

RAPPORT

JB 2013/01



RAPPORT OM JERNBANEULYKKE PÅ DOMBÅS STASJON 13. JANUAR 2012 MED TOG 5701

 This report is also available in English

Statens havarikommisjon for transport (SHT) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre jernbanesikkerheten. Formålet med undersøkelsene er å identifisere feil og mangler som kan svekke jernbanesikkerheten, enten de er årsaksfaktorer eller ikke, og fremme tilrådinger. Det er ikke havarikommisjonens oppgave å ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid bør unngås.

RAPPORT

Statens havarikommisjon for transport
Postboks 213
2001 Lillestrøm
Telefon: 63 89 63 00
Faks: 63 89 63 01
<http://www.aibn.no>
E-post: post@aibn.no

Avgitt dato: 11.01.2013
JB Rapport: 2013/01

Denne undersøkelsen har hatt et begrenset omfang. Av den grunn har SHT valgt å benytte et forenklet rapportformat. En full rapport benyttes bare når undersøkelsens omfang gjør dette nødvendig. Den forenklete rapporten belyser de funn som er gjort og fremlegger eventuelle sikkerhetsmessige tilrådinger.

Togmateriell:

- Type og reg.: TRAXX F 140 AC 2, nr. 119-003
- Produksjonsår: 2009
- Motor(er): Vekselstrøm 3-Fase asynkronmotorer

Operatør:

CargoNet AS

Dato og tidspunkt:

Fredag 13. januar 2012 klokken 22.44

Hendelsessted:

Dombås stasjon

Type hendelse:

Avsporing

Type transport:

Godstransport

Værforhold:

Kraftig snøvær

Lysforhold:

Mørkt

Føreforhold skinner:

Glatt

Antall om bord:

2

Personskader:

Ingen

Skader på materiell:

Lokomotiv og fem vogner

Andre skader:

Skader på infrastrukturen

Lokomotivførere (3 stk.):

Alnabru - Dovre / Dovre - Dombås (1) / Dovre – Dombås (2)

- Erfaring: 4 år / 25 år / 25 år

- Utdanning

Alle er autoriserte lokførere

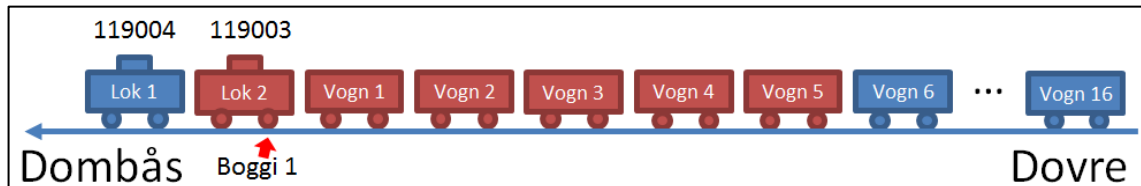
Informasjonskilder:

Jernbaneverket (JBV), Bombardier, CargoNet AS, Forsvarets laboratorietjeneste kjemi- og material (FOLAT), Statens jernbanetilsyn (SJT)

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

Fredag 13. januar 2012 klokken 22.44 sporet godstog 5701 fra CargoNet AS av på Dombås stasjon. Det var to førere i lokomotiv 1, og ingen av disse ble skadet i hendelsen.

Tog 5701 bestod av to lokomotiver og 16 vogner, se Figur 1. Lokomotiv nummer 2 og 5 vogner sporet av i sporveksel nummer 3 på Dombås stasjon.



Figur 1: Tog 5701, rødt er materiell som sporet av.

Før avsporingen hadde det oppstått problemer med lokomotiv 2, som har registrering nr. 119-003. Dette lokomotivet hadde trukket vognene fra Alnabru til Dovre hvor det stoppet grunnet en feilmelding. Fører forteller at det var en del vibrasjoner i lokomotivet ved hastigheter over 60 km/t. Første feilmelding ble registrert kl. 17.02, og toget stoppet på Dovre rundt kl. 17.06. Feilmeldingen på lokomotivet indikerte at det var problemer med boggi nummer 1 som var bakerste boggi i togets kjøreretning, se Figur 1. Dette medførte at det ikke ble gitt trekkraft til denne boggien, og toget ble stående og sperre for trafikken forbi Dovre. Fører feilsøkte på lokomotivet i samråd med vaktleder i CargoNet AS, men etter en stund ble feilsøkingen avsluttet. Lokomotiv nr. 119-003 hadde fortsatt trekkraft på boggi 2, men klarte ikke å flytte seg for egen maskin. Det var kraftig snøvær denne dagen, og dette bidro til å gjøre kjøreforholdene vanskelige. Det ble avtalt med togleder at persontog 45 skulle hjelpe til å dytte godstog 5701 inn i spor 2 på Dovre. Da tog 5701 var dyttet inn i spor 2 på Dovre ble føreren avløst rundt kl. 19.00.



Figur 2: Lokomotiv nr. 119-003.



Figur 3: Avsporede vogner.

Rundt klokken 21.35 ankom ekstralokomotiv nr. 119-004 Dovre, for å dra toget til Trondheim. Etter tilkobling og bremseprøving fikk toget tillatelse fra togleder til å kjøre nordover mot Trondheim. Kort tid etter utkjøring fra Dovre ble fører kontaktet av togleder, som meldte at det ikke var kontroll på sporveksel 2 etter at toget hadde passert. Varsel om «sporveksel ute av kontroll» kan være en indikasjon på avsporing, og toget ble stoppet omgående. Toget ble deretter undersøkt utvendig i dyp snø av fører, uten at det ble funnet noen form for uregelmessigheter. Fører kontaktet togleder og meldte i fra om resultatet av undersøkelsen, og fikk deretter klarsignal til å fortsette.

Klokken 22.44 ankom toget Dombås stasjon, og i det toget passerte sporveksel nr. tre kjente førerne et rykk i lokomotivet kombinert med et smell. Da hadde toget delt seg mellom lokomotiv 119-004 og lokomotiv nr. 119-003, og avsporingen var et faktum.

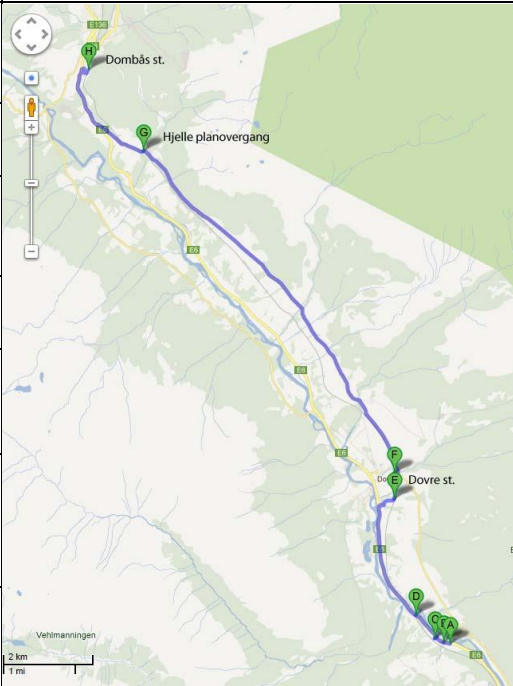
2. GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER

Statens havarikommisjon for transport (SHT) ble varslet om hendelsen 13. januar klokken 23.30, og ankom Dombås med 3 havariinspektører 14. januar klokken 06.00.

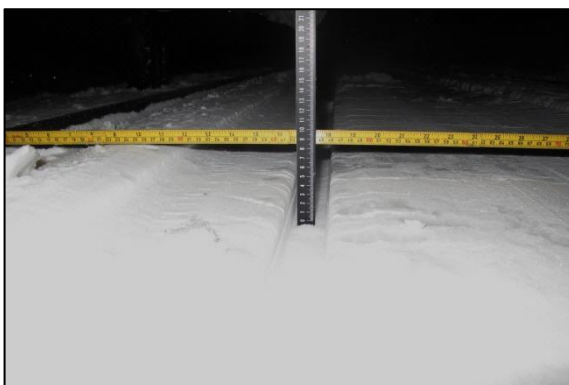
Berørte parter ble varslet om oppstart av undersøkelse i brev av 19. januar 2012, og ulykken ble varslet til European Railway Agency (ERA) 25. januar 2012.

Ved ankomst ble SHT informert av Jernbaneverket (JBV) om at det var funnet skader på skinnegangen før Dombås stasjon. Det ble gjennomført en befaring på den 16 km lange strekningen fra Brennhaug til Dombås for å dokumentere skadene langs sporet.

Tabell 1: Oversikt over skader på infrastrukturen

| Objekt | Km | Beskrivelse | Kart |
|-------------------------|---------|--|--|
| A- Planovergang | 326,522 | 15 meter etter planovergangen ble første tegn til spor i snøen observert. |  <p>The map shows a section of the railway line in Norway. A blue line represents the railway track, starting from Dombås st. in the north and ending at Dovre st. in the south. Several points are marked with letters A through H along the track, corresponding to the locations of infrastructure damage. The map also shows surrounding terrain, including hills and a river (Vehlmanningen). A scale bar indicates 2 km and 1 mile.</p> |
| B - Midt i sporet | 326,610 | Pukk har sprutet opp i snøen, tegn på at noe har vært nede i sporet. | |
| C- Planovergang | 326,850 | Trelem over planovergang var skadet og flyttet 5 til 10 cm nordover. | |
| D- Bro | 327,900 | Det ble observert små riper i ledeskinnen på broen. | |
| E- Sporveksel 1 Dovre | 330,281 | Synlig spor i snøen av at noe henger for lavt under toget, og kraftigere spor inn i spor 2. | |
| F -Sporveksel 2 Dovre | 331,976 | Skader på venstre tunge, og det ble funnet en metallbit fra nedre del av motoren på nr. 119-003 i sporet. | |
| G- Hjelle planovergang | 340,490 | Skader på Strail lemmer. Lemmene har heftet seg fast i toget, og disse har falt av langs sporet. Litt nord for planovergangen ble bolten til nødfestet funnet. | |
| H - Sporveksel 1 Dombås | 342,570 | Store skader. | |

Figur 4: Kart over funn (kilde: Google map).



Figur 5: Merker i snøen - funn E.

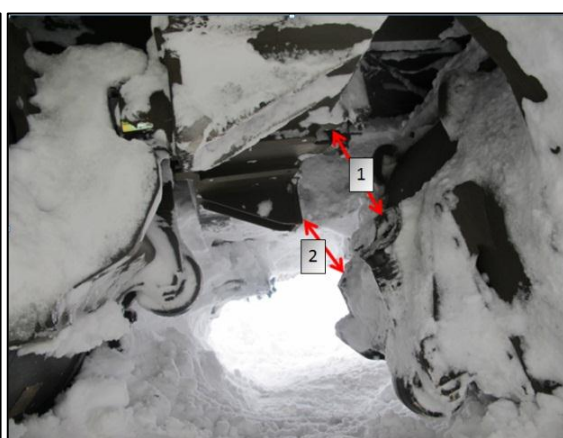


Figur 6: Strail lem Hjelle planovergang - funn G.

Etter at sporet var undersøkt ble det gjort undersøkelser av lokomotiv nr. 119-003. Her ble det konstatert at motorfestet samt nødfestet til motor 2 på boggi 1 var ødelagt.



Figur 7: Boggi 1 på lokomotiv 119003.



Figur 8: Ødelagt motorfeste (1) og nødfeste (2).

Lokomotivet ble undersøkt på Grorud verksted den 23. januar av representanter fra SHT, CargoNet AS og leverandøren av lokomotivet, Bombardier. Her ble lokomotivet og relevant dokumentasjon gjennomgått. Motorfestet og nødfestet ble demontert og fraktet til metallurgiske undersøkelser på Forsvarets laboratorietjeneste (FOLAT). Den 25. januar ble vognkassen til lokomotivet løftet av boggier, og det ble funnet spor etter lysbuer og skader på kablene som gikk til motoren som hadde løsnet.

2.1 Lover og forskrifter

Internasjonale krav rundt ansvaret for å ta i bruk kjøretøy er regulert i blant annet artikkel 14 i direktiv 2004/49/EF (jernbanesikkerhetsdirektivet), og direktiv 2008/57/EF (samtrafikkdirektivet).

