



Slutrapport RJ 2019:02

**Urspårning med tåg 5678 i Ludvika,
Dalarnas län, den 12 oktober 2017**

Diariernr J-22/17

2019-03-27

SHK utreder olyckor och tillbud från säkerhetssynpunkt. Syftet med utredningarna är att liknande händelser ska undvikas i framtiden. SHK:s utredningar syftar däremot inte till att fördela skuld eller ansvar, vare sig straffrättsligt, civilrättsligt eller förvaltningsrättsligt.

Rapporten finns även på SHK:s webbplats: www.havkom.se

ISSN 1400-5743

Illustrationer i SHK:s rapporter skyddas av upphovsrätt. I den mån inte annat anges är SHK upphovsrättsinnehavare.

Med undantag för SHK:s logotyp, samt figurer, bilder eller kartor till vilka någon annan än SHK äger upphovsrätten, tillhandahålls rapporten under licensen Creative Commons Erkännande 2.5 Sverige. Det innebär att den får kopieras, spridas och bearbetas under förutsättning att det anges att SHK är upphovsrättsinnehavare. Det kan t.ex. ske genom att vid användning av materialet ange ”Källa: Statens haverikommission”.



I den mån det i anslutning till figurer, bilder, kartor eller annat material i rapporten anges att någon annan är upphovsrättsinnehavare, krävs dennes tillstånd för återanvändning av materialet.

Omslagets bild tre – Foto: Anders Sjödén/Försvarmakten.

Innehåll

Allmänna utgångspunkter och avgränsningar	5
Utredningen.....	5
SAMMANFATTNING	8
SUMMARY IN ENGLISH	11
1. FAKTAREDOVISNING	14
1.1 Händelseförloppet	14
1.2 Personskador och materiella skador.....	16
1.2.1 Personskador.....	16
1.2.2 Last, resgods och annan egendom	16
1.2.3 Rullande materiel, infrastruktur och miljö.....	16
1.3 Räddningsinsatsen	17
1.4 Bakgrundsfakta	19
1.4.1 Berörd personal	19
1.4.2 Tåget och dess sammansättning	19
1.4.3 Infrastruktur och signalsystem.....	21
1.5 Yttre förhållanden	21
2. GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR.....	22
2.1 Intervjuer.....	22
2.2 Signal- och trafikledningssystem.....	22
2.3 Spårundersökningar	23
2.3.1 Olycksplatsen	23
2.3.2 Spårstatus.....	28
2.4 Fordonsundersökningar.....	32
2.4.1 Hastighet och loggfiler	32
2.4.2 Undersökning av de urspårade fordonen på olycksplatsen.....	33
2.4.3 Närmare undersökning av Rd2-loket på verkstad	36
2.4.4 Fördjupade undersökningar av V5-loket i transport.....	37
2.4.5 Fordonsunderhåll	45
2.4.6 Revisionsintervall för stötdämpare och skruvfjädrar.....	47
2.4.7 Bestämmelser om ombyggnad av fordon	47
2.4.8 Höjningen av den största tillåtna hastighet för V5-lok i transport.....	48
2.5 Gångdynamiska beräkningar	50
2.5.1 Simuleringar av V5-loket	50
2.5.2 Simuleringar av Sgmns-w (vagnen bakom V5-loket)	55
2.6 Arbetsmiljö och hälsa	56
2.6.1 Arbetstider för berörd personal.....	56
2.6.2 Medicinska och personliga förhållanden.....	56
2.6.3 Andra arbetsmiljöfaktorer.....	56
2.7 Tidigare händelser av liknande art	56
3. ANALYS OCH SLUTSATSER.....	57
3.1 Uteslutna respektive möjliga orsaksfaktorer.....	57
3.2 Sannolikt händelseförlopp och dess orsaker	58
3.3 Närmare om gångegenskaperna hos V5-loket	63
3.4 Drift och underhåll.....	65
3.4.1 Fordon.....	65
3.4.2 Spår.....	66
3.5 Räddningsinsatsen	67

3.5.1	Hanteringen av trafikstoppet och räddningsfrånkopplingen	67
3.5.2	Hanteringen av arbetsjordningen	68
3.6	Utredningsresultat.....	70
4.	ÖVRIGA IAKTTAGELSER.....	71
5.	ORSAKER	71
6.	VIDTAGNA ÅTGÄRDER	71
7.	SÄKERHETSREKOMMENDATIONER	72

Allmänna utgångspunkter och avgränsningar

Statens haverikommission (SHK) är en statlig myndighet som har till uppgift att utreda olyckor och tillbud till olyckor i syfte att förbättra säkerheten. SHK:s olycksutredningar syftar till att så långt som möjligt klarlägga såväl händelseförlopp och orsak till händelsen som skador och effekter i övrigt. En utredning ska ge underlag för beslut som har som mål att förebygga att en liknande händelse inträffar i framtiden eller att begränsa effekten av en sådan händelse. Samtidigt ska utredningen ge underlag för en bedömning av de insatser som samhällets räddningstjänst har gjort i samband med händelsen och, om det finns skäl för det, för förbättringar av räddningstjänsten.

SHK:s utredningar syftar till att ge svar på tre frågor: *Vad hände? Varför hände det? Hur undviks att en liknande händelse inträffar i framtiden?*

SHK har inga tillsynsuppgifter och har heller inte någon uppgift när det gäller att fördela skuld eller ansvar eller rörande frågor om skadestånd. Det medför att ansvars- och skuldfrågorna varken undersöks eller beskrivs i samband med en utredning. Frågor om skuld, ansvar och skadestånd handläggs inom rättsväsendet eller av t.ex. försäkringsbolag.

I SHK:s uppdrag ingår inte heller att vid sidan av den del av utredningen som behandlar räddningsinsatsen undersöka hur personer förda till sjukhus blivit behandlade där. Inte heller utreds samhällets aktiviteter i form av socialt omhändertagande eller krishantering efter händelsen.

Utredningen

Statens haverikommission (SHK) underrättades den 12 oktober 2017 om att en olycka inträffat på driftplatsen Ludvika, Dalarnas län, samma dag kl. 02.22.

Olyckan har utretts av SHK som företrätts av Helene Arango Magnusson, ordförande, Eva-Lotta Högberg, utredningsledare, Mikael Hillbo och Johan Gustafsson, operativa utredare, Mikael Sjölund, teknisk utredare samt Tomas Ojala, utredare räddningstjänst.

SHK har biträtts av Jörgen Jonsson, Östen Runelind och Joakim Jörgensen, samtliga från SNC-Lavalin Rail & Transit AB, som fordonstekniska experter och av Jonas Åkesson, Sweco Rail AB, som spårteknisk expert. Mats Berg och Henrik Karlsson, Kungliga tekniska högskolans järnvägsgrupp, har bistått SHK med simuleringar.

Utredningen har följts av Transportstyrelsen genom Magnus Jonsson.

Utredningsmaterialet

Haverikommissionen genomförde en olycksplatsundersökning samma dag som olyckan hade inträffat samt under efterföljande dag. Under bärgningen av de urspårade fordonen den 14 och 15 oktober 2017 närvarade Jörgen Jonsson, fordonsteknisk expert, SNC-Lavalin Rail & Transit AB, på uppdrag av SHK. Syftet var framför allt att före bärgningen kontrollera om det fanns skador på fordonen som skulle ha kunnat orsaka urspårningen.

Haverikommissionen och SNC-Lavalin Rail & Transit AB:s fordonsexperter har även undersökt loket och den första urspårade vagnen, ett V5-lok i transport, vid ytterligare tillfällen på verkstad. Särskilda undersökningar har också gjorts av fjädrar och stötdämpare på V5-loket. Fjädrarna har provats av Oy Lesjöfors AB. Stötdämparna har testats och inspekterats av EuroMaint Rail AB under överinseende av SNC-Lavalin Rail & Transit AB. Oljeprov från dämparna har analyserats av Element Materials Technology AB.

Sweco Rail AB har granskat besiktningsresultat och spårnamärkningar.

Haverikommissionen har intervjuat föraren och en operatör på SOS Alarm i Falun. Haverikommissionen har också tagit del av loggar samt annan dokumentation från Green Cargo AB (Green Cargo), Trafikverket, Transportstyrelsen, Räddningstjänsten Västerbergslagen, SOS Alarm Sverige AB och SMHI.

KTH har gjort ett antal simuleringar i syfte att utvärdera gångdynamiken hos V5-loket samt närmast efterföljande vagn på det aktuella spåravsnittet.

Ett haverisammanträde hölls i Stockholm den 12 juni 2018. Vid haverisammanträdet presenterade haverikommissionen det faktaunderlag som förelåg vid den tidpunkten.

Slutrapport RJ 2019:02

Järnvägsfordon:	Lok Rd 2 91 74 000 1032-3 och 37 vagnar ¹ inklusive lok V5 92 74 0000 151-1 i transport
Järnvägsföretag:	Green Cargo AB
Typ av tåg, tågnr:	Godståg 5678
Resande ombord:	Nej
Infrastrukturförvaltare:	Trafikverket
Tidpunkt för händelsen:	Den 12 oktober 2017, kl. 02.22
Plats:	Driftplatsen Ludvika, Dalarnas län, 70+710 km-punkt i längdmätningen
Hastighet vid händelsen:	70 km/tim
Största tillåtna hastighet:	70 km/tim
Väder:	Sex plusgrader och regn
Personskador:	Inga
Skador på järnvägsfordon:	Omfattande
Skador på järnvägsinfrastruktur:	Omfattande
Andra skador:	Miljöskada i form av oljeutsläpp

¹ Detaljerad vagnslista i figur 7.

SAMMANFATTNING

Ett godståg på väg från Hallsberg till Borlänge spårade ur kl. 02.22 den 12 oktober 2017 när det skulle passera driftplatsen Ludvika. Tåget drogs av ett Rd2-lok och bestod i övrigt av ett V5-lok i transport och ytterligare 36 vagnar. Strax efter passagen av en vägövergång, när tåget höll en hastighet av ca 70 km/tim, upplevde föraren att loket studsade till kraftigt och därefter hoppade fram en bit i spåret. I samband med detta löste funktionen för automatisk sänkning av strömvagnarna ut och loket nödbromsades till stopp.

Loket separerades från den övriga delen av tåget och stannade stående på spåret strax före plattformarna vid stationsbyggnaden ca 450 meter längre fram. V5-loket i transport och ytterligare 12 vagnar spårade ur. Resterande 24 vagnar blev stående kvar på spåret.

Inga personskador uppstod. Det uppstod däremot omfattande skador på järnvägsfordonen och järnvägsinfrastrukturen på platsen.

Haverikommissionen bedömer det som mycket sannolikt att urspårningen orsakades av gångegenskaperna hos det V5-lok som gick i transport i samverkan med de spårlägesfel som fanns på platsen.

Den faktor som tydligast bedöms ha påverkat gångegenskaperna är att loket var treaxligt och kort. En annan faktor som bedöms ha påverkat gångegenskaperna är att lokets stötdämpare hade vinklats om. Andra faktorer som har konstaterats ha haft en mindre, men inte obetydlig, inverkan på gångegenskaperna var att skruvfjädrarna och stötdämparna inte uppfyllde gällande krav samt att hjulen var nysvarvade.

En bidragande orsak till urspårningen var att risken för att omvinklingen av dämparna på loktypen i samverkan med spårlägesfel skulle kunna bidra till en ökad risk för flänsklättring och urspårning inte hade uppmärksamats vid de simuleringar, provkörningar och riskanalyser som gjordes i samband med ombyggnaden.

En annan bidragande orsak var att risken för att spårlägesfel i samverkan med gångegenskaper hos vissa typer av fordon skulle kunna leda till urspårning inte hade uppmärksamats inom ramen för infrastrukturförvaltarens underhållssystem.

En bidragande orsak till att skruvfjädrarna och dämparna inte uppfyllde gällande krav var att det saknades revisionsintervall för dessa.

När det gäller räddningsinsatsen visar utredningen att en del problem uppstod i dialogen mellan SOS Alarm och Trafikverket då räddningsfrånkoppling skulle begäras, vilket fördröjde denna åtgärd. För att möjliggöra en insats behövde olycksplatsen också arbetsjordas på grund av nedrivna kontaktledningar. Detta tog dock en och en halv timme på grund av brist på utrustning, vilket enligt haverikommissionen får anses vara en allvarlig brist. Arbetsjordning måste kunna utföras betydligt mer skyndsamt än så med tanke på händelser då akuta livräddande eller skadeavhjälpanande insatser kan behöva vidtas i spårområdet.

Green Cargo rekommenderas att:

- Testa fjädringens skruvfjädrar på lok av typ V5 vid t.ex. hjulparsrevision för att säkerställa korrekt funktion (se avsnitt 3.4.1). (RJ 2019:02 R1)
- Utvärdera om V5-loken efter ombyggnad med vinklade stötdämpare har tillräcklig vertikal dämpningsförmåga i förhållande till den ursprungliga konstruktionen och lokens fjädring (se avsnitt 3.3). (RJ 2019:02 R2)
- Se över vilka förhållanden, förutsättningar och värden som används vid simuleringar och provkörningar vid ändringar på fordon för att säkerställa att även mindre gynnsamma förhållanden testas (se avsnitt 3.3). (RJ 2019:02 R3)

Trafikverket rekommenderas att:

- Utvärdera om nuvarande regelverk och tillämpade rutiner för spårläge, besiktningsanmärkningar och åtgärdstider, med utgångspunkt från gällande regelverk för gångegenskaper hos järnvägsfordon, omhändertar den risk som identifierats i utredningen avseende gångegenskaper hos treaxliga lok med kort axelavstånd i kombination med den typ av spårlägesfel som fanns på platsen (se avsnitt 3.4.2). (RJ 2019:02 R4)
- Se över hur eldriftsingenjörernas rutiner för hantering av räddningsfrånkoppling fungerar i olika situationer (se avsnitt 3.5.1). (RJ 2019:02 R5)

Transportstyrelsen rekommenderas att:

- Se över i vilken mån godkännandeprocessen för ändringar på fordon säkerställer att konsekvenserna av ändringarna även testats under mindre gynnsamma förhållanden (se avsnitt 3.3). (RJ 2019:02 R6)

SOS Alarm Sverige AB rekommenderas att i dialog med Trafikverket:

- Vidta åtgärder för att förbättra handlägningsstödet för SOS-operatörerna för att hantera begäran från räddningstjänsten om trafikstopp och räddningsfrånkoppling (se avsnitt 3.5.1). (RJ 2019:02 R7)

Räddningstjänsten Dala Mitt rekommenderas att i samarbete med Trafikverket:

- Stärka sin förmåga att snabbt kunna arbetsjorda spårområdena inom sitt verksamhetsområde (se avsnitt 3.5.2). (RJ 2019:02 R8)

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) rekommenderas att i samråd med främst Trafikverket och representanter för kommunala räddningstjänster:

- Kartlägga de lokala förutsättningarna för att snabbt kunna arbetsjorda kontaktledningar i samband med en räddningsinsats vid större spårområden i Sverige (se avsnitt 3.5.2). (RJ 2019:02 R9)
- Mot bakgrund av resultatet av kartläggningen vid behov utarbeta en vägledning som kommunala räddningstjänster och Trafikverket kan använda som utgångspunkt för utarbetande av lokala lösningar och rutiner för arbetsjordning (se avsnitt 3.5.2). (RJ 2019:02 R10)

SUMMARY IN ENGLISH

A freight train from Hallsberg to Borlänge derailed at 02:22 hrs on 12 October 2017 when approaching Ludvika station.

The train consisted of a Rd2 locomotive pulling a V5 diesel locomotive in transport and 36 freight wagons. At a speed of 70 km/h, passing a level crossing and entering the first switch to the station, the Rd2 locomotive bounced heavily on the track. Shortly after, the functions for automatic lowering the pantograph and the emergency brake were activated.

The Rd2 locomotive separated from the rest of the train but remained on track and stopped about 450 metres further on. The V5 locomotive in transport and the next 12 wagons derailed. The last 24 wagons remained on the track.

No personal injury occurred. However, the derailed railway vehicles and the railway infrastructure were extensively damaged.

The SHK considers it very likely that the derailment was caused by the V5 locomotive's dynamics in combination with the track errors on site.

The factor that is most clearly considered to have affected the dynamics is that the locomotive was three-axled with short wheelbase. Another factor is considered to be that the locomotive's shock absorbers had been angled. Other factors that have been found to have had a minor, but not insignificant, effect on the locomotive's dynamics, were that the springs and shock absorbers did not meet the applicable requirements and that the wheels were newly turned.

One contributing factor to the derailment was that the risk that the new angle of the shock absorbers on the three-axled locomotive in combination with track errors could contribute to an increased risk of flange climbing and derailment was not noticed in the simulations, test runs and risk analyses that were carried out in connection with the reconstruction.

Another contributing factor was that the risk that track errors in combination with the dynamics of certain types of vehicles could lead to derailment had not been recognized within the framework of the Swedish Transport Administration's maintenance system.

One contributing factor to the fact that the springs and shock absorbers did not meet current requirements was that there were no maintenance intervals for these.

When it comes to the rescue operation, the investigation shows that some problems arose in the dialogue between SOS Alarm and the Swedish Transport Administration when disconnection of traction current was requested, which delayed this measure. The site also needed to be electrically isolated and earthed because there were catenary lines torn down, but due to lack of short circuit devices, this took one and a half hour. This must be considered as a serious limitation. According to SHK the fire and rescue services must be able to perform this action much faster.

SAFETY RECOMMENDATIONS

Green Cargo is recommended to:

- Test the coil springs on type V5 locomotive at eg. periodic maintenance to ensure proper functionality. *(RJ 2019:02 R1)*
- Evaluate whether the V5 locomotive, after modification with angled shock absorbers, receives sufficient vertical damping capability, in relation to the original design and the locomotive's suspension. *(RJ 2019:02 R2)*
- Review what conditions and values that are used in simulations and test runs in the event of changes to vehicles to ensure that also less favourable conditions are tested. *(RJ 2019:02 R3)*

The Swedish Transport Administration is recommended to:

- Evaluate whether the current regulations and applied routines for track errors, inspection notes and action times, based on current regulations for moving dynamics of railway vehicles, takes care of the identified risks resulting from the combination of the moving dynamics of three-axle locomotives with short wheelbase and the type of track errors on the site. *(RJ 2019:02 R4)*
- Review how the routines for disconnecting traction current function in different situations. *(RJ 2019:02 R5)*

The Swedish Transport Agency is recommended to:

- Review the extent to which the approval process ensures that the applicant has ensured that the effect of the change has also been tested under less favourable conditions. *(RJ 2019:02 R6)*

SOS Alarm Sverige AB is recommended, in dialogue with the Swedish Transport Administration, to:

- Improve the support for SOS operators to handle a request from rescue services to stop railway traffic and to disconnect traction current. *(RJ 2019:02 R7)*

The Fire and rescue service Dala Mitt is recommended, in cooperation with the Swedish Transport Administration, to:

- Take actions to strengthen the ability to quickly isolate and earth catenary lines in railway areas within their area of operation. *(RJ 2019:02 R8)*

The Swedish Civil Contingencies Agency is recommended, in consultation with representatives from mainly the Swedish Transport Administration and fire and rescue services, to:

- Survey local conditions to quickly isolate and earth catenary lines in railway areas at rescue operations in Sweden. *(RJ 2019:02 R9)*
- Based on the survey, if necessary, produce guidance to municipal rescue services and the Swedish Transport Administration when developing local solutions for isolation and earthing catenary lines in railway areas. *(RJ 2019:02 R10)*

1. FAKTAREDOVISNING

1.1 Händelseförloppet

Green Cargo AB:s tåg 5678, utgick från Hallsberg strax efter midnatt den 12 oktober 2017. Föraren som skulle framföra tåget hade påbörjat sin tjänstgöring kl. 22.53 på kvällen den 11 oktober. Han hämtade Rd2-loket, som skulle dra tåget, samt ett växellok av typen V5, som skulle gå i transport, och växlade ihop dessa med 36 vagnar som också skulle ingå i tåget.

Vagnarna var iordningställda och bromsprovade av bangårdspersonalen. Första vagnen var försedd med en vagnlista inklusive uppgifter om farligt gods, övriga tåguppgifter och bromskvitto. Efter att föraren gått igenom dokumentationen och kontrollerat bromsens funktion avgick tåget kl. 00.14 mot Borlänge.

Föraren hade ingenting att anmärka på under färden fram till Ludvika utöver att hastigheten fick reduceras under delar av sträckan till följd av regn och medföljande spårhalka².

När tåget närmade sig Ludvika minskade föraren hastigheten, först till 80 km/tim och sedan till 70 km/tim, i enlighet med gällande hastighetsbesked. Tåget hade tågväg genom spår 3 på Ludvika driftplats.

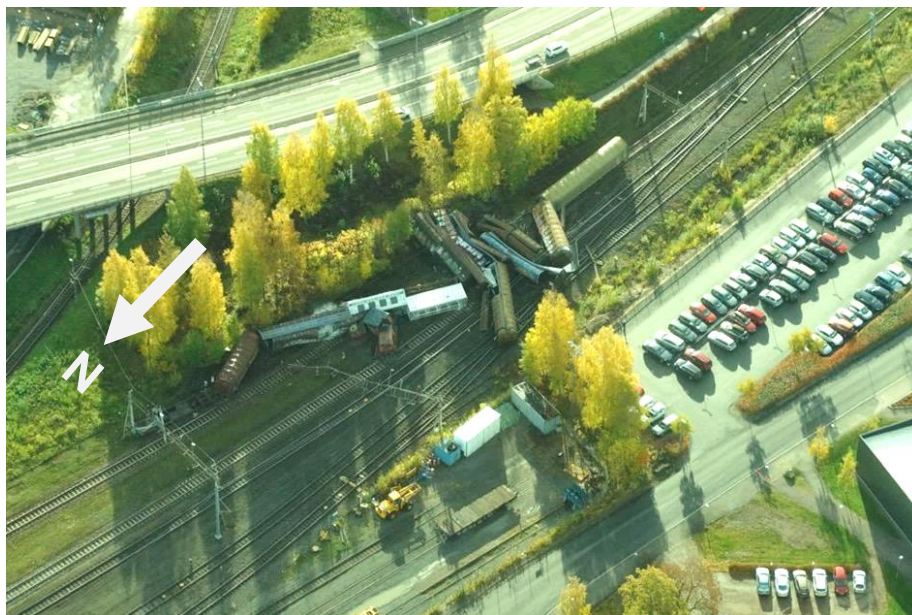
Strax efter passagen av Lyviksvägen, en vägövergång mellan väg 50 och infartsvägen till företaget ABB AB, upplevde föraren att loket studsade till kraftigt och därefter hoppade fram en bit i spåret. I samband med detta löste funktionen för automatisk sänkning av strömvagnen ut och loket nödbromsades till stopp.

