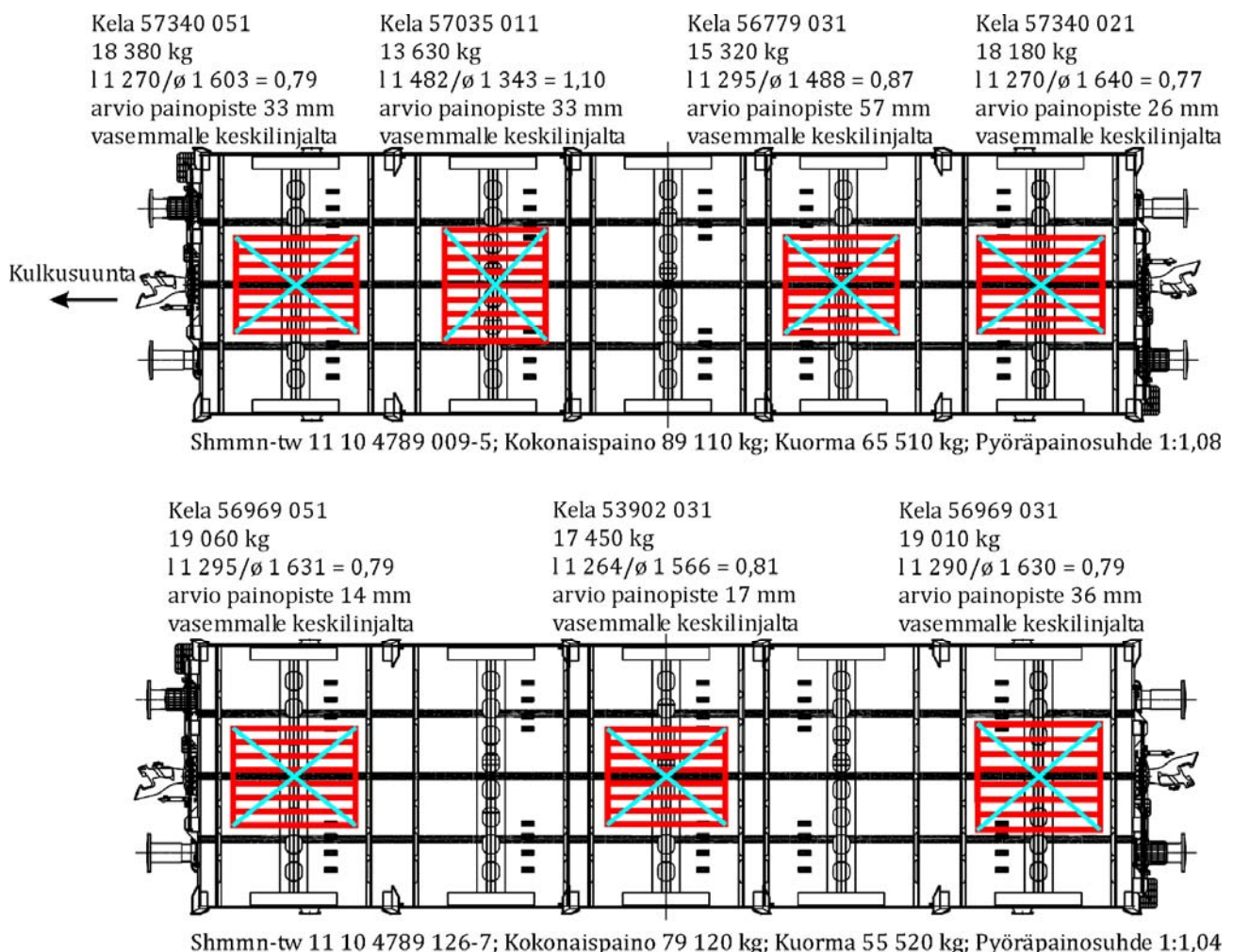
2.13.2 Onnettomuuden jälkeen tehty kulkuominaisuuskoe

Kahdelle kuormatulle Shmmn-tw-vaunulle, jotka oli varustettu K17-teleillä (akselipaino max 25 t) tehtiin onnettomuuden jälkeen 16.8.2016 kulkuominaisuuskoe välillä SSAB Raahe-Hämeenlinna. Vaunut olivat vastaavanlaisia ja vastaavanlaisessa kunnossa kuin vaunu, josta rainakela putosi.

Onnettomuustutkintakeskuksen toiveena oli, että kulkuominaisuus mitataan kahdesta peräkkäin olevasta, eritavoin kuormatusta K17-telillä varustetusta kelavaunusta. Vaunujen tuli olla lähelle maksimikuormaa kuormattuja. Raskaat rainakelaniput (niin suuret kuin kuormausohje sallii, onnettomuudessa purkautuneen kelanipun paino oli 23 674 kg) tuli kuormata ensimmäisessä vaunussa päätymäisiin kehtoihin ja toisessa toiseksi päätymäisiin kehtoihin. Kevyt nippu, joka tarvitaan maksimikuorman saavuttamiseksi, tuli kuormata keskelle vaunua.

Vaunujen kokonaispainot olivat koeajossa 89 100 kg ja 79 120 kg (maksimipaino 90 t). Vaunut oli kuormattu pyydetystä poiketen siten, että ensimmäisessä vaunussa oli neljä kelanippua (paino 13 630–18 380 kg) ja toisessa vaunussa kolme kelanippua (17 450–19 060 kg).

⁹ International Union of Railways, määrelehti: Testing and acceptance of railway vehicles from the point of view of dynamic behavior, safety, track fatigue and running behavior.



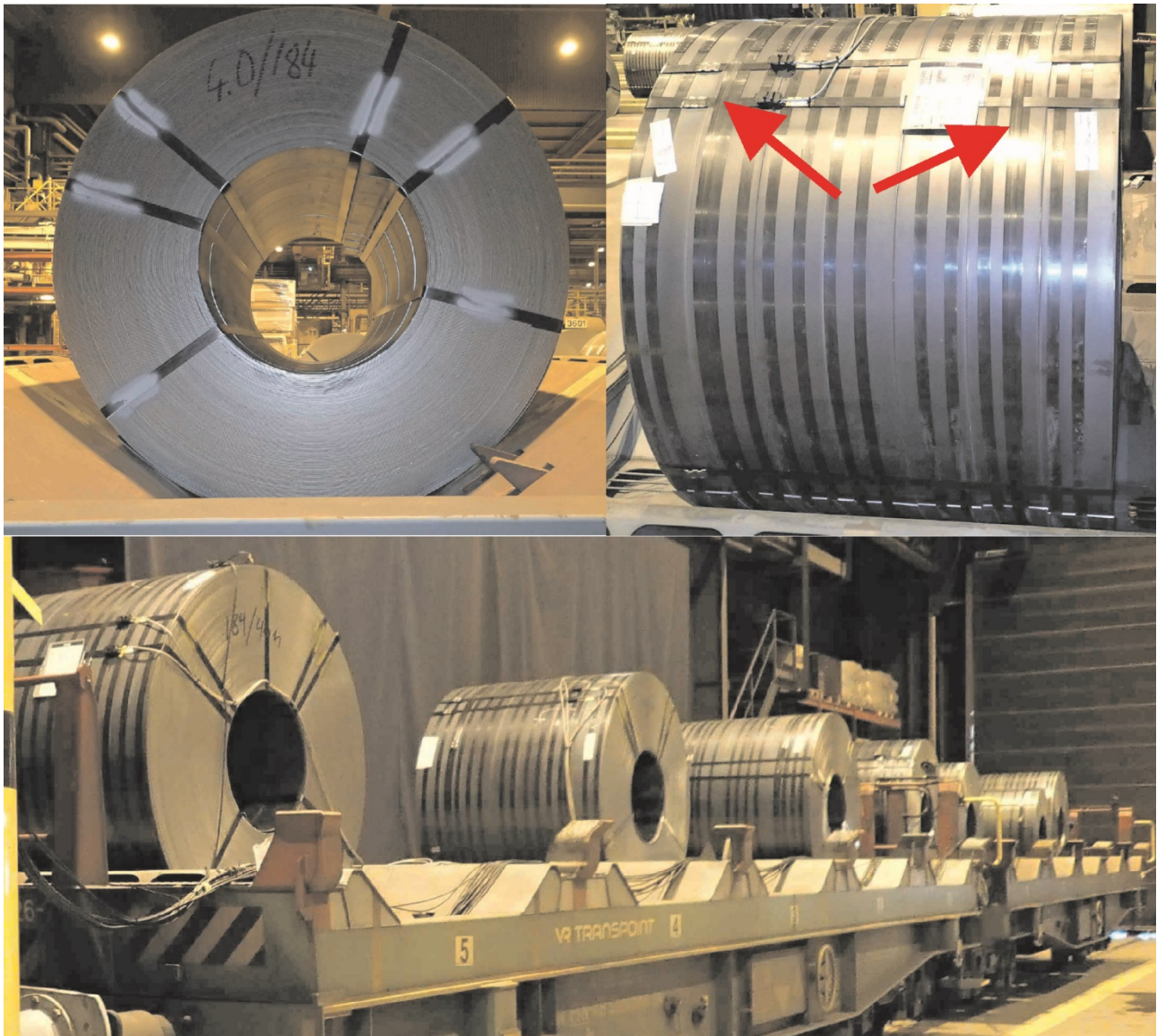
Kuva 10. Rainakelojen sijoitus vaunuihin kulkuominaisuuskokeessa 16.8.2016. (Kuva: OTKES)

Kulkuominaisuuskokeella selvitettiin muutetulla sidontatavalla pakattujen ja kuormausohjeiden mukaisesti kuormattujen rainakelanippujen koossapysymistä ja kuorman sijainnissa tapahtuvia muutoksia matkan aikana. Kelanippujen silmäsidonnan kireyden ja rainakelojen liikkeiden tarkkailuun sisältyi kelanippujen ulkomuodon visuaalinen tarkkailu matkan aikana, kelanippujen ulkomittojen muutosten mittaaminen, sidontavanteiden kireyden mittaaminen jatkuvasti matkan aikana sekä kelanippujen asennon sekä aseman muutosten mittaaminen. Samalla tarkkailtiin vaunujen kulkuominaisuuksia tavanomaisissa kuljetusolosuhteissa.