Kjøretøyforskriften er et nasjonalt regelverk i Norge som inneholder krav til kjøretøy for å få tillatelse til ibruktaking etter samtrafikkforskriften, og krav til jernbaneforetak i forbindelse med drift og vedlikehold av kjøretøy. Forskriften trådte i kraft 1.7.2012, men punktene som listes opp under var tidligere regulert i sikkerhetsforskriften.

- § 4. Overordnet ansvar for sikkerhet heter at «Jernbaneforetaket skal sikre at kjøretøyene til enhver tid er i en slik stand at det legges til rette for sikker drift av jernbanesystemet. Kjøretøy skal ha en teknisk utforming og driftsmessig tilstand som gjør at virksomheten er innenfor akseptabel risiko.»

- Vedlegg punkt 1.4 heter at «*Det skal videre foreligge dokumentasjon på at kjøretøyet er testet på sporet slik at det tåler de driftsmessige og klimamessige belastninger det utsettes for under drift, herunder avsporingssikkerhet, tilfredsstillende løpeegenskaper innenfor den hastighetsklassen materiellet er beregnet for og bremseeffekt*»
- Vedlegg punkt 2.1.1 heter at «*Kjøretøyet må ha en mekanisk styrke og integritet som gjør at det tåler de kreftene som det utsettes for i alle forventede driftssituasjoner gjennom hele levetiden*»
- Vedlegg punkt 2.1.7 heter at «*Forbindelser mellom ulike deler av kjøretøyet, for eksempel mellom vognkasse og boggi, skal tåle de statiske og dynamiske belastninger de utsettes for. Ved belastningstilfeller og beregning av styrke aksepteres følgende standarder: EN 12663, UIC 577, ERRI B12/RP17, UIC 515-1 og UIC 615-1.*»
- § 7. Drift, kontroll og vedlikehold av kjøretøy. Krav til jernbaneforetaket om ansvar, drift, vedlikehold, kontroll, sikkerhetsmessige minimumskrav etc.

Sikkerhetsstyringsforskriften § 2-3 heter at «*Jernbanevirksomheten skal ha barrierer som reduserer sannsynligheten for at feil, fare- og ulykkessituasjoner utvikler seg. Barrierene skal være identifisert, og det skal være kjent i virksomheten hvilke barrierer som er etablert og hvilke funksjoner de skal ivareta. Der det er nødvendig med flere barrierer, skal det være tilstrekkelig uavhengighet mellom barrierene*».

Som et eksempel på et område hvor regelverket beskriver funksjonen til en barriere er det i kjøretøyforskriften vedlegg 10.1.2.4 Brannvegger henviser videre til [TSI LOC & PAS](#)¹ punkt 4.2.10.5 (2011/291/EU). Her finnes det også en veiledning fra European Railway Agency som forklarer målene med barrieren, og henvisning til andre aksepterte tiltak som f. eks tidlig deteksjon.

Når det gjelder standardiseringsarbeid opplyser Statens jernbanetilsyn (SJT) at dette primært er en industrioppgave, og at det er industrien selv som utarbeider slike standarder. I Norge er det jernbanelovgivningens krav som gjelder, og her finnes det overordnede styrende krav som er relevante i denne sammenhengen.

Jernbanelovgivningen inneholder også internasjonale krav og f. eks mye av teksten i kjøretøyforskriften er hentet fra eller viser til andre kilder. Når det gjelder detaljeringen av jernbanelovgivningen og internasjonale krav er dette ment å være minimumskrav. Dette er for at man ikke skal låse seg til en bestemt løsning, men ha fleksibilitet innenfor sikre og hensiktsmessige rammer.

2.2 Tidligere hendelser med lokomotiv nr. 119-003

Lokomotivet hadde tidligere sporet av på Dalane stasjon den 31. januar 2010 med samme boggi som i denne undersøkelsen, se avgitt [undersøkelserapport JB 2010/05](#). Lokomotivet kolliderte da med en endebutt og sporet av med boggi 1. Boggi 2 ble stående på sporet. Avsporingen medførte skader på plogen og buffere, samt noe skade

¹ Vedlegg til vedtak 2011/291/EU. Technical specification for interoperability relating to the rolling stock subsystem — ‘Locomotives and passenger rolling stock’ of the trans-European conventional rail system.

under lokomotivet. Reparasjonen etter avsporingen ble utført av CargoNet AS, og lokomotivet var tilbake i drift i begynnelsen av mai 2010.

Etter 3 246 kjørte km., den 15. mai 2010 ble det meldt om feil på lokomotivet, som viste seg å være en ødelagt drevkasse. Boggien og drevkassen ble deretter sendt til Bombardier i Tyskland for reparasjon. Bombardier informerer at de ikke var klar over at lokomotivet hadde sporet av på Dalane to uker tidligere da boggi og drevkassen ble reparert. Under denne reparasjonen ble motorfestet visuelt kontrollert og godkjent for videre bruk. Reparasjonsprotokollen fra 2010 forteller at det var skader på drevkassen, og at den var tom for olje [1]. Skadene ble påvist på boggi 1 på både aksel 1 og 2, hvor de største skadene ble påvist på drevkassen til aksel 2. Dette er samme sted som motorfestet gikk til brudd i denne undersøkelsen (aksel 2/ motor 2). Skadene på drevkassen til aksel 1 er forenelige med at lokomotivet har kollidert med et objekt i sporet i fart, se Figur 9. Når det gjelder skadene på drevkassen til aksel 2 ser disse ikke ut til å være relatert til en kollisjon med objekt på samme måte, se Figur 10. Skadene var ikke på laveste punkt på drevkassen, og merkene ser ut til å ha vært påført med høy last og svært lav hastighet. Dette kan tyde på at skaden på drevkassen kan ha skjedd ved avsporing på Dalane, eller under bergingsoperasjonen. Både CargoNet AS og Bombardier er enige i at skadene på drevkassen ser ut til å være relatert til avsporingen på Dalane, og havarikommisjonen har derfor ikke undersøkt dette nærmere.



Figur 9: Merker på aksel 1 (Kilde: CargoNet AS) Figur 10: Merker på aksel 2 (kilde: CargoNet AS)

2.3 Registreringsenhet

Litt mindre enn fire kilometer fra Dovre, kl 17.02 ble det registrert overstrøm på boggi 1. GPS posisjonen på registreringen samsvarer med objekt A i tabell 1. Hastigheten var da registrert til 74 km/t. Kl. 17.03 viste registreringsenheten at det var forstyrrelser på strømsensoren MGr1, og togets computer iverksatte beskyttelsestiltak, og deaktiverte strømforsyningen til boggi 1. Hastigheten til toget var 60 km/t da strømforsyningen til boggi 1 ble deaktivert. Fører forsøkte å re-starte omformeren flere ganger i tidsrommet kl.17.04 til kl. 17.05, men beskyttelsestiltakene forhindret dette. Hastigheten var avtagende. Kl. 17.05.29 var hastigheten 29 km/t, og toget står stille på Dovre klokken 17.06. Dette samsvarer med objekt E i tabell 1.

2.4 Metallurgiske undersøkelser ved Forsvarets Laboratorietjeneste

Havarikommisjonen benyttet Forsvarets Laboratorietjeneste (FOLAT) for å undersøke motorfestet og nødfestet til lokomotiv nr. 119-003, se Figur 11 og Figur 12. FOLAT konkluderte i sine undersøkelser at motorfestet ikke hadde tegn på å være

underdimensjonert [2] [3]. Dette er basert på at skadeutviklingen i all hovedsak hadde foregått ved høysyklus utmatting² og at andelen restbrudd (overbelastning) var neglisjerbar. Rapporten antyder også at motorfestet kan ha vært utsatt for sjokkbelastninger³ i de to hendelsene som er omtalt tidligere (avsporing på Dalane og kollisjonsskader på drevkassen). Slike overbelastninger kan ha introdusert lokale spenningskonsentrasjoner⁴ i komponenten og medvirket til initiering av utmattingskaden. Rapporten kan ikke med sikkerhet fastslå at sjokkbelastningene alene er årsaken til initieringen av bruddet. Rapporten viser også at det kan observeres mikrosprekker i overflaten av motoropphenget i området for sprekkiniteringen som er relatert til smiprosessen. FOLAT anbefaler å forbedre overflatebehandlingen etter smiing med tanke på å forbedre egenskapene til komponenten.

Ettersom sprekkevæksten har utviklet seg over lengre tid mener FOLAT at dette kunne vært oppdaget under vedlikehold dersom hensiktsmessige intervaller og prosedyrer hadde blitt benyttet.

Videre viser undersøkelsen at sikkerhetsopphenget hadde et tretthetsbrudd som følge av belastninger påført etter at motorfestet sviktet, se Figur 12. Belastningene på opphenget har vært betydelige da de siste 30 % av bruddflaten er overbelastning.



Figur 11: Undersøkt motorfeste.



Figur 12: Undersøkt nødfeste.

2.5 Kontroll og vedlikehold av motorfeste og nødfeste

I Bombardiers beskrivelse av vedlikehold for lokomotivet står det følgende om motorfeste og nødfeste: «Motorfeste og nødfeste kontrolleres for kompletthet og at de er frie for skader». Laveste vedlikeholdsintervall før avsporingen var ved 15 000 km. Lokomotiv nr. 119-003 hadde en total km-stand på 356 951 km, og hadde kjørt 3 460 km etter siste vedlikeholdsintervall før det sporet av på Dombås.

² Mange vekslinger før brudd, typisk mer enn 10^4 spenningssyklus. Vekslingene kan f. eks være i form av vibrasjoner.

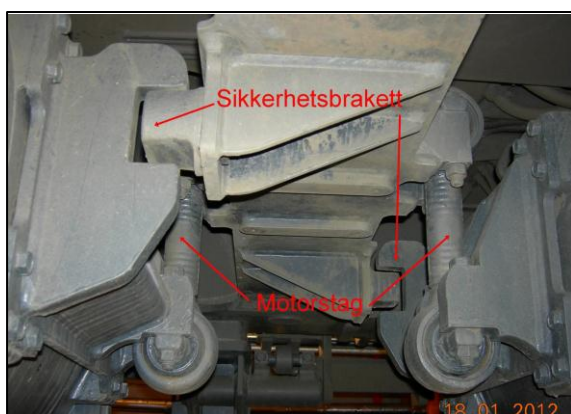
³ I denne sammenheng kan avsporingen på Dalane i 2010 eller skadene på drevkassen ha gitt sjokkbelastninger.

⁴ Spenningskonsentrasjoner kan oppstå i et utilsiktet område av tuben som følge av geometriending etter sjokkbelastning eller overbelastning.

| Effektfortegnelse | | BOMBARDIER | | | | | | | | | |
|--|--|-------------------|------------|-----|---------------------|-----|----------------------|-----|-----|---|--|
| Lok-nr.: TRAXX F 140 AC2 (DASN) | | | | | | | | | | | |
| IN | 15.000 km | I 1 | 150.000 km | I 3 | 600.000 km | R 2 | 2.000.000 km / 8 år | | | | |
| IN - 1 | 30.000 km | I 2 | 300.000 km | R 1 | 1.000.000 km / 4 år | R 3 | 4.000.000 km / 16 år | | | | |
| Kap.-nr. | AKTIVITET | IN | IN - 1 | I 1 | I 2 | I 3 | R 1 | R 2 | R 3 | | |
| 6.9.3 | Drivmotor | | | | | | | | | | |
| | Visuell kontroll for utvendige skader | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| | Ettersmør rullelager B-side | | | | x | x | x | | | | |
| | Motor demonteres, rengjøres og testes | | | | | | | | x | x | |
| | Visuell kontroll for slitasje og skader | | | | | | | | x | x | |
| | Gjennomfør elektrisk kontroll av statorvikling | | | | | | | | x | x | |
| | Skifte rullelager B-side | | | | | | | | x | x | |
| | Montere motor | | | | | | | | x | x | |
| 6.10 | Trekrafttilkobling | | | | | | | | | | |
| | Kontroller at tog-trekkstangen sitter fast | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| | Nødoppheng (fangliner) inspiseres | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| | Inspiser ringelementer for skader | | | x | x | x | x | | | | |
| | Skifte ringelementer | | | | | | | | x | x | |

Figur 13: Vedlikeholdsprogram [4].