Loket separerades från den övriga delen av tåget och stannade strax före plattformarna vid stationsbyggnaden ca 450 meter längre fram. Det efterföljande V5-loket i transport och ytterligare 12 vagnar spårade ur med omfattande skador som följd (se figur 1–4). Resterande 24 vagnar blev stående kvar på spåret bakom de urspårade fordonen.

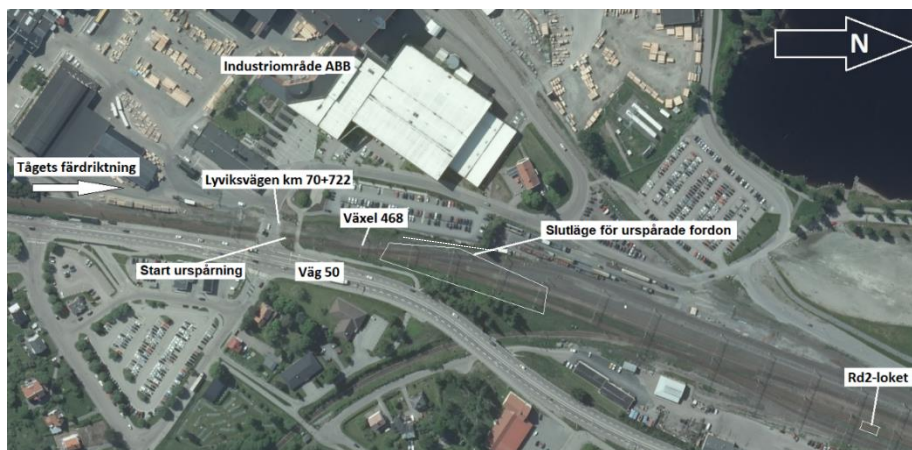
Föraren tog kontakt med Trafikverkets eldrift samt tågklarare som kunde bekräfta att kontaktledningen var spänningslös. Föraren, som vid den här tidpunkten inte hade märkt att loket lossnat från övriga vagnar, nämnde att loket studsade till och att vagnar kanske spårat ur. Till följd av den troliga elfaran från ljusbågar synliga bakåt bestämde sig föraren för att inte lämna förarhytten.

Efter en stund anlände polisen som fick uppgifter om bl.a. farligt gods i de fem sista vagnarna. När kontaktledningen blivit bekräftad spänningslös lämnade föraren loket och upptäckte först då den omfattande urspårningen med början ca 300 meter bakom loket.

² Spårhalka, även kallat lövhalka, orsakas främst av fallande löv och barr som krossas av tågens hjul. Kvar blir en beläggning som blir mycket hal, särskilt i kombination med fukt och låg temperatur.



Figur 1. Fotografi över olycksplatsen. Foto: Frivilliga Flygkåren på uppdrag av Trafikverket.



Figur 2. Satellitbild över Ludvika driftplats med platsangivelser tillagda av haverikommissionen. © Lantmäteriet Dnr R61749_190001.



Figur 3. Pilen markerar Rd2-loket på den plats det stannade. De urspärade vagnarna befinner sig bakom fotografen.



Figur 4. Bild mot tågets färdriktning som visar de första urspårade vagnarna. I mitten syns det V5-lok som gick i transport.

1.2 Personskador och materiella skador

1.2.1 Personskador

Inga personskador uppstod till följd av olyckan.

1.2.2 Last, resgoods och annan egendom

Den fjärde godsvagnen var lastad med två behållare som innehöll stärkelse. Behållarna välte och delar av stärkelsen hamnade på marken.

1.2.3 Rullande materiel, infrastruktur och miljö

Omfattande skador uppstod på de 13 vagnar (inklusive V5-loket i transport) som spårade ur. En mindre brand uppstod i V5-loket.

Rd2-loket fick skador relaterade till att efterföljande fordon (V5-loket) kopplades av med en kraftig sidorörelse.

Omfattande skador uppstod på tre växlar, cirka 100 meter spår, två kontaktledningsbryggor, fem kontaktledningsstolpar, växelvärmeskåp och signalskåp och därtill hörande kablar, två växeldriv och två lokalställare.

Olyckan medförde ett utsläpp av 2 400 liter dieselloja och 220 liter hydraulolja.

Fem av de vagnar som inte spårade ur innehöll ett miljöfarligt fast ämne klassat som farligt gods med beteckningen UN 3077. Vagnarna var visserligen tomma, men inte rengjorda. Det skedde inget utsläpp av det farliga ämnet.

1.3 Räddningsinsatsen

En granskning av samtalen till SOS Alarm visar att larmet inkom kl. 02.23 från en person på ABB som uppgav sig ha sett höga lågor följt av rök i riktning mot bensinstationen Tanka vid väg 50.

Vid samma tid fick Trafikverkets eldrift samtal från föraren på tåg 5678 som berättade att det hade blivit något fel på strömvagnen, att kontaktledningen gungat kraftigt och att han hade nödbromsat tåget. Föraren gav också motsvarande information till fjärrtågklararen i Hallsberg.

Klockan 02.28 kom räddningstjänsten fram till Tanka, men kunde varken se någon rök eller lågor. De upptäckte i stället det stillastående tåget och började köra söderut utmed vagnarna (bakåt i tågets färdriktning). Någon brand kunde dock inte iakttas.

Räddningstjänsten körde sedan norrut på väg 50, parallellt med spårområdet. Lite längre fram tyckte räddningsledaren sig plötsligt se rök. Det var mörkt, regnigt och en del träd mellan vägen och spårområdet. De stannade därför räddningsfordonet och räddningsledaren klev ut för att söka vidare efter en eventuell brand till fots.

Klockan 02.29 berättade föraren i ett andra samtal med fjärrtågklararen att det hade varit ett kraftigt ryck, att loket studsat och dunkat och att det var möjligt att några vagnar kunde ha spårat ur.

Klockan 02.30 ringde SOS Alarm upp Trafikverkets trafikcentral i Gävle. Trafikverkets eldrift deltog på medhörning och en diskussion inleddes om det skett en olycka eller om det bara rörde sig om en nedriven kontaktledning. Eldrifteningenjören uttryckte att det var ett tåg som rivit ner kontaktledningen och SOS-operatören frågade om tågstopp (rätt benämning är trafikstopp³) skulle tillämpas. Efter ytterligare en kort diskussion blev SOS-operatören hänvisad till att kontakta Trafikcentralen i Hallsberg, som ledde trafiken i Ludvika. Under samtalet användes termer som att ”göra strömlöst”, ”totalt elstopp” och ”bryta elen” i stället för den korrekta termen räddningsfrånkoppling⁴.

Klockan 02.35 hittade räddningsledaren V5-loket i transport och vagnarna som hade spårat ur. Det brann under det urspårade loket. Räddningsledaren meddelade SOS Alarm att det var ”totalhaveri” på platsen och begärde samtidigt trafikstopp och räddningsfrånkoppling. Urspårning nämndes inte uttryckligen. Räddningsledaren hade i detta läge inte varit i kontakt med föraren.

En SOS-operatör ringde till Trafikcentralen i Hallsberg för att begära trafikstopp och fick veta att den åtgärden redan var vidtagen. En eldrifteningenjör, som fanns med på medlyssning, ställde sig frågande till varför

³ Trafikstopp stoppar samtlig trafik på spåren.

⁴ Räddningsfrånkoppling bryter strömförsörjningen i kontaktledningarna i ett bestämt område och förhindrar överbrygning av spänning in mot en olycksplats.

räddningstjänsten skulle in på spårområdet bara för en nedriven kontaktledning, något som Trafikverket normalt hanterar internt med hjälp av reparationspersonal.

En annan SOS-operatör ringde samtidigt till eldriften Gävle och förmedlade att räddningstjänsten begärt ”att elen slås ifrån”. SOS-operatören kopplades vidare till en annan eldriftingenjör som hanterade det berörda spårområdet. Även denna eldriftingenjör ifrågasatte varför räddningstjänsten skulle in på spårområdet. Efter en kortare diskussion klargjorde dock SOS-operatören att det var räddningsledarens begäran att elen skulle kopplas ifrån. Eldriftingenjören påpekade då att räddningsledaren själv måste begära räddningsfrånkoppling av Trafikverkets eldrift.

Klockan 02.39 uppgav räddningsledaren i ett nytt samtal till SOS Alarm uttryckligen att vagnar hade spårat ur.

SOS-operatören kopplade in räddningsledaren till Trafikverkets eldriftcentral och kl. 02.41 kunde räddningsledaren, med SOS Alarm på medlyssning, informera Trafikverkets eldriftingenjör om urspårningen. Räddningsledaren informerade också eldriftingenjören och SOS-operatören om att det brann under ett av loken och att det låg kontaktledningar över vagnarna, varför räddningsfrånkoppling och arbetsjordning⁵ krävdes innan räddningstjänsten kunde gå in på spårområdet och genomföra sin räddningsinsats. Eldriftingenjören inledde vid den här tidpunkten räddningsfrånkopplingen.

Polisen hade parallellt med räddningstjänstens arbete fått kontakt med föraren i hytten på loket. Polisen kunde kl. 02.50 bekräfta för räddningsledaren att föraren mådde bra och att inga andra tåg varit inblandade. Det framkom också att vagnar med farligt gods fanns sist i tåget, den del av tåget som inte spårat ur.

Kontaktledningar hade rivits ner över flera spår och låg på olika sätt över de urspårade vagnarna. Eftersom det var fler kontaktledningar att jorda än tillgänglig arbetsjordningsutrustning räckte till för, begärde räddningsledaren ytterligare resurser för att arbetsjorda; klockan var då 02.43. Resurser från räddningstjänsten i Borlänge kom fram till Ludvika kl. 03.32. Även personal från Trafikverkets entreprenör Infra-nord AB samt från räddningstjänsten i Falun kom till platsen för att bistå i arbetet med att arbetsjorda kontaktledningarna på olycksplatsen.

Omkring kl. 04.00 hade kontaktledningarna arbetsjordats och räddningstjänsten kunde kontrollera de urspårade vagnarna inklusive V5-loket där branden hade självslocknat. Förutom kontrollerna av olycksplatsen behövdes inga skadeavhjälpande åtgärder. Räddningstjänstens insats avslutades kl. 05.10.

⁵ Arbetsjordning innebär hopkoppling av kontaktledning och räl med speciell utrustning för att förhindra att farliga spänningar uppträder på arbetsplatsen.

1.4 Bakgrundsfakta

1.4.1 Berörd personal

Föraren examinerades i mars 2017 och var anställd av Green Cargo AB. Han hade gällande lokförarbevis och var utbildad på den aktuella lok-typen Rd2. Han hade kört genom Ludvika ett par gånger tidigare.

1.4.2 Tåget och dess sammansättning

Tåget bestod av ett dragfordon (Rd2-lok 91 74 000 1032-3) och 37 vagnar. Den första vagnen var ett diesellok, V5 92 74 0000 151-1, som gick i transport. Vagn 5 och vagnarna 23 till 31 var lastade. Flertalet vagnar var dock olastade. De fem sista vagnarna i tåget hade som framgått innehållit ett miljöfarligt fast ämne (UN 3077). Vagnarna var tomma, men inte rengjorda, och betraktades därför som vagnar innehållande farligt gods.

Detaljerade uppgifter om tågets längd, vikt, bromsprocent och ingående fordon framgår av dokumenten i figur 5 till 7. Uppgifterna i figur 5 och 6 hade föraren som underlag under tågfärden. Listan i figur 6 börjar med vagn 2. Längd och viktuppgifter för V5-loket (vagn 1) är dock inkluderade.

17
green cargo Dokumenttitel: JTF Blankett 26, Uppgift till förare (ej resandetåg)
0182-21010

Tåg/Spärrfärd 5678						
Datum 17/10/11						

1. Från trafikplats		HRBG				
	Längd meter	Vikt ton	Bromsvikt	Längd meter	Vikt ton	Bromsvikt
Verksam driftfordon	16	89	68			
Övriga fordon	597	1387	1200			
Summa	603	1476	1268			
Tillgänglig bromsprocent	85					
Längsamaste fordon	100 km/h		km/h			

2. ☐ ☒ axlar, _____ meter _____ axlar, _____ meter

3. ☒ axellast högre än 20 ton medförs inte
☐ Axellast _____ ton medförs på sträckan HRBG _____

4. Farligt gods ☐ Medförs ej ☒ Medförs HRBG _____ RCG

5. Tågvärme ☐ 800 V ☐ 1000 V ☒ Nej

6. Överksam driftfordon littera V5 medförs, sth 100 km/h
☒ Närmast lok ☐ Inuti tågsättet ☐ Sist

7. Alla vagnar ☒ eller ☐ -märkta ☐ Ja, ☒ Nej

9. Farligt gods

Vagnar med	Etikett nummer	På sträckan	Placering från lok
UN-nr			
UN-nr			
UN-nr			
UN-nr			
UN-nr			
UN-nr			

10. Övriga uppgifter och anteckningar
 Ring 1819!
 Glad höst!

Underskrift

Plats	Uppgiftslämnare
HRBG	Nån på s-gr

Green Cargo blankett X 81-26 (utgåva 6) PRS, Gäller från 2014-03-15

Figur 5. Blankett Uppgift till förare gällande tåg 5678.

```

17-10-11 22.23  SIDA 1
=====
===== SLUTLIG TÅGUPPGIFT =====
TÅG 005678  VID AVGÅNG  HRBG  171011
=====
DRAGFORDON      0 METER      0 TON      BROMSVIKT
37 VAGNAR      587 METER    1387 TON    1200 BROMSVIKT
=====
SUMMA          587 METER    1387 TON    BROMSVIKT
STÖRSTA TILLÅTNA HASTIGHET
LN      VAGNSNR  TRANSPORTFÖRESKRIFTER/FARLIGT GODS/MM
2 317445511858 SK=B
3 318046750713 H120
4 217424571685 H120
5 317445524067 H120
6 217424692184 H120
7 217424703247 H120
8 217424510949 H120
9 217424694602 H120
10 217424693307 H120
11 217424700003 H120
12 247442180482 H120
13 317435460603 H120
14 336835464262 H120
15 318846707657 H120
16 318846711436 H120
17 338046707364 H120
18 336835463066 H120
19 318046740573 H120
20 318046718728 H120
21 317435460462 H120
22 336835463124 H120
33 847445530383 90 , UN3077, 9 , Miljöfarliga ämnen fasta n.o
34 847445530342 90 , UN3077, 9 , Miljöfarliga ämnen fasta n.o
35 378045520970 H120 , Miljöfarliga ämnen fasta n.o
36 378045524766 H120 , Miljöfarliga ämnen fasta n.o
37 336845528502 H120 , Miljöfarliga ämnen fasta n.o
90 , UN3077, 9 , Miljöfarliga ämnen fasta n.o
UPPGIFT AV: ORAPP UPPGIFT SAKNAS HRBG
KLARRAPPORT AV: S028AT 171011 22.23

```

Figur 6. Slutlig tåguppgift till föraren av tåg 5678.

17/10/12 21:32 SIDA: 1

***** LISTA VAGNAR I TÅG *****

TÅG	5678	VID AVGÅNG	HRBG	171011
-----	------	------------	------	--------

LN	VAGNSNR	D	AVST	BEST	S	AX	VKT	BRV	MOTTAGARE	UN/ST	ANTECKNINGAR
AKST	=	BLG									
1	LD00151		MGB	BLG	X	3	52	52	GREENCARGO		
2	45511858	A	GSB	DBLG	X VB	4	18	18	SWEMAJNT		
3	318046750713		UVH	DMN	X	4	23	27	66		H120
4	24571685		UVH	MRA	X	2	16	16	GREENCARGO		H120
5	45524067		GBCO	BLCO	L	4	77	72	GSB		H120 SAM
6	24692184		NR	XBLG	X	2	15	15	DEPÅ		H120
7	24703247		NR	XBLG	X	2	15	15	DEPÅ		H120
8	24510949		NR	XBLG	X	2	15	15	DEPÅ		H120
9	24694602		NR	XBLG	X	2	15	15	DEPÅ		H120
10	24693307		NR	XBLG	X	2	15	15	DEPÅ		H120
11	24700003		NR	XBLG	X	2	15	15	DEPÅ		H120
12	42180482		TOV	FS	X	4	27	27	TRANSWAGGO		H120
13	35460603		OH	DMN	X	4	27	27	SSAB		H120
14	336835464262		OH	DMN	X	4	27	27	SSAB		H120
15	318846707657		OH	DMN	X	4	23	23	PR67		H120
16	318846711436		OH	DMN	X	4	22	22	PR67		H120
17	338046707364		OH	DMN	X	4	21	21	DBS		H120
18	336835463066		OH	DMN	X	4	27	27	SSAB		H120
19	318046740573		HOD	DMN	X	4	22	22	67,5		H120
20	318046718728		HOD	DMN	X	4	23	29	X2		H120
21	35460462		KP	DMN	X	4	27	27	SSAB		H120
22	336835463124		KP	DMN	X	4	27	27	SSAB		H120
23	315353755418		YFU	AVTS	L	4	77	58	OUTOKUMPU		
24	315353755228		YFU	AVTS	L	4	78	58	OUTOKUMPU		
25	315353754296		YFU	AVTS	L	4	79	58	OUTOKUMPU		
26	335453753782		YFU	AVTS	L	4	77	48	OUTOKUMPU		
27	315459470342		YFU	AVTS	L	4	78	52	OUTOKUMPU		
28	315459492106		YFU	AVTS	L	4	77	58	OUTOKUMPU		
29	315353755103		YFU	AVTS	L	4	77	58	OUTOKUMPU		
30	315459692960		YFU	AVTS	L	4	76	58	OUTOKUMPU		
31	315353754965		YFU	AVTS	L	4	77	58	OUTOKUMPU		
32	45530300	A	SÖV	SMJ	L	4	24	24	BOLIDEN		
33	45530383	A	SÖV	SMJ	L	4	22	22	BOLIDEN	3077	
34	45530342	A	SÖV	SMJ	L	4	24	24	BOLIDEN	3077	
35	378045520970	A	SÖV	HFR	L	4	24	24	BOLIDEN	3077	H120
36	378045524766	A	SÖV	HFR	L	4	24	24	BOLIDEN	3077	H120
37	336845528502	A	SÖV	HFR	L	4	24	24	BOLIDEN	3077	H120
AVKOPPL BLG 133 AX 1387 TON 587 METER 1200 BRVIKT											
VAGNAR TOTALT 133 AX 1387 TON 587 METER 1200 BRVIKT											
UPPGIFT LÄMAD AV : ORAPP UPPGIFT SAKNAS HRBG											
TÅGET KLARRAPPORTERAT AV : S028AT 171011 22.23											

Figur 7. Detaljerad vagnslista för tåg 5678.

1.4.3 Infrastruktur och signalsystem

Trafikverket är infrastrukturförvaltare för sträckan som driftplatsen Ludvika ligger på. Sträckan trafikeras enligt system H, som är baserat på fjärrstyrning av banavsnitt som har linjeblockering och driftplatser med fullständiga signalanläggningar. Största tillåtna hastighet i Ludvika är 70 km/tim.

1.5 Yttre förhållanden

Vid tidpunkten för olyckan, kl. 02.22 på natten, var temperaturen sex plusgrader och det regnade.

2. GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

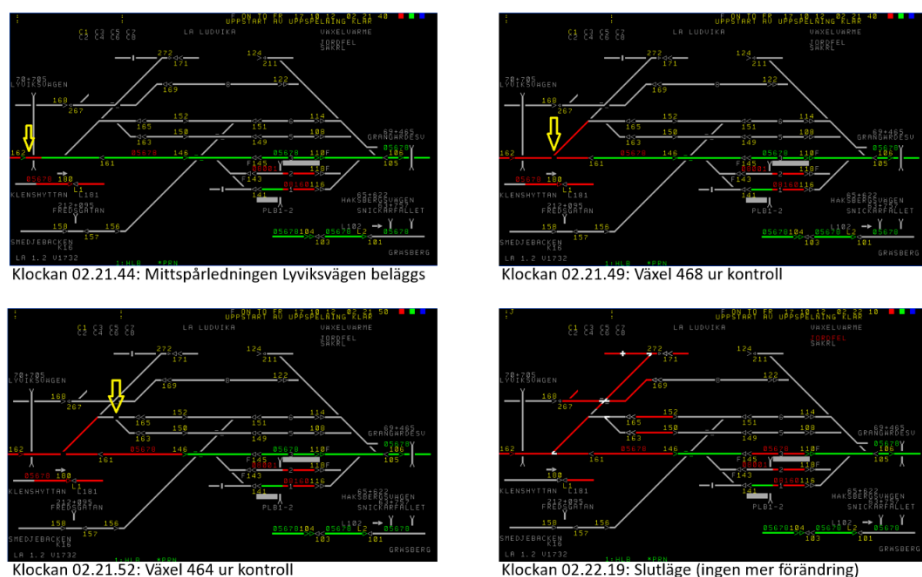
2.1 Intervjuer

Vad som framkommit vid intervjuerna med föraren och en operatör på SOS Alarm i Falun har redovisats i avsnitten 1.1 (Händelseförloppet) och 1.3 (Räddningsinsatsen). Haverikommissionen har även ställt ett antal frågor till Green Cargo, MiW Rail Technology, Trafikverket och Transportstyrelsen. De svar haverikommissionen erhållit på dessa frågor redovisas i relevanta avsnitt i detta kapitel.

2.2 Signal- och trafikledningssystem

Av Trafikverkets logg från manöversystemet framgår att tåg 5678 hade en normal och säkrad tågväg genom spår 3 på Ludvika driftplats.