Rainakelanippujen sidonnassa oli tehty seuraavanlaisia muutoksia 23.3.2016 tapahtuneeseen onnettomuuteen johtaneen kuljetukseen verrattuna:

- silmävanteiden paikallaan pysymisen varmistavia kehävanteita oli kaksi lähellä päätyjä yhden keskellä olevan sijasta (oli ohjeissa jo onnettomuuden sattuessa)
- silmävanteiden lukumäärää oli lisätty neljästä kuuteen
- silmävanteista neljä sijoitettiin kelan yläpään kolmanneksen likimain $\pm 10-60^\circ$ pystykeskiiviivan kummallakin puolella.

Koeajolla kelanippujen leveyden suhde korkeuteen oli vähintään 0,77 (raja-arvo 0,7), kun se oli onnettomuuskelanippujen mitatuilla arvoilla pienimmillään 0,74 (laskennallisilla mitoilla 0,7).



Kuva 11. Kuvassa vasemmalla ylhäällä silmävanteiden sijoittelu, oikealla ylhäällä silmävanteiden paikallaan pysymisen varmistavat kehävanteet, alhaalla kelanippujen sijoittaminen vaunuihin. (Kuva: OTKES)

Kulkuominaisuuskokeeseen oli valittu kaksi vaunua, joiden viimeisestä konepajakorjauksesta oli aikaa kunnossapitomerkintöjen mukaan toisella kahdeksan ja toisella viisi vuotta. Toisen vaunun telit olivat olleet merkintöjen mukaan kunnossapidossa viimeksi vuosi sitten ja toisen vaunun kaksi vuotta sitten.

Ennen kulkuominaisuuskoeajoa 5.8.2016 tehdyssä tarkastuksessa todettiin, että toinen vaunu oli viimeksi ollut huollossa 24.5.2016 ja toinen 21.6.2016. Vaunuihin oli huollon yhteydessä vaihdettu pyöräkerrat. Toinen vaunu oli pyöräkertojen vaihdon jälkeen kulkenut 23 795 km ja toinen 15 558 km. Tarkastuksessa pyörissä ei havaittu merkittäviä lovia eikä liiallista kuluneisuutta. Vaunujen jousitus oli silmämääräisesti arvioiden kunnossa.

Kaikkien vanteiden kireys tarkistettiin ennen kulkuominaisuuskokeen alkamista vaunuissa, joita kokeessa tarkkailtiin. Kelojen käsittelyssä mahdollisesti syntyvät sidontavanteiden ylikuormittumiset pyrittiin välttämään ja silmävanteiden kireyttä myös tarkkailtiin kuormaustilanteesta alkaen vanteiden venymää mittaamalla.

Kuormien sijainneissa havaittiin kulkuominaisuuskokeen aikana alle 10 mm siirtymiä. Rainakelanippujen leveys pieneni mittausten mukaan 2–5 mm matkan aikana. Kokonaisen rainakelanipun poikittaista siirtymää ei mittaustarkkuuden rajoissa huomattu. Sijaintien mittaaminen suoritettiin rullamitalla, joten mittaustarkkuus aiheuttanee muutaman millimetrin vaihtelua. Rainakelanippujen kallistumista tai vanteiden merkittäviä siirtymiä tai murtumia ei havaittu.

VR valmisteli ja suoritti kulun laatua ja rainakelanippuihin syntyviä kiihtyvyyksiä sekä sidontavanteiden kireyden muutoksia koskevat mittaukset. Tulokset on esitetty VR:n koeraportissa ja kiinnitysvanteiden jännitysvoima-tulosteessa.

Tehdyn mittauksen perusteella todettiin, että testivaunuina käytettyjen Shmmns-tw-vaunujen kulkuominaisuudet täyttivät normin EN 14363¹⁰ vaatimukset nopeudella Sn 90 km/h. Trafi hyväksyi kulkuominaisuuskokeen ja sen tulokset perusteluksi rainakelakuljetusten jatkamiselle.

Kulkuominaisuuskokeen mukaan maksimisivuttaiskiihtyvyys¹¹ oli 3,3 m/s² (laskennallinen 2,6 m/s²). Tampereen ratapiha-alueella (etappi 8) arvot olivat vielä merkittävästi suurempia: 7,1 m/s² (laskennallinen 4,9 m/s²). Yhden anturin (vaunu 11 10 4789 126-7, pää 2) arvoja ei voitu ottaa mukaan, koska sen tuloksissa oli epämääräisiä häiriöpiikkejä.

Taulukko 6. Poikittaiskiihtyvyyksien maksimi-arvot matkan eri etapeilla. Suluissa olevat arvot ovat epämääräisiä häiriöpiikkejä.

Poikittaiskiihtyvyys vaunun runkossa pyörästön yläpuolella $\ddot{y} \cdot S_{\max}$ [m/s ²], raja-arvo 3 m/s ²		Vaunu 11 10 4789 009-5				Vaunu 11 10 4789 126-7			
		Pää 1		Pää 2		Pää 1		Pää 2	
		Max	Max estimated value	Max	Max estimated value	Max	Max estimated value	Max	Max estimated value
Etappi	1	0,594	0,606	1,825	1,475	0,992	1,199	(4,828)	(5,232)
	2	0,860	0,854	2,585	2,476	1,280	1,271	(5,037)	(5,017)
	3	1,338	0,909	2,739	2,096	1,134	1,092	(4,415)	
	4	1,528	1,004	2,236	2,035	2,068	1,375	(5,731)	
	5	1,073	0,883	1,673	1,277	1,355	1,188	(4,896)	(3,227)
	6	0,841	0,826	1,402	1,314	(10,38)	2,587	(3,843)	
	7	2,100	0,906	3,348	1,550	1,565	1,143	(4,902)	(3,230)
	8	7,080	4,919	3,075	3,905	4,633	3,775	(4,827)	(7,357)
	9	2,859	1,158	2,470	1,847	1,545	1,305	(4,496)	
Suurin arvo (ilman etappia 8)		2,859	1,158	3,348	2,476	2,068	2,587		

2.13.3 Vetolujuuskokeet sidontavanteelle

Rainojen sidonnassa seitsemän rainan keloiksi käytetty sidontavanne oli tyypiltään FROMM, 0,8*31,75 high tensile, jonka nimellinen vetolujuus on 24,13 kN. Sidontavanteille tehtiin vetokokeet SSAB:n tutkimuskeskuksessa Galdabini 1 200 kN vetokoneella.

¹⁰ Railway applications. Testing and simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles. Running behaviour and stationary tests.

¹¹ EN 14363, kohdan 7.6.3.1 mukaisesti $h_1 = 0,15$ % ja $h_2 = 99,85$ %.

Ensimmäiset vetokokeet tehtiin SFS-EN ISO6892-1 standardin mukaisesti onnettomuuspaikalle jääneistä sekä junassa olleista keloista otetuille silmävanteille. Vetokokeita tehtiin eri kohdista sidontavannetta otetuille paloille. Tulokset suurimmalle voimalle vaihtelivat 26,6–28,1 kN välillä ja olivat siten nimellisarvoa suurempia.

Suoran vedon lisäksi päätettiin tehdä kokeet rainan reunaa vastaavaa taitosta vasten. Tällä pyrittiin luomaan testitilanne, joka vastaisi mahdollisimman hyvin todellisen kaltaista tilannetta, jossa sidontavanteen taitokset ovat muodostuneet rainojen reunaa vasten. Rainakelaan kiinnitettynä ollessaan jokainen silmävanne on taittuneena neljästä kohdasta rainojen reunoja vasten. Testejä tehtiin eri kohdista vannetta otetuille koepaloille sekä käyttämättömälle vanteelle. Vetokokeista saadut tulokset vaihtelivat välillä 14,8–18,8 kN. Tuloksista havaitaan, että vetolujuus kulmaa vasten on huomattavasti matalampi kuin suoralla vedolla.



