



# RAPPORT

JB 2009/08



## RAPPORT OM ALVORLIG JERNBANEHENDELSE I ROMERIKSPORTEN VENJAR - OSLO DEN 31. AUGUST 2008 TOG 3734

Jernbaneverket  
Biblioteket

 English summary included

Eks. 1

9 656,2.08 JBV Sta

10 tu 00030

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.

**INNHOLDSFORTEGNELSE**

MELDING OM HENDELSEN .....	3
SAMMENDRAG.....	3
ENGLISH SUMMARY .....	4
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER .....	5
1.1 Hendelsesforløp .....	5
1.2 Hendelsesstedet.....	6
1.3 Skader .....	6
1.4 Personellinformasjon .....	6
1.5 Togene.....	7
1.6 Infrastruktur .....	7
1.7 Været.....	7
1.8 Undersøkelsen.....	7
2. FORETATTE UNDERSØKELSER.....	8
2.1 Opplysninger fra innblandet personale .....	8
2.2 Laboratorieundersøkelser.....	8
2.3 Besiktigelse av andre skinner med skader etter vanddrypp .....	9
2.4 Jernbaneverkets styringssystem .....	10
2.5 Jernbaneverkets system og regelverk for å kunne oppdage sprekker og skinnebrudd .....	10
2.6 Jernbaneverkets system for mottak, verifisering, evaluering, håndtering og videreformidling av meldinger fra tog om uregelmessigheter ved kjøreveien .....	11
2.7 Utførte kontroller av skinnegangen i tiden før hendelsen.....	11
2.8 Andre kontroller og tiltak knyttet til skinnegangen .....	12
2.9 Tiltak for å hindre vanddrypp mot skinnene.....	12
2.10 Iverksatte tiltak.....	12
3. ANALYSE .....	13
3.1 Forklaringshypotese.....	13
3.2 Tekniske og operative forhold .....	13
3.3 Bakenforliggende forhold .....	14
4. KONKLUSJON .....	15
5. SIKKERHETSTILRÅDINGER .....	16
REFERANSER .....	17
VEDLEGG.....	17

## RAPPORT OM ALVORLIG JERNBANEHENDELSE

Tognummer:	3748
Involvert materiell:	Type 71
Registrering:	Norsk
Eier:	Flytoget AS
Bruker:	Flytoget AS
Besetning:	Flytogfører og flytogvert
Passasjerer:	Ukjent
Hendelsessted:	Ved km 11,5 i Romeriksporten
Hendelsestidspunkt:	31. august 2008 kl. 1345

## MELDING OM HENDELSEN

Mandag 01. september 2008 kl. 0931 fikk havarikommisjonen melding fra Jernbaneverket om en alvorlig jernbanehendelse som hadde funnet sted ved km 11,5 inne i Romeriksporten søndag 31. august kl. 1345. Hendelsen ble beskrevet med at ca 30 cm av skinnetoppen på den ene skinnen i hovedsporet mellom Venjar og Oslo S hadde falt av. Sporet hadde blitt stengt og skaden utbedret. Havarikommisjonen fikk også melding fra Flytoget med ytterligere opplysninger om hendelsen den 01. september kl. 1445.

## SAMMENDRAG

Søndag 31. august 2008 kl. 0850 meldte tog 3720 om et kraftig slag mellom hjul og skinne ved km 11,5 inne i Romeriksporten. Forholdet ble på nytt rapportert kl. 1110 og senere kl. 1330 da tog 3734 med samme fører som tidligere hadde rapportert forholdet, stoppet og undersøkte sporet. Han fant da et skinnebrudd hvor ca 35 cm av skinnehodet hadde falt ut.

Undersøkelsen konkluderer med at langvarig vanddrypp mot skinnen og togpasseringer gjennom dryppvannssonen hadde ført til en korrosjon/erosjonsprosess som hadde gitt et materialtap på ca. 3 mm på toppen av skinnehodet over et kortere parti (ca 80 cm). Ved togpasseringer gav dette store dynamiske impulslaster mellom hjul og skinne, noe som førte til initiering og videre utvikling av sprekker fra skinnens kjøreflate. Det kloridholdige miljøet i dryppsonen kan ha bidratt til å akselerere så vel korrosjon/erosjonsprosessen som sprekkveksten.

På hendelsestidspunktet gav Jernbaneverkets system for kontroll av sporet ikke tilstrekkelige anvisninger og rettledninger til at denne feilutviklingen ble oppdaget og handtert før et skinnebrudd var et faktum. Feilen ble imidlertid, takket være en meget observant lokomotivfører ved Flytoget AS, fanget opp gjennom systemet for rapportering av feil observert fra togene før en ulykke inntraff.



Jernbaneverket har etter hendelsen foretatt endringer og suppleringer i sitt tekniske regelverk med sikte på at tilsvarende feilutvikling nå skal kunne oppdages og håndteres gjennom de ordinære kontrollene før situasjonen blir kritisk. Jernbaneverket arbeider også med å få godkjent praktiske og økonomiske løsninger for å lede dryppvannet bort fra skinnestrengen og ned i de normale avløps- og drepskanalene slik at en feilutvikling ikke skal starte.

Havarikommisjonen har ikke funnet det hensiktsmessig å fremme noen tilråding i denne rapporten.

## **ENGLISH SUMMARY**

At 8.50 on Sunday, 31 August 2008, train 3720 reported a powerful jolt between wheel and rail 11.5 km inside the Romeriksporten railway tunnel. The situation was reported again at 11.10 and subsequently at 13.30, whereupon train 3734 stopped and the same driver who had reported the incident earlier examined the track. He then discovered a broken rail, of which approx. 35 cm of the rail head had broken off.

The investigation concludes that water dripping onto the track over a prolonged period, combined with trains passing through the drip zone, resulted in a corrosion/erosion process that caused a loss of material of approx. 3 mm off the top of the rail head over a short rail section (approx. 80 cm). When trains passed, this gave rise to considerable dynamic impulse loads between the wheels and the track, which resulted in the initiation and further propagation of fractures from the track's driving surface. The chlorine content in the drip zone environment may have helped to accelerate the corrosion/erosion process as well as the fracture growth.

At the time of the incident, the Norwegian National Rail Administration's system for the inspection of the track did not provide sufficient instructions and guidelines for the development of this fault to be discovered and dealt with before the rail actually broke. However, thanks to a very observant Flytoget AS locomotive driver, the fault was discovered and notified in the system for reporting faults observed from trains, before any actual accident occurred.

Following the incident, the Norwegian National Rail Administration has amended and supplemented its technical rules with the intention that corresponding fault developments will now be discovered and dealt with through the regular inspections before the situation becomes critical. The Norwegian National Rail Administration is also working towards adopting approved and economical solutions to divert the drip water away from the rail and down into the normal drainage channels in order to prevent the onset of fault development.

The Accident Investigation Board Norway has not deemed it expedient to present any recommendations in this report.