Loggen visar att tåg 5678 började belägga Lyviksvägens mittspårledning kl. 02.21.44 (se figur 8–9). Fem sekunder senare belades efterföljande spårledning för växel 468. Samtidigt gick växeln ur sitt kontrollbekräftade läge. Efter ytterligare tre sekunder indikerade växel 464 på ett intilliggande spår att den gick ur kontroll, sannolikt till följd av att växelmotorn, placerad på sidan mot spår 3, skadades av ett passerande urspårat fordon. Under följande 30 sekunder indikerade växlar och spårledningar ett ökande antal fel kopplat till urspårningen.



Figur 8. Ögonblicksbilder från Trafikverkets manöversystem med tider och kommentarer.



Figur 9. Bild bakåt i tågets färdriktning mot växel 468 och Lyviksvägen som illustrerar indikeringarna i manöversystemet.

2.3 Spårundersökningar

2.3.1 Olycksplatsen

Haverikommissionen undersökte spåret på plats i Ludvika samma dag som olyckan inträffade och efterföljande dag.

Före olycksplatsen löper spåret rakt, parallellt med väg 50, för att efter Lyviksvägen svänga svagt åt höger in på Ludvika driftplats. Spåret har räler av typen SJ50 med pandrolbefästning i betongsliper och makadam. Den i huvudsak berörda växeln 468 är av typen EV-SJ50-12-1:12. Största tillåtna hastighet före Lyviksvägen är 80 km/tim. Från Lyviksvägen och över platsen för urspårningen är den största tillåtna hastigheten 70 km/tim.

Från ca 300 meter söder om och fram mot Lyviksvägen identifierade haverikommissionen olika mindre islagsmärken på betongslipers utan synbar systematik (se figur 10).



Figur 10. Bild mot olycksplatsen med islagsmärken synliga på den närmaste slipern.

Plankorsningen Lyviksvägen har en överfart för vägtrafik vid km 70+722 och en gång- och cykelväg vid km 70+710 (se figur 11 och 13).

I vägövergångens gummiklädda flänsrännor fanns två makadamstenar, en i varje flänsränna, med märken efter passage av hjulflänsar (se figur 11). Stenarna låg ca 25 mm under rälernas överkant och kunde tryckas ner i gummimaterialet. På betongelementen i vägövergången fanns inga tydliga märken eller tecken på urspårning.



Figur 11. Bild mot olycksplatsen över Lyviksvägens plankorsning. Den infällda bilden visar makadamstenen i den vänstra flänsrännan.

Mellan vägen och gångvägen fanns ett märke efter en fläns som förflyttat sig diagonalt över vänster räl och spårat ur strax innan gångvägen. Även höger räl påvisade märken efter en löpbana som diagonalt förflyttat sig åt vänster och spårat ur vid samma plats (se figur 12).



Figur 12. Delförstoringar som visar märken efter en fläns på vänster räl samt en motsvarande diagonal förflyttning på höger räl närmast gångvägen.

I gång- och cykelvägen var plankorna skadade till vänster om respektive räl motsvarande bredden av ett vagnshjul (se figur 13).



Figur 13. Bild mot olycksplatsen på de skadade plankorna i gång- och cykelvägen.

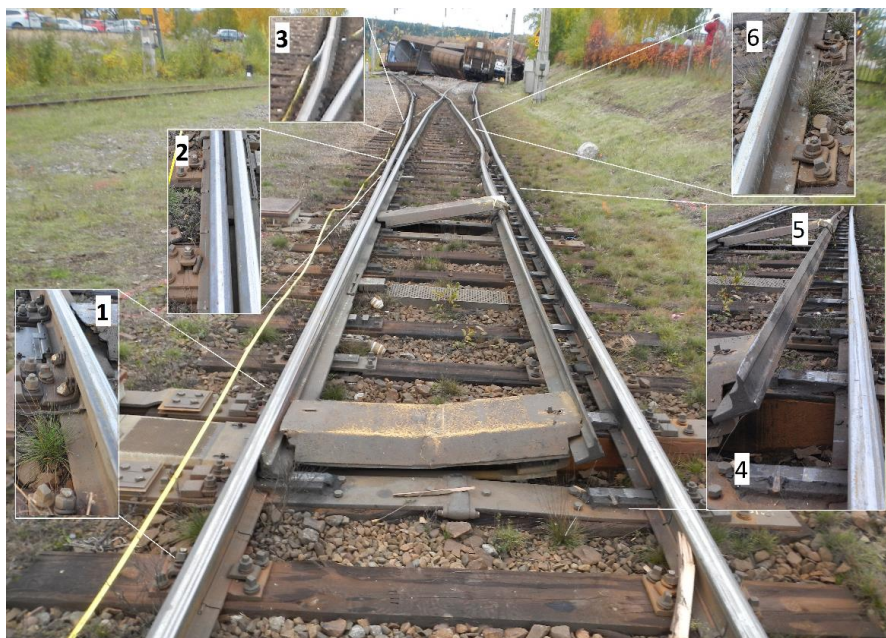
Vidare mot växel 468 hade de fjädrande rälsbefästningarna (av typen pandrol) påverkats av en kraft uppifrån på vänster sida av respektive räl. Även vissa mellanlägg mellan befästning och slippers hade klämts sönder av kraften och lossnat. Haverikommissionen har inte observerat några islagmärken på slippers eller i makadam (se figur 14).



Figur 14. Bild mot växel 468. Exempel på skadade pandrolbefästningar utmed rälerna och på skadade mellanlägg.

I växel 468 fanns ett antal skador kopplade till urspårningen. Skadorna redovisas i det följande med nummer motsvarande de som anges i figur 15:

1. Islagsmärken på bultförband utmed vänster räl motsvarande påverkan av en löpbana och fläns.
2. Fortsatta märken ovanpå bultar motsvarande en löpbana och av en fläns utmed rälsfoten.
3. Vänstra rälens stukad av kraft riktad åt höger.
4. Islagsmärke motsvarande en fläns på första glidplanet till höger växeltunga (dock inte på en motsvarande yta före och något lägre).
5. Kraftig stukning på höger växeltunga av kraft riktad åt vänster.
6. Islagsmärken på bultförband utanför den högra rälens på spåret som leder mot vänster, motsvarande en fläns.



Figur 15. Bild av växel 468. Olika skador i numrerade delförstoringar.



Figur 16. Specifika skador på bultförband i växel 468 med längsgående ränder (vid position 1 och 6 i figur 15).

Mellan tungpartiet och korsningen, över den vänstra rälen som leder mot spår 3, fanns ett diagonalt märke motsvarande en fläns som förflyttat sig åt vänster (se figur 17).



Figur 17. Delförstoring som visar diagonalt märke över vänster räl.

Vid korsningspartiet i växel 468, mellan korsningen och moträlen på den högra rälen mot spår 3, påträffades de första tydliga skadorna direkt på slippers. Det börjar med mindre märken motsvarande en fläns och ökar till kraftigare skador motsvarande ett eller flera hjul. Dock saknas skador från ett parallellt hjul till vänster eller höger (se figur 18).



Figur 18. Skador på träslippers mellan korsning och moträl.

Efter växel 468 konstaterades tydliga märken i slipers och makadam. En eller flera hjulaxlar har förflyttats åt vänster i spåret. Trots de tydliga skadorna saknas märken efter ett intilliggande hjul på samma axel (se figur 19).



Figur 19. Bild på skador i spåret vidare mot de urspårade vagnarna.

Närmare och under de urspårade vagnarna fanns större skador i och utanför spåret, på rälsbefästning utanför höger räl samt på annan utrustning som hade utsatts för stora krafter och följaktligen fått stora skador.

2.3.2 *Spårstatus*

Trafikverket kontrollerar regelbundet spårets läge med mätfordon som registrerar t.ex. spårvidd, höjdläge och skevning. Mätresultat över vissa gränsvärden genererar skaderapporter med krav på åtgärder inom fastställda tidsgränser.

Sweco Rail AB har på uppdrag av haverikommissionen granskat besiktningsanmärkningar (Bessy sp3 La) efter sådana ordinarie spår-mätningar från infartssignalen km 71+035 till första skarvväxel 468 km 70+634.

De två senaste mätningarna före olyckan, den 22 augusti och den 26 september 2017, genomfördes av Infranord på uppdrag av Trafikverket med en mätdressin av typen IMV100M.

Vid båda mätningarna registrerades höjdfel vid km 70+700. Efter närmare granskning av ett foto från olycksplatsen (se figur 20) och efter dialog med Trafikverket har det konstaterats att mätresultatet har ett fel i längdmätningen med cirka 20–25 meter. Korrekt position för spår-lägesfelet bedöms vara cirka km 70+720, dvs. i Lyviksvägen.

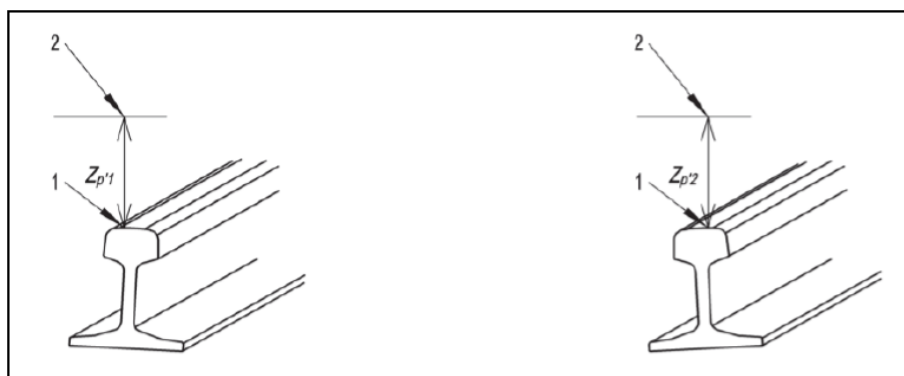


Figur 20. Lyviksvägens vägövergång med markeringar av höjdskillnader i spåret. (Notera att bilden togs efter händelsen när spåret var obelastat. Spårläget kan således ha varit annorlunda vid tiden för händelsen).

I den mätning som utfördes den 22 augusti registrerades ett höjdfel på minus 19 mm för den ena rälen, vilket är precis under gränsen, 20 mm, för vad Trafikverket benämner som UH2-fel (Underhåll 2).

I Trafikverkets styrdokument *TDOK 2013:0347 Banöverbyggnad – Spårläge – krav vid byggande och underhåll* beskrivs de specifika krav på spårläge som ska uppfyllas för att tågtrafik ska få framföras samt tillåtna avvikelser i spårläget och krav på åtgärder. I det aktuella fallet berörs gränsvärden för punktfel i rälnas höjdläge inom våglängdsområde 1–25 meter (kortvåg).

Mätning av höjdläge utförs enligt figur 21. Notera att ett positivt värde visar en sänkning av rälen relativt referenslinjen och ett negativt värde en höjning.



Figur 21. Skiss ur TDOK 2013:0347 som visar mätning av höjdläge. 1 är farbanan på respektive räl, 2 är en referenslinje och Z_p höjdskillnaden +/- i mm (plus nedåt, minus uppåt) för respektive räl i relation till referenslinjen.

I TDOK 2013:0347 delar Trafikverket in felanmärkningar i fyra klasser: PLAN, UH1, UH2 och KRIT. Ett höjdfel av typen UH2 inom det aktuella våglängdsområdet bedöms inte som urspåringsfarligt utan planeras för åtgärd inom tre månader. Först vid ett höjdfel på över 28 mm klassas felet som kritiskt med krav på mer omedelbara åtgärder.

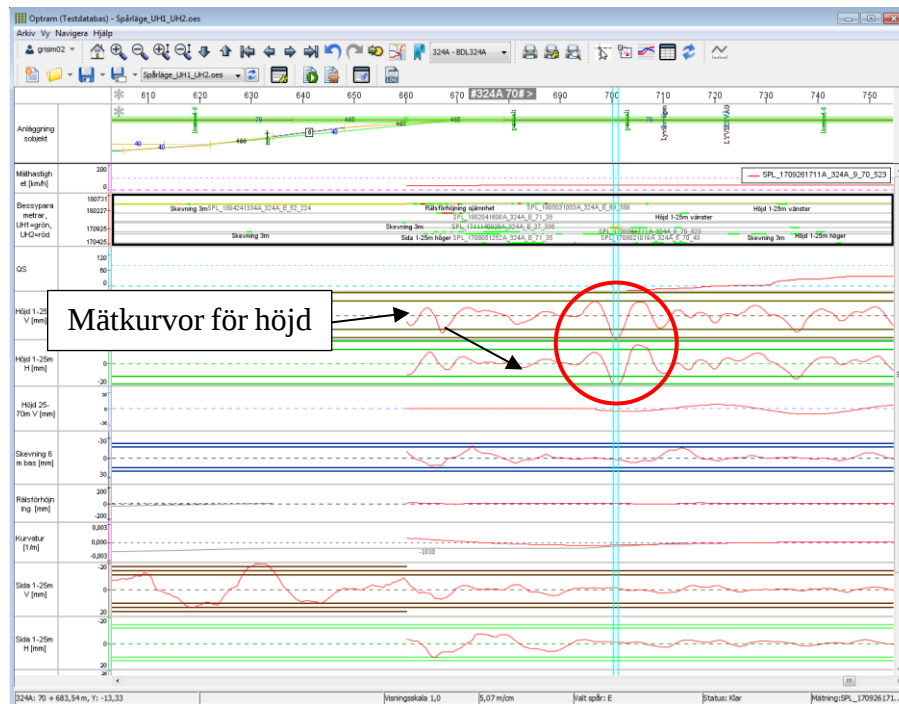
Vid mätningen den 26 september 2017 hade höjdfelet ökat och passerade nu gränsvärdet för UH2-fel på båda rälerna med mått på minus 20 respektive minus 21 mm.

Mätningen visar även att det drygt fyra meter före och efter UH2-felen förekom höjdavvikelser under rälernas referenslinjer (i motsats till de tidigare nämnda UH2-felen som avvek uppåt), se tabell 1. Diagrammet i figur 22 visar två kurvor för höjd, kortvåg, en för varje räl. Då kurvorna har positiva värden uppåt och negativa neråt visar de höjdfelen ”upp och ner”. Avvikelseerna sammanfaller med de visuella höjdskillnaderna i figur 20.

Tabell 1. Data från spårlägesmätningen den 26 september 2017 med UH2-felen och de högsta värdena närmast före och efter felen.

Längdmätning ⁶ km	Höjd kortvåg vänster	Höjd kortvåg höger
70+716,1	+ 11,9 mm	+ 9,2 mm
70+720,4	- 20,1 mm	- 21,0 mm
70+724,6	+ 11,2 mm	+ 16,1 mm

⁶ Notera att längdmätningen har justeras + 20 meter.



Figur 22. Del av diagram från mätningen 26 september 2017 med UH2-felen markerade med röd ring. Notera att diagrammet och mätvärdena ska justeras ca 20 meter åt höger, dvs. att UH2-felen fysiskt är positionerade vid km 70+720. Notera också att kurvorna har positiva värden uppåt och negativa neråt, dvs. visar de faktiska höjdfelen ”upp och ner”.

Efter olyckan genomförde personal från Infranord en manuell och obelastad spårsmätning avseende rälsförhöjning och spårvidd på uppdrag av haverikommissionen.

Mätningen redovisar ett värde varannan meter från infartssignalen La 180 till växel 468, totalt 368 meter. Spårviddsmätningen redovisar från -2 mm till +8 mm mot normalvärdet för spårvidden 1 435 mm.

Notera att mätningen genomfördes på obelastat spår dagarna efter olyckan (innan trafiken återupptogs). Det faktiska spårläget när urspårningen skedde kan således ha varit något annorlunda, både med hänsyn till att spåret då belastades och till följd av att spåret kan ha påverkats av krafterna av hastigt inbromsade och urspårade fordon.

När det gäller höjdmätningen hänvisar protokollet som användes vid den manuella mätningen till en relativ förändring över sex meter och ett så kallat ramptal. Ramptalstabeller användes tidigare av dåvarande Banverket som underlag för bedömningar av hastighetsgränser. Kravställningen fanns då i de styrande dokumenten *BVF 541.60 Spårlägeskontroll med mätfordon och kvalitetsnormer* samt *BVF 587.02 Spårlägeskontroll med mätfordon och kvalitetsnormer – Central mätvagn Strix*.

Haverikommissionen har som en jämförelse noterat vilket ramptal mätningen skulle ha resulterat i om tabellen fortfarande hade tillämpats. Vid en punkt strax före växel 468 uppmättes den största skevvningen på 15 mm över sex meters längd vilket ger ett ramptal på 400. Följer man tabellen skulle det med ett sådant obelastat mätresultat ha varit tillåtet

att köra i max 50 km/tim strax före växel 468 på spår 3 i Ludvika. Trafikverket har uppgett att de inte känner till i vilken utsträckning som ramptalen användes, men har uppgett att osäkerheten vid manuell obelastad mätning av skevning är större än vid maskinell belastad mätning och att hastighetsnedsättningen därför kan ha tillämpats just vid obelastade mätningar. Obelastade mätningar används för indikativa kontrollmätningar.

Enligt Trafikverkets nu gällande säkerhetsstyrningsdokument *TDOK 2013:0347 Banöverbyggnad – Spårläge – krav vid byggande och underhåll* klassificeras det aktuella skevningsfelet som en månadsanmärkning som inte kräver någon hastighetsnedsättning. Dokumentet följer krav i tekniska specifikationer för driftskompatibilitet på europeisk gemenskapsnivå⁷ och rekommenderade gränsvärden i europeisk standard för spårlägeskvalitet⁸. Bakgrunden till reglerna och standarderna är omfattande studier av säkerhet mot urspårning av fordon på spår med skevningsfel.

Trafikverket har med utgångspunkt i ovan nämnda regler gjort bedömningen att hastighet, som i andra fall kan vara en avgörande faktor för säkerhet mot urspårningar och över huvud taget för dynamisk samverkan mellan fordon och bana, inte utgör någon riskparameter för urspårning på spår med skevningsfel.

Trafikverket anser att underhållskraven i TDOK 2013:0347 är tydligare än i tidigare regler. Spårlägesfel som överskrider underhållsgräns 1 ska åtgärdas snarast så att underhållsgräns 2 med marginal inte uppnås före nästa spårjusteringsomgång. Om spårlägesfel överskrider underhållsgräns 2, dvs. ligger mellan gränsvärdena UH2 och KRIT, ska åtgärd planeras omedelbart och sedan genomföras utan onödigt dröjsmål.

De aktuella UH2-felen var planerade att åtgärdas inom tre månader, dvs. senast den 22 november 2017.

2.4 Fordonsundersökningar

2.4.1 Hastighet och loggfiler

Loggar från det dragande lokets registreringsutrustning (VCU⁹) och tågskyddssystem (ATC¹⁰) visar tågets hastighet, bromstryck och huvudledningstryck. Inget avvikande av betydelse för händelsen framgår av loggarna före urspårningen.

⁷ KOMMISSIONENS FÖRORDNING (EU) nr 1299/2014 av den 18 november 2014 om tekniska specifikationer för driftskompatibilitet avseende delsystemet Infrastruktur i Europeiska unionens järnvägssystem, avsnitt 4.2.8.3 Gräns för omedelbar åtgärd för spårets skevning.

⁸ EN 13848-5:2008+A1:2010.

⁹ VCU – Vehicle Control Unit.

¹⁰ ATC – Automatic Train Control.

De närmast föregående inbromsningarna mot Ludvika genomfördes normalt, med begränsad sänkning av huvudledningstrycket först från 90 till 80 km/tim följt av 80 till 70 km/tim. Balisgruppen¹¹ för hastighetstavlan för 70 km/tim, belägen strax före Lyviksvägen, passerades i 71 km/tim.

Ungefär tio meter före balisgruppen för orientering om hastighetsnedsättning till 60 km/tim vid km 70+625 sjönk huvudledningstrycket under 3,5 bar, troligtvis till följd av att luftslangkopplingen mellan Rd2- och V5-loket hade brustit (se figur 23).



Figur 23. Bild bakåt mot växel 468 med den inringade balisgruppen för orientering om hastighetsnedsättning till 60 km/tim samt det troliga området där Rd2- och V5-loken separerades från varandra (den gula linjen mellan spåren är ett måttband).

2.4.2 Undersökning av de urspårade fordonen på olycksplatsen

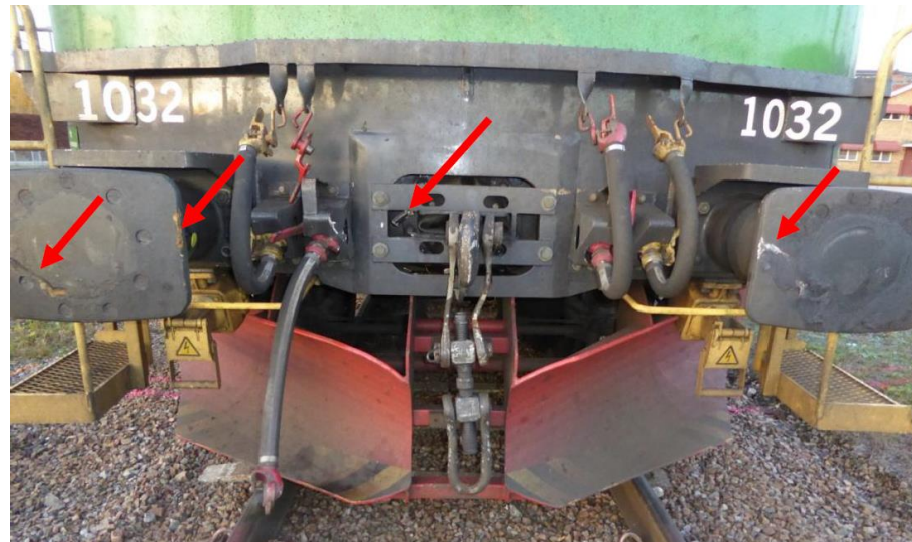
SNC-Lavalin Rail Transit AB deltog på uppdrag av haverikommissionen vid bärgningen av dragfordonet Rd2, V5-loket och de övriga urspårade vagnarna i Ludvika den 14 och 15 oktober 2017. Syftet var framför allt att kontrollera eventuella fordonsskador som skulle ha kunnat orsaka urspårningen, med fokus på de första sex urspårade fordonens löpverk.