Kuva 12. Rainan reunaa vasten olevan sidontavanteen taitoskohdan kiinnitysjärjestely. Kokeessa vedettiin sidontapantaan rainamateriaalista leikatun palan kulmaa vasten. (Kuva: SSAB)

Lopuksi tehtiin vielä vetokoe rainan reunaa vasten siten, että vanne oli 5 asteen kulmassa. Valittu kulman suuruus perustui onnettomuuskelasta otettuun silmävanteeseen jääneistä jäljistä. Silmävanne oli taipunut vinoon rainojen päästessä kiertymään toisiinsa nähden (Kuva 5). Tällä tavalla kiinnitettynä sidontavanne kesti 6,3 kN voiman.



Kuva 13. Rainakelan, josta raina irtosi ja putosi, silmävanne oli ollut vinossa noin 5 astetta kulman taitoksen perusteella. (Kuva: OTKES)

2.13.4 Laskelmat kuorman sijoituksen vaikutuksesta kulkuominaisuuteen

Tutkintaryhmä arvioi laskennallisesti raskaiden rainakelanippujen vaunuun sijoittamisen vaikutusta vaunun kulkuominaisuuteen. Laskettavana arvona oli kuorman hitausmomentti vaunun keskipisteen kautta kulkevan pystyakselin suhteen laskettuna.

Taulukko 7. Kuorman hitausmomentti vaunun keskipisteen kautta kulkevan pystyakselin suhteen laskettuna

Vaunu	Kuorma [kg]					Kuorman hitausmomentti vaunun keskipisteen kautta kulkevan pystyakselin suhteen laskettuna [kgm ²]
	Kehto 1	Kehto 2	Kehto 3	Kehto 4	Kehto 5	
Onnettomuusvaunu, 11 10 4687 132-8	23 674		11 424		23 737	952 000
Koeajojunan 1. vaunu, 11 10 4789 009-5	18 380	13 630		15 320	18 180	865 000
Koeajojunan 2. vaunu, 11 10 4789 126-7	19 060		17 450		19 010	766 000
30 t:n kelat päätymäisissä kehdoissa	30 000				30 000	1 200 000
30 t:n kelat toiseksi päätymäisissä kehdoissa		30 000		30 000		273 000

Taulukosta voi nähdä, että kaksi kolmenkymmenen tonnin kelaa kääntyy huomattavasti pienemmällä ohjausvoimalla, jos kelat on sijoitettu toiseen ja neljänteen kehtoon, kuin, jos ne olisi sijoitettu ensimmäiseen ja viidenteen kehtoon. Kiertohitauten kannalta ei ole juuri merkitystä täytetäänkö keskimäinen kehto vielä kokonaispainon rajoitukseen sopivalla kelalla vai ei.

3 ANALYYSI

Onnettomuuden analysoinnissa on käytetty Onnettomuustutkintakeskuksen edelleen kehittämää Accimap-menetelmää¹². Analyysitekstin jäsentely perustuu tutkintaryhmän laatimaan Accimap-kaavioon.

3.1 Onnettomuuden analysointi

3.1.1 Rainakelojen tilaus- ja toimitusprosessi

SSAB:n Raahen terästehtaalla rainakelat valmistetaan SSAB:n Hämeenlinnan putkitehtaalta tulevien tilausten perusteella. Tilaus tulee Raahen tehtaalle tuotannon suunnitteluun, josta se ohjataan ”leikatut kelatuotteet”-tuotantolinjalle. Tuotantolinjalla leveä kela avataan ja leikataan tilauksen mukaisiksi rainoiksi tuotantolinjan lopussa sijaitsevalla rainaleikkurilla, jonka jälkeen raina kelataan uudelleen. Rainakelat kuljetetaan pääsääntöisesti junakuljetuksina SSAB:n Hämeenlinnan tehtaalle.

SSAB:n Hämeenlinnan putkitehdas halusi kasvattaa putkien valmistuksessa käytettävien rainojen pituutta, minkä vuoksi se tiedusteli SSAB:n Raahen tehtaalta mahdollisuutta kasvattaa rainakelan kokoa. Raahen tehtaan tuotannonsuunnittelu selvitti tuotannosta voidaanko suurempi kela valmistaa ja koska se oli mahdollista, teki Hämeenlinnan tehdas tilauksen koeerästä.

Koe-erän osalta tieto kasvaneista rainakelanipun mitoista ei siirtynyt Hämeenlinnassa toimivaan VR Transpointin kuljetussuunnitteluun eikä myöskään SSAB:n kuljetussuunnitteluun. Kuljetussuunnittelussa seurattavat kelojen mittatiedot eivät poikenneet yleisesti kuljetettavista keloista. Isommankaan rainakelan valmistuksen suunnittelussa ei kiinnitetty huomiota muutostarpeisiin sidonnassa ja kuljetuksessa.

VR Transpointin SSAB:lle toimittamat sidonta- ja kuljetusohjeet eivät rainakelanippujen sidonnan ja kelanippujen sijoituspaikkojen osalta perustuneet laskelmiin, joissa olisi huomioitu kuljetuksissa käytettävä kalusto tai kuljetettavan tuotteen ominaisuudet.

Leikattujen kelatuotteiden kuljetusten suunnittelu ei tapahdu samassa paikassa. Rautatiekuljetuksina toimitettavien tuotteiden kuljetussuunnittelu tapahtuu SSAB:n Hämeenlinnan tehtaalla VR Transpointin kuljetussuunnittelijoiden toimesta. Maantiekuljetusten osalta kuljetussuunnittelun hoitaa SSAB:n Raahen tehtaalla SSAB:n kuljetussuunnittelija.

3.1.2 Käsittely tehtaalla

Kun teräskela on saatu leikattua rainoiksi ja kelattua rullalle rainaleikkurissa, siirtyvät rainakelat vaakapisteelle, jossa jokainen sidotaan koneellisesti kehältään teräsvanteilla ja punnitaan. Tähän saakka kaikki vaiheet ovat koneellisesti tehtyjä. Rainakelat siirtyvät sidontapisteelelle, jossa ne sidotaan silmäsidonnalla yhdeksi nipuksi. Silmäsidonnassa työntekijä pujottaa sidontavanteen kelanipun keskireiästä ja sitoo sen nipun ulkopuolelta. Nippua on mahdollista pyörittää sidontapisteesä, jotta ohjeiden mukainen sidonta saadaan toteutettua ja sidontavanteet tulevat halutuille paikoille. Silmävanne on yleensä kiristysvaiheessa lähellä vaakata-

¹² Onnettomuus kuvataan Accimap-kaavion alaosassa tapahtumaketjuna. Tunnistetut päätöksentekijätahot ja muut toimintaa ohjaavat tasot merkitään vasempaan reunaan. Tapahtumaketjun osien tarkastelu eri tasoilla tehdään alhaalta ylöspäin. Kaavion alaosassa tarkastellaan yksittäistä tutkittavana olevaa onnettomuutta, josta edetään laajoihin näkökulmiin ja merkityksiin esimerkiksi kansallisella tai kansainvälisellä tasolla.
J.Rasmussen ja I.Svedung, 2000, Proactive Risk Management in a Dynamic Society (Accimap-menetelmä), Swedish Rescue Services Agency, Karlstad, Sweden.

soa. Silmäsidonnan vanteet pyritään laittamaan suoraan, mutta on mahdollista että vanne ei kiristy suoraan. Vanne ei välttämättä asetu rainakelanipun säteen suuntaisesti tai se voi olla kiertyneenä. Koska teräsvanteen materiaalin venymä on pieni, saattaa vinossa oleva vanne liikkua paikaltaan myöhemmissä käsittelyvaiheissa ja nipun kiinnitys löystyä.

Sidontavanteiden kiristykseen käytettävässä käsitoimisessa paineilmakoneessa ei ole säädettyä sidontatiukkuutta, vaan työntekijä arvioi riittävän kireyden. Eri sidontavanteiden kireys voi siis vaihdella riippuen työntekijästä ja käytettävästä sidontakoneesta. Tästä voi syntyä tilanteita, joissa toisiaan lähellä olevista sidontavanteista kireämpi kuormittuu enemmän. Kulkuominaisuuskokeiden (kappale 2.13.1) yhteydessä mitattiin myös nipun silmävanteen kireys sidontavaiheessa. Kiristettäessä silmävanteeseen kohdistui 7 kN:n voima ja lukitus tehtynä asettui voima noin 5,25 kN:iin. Vetokokeissa (kappale 2.13.3) leikatun rainan reunaa vasten vedettäessä sidontavanne kesti 14,8–18,8 kN:n voiman, joten varmuuskerroin on noin kaksinkertainen. Samaisessa kokeessa sidontavanteen ollessa 5 asteen kulmassa se kesti reilun 6 kN:n voiman. On siis mahdollista, että vinoon kiristytvä sidontavanne menee kiristysvaiheessa lähelle kestokykynsä rajaa tai jopa katkeaa.