CargoNet AS har egne sjekklister for hver vedlikeholdstermin hvor punktene fra Bombardiens vedlikeholdsprogram er gitt. CargoNet AS opplyser at det forutsettes at vedlikeholdsanvisningen benyttes i kombinasjon med sjekklisten. Opplysninger om hvordan lokomotivet skal håndteres er også i typehåndboken for lokomotivet og typeopplæringen av førere. Alvorlig feil vil være opplistet i en såkalt «A-feil liste». Det finnes ingen standard eller regelverk som spesifiserer hvordan et nødfeste skal dimensjoneres og kontrolleres. Bombardier har opplyst at forutsetningene for å oppdage at nødfeste er i bruk var at dette ville føre til store ulyder som ville bli oppdaget av fører. Ved avsporingen på Dombås viste det seg ikke å være tilfelle. Etter avsporingen på Dombås har CargoNet AS intensivert og presisert kontrollen av motorfeste og nødfeste. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 3.



Figur 14: Motorfester og nødfester [5].



Figur 15: Nødfeste [5].

2.6 Vibrasjoner på CargoNet AS 119 lokomotiver

CargoNet AS opplyser at det på flere av deres lokomotiver har blitt observert høyere vibrasjoner enn normalt. Det har vært behov for hyppig hjuldreining, og bytte av hjul på CargoNet AS sine TRAXX lokomotiver. I enkelte tilfeller har dette forekommet dobbelt så ofte som på andre lokomotiv. Det er vanlig at det oppstår uønskede vibrasjoner når et hjul begynner å nå grensen for dreining eller bytte. Bombardier på sin side tilskriver dette til tøffe vinterforhold i Norge, og høy trekkraftutnyttelse i CargoNet AS operasjoner i forhold til andre lokomotiver. Dette er en problemstilling som i følge Bombardier kun er oppdaget i Norge. Dette relateres til urunde hjul, som igjen har gitt problemer med vibrasjoner i boggi.

Bombardier har utført to målekampanjer av sporet i Norge for å kartlegge belastningene dette påfører boggi, samt eventuelle avvik fra spormålinger andre steder i Europa [6]. I de første testkjøringene ble det observert uventede belastninger som ikke var sammenlignbare med målinger i andre europeiske land. Testingen ga en del unormale verdier som viste seg å skyldes urunde hjul på lokomotivet som ble benyttet til de første målingene [7]. Det er ifølge Bombardier aldri rapportert om urunde hjul på TRAXX flåten som i dag består av over 1000 lokomotiv.

Etter den første målingen av sporet gjennomførte Bombardier tester av dreiebenken i Lodalen, som blir brukt til å dreie hjulene til TRAXX lokomotivene i Norge. Bombardier mener at foreløpig resultatet fra målingene viser at dreiebenken ikke klarer å dreie hjul med feil helt runde igjen. CargoNet AS hevder at det ikke er påvist at dreiebenken introduserer feil på hjulene, og har rapporter på vibrasjoner og urunde hjul også på helt nye hjul.

Bombardier har gjennomført sammenlignende målinger på en tilsvarende dreiebenk i Sverige. Til dette er det brukt et TRAXX lokomotiv som brukes på tilsvarende måten som i Norge. Disse målingene viste ingen tegn til urunde hjul hverken før eller etter dreining.

I den andre målingen av sporet ble det brukt et lokomotiv hvor hjulene nylig hadde vært inne til dreining. Resultatet fra målingen viste at belastningen fra sporet var på samme nivå som i andre europeiske land, noe som i følge Bombardier bekrefter forutsetningene som ble brukt i designet av lokomotivet.

Dette er noe Bombardier fremdeles jobber med å avklare da denne rapporten ble skrevet.

Eisenbahn-Bundesamt (jernbanetilsynet i Tyskland) sendte i september 2011 ut et sikkerhetsvarsel⁵ om vibrasjoner i TRAXX lokomotiv som følge av torsjonskrefter mellom aksler og hjul. Dette er en separat problemstilling hvor det oppstår torsjonssvingninger som kan overbelaste akslene som følge av manglende kontroll av sliring ved feil på hastighetsgiver. Lokomotiv nr. 119-003 har ikke hatt feil ved hastighetsgiveren.

Statens jernbanetilsyn opplyser at TRAXX lokomotivene har en såkalt «tidsbegrenset tillatelse til å tas i bruk». Dette betyr at lokomotivet ikke er endelig godkjent for bruk i

⁵ European Railway Agency (ERA) - Safety Information System (SIS). SIS gir en plattform for deling av sikkerhetsrelevant informasjon mellom de nasjonale tilsynsmyndighetene og de nasjonale havarikommisjoner i EU.

Norge. Et av punktene som gjenstår er en rapport fra Bombardier hvor beregninger av sikkerhetsfaktor på hjul og aksler i forhold til torsjonskrefter må avklares.

2.7 Undersøkelser i regi av produsenten Bombardier

Bombardier gjennomførte flere undersøkelser og tester av motorfeste og nødfeste til lokomotivserien som var involvert i avsporingen. Det ble utført både statiske og dynamiske tester av brukte og nye motorfester, samt datasimuleringer for å finne svake punkter i nødfeste. Det er også utført belastningsmålinger og materialtester. Undersøkelsene og testene har ikke klart å gjenskape bruddet i motorfestet som ble avdekket etter avsporingen på Dombås. Motorfestet har vært i bruk i over 16 år, og det finnes over 1000 TRAXX lokomotiver med denne typen motorfester. Det er i følge Bombardier ikke rapportert om lignende feil på motorfestet tidligere.

2.7.1 Materialanalyser

Det ble gjennomført materialtester av motorfestet i området rundt den smidde ringen hvor gummiforingen sitter [8][9]. Verdiene på kjemisk sammensetning, mikrostruktur og hardhetsverdier er i tråd med relevante standarder og har den nødvendige strekkstyrken. Dette er også bekreftet i rapporten til FOLAT [2].

2.7.2 Statiske tester

Det er gjennomført fem statiske strekktester av motorfester til det gikk til brudd, se Figur 16. Bruddene oppstod hver gang i tuben på motorfestene, og ikke i området rundt den smidde ringen som bruddområdet i Dombås avsporingen i 2012 [10]. Belastningene som ble brukt for å ødelegge et motorfeste er i tråd med beregnede belastninger dette skal tåle.

2.7.3 Dynamiske (tretthets) tester

Det ble utført sju tretthetstester på motorfeste [10], hvor ingen av testeksemplarene feilet på samme måte som ved avsporingen på Dombås i 2012 på lokomotiv nr. 119-003, se Figur 18. Dette innebærer at ingen eksemplarer hadde tilsvarende skader, eller brudd ved samme km-stand som nr. 119-003 lokomotivet. I fem av testene ble det påvist sprekker i området rundt utsporingen til låseringen for gummiforingen på den smidde ringen til motorfestet, se Figur 19. Denne typen feil er en funksjonsfeil, og ikke en total ødeleggelse av motorfeste. Dette er en synlig feil som det er rapportert om tidligere, og som det forventes at vil bli oppdaget under inspeksjon. I to av testene hvor motorfestene gikk til brudd, var bruddet i tuben og ikke i området rundt den smidde ringen, se Figur 17. Beregninger av forventet levetid (km-stand) for motorfeste er basert på tretthetstestene og belastningsmålinger fra sporet i Sveits [11]. Disse viser at km-standen til lokomotiv nr. 119-003 var godt innenfor disse verdiene da det sporet av på Dombås i 2012. Basert på de sveitsiske spormålingene er det estimert at en funksjonell feil kan forventes etter 8,28 millioner km., og total ødeleggelse etter 51 millioner km.



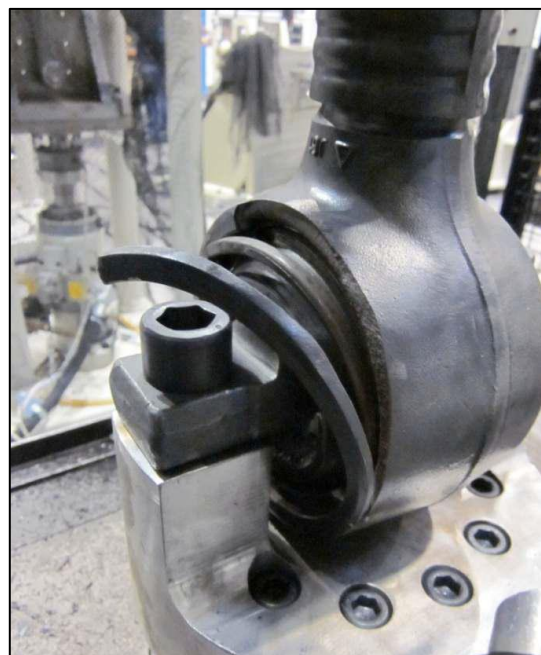
Figur 16: Statiske tester [10].



Figur 17: Brudd i tuben ved dynamisk test 4 [10].



Figur 18: Testriggeren [10].



Figur 19: Sprekk i ringen rundt foringen [10].

2.7.4 Analyse av restspenninger

Det ble utført analyser av restspenninger i området hvor initieringen av sprekkene på motorfestet til nr. 119-003 ble funnet [12]. To motorfester med tilsvarende km-stand som nr. 119-003 lokomotivet, og en ny ubrukt del ble evaluert. Det ble funnet like verdier for restspenninger både på de brukte delene og den nye delen. Bombardier hevder at dette taler for at belastningene på motorfestene ikke er store, ettersom restspenningene i motsatt fall ville vært forskjellige på brukte og nye deler. Det er i tillegg kjent at kompresjonsspenninger vanligvis ikke medfører sprekkdannelse.

2.7.5 Test av sprekker på overflaten av motorfester

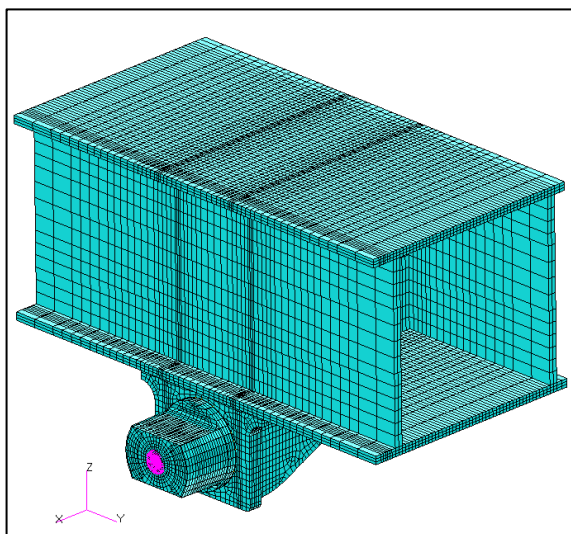
Det ble utført overflate sprekktester på 11 brukte motorfester fra lokomotivene til CargoNet AS. Dette tilsvarer 25 % av alle motorfestene til de ti lokomotivene CargoNet AS har i flåten [8]. Det ble også utført sprekktester på de sju motorfestene som ble benyttet i tretthetstestene. Det ble ikke funnet sprekker på noen av de 18 eksemplarene.

2.7.6 Spørsmål i Norge

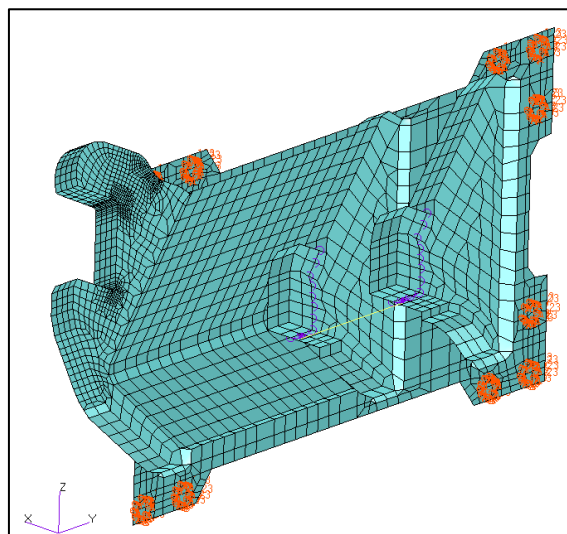
Bombardier opplyser at det pågår nye spørsmål i Norge for å kontrollere at dimensjoneringen av motorfeste er tilstrekkelig. Når måleresultatene foreligger vil det bli gjennomført beregninger av forventet levetid, for å verifisere at belastningene fra sporet i Norge er sammenlignbare med Sveits.