Undersökningen visade inte på några spår av lagervarmgång, axelbrott eller fjäderbrott.

¹¹ Balisgrupp – transpondrar i spåret, som överför information av betydelse för tågets framförande från banan till ett aktivt dragfordon, exempelvis hastighetsinformation, som lämnas vid signaler och taylor.

Dragfordonet Rd2 91 74 000 1032-3

Loket hade skador på draginrättningen och buffertarna mot det avkoppade V5-loket och på fjädringen mellan lokets korg och boggier. Av skadorna att döma har V5-loket dragit Rd2-loket åt sidan vilket gjort att Rd2-loket krängt ordentligt i samband med urspårningen (se figur 24).



Figur 24. Skador på draginrättning och buffertar på Rd2-loket.

Vagn 1 – lok V5 92 74 0000 151-1 i transport

Loket som gått i transport visade inga tecken på skador på löpverk som kunde ha förorsakat urspårningen. Större delen av stötdämparen på axel 3, höger sida, saknades och hade sannolikt lossnat i samband med urspårningen. De reglage på loket som gick att kontrollera efter olyckan visade att loket sannolikt var i transportläge för bogseringen från Malmö till Borlänge.



Figur 25. Bärning av V5-loket.

Vagn 2–5 (dvs. de fyra vagnarna närmast efter V5-loket)

Omkopplingsspaken för lägena ”G” och ”P” för bromsverkan befann sig i olika lägen på olika vagnar, men eftersom spakarna är förhållandevis lätta att manövrera kan lägena ha ändrats i samband med urspårningen. Valet av G eller P påverkar tillsättnings- och lossningstider för bromsen, där G ger långsammare tillsättning än P. Normalt används läge P för vagnar medan G används för dragfordon i tyngre tåg likt det här aktuella.

Vagn 2 (31 74-4551 185-8) hade fyra hjulaxlar, vägde 18 ton och hade en bromsvikt på 18 ton. Vagnen var ”blåläppad”¹² på grund av skador i löpbanan men inte på grund av några skador på flänsar. Det fanns inte heller några spår av fasning på flänsarna. Vagnens hjulaxlar hade gått mellan 133 834–209 436 km efter senaste svarvning.



Figur 26. Exempel på flänsarnas skick efter urspårningen.

De två axlarna i första boggin hade lossnat, sannolikt till följd av urspårningen, men följt med till vagnens slutliga läge. ”G–P”-omkopplingsspaken på vagnen var i P-läge.



Figur 26. Exempel på flänsarnas skick efter urspårningen.

Vagn 3 (31 80 4675 071-3) hade fyra axlar, vägde 23 ton och hade en bromsvikt på 27 ton. SNC-Lavalin granskade löpverket som inte visade några synliga fel. ”G–P”-omkopplingsspaken på vagnen var i G-läge.

¹² En blåläppad vagn innebär att vagnen har ett blått skadeanslag. Vagnen får då inte lastas förrän skadan har åtgärdats.

Vagn 4 (21 74 2457 168-5) hade två axlar, vägde 16 ton och hade en bromsvikt på 16 ton. En axel hade lossnat i vagnens bakre ände, en lagerbox var sönderslagen och en lagerbox saknades, sannolikt till följd av urspårningen). Löpverket visade inte några synliga fel. ”G–P”-omkopplingsspaken på vagnen var i G-läge.

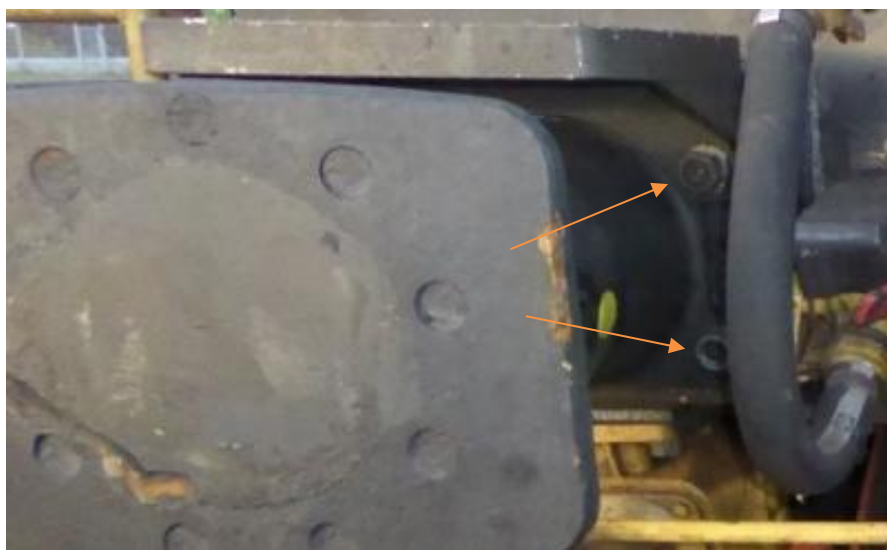
Vagn 5 (31 74 4552 406-7) hade fyra axlar, vägde 77 ton och hade en bromsvikt av 72 ton. Axel 1 i främre änden hade lossnat, sannolikt vid urspårningen. Löpverket visade inte några synliga fel. ”G–P”-omkopplingsspaken på vagnen var i P-läge.

2.4.3 Närmare undersökning av Rd2-loket på verkstad

SNC-Lavalin Rail & Transit undersökte loket på EuroMaint Rail AB:s verkstad i Borlänge den 27 oktober 2017.

Följande skador utöver de som hade noterats på olycksplatsen kunde konstateras vid okulär kontroll av loket:

Två skruvar som fäster vänster buffert i lokets dragande ände (A-ände) hade skadats. Den undre skruven hade gått av och den övre skruven hade förstörda gängor (se figur 27).



Figur 27. Havererade skruvar till buffert.

Traktionsmotor 1 hade gått mot hjulet (korgen hade dragits i sidled i förhållande till boggin).

Korgens fjädring vid den bakre boggin uppvisade skador till följd av att korgen förflyttats till vänster i färdriktningen (se figur 28).



Figur 28. Skador på fjädring.

Inga skador noterades på hjulens löpbanor eller flänsar.

Två äldre skador noterades på B-ändens snöplog till höger om respektive räl.

2.4.4 Fördjupade undersökningar av V5-loket i transport

Allmänt om loktypen

Motorlok V5 är ett treaxligt diesellok där alla axlarna är monterade direkt mot ett ramverk som bär resten av loket. Loktypens korta axelavstånd och hjulbas på 4,48 meter är kända som en utmaning avseende gångstabilitet vid exempelvis högre hastigheter. Ett treaxligt lok riskerar att, utan väl avvägd fjädring och dämpning, bli statiskt obestämt, dvs. att det inte enkelt går att avgöra hur tyngden fördelas på respektive axel. Utformningen medför också att självsvängning runt mittaxeln är möjlig (se figur 29).



Figur 29. Illustration över hur ett treaxligt lok riskerar att belasta hjulaxlarna.

Den vertikala fjädringen består av skruvfjädrar som även ger styvhet longitudinellt och lateralt. Stötdämpare sitter över axel 1 och 3 och är efter en ombyggnad av loken vinklade för att även dämpa laterala rörelser. Se bild i figur 30 och vidare om ombyggnaden i avsnitt 2.4.8.

Fördjupade undersökningar

Efter att loket transporterats till Green Cargos verkstad i Eskilstuna genomfördes ett antal fördjupade undersökningar avseende löpverk, stötdämpare, skruvfjädrar och hjulaxlar. Loket bedömdes för skadat för att vägas avseende axelvikter.



Figur 30. Bilder på en vertikal respektive vinklad stötdämpare på ett ursprungligt respektive provombyggt lok av typen V5. Foto: Green Cargo.

Löpverk

En grundligare undersökning av loket visade inte på några skador på löpverket eller dess infästningar som skulle ha kunnat leda till en urspårning.

Stötdämpare¹³

De tre kvarvarande stötdämparna demonterades, testades och inspekterades av EuroMaint Rail AB på en verkstad i Örebro under överinseende av SNC-Lavalin den 9 maj 2018.

För underhåll av stötdämparen hänvisar Green Cargo till EuroMaint Rail AB:s *Arbetsinstruktion, upparbetning stötdämpare (G-30-02-2540)* som innehåller ett krav på dämpkrafter om 410–510 kp vid kolvhastighet 0,1 m/s. Vid test av stötdämpare ska antalet lameller korrigeras om dämpkraften ligger utanför nämnda intervall.

På en typskylt på en stötdämpare från V5-loket anges dock ett krav på dämpkrafter om 600 kp vid kolvhastighet 10 cm/s (0,1 m/s), (se figur 31).



Figur 31. Typskylt på stötdämpare från V5-loket.

¹³ En stötdämpare är en anordning som dämpar svängningsrörelser, snarare än stötar. Dämpningen sker genom omvandling av rörelseenergi till värme, vanligtvis genom att tvinga olja genom små hål.

Resultatet från testet av dämparna vid kolvhastighet 0,1 m/s redovisas i tabell 2. Följer man kraven i EuroMaint Rail AB:s arbetsinstruktion för upparbetning av stötdämpare är hoptryckning av stötdämpare 1 godkänd och övriga testresultat underkända. Följer man kraven på typskylten är samtliga stötdämpare underkända.

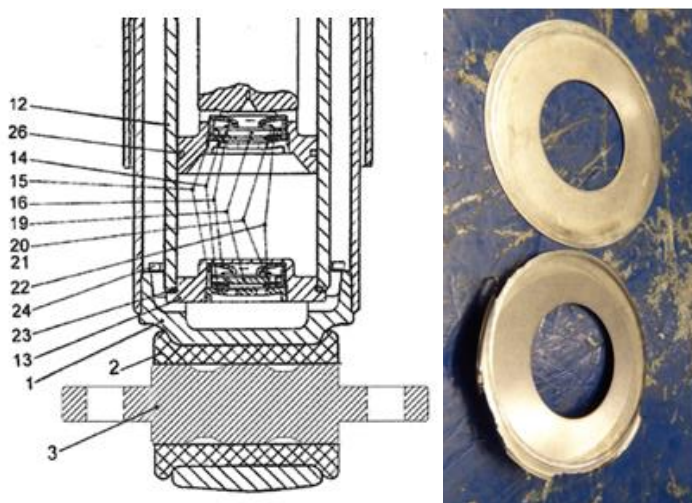
Tabell 2. Resultat från test av stötdämpare vid kolvhastighet 0,1 m/s.

	Hoptryckning (kp)	Utdragning (kp)
Stötdämpare 1	450	290
Stötdämpare 2	540	225
Stötdämpare 3	540	300

Stötdämparna uppvisade även tydliga tecken på slitage och på bristande oljekvalitet. Lamellerna i samtliga stötdämpare var slitna (se figur 32).

Oljeprov visade att oljan i stötdämparna var smutsig och att stötdämpare 3 innehöll för lite olja.

Element Materials Technology AB har på uppdrag av haverikommissionen analyserat oljan närmre. Provet visar att oljan var förorenad av slitagepartiklar men att dess dämpande egenskaper var utan anmärkning.



Figur 32. Till vänster skiss över stötdämparens komponenter där position 20 visar lamellerna. Till höger foto på slitna lamell (underst i fotot).

Efter renovering av stötdämparna med nya utbytesdetaljer, gummipackningar, o-ringar, lameller och tätningsringar, klarade stötdämpare 1 testet enligt kraven i EuroMaint Rail AB:s arbetsinstruktion för upparbetning av stötdämpare utan justering av lamellantal. Stötdämpare 2 och 3 klarade testet efter att antalet lameller hade utökats.

Haverikommissionen har sökt svar på vilket stötdämpande värde V5-loken konstruerades för. Ritningen *Gesamtanordnung der achsfederung*, från tillverkaren Henschel, anger i tillhörande *Stückliste* endast beteckningen Tdz 68/48 130 HE motsvarande typskylten i figur 31 (siffrorna i beteckningen anger kolvdiamentrar och slaglängd).

Green Cargo har i svar uppgivit att kravet i *Arbetsinstruktion, upp-
arbetning stötdämpare* gäller (dvs. 410–510 kp). Typskylten kände de
inte till.

I ett äldre underhållsdokument som haverikommissionen tagit del av,
SJF 489.9 *Förteckning över stötdämpare till rullande material*, från
perioden 1983–1985 finns följande uppgifter:

13 66 750, Lok V5, F-S 68/48 x 130, 600/600 Kp vid 10 cm/s

En senare utgåva av SJF 489.9 från 1994 saknar både loktypen och stöt-
dämparens artikelnummer.

Tekniker på EuroMaint Rail AB i Örebro har efter sökning i sitt data-
system på stötdämparen med artikelnummer 1366750 återkopplat
följande uppgifter:

STÖTDÄMPARE, F&S TDZ 68/48X130 HE, FÖR LOK V5

DÄMPKRAFT DRAG/TRYCK 600KP/0,1M/S, 600KP/0,1M/S

Se vidare i avsnitt 2.4.8 angående vilka värden som användes vid simu-
leringar inför ombyggnaden av loket.

*Skruvfjädrar*¹⁴

Axelboxarna demonterades från ramen av Green Cargos personal i
Eskilstuna under överinseende av SNC-Lavalin den 18 april 2018. Vid
demonteringen noterades att de fyra fjädrarna på axel 3 hade så kallad
shimsning, ett mellanlägg i form av en 12 mm tunn bricka. Övriga fjäd-
rar på axel 1 och 2 saknade shimsning (se figur 33).

Green Cargo har uppgett att vid byte av hjul på lok V5, gör man ingen-
ting åt befintliga shimsningar. Varför axel 1 och 2 saknade shimsningar
och varför axel 3 hade 12 mm shimsning har Green Cargo inte lämnat
något svar på. Eftersom det inte görs något åt shimsningen vid hjulbyten
har Green Cargo sagt sig inte veta hur och var de här avvikelserna upp-
kommit.

Enligt Fordonsbeskrivning V5 (T92-472-26) ska vid behov shimsning
användas för att utjämna så att tillverkningstoleranser uppnås. Enligt
tillverkarens ritning, *Achsfeder – Andnung*, ska samtliga fjädrar vara
shimsade minst 3 mm vid 16 ton axellast och 7 mm vid 18 ton axellast.

¹⁴ En fjäder är en anordning som är avsedd att deformeras elastiskt och används främst till att anbringa kraft, ta upp stötar eller lagra energi.



Figur 33. Till vänster: axel 3 med 12 mm shims. Till höger: Axel 1, utan shims.

Skruvfjädrarna skickades den 27 april 2018 till OY Lesjöfors AB för oberoende provning mot Green Cargos underhållsinstruktion T 93-456-175-11 *Skruvfjädrar, revision, utgåva 3*. Resultatet visade att fjäderkonstanterna för samtliga fjädrar var acceptabel men att fjädrarna på axel 2 visade något för låga värden vid belastning, dvs. att de trycktes ihop för mycket. Axel 2 gav fjäderlängden 298–304 mm vid last 32 kN medan underhållsinstruktionen angav 308 ± 3 mm (se tabell 3 och 4).

Tabell 3. Fjäderkonstanter.

	Testresultat (kN/m)	Krav (kN/m)
Axel 1 och 3	940 – 970	930
Axel 2	240 – 270	250

Tabell 4. Fjäderlängder vid last 32 kN

	Testresultat (mm)	Krav (mm)
Axel 1 och 3	306 – 310	308 ± 3
Axel 2	298 – 304	308 ± 3

Hjulprofil och A-mått (avstånd mellan hjulens insida på hjulpar)

Under utredningen har frågor uppstått om vilken hjulprofil V5-lokets hjul svarvats med, normalprofil N33 eller profil S1002. Den största skillnaden mellan profilerna är lutningen på flänsen, 60° för normalprofilen jämfört med 70° för profil S1002. Se vidare i avsnitt 2.4.8 angående vilken profil som användes vid simuleringen inför ombyggnaden av loket.

SNC-Lavalin Rail & Transit mätte upp hjulprofil och A-mått på samtliga hjul från V5-loket på Green Cargos verkstad i Eskilstuna den 13 juni 2018. Resultatet visade att de här aktuella hjulaxlarna hade svarvats med normalprofil N33.

Svarvningen hade gjorts på EuroMaint Rail AB:s verkstad i Malmö den 5 oktober 2017. Hjulsvärven är en så kallad undergolvssvarv som utför svarvning direkt på hjulaxlarna under loket med begränsade krav på demontering av fordonet. Hjulprofilen uppvisade vid urspårningstillfället endast slitage hänförligt till transporten mellan Malmö och Ludvika.

Mätningen av A-mått genomfördes vid två motstående punkter på varje hjulaxel. Samtliga axlar hade värden under de enligt konstruktionsritning för V5 (Radsatz 618-111-04(03)-00) föreskrivna $1\,360^{+2}_{-0}$ mm, (se tabell 5).

Tabell 5. A-mått för V5-lokets hjulaxlar.

Axel	A-mått 0° [mm]	A-mått 180° [mm]
1	1357,34	1358,30
2	1357,46	1358,14
3	1355,35	1356,83

Skevheten hos hjulen bedömer SNC-Lavalin Rail & Transit bero på att de blivit deformerade i samband med urspårningen.

Underhållsdokumentation visar att A-måtten understigit 1 360 mm sedan montage på axel (se tabell 6).

Tabell 6. A-mått efter montage av hjul på V5-lokets.

Axel	Axel Id	Datum	Mått [mm]
1	T2101026/21	2004-11-18	1359
2	T2101026/53	2004-05-17	1358
3	T2101026/49	1995-10-06	1358

Skador på hjul

Hjulaxlarna kontrollerades av haverikommissionen och SNC-Lavalin i Eskilstuna den 2 maj 2018 avseende skador på löpytor och flänsar. Svarvstålets arbete från svarvning i Malmö den 5 oktober 2017 var väl synligt genom längsgående ränder över hjulprofilen och kunde användas som referens för oskadad yta. Noterbart är att skadorna på vissa bultförband i växel 468 hade motsvarande ränder (se figur 34).



Figur 34. Delförstoring av en fläns på V5-loket samt en bult utmed vänster räl i växel 468.

Löpytor och flänsar uppvisar skador som troligtvis har uppkommit i samband med urspårningen (se tabell 7). Insidan av flänsarna på vänster hjul på axel 1 och 3 uppvisar kraftiga fasningar. Kraftiga tvärgående repor på löpbanorna är sannolikt kopplade till lokets slutgiltiga förflyttning i sidled över makadamen.

Tabell 7.

Hjul	Kommentar	Bild
Axel 1 vänster	Kraftig fasning på hela flänsens insida, dubbel under del av varvet.	
Axel 1 höger	Kortare fasning ovanpå flänsen, i övrigt ett fåtal märken eller skador.	
Axel 2 vänster	Kortare fasning på flänsens insida, i övrigt få märken eller anslag.	
Axel 2 höger	Mycket få märken och anslag.	

Axel 3 vänster	Fasning på hela flänsens insida, återkommande halvmåneformade märken på löpbanan samt specifik skada på flänsens insida.	
Axel 3 höger	Regelbundet återkommande bågformade märken ovanpå flänsen.	

Gardjärn

Loktypen V5 har hinderavvisare i form av gardjärn (se figur 35). Gardjärnen ska enligt ritning vara monterade utanför de yttersta axlarna 90 till 130 mm över rälerans överkant. Kontroll ska ske vid översyn 3 samt efter utförd svarvning men höjden noteras inte. Vartefter hjulen slits minskar de i diameter och därmed sänks också ramverket, från nya hjul med diametern 985 mm till 908 mm för V5-loket vid olyckstillfället. Därmed sänks också ramverket med 38 mm. Utan justering minskar gardjärnens höjd i motsvarande mån vilket, om monteringshöjden vid nya hjul var 130 mm, kan leda till en höjd nära 90 mm över rälerana.

Gardjärnets konstruktion bedöms av SNC-Lavalin Rail & Transit hålla för lokets vertikala vikt så länge det inte fastnar i något, till exempel moträlen i en växel.

Den aktuella monteringshöjden för V5-loket är okänd eftersom gardjärnen saknades på loket efter bärgningen. I den ände som gick främst var gardjärnets infästningar i ramverket bockade inåt och bakåt (se figur 35).



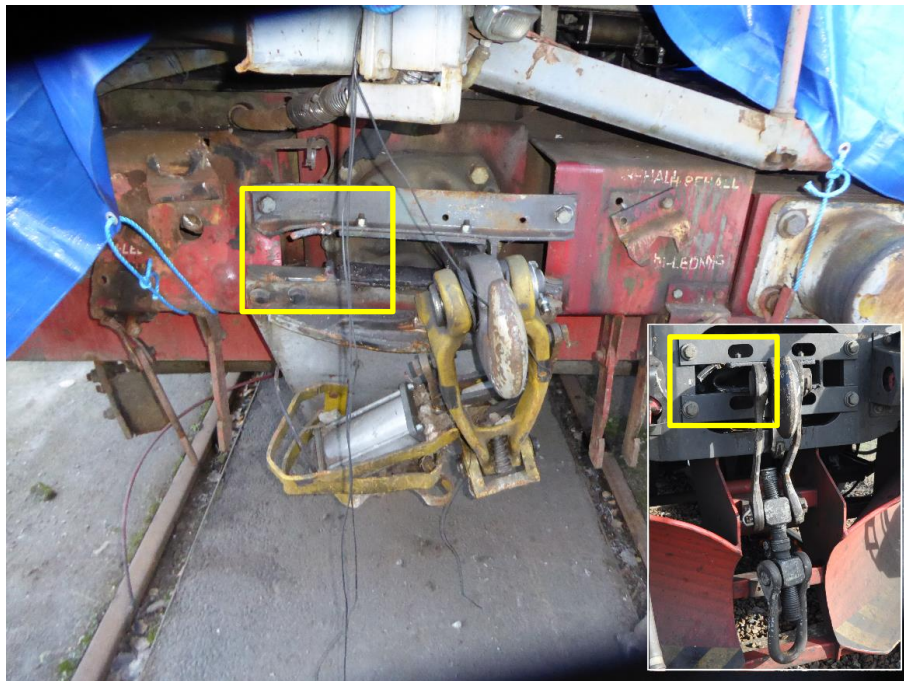
Figur 35. Till vänster gardjärn på V5 170 (i den gula ramen). Till höger visas fronten på det urspårade loket efter bärgning. Gardjärnets två infästningar är bockade inåt och bakåt (i de gula ramarna).