# 1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

## 1.1 Hendelsesforløp

Søndag 31. august 2008 kl. 0850 merket lokomotivfører i flytog nr. 3720 et kraftig slag mellom hjul og skinne i det han passerte km 11,5 inne i Romeriksporten i hovedspor Venjar - Oslo S. Togets hastighet var ca 160 km/h. Han ringte togleder og informerte om forholdet.

Togleder ringte lokomotivfører i neste tog, NSBs tog nr. 1610, og informerte om forholdet som var rapportert. Lokomotivfører i tog 1610 meldte tilbake at han ikke hadde merket noe. Togleder ringte deretter lokomotivfører i neste tog, flytog nr. 3722, og informerte om forholdet som var rapportert ved km 11,5. Lokomotivfører meldte tilbake at han merket noe, men ikke så mye at det burde tas affære med en gang. I perioden frem til ca kl. 1100 passerte det ytterligere 10 tog over strekningen, ingen av disse meldte om uregelmessigheter.

Kl. 1110 passerte flytog 3734 km 11,5. Lokomotivfører (samme fører som kjørte flytog 3720) merket fortsatt uregelmessigheter og kontaktet togleder og spurte om hva som var gjort på feilstedet som han tidligere hadde meldt om. Togleder informerte at han hadde varslet tog 1610 og 3722 og at disse, og ytterligere 10 tog, ikke hadde meldt om alarmerende forhold. Han mente derfor at avklaring av situasjonen kunne utestå til natten da det skulle foregå arbeider i tunnelen. Togleder meldte forholdet i BMS (Banemeldingssentralen) slik at dette kunne følges opp påfølgende natt.

Kl. 1311 ringte lokomotivfører i flytog 3746 til togleder og meldte om slag i skinne inne i Romeriksporten, og spurte om dette var meldt tidligere.

Kl. 1330 passerte flytog 3748, med samme lokomotivfører som togene 3720 og 3734 gjennom Romeriksporten. På eget initiativ kjørte han med redusert hastighet, 30-40 km/t forbi km 11,5, og merket da tydelig en defekt i sporet. Han stoppet toget og avtalte med togleder å gå ut for å sjekke sporet, og fant da at venstre skinnestreng hadde røket tvers av og at 25-30 cm av skinnehodet var borte. Han ringte togleder og informerte om situasjonen.

Kl. 1341 sperret togleder hovedspor Venjar – Oslo for trafikk og meldte feilen i BMS. Beredskapsvakt fra Lillestrøm reiste ut til bruddstedet med Robel for inspeksjon, og meldte ca. kl. 1430 fra bruddstedet at 10 m skinnekapp må legges inn.

Valget stod mellom enkeltsporet drift i Romeriksporten resten av driftsdøgnet og utbedring av feilen til natten, eller fremskyndet utbedring med stengning av begge spors arbeid pågikk. Utbedring av feilen ble etter hvert besluttet fremskyndet. Innkjøring av materiell og mannskap startet om lag kl. 1700. Feilen ble utbedret og sporet ble meldt klart kl. 2000.

Hendelsen ble ikke meldt til Statens havarikomisjon for transport før dagen etter. I forbindelse med utveksling av informasjon kom det frem at øvrige trafikkutøvere på strekningen ikke hadde blitt informert om mulighetene for hjulskader på materiell som hadde passert bruddstedet før trafikken ble stoppet.



## 1.2 Hendelsesstedet

Hendelsen inntraff ved km 11,5 inne i Romeriksporten tunnel. Det er atkomst til stedet ved hjelp av skinnegående utstyr fra Oslo S og Lillestrøm. Det er også mulig komme frem til hendelsesstedet med annet utstyr via tverrslag til tunnelen.

## 1.3 Skader

Hendelsen førte ikke til personskader. Det ble heller ikke rapportert om skader på rullende materiell eller miljø som følge av hendelsen.

Selve hendelsen bestod i materialutfall og brudd på den ene skinnen. Et 10 m langt skinneparti måtte kappes ut og erstattes.



Figur 1: Skinnebruddet fotografert etter uttak fra sporet. (Foto: JBV).



Figur 2: Skinnebruddet etter at en løs del er lagt på plass. Den manglende biten ble ikke funnet. (Foto: JBV).

Den utkappede skinnelengden viste seg å være sterkt korrodert. Det var korrosjonsskader på så vel skinnhodet som steg og skinnefot.

Som følge av hendelsen var hovedsporet Venjar – Oslo stengt i ca 7 timer, begge spor var stengt i ca. 3 timer.

## 1.4 Personellinformasjon

### 1.4.1 Lokomotivfører tog 3720

Mann, 38 år, ansatt i Flytoget AS, praksis som lokomotivfører siden 1999.

### 1.4.2 Togledere

To togledere var involvert i hendelsen og forløpet til denne. Togleder 1 hadde tjeneste fra kl. 0630 til kl. 1410. Togleder 2 hadde tjeneste fra kl. 1400 til kl. 2210.

Togleder 1: Mann, 49 år, ansatt i Jernbaneverket. Utdannet som togleder og med praksis siden 1992.

Togleder 2: Mann, 52 år, ansatt i Jernbaneverket. Utdannet som togleder og med praksis siden 1996.

## 1.5 Togene

Uregelmessigheter på skinnegangen ble først meldt fra et passerende flytog (type 71). Strekningen trafikkeres imidlertid også av andre typer persontog. Ettersom de konkrete persontogtypene neppe hadde avgjørende betydning for hendelsen gis det ikke en nærmere omtale av disse i denne rapporten.

Strekningen trafikkeres ikke av godstog.

## 1.6 Infrastruktur

Strekningen gjennom Romeriksporten ble bygget som en del av Gardermobanen, og ble åpnet høsten 1999. Strekningen har dobbeltspor, er elektrifisert, fjernstyrt og fullt utrustet med ATC (FATC). Trafikkstyringen foregår fra trafikkstyringssentralen i Oslo. Muntlig kommunikasjon til og fra togene forgår gjennom GSM-R systemet.

Største tillatte hastighet på strekningen er 210 km/t. På bruddstedet er traséen rettlinjet og har et fall på ca 12 ‰ mot Oslo S. Skinnene oppgis å ha UIC 60 profil med stål kvalitet R260Mn. Skinnene ligger på betongsviller med Panderol befestigelse i pukkballast.

I forbindelse med bygging av tunnelen oppstod det vannlekkasjer som førte til betydelig senking av grunnvannsstanden i et område under Østmarka. Tettingsarbeidene som ble gjennomført hadde som mål å redusere lekkasjene inn i tunnelen så mye at man, kombinert med vanninnfiltrasjon fra tunnelen, kunne gjenopprette grunnvannsbalansen i de berørte deler av Østmarka.

Dette innebærer imidlertid at det fortsatt er betydelig innsig av vann til tunnelen, også som kontinuerlig vanddrypp på flere steder. Jernbaneverket opplyser at det sannsynligvis er 250 til 300 drypppunkter i tunnelen.

## 1.7 Været

Ettersom hendelsen skjedde langt inne i Romeriksporten antas været på hendelsestidspunktet ikke å ha hatt innflytelse på hendelsen og er derfor ikke undersøkt nærmere.