SSAB:n ohjeiden mukaan silmävanteita laitetaan onnettomuudessa mukana olleen tyyppiseen rainakelanippuun yleensä neljä. Ohjeen mukaan silmävanteiden paikallaan pysymisen varmistamiseksi laitetaan päälle vielä kaksi vannetta kehälle, lähelle rainakelanipun molempia reunoja. Onnettomuushetken nipuissa oli kehällä kuitenkin ainoastaan yksi silmävanteita varmistava vanne rainakelanipun keskikohdilla. VR:n tavaralajikohtaisessa kuormausohjeessa todetaan, että kelat, joiden leveys on pienempi kuin 0,5xhalkaisija, sidotaan tiiviisti yhteen 2–4 teräsvanteella, joiden poikkileikkaus on vähintään 25 mm². Vanteiden lukumäärä riippuu kelojen painosta ja halkaisijasta. Yritysten ohjeet siis poikkesivat toisistaan.

Silmävanteiden sijoittelu kelanipussa tapahtuu käsisidontavaiheessa. Silmävanteet pyritään sijoittamaan niin että ne eivät ole aivan ylhäällä keskellä, jotta C-koululla nostaminen onnistuu eivätkä vanteet vaurioidu. Vaurioitumisen välttämiseksi myöskään kelan lattiaa tai kehtoa vasten tulevaan kohtaan ei haluta silmävannetta. Sidontapaikan jälkeisissä nostosiirroissa kelan asento ei muutu enää suuresti, vaan se päättyy varastoinnin kautta kuormaukseen lähes samassa asennossa, mikäli se ei ole pyörinyt varastoalueella. Silmävanteiden sijainnilla on kuitenkin merkitystä kuljetusvaiheessa. Sivusta katsottuna kelan vaakalinjan yläpuoliseen sektoriin jäävät silmävanteet tukevat nippua paremmin. Sidontapaikalta lähtevällä kelan asennolla on siis vaikutusta siihen mihin asentoon se päättyy vaunuun kuormatessa.



Kuva 14. Kelojen silmävanteiden paikkoja havainnollistava kuva. Päädyissä olevissa keloissa keskilinjan yläpuoliseen osaan jää isommat ilman silmävanteita olevat sektorit. Keskimmäisen pienemmän kelanipun toiset silmävanteet ovat symmetrisesti yläsektorissa ja tukevat näin nippua paremmin. (Kuva: OTKES)

Sidontapaikalta rainakelaniput nostetaan siltanosturilla varastoalueelle. Siltanosturissa käytetään vastapainollista C-koukkuja. Nosturinkuljettajien rainakelanippujen nostokäsittelyissä oli eroja. Jokaisella kuljettajalla on omanlaisensa tyyli ajaa nosturia ja tehdä nostoja. Rainakelanipun ja sen sidonnan kokemiin rasituksiin vaikuttavat muun muassa seuraavat tekijät: Milä syvyydellä koukku on keskireiässä, ja siitä seuraten, kuinka kallellaan nippu nousee ja laskee sekä tukeutuuko koukku kaikkiin rainoihin. Niin ikään sillä on vaikutusta, kuinka voimakkaita laskuja nippu kokee tai kuinka monta nostoa rainakelanipulle joudutaan tekemään, mukaan lukien asentoa korjaavat nostot. Rainakelanippu voi joutua kokemaan useita nostoja varastoalueella siirroissa, ja myös lastausvaiheessa sitä vaunuun sovitettaessa. Nostot ja laskut voivat aiheuttaa rainakelojen liikkumista toistensa suhteen, mikä taas saattaa löystyttää tai vaurioittaa silmävanteita. Nosturinkuljettajan ohjeissa korostetaan vain varovaista nostoa ja C-koukun riittävän syvälle menoa ennen nostoa.

Uudelleen sidontoja tehdään käytännössä vain sidontavanteen katketessa. Uudelleensidontaa varten rainakelanippu joudutaan käytännössä nostamaan takaisin sidontapaikalle, mikäli ohjeen mukainen sidonta toteutetaan. Onnettomuuden jälkeisellä tehdaskäynnillä havaittiin varastoalueella useita rainakelanippuja, joiden sidonnat olivat löysiä. Sidonnan jälkeisellä käsittelyllä on siis merkitystä silmävanteiden pysymiseen kireällä.

3.1.3 Vaunun kuormaus

Junanvaunuja kuormattaessa kuormauksen suorittavat yhteistyössä SSAB:n nosturinkuljettaja sekä SSAB:n tuotantoon kuuluva lastaaja. Lastaus suoritetaan VR Transpointin kuljetussuunnittelun laatiman kuormausmääräyksen perusteella. Kuormausmääräyksestä selviää, mitkä kelat lastataan kuhunkin vaunuun, mutta määräyksen tarkoitus on lähinnä huomioida suurimpia sallittujen teli- ja pyöräpainoja koskevien määräysten toteutuminen. SSAB on perehdyttänyt VR Transpointin kuljetussuunnittelijat tehtäviinsä. Kuljetussuunnittelijoiden työ keskittyy pääsääntöisesti junanvaunujen kierron sekä kuormien kokonaispainojen suunnitteluun. He eivät aktiivisesti huomioi kuljettavien tuotteiden mittoja.

Lastaajan tulisi tarkastaa rainakelanippujen sidonta vaunuun nostettaessa. Noston jälkeen sidontaa ei enää tarkasteta kenenkään toimesta, sillä VR Transpointin vaihtotyömiehet tarkastavat junan matkakuntoisuuden ainoastaan vaunujen teknisen kunnon ja jarrujen osalta.

Kuorman sidontaa koskevat vastuut rautatieyrityksen ja tavarán lähettäján osalta on määritetty rautatiekuljetuslaissa. Lain mukaan tavarán lähettäjä on vastuussa kuormansidonnasta VR Transpointin antamien ohjeiden mukaisesti. Tässä tapauksessa VR Transpointin ja SSAB:n kuormaus- ja sidontaohjeet poikkesivat toisistaan.

Kelojen sijoittelun osalta nosturinkuljettajilla ja lastaajilla on toisistaan poikkeava näkemys. Lastareiden mukaan he päättävät, mihin kelakehtoon lastattava kela sijoitetaan, mutta nosturinkuljettajien mukaan päätös on nosturinkuljettajalla.

VR Transpointin kuormausohjeissa on maininta kelojen sivuttaissijoittelusta vaunujen pyöräpainosuhteen takia, mutta SSAB:n nosturinkuljettajien lastausohjeessa mainintaa ei ole. Nosturinkuljettajat eivät tienneet sivuttaissijoitteluohjeesta, vaikka kertoivat pyrkivänsä sijoittamaan kelat mahdollisimman keskelle. Kuormattaessa vaunu lähelle maksimikuormaa, vaadittiin onnettomuushetkellä voimassa olleissa VR:n kuormausohjeissa 1 cm:n tarkkuutta sivuttaissijoittelussa, joka painavilla keloilla on käytännössä mahdotonta toteuttaa.

VR Transpointin ja SSAB:n säännöllisissä tapaamisissa ei käsitellä operatiivista toimintaa. Näin käytännön toimintojen yhteinen kehittäminen jää vähäiseksi, eikä esimerkiksi ohjeiden yhdenmukaisuus tule tarkastetuksi.

3.1.4 Kuljetus

VR on suunnitellut ja valmistanut rainakelojen kuljetuksessa käytettävät vaunut kelojen kuljetusta varten. Vaunuissa olevat kelakehdot mahdollistavat kelojen kuljettamisen ilman niiden kiinnittämistä vaunuun. Kelakehdot estävät rainakelanippujen liikkeellelähdön kuljetuksen aikana eteen–taakse suunnassa. Kelakehtojen pohjassa olevat painovoimatoimiset kynnet estävät rainakelanippujen sivuttaisen liikkeen, mutta eivät tue tai estä rainakelanippujen kallistumista tai rainakelojen putoamista.

Kuljetuksen alkaessa SSAB:n Raahen tehtaalta VR Transpointin vaihtotyöntekijät kokoavat kuormatut vaunut junaksi sekä tarkastavat junan matkakuntoisuuden sen lähtiessä. Junaa kasatessa yksittäisiä vaunuja, joihin rainakelaniput on lastattu painopisteeltään leveys- tai pituussuunnassa toispuoleiseksi, saattaa helposti päästä junaliikenteeseen, koska selkeää erillistä kuorman tarkastusvelvoitetta ei ole sovittu SSAB:n ja VR:n välillä. Junan matkakuntoisuuden tarkastukseen kuuluu käytännössä vain vaunujen kunnon ja junan jarrujen tarkastus.

Vaunuille tehdään ennen kyseisen vaunutyyppin käyttöönottoa **kulkuominaisuuskokeet** sen varmistamiseksi, että vaunu kulkee turvallisesti eikä aiheuta rataa liian suuria kuormituksia. Kulkuominaisuuskokeilla selvitetään muun muassa vaunujen sivuttaiskiihtyvyydet. Onnettomuuden jälkeen tehdyssä kulkuominaisuuskokeessa vaunun rungon sivuttaiskiihtyvyyden maksimi-arvot olivat lähellä raja-arvoa ja lyhytaikaisesti jopa sen ylikin.