2.7.7 Analyser av nødfeste

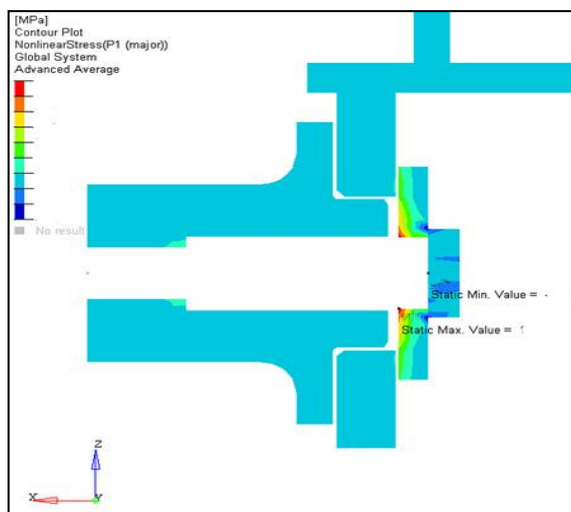
Nødfestet ble plottet inn i en «finite element method⁶» (FEM) analyse og det ble gjort styrkeberegninger [13][14]. Resultatet fra dette viste at det svakeste punktet på nødfestet var bolten og skiven bak bolten [15]. Resten av nødopphenget ble vurdert til å være tilstrekkelig dimensjonert.



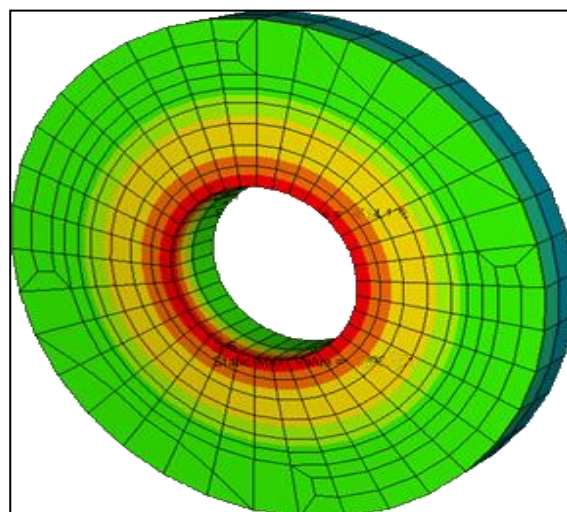
Figur 20: Nødoppheng boggi-siden [13].



Figur 21: Nødoppheng motorsiden [14].



Figur 22: Styrkeberegninger bolt og skive [15].



Figur 23: Styrkeberegninger skive [15].

⁶ Metode hvor man normalt bruker programvare for å analysere forskjellige strukturer og styrkeberegninger.

FOLAT utarbeidet et estimat av antall sprekkstopplinjer over bruddflaten til motorpanelet [16], og kom frem til at det var ca. 50 sprekkstopplinjer over bruddflaten til nødfestet. Dette ble videresendt til Bombardier for en vurdering av hvilke belastninger nødfeste utsettes for, og et estimat på hvor lenge nødfestet var i bruk før det gikk til brudd. Bombardier har ikke utarbeidet et estimat da denne rapporten ble skrevet.

2.8 Lignende hendelser

Det er likhetstrekk mellom avsporingen på Dombås 13. januar 2012 og en avsporing på Dombås i 2006.

Tirsdag 12. desember 2006 sporet et godstog fra CargoNet AS av på Dombås stasjon med to vogner grunnet fjærbrudd, se rapport [JB 2008/03](#). Vognene som sporet av på Dombås var eid av Autolink AS, og det ble avdekket at disse hadde vært involvert i en tidligere avsporing i juli 2006. Reparasjonen etter avsporingen i juli 2006 viste seg å være mangelfull, og en skadet fjær ble ikke oppdaget og derfor ikke byttet. Havarikommisjonen fremmet i sin rapport blant annet en sikkerhetstilråding (2008/06T) for å styrke sikkerhetskontrollen etter avsporinger av rullende materiell. Denne tilrådingen er fulgt opp av Statens jernbanetilsyn og er lukket. Bakgrunnen for lukkingen ligger i at «*jernbaneforetakene viser tilfredsstillende sikkerhetsstyring ved kontroll av sikkerhetskritiske komponenter på rullende materiell etter avsporing. Enkelte jernbaneforetak endret sine interne prosedyrer som følge av sikkerhetstilrådingen*».

3. PLANLAGTE OG GJENNOMFØRTE TILTAK

I brev av 19. januar 2012 krever Statens jernbanetilsyn at operatører av TRAXX lokomotiver redegjør for hvordan feil håndteres og hvordan kontroll/inspeksjon av drivverk med komponenter utføres med tanke på sprekk og sprekkutvikling. TRAXX lokomotiver har på dette tidspunktet en midlertidig godkjenning i Norge frem til april 2013.

I brev av 31. januar 2012 sendte Bombardier ut et brev til sine kunder med anbefaling om at de bytter motorfester dersom det blir funnet skader på metallringen i foringen. De anbefaler også at motorfestene skal byttes dersom lokomotivet har vært involvert i hendelse som avsporing, eller påført lignende belastninger hvor det har oppstått strukturelle skader.

CargoNet AS har endret kontrollrutinene etter avsporingen på Dombås og det er nå krav om at førere kontrollerer nødfeste ved innsett og uttak. For vedlikeholdspersonalet er det utarbeidet mer detaljerte beskrivelser av hvordan motorfeste og nødfeste skal kontrolleres for sprekker med egnet NDT⁷ metode. I den ekstra vinterkontrollen ved 7 500 km kontrolleres nå også motorfestene og nødfestene.

Bombardier har besluttet å forsterke konstruksjonen av motorfeste, samt forsterke konstruksjonen av nødfeste på sine TRAXX lokomotiv.

⁷ NDT – Non Destructive Testing (Ikke ødeleggende testing).

4. HAVARIKOMMISJONENS VURDERINGER

Resultatet fra undersøkelsene av motorfestet og nødfestet underbygger teorien om at motoren til lokomotiv nr. 119-003 hadde ligget i nødfestet en stund uten at dette var blitt oppdaget hverken av førere eller vedlikeholdspersonalet. Nødfestet er siste barriere før motoren faller ned mot sporet, og det er derfor av stor sikkerhetsmessig betydning at tilstander der nødfestet er i funksjon blir avdekket i tide. De kontroll- og vedlikeholdsprosedyrer som gjaldt for kontroll av motorfeste og nødfeste før hendelsen gav ikke tilstrekkelig veiledning hverken for fører eller vedlikeholdspersonalet til at et brudd i motorfeste kunne oppdages og utbedres før også nødfeste gikk til brudd.

Kontroll- og vedlikeholdsprogram leveres av produsenten Bombardier sammen med lokomotivet. Et viktig element i et slikt kontroll- og vedlikeholdsprogram vil være hvordan siste barriere oppdages/ detekteres. Leverandøren må da være ansvarlig for å levere en spesifisert liste over siste barrierer, og hvordan disse oppdages. I dette tilfellet var ikke forutsetningene for å oppdage at nødfestet var i bruk tilstede. Bombardier opplyser at de hadde satt som forutsetning at dersom nødfeste var i bruk ville det bli oppdaget av fører, da det ble antatt at dette ville medføre mye støy og slag. Dersom forutsetningene for en barriere ikke stemmer, vil det være vanskelig for operatørene som skal bruke materiellet å oppdage dette selv. Dette må også baseres på tidligere erfaringer i Norge. Havarikommisjonen mener at CargoNet AS har et ansvar for å utføre en risikoanalyse av vedlikeholdsprogrammet som leveres sammen med lokomotivet, og at det må ses i sammenheng med den operasjonelle driften til CargoNet AS.

Kort tid etter avsporingen intensiverte CargoNet AS kontroll og vedlikehold av motorfeste og nødfeste for denne lokomotivtypen. Dette ble gjort som følge av at det oppstod usikkerhet rundt dimensjoneringen av motorfeste og nødfeste etter avsporingen. Dette medfører at førere skal sjekke nødfeste ved inntak og uttak av lokomotivet, samt at vedlikeholdspersonalet har fått en mer detaljert beskrivelse av hvordan delene skal kontrolleres.

Før lokomotivet sporet av på Dombås stoppet det på Dovre hvor computeren i toget varslet at det var problemer med boggi 1, og at feilen førte til at boggien ble koblet ut. Fører forsøkte i samråd med vaktleder i CargoNet AS å finne ut hva som forårsaket feilmeldingen, men disse hadde ingen beskrivelser eller opplæring som sa at feilmeldingen kunne ha sammenheng med en løs motor. I sammenheng med intensivert kontroll og vedlikehold av nødfeste etter avsporingen beskriver C-sirkulære til førere at: «dersom det i drift oppstår unormale lyder eller repeterende feilmeldinger som kan relateres til boggier eller motorer skal det foretas visuell kontroll som beskrevet over».

Havarikommisjonen mener at leverandøren Bombardier bør vurdere om det skal legges inn mer detaljerte føringer/ informasjon for feilsøking rundt nødfeste, dersom man får tilsvarende feilmeldinger som ved avsporingen på Dombås.

Havarikommisjonen mener at det hadde vært mulig å oppdage at motoren hang løst på lokomotivet på Dovre, dersom føreren hadde fått tilstrekkelig opplæring og instruksjoner. Det ble først feilsøkt da lokomotivet stoppet på Dovre i samråd med lokleder uten at de fant noen feil. Deretter ble det gjennomført en runde rundt lokomotivet etter at togleder fikk indikasjon på avsporing. Det ble heller ikke her funnet noe feil ved lokomotivet. Det var mørkt og mye snø den dagen lokomotivet sporet av, noe som vanskeliggjorde

kontrollen av lokomotivet. Det er derfor viktig at førere har tilstrekkelig kunnskap i hvordan de skal utføre spesifikke kontroller og inspeksjoner.

Testene og undersøkelsene som Bombardier har utført har ikke klart å gjenskape brudd i motorfester tilsvarende det som ble funnet på lokomotiv nr. 119-003. Det ble ikke funnet noe restbrudd på motorfestet, noe som kan tyde på at det hadde gått lang tid før den opprinnelige skaden gikk til brudd.

Det er to mulige forklaringer på hvorfor det oppstod sprekkvekst i motorfeste på lokomotiv nr. 119-003. Det ene relateres til to tidligere hendelser, avsporing på Dalane i januar 2010 og skader på drevkassen som ble oppdaget 15. mai 2010. Den andre forklaringen relateres til mikrosprekkene som er introdusert ved smiprosessen, og at disse over tid har utviklet seg til bruddet.

Havarikommisjonen mener at det er mest sannsynlig at sprekkveksten oppstod som følge av sjokkbelastninger. Skaden som ble avdekket var det første rapporterte tilfellet av denne typen skade, og det har ikke vært mulig å reprodusere samme type skade i undersøkelsene.

Etter avsporingen på Dalane ble lokomotivet reparert av CargoNet AS, og var i drift i ca. to uker før det oppstod skader på drevkassen. Reparasjonen ble satt bort til Bombardier, og boggien ble sendt til Tyskland for reparasjon. Her ble delene reparert, og motorfestet ble visuelt inspisert og funnet i orden. Motorfestet ble kontrollert ved visuell kontroll, og det er utfordrende å oppdage små sprekker og eventuelt deformasjon på et svartlakkert motorfeste på denne måten. Det er imidlertid klart at motorfestet ble betydelig deformert (bøyd, se Figur 11) i avsporingen på Dombås, og det ville ikke vært mulig å benytte et motorfeste med stor grad av bøyning. Det er knyttet usikkerhet til hvor mye motorfestet kan ha vært skadet i de tidligere hendelsene, og om dette har vært synlig ved en visuell inspeksjon.