Montage av lagerboxar

Hjulaxlarnas lagerboxar är på loktypen V5 säkrade i ramverket. Ytteraxlarnas lagerboxar har bultar till ramverket som medger 30 mm rörelse nedåt. Mittaxeln har en rörlig ögla som medger en rörlighet nedåt på 40 mm. Om loket lyfts i ramverket (eller vilar på gardjärnet mot rälerna) kan därför axel 1 och 3 sänkas som mest 30 mm och axel 2 sänkas som mest 40 mm.

Koppel mot Rd2-loket

Kopplen mellan Rd2- och V5-loken uppvisade skador till följd av en kraftig belastning i sidled. Kopplet på V5-loket har dragits till höger i färdriktningen, medan kopplet på Rd2-loket har dragits åt vänster (se figur 36).



Figur 36. Kopplet på V5-loket som gick mot det dragande Rd2-loket. Motsvarande skada på Rd2-loket i den infällda bilden.

2.4.5 Fordonsunderhåll

EuroMaint Rail AB utför underhåll på Green Cargos lok och SweMaint AB utför underhåll på företagets godsvagnar.

Underhåll Rd2 91 74 000 1032-3 och vagnarna 2–37

Allt förebyggande underhåll hade utförts på det dragande loket (Rd2 1032) och på vagnarna 2–37. Det fanns inte några kända skador på dessa som bedöms kunna ha haft inverkan på urspårningen.

Underhåll vagn 1, V5 92 74 0000 151-1 i transport

Tillsyn hade utförts i enlighet med det fastställda underhållsintervallet 21 ± 2 dagar (se figur 37).

Dokumenttitel	Dokumentnummer	Utgåva	Sida
Tillsyn Ö1 och Ö3, Lok V5	T 92-452-11-2	5	2 (24)

2.3 Underhållsintervaller

Se T 92-402-3

2.3.1 Tillsyn

LITT	Intervall	Tolerans
V5	21 dagar	± 2 dagar

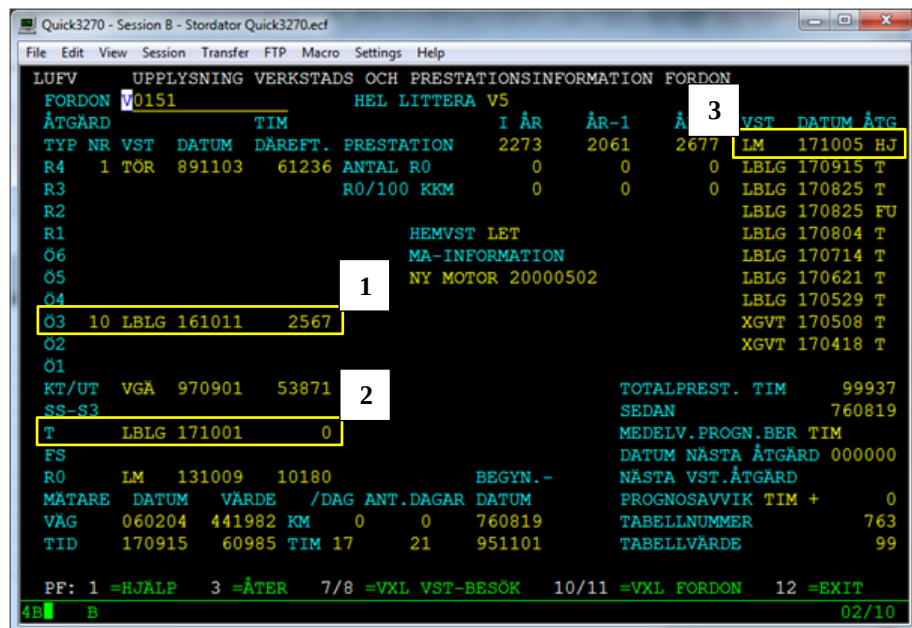
2.3.2 Översyn

LITT	Ö1	Ö3	Enhet	Tolerans
V5	1 100/12	4 400/48	Drifttimmar/mån	± 5 %

Både timmar och månader skall följas och översyn utföras vid den intervallgräns som först uppnås.

Figur 37. Tabell för underhåll av lok V5 från Green Cargos underhållsinstruktion.

Senaste tillsyn utfördes den 1 oktober 2017. Loket hade vid olyckstillfallet 2 567 drifttimmar sedan föregående översyn Ö3, som utfördes i Borlänge den 11 oktober 2016 (se figur 38). Översyn 1 (Ö1) skulle där efter ha utförts efter 1 100 timmar eller efter tolv månader, vid den intervallgräns som uppnåddes först. Genom att antalet drifttimmar översteg 2 x 1 100 skulle två Ö1-översyner ha utförts. Ö1 innehåller säkerhetsklassade kontroller.



FILE	EDIT	VIEW	SESSION	TRANSFER	FTP	MACRO	SETTINGS	HELP
LUFV UPPLYSNING VERKSTADS OCH PRESTATIONSINFORMATION FORDON								
FORDON V0151 HEL LITTERA V5								
ÅTGÄRD	TIM	I ÅR	ÅR-1	Å	3	VST	DATUM	ÅTG
TYP NR	VST	DATUM	DAREFT.	PRESTATION	2273	2061	2677	LM 171005 HJ
R4	1	TÖR	891103	61236	ANTAL R0	0	0	0 LBLG 170915 T
R3				R0/100 KKM	0	0	0	0 LBLG 170825 T
R2								0 LBLG 170825 FU
R1				HEMVST LET				0 LBLG 170804 T
Ö6				MA-INFORMATION				0 LBLG 170714 T
Ö5				NY MOTOR 20000502				0 LBLG 170621 T
Ö4								0 LBLG 170529 T
Ö3	10	LBLG	161011	2567				0 XGVT 170508 T
Ö2								0 XGVT 170418 T
Ö1								
KT/UT	VGÄ	970901	53871					
SS-S3								
T	LBLG	171001	0					
FS								
R0	LM	131009	10180					
MÄTARE	DATUM	VÄRDE	/DAG	ANT. DAGAR	DATUM			
VÄG	060204	441982	KM	0	0	760819		
TID	170915	60985	TIM	17	21	951101		
PF: 1 =HJALP 3 =ÅTER 7/8 =VXL VST-BESÖK 10/11 =VXL FORDON 12 =EXIT								
4B	B							02/10

Figur 38. Sammanställning av utfört underhåll på V5-loket. Siffran 1 visar översyn 3 i Borlänge den 11 oktober 2016, siffran 2 visar tillsyn i Borlänge den 1 oktober 2017 och siffran 3 visar hjulsvärning i Malmö den 5 oktober 2017. Källa: Green Cargo.

Hjulparsrevisionen, som är säkerhetsklassad, hade inte utförts inom maximalt föreskrivet intervall, 28 800 timmar + 5 % = 30 240 timmar. Intervallet var överskridet för samtliga axlar med mellan 1 788 och 3 347 timmar (se figur 39).

Delmomentet sprickkontroll av axlarna utfördes däremot den 5 oktober 2016 och påvisade inga avvikelser (sprickor).

ARTNR	IDNR	PLAC	REV/04 BESIKT DATUM	PREST DÅREFT	REV/04 INTERV	NÄSTA REV/04	MONTERAT I FORDON
	DRIVHJULPAR						
2700770	T2101026/21	01	041118	32028 TIM		161006	041214
2700770	T2101026/49	03	040510	33578 TIM		160327	040524
	DRIVHJULPAR AXEL 02						
2700780	T2101026/53	02	040517	33587 TIM		160326	040524

Figur 39. Drifttimmar sedan senaste hjulparsrevision markerade med röd ram.

2.4.6 Revisionsintervall för stötdämpare och skruvfjädrar

Enligt Transportstyrelsen ska den som ansöker om godkännande av ett fordon även bifoga dokumentation om underhållsintervall. Enligt Transportstyrelsen är det vanligtvis tillverkaren som upprättar den första versionen av underhållsdokumentationen, eftersom kunskapen om komponenternas livslängd och konstruktion finns hos tillverkaren. Sedan ska den som använder fordonet anpassa intervallerna efter hur fordonet används, om användandet avviker från den användning som tillverkaren har utgått från i sina instruktioner.

Green Cargo har uppgett att fjädertillverkaren Henschel i Tyskland har uppgett att de har svårt att avgöra hur ofta fjädrarna bör kontrolleras, eftersom de inte känner till vilka lastfallen är i verkligheten för axlarna. Den erfarenheten kan enligt Henschel bara användaren av fordonen ha.

Tillverkaren av stötdämparna, som Green Cargos underhållsentreprise gör inköp ifrån, har inte heller utfärdat några rekommendationer avseende revisionsintervall.

Inte heller Green Cargo som är underhållsansvarig enhet för V5-an har haft några krav på revisionsintervall och byten för stötdämpare och skruvfjädrar till axelfjädring. Bolaget har haft interna krav på syning, men inte på revision efter viss tid eller körsträcka. Det fanns bara krav på byte av dessa komponenter vid synligt oljeläckage, sprickor på fjädrar eller andra uppenbara brister. Förarna skulle rapportera skador vid klargöring eller vid indikation på dålig gång i spåret.

2.4.7 Bestämmelser om ombyggnad av fordon

Järnvägsfordon ska enligt 2 kap. 13 § järnvägslagen (SFS 2004:519) godkännas av Transportstyrelsen innan de får tas i bruk. När ett redan godkänt fordon moderniseras eller byggs om ska dokumentation över det planerade arbetet lämnas in till Transportstyrelsen som bedömer om ett nytt godkännande behövs.

Vid godkännandeprocessen tillämpas Transportstyrelsens föreskrifter (TSFS 2010:116) om godkännande av delsystem för järnväg. Gäller godkännandet ombyggnation behöver ansökan endast innehålla de handlingar som är av betydelse för ombyggnationen.

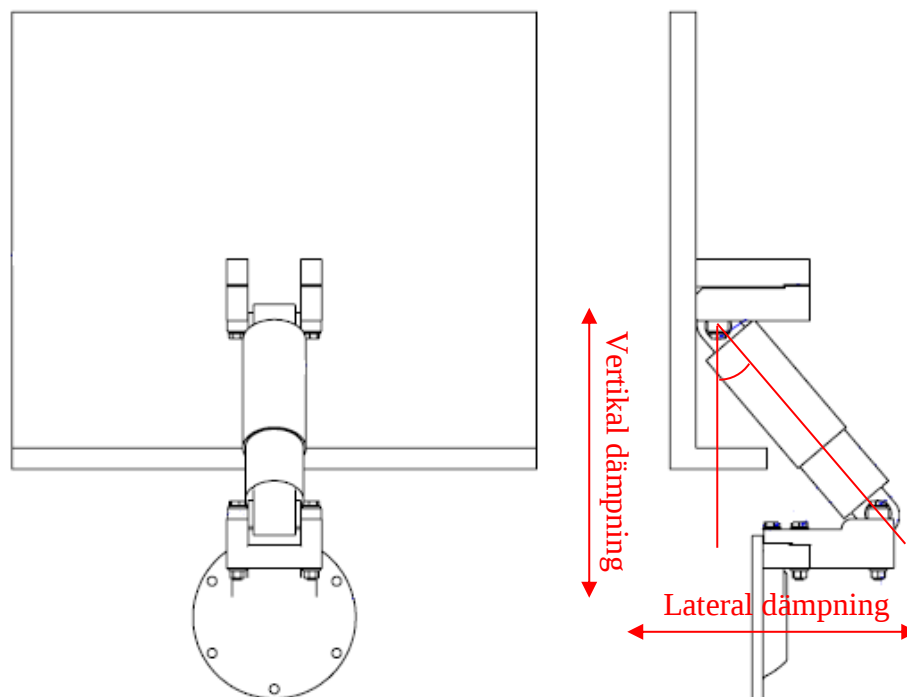
Normalt ska också europagemensamma tekniska specifikationer för driftskompatibilitet (TSD) tillämpas vid godkännandet. För exempelvis växlingslok är det dock frivilligt att tillämpa dessa.

Den nationella processen för fordonsgodkännande innebär att Transportstyrelsen granskar merparten av dokumenten själva. Transportstyrelsen begär dock att vissa dokument granskas av en oberoende granskare, det kan exempelvis handla om dokumentation om fordonets samverkan med infrastrukturen. Transportstyrelsen gör då ingen egen granskning av dessa dokument.

En ansökan om godkännande ska innehålla en riskbedömning.

2.4.8 *Höjningen av den största tillåtna hastighet för V5-lok i transport*

V5-loken levererades med en största tillåtna hastighet av 70 km/tim. Green Cargo såg dock ett behov av att effektivare kunna transportera sina V5-lok i tåg med högre hastighet till och från bl.a. underhållsverkstäder. För att kunna göra detta byggde man om loken genom att modifiera fästena och vinkla stötdämparna. En vinklad stötdämpare fördelar sin dämpande förmåga, i detta fall vertikalt och lateralt (se figur 40). Med ca 45 graders lutning kvarstår 70 % av dämpningen i den ursprungliga vertikala riktningen. Samtidigt tillförs 70 % dämpning lateralt.



Figur 40. Ritning som visar konstruktionsförändringen med vinkling av stötdämparna. Röda illustrationer tillförda av haverikommissionen. Källa: Green Cargo.

Green Cargo anlitate MiW Rail Technology för att sköta godkännandeprocessen. Beräkningarna och provkörningarna genomfördes under åren 2015–2016. Med modifierade fästen för stötdämparna ansökte Green Cargo om Transportstyrelsens godkännande av en höjning av största tillåtna hastighet från 70 km/tim till 100 km/tim.

Följande värden användes vid beräkningarna och provkörningarna:

1. Stötdämparegenskaper 600 kp både ut och in vid 0,1 m/s.
2. Fjäderkonstanter på 930 kN/m för axel 1 och 3 samt 250 kN/m för axel 2.
3. Hjulprofil S1002.

Uppgifter om faktiska stötdämparegenskaper samt fjäderkonstanter saknas från testfordonet (V5 92 74 0000 184-2) och det icke ombyggda lok som också ingick i testet (V5 92 74 0000 185-9).

Profil S1002 var den profil som användes vid simuleringen. Hjulen på provloket mättes upp inför proven och resultatet visade en profil nära överensstämmande med S1002.

Beräkningarna visade att en hastighetshöjning skulle vara fullt möjlig. Gångdynamiska simuleringar utfördes i programvaran Gensys med en fordonsmodell som MiW Rail Technology hade tagit fram. Simuleringarna visade samtidigt att nysvarvade hjulprofiler och mjukare dämpning påverkade gångegenskaperna negativt.

Den tredjepartsgranskning av materialet som användes i godkännandeprocessen fokuserade på säkerheten mot urspårning på skevt spår och dynamisk löpsäkerhet. Tredjepartsgranskningen utfördes av personal från samma företag som hade tagit fram materialet, dvs. MiW Rail Technology. I dokumentationen från tredjepartsgranskningen uppges att eftersom granskaren och den ingenjör som var ansvarig för utredningarna och proven arbetade på samma företag hade särskilda rutiner använts för att säkerställa granskningens oberoende.

Transportstyrelsen har för haverikommissionen uppgett att de sedan ett par år tillbaka godkänner de oberoende granskare som används och motiverar godkännandet genom ett underskrivet beslut där det framgår vad de grundat beslutet på. Godkännandet av ombyggnaden av V5-loken skedde dock innan den rutinen hade införts, varför någon dokumentation avseende bedömningen av oberoendet hos granskaren inte finns i detta fall. Enligt Transportstyrelsen diskuterades oberoendet troligen muntligen med MiW Rail Technology. Inte heller Green Cargo eller MiW Rail Technology har redovisat någon dokumentation beträffande vilka rutiner som tillämpades för att säkerställa oberoendet.

MiW Rail Technology har dock redogjort för haverikommissionen hur de gick till väga för att säkerställa oberoendet och uppgett att metodiken stämde av med Transportstyrelsen. Granskaren uppger sig inte ha deltagit i själva projektarbetet eller i kvalitetssäkringen. Däremot har det varit tillåtet för granskaren att svara på frågor under arbetets gång om vad som kan tänkas vara tekniskt acceptabelt eller inte.

En riskanalys genomfördes inför ansökan. Inspektion av dämparna före avgång föreslogs som åtgärd för att undvika risken för trasiga stötdämpare följt av urspårning. Ett tilläggsdokument gällande kontroll av

stötdämpare i samband med tillsyn togs fram. Följande kontrollpunkter listas i dokumentet: eventuellt oljeläckage, eventuellt slitna bussningar, ventiler och eventuella skador.

Transportstyrelsen godkände loktyp V5 version 100 efter ombyggnad för trafik på svensk järnvägsinfrastruktur den 21 mars 2016. I bakgrunden till beslutet nämns att loket byggts om för att öka hastigheten, främst vid passiv transport och att ombyggnaden har bestått i att luta vertikaldämparna 45 grader. Mot bakgrund av genomförd riskanalys och genomförda gångdynamiska prov bedömde Transportstyrelsen att Green Cargo hade visat att loktypen var säker efter ombyggnad.

Det aktuella V5-loket byggdes om till största tillåtna hastighet 100 km/tim vecka 34–35 2016. I samband med ombyggnaden monterades nyrenoverade stötdämpare på loket.

2.5 Gångdynamiska beräkningar

Kungliga Tekniska högskolan (KTH) i Stockholm har på uppdrag av SHK utvärderat V5-lokets och den efterföljande Sgmns-w-vagnens gångegenskaper under de förhållanden som rådde på den aktuella sträckan.

Simuleringar har utförts i samma programvara och med samma fordonsmodell som MiW Rail Technology använde i samband med de simuleringar som gjordes inför ansökan om en höjd största tillåten hastighet för V5-loken. Viss fordonsdata samt rälsprofilen har justerats utifrån faktiska värden för att komma så nära de vid händelsen aktuella förutsättningarna som möjligt. Vidare har spårdata från den senaste maskinella mätningen den 26 september 2017 och hastighetsuppgifter från Rd2-lokets registreringsutrustning matats in i programmet.

Simuleringarna har utförts för de två fordonen var för sig och utan påverkande krafter från intilliggande fordon via drag- och stötinrättningar.

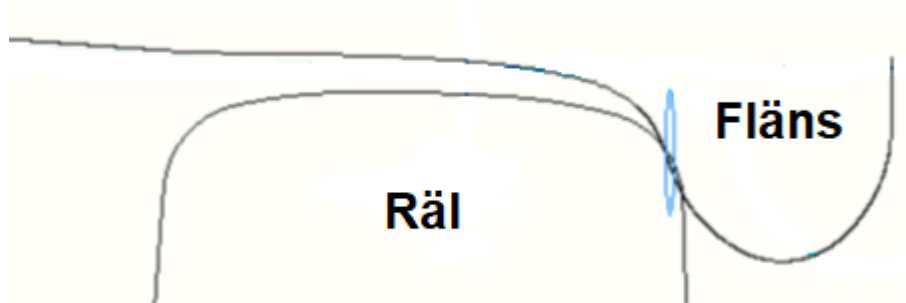
Resultatet av simuleringarna har presenterats i rapporter med diagram som visar laterala och vertikala hjul-räl krafter och korgaccelerationer, spårförskjutningskrafter samt flänsklätringskvoter¹⁵. I varje rapport sammanfattas även slutsatserna av de utförda simuleringarna. Vissa simuleringar har animerats med filmer för att visa korgens och hjulaxlarnas rörelser. Nedan följer en redogörelse för resultatet från simuleringarna.

2.5.1 Simuleringar av V5-loket

Gemensamt för alla simuleringar av V5-loket är att loket har påverkats särskilt vid passage över UH2-felen i Lyviksvägen. Animeringar visar att loket gör kraftiga ”nickande rörelser” (rotation kring fordonets lateralexel). Dessa rörelser leder till låga vertikalkrafter på lokets ytteraxlar,

¹⁵ Flänsklätringskvoten är ett förhållande mellan lateral- och vertikalkrafterna som visar hur mycket flänsen riskerar att klättra på rälen.

särskilt på axel 1, vilket i sin tur leder till höga värden på flänsklättringskvoten när loket och hjulaxeln även rör sig lateralt, dvs. trycket på hjulet minskar och flänsen kan lättare klättra upp mot rälsens insida vid sidoförflyttning (se figur 41).



Figur 41. Skiss över hur flänsklättring medför att hjulets löpyta börjar lyfta från rälen och hur flänsen i förlängningen riskerar att klättra upp över rälen.

Friktionen påverkar hur hjulen följer rälen. Simuleringar har med tanke på osäkerheten kring vilken friktion som rådde vid olyckstillfället utförts med de två olika koefficienterna $\mu = 0,1$ och $\mu = 0,4$; motsvarande en lägre respektive högre friktion.

En viss ökning av spårlägesfelen hade skett mellan mätningen den 22 augusti och mätningen den 26 september 2017. Spårlägesfelen hade sannolikt förvärrats ytterligare något när olyckan inträffade den 12 oktober. Eftersom storleken på den ökningen är okänd så har simuleringarna utförts med utgångspunkt från de värden som uppmättes den 26 september. För att bedöma påverkan av ökade spårlägesfel har dock amplituderna i en serie simuleringar multiplicerats med 1,1; 1,2; 1,3 och 1,4; dvs. genom en stegvis ökning av mätvärdena. Resultatet visar att ökade spårlägesfel generellt ger ökade krafter och accelerationer samt stigande flänsklättringskvot.

Ritningsunderlag för V5-loken visar att axelboxarna begränsas fysiskt ca 30 mm upp och ner från jämviktsläget. Simuleringsmodellen har liknande begränsningar för axelboxarnas rörelser. För ytteraxlarna kan fjädrarna tryckas ihop max 28 mm relativt statiskt jämviktsläge. Relativt detta läge kan fjädrarna sträckas ut 34 mm tills vertikalkraften blir noll. Det finns inget som håller mot och skapar dragkraft i fjädrarna (motsvarande en lyftande kraft).