Havarikommisjonen har fått opplyst at temperaturen inne i tunnelen varierer relativt lite over året. Miljøet beskrives videre som stedvis svært fuktig i områdene med vanddrypp.

## 1.8 Undersøkelsen

I undersøkelsen har man fokusert på å klarlegge de forholdene som kan ha forårsaket skinnebruddet, samt de kontrolltiltak og prosedyrer som Jernbaneverket har etablert for å kunne oppdage og handtere en slik utvikling før den blir kritisk. Undersøkelsen omfatter i en begrenset grad Jernbaneverkets rutiner for håndtering av informasjon om uregelmessigheter som meldes fra togene, og problemstillinger knyttet til dette området analyseres ikke i denne rapporten.



## 2. FORETATTE UNDERSØKELSER

### 2.1 Opplysninger fra innblandet personale

Rapporter fra lokomotivfører og togledere, supplert med oppklarende telefonsamtaler, er benyttet til å etablere den beskrivelsen av hendelsesforløpet som er gjengitt i avsnitt 1.1. Forløpet er også verifisert gjennom avspilling av de relevante telefonsamtalene mellom tog og togleder fra Jernbaneverkets samtalelogg. Disse kildene gir en grei oversikt over hendelsesforløpet fra mistanke om en feil, og til sporet ble stengt for trafikk.

Det ble også gjennomført samtaler med representanter fra arbeidslaget som foretok utbedringen av feilen. Her fremkom det at bruddet skjedde i en sone med vanddrypp fra tunneltaket direkte på den ene skinnen. Det fremkom videre at dette er et vanlig problem i deler av tunnelen og at det på flere steder er blitt skiftet ut 10 m lengder av skinner med korrosjonsskader etter vanddrypp.

### 2.2 Laboratorieundersøkelser

#### 2.2.1 Undersøkelse av skinnestålet

Havarikommisjonen mottok et stykke av skinnen med bruddet og sendte denne til undersøkelse ved Forsvarets laboratorietjeneste, kjemi og materialteknologi. Rapport fra undersøkelsen er inntatt som vedlegg A. Funnene kan i hovedsak sammenfattes som følger:

- skinnedelen var betydelig korrodert
- stålkvaliteten antas å være i overensstemmelse med spesifikasjonene
- erosjonskorrosjon som følge av overflatedrypp i kombinasjon med mekanisk slitasje mot toghjul har medført en akselerert avvirking av skinnematerialet (høydeforskjell målt til 2-3 mm over 80 cm).
- initiering av sprekker i kontaktflaten som følge av kontaktutmatning
- oppkonsentrasjon av klor i sprekkepissene som følge av høye klorverdier i vannmiljøet
- ugunstige spenningsforhold har resultert i spenningskorrosjon/korrosjonsutmatning med skinnebrudd som resultat.

#### 2.2.2 Undersøkelse av dryppvann

Havarikommisjonen innhentet prøver av dryppvannet fra 3 punkter på og i umiddelbar nærhet av bruddstedet. Prøvene ble sendt til Norsk institutt for vannforskning (NIVA) for analyse. Rapport fra analysen er inntatt i vedlegg B. Analysen viser at det er relativt høyt saltinnhold (klorid) i vannet. I den ene prøven ble kloridinnholdet målt til mer enn 8 ganger grenseverdien for drikkevann. På grunn av begrenset tid til prøvetaking og relativt lav dryppfrekvens ble prøvemengdene for små til full analyse for to av prøvestedene. Dette medfører usikkerhet i resultatet.

Jernbaneverket har tatt prøver av dryppvann på 10 forskjellige steder inne i tunnelen. Disse prøvene er analysert av Teknologisk Institutt, og havarikommisjonen har fått

tilgang til resultatene. Vannet beskrives som svakt basisk, men korrosivt basert på lav alkalitet. I 9 av de 10 prøvene oppfyller kloridinnholdet kravene til drikkevann. I den ene prøven registreres imidlertid et kloridinnhold tilsvarende nivået på prøven tatt av havarikommisjonen.

I denne utredningen er det ikke foretatt videre undersøkelser med sikte på å klarlegge hvorfor dryppvannet har et relativt høyt kloridinnhold på det ene stedet.

### 2.3 Besiktigelse av andre skinner med skader etter vanddrypp

For å få et bilde av hvordan dryppvann kan påvirke og skade skinner ble det foretatt en besiktigelse av flere skadde skinner ved Jernbaneverkets avdeling på Lillestrøm. Dette var skinner som var kappet ut fra Romeriksporten før brudd hadde oppstått, men hvor det kunne måles materialtap på opptil 2 mm på skinnehodet. På noen av skinnene kunne det også observeres avskallinger på kjørebanelen, jf. figurene 3, 4 og 5.



Figur 3: Skinne med tydelig korrosjonsskade på kjørebanelen.



Figur 4: Måling av nedsenkning på kjørebanelen ved hjelp av linjal og bladsøker.



Figur 5: Avskalling på kjørebanelen.

Jernbaneverket opplyser at skade på skinner som følge av vanddrypp også forekommer i andre tunneler, og at andelen av skinnebrudd som initieres i forbindelse med vanddryppskader er relativt høy og økende. Antall registrerte skinnebrudd totalt derimot



viser stor nedgang fra vel 100 brudd pr år på 90-tallet til rundt 30 brudd pr år de siste 4-5 år.

## 2.4 Jernbanelovens styringssystem

Jernbaneloven med tilhørende forskrifter pålegger JBV å etablere et sikkerhetsstyringssystem. For å oppfylle dette kravet har JBV i sitt styringssystem utgitt bl.a. Sikkerhetshandboken (STY-0345), Trafikkhandboken (STY-0410), Vedlikeholdshandboken (STY-0525) og Teknisk regelverk (JD 500-serien).

I forbindelse med denne hendelsen har havarikommisjonen begrenset undersøkelsen til de deler av styringssystemet som ble funnet relevant for å kunne oppdage sprekker i skinner og skinnebrudd før en ulykke inntreffer, samt det systemet som er etablert for mottak, evaluering, håndtering og viderefremming av meldinger om uregelmessigheter ved kjøreveien.

## 2.5 Jernbanelovens system og regelverk for å kunne oppdage sprekker og skinnebrudd

De aktivitetene som forutsettes å skulle avdekke sprekker og/eller brudd i skinner faller inn under følgende to hovedgrupper:

- Regelmessig visitasjon og inspeksjon
- Søk etter sprekker i skinnene ved hjelp av ultralyd

På en del strekninger kan brudd i en skinne detekteres gjennom sikringsanleggenes sporfelter. En slik detektering kan imidlertid først skje når det er fullstendig galvanisk brudd. Sporfeltene i Romeriksporten er imidlertid av en type som ikke gir mulighet for slik deteksjon i den ene skinnen.

Jernbanelovens opplyser at sporene i Romeriksporten visiteres til fots 2 ganger pr år. I tillegg gås det en egen årlig visitasjon på høsten der det sees spesielt på dryppsoner, og eventuelle skader som følge av disse. Disse kontrollene er i alminnelighet rene visuelle kontroller.