Etter avsporingen på Dombås har Bombardier sendt ut brev til alle sine kunder om at dersom et lokomotiv har vært utsatt for en avsporing eller lignende hendelse anbefales det å bytte motorfeste.

Under evalueringen av nødfeste ble det oppdaget at bolten og skiven var svakt dimensjonert. Dette er i tråd med svikten i nødfestet som ble observert på Dombås. Havarikommisjonen mener at sikkerheten her best må ivaretas ved rutiner for å avdekke svikt i motorens primære fester, eventuelt ved å konstatere at motoren henger i sikkerhetsfestet, og har dermed valgt ikke å behandle dimensjoneringen av sikkerhetsfestet videre i denne rapporten.

Basert på hyppigheten av hjuldreiinger og hjulbytter ser TRAXX serien ut til å ha vært utsatt for uheldige vibrasjoner i Norge. Dette kan ha ført til raskere sprekkvekst, og dermed brudd. Før et hjul blir dreid eller byttet vil det naturlig nok oppstå vibrasjoner. Vibrasjoner er en bidragsyter til sprekkvekst, og analysen fra FOLAT viste at sprekkforplattningen var av typen høysyklus utmatting. Dette er en problemstilling som Bombardier og CargoNet AS arbeider med å komme til bunns i, da denne rapporten ble skrevet. Bombardier opplyser at dette er en problemstilling som ikke er rapportert fra andre kunder enn CargoNet AS. Havarikommisjonen mener det er viktig at Bombardier og CargoNet AS har fokus på å få kontroll på de uheldige vibrasjonene.

Utløsende feil i denne hendelsen er at leverandøren Bombardier ikke har spesifisert tilstrekkelig kontroll- og vedlikeholdsprogram for å avdekke at nødfeste, som siste barriere, var i bruk. Bombardier hadde forutsatt i sine analyser at fører ville høre eller merke at motoren lå i nødfeste, noe som ikke var tilfellet før avsporingen. Det finnes ingen standard eller regelverk som beskriver hvordan et nødfeste skal dimensjoneres og kontrolleres. Dette har både Bombardier og CargoNet AS tatt tak i etter avsporingen.

Dette er en problemstilling havarikommisjonen mener det er utfordrende å fange opp når det viser seg at forutsetningene for en barriere ikke er tilstede. I etterkant er det lett å se at forutsetningen ikke stemte, og at regime for å fastsette og bestemme forutsetningene for å oppdage at en barriere er i bruk må utfordres.

Når det gjelder detaljeringen av jernbanelovgivningen og internasjonale krav er dette ment å være minimumskrav. Dette er for at man ikke skal låse seg til en bestemt løsning, men ha fleksibilitet innenfor sikre og hensiktsmessige rammer. Når det gjelder utarbeidelse av krav til nødfester er det ifølge Statens jernbanetilsyn og European Railway Agency ikke hensiktsmessig å ta det inn i jernbanelovgivningen eller TSI-er da det blir for detaljert. Statens jernbanetilsyn opplyser at de mener jernbanelovgivningens krav er tilfredsstillende for å sikre at en motor ikke faller ned. Denne hendelsen har vist at flere parter ikke har fanget opp risikoen rundt nødfestet, og det finnes rundt 1000 lokomotiv av denne typen i Europa.

Havarikommisjonen mener at det bør utarbeides internasjonale standarder for nødfester som tar hensyn til både dimensjoneringen og kontroll/ deteksjon av at nødfestet er i bruk. Standardiseringsarbeid er primært en industrioppgave, og utarbeides normalt i regi av produsentene. Et nødfeste er en fysisk barriere for å forhindre en uønsket hendelse, og det må finnes mekanismer for å oppdage at denne barrieren er i bruk. Kravene til nødfestet må være utformet slik at det er funksjonelt frem til det blir oppdaget at det er i bruk, og at man kan reparere feilen før det fører til en ulykke. Dette forutsetter også at de som utfører inspeksjonen eller vedlikeholdet har kunnskap om hvordan man oppdager at nødfestet er i bruk.

5. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Sikkerhetstilråding JB nr. 2013/01T

Før toget sporet av på Dombås feilet først primærfestet til den ene motoren. Motoren ble deretter holdt i posisjon av nødfestet, som er siste barriere før motoren løsner. Etter en stund sviktet også nødfestet, og motoren falt dermed ned mot sporet.

Jernbanelovgivningen krever at det skal foreligge dokumentasjon på at kjøretøyet er testet på sporet i forhold til driftsmessige belastninger og avsporingssikkerhet. Det er jernbaneforetaket CargoNet AS som har overordnet ansvar for sikkerheten til de kjøretøyene de benytter. Produsenten Bombardier arbeider med å utføre spormålinger i Norge, beregninger av forventet levetid og verifisere belastningene på motorfestet og nødfestet.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at Statens jernbanetilsyn følger opp at CargoNet AS kan dokumentere at jernbanelovgivningens krav er oppfylt når det gjelder motorfester og nødfester basert på faktisk belastning, herunder sporkraftmålinger foretatt i Norge.

Statens havarikommisjon for transport

Lillestrøm, 11. januar 2013

Referanser

- [1] 16. juli 2010, CargoNet AS og Bombardier: Rapport fra reparasjon av traksjon og boggi for lok nr. 119-003, samt besiktigelse av motorfest mai 2010.
- [2] Dato 2. mai 2012, Forsvarets laboratorietjeneste analytisk laboratorium (FOLAT): Failure investigation of parts related to derailment at Dovre 13/01 2012, report no. 1204103.03. (Vedlagt)
- [3] August 2006, DIN EN 10083-2 og DIN EN ISO 18265.
- [4] September 2008, CargoNet AS: Vedlikeholdsprogram for Lok.nr.: TRAXX F 140 AC2 (DASN), utgave 02, dok. nr. 3EGK 509 907 N 2001.
- [5] 20. januar 2012, CargoNet AS: C-sirkulære nr.: 3/2012, revisjon 0.
- [6] 31. August 2012, Bombardier: Track measurement CargoNet 2012 – Data evaluation results (presentation).
- [7] August 2012, Bombardier: Hjulmålinger utført av Zeiss “BR 185.2 Rad Rundlauf”.
- [8] 6. juni 2012, Bombardier: Material test of 11 pieces axle strut with 2 forgings by RST Rail System Testing GmbH – Test report no. P40-12-0398e.
- [9] 18. april 2012, Bombardier: Material test of 5 pieces axle strut with 2 forgings by RST Rail System Testing GmbH – Test report no. P40-12-0310e.
- [10] 28. august 2012, Bombardier: Investigation report QM 554299/1 utført av ZF, fatigue test of traction motor torque link.
- [11] 29. august 2012, Bombardier: Traction motor torque link Assessment of the Fatigue test by ZF, report no. 3 EGK 498 025 C 85 00.
- [12] 20. august 2012, Bombardier: Technical report: measure the residual stress in the region of the crack, test by ZF analysis report no. 625649.
- [13] 30. august 2012, Bombardier: Strength analysis of the emergency support at the bogie frame, report no. 3 EGK 498 025 C 86 00.
- [14] 30. august 2012, Bombardier: Strength analysis of the emergency support at the motor bracket, report no. 3 EGK 498 025 C 87 00.
- [15] 31. august 2012, Bombardier: Assessment of the 8mm washer of the emergency support (presentation).
- [16] 20. september 2012, Forsvarets laboratorietjeneste analytisk laboratorium (FOLAT): Evaluation of crack arrest line distribution for ”Engine side panel” fatigue failure.



FLO/VEDL/FOLAT
Norwegian Defence Laboratories
Chemistry - Materials

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|----------|---------------------------|----------|----------|----------------------|----------|-----|---|----------|-------|----------------------|----------|-------|--------------------------|----------|-----|---|----------|-------|----------------------|----------|-------|--------------------------|-----------|----------|---------------------------------|-----------|
| Client SHT v/ Marius Wold Albert | | Technical Report | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Copy | | Client's ref | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Title Failure investigation of parts related to derailment at Dovre 13/01 2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Report No 120413.03 | Date of receipt of commission 23-01-2012 | Date of publication 02-05-2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Job No / Sample No M-12-029 | Number of pages 10 | Number of appendix - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Work carried out by Øyvind Frigaard <i>Øyvind Frigaard</i> | | Head Tor A Gustavsen <i>Tor A Gustavsen</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contents: <table><tr><td>1</td><td>Introduction</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>Results</td><td>3</td></tr><tr><td> 2.1</td><td>ANALYSIS OF FAILED TORQUE LINK</td><td>3</td></tr><tr><td> 2.1.1</td><td>Results</td><td>3</td></tr><tr><td> 2.1.2</td><td>Conclusions</td><td>7</td></tr><tr><td> 2.2</td><td>ANALYSIS OF FAILED ENGINE SIDE PANEL</td><td>8</td></tr><tr><td> 2.2.1</td><td>Results</td><td>8</td></tr><tr><td> 2.2.2</td><td>Conclusions</td><td>10</td></tr><tr><td>3</td><td>Concluding remarks</td><td>10</td></tr></table> | | | 1 | Introduction | 2 | 2 | Results | 3 | 2.1 | ANALYSIS OF FAILED TORQUE LINK | 3 | 2.1.1 | Results | 3 | 2.1.2 | Conclusions | 7 | 2.2 | ANALYSIS OF FAILED ENGINE SIDE PANEL | 8 | 2.2.1 | Results | 8 | 2.2.2 | Conclusions | 10 | 3 | Concluding remarks | 10 |
| 1 | Introduction | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Results | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 | ANALYSIS OF FAILED TORQUE LINK | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1.1 | Results | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1.2 | Conclusions | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2 | ANALYSIS OF FAILED ENGINE SIDE PANEL | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2.1 | Results | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2.2 | Conclusions | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Concluding remarks | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Extracts from the report may not be reproduced without written consent from Analytical Laboratory.

Postal Address :
FLO/VEDL/FOLAT Kjemi og Material
Postboks 10
N-2027 KJELLER, Norway

Street Address :
FLO/VEDL/FOLAT Kjemi og Material
Fetveien 80-84
N-2027 KJELLER, Norway

Phone : + 47 63 80 87 41
505 8741
Fax : + 47 63 80 87 58
505 8758

1 Introduction

The Norwegian Defence Laboratories, Chemistry and Materials, was asked to assist in performing a failure analysis of a torque link and an engine side panel with fracture damages involved in a derailment at Dovre 13/01-2012. The received components are shown in Figure 1a-c.

The investigation involves fractography in SEM equipped with EDS, metallography and chemical analysis.