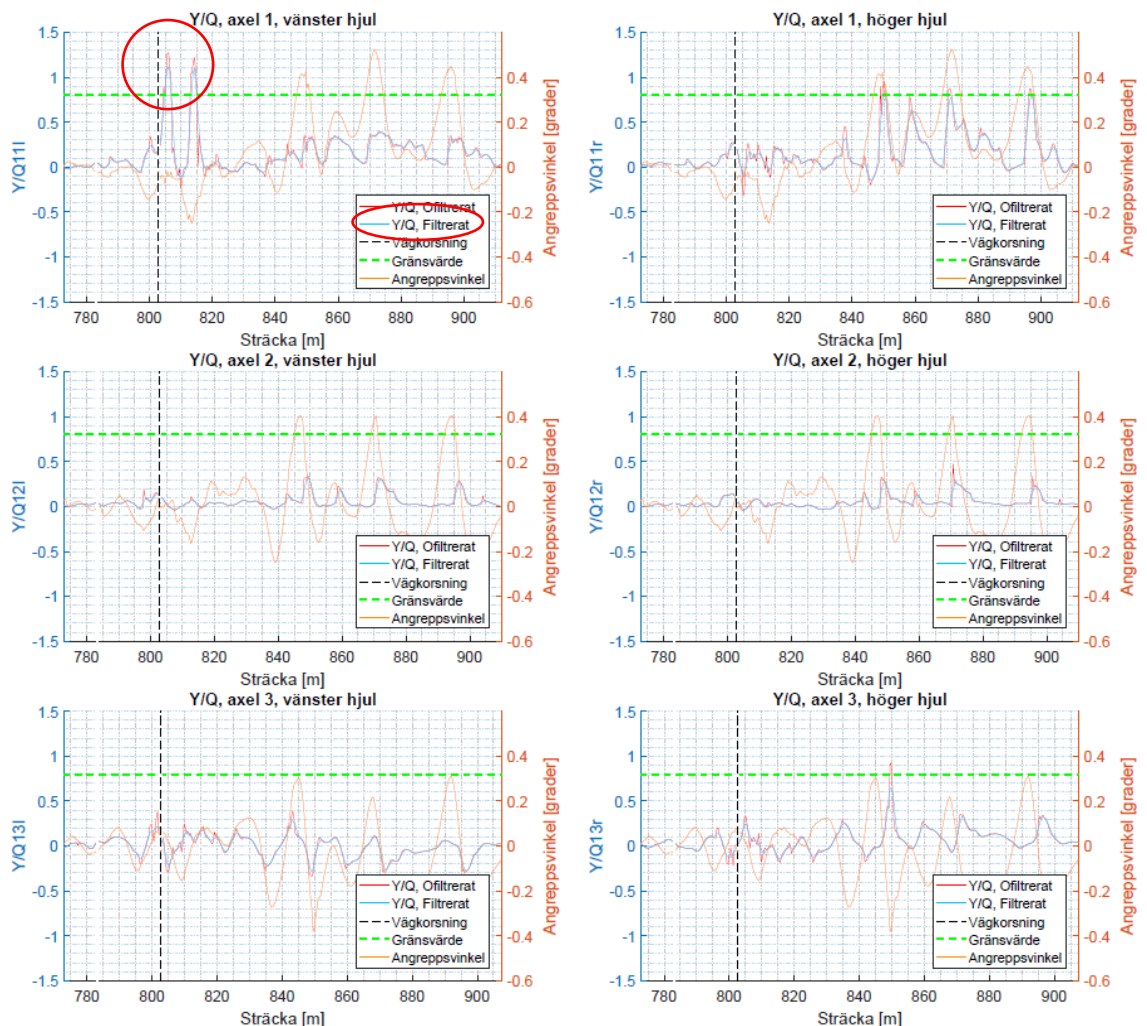
Viktfördelningen i den ursprungliga fordonsmodellen (från MiW Rail Technology) var 15 606 kg för axel 1 följt av 16 709 kg och 16 032 kg för axel 2 och 3.

Undersökningarna redovisade i 2.4.4 visar att fjädrarna på axel 3 hade 12 mm shims, att övriga axlar saknade shims, att fjädrarna på axel 2 var 6 mm förkortade vid belastning, att de tre stötdämpare som satt kvar på loket efter olyckan hade reducerad verkningsgrad, att hjulaxlarna var nysvarvade med normalprofil N33 samt att alla tre axlarna hade något för låga A-mått.

Undersökningsresultaten avseende fjädring och shims har medfört att de simulerade axelvikterna justerats marginellt till 15 594 kg för axel 1 och 16 768 kg respektive 15 985 kg för axel 2 och 3.

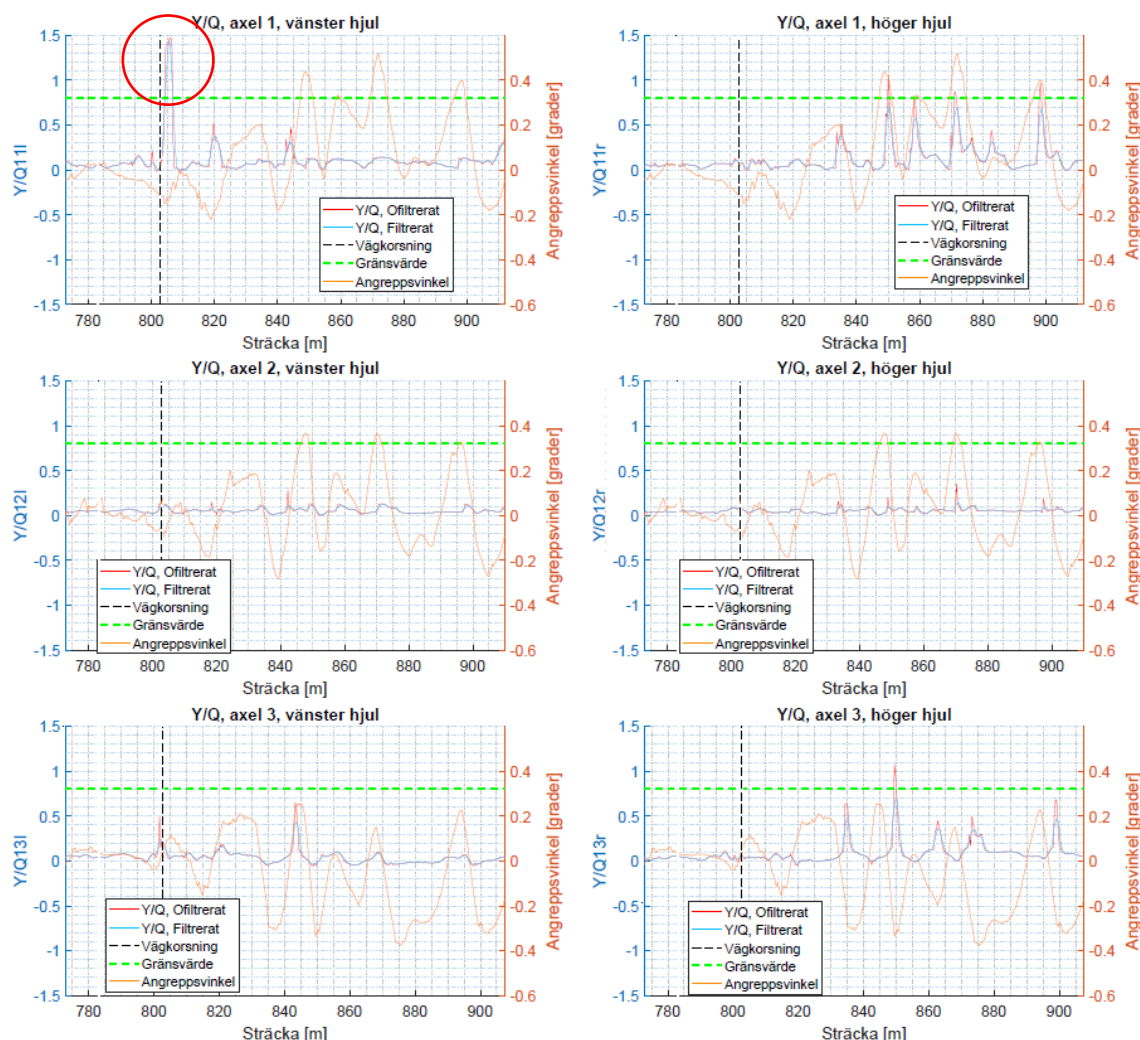
För att få svar på i vilken grad de ovan nämnda förutsättningarna har påverkat gångegenskaperna hos V5-loket har KTH utfört olika simuleringar.

I figur 42 visas diagram över flänsklättringskvoten för alla sex hjulen i den simulering som med ledning av undersökningsresultaten bäst kan sägas motsvara lokets förutsättningar direkt före urspårningen, i kombination med en högre friktionskoefficient $\mu = 0,4$. Vänster hjul på axel 1 i färdriktningen uppvisar hög flänsklättringskvot vid Lyviksvägen och riskerar därmed att flänsklättra på rälen; se diagrammens blåa kurvor. Höger hjul och axel 2 och 3 uppvisar lägre värden.



Figur 42. Diagram över flänsklättringskvot för alla tre axlarna med lokets kända förutsättningar och friktionskoefficienten $\mu = 0,4$. Den blå kurvan visar filtrerad flänsklättringskvot. Den röda ringen markerar höga värden för axel 1 vänster.

Som jämförelse visar diagrammen i figur 43 en simulering med låg friktionskoefficient ($\mu = 0,1$), inga shims på axel 3 och nominellt belastad fjäderlängd för axel 2 (6 mm längre). Gångdynamiken förändras något men flänsklättringskvoten förblir hög på axel 1, vänster, vid samma position i Lyviksvägen.



Figur 43. Diagram över flänsklättringskvot för alla tre axlarna med friktionskoefficienten $\mu = 0,1$ och utan anpassningar avseende axelfjädringen. Den röda ringen visar hög flänsklättringskvot på samma plats som i figur 42.

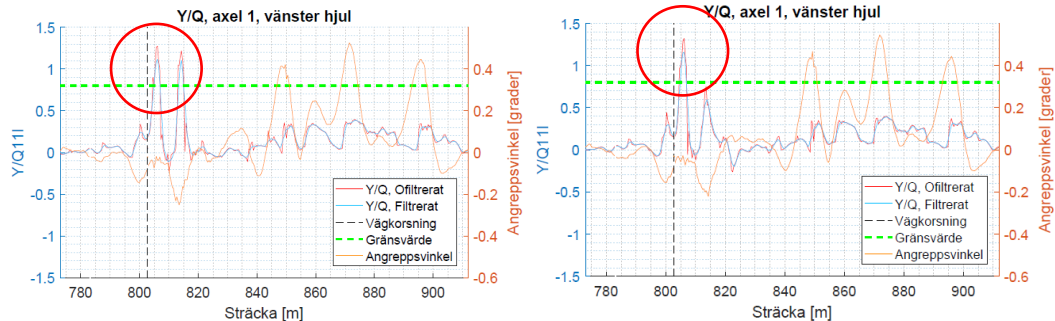
Vidare har simuleringar utförts med olika förutsättningar avseende shims, fjädring, hjulprofil N33 eller S1002, A-mått och dämpkrafter (slitna¹⁶ vinklade stötdämpare, godkända¹⁷ vinklade stötdämpare samt motsvarande de vinklade stötdämpare som simulerats tidigare av MiW Rail Technology¹⁸). Simuleringarna påvisar endast mindre gångdynamiska skillnader och fortsatt hög flänsklättringskvot för axel 1, vänster, vid samma position i Lyviksvägen.

¹⁶ Värden efter urspårningen enligt testprotokoll, se tabell 2.

¹⁷ Lägsta värde 410 kp vid 0,1 m/s enligt krav i EuroMaint Rail AB:s Arbetsinstruktion för upparbetning av stötdämpare.

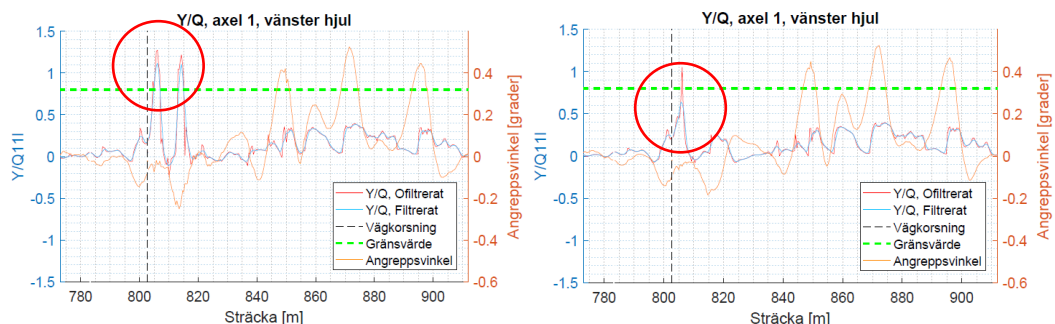
¹⁸ 600 kp vid 0,1 m/s.

För just denna sträcka över de identifierade spårlägesfelen och med den aktuella hastigheten, är det noterbart liten skillnad på flänsklättringskvoten för de vinklade stötdämparna oavsett dämpande kraft (se figur 44).



Figur 44. Till vänster visas flänsklättringskvot för vänster hjul på axel 1 för referensfallet i figur 42 (med slitna stötdämpare). Till höger visas en liknande flänsklättringskvot för vinklade stötdämpare motsvarande MiW Rail Technology's simuleringar (med höga dämpande värden).

För att jämföra gångegenskaperna före och efter ombyggnaden har simuleringar utförts av det ombyggda loket med vinklade stötdämpare och av ett icke ombyggt lok med den ursprungliga vertikala monteringen av stötdämparna. Resultatet visar att för just denna sträcka över spårlägesfelen och med den aktuella hastigheten, blir flänsklättringskvoten lägre med vertikala stötdämpare än med vinklade (se figur 44–45).

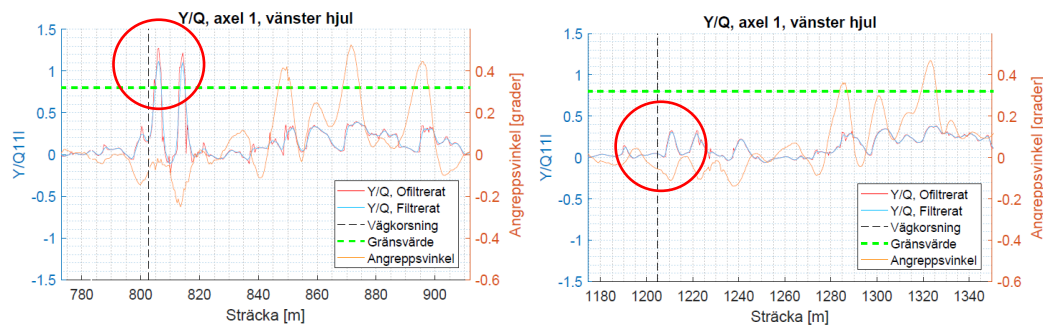


Figur 45. Till vänster visas flänsklättringskvot för vänster hjul på axel 1 för referensfallet i figur 42. Till höger visas motsvarande betydligt lägre flänsklättringskvot för vertikala stötdämpare med en dämpande kraft av 600 kp vid 0,1 m/s.

I två avslutande simuleringar granskades om V5-lokets gångegenskaper har påverkats av tidigare och kvarvarande dynamiska rörelser eller av att det fanns ytterligare mindre spårlägesfel före och efter det aktuella UH2-felet.

Förändringar till följd av tidigare rörelser har simulerats genom att loket startats på tre olika avstånd från Lyviksvägen. Resultatet visar att gångdynamiken är i det närmaste oförändrad över Lyviksvägen oavsett startpunkt för simuleringen.

För att se om lokets korta axelavstånd och hjulbas samverkat med UH2-felen och spåret före och efter har mätvagnens registreringar dragits ut med en faktor av 1,25; 1,5; och 2,0. Längre avstånd ger en ökad våglängd mellan spårets olika rörelser. Simuleringar visar att flänsklättringskvoten är relativt oförändrad vid en förlängningsfaktor av 1,25 men att den minskar betydligt vid en faktor av 1,5 eller längre (se figur 46).

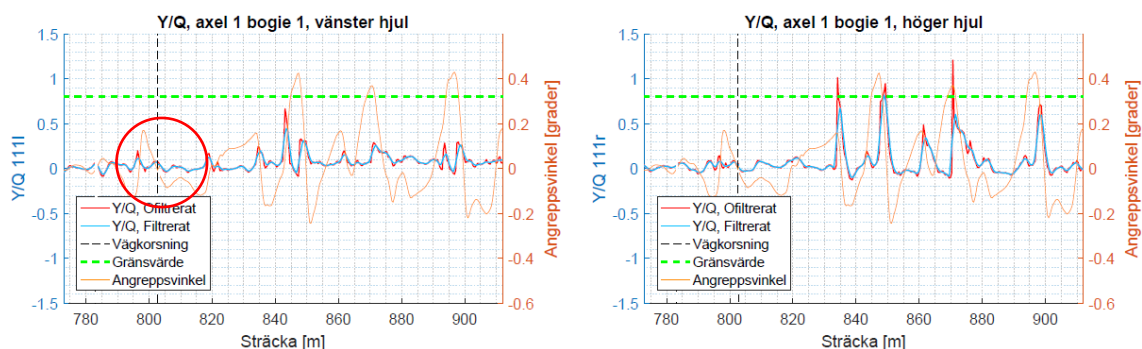


Figur 46. Till vänster visas referensfallet från figur 42 och till höger simuleringen där avståndet mellan spårens mätvärden har ökat med en faktor av 1,5; vilket gör att längdskalan ökas proportionerligt. Den blå kurvan över filterad flänsklättringskvot blir betydligt lägre.

Sammantaget visar simuleringarna att V5-loket hade dåliga gångegenskaper över de aktuella spårlägesfelen i Lyviksvägen och att det fanns risk för flänsklättring vid enstaka tillfällen. Flänsklättringen var dock inte tillräcklig för att loket skulle spåra ur under simuleringarna.

2.5.2 Simuleringar av Sgmns-w (vagnen bakom V5-loket)

Vagnen bakom V5-loket var fyraxlig av typen Sgmns-w med Y25-TTV-boggier (tungtransportvagn). KTH:s simuleringar visar att godsvagnen inte löper någon större risk för flänsklättring när den passerar den uppmätta sträckan. Spårlägesfelen påverkar vagnens gång men flänsklättringskvoten är mycket lägre än motsvarande simuleringar av V5-lokets gång (se figur 47). En ökning av spårlägesfelens amplituder leder heller inte till någon nämnvärt ökad flänsklättringskvot.



Figur 47. Som referens till diagrammen för V5-loket i figur 42 visas godsvagnens första hjulaxel under motsvarande förutsättningar. Den blå kurvan visar en betydligt lägre flänsklättringskvot vid passage över Lyviksvägen.

2.6 Arbetsmiljö och hälsa

2.6.1 *Arbetstider för berörd personal*

Föraren påbörjade sitt arbetspass kl. 22.53 den 11 oktober 2017. Föregående dygn hade föraren ett arbetspass med vila på annan ort under turen. Dessförinnan hade han tre dagars ledighet.

2.6.2 *Medicinska och personliga förhållanden*

Det har inte framkommit något under utredningens gång som tyder på att det fanns några medicinska eller personliga förhållanden som kan ha bidragit till händelsen.

2.6.3 *Andra arbetsmiljöfaktorer*

Inte aktuellt.

2.7 Tidigare händelser av liknande art

SHK har inte undersökt någon liknande händelse tidigare.

3. ANALYS OCH SLUTSATSER

3.1 Uteslutna respektive möjliga orsaksfaktorer

Uteslutna orsaksfaktorer

Under utredningen har haverikommissionen inledningsvis konstaterat att signal- och trafikledningssystemet har fungerat normalt och att tåget har framförts på ett normalt sätt. Loggen från lokets registreringsutrustning visar att föraren har utfört måttliga inbromsningar mot hastighetsnedsättningarna till 80 km/tim och 70 km/tim strax före den plats där urspårningen ägde rum.

Något individuellt fordons- eller spårfel som ensamt skulle ha kunnat orsaka urspårningen har inte heller identifierats.

Beträffande spåret har som framgått noterats ett antal anslag och märken på slipers före plankorsningen vid Lyviksvägen. Märkena var dock inte systematiska på ett sådant sätt att de skulle kunna vara förenliga med en urspårad axel eller ett nedhängande föremål. Inga andra fynd har heller kunnat koppla dessa märken till urspårningen.

Tågsammansättningen med lastade vagnar i position 5 och 23–31 och i övrigt olastade vagnar bedöms inte heller ha haft någon inverkan på händelsen. Sammansättningen skulle möjligen ha kunnat trycka ut en lätt, olastad, tvåaxlig vagn i till exempel en kurva eller på grund av ett skevningsfel.

Det har visserligen under utredningen identifierats att det V5-lok som gick i transport saknade en del säkerhetsklassat förebyggande underhåll. Det har dock inte identifierats något fel på fordonet som kan ha uppstått till följd av detta och som skulle ha kunnat bidra till urspårningen. Rutiner och arbetsmoment kopplade till svarvningen i Malmö bedöms inte heller ha haft någon inverkan på händelsen.

I plankorsningen hittades som framgått två makadamstenar mellan rälerna och betongplattorna, en sten vid vardera räl. Haverikommissionens bedömning är dock att stenarna inte har haft någon betydelse för urspårningen. Stenarna har sannolikt fjädrat ner i gummimaterialet kring rälerna när flänsarna passerade. Även om stenarna hade varit fast fixerade mot underlaget borde de ha krossats av Rd2-lokets tyngd.

Sammanfattningsvis kan konstateras att ett flertal faktorer successivt har kunnat uteslutas som orsak till olyckan under utredningens gång.

Möjliga orsaksfaktorer

Några utredningsfynd gav dock haverikommissionen anledning att göra mer fördjupade undersökningar. Det fanns exempelvis besiktningsanmärkningar om höjd- och skevningsfel på platsen. Felen var klassificerade som sådana fel som skulle åtgärdas inom tre månader. Sista datumet i denna tidsfrist inföll efter olyckan och felen var därför ännu

inte åtgärdade. Höjdfelet hade dock vid en besiktning i september 2017 ökat från mätningen i augusti samma år. Det bedömdes vidare som sannolikt att felet hade fortsatt att öka från mätningen i september fram till olyckstillfället i oktober.