Teknisk regelverk, JD 532 Kapittel 7 avsnitt 5 omhandler skinnebrudd og andre feil. I avsnitt 5.1 gis det retningslinjer for ultralydkontroll av skinner. Her heter det bl.a. at: *”Registreringer fra målevogn med automatisk feilregistrering skal følges opp med manuell etterkontroll.”* I vedlegg 7.b gis det en utførlig arbeidsanvisning for ultralydkontroll av skinner. Her heter det bl.a. at: *”Etterkontrollen skal utføres snarest og senest innen en måned etter at rapport fra automatisk ultralydkontroll foreligger”.*

JD 532 Kapittel 7 avsnitt 5.2 omhandler klassifisering av skinnefeil. Her gis det også retningslinjer for hvorledes konstaterede feil skal håndteres. Det vises her til vedlegg 7.a *”Katalog over feil og brudd i skinner”*. I dette vedlegget gis det beskrivelse av, bilder av og årsaker til kjente feiltyper. Her finnes også retningslinjer for håndtering av feilene og eventuelle behov for trafikkrestriksjoner er angitt. På hendelsestidspunktet inneholdt dokumentet ikke beskrivelse av feil på skinner som skyldes dryppvann.

I tilknytning til kontroll mot sprekker ved hjelp av ultralyd opplyser Jernbanelovens at selv om utstyret og kontrollene stadig blir bedre har metoden den svakheten at sprekker i de øvre 4-6 mm av skinnehodet ikke detekteres.



## 2.6 Jernbaneverkets system for mottak, verifisering, evaluering, håndtering og videreformidling av meldinger fra tog om uregelmessigheter ved kjøreveien

Togfremføringsforskriften (FOR 1335 av 04.12.01) kapittel II punkt 2.26 gjelder varsling ved observasjoner av uregelmessigheter og feil. Her heter det:

*”Når det observeres uregelmessigheter og feil, skal lokomotivfører melde fra til togleder på strekning med fjernstyring og til togekspeditor på øvrige strekninger”.*

For den videre behandling av slike meldinger viser Jernbaneverket til Instruks for togleder STY-0427 revisjon 7 datert 3.1.2008 pkt 3.3.13 og til opplæringsplan for togledere.

Basert på disse dokumentene og opplysninger fra Jernbaneverket har havarikommisjonen kommet frem til at den vanlige prosessen kort kan beskrives slik:

Dersom det av meldingen fra toget ikke klart fremgår at trafikale tiltak må iverksettes umiddelbart er det vanlig at togleder ber ett eller flere av de neste togene observere forholdet ved passering av stedet, eventuelt under forsiktig kjøring eller ved stopp.

Dersom forholdet blir bekreftet vurderer togleder behovet for umiddelbare trafikkrestriksjoner og iverksettelse av disse. Forholdet meldes i Banemeldingsentralen (BMS) for videre oppfølging av vedlikeholdsorganisasjonen. Ved akutte forhold utkalles beredskapsvakt for umiddelbare tiltak.

Forvaltnings- og vedlikeholdsorganisasjonen henter informasjon fra BMS og planlegger og utfører feilretting i henhold til angitte prioriteter.

Instruks for togleder omtaler ikke varsling til trafikkseksjonene om forhold ved kjøreveien som kan ha ført til skader på rullende materiell eksplisitt. I instruksens punkt 3.2.2 heter det bl.a.: *”Kommunisere med banesjef (ev. banesjefens representant) og togselskapenes transportledelse om forhold av betydning for trafikkavviklingen, inkl. iverksettelse av tiltak ved avvik, varsling av feil ved infrastrukturen til Banemeldingsentralen eller lignende.....”.*

## 2.7 Utførte kontroller av skinnegangen i tiden før hendelsen

Det forelå ingen indikasjoner fra de visuelle inspeksjonene som tydet på at man hadde akutte problemer i dette området. Det bemerkes at da disse inspeksjonene ble foretatt var feilbeskrivelsen av skinner med vanddryppskader ennå ikke tatt inn i feilkatalogen.

Det ble foretatt en ultralydkontroll på strekningen den 08. juli 2008. Målevognskjøringen ble utført av Sperry Rail Int. etter kontrakt. I følge rapport fra Jernbaneverket region Øst, datert 19. september 2008, forelå det ingen indikasjoner på problemer i det området feilen oppstod.

Jernbaneverket har i ettertid opplyst at ultralydtoget på km 11,552 rapporterte om en mulig skinnefeil med UIC kode 212, dvs. en horisontal sprekk i skinnhodet. Slike indikeringer fra målevognskjøringene skal verifiseres ved hjelp av manuelt ultralydutstyr. Slik verifisering hadde imidlertid ikke funnet sted da bruddet oppstod den 31. august 2008.

## 2.8 Andre kontroller og tiltak knyttet til skinnegangen

Jernbaneverket opplyser at skinnene i Romeriksporten slipes hvert 2. år. Slik sliping anses av Jernbaneverket ikke å ha noen rolle i forbindelse med kontroll av skader som skyldes vanddrypp.

Det blir kjørt målevogn for registrering av sporgeometri og sporkvalitet over strekningen 6 ganger pr år. Det er trolig at vanddryppskader i noen tilfeller vil kunne indikeres i disse målingene. Jernbaneverket har imidlertid så langt ikke vurdert slike målinger som et ledd i kontrollen med skader på grunn av vanddrypp.

Ved hjelp av hvirvelstrømsteknologi kan det være mulig å identifisere sprekker også i de øverste lagene av skinnetoppen. Slik teknologi er ikke tatt i bruk av Jernbaneverket. Det er imidlertid tvilsomt om slik teknologi vil være hensiktsmessig eller bedre egnet for å kontrollere skader på grunn av vanddrypp enn nåværende metoder.

## 2.9 Tiltak for å hindre vanddrypp mot skinnene

Jernbaneverket opplyser at videre etterretting av Romeriksporten vil innebære stengning av banen over en lengre periode og ha en kostnadsramme på flere hundre millioner. JBV bedømmer at en slik løsning ikke gir fordeler som rettferdiggjør et slikt inngrep. Det arbeides derimot med løsninger som leder dryppvannet bort fra skinnegangen inn i de etablerte drens- og pumpe-systemene.

Så langt finnes det en godkjent løsning med såkalte "SriLanka-matter". Disse er prøvet ut i begrenset utstrekning. Denne løsningen blir bedømt som tung å montere og handtere. Da tilgjengelig tid for arbeid i Romeriksporten bare er ca. 3,5 timer pr. natt vil arbeidet med bortledning av vann fra alle drypppunktene bli både langvarig og kostnadskrevenende.

Problemstillingen med skader på skinner som følge av vanddrypp er "landsomfattende", da man også har problemer med vanddrypp i andre tunneler. Jernbaneverket har derfor satt i gang et arbeid med å få godkjenning av 2 alternative løsninger basert på lettere materialer. Løsningene som velges må kunne godkjennes hos de stedlige brann- og redningsvesen, samt Statens Jernbanetilsyn. Fremdriftsplanen for dette arbeidet er ikke kjent for havarikommisjonen.