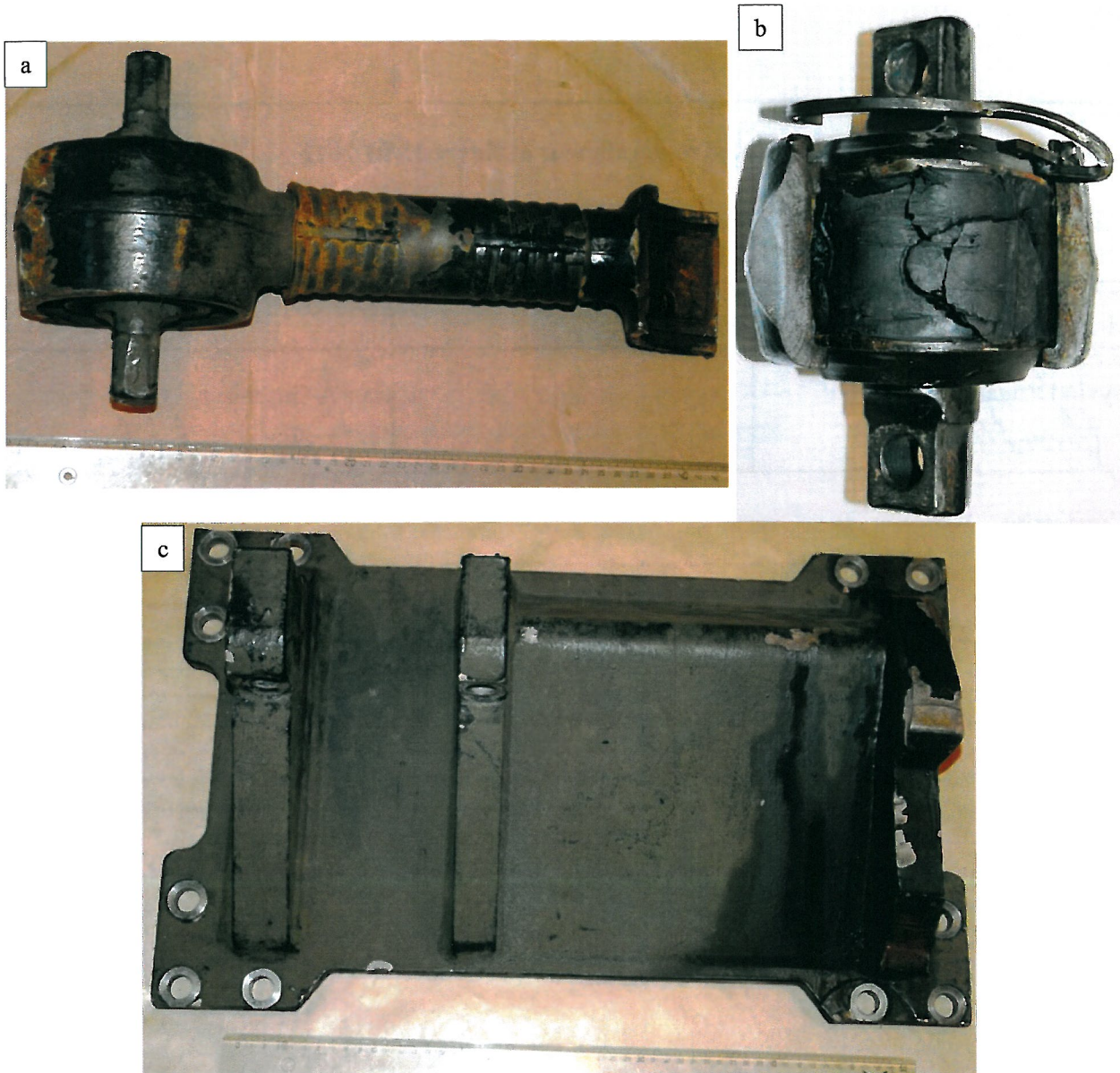


Figure 1a-b: Pictures of failed torque link. c: Picture of failed engine side panel.

2 Results

2.1 Analysis of failed torque link

2.1.1 Results

The fracture surfaces were cut out from the failed component as shown in Figure 2ab. A visual examination of the fracture surfaces revealed a large number of crack arrest lines often associated with fatigue. Based on the profile of the crack arrest lines, a probable crack initiation location was identified as shown in Figure 3. The initiation area was examined further in SEM equipped with EDS. The observations were that the crack initiations seemed to originate from the component surface. Irregularities associated with corrosion/pitting were not observed, see Figure 4. The two layers identified with EDS spectrums are most likely paint coating. Further characterization of the fracture surface in SEM reveals a corroded and contaminated surface (dust/sand), some areas showing a striated surface could also be observed; see Figure 5a-d.

In order to reveal possible secondary cracking adjacent to the observed failure, the paint was removed using light glass blasting. No additional crack initiations were observed as shown in Figure 6.

A metallographic sample was cut out from the component as shown in Figure 7a. The microstructure of the base material is shown in Figure 7b and reveals a ferrite perlite structure. Pictures of the sample towards the component surface reveal an irregular surface with micro cracks most likely originating from the forging process.

The chemical composition was established using mass spectrometry, and the alloy composition is summarized in Table 1.

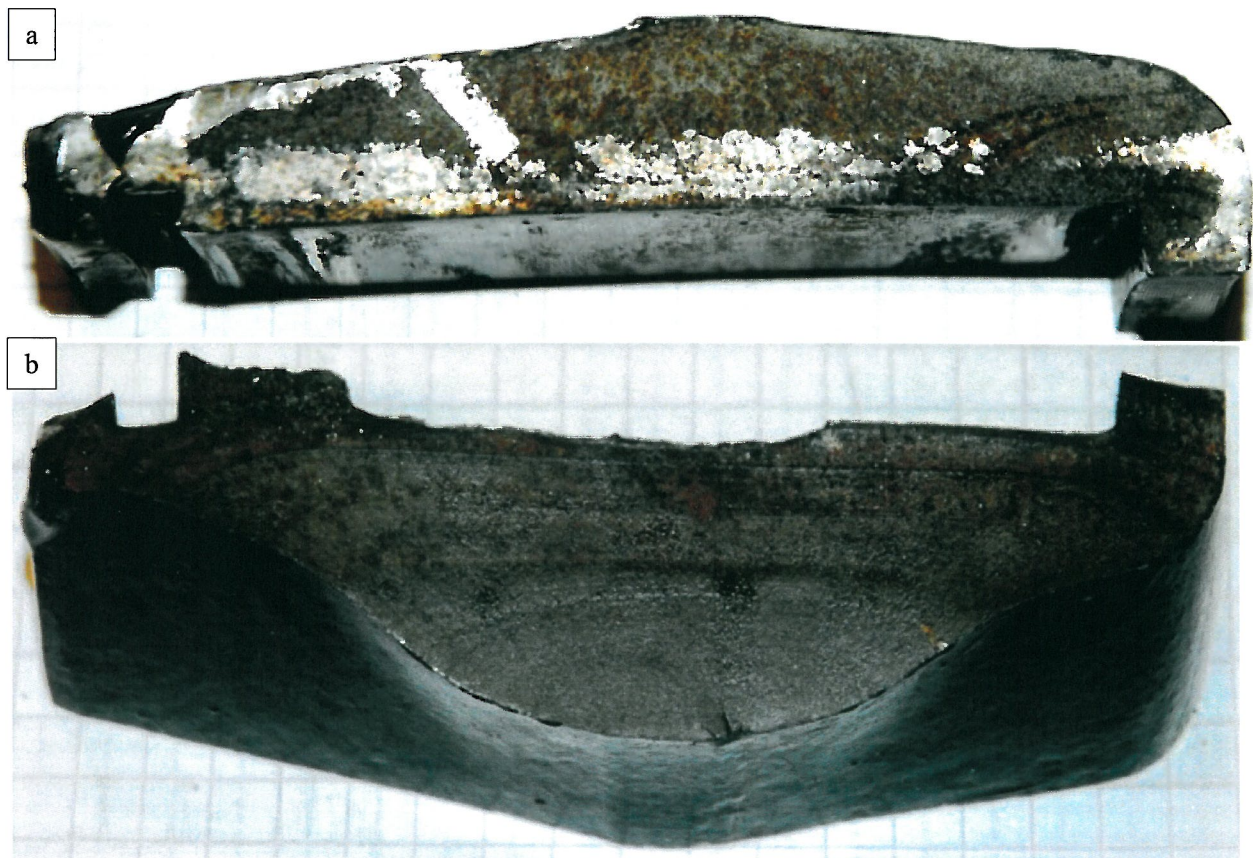


Figure 2ab: Fracture surfaces cut from the failed torque link.

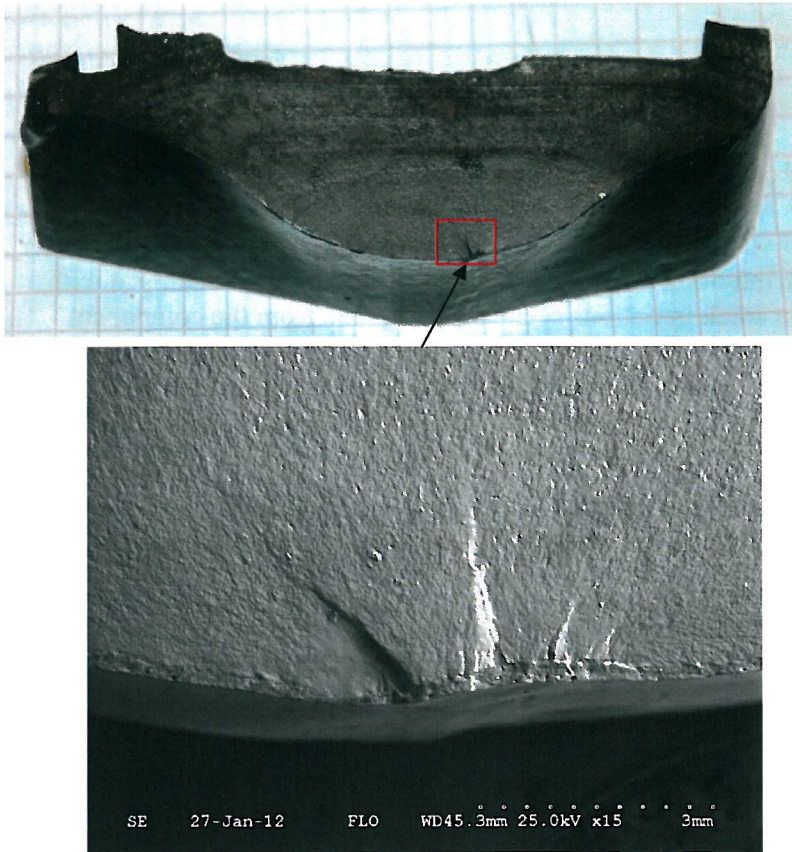


Figure 3 Location for probable crack initiation location based on crack arrest line orientations.

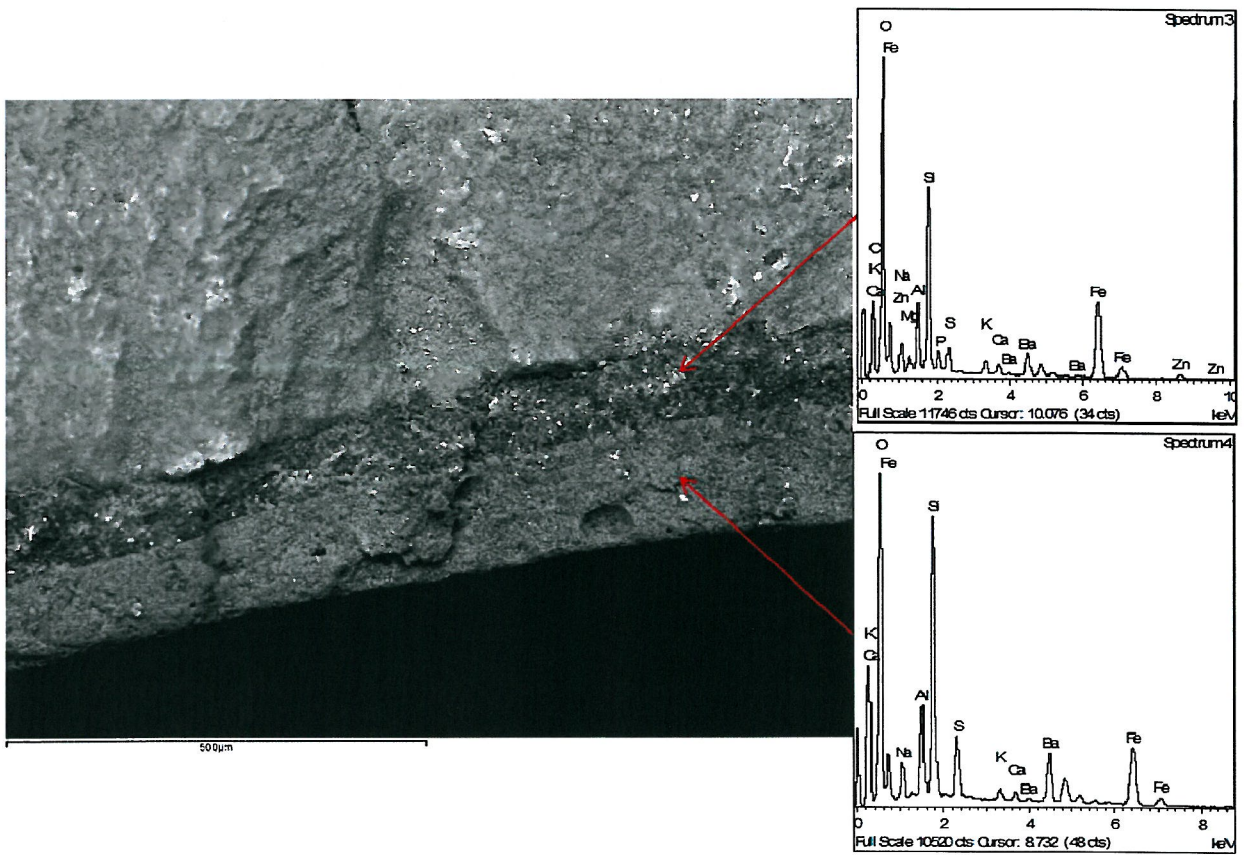


Figure 4 EDS spectrums from coating layers at the probable location for crack initiation.