Det lok som gick i transport var vidare av typen V5 som är treaxligt, vilket ger det specifika gångegenskaper (se avsnitt 2.4.4). Loktypen har en tendens att ”nicka” till följd av sitt korta axelavstånd, sin korta fjädringsväg och sin treaxlighet. Green Cargo hade dessutom byggt om loket i mars 2016, i syfte att kunna transportera det i en högre hastighet. I samband med detta vinklades stötdämparna om för att de skulle kunna fungera som både vertikal- och lateraldämpare (se avsnitt 2.4.8), vilket haverikommissionen mot bakgrund av genomförda undersökningar bedömde kunde ha påverkat gångegenskaperna ytterligare. Utredningen har också visat att varken V5-lokets skruvfjädrar eller vertikal- och lateraldämpare uppfyllde gällande krav (se avsnitt 2.4.4 och 2.4.6). Detta bedömdes ytterligare ha kunnat påverka gångegenskaperna. Även det faktum att V5-loket hade nysvarvade hjul bedömdes ha kunnat påverka gångegenskaperna.

Haverikommissionen har mot denna bakgrund gått vidare och undersökt om den aktuella V5-ans faktiska gångegenskaper i samverkan med de spårlägesfel som fanns på platsen kan ha orsakat urspårningen. Haverikommissionen har även undersökt gångegenskaperna hos den fyraxliga vagn som gick efter V5-an i tåget och om den kan ha orsakat urspårningen.

Det exakta händelseförloppet har inte med säkerhet gått att fastställa. Mot bakgrund av gjorda undersökningar och de iakttagelser som har gjorts på olycksplatsen har det dock varit möjligt att fastställa ett sannolikt händelseförlopp och utesluta alternativa händelseförlopp som mindre sannolika. Haverikommissionen har också kunnat fastställa de faktorer som med största sannolikhet har orsakat olyckan.

3.2 Sannolikt händelseförlopp och dess orsaker

Nedan redovisas det händelseförlopp som haverikommissionen har bedömt som det mest sannolika och dess orsaker. Samtidigt motiveras i vissa delar varför andra alternativa förlopp eller förklaringar har bedömts som mindre sannolika.

Urspårningen och dess orsaker

De simuleringar som KTH har genomfört talar enligt haverikommissionen starkt för att det var V5-loket som spårade ur först och att detta skedde vid passagen av spårlägesfelen i Lyviksvägen. Även om någon urspårning inte inträffade under simuleringarna så visade dessa att vänster hjul på V5-lokets axel 1 (först i färdriktningen) uppvisade höga värden avseende flänsklättringskvot på den aktuella platsen – dvs. en hög risk för att flänsen ska klättra upp på rälen, vilket i sin tur ökar risken för urspårning. Den höga flänsklättringskvoten har uppstått till följd av låg vertikal last i kombination med lateral förflyttning. Platsen

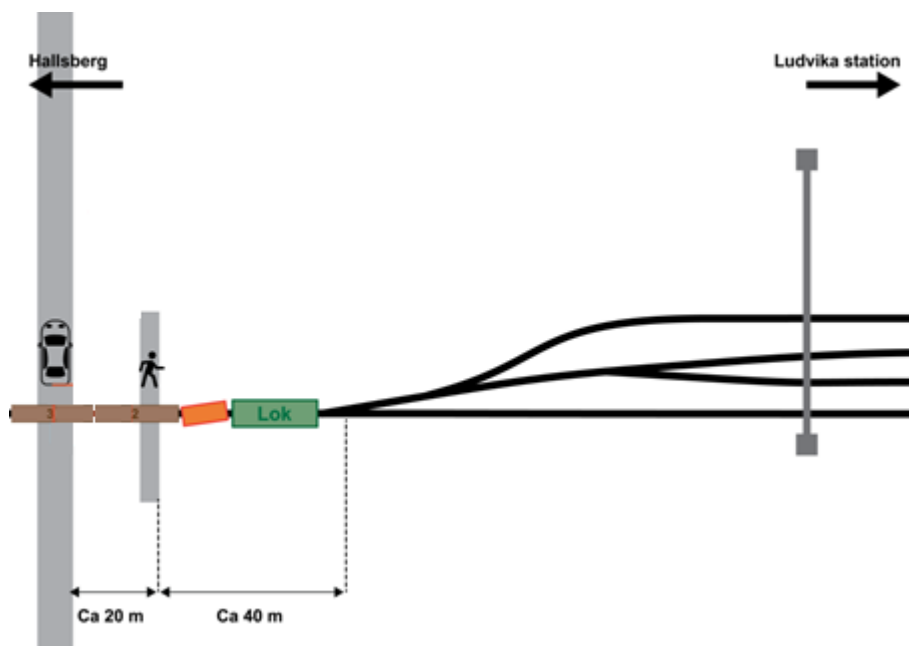
med störst risk för flänsklättring sammanfaller väl med den plats i Lyviksvägen där vänster räl uppvisar ett märke efter en diagonal förflyttning av en fläns åt vänster.

Platsen för urspårningen sammanfaller alltså med den plats där det fanns besiktningsanmärkningar om höjd- och skevningsfel. Enligt haverikommissionen visar simuleringarna även att V5-lokets korta axelavstånd och avstånden mellan höjdvikselerna före och efter de aktuella spårlägesfelen har samverkat på ett sätt som har haft betydelse för urspårningen.

Att simuleringarna inte visade någon faktisk urspårning får antas bero på att de verkliga krafterna och förutsättningarna i övrigt inte till fullo har kunnat simuleras. Detta gäller exempelvis faktorer som hur Rd2-loket har påverkat V5-loket genom krafter i drag- och stötnrättningen.

Den efterföljande godsvagnen visade däremot under simuleringarna en betydligt bättre gång i spåret än V5-loket och vagnen löpte inte någon större risk för flänsklättring.

Mot ovan redovisad bakgrund har haverikommissionen dragit slutsatsen att kombinationen av spårlägesfelen i Lyviksvägen och V5-lokets bristande gångegenskaper orsakade en rotation kring fordonets lateralaxel ("nickande rörelser"). Rotationen ledde till att vertikalkrafterna minskade på axel 1 och till att vänster hjulfläns därför i kombination med lateralkrafter åt vänster kunde klättra upp på den vänstra rälen så att V5-loket sedan spårade ur. På rälna mellan väg- och gångvägen upptäcktes också märken som motsvarade en hjulaxel som spårat ur åt vänster, vilket ytterligare förstärker denna hypotes.



Figur 48. I skissen har V5-loket (orange färg) passerat över spårlägesfelen i Lyviksvägen och spårat ur med en hjulaxel till vänster i färdriktningen.

Fram till växel 468 fanns skador orsakade uppifrån på pandrolinfästningar till vänster om respektive räl, däremot inga märken på slipers eller i makadam. Detta tyder på att axeln som passerat har varit förhindrad att sjunka under en viss höjd. Haverikommissionen bedömer att det är V5-lokets gardjárn som har vilat mot rälerna och som har gjort att axelboxarna med hjulaxeln har blivit hängande i luften under ramverket utan att de har berört slipers.

Höjden på SJ50-räl, 155 mm, subtraherat med axellagerboxarnas fria rörelse nedåt, 30 mm, och flänshöjden 28,5 mm ger 96,5 mm höjd för gardjärnet innan det kommer i kontakt med rälsbefästningar direkt på slipers. Lokets tunna hjulringar har medfört att gardjärnen, utan justering efter svarvningar, mycket väl kan ha varit monterade nära det minsta tillåtna måttet 90 mm över räl (se avsnitt 2.4.4).

Framme vid växel 468 har den urspårade hjulaxelns högra fläns gjort ett avtryck på första glidplanet för höger växeltunga. Det finns inte något motsvarande märke på befästningen för glidplanet. Detta påvisar ytterligare att hjulaxeln har varit begränsad att röra sig lägre än till en specifik höjd.

Skador på bultförband i växeln visar att den urspårade hjulaxelns vänstra hjul därefter har följt växelns vänstra sida. Fortsatta märken på glidplan för höger växeltunga visar att höger hjul gått mellan höger växeltunga och moträl. Genom växelns delning till två spår har det ökade avståndet tvingat vänster hjul mot rälerna och höger hjul mot växeltungan. Växeltungan har därmed bockats kraftigt åt vänster innan hjulaxeln slutligen tvingats uppåt av det ökade avståndet mellan rälerna. Haverikommissionen gör bedömningen att V5-lokets relativt höga axelvikt är orsaken till att växeltungan bockades så kraftigt.

Skadorna på vissa bultar i växel 468 uppvisar randiga mönster som motsvarar de nysvarvade hjulaxlarnas flänsar på V5-loket (se figur 34). Hjulaxlarna på den efterföljande godsvagnen hade däremot inte motsvarande tydliga ränder på flänsarna, sannolikt eftersom de hade gått i minst 133 000 km sedan svarvning och dessa mönster därför med största sannolikhet hade rundats av. Haverikommissionen ser det därför som högst sannolikt att det är en av V5-lokets axlar som har gått urspårad igenom växeln.

Loggen från manöversystemet visar även att växel 468 skadades och gick ur sitt kontrollbekräftade läge samtidigt som växelspårledningen belades. Detta tyder på att den kraftiga påverkan av växeln inträffade mycket nära bakom Rd2-loket, dvs. där V5-loket gick i transport.

En krökning av vänster räl efter tungpartiet samt skador på bultar innanför höger räl (mot spår 3) tyder på att den urspårade hjulaxeln klivit över den vänstra rälerna och fortsatt mellan de båda spåren (se figur 49).



Figur 49. Den urspårade hjulaxelns bedömda väg genom växel 468 markerad med streckade gula linjer.

Fram till korsningspartiet saknas märken i växelns träslipers. Några bultar påvisar dock skador uppifrån. Haverikommissionen bedömer därför att hjulaxeln fortsatt förhindrats, troligtvis av gardjärnet, att komma ner i nivå med slipers och makadam.

Kopplat till sidoförflyttningen av den urspårade hjulaxeln är det rimligt att anta att flera av V5-lokets hjulaxlar tvingats ur spår. Vänster räl mot spår 3 uppvisar också mellan tung- och korsningspartiet ett diagonalt spår, motsvarande en hjulfläns, över rälen huvud mot vänster. Efter sidoförflyttningen saknas märken efter en urspårad axel i slipers och makadam.

Parallellt med korsningspartiet i växel 468 upptäcktes de första skadorna i slipers, mellan rälerne mot spår 3 (se avsnitt 2.3.1). Däremot saknades märken efter ett parallellt hjul i slipers till vänster eller höger. Haverikommissionen gör bedömningen att detta beror på att V5-loket även fortsatt har belastat gardjärnet med delar av sin vikt (eller gardjärnen om samtliga axlar spårat ur), och att det till följd av sidokrafterna i kopplet mot Rd2-loket dragits och lutat åt höger så att bara lokets högra hjul har kunnat beröra slipers.

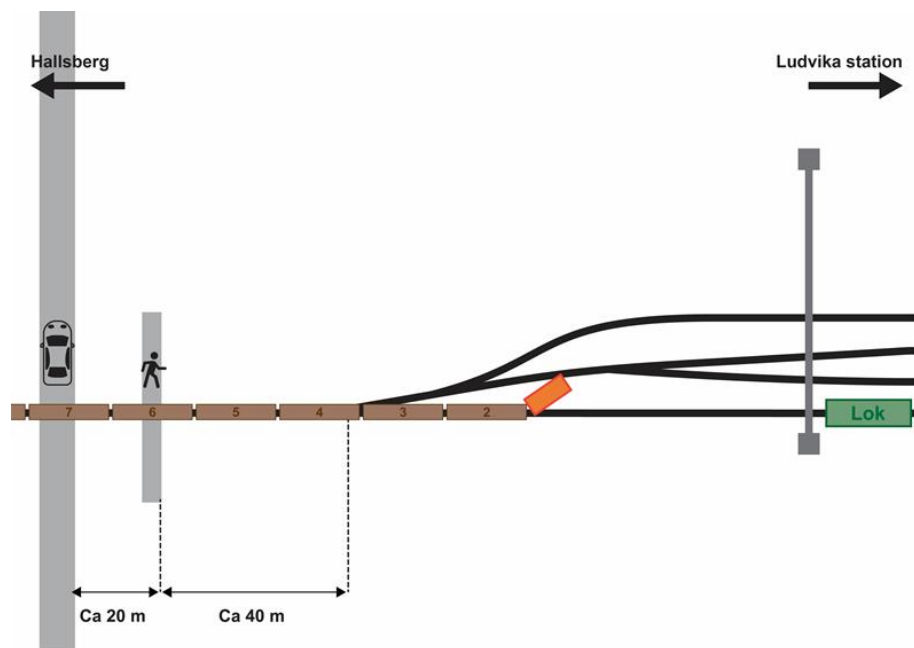
De kraftiga fasningarna på insidan av vänstra sidans hjulflänsar på V5-lokets axel 1 och 3 bedöms ha uppkommit när flänsarna tvingats mot utsidan av rälerne genom växel 468.

Fortsatt händelseförlopp

Under urspårningsförloppet har kopplen på Rd2- och V5-loken överbelastats av den stora förskjutningen i sidled. Rd2-loket har skador på kopplets infästning samt flera skador i ramverket som tyder på en stor

kraft åt vänster i färdriktningen. V5-loket har motsvarande stora skador på kopplets infästning åt höger i färdriktningen. Sammantaget visar det att fordonen har separerats från varandra genom en kraftig sidledsförflyttning, som uppkom när V5-loket spårade ur åt vänster.

Samtidigt som kopplet mellan fordonen lossnade har sannolikt även bromssystemets luftslangar mellan loken brustit och utlöst nödbroms. ATC-loggfilen från Rd2-loket visar att en nödbromsning inleddes före balisgruppen för orientering om sänkt hastighet till 60 km/tim, vilken är belägen vid km 70+625, strax efter växel 468 (se figur 23). Haverikommissionen gör därför bedömningen att separationen mellan Rd2- och V5-loket inträffade i eller direkt efter växel 468 (se figur 50).



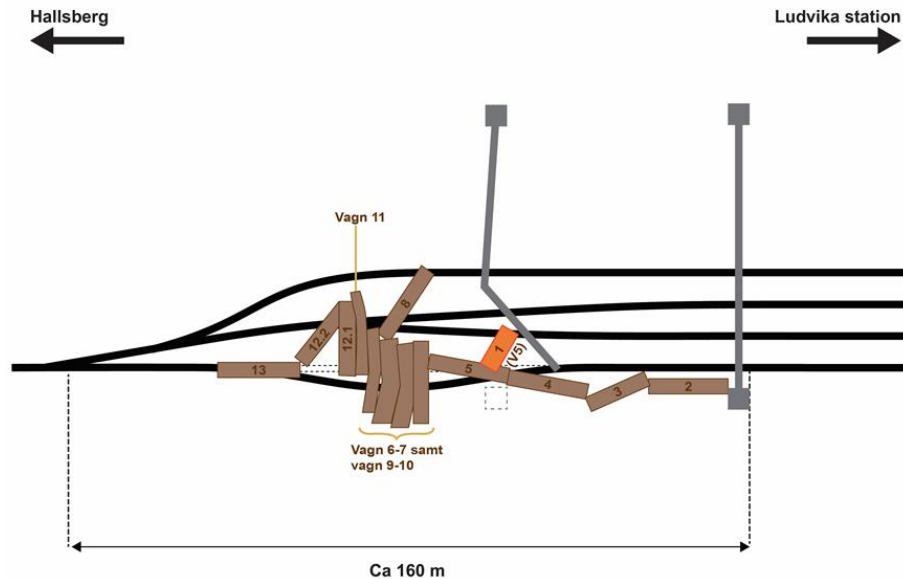
Figur 50. Under passage av växel 468 spårade V5-loket ur med flera hjulaxlar och började förskjuta sig åt vänster i spåret. Kopplet lossnade till följd av sidoförskjutningen från det dragande Rd2-loket (som fortsatte på spår 3 ytterligare ca 450 meter).

Efter växel 468 ökar skadorna i makadamen och betongsliprarna mellan rälerarna uppvisar påverkan av flera urspårade axlar som gradvis förflyttar sig mot vänster räl. Haverikommissionen gör bedömningen att det är i detta skede som V5-lokets gardjärn har skadats. Hjulaxlarna förhindrades därför inte längre att komma direkt ner till marknivå.

Manöverloggen visar att växel 464 lämnade sitt kontrollbekräftade läge tre sekunder efter växel 468. Av det drar haverikommissionen slutsatsen att V5-loket i detta skede har förflyttat sig till vänster i sidled, i eller utanför spår 3, och kört över växelmotorn till växel 464. Därefter har V5-loket fortsatt att vrida sig utåt vänster från spår 3 tills loket har fastnat i makadamen mot intilliggande spår.

V5-loket kom därmed att blockera delar av spår 3, vilket ledde till att de första godsvagnarna tvingades att spåra ur åt höger och passera V5-loket på höger sida.

När den fjärde efterföljande godsvagnen, med en lastad vikt av 77 ton, nådde fram till V5-loket förhindrade den helt övriga vagnar bakom att passera. De följande sju vagnarna bromsades därmed snabbt upp och demolerades av den efterföljande rörelseenergin i tåget (se figur 51).



Figur 51. V5-loket tvärställdes sig slutligen och fastnade i makadammen till vänster om spår 3, vilket tvingade de efterföljande godsvagnarna ur spåret åt höger. När även vagn 2–5 stannat upp bromsades de bakomvarande vagnarna hastigt upp av den återstående rörelseenergin vilket orsakade omfattande skador på vagn 6–12.

3.3 Närmare om gångegenskaperna hos V5-loket

Haverikommissionen har i utredningen närmare undersökt vilka faktorer som kan ha påverkat V5-lokets gångegenskaper och i hur hög grad de kan ha påverkat lokets gång. De faktorer som har undersökts är hjulprofilen på lokets hjul, A-måtten, dämparnas montering samt slitage på stötdämpare och fjädring.

Att A-måtten historiskt har underskridit tillåten tolerans något har med största sannolikhet inte haft någon betydande inverkan på fordonets gångegenskaper. Ett mindre A-mått leder till att kontaktpunkten flyttas utåt på löpbanan och koniciteten ändras mycket lite med en sådan kontaktpunktsändring.

KTH:s simuleringar över spårlägesfelen i Ludvika har dock visat att vinklade stötdämpare ger höga värden avseende flänsklättringskvot oavsett dämparnas skick. Endast vertikala stötdämpare (sådana som loket ursprungligen var utrustat med) med dämparvärden motsvarande 600 kp vid 0,1 m/s resulterar i en tydlig sänkning av flänsklättringskvoten. Simuleringarna visar vidare att minskad vertikal dämpning resulterar i ökad flänsklättringskvot och därmed ökad risk för urspårning på den aktuella sträckan i Ludvika.

Noterbart i sammanhanget är att MiW Rail Technology vid sina undersökningar kom fram till att vinklade stötdämpare genom tillförd dämpning av de ökade laterala rörelserna medgav en höjning av den största tillåtna hastigheten till 100 km/tim. Det bör dock poängteras att simuleringsresultaten i denna utredning gäller för just den plats där urspårningen skedde och att ett annat resultat skulle kunna fås på en annan plats med andra förhållanden ifråga om exempelvis spårläge. Poängteras bör också att det rör sig om simuleringar, som aldrig helt kan sägas motsvara verkligheten. Vissa värden är t.ex. okända, och var det även vid MiW Rail Technologys simuleringar. Eftersom simuleringarna gjorts i samma programvara och fordonsmodell som MiW Rail Technology använde, är de likväl intressanta för en jämförelse.

Enligt haverikommissionens mening så indikerar resultatet av KTH:s simuleringar att det kan finnas en förbisedd risk med att förändra V5-lokets vertikala stötdämpande förmåga genom att vinkla stötdämparna i syfte att skapa lateral dämpning. Haverikommissionen anser därför att Green Cargo bör utvärdera om V5-loken efter ombyggnaden har tillräcklig vertikal dämpningsförmåga i förhållande till den ursprungliga konstruktionen och lokens fjädring.

Förutom simuleringarna genomförde MiW Rail Technology inom ramen för godkännandeprocessen även provkörningar för att höja den största tillåtna hastigheten för V5-loket (se avsnitt 2.4.8). Provkörningarna genomfördes emellertid på en sträcka med generellt bättre spårläge än den aktuella sträckan vid Ludvika. Vissa förutsättningar var även okända vid provtillfällena såsom faktiska stötdämparegenskaper och fjäderkonstanter för både provloket V5 184 och referensloket V5 185. Det har även visat sig att lok av typen V5 ska svarvas med hjulprofil N33, vilket var den hjulprofil som den aktuella V5:an hade svarvats med, och inte med den profil, S1002, som användes vid proven.

Haverikommissionen anser att Green Cargo bör se över vilka förhållanden, förutsättningar och värden som används vid simuleringar och provkörningar vid ändringar på fordon för att säkerställa att även mindre gynnsamma förhållanden testas. Haverikommissionen anser vidare att Transportstyrelsen bör se över i vilken mån godkännandeprocessen för ändringar på fordon säkerställer att konsekvenserna av ändringarna även testats under mindre gynnsamma förhållanden.

Haverikommissionen har också noterat att dämpkraften 600 kp användes vid simuleringarna. Green Cargo har uppgett att dämpkraften 410 till 510 kp är det värde som gäller och tillämpas enligt arbetsinstruktionen för underhåll av stötdämpare. Samtidigt visar historiska uppgifter att värdet 600 kp har angetts som krav i tidigare underhållsinstruktioner för loktypens stötdämpare. Detta tyder på att det kan finnas skäl för Green Cargo att se över vilket krav på dämpkrafter som bör gälla.

3.4 Drift och underhåll

3.4.1 *Fordon*

Som framgått av avsnitt 2.4.6 saknades krav på revisionsintervall och byte av stötdämparna och skruvfjädrarna till axelfjädringen. Kontroller genomfördes enbart okulärt och det som kontrollerades var oljeläckage, glappa bussningar eller sprickor. Förare skulle rapportera upptäckta skador i samband med klargöringen eller vid indikation på dålig gång i spåret. Byte av stötdämpare eller fjädrar utfördes endast efter konstaterad skada.