## 2.10 Iverksatte tiltak

Blant annet på bakgrunn av denne hendelsen har Jernbaneverket foretatt endringer og suppleringer i JD 532 Kapittel 7 med vedlegg ved revisjon pr. 01.01.09. Endringene omfatter i hovedsak at skader på skinner som følge av vanddrypp er tatt inn i katalogen over feil og brudd i skinner med egen feilkode (228). Det gis også anvisninger for deteksjon og evaluering av slike feil ved å måle nedsenkningen av kjørebanelen med linjal og bladsøker. Videre gis det anvisninger for håndtering av feilen både vedlikeholdsmessig og trafikalt, avhengig av størrelse på nedsenkningen og tillatt kjørehastighet på sporet.



I generisk arbeidsrutine nr. 7 "Skinner  $\geq 160$  km/h" er det innført en ny aktivitet med intervall 12 mnd og myndighetsnivå L med følgende arbeidsbeskrivelse:

- Kontroller skinnhodet for dryppskader.

I rutinen er det imidlertid ikke angitt utløsende krav eller referanser til videre dokumentasjon.

### **3. ANALYSE**

#### **3.1 Forklaringshypotese**

Basert på de foretatte undersøkelser vil havarikommisjonen anta at de prosessene som førte til skinnebruddet kan beskrives som følger:

Kontinuerlig drypp av vann mot en skinne gir korrosjon av skinnestålet. Togpasseringer over korrosjonsstedet fører bort korrosjonsproduktene fra kjøreflaten slik at oksygen på nytt får tilgang til stålet og korrosjonen kan fortsette. Når dette får gjenta seg over tid får man en korrosjon/erosjonsprosess som gradvis fører til en lokal nedsenkning på kjøreflaten. Lengden på denne nedsenkningen vil variere med vanddryppets intensitet og utstrekning, mens dybden av nedsenkningen også vil avhenge av tidsforløp og trafikkintensitet. I tillegg kan denne prosessen føre til at kontaktbåndet på kjøreflaten flytter seg og/eller smalner av.

Når togenes hjul kjører gjennom slike nedsenkninger i kjøreflaten genereres det store vertikale impulslaster mellom hjul og skinne. Disse impulslastene gir økt kontaktutmatting på skinnens kjøreflate, noe som sammen med fuktig miljø fører til at mikroskopiske sprekker kan vokse og gi avskalling i kontaktbåndet. Dette vil kunne forsterke de dynamiske impulslastene slik at initierte sprekker fortsetter å vokse med større materialutfall og/eller skinnebrudd som resultat.

Saltinnhold (klorid) i dryppvannet vil akselerere korrosjonsprosessen og, sammen med impulslastene, bidra til at initierte sprekker vokser raskt.

I en slik prosess kan tiden det tar for vanddryppet å utvikle en tilstrekkelig dyp nedsenkning være forholdsvis lang i forhold til tiden det tar for initierte sprekker å utvikle seg til materialutfall eller brudd. Havarikommisjonen har ikke foretatt undersøkelser av hvor store slike nedsenkninger kan bli før sprekkevæksten akselererer, men konstaterer at Jernbaneverkets reviderte katalog over feil og brudd i skinner pr 01.01.09 nå gir grenseverdier for hvor stor nedsenkningen kan bli før korrektive tiltak må settes inn.

#### **3.2 Tekniske og operative forhold**

Det er ikke mulig med sikkerhet å fastslå når materialutfallet i skinnhodet startet. Forløpet av meldingene fra togene (eller mangelen på slike) kan tyde på at bruddet utviklet seg i flere trinn i løpet av dagen. Basert på meldingene kan et mulig forløp være at den første delen av bruddet (den som ikke ble funnet) hadde falt ut på et tidspunkt før tog nr 3720 passerte kl.0820 og at den siste (og største delen) falt ut en gang mellom kl.1110 og kl. 1330.



Skinnebrudd er en sporfeil som kan medføre avsporing. Det er imidlertid stor forskjell på de ulike skinnebrudd og den avsporingssrisiko disse gir. Ved skinnebrudd som innebærer bortfall av skinnehodet over et lengre stykke er avsporingssrisikoen høy og øker med lengden av bortfallet. Selv om de sportekniske og materielltekniske forholdene på bruddstedet var gunstige (rettlinje og materiell med boggier og relativt gode løpeeegenskaper), var hastigheten høy. Bruddstedet ligger inne i en dobbeltsporet tunnel med høy togtetthet. Konsekvensene av en avsporing kunne blitt store.

Da trafikken ble stoppet ble lengden på utfallet fra skinnehodet målt til ca 35 cm. Ved videre trafikkering over bruddet ville sannsynligvis materialutfallet ha utviklet seg i lengden slik at avsporingssfare hadde økt. Videre ville dette kunne gitt skade på togenes hjulbaner. Det er derfor all grunn til å gi honnør til flytogføreren som først meldte om forholdet, og senere fulgte opp ved å passere stedet i redusert hastighet, for deretter å foreta en besiktigelse av forholdet.

Etter havarikommisjonens mening viser denne hendelsen verdien av systemet med meldinger fra togene om observerte feil ved infrastrukturen. Hendelsen viser imidlertid også at det ligger en del problemstillinger og dilemmaer i systemet. For det første har de forskjellige lokomotivførere tydeligvis ulike "toleransgrenser" for når et forhold blir rapportert til togleder som et mulig problem. For det andre skal lokomotivfører formidle til togleder hva som er observert ved passering, ofte i stor fart, på et bestemt punkt på banen, på en slik måte at togleder kan vurdere behovet for tiltak.

Togleder må på sin side vurdere den informasjonen som mottas mot det aktuelle trafikkbildet og konsekvensene ved å stoppe trafikken for å undersøke. Dersom den første meldingen for ham ikke fremstår som alarmerende synes praksisen med å innhente ytterligere opplysninger fra andre tog som en fornuftig strategi som kan fungere godt for feiltyper som gradvis (i løpet av flere togpasseringer) utvikler seg fra å være observerbar til å bli farlig.

### **3.3 Bakenforliggende forhold**

#### **3.3.1 Forhold relatert til sikkerhetsstyring og ledelse**

Selv om initiering av skinnebrudd i soner med skader på skinner som følge av vanddrypp var registrert som et økende problem hos Jernbaneverket, var dette fenomenet ikke i tilstrekkelig grad handtert i teknisk regelverk. Det var på hendelsestidspunktet ikke etablert toleransgrenser for størrelsen på nedsenkning av skinnehodet med tilhørende handlingsregler som kunne nyttes under de etablerte visuelle inspeksjonene.

Hva ultralydkontroll angikk ble denne ansett som mindre egnet til å avdekke sprekker i soner med skade etter drypp vann. Likevel ble det i ultralydkontroll den 08. juli 2008 indikert en mulig sprekk i området. Denne indikasjonen ble ikke etterkontrollert med manuelt ultralydutstyr før hendelsen inntraff den 31. august, dvs. nesten to måneder senere.