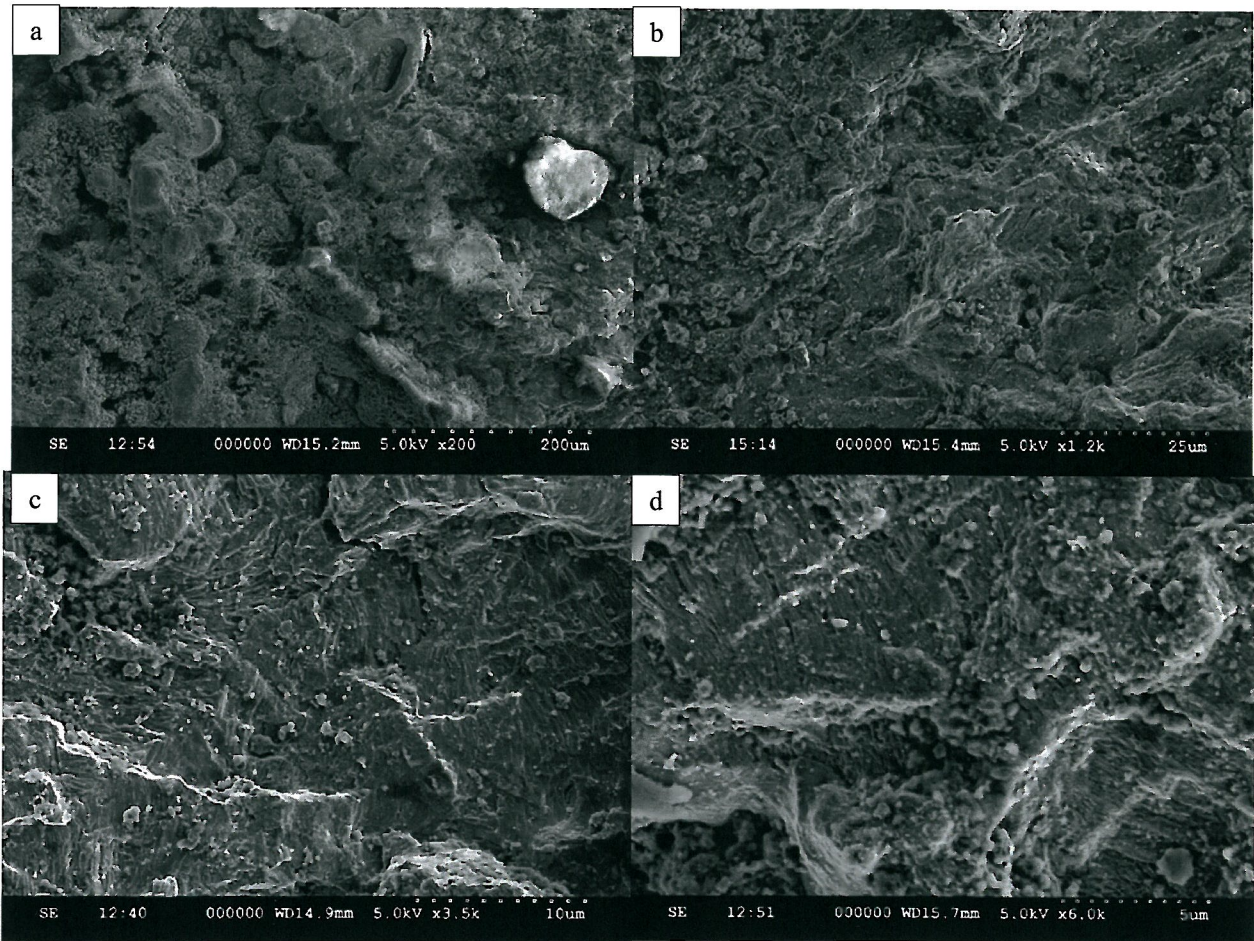


Figure 5 Characteristic pictures of torque link fracture surface observed in SEM, a-b: Corroded and contaminated surface. c-d: Images showing evidence of a striated fracture surface.

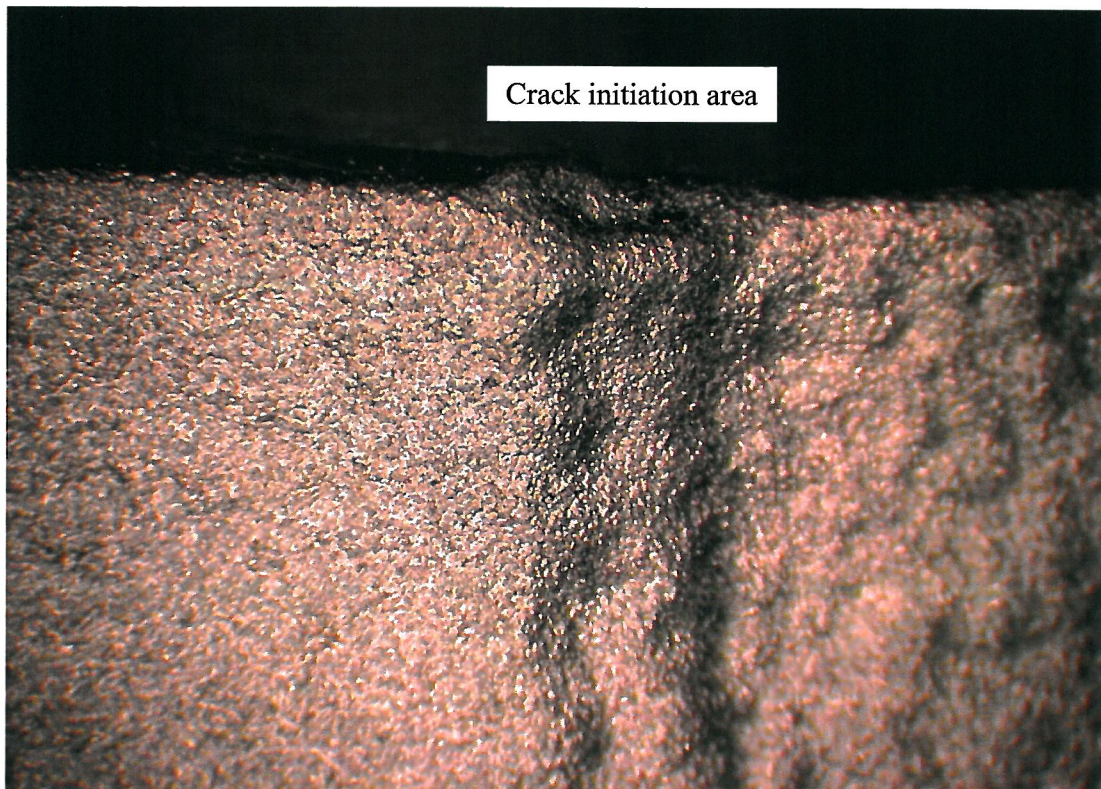


Figure 6 Image of component surface towards the crack initiation area after paint removal.

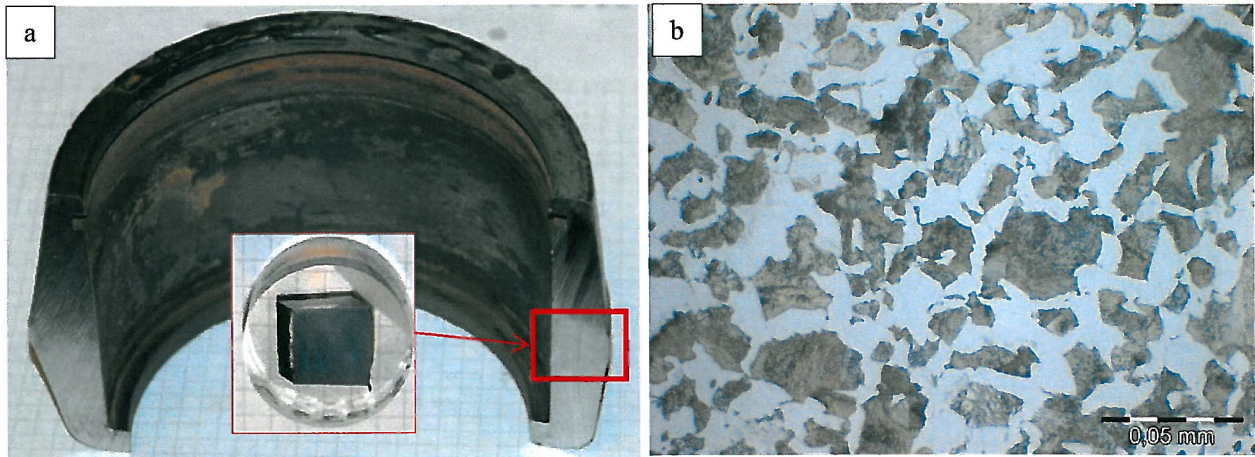


Figure 7a Overview picture of location for the metallographic sample. b: Microstructure of base material showing a ferrite, pearlite structure, specimen etched in 10% Nital.

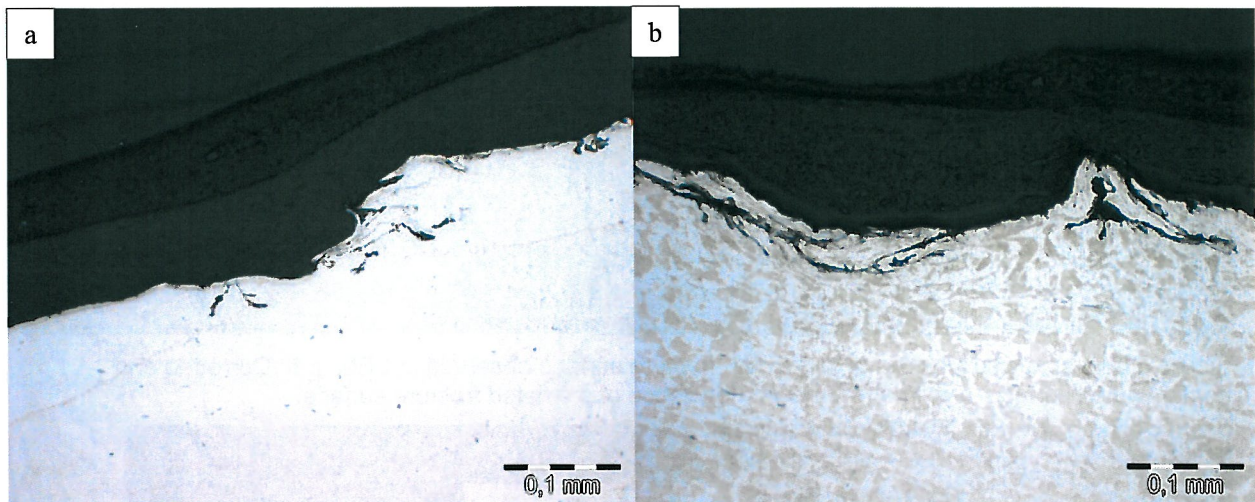


Figure 8 Picture of metallographic sample towards the surface showing an irregular surface appearance with micro cracks associated with forging.

Table 1 Torque link base material composition, ref TI report 3420-12-003840.

| | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni |
| % | % | % | % | % | % | % |
| 0.34 | 0.32 | 0.77 | 0.017 | 0.017 | 0.22 | 0.022 |
| Mo | Al | Cu | Co | Ti | Nb | V |
| % | % | % | % | % | % | % |
| 0.010 | 0.026 | 0.047 | 0.003 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| W | B | Sn | As | Pb | N | Fe |
| % | % | % | % | % | % | % |
| <0.001 | <0.0001 | 0.007 | <0.001 | <0.001 | 0.005 | 98.0 |

2.1.2 Conclusions

Based on the obtained results it seems likely that the torque link failed due to fatigue. The fatigue crack initiation originates from surface micro cracks introduced during the forging process. There has not been possible to identify a final fracture overload region, indicating low stresses when the final fracture occurred and consequently a long period of time for the crack to develop to its full length.