Även om slitaget på stötdämparna och fjädringen visat sig ha mindre effekt på lokets gångegenskaper än ombyggnaden av dämparna och själva loktypen i sig, anser haverikommissionen att riskerna med att förlita sig enbart till okulär besiktning bör uppmärksammas. I den riskanalys som gjordes i samband med ombyggnaden anges okulär kontroll som riskreducerande åtgärd för att motverka urspårning. Utredningen har emellertid visat att stötdämparna kan ha bristfällig funktion även utan observerbara indikationer på yttre skador såsom läckage av olja. Haverikommissionen ställer sig därför frågande till att det skulle vara tillräckligt med en okulär undersökning för att upptäcka exempelvis inre oljeläckage på stötdämpare.

Okulär kontroll som riskreducerande åtgärd har dock inte ifrågasatts vid tredjepartsgranskningen eller på något annat sätt uppmärksamats under godkännandeprocessen. Detta väcker frågor om hur noggrant riskanalysers innehåll granskas av de som har till uppgift att agera som oberoende granskare. Att riskanalysen i det här fallet granskades av personer från samma företag som utfört analysen väcker också frågor om hur oberoende granskningen kan sägas ha varit (se avsnitt 2.4.8).

I dokumentationen från den aktuella granskningen uppges att särskilda rutiner behövde tillämpas för att säkerställa granskningens oberoende eftersom granskaren och ingenjören som var ansvarig för utredningar och prov båda arbetade på MiW Rail Technology. Dokumentationen innehåller emellertid inte någon beskrivning av dessa särskilda rutiner och hur de tillämpades. Inte heller Green Cargo har redovisat någon dokumentation över vilka rutiner som tillämpades för att säkerställa oberoendet. Även om MiW Rail Technology inom ramen för denna utredning har lämnat en redogörelse till haverikommissionen för hur oberoendet säkerställdes måste dessa brister i dokumentationen bedömas som allvarliga.

Transportstyrelsen har uppgett att myndigheten numera, sedan ett par år tillbaka, godkänner de oberoende granskare som används genom ett formellt och motiverat godkännandebeslut. Godkännandet av ombyggnaden av V5-loken skedde dock innan den rutinen infördes och någon dokumentation avseende Transportstyrelsens bedömning av oberoendet hos granskaren finns därför inte i detta fall. Enligt Transportstyrelsen diskuterades oberoendet troligen muntligen med MiW Rail Technology.

Som framgått hade vidare varken tillverkarna eller Green Cargo utfärdat några rekommendationer eller krav avseende revisionsintervall för fjädrarna och stötdämparna. Detta tyder på att det kan finnas skäl för Green Cargo att se över hur det säkerställs att komponenter blir reviderade.

3.4.2 Spår

De besiktningsanmärkningar som fanns om höjd- och skevningsfel vid Lyviksvägen var av Trafikverket klassificerade som sådana fel som skulle åtgärdas inom tre månader (s.k. UH2-fel). Åtgärdsfristen gick därmed ut vid ett datum som inföll efter olyckstillfället. I Trafikverkets underhållskrav (TDOK 2013:0347) uppges att för spårlägesfel som är allvarligare än UH2-felen, dvs. sådana fel som ligger mellan gränsvärdena UH2 och KRIT, ska åtgärder planeras omedelbart och genomföras utan onödigt dröjsmål.

Eftersom de aktuella felen inte hade bedömts vara av det allvarligare slaget och åtgärdsfristen inte hade löpt ut vid olyckstillfället, har visserligen gällande regler följts. Utredningen har dock som framgått visat att urspårningen med stor sannolikhet orsakades av en samverkan mellan bristande gångegenskaper hos V5-loket och spårlägesfelen på platsen.

Före och efter UH2-felen finns det sänkor i spåren på ett avstånd av 4,2 och 4,3 meter vilket kan ha samverkat med lokets hjulbas (axel 1–3) på 4,5 meter. När lokets främsta axel är på en ”topp” är den sista axeln ungefär i en ”dal”. Simuleringarna visar också på kraftiga nickningsrörelser för V5 över spårlägesfelen.

Under remissförfarandet av utredningen har frågan uppkommit om spårlägesfelen har utgjort en så kallad ”cyclic top”¹⁹. Trafikverket har därför låtit sin motsvarighet i Storbritannien, Network Rail, analysera spårlägesmätningen från den 26 september 2017. Network Rail har använt sin algoritm för cyclic top, för att analysera upprepade cykler med amplitud större än 5 mm inom ett filtrerat våglängdsintervall, i detta fall 9 meter. Resultatet visade på tre upprepade cykler med amplitud större än 5 mm. Dessa visade på en viss effekt av cyclic top, men inte av sådan storlek att de skulle ha krävt några underhållsinsatser enligt Network Rails regelverk för cyclic top.

Oavsett om det rörde sig om ett tidigt stadium av ”cyclic top” eller inte så konstaterar haverikommissionen att det spårlägesfel som fanns på platsen bildade en ”dal-topp-dal”-formation med en våglängd som sammanföll med V5-lokets hjulbas.

¹⁹ Cyclic top uppstår när ett höjdlägesfel över tid fortplantar sig periodiskt längs med spåret. Detta kan skapa resonans i fordonets fjädring med urspårning som följd. Varje enskilt spårlägesfel kan ligga inom de etablerade gränsvärdena för vertikala spårlägesfel men den cykliska naturen medför ändå en urspårningsrisk.

Trafikverket har uppgett att kraven på spårläge, vilka inkluderar underhållsnivåer med besiktningsanmärkningar, inte utformas utifrån specifika järnvägsfordon. Kraven tas fram med hänsyn till regelverket för järnvägsfordon på generell nivå. Vidare uppger Trafikverket att de som infrastrukturförvaltare inte har full insyn i vilka järnvägsfordon som trafikerar banan och hänvisar till att det är Transportstyrelsen som godkänner fordon och järnvägsföretagen som har ansvaret för och kännedom om befintliga järnvägsfordons gångdynamiska egenskaper. Systemet bygger på att de olika regelverken tekniskt och säkerhetsmässigt är anpassade mot varandra.

Haverikommissionen anser ändå att Trafikverket bör utvärdera om nuvarande regelverk och tillämpade rutiner för spårläge, besiktningsanmärkningar och åtgärdstider, med utgångspunkt från gällande regelverk för gångegenskaper hos järnvägsfordon, omhändertar den risk som identifierats i utredningen avseende gångegenskaper hos treaxliga lok med kort axelavstånd i kombination med den typ av spårlägesfel som fanns på platsen.

3.5 Räddningsinsatsen

När det gäller räddningsinsatsen (se avsnitt 1.3) finner haverikommissionen anledning att särskilt belysa två delar av den samlade insatsen där det har identifierats att det finns utrymme för förbättringar.

3.5.1 *Hanteringen av trafikstoppet och räddningsfrånkopplingen*

Inledningsvis kan konstateras att en SOS-operatör och en ledningsoperatör hos polisen diskuterade frågan om att begära ”tågstopp” (korrekt benämning är trafikstopp) utan att räddningstjänstens räddningsledare deltog i samtalet. Enligt Trafikverkets rutinbeskrivning, *TDOK 2014:0088 Hantera larm vid olycka, tillbud och avvikelser på järnväg* kan begäran om trafikstopp från räddningsledare visserligen förmedlas av SOS Alarm. Räddningsledaren hade dock i detta skede ännu inte gjort någon sådan begäran.

När räddningstjänstens räddningsledare hade hittat olycksplatsen begärde han trafikstopp och räddningsfrånkoppling via SOS Alarm. Räddningsledarens begäran förmedlades av SOS Alarm till Trafikverkets trafikcentral och till eldriften. Trafikstoppet var redan effektuerat, men inte räddningsfrånkopplingen. Behovet av den sistnämnda åtgärden ifrågasattes också initialt av Trafikverkets eldrift.

Eldrifteningenjörerna som deltog i samtalen med SOS Alarm ifrågasatte vad räddningstjänsten skulle göra i spårområdet då det endast rörde sig om en nedriven kontaktledning. Därefter följde en mer än fem minuter lång diskussion mellan SOS Alarm och Trafikverkets eldrift om vad som hänt och vem som brukar göra vad när en kontaktledning rivs ner. SOS-operatören tydliggjorde till slut att räddningsledaren var på plats och att det var dennes begäran att elen skulle kopplas ifrån. Eldrifteningenjören påpekade då att räddningsledaren själv måste begära räddningsfrånkoppling av Trafikverkets eldrift.

Först kl. 02.41, ca sex minuter efter det första samtalet mellan SOS Alarm och Trafikverkets eldrift, fick räddningsledaren själv möjlighet att tala direkt med eldriften hos Trafikverket och kunde då få räddningsfrånkopplingen genomförd.

I Trafikverkets *TDOK 2015:0223 Elsäkerhetsföreskrifter för arbete på eller nära järnvägsanknutna högspännings- och tågvärmeanläggningar* anges att räddningsledaren ska ta kontakt med eldrifteningenjören vid begäran om räddningsfrånkoppling. Under ”Åtgärder vid brand” i föreskriften anges också: ”När ansvarigt befäl hos Räddningstjänsten tagit kontakt ska eldrifteningenjören fråga denne om ledningarna behöver frånkopplas för att underlätta brandbekämpningen”. Eldrifteningenjören ska också meddela räddningsledaren när räddningsfrånkoppling är utförd och namn ska utväxlas som kvittens på detta.

Med facit i hand hade det naturligtvis varit bra om SOS-operatören direkt hade kopplat vidare räddningsledaren till Trafikverkets eldrift. Eldrifteningenjören hade också omgående kunnat påtala för SOS-operatören att det krävdes en direktkontakt med räddningsledaren för att effektuera begäran om räddningsfrånkoppling. I stället användes några minuter för att diskutera behovet av räddningsfrånkopplingen som sådan, vilket kom att fördröja utförandet av åtgärden med ca sex minuter.

SOS-operatörerna använde också en nomenklatur som inte var helt korrekt i den ovan nämnda diskussionen. Det pratades om att ”göra strömlöst”, ”totalt elstopp” eller att ”bryta elen”. Operatörerna använde således inte den korrekta benämningen räddningsfrånkoppling.

För att undvika missförstånd och inte försena viktiga åtgärder är det viktigt att rutiner beträffande bl.a. kontaktvägar följs och att rätt nomenklatur används.

I utredningen har det visserligen framkommit att SOS-operatören har tillgång till ett stöd i datasystemet för att på ett korrekt sätt hantera räddningsfrånkoppling och trafikstopp. För att hitta stödet måste operatörerna dock leta sig fram i olika mappar i datasystemet, vilket inte är inte optimalt. Stödet måste vara enkelt att hitta och vid behov kunna tas fram snabbt. SOS Alarm rekommenderas därför att i dialog med Trafikverket vidta åtgärder för att på lämpligt sätt förbättra handlägningsstödet för SOS-operatörerna avseende begäran om trafikstopp och räddningsfrånkoppling. Det kan också finnas anledning för Trafikverket att se över hur eldriftsingenjörernas rutiner för hantering av räddningsfrånkoppling fungerar och tillämpas i olika situationer.

3.5.2 Hanteringen av arbetsjordningen

Av utredningen framgår att Räddningstjänsten Västerbergslagen, som hade det operativa ansvaret för den kommunala räddningstjänsten inom kommunerna Ludvika och Ljusnarsberg vid tiden för händelsen, inte hade egen utrustning för arbetsjordning i tillräcklig omfattning för att

kunna arbetsjorda hela olycksplatsen. I stället fick man begära hjälp med sådan utrustning från räddningstjänsten Dala Mitt i Borlänge. Även Trafikverkets entreprenör Infranord kallades in och hjälpte till med arbetsjordningen. Det tog sammanlagt ungefär en och en halv timme från det att olycksplatsen hade lokaliserats till dess att arbetsjordningen var slutligt genomförd.

Det får enligt haverikommissionen anses vara en allvarlig brist att arbetsjordning inte kunde genomföras mer skyndsamt. Vid händelser då det kan behöva vidtas akuta skadeavhjälpande åtgärder, exempelvis för att rädda liv, måste arbetsjordning kunna utföras betydligt snabbare än så, även om flera kontaktledningar är nedrivna.

Trafikverkets entreprenör Infranord ska enligt avtal med Trafikverket kunna genomföra felavhjälpning dygnet runt. Med fel avses till exempel avvikelser som medför tågstörning eller påverkar säkerheten. Entreprenörens inställetid regleras i avtalet och var 120 minuter vid tiden för den aktuella händelsen. Enligt Trafikverket kan kompetensen hos deras entreprenör vara nödvändig för att utföra arbetsjordning av spår-områden med flera kontaktledningar. Om Trafikverket anser att denna kompetens är nödvändig kan en inställetid på två timmar inte anses rimlig, i fall där räddningstjänsten behöver vidta livräddande eller akuta skadeavhjälpande åtgärder och därför behöver beträda spårområdet.

Räddningstjänstens brist på egen utrustning för arbetsjordning fick vidare till följd att resurser från en annan räddningstjänst fick tas i anspråk enbart för att leverera utrustning.

Räddningstjänsten Västerbergslagen ingår numera i Räddningstjänsten Dala Mitt. Räddningstjänsten Dala Mitt rekommenderas att stärka sin förmåga att snabbt kunna arbetsjorda spårområdena inom sitt verksamhetsområde. Även infrastrukturförvaltaren för spåranläggningen. Trafikverket, kan behöva ta ett större ansvar. Arbetet med att stärka förmågan bör således vidtas i dialog och i samarbete med Trafikverket.

Det är inte orimligt att anta att förmågan att arbetsjorda spårområden med flera kontaktledningar vid räddningsinsats kan vara otillräcklig även på andra platser i landet. Mot bakgrund av att en sådan brist i beredskapen kan leda till allvarliga konsekvenser, anser haverikommissionen att förmågan att arbetsjorda större spårområden bör kartläggas i hela landet. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) rekommenderas därför att i samverkan med relevanta aktörer, t.ex. länsstyrelserna, Trafikverket och de kommunala räddningstjänsterna, kartlägga förmågan att hantera arbetsjordning vid samtliga större spårområden i Sverige och mot bakgrund av denna kartläggning ta ställning till om det finns anledning till åtgärder.

För det fall MSB identifierar ett behov av åtgärder vore det olyckligt om ett sådant förbättringsarbete enbart bedrivs lokalt inom landets olika räddningstjänstområden. Arbetet borde kunna effektiviseras om vägledning för detta arbete kunde tas fram nationellt. MSB har ett centralt ansvar för samordningen och utvecklingen av räddningstjänsterna och ett ansvar att ge räddningstjänsterna vägledning i bl.a. operativa frågor. MSB rekommenderas därför att i detta fall utarbeta någon form av vägledning för hur de lokala aktörerna kan arbeta med förbättringar av förmågan att arbetsjorda. Detta arbete bör ske i nära samarbete med främst Trafikverket, som är infrastrukturförvaltare för de flesta spårområdena i Sverige. För att få en nära koppling till och kännedom om de kommunala räddningstjänsternas förutsättningar bör även representanter från räddningstjänsterna delta i arbetet. En sådan arbetsform skulle troligen även främja erfarenhetsutbyte och underlätta implementeringen av nya rutiner.

3.6 Utredningsresultat

- a) Föraren hade erforderlig behörighet.
- b) Signal- och trafikledningssystemet har fungerat normalt.
- c) Tåget har framförts normalt.
- d) Något individuellt fordons- eller spårfel som skulle ha kunnat orsaka urspårningen har inte identifierats.
- e) Det fanns besiktningsanmärkningar om spårlägesfel på platsen som skulle åtgärdas inom tre månader.
- f) Simuleringar har visat att V5-lokets gång över den plats där spårlägesfelen fanns var bristfällig.
- g) V5-lokets stötdämpare hade vinklats om i samband med en ombyggnad för att loket skulle kunna gå i transport i högre hastighet.
- h) V5-lokets stötdämpare och fjädrar var slitna.
- i) V5-lokets gångegenskaper över platsen med spårlägesfel leder till stor risk för flänsklättring.
- j) Stötdämparnas vinkling påverkar gångegenskaperna hos V5-loket mer än graden av slitage på stötdämpare och fjädrar.
- k) Ett annat dämpkrav användes vid de simuleringar som gjordes inför ombyggnaden av V5-loket, än det som anges i gällande arbetsinstruktioner för upparbetning av dämparna.
- l) Det saknades intervall för underhåll och prov av skruvfjädrar och stötdämpare.
- m) För vagnen bakom V5-loket fanns inte någon större risk för flänsklättring.

4. ÖVRIGA IAKTTAGELSER

Inga.

5. ORSAKER

Haverikommissionen bedömer det som mycket sannolikt att urspårningen orsakades av gångegenskaperna hos det V5-lok som gick i transport i samverkan med de spårlägesfel som fanns på platsen.

Den faktor som tydligast bedöms ha påverkat gångegenskaperna är att loket var treaxligt och kort. En annan faktor som bedöms ha påverkat gångegenskaperna är att lokets stötdämpare hade vinklats om. Andra faktorer som har konstaterats ha haft en mindre, men inte obetydlig, inverkan på gångegenskaperna var att skruvfjädrarna och stötdämparna inte uppfyllde gällande krav samt att hjulen var nysvarvade.

En bidragande orsak till urspårningen var att risken för att de omvinklade dämparna på loktypen i samverkan med spårlägesfel skulle kunna bidra till en ökad risk för flänsklättring och urspårning inte hade uppmärksamats vid de simuleringar, provkörningar och riskanalyser som gjordes i samband med ombyggnaden.

En annan bidragande orsak var att risken för att spårlägesfel i samverkan med gångegenskaperna hos vissa typer av fordon skulle kunna leda till urspårning inte hade uppmärksamats inom ramen för infrastrukturförvaltarens underhållssystem.

En bidragande orsak till att skruvfjädrarna och dämparna inte uppfyllde gällande krav var att det saknades revisionsintervall för dessa.

6. VIDTAGNA ÅTGÄRDER

I samband med haverisammanträdet den 12 juni 2018 delgav haverikommissionen Green Cargo resultatet av utförda dämpartester.

Den 29 juni 2018 beslutade Green Cargo att byta stötdämpare på loktypen V5 till en stötdämpare av engångstyp, som alltså inte upparbetas, för att undvika risker som kan uppkomma till följd av felaktiga upparbetningar. Vidare har Green Cargo beslutat att lägga in ”splitpunkter”, dvs. kontroller efter sex månader och efter ett år, då dämparna ska provtryckas för att kontrollera om de håller godkända värden. Green Cargo har också beslutat att förbättra sina rutiner när det gäller att upprätthålla de i styrdokumenterna angivna underhållsintervallen för V5-loken. Detta gäller även revisioner av hjul.

7. SÄKERHETSREKOMMENDATIONER

Green Cargo rekommenderas att:

- Testa fjädringens skruvfjädrar på lok av typ V5 vid t.ex. hjulparsrevision för att säkerställa korrekt funktion (se avsnitt 3.4.1). (RJ 2019:02 R1)
- Utvärdera om V5-loken efter ombyggnad med vinklade stötdämpare har tillräcklig vertikal dämpningsförmåga i förhållande till den ursprungliga konstruktionen och lokens fjädring (se avsnitt 3.3). (RJ 2019:02 R2)
- Se över vilka förhållanden, förutsättningar och värden som används vid simuleringar och provkörningar vid ändringar på fordon för att säkerställa att även mindre gynnsamma förhållanden testas (se avsnitt 3.3). (RJ 2019:02 R3)

Trafikverket rekommenderas att:

- Utvärdera om nuvarande regelverk och tillämpade rutiner för spårläge, besiktningsanmärkningar och åtgärdstider, med utgångspunkt från gällande regelverk för gångegenskaper hos järnvägsfordon, omhändertar den risk som identifierats i utredningen avseende gångegenskaper hos treaxliga lok med kort axelavstånd i kombination med den typ av spårlägesfel som fanns på platsen. (se avsnitt 3.4.2). (RJ 2019:02 R4)
- Se över hur eldriftsingenjörernas rutiner för hantering av räddningsfrånkoppling fungerar i olika situationer (se avsnitt 3.5.1). (RJ 2019:02 R5).

Transportstyrelsen rekommenderas att:

- Se över i vilken mån godkännandeprocessen för ändringar på fordon säkerställer att konsekvenserna av ändringarna även testats under mindre gynnsamma förhållanden (se avsnitt 3.3). (RJ 2019:02 R6)

SOS Alarm Sverige AB rekommenderas att i dialog med Trafikverket:

- Vidta åtgärder för att förbättra handläggningsstödet för SOS-operatörerna för att hantera begäran från räddningstjänsten om trafikstopp och räddningsfrånkoppling (se avsnitt 3.5.1). (RJ 2019:02 R7)

Räddningstjänsten Dala Mitt rekommenderas att i samarbete med Trafikverket:

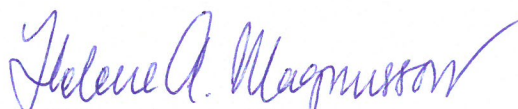
- Stärka sin förmåga att snabbt kunna arbetsjorda spårområdena inom sitt verksamhetsområde (se avsnitt 3.5.2). (RJ 2019:02 R8)

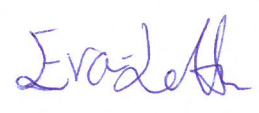
Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) rekommenderas att i samråd med främst Trafikverket och representanter för kommunala räddningstjänster:

- Kartlägga de lokala förutsättningarna för att snabbt kunna arbetsjorda kontaktledningarna i samband med en räddningsinsats vid större spårområden i Sverige (se avsnitt 3.5.2). (RJ 2019:02 R9)
- Mot bakgrund av resultatet av kartläggningen vid behov utarbeta en vägledning som kommunala räddningstjänster och Trafikverket kan använda som utgångspunkt för utarbetande av lokala lösningar och rutiner för arbetsjording (se avsnitt 3.5.2). (RJ 2019:02 R10)

Statens haverikommission emotser besked **senast den 27 juni 2019** om vilka åtgärder som har vidtagits med anledning av de rekommendationer som har lämnats i rapporten.

På haverikommissionens vägnar


Helene Arango Magnusson


Eva-Lotta Högberg