Vaikka vaunut kulkuominaisuuskokeiden perusteella täyttivät normin vaatimukset, ovat vaunun rungossa mitatut sivuttaiskiihtyvyydet niin suuret, että ne täytyy ottaa huomioon rainakelanippujen sidonnassa.

Vaunun kulkuominaisuuteen voidaan vaikuttaa myös raskaiden kelanippujen sijoittamisella vaunuun, kuten laskennallisesti on todettu kappaleessa 2.13.4.

3.1.5 Rainakelan putoaminen ja veturin törmäys

Juna, josta rainakela putosi, kulki koko matkan putoamishetkeen saakka normaalisti. Matkalla olleiden vaihteiden kohdalla junan nopeus oli rajoitusten mukainen tai alhaisempi.

Rainakela putosi vaunusta ja päättyi viereiselle raiteelle 165 km:n matkan jälkeen. Rainakelosten sidontojen löystyminen mahdollisti kelanipun kallistumisen, vanteiden katkeamisen ja rainakelan putoamisen.

Putoamisesta 45 min myöhemmin matkustajajuna ohitti viereistä raidetta pitkin pudonneen kelan, mutta sen kuljettaja ei havainnut viereisellä raiteella lappeellaan ollutta kela. Havainnon tekoa saattoi vaikeuttaa junan nopeus, kaarrepaikka, räntäsade sekä raiteella olleen rainakelan tumma väri suhteessa radan alustan tummaan väriin.

Putoamisesta 56 min myöhemmin kulkenut veturi törmäsi kelaan ja suistui kiskoilta. Kelaan törmänneen veturin kuljettaja havaitsi raiteella olleen kelan hieman ennen törmäystä ja heittäytyi lattialle, kuten yleisesti koulutetaan. Kuljettaja ei ehtinyt jarruttaa. Hän sai onnettomuudessa lieviä ruhjeita. Seuraukset törmäyksessä jäivät lähinnä materiaali vahingoiksi, koska kyseessä oli pelkkä veturi. Veturi suistui ja kallistui törmäyksen jälkeen. Seuraukset olisivat olleet huomattavasti vakavampia, jos rainakelaan olisi törmännyt matkustajajuna tai nyt törmänneen veturin tilalla alun perin kulkevaksi suunniteltu kemikaalijuna. Mikäli veturinkuljettaja ei olisi pystynyt itse ilmoittamaan tapahtumasta, ei tieto onnettomuudesta olisi välttämättä tavoittanut liikenteenohjausta ja siten seuraavia junia, mistä olisi voinut aiheutua vakavampi onnettomuus. Tässä tapauksessa mikään rata-alueen turvalaitejärjestelmä ei antanut viitteitä tapahtuneesta onnettomuudesta.

Kelaan törmänneen veturin kuljettaja oli hieman aiemmin olleessaan Kokkolassa havainnut vinossa olleet kelaniput ohi menneessä junassa, mutta ei ilmoittanut poikkeamasta. VR:n veturinkuljettajan käsikirjan mukaan kuljettajan on viipymättä ilmoitettava havaitsemistaan epäkohdista, jotka saattavat aiheuttaa tapaturman tai terveyshaitan.

3.2 Turvallisuusjohtamisen analysointi

Turvallisuusjohtamista¹³ on analysoitu hyödyntäen Euroopan rautatieviraston (ERA) turvallisuusjohtamisjärjestelmäkehää¹⁴.

3.2.1 Riskien arviointi

Oman toiminnan riskeissä ei ollut ennalta tunnistettu VR:n ja SSAB:n yhteistoiminnan kannalta kriittisiä tekijöitä. Kelakuljetusten osalta ei ole tehty riskikartoitusta, jossa olisi määriteltä toiminnan kannalta kriittiset tekijät. Riskikartoituksessa tulisi ottaa huomioon molempien osapuolten kohdalta omat sekä yhdessä toteutetut toiminnot. Tässä tapauksessa esimerkiksi kelan sitominen olisi pitänyt perustua laskennalliseen määrittelyyn, jossa olisi huomioitu kuljetuskaluston ja kuljetuksen sekä pakkauksen käsittelyn ja varastoinnin aiheuttamat kuormitukset.

Muutoksen hallinta ei kattanut kaikkia toimintoja VR:n ja SSAB:n yhteisketjussa. Tieto muutuneesta tuotteesta huomioitiin ainoastaan rainakelan valmistusketjussa, mutta ei enää pakkauksessa ja kuljetuksessa/kuljetussuunnittelussa. Tieto koe-erästä pitäisi olla käsittelyketjuun osallistuvien henkilöiden tiedossa, jolloin se auttaisi tunnistamaan käsittelyn aikana jo ennalta tehdyssä riskinarvioinnissa esille nousematta jääneitä havaintoja.

Vaatimustenmukaisuuden (lait, määräykset, ohjeet ja standardit) osalta tarkasteltiin organisaation työohjeistusta. Ohjeet olivat säännöllisin ajoin tarkastettu, mutta VR:n ja SSAB:n

¹³ Turvallisuusjohtamisjärjestelmällä (SMS) tarkoitetaan infrastruktuurin haltijan tai rautatieyrityksen organisaatiota ja järjestelyjä, joilla varmistetaan sen toimintojen turvallinen hallinnointi.

¹⁴ ERAn SMS-kehä on tarkoitettu työkaluksi turvallisuusjohtamisjärjestelmien eri osa-alueiden läpikäyntiin.

laatimissa kuormaus- ja sidontaohjeissa oli eroavaisuuksia. Lisäksi tutkinnassa ei selvinnyt miten ohjeet on aikanaan tehty ja mihin esimerkiksi kuljetuspakkauksen sidontaan liittyvät ohjeet perustuvat. Ohjeiden perustaksi ei löytynyt laskelmia. Yhteistoimintaan liittyviä ohjeita ei ollut laadittu yhteistyönä eikä ohjeiden laadinta perustunut laskelmiin ja kulkuominaisuuskokeista saatuun faktatietoon.

3.2.2 Oman toiminnan valvonta ja seuranta

Turvallisuustiedon kerääminen ja analysointi oli SSAB:llä rainakelojen osalta puutteellista. Tutkinnan aikana tuli esille, että sidontavanteita on ollut löysällä ja niitä on katkennut sekä varastokäsittelyn että kuljetuksen aikana. Lisäksi tuotannossa oli tunnistettu ongelma, että varastoalueella ja nostoissa vierivien kelojen sidontavanteet löystyvät. Mahdolliset käsittelyn aikana katkenneet sidontavanteet oli uusittu, mutta niistä ei ollut kirjattu minkäänlaista prosessipoikkeamatietoa. Mahdollisten riskien tunnistamiseksi poikkeamista tulisi kerätä tiedot ja taulukoida ne analysointia varten. Analysoidun tiedon perusteella pystyttäisiin tunnistamaan myös ennalta uusia tai syntyviä riskejä.

Onnettomuuksien ja vaaratilanteiden raportointi ja tutkiminen sekä tarvittavien ehkäisevien toimenpiteiden toteuttaminen oli vajavaista. Turvallisuustutkinnassa selvisi vain muutama selvästi tiedossa oleva tapaus, joissa rainakeloja oli pudonnut tai kallistunut kuljetuksen aikana. Jonkinlainen tutkinta oli tehty vain vuonna 2005 sattuneesta rainakelan putoamisesta, mutta siitä ei saatu tarkempia tietoja. Tutkinta ei ollut aiheuttanut tiedossa olevia toimenpiteitä.

Kuljetuksissa kallistuneita rainanippuja oli ollut enemmänkin ja osasta oli myös vastaanottajalta tullut tieto lastaajien sähköpostiin. Turvallisuustutkintaan näitä tietoja ei ollut enää saatavilla.

VR:n ja SSAB:n välillä ei ollut yhteisiä menettelyitä onnettomuuksien ja läheltä piti tapausten raportoimiseksi. Sattuneiden tapausten tutkinnasta saatavaa tietoa ei hyödynnetty riittävästi turvallisuusriskien välttämiseksi.

3.2.3 Organisointi ja vastuut

Vastuiden jako oli epäselvää. Kaikki osapuolet eivät olleet täysin selvillä, kuka vastaa mistäkin. Tämä heijastui sekä SSAB:n organisaatiossa, mutta myös VR:n kanssa tehdyssä yhteistoiminnassa. Toiminnot olivat selkeitä, mutta vastuiden rajapinnat eivät käytännössä kohdanneet. Erityisesti epäselvyyttä esiintyi vastuurajapinnoissa tuotannon, kuljetussuunnittelun ja kuljetusten välillä. Koska eri toimintoja toteuttavat eri organisaatiot, tulisi VR:n ja SSAB:n laatia yhteistyössä selkeät toimintokohtaiset vastuut. Vastuuttamisessa tulee huomioida se kennellä on työtehtävissään tosiasiallinen mahdollisuus sekä osaaminen huolehtia jostakin tietystä toiminnosta.