Samlet sett hadde man dermed før hendelsen et system med visuelle kontroller uten tilstrekkelig støtte i faglige veiledninger, en indikasjon fra en ultralydkontroll som ikke ble fulgt opp tidsnok til å stoppe utviklingen, men et opplegg for melding av feil fra togene som, til tross for svakheter og dilemmaer, virket på en slik måte at en avsporing ble unngått.

De endringer og tilføyelser som ble foretatt i teknisk regelverk ved revisjonen pr 01.01.09 eliminerer de største svakhetene i de visuelle kontrollene i og med at det her innføres toleransegrenser, krav om måling, samt gis retningslinjer for håndtering av situasjonen når grenser overskrides.

Havarikommisjonen mener at den visuelle kontrollen ytterligere kan forbedres dersom de målte verdiene av nedsenkningen noteres, utviklingen mellom kontrollene kontrolleres og benyttes som grunnlag for vedlikeholdsplanlegging. Likeledes kan kontrollen forbedres ved at det benyttes handholdt ultralydustyr i forbindelse med den visuelle kontrollen der nedsenkningen har nådd en gitt størrelse.

Selv om problemstillingen på kort sikt sikkerhetsmessig håndteres på samme måte som et "slitasjeforhold", vil havarikommisjonen likevel understreke viktigheten av at Jernbaneverkets arbeid med å utvikle og få godkjent praktiske og økonomiske løsninger for å lede dryppvannet bort fra skinnene fortsetter.

### 3.3.2 Forhold relatert til driftstillatelse og myndighetsgodkjenning

Jernbaneverkets system for sikkerhetsstyring var på hendelsestidspunktet ennå ikke godkjent av Statens jernbanetilsyn, men en prosess for å oppnå dette pågikk. Havarikommisjonen har ikke bearbeidet slike problemstillinger i forbindelse med denne undersøkelsen.

## 4. **KONKLUSJON**

Kontinuerlig vanddrypp mot skinnstrengen kombinert med togpasseringer hadde gitt en korrosjon/erosjonsprosess som førte til tap av materiale på skinnetoppen. Dette materialtapet dannet etter hvert en nedsenkning i skinnehodet på ca. 3 mm.

Togpasseringer over denne nedsenkningen gav så store dynamiske impulslaster at sprekkdannelser ble initiert.

Det fuktige og kloridholdige miljøet på stedet bidro til å akselerere så vel korrosjons/erosjonsprosessen som sprekkdannelsen.

På hendelsestidspunktet var de etablerte kontrollrutinene ikke tilstrekkelige til å fange opp og handtere utviklingen før et større materialutfall og skinnebrudd var et faktum.

Systemet for melding av feil observert fra tog fungerte, mye takket være en særs observant lokomotivfører, slik at feilutviklingen ble oppdaget og handtert før det skjedde en avsporing.

Jernbaneverket har foretatt endringer og tilføyelser i sitt tekniske regelverk med sikte på at lignende feil skal kunne fanges opp av de regelmessige kontrollene før situasjonen blir kritisk. Det arbeides også med løsninger som leder dryppvann bort fra skinnegangen slik at denne type problemer unngås.

## **5. SIKKERHETSTILRÅDINGER**

Da Jernbaneverket alt har gjennomført endringer og forbedringer i sitt tekniske regelverk med sikte på å handtere denne type feil, har havarikommisjonen ikke funnet det hensiktsmessig å fremme noen tilrådninger i denne rapporten.

Statens Havarikommisjon for Transport

Lillestrøm, 8. oktober 2009



## **REFERANSER**

1. Jernbaneverkets tekniske regelverk (JD 5xx-serien) revisjon datert 01.01.09 og tidligere revisjon datert 01.01.08.
2. Jernbaneverkets vedlikeholdshandbok (STY- 0525) revisjon datert 01.12.08.
3. Jernbaneverkets sikkerhetshandbok revisjon datert 26.08.08.
4. Instruks for togleder (STY-0427) revisjon datert 06.01.08.

## **VEDLEGG**

Vedlegg A: Rapport fra FLO: Skadeundersøkelse etter skinnebrudd i Romeriksporten 31/8-2008

Vedlegg B: Rapport fra NIVA: Vurdering av vannprøve.



FLO / TV / LHK

# Forsvarets laboratorietjeneste

## Analytisk laboratorium

### Kjemi og materialteknologi

VEDLEGG A

Oppdragsgiver <b>Statens Havarikommisjon for Transport</b> <b>v/ Kåre Halvorsen</b> <b>Postboks 213, 2001 Lillestrøm</b>		<b>Teknisk Rapport</b>	
Gjenpart			
Tittel <b>Skadeundersøkelse etter skinnebrudd i Romeriksporten, 31/8-2008</b>			
Rapportnr <b>081209.07</b>	Dato for mottak av oppdrag <b>2008-09-09</b>	Dato for utgivelse <b>2009-07-14</b>	
Jøbbnr / Prøvenr <b>M-08-186</b>	Antall sider <b>13</b>	Antall vedlegg <b>1 : rapport NIVA 21/11-08.</b>	
Utarbeidet av <b>Øyvind Frigaard</b> 		Sjef Analytisk laboratorium <b>Tor Arne Gustavsen</b> 	
<b>Sammendrag</b>			
<p>Forsvarets laboratorietjeneste, kjemi og materialteknologi, mottok en jernbaneskinne fra Romeriksporten med brudd. Oppdragsgiver ønsket undersøkt mulig årsaker til den oppståtte skaden, samt en antydning om skinne kvalitet ref.: NS-EN 13674-1. Området med skinnebrudd var rapportert å ha vært utsatt for kontinuerlig drypp av fukt fra tunneltaket. Den mottatte skinnedelen var betydelig korrodert.</p> <p>Det ble utført metallografi og fraktografi i skanning elektron mikroskop (SEM).</p> <p>Resultatene viser at den mottatte jernbane skinnen er produsert i et ferritt perlittisk stål, trolig tilsvarende Grade R260Mn etter EN 13674-1.</p> <p>Skadeundersøkelsen viser at skadeutviklingen med stor sannsynlighet kan oppsummeres som følger:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Erosjonskorrosjon som følge av overflatedrypp i kombinasjon med mekanisk slitasje mot toghjul har medført en akselerert avvirkning av skinnematerialet (høydeforskjell målt til 2-3mm).</li><li>2. Initiering av sprekker i kontaktflaten som følge av kontaktutmatning (2-3mm).</li><li>3. Oppkonsentrasjon av klor i sprekkssystemene som følge av unormalt høye klorverdier i vannmiljøet.</li><li>4. Ugunstige spenningsforhold har resultert i spenningskorrosjon/korrosjonsutmatning med skinnebrudd som resultat.</li></ol>			

Utdrag av rapporten må ikke gjengis uten skriftlig godkjenning fra Analytisk laboratorium.

Laboratoriet er akkreditert i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025.

Det er kun resultater merket med A som er omfattet av akkrediteringen.