The base material consists of normalized steel conforming to C35 (EN 10083-2).

2.2 Analysis of failed engine side panel

2.2.1 Results

The engine side panel fracture surface was cut from the component for further analysis. A picture of the fracture surface is shown in Figure 9 with comments from the visual examination attached. The observations are that the fracture surface consists of numerous crack arrest lines that seems to originate from the position indicated as probable crack initiation area in the picture. The actual crack initiation area is not possible to observe due to secondary damages/smearing of the surface.

A clear 2cm final fracture was also observed as indicated in Figure 9.

The visual observations were supported by fractography in SEM, Figure 10, showing contamination/corrosion of the fracture surface in the area with crack arrest lines, and a dimpled overload fracture within the final fracture area. In the transition zone between the two regions secondary cracking was observed, see Figure 10b.

A metallographic sample from the engine side panel base material was obtained to establish the base material microstructure. The structure is shown in Figure 11 and reveals a ferrite perlite structure.

The chemical composition was established using mass spectrometry, and the alloy composition is summarized in Table 2.

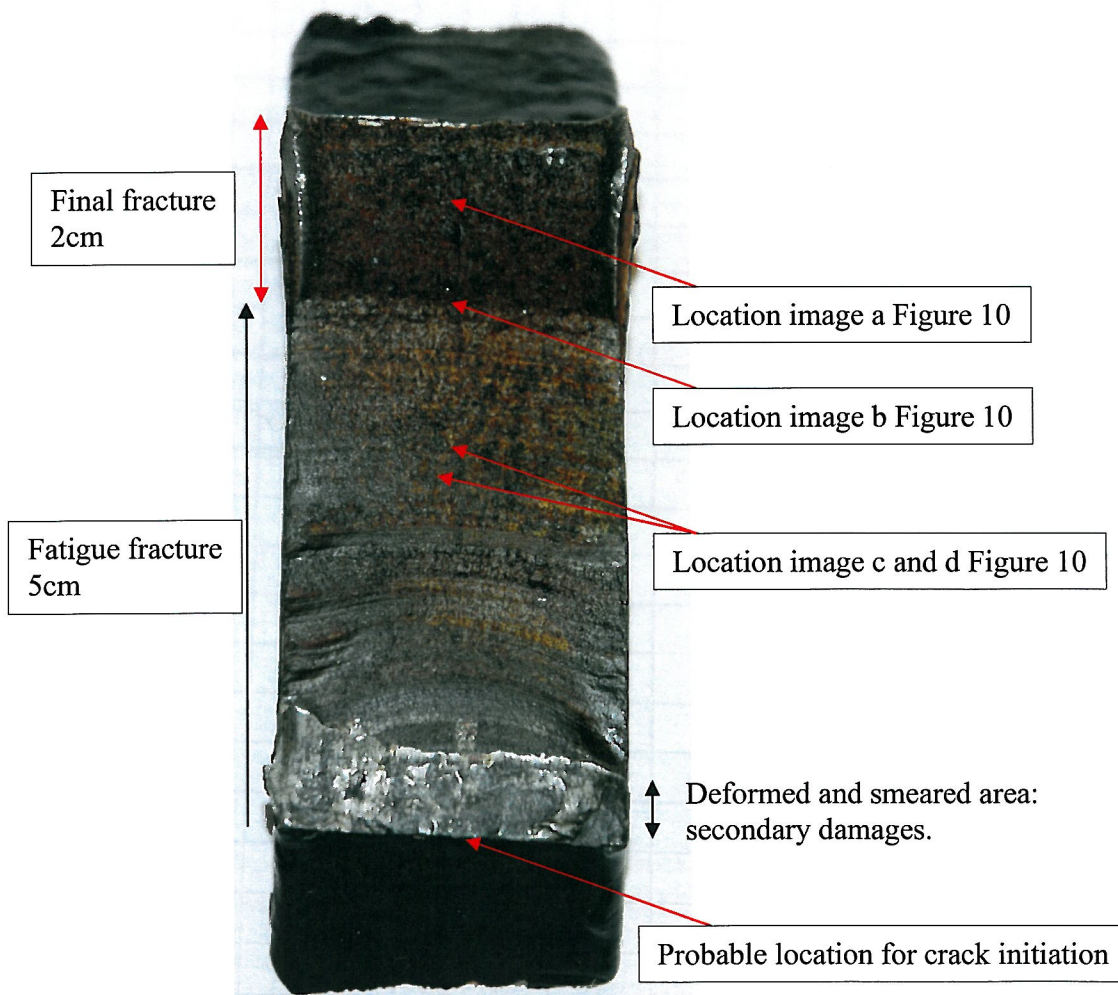


Figure 9 Overview picture of the engine side panel fracture surface including comments from the visual examination.

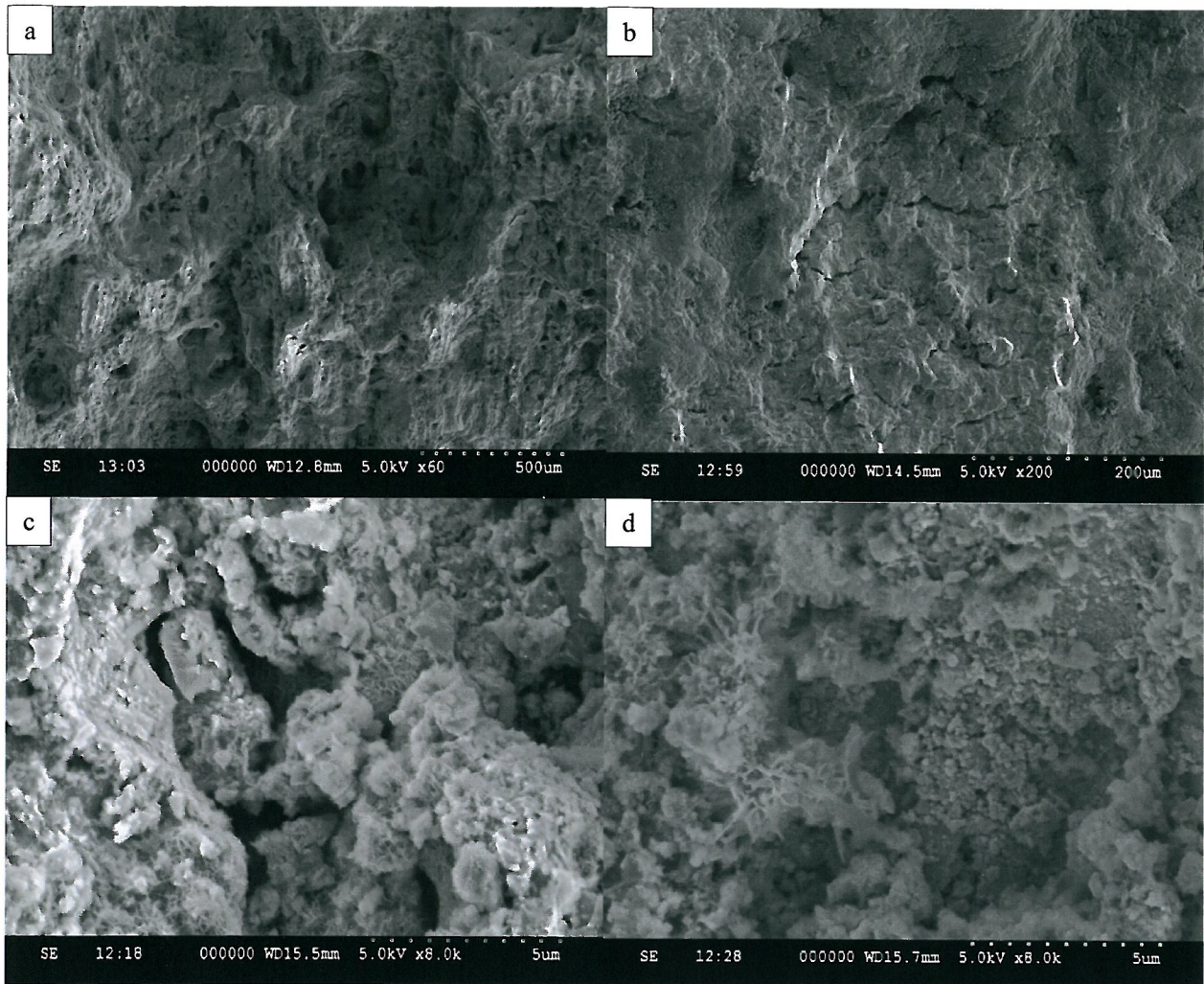


Figure 10 a: SEM image at the final fracture, showing a dimpled fracture surface. b: SEM image towards the final fracture showing micro cracks. c-d: SEM image of corroded and contaminated fracture surface.

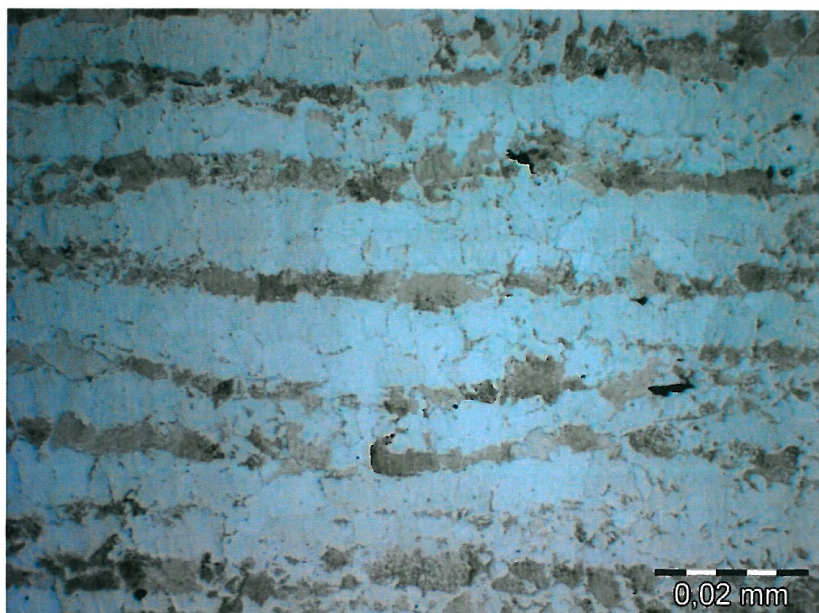


Figure 11 Picture in light microscope of material microstructure consisting of perlite and ferrite, specimen etched in 10% Nital.

Table 2 Engine side panel base material composition, ref TI report 3420-12-003840.

| | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni |
| % | % | % | % | % | % | % |
| 0.16 | 0.39 | 1.53 | 0.016 | 0.010 | 0.029 | 0.028 |
| Mo | Al | Cu | Co | Ti | Nb | V |
| % | % | % | % | % | % | % |
| 0.007 | 0.036 | 0.031 | 0.007 | 0.020 | 0.021 | <0.001 |
| W | B | Sn | As | Pb | N | Fe |
| % | % | % | % | % | % | % |
| <0.001 | <0.0001 | 0.007 | <0.001 | <0.001 | 0.005 | 97.5 |

2.2.2 Conclusions

The engine side panel failed due to fatigue with a final ductile overload fracture of about 30% of the total fracture area. The crack propagation rate has increased as the fatigue crack has propagated, showing evidence of low cycle fatigue towards the final fracture. Overall, the total time for the crack development must have been over some period of time.

The side panel is produced in a construction steel quality (S355 or similar).

3 Concluding remarks

The failure of the torque link does not seem to be due to under design, as the observed crack propagation in general seems to be due to high cycle fatigue. It is suggested that a study is initiated to clarify if shock loadings, such as derailment, may introduce local deformations that in turn may turn in to fatigue crack propagation. In order to improve the fatigue properties a better finish of the component surface following the forging process is possible.

The engine side panel failure was due to fatigue, initiated by overloading caused by the torque link failure.

Establishing data in order to specify the actual time for the failure to develop is outside the scope of this investigation. However, based on the fact that most of the crack propagation has occurred as high cycle fatigue, it is our view that the crack propagation could have been detected during service, if the necessary intervals and procedures had been applied.