Hallinnollinen ja valvonnallinen vastuu yhteistoiminnasta keskittyi lähinnä taloudellista suoriutumista koskevien asioiden ympärille. Kuljettamisen osalta SSAB:n Raahen kuljetusten suunnittelun päällikkö ja VR Transpointin henkilöt kokoontuvat neljä kertaa vuodessa sopimustarkasteluneuvotteluihin. Neuvottelut keskittyivät yhteistoiminnan sujuvuuteen, tuloksellisuuteen sekä kuljetuskapasiteetin tarpeeseen. VR Transpointin henkilöt ovat käytännössä myynnin edustajia, koska kuljetussuunnittelun henkilöt ovat usein työtilanteiden vuoksi olleet estyneitä osallistumaan neuvotteluihin.

3.2.4 Operatiiviset järjestelyt ja menettelyt

Määräysten noudattamisessa havaittiin poikkeamia. Rainakelanippujen sidonnat eivät vastanneet SSAB:n omaa ohjeistusta. Silmävanteita kiinni pitäviä kehävanteita ei ollut ohjeen sijaan kuin yksi ja sen sijainti oli rainakelanipun keskellä. Sidontatavan muutos oli päässyt syntymään, eikä sitä ollut järjestelmässä (prosessissa) huomattu. Rainakelalle oli määritelty tuotteena laadulliset arvot esimerkiksi kelauksen kartiomaisuus, mutta sidonnalle ei ollut määritelty vastaavia laadullisia poikkeamia tai niiden valvontaa.

Alihankintaan ja toimittajien hallintaan ei kiinnitetty tarpeeksi huomiota. SSAB on hankkinut rautatiekuljetussuunnittelun ostopalveluna VR Transpointilta vuodesta 2011 lähtien. Rautatiekuljetusten kuljetussuunnittelu oli ulkoistettu ja siirretty pois Raahesta. Autokuljetusten suunnittelu hoidetaan edelleen Raahen tehtaalla. Neuvotteluyhteys Hämeenlinnassa sijaitsevan kuljetussuunnittelun ja Raahessa olevan kuljetusten operatiivisen johtamisen välillä on ollut vähäistä. VR:n ja SSAB:n väliltä puuttui yhteistoimintaan liittyvät operatiivisia kuljetustoimintoja tekevien henkilöiden säännölliset palaverit.

SSAB:n organisaatiosta irrallaan olevat kuljetussuunnittelijat olivat kokeneet vuonna 2011 saamansa perehdytyksen kevyehköksi. Kuljetussuunnittelijoiden olisi ollut tärkeä saada täydentävää perehdytystä sekä päivittää mahdollisesti muuttuneet tiedot.

3.3 Pelastustoimien analysointi

Onnettomuus ei aiheuttanut pelastuslaitokselle varsinaisia pelastustehtäviä. Pelastusyksiköt tiedustelivat onnettomuusalueen ja varautuivat mahdollisiin pelastustehtäviin. Ensihoitoyksikkö varautui mahdolliseen ensihoitotehtävään. Pelastustoiminnan johtajalla oli käytössään kuljettaja, joten hän pystyi keskittymään tarvittaviin puheluihin ja radioliikenteeseen ajomatkan aikana.

Pelastuslaitos on varautunut mahdollisiin raideliikenteen onnettomuuksiin laatimalla ohjeita pelastustoimintaa varten sekä järjestämällä tarvittavia harjoituksia. Kokkolan ja Ykspihlajan ratapihojen ulkoisen pelastussuunnitelman vaatima suuronnettomuusharjoitus järjestetään kolmen vuoden välein. Viimeisin harjoitus oli 3.5.2016. Häätämaadoituspätevyyttä ylläpidetään kurseilla ja kerrataan sisäisessä koulutuksessa. Lisäksi toimintaa rautatiellä kerrataan muun muassa tutustumiskäynneillä ratapihoilla.

Mikäli kyseessä olisi ollut vaarallisten aineiden kuljetusjunan tai matkustajajunan suistuminen tai muu onnettomuus, onnettomuuspaikan sijainti olisi todennäköisesti luonut haasteita pelastus- ja ensihoitotoiminnalle. Onnettomuusalueen tiestö olisi suuremmassa onnettomuus-tilanteessa mahdollisesti tukkeutunut pelastus- ja ensihoitoyksiköistä.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Toteamukset

1. Rainakelat valmistetaan leikkaamalla leveä teräslevykela kapeammiksi rainoiksi ja kelaamalla ne uudelleen.
2. Leikkauksen jälkeen rainakelat sidotaan yhdeksi nipuksi teräsvanteilla. Yhteen sitominen tehdään käsin paineilmakäyttöisellä sidontakoneella.
3. Sidonnan jälkeen rainakelanippu nostetaan C-koukulla varustetulla siltanosturilla varastoalueelle odottamaan lastausta.
4. Onnettomuustapauksen rainakelanippu oli aikaisempia suurempi, koska nyt putken valmistaja tarvitsi mahdollisimman pitkää rainaa.
5. Tavallista suuremman rainakelanipun koon vaikutuksia huomioitiin ainoastaan valmistuksen, mutta ei sidonnan tai kuljetuksen kannalta.
6. Tieto suurempien rainakelojen koe-erästä oli tuotannon johdolla ja joillakin tuotantoon osallistuneista.
7. Vastaavia suurempia rainakelanippuja oli kuljetettu kaksi kertaa aikaisemmin.
8. VR:n ohjeiden mukaan rautatiekuljetuksissa pienin sallittu leveys-korkeus-suhde rainakelanipuilla on 0,7. Onnettomuudessa olleet rainakelaniput täyttivät tämän ehdon.
9. Valvontakameran tallenteelta voidaan havaita, että jo ensimmäisessä nostossa rainakelat kiertyivät toisiinsa nähden ja silmäsidonnat pääsivät löystymään.
10. Kuljetussuunnittelijat työskentelevät Hämeenlinnassa ja tekevät valmistuneiden kelatietojen perusteella kuormausmääräykset, joiden mukaan rainakelaniput lastataan junavau-nuihin Raahessa.
11. Painavammat rainakelaniput kuormattiin kelavaunun päätymäisiin kehtoihin. Vaunut tulivat kuormatuksi lähelle maksimipainoa.
12. Junan liikennöintitarkastus keskittyi käytännössä vaunujen ja junan liikennöintikuntoon.
13. Tavarajuna 55002 lähti Raahesta kohti Hämeenlinnaa 23.3.2016 kello 8.24 kuormanaan muun muassa teräsrainakeloja.
14. Ennen Matkanevan liikennepaikkaa kello 10.57 junasta putosi sen kuormassa ollut noin 3 500 kg painava teräsrainakela.
15. Rainakela pyöri viereiselle läntiselle raiteelle ja jäi lappeelleen toisen kiskon päälle.
16. Matkustajajuna IC50 ohitti paikan itäistä raidetta pitkin kello 11.45. Kuljettaja ei havainnut viereisellä raiteella ollutta rainakelaa.
17. Sr1-sähköveturi lähti Kokkolasta kohti Ylivieskaa kello 11.43. Veturinkuljettaja oli huomannut Kokkolan taukokuoneen ikkunasta katsellessaan, että ohi kulkevan tavarajunan kyydissä olevia keloja oli kallistuneena. Hän ei kuitenkaan kiinnittänyt asiaan enempää huomiota.
18. Veturin sijaan Kokkolasta piti lähteä Raahen VAK-kuormassa ollut tavarajuna, jossa oli muun muassa klooria, mutta se jäi havaitun ylipainon takia odottamaan kuorman vajen-tamista.