**Postadresse :**

FLO/TV/LHK Analytisk laboratorium  
Postboks 10  
N-2027 KJELLER

**Vareadresse**

FLO/TV/LHK Analytisk laboratorium  
Fetveien 80-84  
N-2027 KJELLER

**Telefon :**

+47 63 80 87 41  
Mil: 505 8741

**Telefax :**

+ 47 63 80 87 58  
Mil: 505 8758

## 1 Innledning

Forsvarets laboratorietjeneste, kjemi og materialteknologi, mottok en jernbaneskinne fra Romeriksporten med brudd. Oppdragsgiver ønsket undersøkt mulig årsaker til den oppståtte skaden, samt en antydning om skinne kvalitet ref.: NS-EN 13674-1. Området med skinnebrudd var rapportert å ha vært utsatt for kontinuerlig drypp av fukt fra tunneltaket. Den mottatte skinnedelen var betydelig korrodert slik det fremgår av bildene i Figur 1ab.

Det ble utført metallografi og fraktografi i skanning elektron mikroskop (SEM).



Figur 1ab: Bilder av jernbaneskinne som mottatt for skadeundersøkelse.



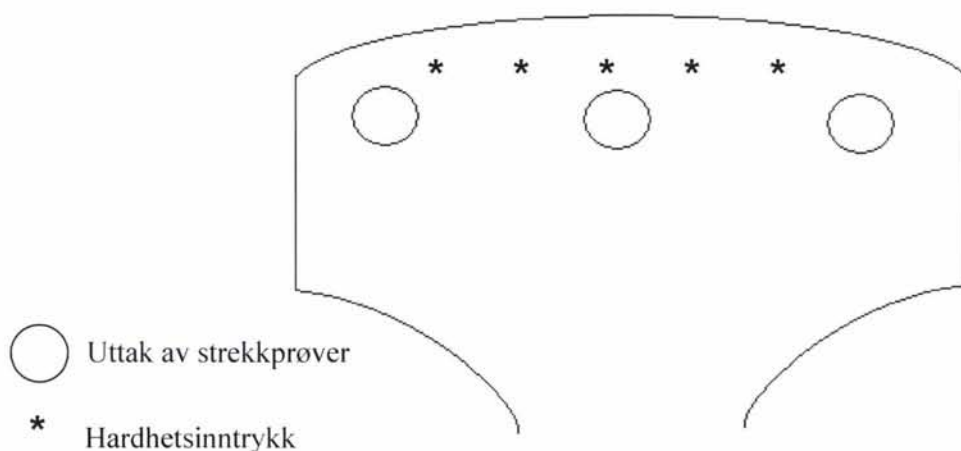
## 2 Karakterisering av grunnmaterialet

For å få et inntrykk av materialtype ble det tatt ut materialprøve for metallografiske undersøkelser og mekanisk testing. Undersøkelsene ble konsentrert om materialet i underkant av skinnebanen som vist i Figur 2.

Mekanisk testing ble utført etter EN 10002-1 på standard sirkulære prøvestaver, resultatene er oppsummert i Tabell 1. Hardheten ble bestemt til  $27 \pm 5$  HRC basert på 5 målinger og tilsvarer ~265 HB.

Metallografiske slip etset i Nital påviste en ferritt perlittisk struktur, Figur 3. Karbon innholdet ble bestemt til 0,64 wt% med CS-detektor og mangan innholdet til ~1,6 wt% med EDS i SEM.

Basert på de oppnådde resultater virker det rimelig å anta at skinnen tilfredsstiller Grad R260Mn etter EN 13674-1.

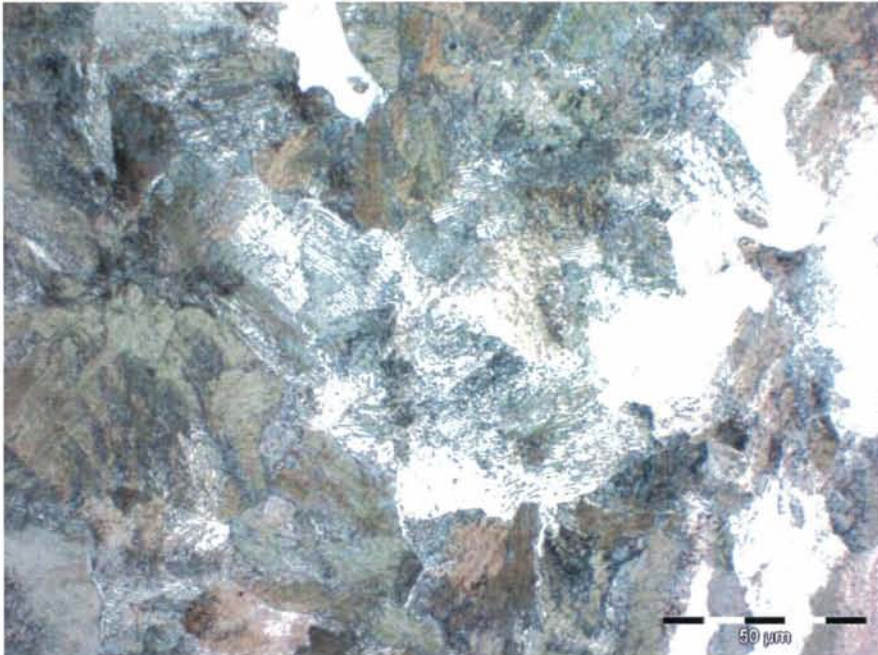


Figur 2 Skisse av prøveuttak ved mekanisk testing.

Tabell 1 Oppsummering av verdier oppnådd etter mekanisk testing.

	<b>Bruddspenning Rm (MPa)</b>	<b>Flytegrense Rp0.2 (MPa)</b>	<b>Forlengelse (%)</b>
1	946	492	16
2	928	578	13
3	911	529	15
Gjennomsnitt	928	533	15

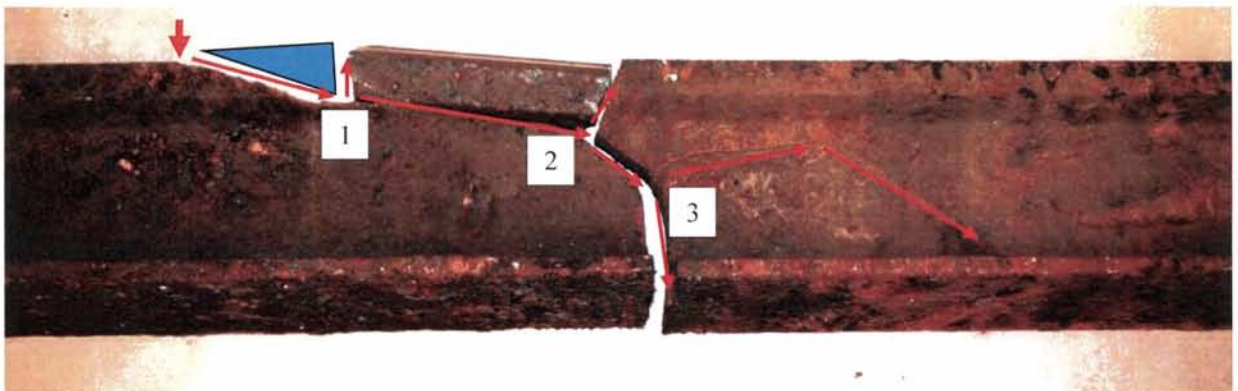
\* Benyttet Instron strekkmaskin med Bluehill software.