19. Veturinkuljettaja havaitsi noin 100 m päässä kiskoilla makaavan rainakelan. Huomattuaan, että törmäys on väistämätön, pudottautui kuljettaja lattialle istuimen taakse.
20. Sr1-veturi törmäsi rainakelaan 120 km/h nopeudella kello 11.54.
21. Rainakela suisti kokonaan siihen törmänneen Sr1-veturin.
22. Veturin pohjan rakenteet ohjasivat toisen kiskon päälle pudonneen veturin kaarteessa sen kulkiessa suistuneena 185 metriä.
23. Rataa ja ratalaitteita vaurioitui 257 metrin matkalta
24. Onnettomuuden aikaan sää oli pilvinen ja räntäsateinen ja lämpötila -1 °C. Maassa oli vähän lunta, mutta raiteiden alue ja ratapenkki olivat lumettomia.
25. Sr1-veturinkuljettaja ilmoitti törmäyksestä liikenteenohjaajalle.
26. Liikenteenohjaaja ilmoitti tapauksesta hätäkeskukseen, joka hälytti paikalle keski-suuren raideliikenneonnettomuuden vasteen mukaisesti neljä pelastustoimen yksikköä ja yhden ensihoidon yksikön. Onnettomuuspaikan tiedustelun jälkeen tilannepaikan johtaja totesi, ettei pelastus- tai ensihoitotoimille ollut tarvetta.
27. Tavarajuna 55002 pysäytettiin Härmän liikennepaikalle, jossa kallistuneita keloja kuljetaneet vaunut poistettiin junasta.
28. VR hälytti raivausryhmän, joka saapui paikalle kello 16.00. Suistunut veturi saatiin kiskoille ja raivaustyö päätökseen seuraavana aamuna.
29. Tehdaskäynnillä havaittiin varastoalueella useita rainakelanippuja, joiden silmäsidonnat olivat löysiä. Ohjeistuksesta poiketen silmävanteiden paikallaan pysymisen varmistavia kehävanteita oli vaaditun kahden lähellä reunoja olevan sijaan yksi keskellä.
30. Vastaavia rainakelojen putoamisia tai rainakelanippujen kallistumisia kuljetuksessa oli tiedossa yksi vuodelta 2005 ja kaksi vuodelta 2015.
31. Rainakelanipun sidontavanteelle tehtyjen vetolujuuskokeiden perusteella leikatun rainan reunaa vasten kiristyvän vanteen vetolujuus on huomattavasti pienempi kuin suoralla vedolla. Mikäli vanne on vielä vinossa, putoaa vetolujuus jopa alle kiristysvaiheessa käytettävän voiman.
32. Kelavaunun kulkuominaisuudet täyttivät normien vaatimukset (myös onnettomuuden jälkeen tehdyssä kulkuominaisuuskokeessa).
33. Kokeessa käytetty kuorma ei ollut kulkuominaisuuksien kannalta huonoin kuormausohjeen sallima.
34. Kulkuominaisuuskokeissa todetuilla sivuttaiskiihtyvyyksillä on vaikutusta rainakelanippujen sidontavaatimuksiin.
35. Rainakelanippujen kuljetuksen kannalta ohjeita on mahdollista tarkentaa kulkuominaisuuksien kannalta paremmiksi rainakelanippujen kokoakaan rajoittamatta, mikäli nippujen sidonta on toteutettu riittävän hyvin.
36. Operatiivista toimintaa käsittelevät kokoukset SSAB:n ja VR:n välillä puuttuivat.

4.2 Onnettomuuden syyt

Onnettomuuden välitön syy oli rainakelanippua koossapitävien silmävanteiden katkeaminen. Katkeamista edelsi tehtaalla sidonnan jälkeisen käsittelyn ja kuljetuksen aikana tapahtunut silmävanteiden löystyminen sekä siirtyminen pois paikoiltaan. Löysät silmävanteet mahdollistivat rainakelanipun kallistelun kuljetuksen aikana. Nippu kaatui ja rainakela putosi vau-
nusta.

Sidonta oli vajavainen. Silmävanteita paikallaan pitäviä kehävanteita oli vain yksi keskellä. Niitä olisi ohjeen mukaan pitänyt olla kaksi sijoitettuna lähelle rainakelanipun reunoja.

Rainakelakuljetuksista ei ole tehty erillistä riskinarviointia, jolla olisi pyritty etukäteen huomioimaan mahdolliset vaaratekijät ja kriittiset työvaiheet sidonnassa, käsittelyssä ja kuljetuksessa. Ei ole myöskään laskennallisesti selvitetty rainakelanippujen sidonnan lujuutta, eikä sitä mihin kohtaan vaunuissa raskaat rainakelaniput kannattaisi vaunun kulkuominaisuudet ja kelanippuun kohdistuvat sivuttaiskiikthyvydet huomioiden sijoittaa.

5 TOTEUTETUT TOIMENPITEET

SSAB on testannut erilaisia rainakelojen silmäsidontatapoja. Tällä hetkellä käytössä olevassa silmäsidonnassa käytetään neljää vannetta rainakelanipun yläosassa ja kahta alaosassa. Näiden paikallaan pysymistä varmistamassa on kaksi lähellä reunaa olevaa kehävannetta.



Kuva 15. Muutettu silmäsidontatapa (Kuva: OTKES)

SSAB:n Raahen tehtaassa kelojen varastointialueelle lisättiin onnettomuuden jälkeen kelojen vierimistä estäviä kehtorakenteita. Niiden tarkoitus on pienentää sidonnan löystymisen riskiä ja sidontavanteiden vaurioitumisen mahdollisuuksia.



Kuva 16. Kelojen vierimistä estäviä kehtorakenteita varastoalueella. (Kuva: OTKES)

VR Transpoint on päivittänyt kuormausohjeet metallilevykeloille 2.9.2016.

Päivitetyin ohjeen mukaan kelat on kuormattava mahdollisimman keskelle vaunua. Mikäli vaunuun kuormataan useita erikokoisia keloja, on painavimmat sijoitettava mahdollisimman keskelle vaunua. Kelojen sijoituksesta on esitetty havainnollisia esimerkkejä.

Leikattujen kelatuotteiden/kapeiden kelojen ohjeessa määritellään kapeaksi kelaksi kela, jonka leveys on pienempi, kuin 0,5 x halkaisija. Kapeiden kelojen kuljetuskalustoksi on rajattu neljä kelakehdoilla varustettua vaunutyyppiä.

Kelaryhmä on ohjeistettu sidottavaksi tiiviisti yhteen vähintään kuudella teräsvanteella, joiden kunkin poikkileikkaus on vähintään 25 mm² ja murtolujuus vähintään 20 kN. Teräsvanteet on ohjeistettu sijoitettavaksi tasavälein ja kelat kuormattavaksi siten, että silmävanteita ei jää puristuksiin kelan ja kehdon väliin.

Minimivaatimusten lisäksi on ohjeistettu varmistettavaksi että kelaryhmä pysyy muodossaan ja kestää käsittelyn, lastauksen ja kuljettamisen aikana siihen kohdistuvat rasitukset.

VR Transpointin Hämeenlinnassa työskentelevät SSAB:n kuljetuksia suunnittelevat kuljetussuunnittelijat kävivät syksyllä 2016 tutustumassa syvällisemmin Raahen tehtaalla tapahtuvaan toimintaan.

6 TURVALLISUUSSUOSITUKSET

6.1 Uudet suositukset

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että Liikenteen turvallisuusvirasto varmistaisi seuraavien uusien suositusten toteutumisen:

6.1.1 Rainakelanippujen sitomisen selvittäminen

Rainakelanippua koossapitävien silmävanteiden katkeamista edelsi tehtaalla sidonnan jälkeisen käsittelyn ja kuljetuksen aikana tapahtunut silmävanteiden löystyminen sekä siirtyminen pois paikoiltaan. Löysät silmävanteet mahdollistivat rainakelanipun kallistelun kuljetuksen aikana. Jotta silmävanteiden riittävä kireys ja paikallaan pysyminen voidaan varmistaa, Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että:

SSAB määrittää ja todentaa laskennallisesti rainakelanippujen koossapitävän sidonnan huomioiden tehtaalla tapahtuvan käsittelyn aiheuttamat rasitukset ja rautatiekuljetuksessa kelanippuun kohdistuvat sivuttaiskiihtyvyydet. [2017-S3]

Rautatiekaluston kuormaan aiheuttamat kiihtyvyydet on tarkoituksenmukaista selvittää yhteistyössä rautatieliikenteen harjoittajan kanssa hyödyntäen kaluston kulkuominaisuuskokeiden tuloksia.

6.1.2 Rainakelanippujen vaunuun kuormaaminen

Kelavaunujen kulkuominaisuudet täyttävät eurooppalaisen normin¹⁵ vaatimukset, mutta kelavaunujen runkoon kohdistuvat sivuttaiskiihtyvyydet ovat lähellä raja-arvoa ja lyhytkestoisesti jopa niiden ylikin. Arvioitaessa laskennallisesti kuorman sijoittamisen aikaansaamaa kuormatun vaunun hitausmomenttia todettiin, että on suotuisampaa sijoittaa raska 2017-S3at kelat keskemälle vaunua kehtoihin 2 ja 4 kuin kehtoihin 1 ja 5. Jotta kuorman sijoittelusta ei aiheutuisi tarpeetonta rasitusta kuorman sidonnalle, vaunukalustolle ja radalle, Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että:

VR selvittää kuormatun kelavaunun kulkuominaisuuksien parantamiseksi kelojen parhaat sijoituspaikat vaunuissa ja huomioi tulokset kuormausohjeistuksessa. [2017-S4]

6.1.3 Turvallisuustiedon kerääminen ja analysointi

Sidontavanteita on ollut löysällä ja katkennut varastokäsittelyn tai kuljetuksen aikana. SSAB:n tuotannossa oli myös tunnistettu ongelma, että varastoalueella vierivien ja nostettavien kelojen sidontavanteet löystyivät. Katkenneita sidontavanteita oli uusittu, mutta niistä ei ollut kirjattu poikkeamaa. Lisäksi tutkinnassa selvisi, että rainakeloja oli pudonnut tai kallistunut kuljetuksen aikana aiemminkin, mutta tietoja ei ollut saatavilla kaikista tapauksista. Jotta poikkeamatietoja voitaisiin hyödyntää, Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että:

SSAB kerää riskien tunnistamiseksi tiedot sidontaan, varastokäsittelyyn ja kuljetukseen liittyvistä poikkeamista ja käsittelee ne. [2017-S5]

¹⁵ EN 14363.

Analysoidun tiedon perusteella pystyttäisiin tunnistamaan myös ennalta uusia tai syntyviä riskejä. Rautatiekuljetuksen aikana tapahtuneet poikkeamat tulee käsitellä yhteistyössä rautatieliikenteen harjoittajan kanssa.

6.2 Muita huomiota ja ehdotuksia

Rautatieoperaattoreiden tulee muistuttaa veturinkuljettajille, että kynnys ilmoittaa turvallisuuteen liittyvistä havaituista mahdollisista epäkohdista on pidettävä matalana.

Helsingissä 17.2.2017

Esko Värttiö

Timo Kivelä

Timo Naskali

Jussi Kangasmaa

LÄHDELUETTELO

Seuraavat lähdeasiakirjat on taltioituna Onnettomuustutkintakeskuksessa.

1. Päättös tutkinnan aloittamisesta R2016-02, 24.3.2016, 60/5R
2. Lausunnot tutkintaselostusluonnoksesta:
 - Trafi
 - Liikennevirasto
 - VR-Yhtymä Oy
 - Finrail Oy
 - SSAB Raahen tehdas
3. Tapaukseen liittyvät pelastustoimen Pronto-tietokannan hälytys- ja onnettomuusselosteet
4. Junan 55002 viiden kelavaunun kuormausmääräykset SSAB:n LÄHTI-järjestelmästä
5. SSAB:n Raahen tehtaan rainalinjan 2 sitomakoneen huoltodokumentit 12.2.–30.3.2016
6. Kuvia onnettomuuspaikalta ja Härmän liikennepaikalta
7. SSAB:n kokousmuistiot onnettomuuteen liittyvistä tiedoista, 24.3.2016, 30.3.2016,
8. Pöytäkirja Seinäjoen asemalla 30.3.2016 junassa 55002 kallistuneita rainakeloja kuljettaneiden vaunujen pystyssä pysyneiden rainakelanippujen mittaustuloksista ja tarkastuksesta, SSAB, 1.4.2016
9. Kalvosarja veturin törmäyksestä teräskelaan 23.3.2016 kerätyistä tiedoista, VR, 30.3.2016
10. Tietoja ja piirustuksia kelavaunuista Shmmn, Shmmn-t ja Shmmns-tw, VR
11. Valvontakameran tallenne SSAB:n Raahen tehtaalta lähtevästä junasta 55002 23.3.2016, SSAB
12. Valvontakameran tallenteet pudonneen rainan rainakelanipun uudelleen kelauksesta, punnituksesta, kehäsidonnasta, nostosta varastoon ja kuormauksesta vaunuun, SSAB
13. SSAB:n Raahen tehtaan Raina 2 -linjalla 1.9.2015–30.3.2016 valmistettujen kelojen tiedot, SSAB
14. Rainojen tilaushistoriatietoja, SSAB
15. Onnettomuudessa olleiden rainakelanippujen sidontavanteille tehtyjen vetokokeiden tulokset, 5.4.2016, SSAB
16. Sidontavanteille tehtyjen vetokokeiden tulokset, 15.7.2016, SSAB
17. Teräskelavaunujen kulkuominaisuuskokeisiin liittyvää aineistoa vuosilta 1984–2009, VR
18. Uuden pyöräpainolaskelman taustatietoja, VR
19. Koeraportti, Rainakelakuljetus/Kulkuominaisuudet 17.8.2016, kulkuominaisuuskoeajoon liittyviä tiedostoja, VR, 9.9.2016
20. Rainakelanippujen sidontavanteiden mittaustuloksia 17.8.2016, VR, 2.9.2016
21. Raportti tavaravaunujen painotaulukon muutoksista, VR, 2.5.2016
22. Laskelmia onnettomuudessa mukana olleiden vaunujen pyöräpainoista
23. Junien 55002 ja IC50 vaunuluettelot 23.3.2016

24. Tiedot suistuneen veturin korjauskustannuksista, VR, 29.8.2016
25. Junien 55002, 11375 ja IC50 aikataulut 23.3.2016
26. Keski-Pohjanmaan ja Pietarsaaren alueen pelastuslaitoksen pelastustoimintaohje 12.10.2015, palvelutasopäätös 2015–2018, ulkoinen pelastussuunnitelma VR-Yhtymä Oy Kokkolan ja Ykspihlajan ratapihat, 3.5.2016 suuronnettomuusharjoituksen harjoitussuunnitelma, pikaohje pelastustoiminnan johtajalle rautatieonnettomuuksissa 4.3.2015.
27. Tiedot radan ja ratalaitteiden vaurioista ja korjauskustannuksista, Liikennevirasto
28. Tietoja Ylivieskan ratapihan baliiseista ja niiden paikoista ratatyöhankkeen aikana, Liikennevirasto
29. Säättietoja Kokkolasta ja Raahesta 23.3.2016
30. Juniin 55002, 11375 ja IC50 23.3.2016 liittyviä tietoja LIIKE-järjestelmästä, Liikennevirasto
31. Liikenteenohjausjärjestelmän tallenteet ja lokitiedot juniin 55002 ja 11375 liittyen, Liikennevirasto
32. Onnettomuuteen liittyvät RAILI-verkon puhetallenteet
33. Pyörävoimailmaisinten mittaustulokset Kannuksesta ja Mattilasta 23.3.2016 junalle 55002, Liikennevirasto
34. Veturien 3045 (55002), 3001 (11375) ja 3236 (IC50) kulunrekisteröintilaitteiden tallenteet, VR
35. Rainakelojen sidontaan, kuormaamiseen, käsittelyyn ja muihin vaatimuksiin liittyviä ohjeita, SSAB
36. Kuormaamista koskevat yleiset määräykset ja metallituotteita koskevat kuormausohjeet, 1.1.2016, VR
37. Kuormaamista koskevat yleiset määräykset ja metallituotteita koskevat kuormausohjeet, 2.9.2016, VR
38. Standardi SFS-EN 14363 (Railway applications. Testing and simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles. Running behaviour and stationary tests)
39. Pelastuspalvelun vaurioseloste 23.3.2016, VR

YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA

Tutkintaselostusluonnos oli lausunnolla liikenne- ja viestintäministeriössä, Liikenteen turvallisuusvirastossa, Liikennevirastossa, Finrail Oy:ssä, VR-yhtymä Oy:ssä, SSAB Raahen tehtaalla, Hätäkeskuslaitoksella, Keski-Pohjanmaan ja Pietarsaaren alueen pelastuslaitoksella sekä osallisilla.

Määräaikaan mennessä lausuntoja tai vastineita saatiin seitsemän kappaletta. Lausunnot ja kommentit käsiteltiin ja tutkintaselostusta muokattiin tarpeen mukaan. Kommentteja ja yksityishenkilöiden lausuntoja ei julkaista.

Liikennevirasto pyysi lausunnossaan tarkennusta junan nopeuksia koskevaan taulukkoon. Liikennevirastolla ei ollut muuta lausuttavaa tutkintaselostusluonnokseen.

Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafí) kiinnitti lausunnossaan huomiota vaunujen poikittaiskiihtyvyyksistä saatuihin tuloksiin. Trafí totesi tulosten perusteella selvinneen, että poikittaiskiihtyvyydestä mitatut arvot eivät ole välitön turvallisuusriski kaluston osalta, joskin ne antavat aiheutta esitettyihin turvallisuussuosituksiin. Trafí totesi pitävänsä tärkeänä kuorman kiihtyvyyksiä ja poikkeamien käsittelyä koskevien suositusten perusteluissa mainittua yhteistyötä kuljetuksen tilaajan ja rautatieyrityksen välillä.

Finrail Oy:llä ei ollut lausuttavaa tutkintaselostusluonnokseen.

VR-Yhtymä Oy toteaa lausunnossaan, että sillä ei ole lausuttavaa tutkintaselostusluonnoksessa esitetyistä suosituksista. Muutoin VR esittää lausunnossaan tarkennuksia ja korjausehdotuksia muun muassa kuormausohjeita, kelojen kuljetuksia ja toiminnan järjestelyjä käsitteleviin selostuksen kohtiin. VR:n näkemyksen mukaan muuna huomiona mainittu muistutus havaituista mahdollisista epäkohdista ilmoittamisesta olisi hyvä laajentaa koskemaan ainakin vaihtotöitä ja liikennöintitarkastuksia tekevää henkilöstöä.

SSAB:n Raahen tehtaan lausunnossa tutkintaselostuksen todettiin kuvaavan tapahtunutta todenmukaisesti. SSAB toi esiin muutamia korjaus- ja tarkennusehdotuksia rainakelojen tuotantoprosessia käsitteleviin osioihin.