Figur 3 Bilder av mikrostruktur til skinne, viser en ferritt perlittisk struktur. Prøve etset i Nital.

### 3 Skadeundersøkelse

Den mottatte skinnen var betydelig korrodert med betydelig sprekkdannelse som var forgrenet. Sprekkdannelsen virket å være initiert fra overflaten for deretter å ha vokst innover i materialet med en vinkel på ca. 30°, inntil sprekkveksten har blitt ytterligere forgrenet. En del av rullebanen har ramlet av i to biter, der kun en av delene ble funnet. En skisse av sprekkveksten basert på visuell undersøkelse er vist i Figur 4. Det kan her observeres forgreninger i tre ulike punkter.

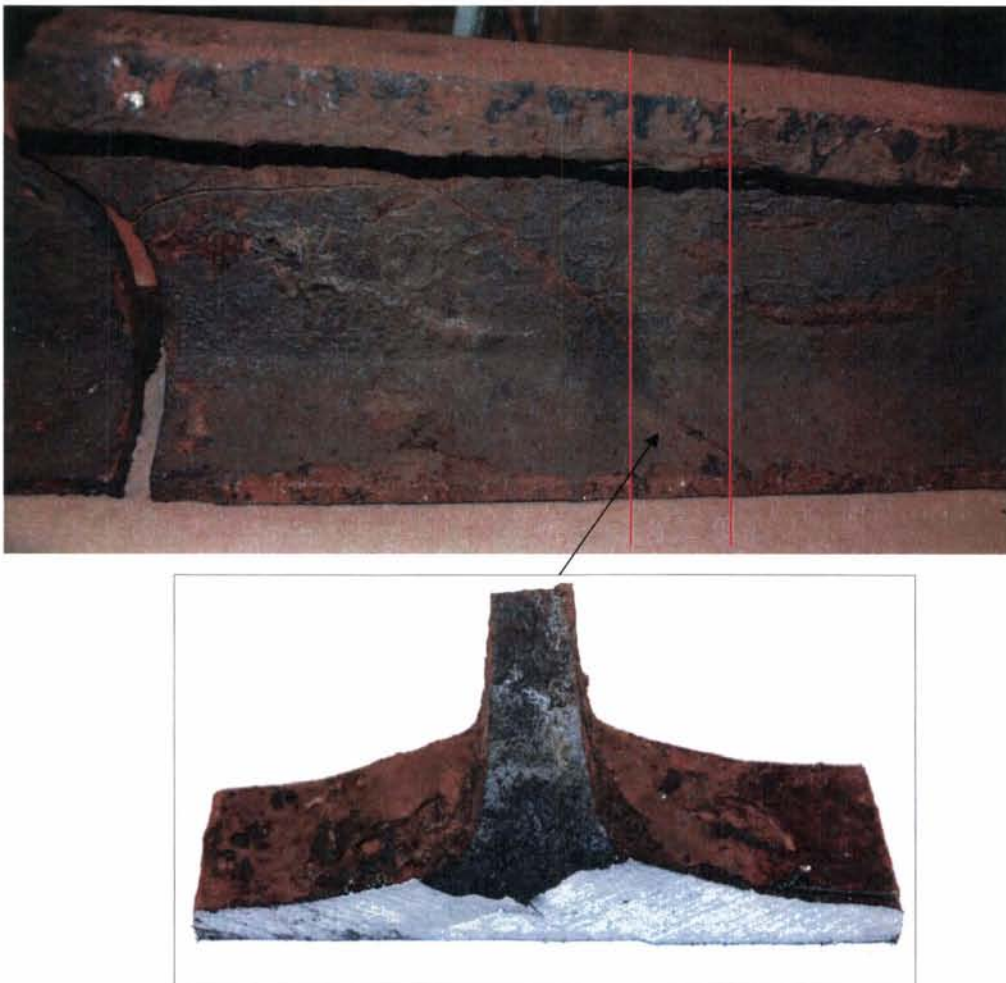


Figur 4 Skisse av sprekkforplantning basert på visuell undersøkelse av bruddskaden.

### 3.1 Fraktografi i SEM ved sprekkfront

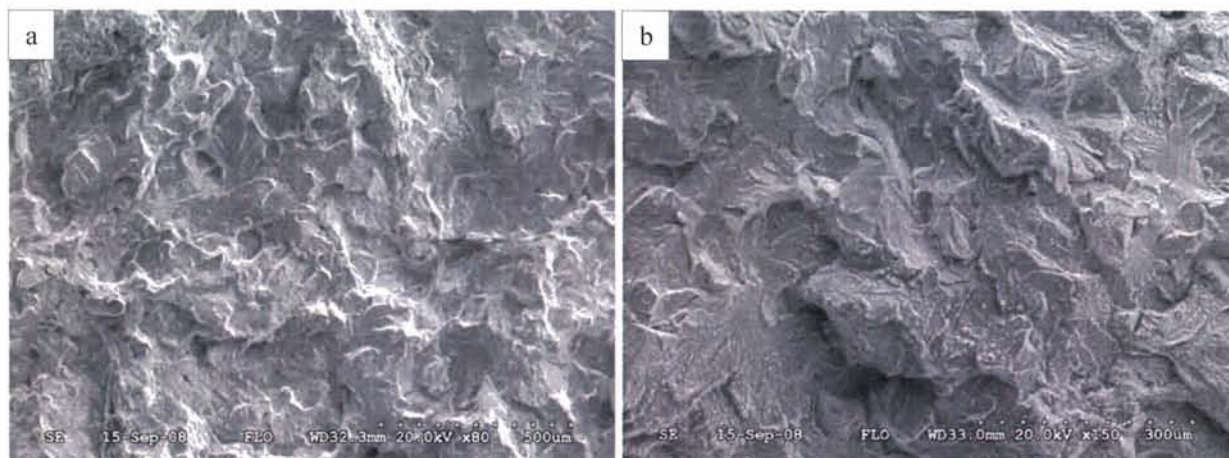
For å avklare mekanismer for sprekkveksten var det ønskelig å observere den opprinnelige bruddflaten i SEM, siden skadeområdet var betydelig korrodert var det vanskelig å finne sprekkflater uten sekundærskader. Sprekkfronten i nedre del av skinneroten virket fortsatt å være relativt inntakt og området ble kappet ut og sprekken brutt opp som vist i Figur 5.

Videre undersøkelser i SEM påviste en inter- og transkrystallinsk sprekkforplantning, Figur 6ab. Det kunne ikke observeres tegn på utmatting. Bruddflater med den observerte morfologien kan generelt kobles til overbelastning eller mekanismer som spenningskorrosjon.



Figur 5 Bilde av utkapping av sprekkfronten.





Figur 6ab Karakteristiske bilder av bruddflaten ved sprekkfronten observert i SEM.

### 3.2 Undersøkelse av skinnebit

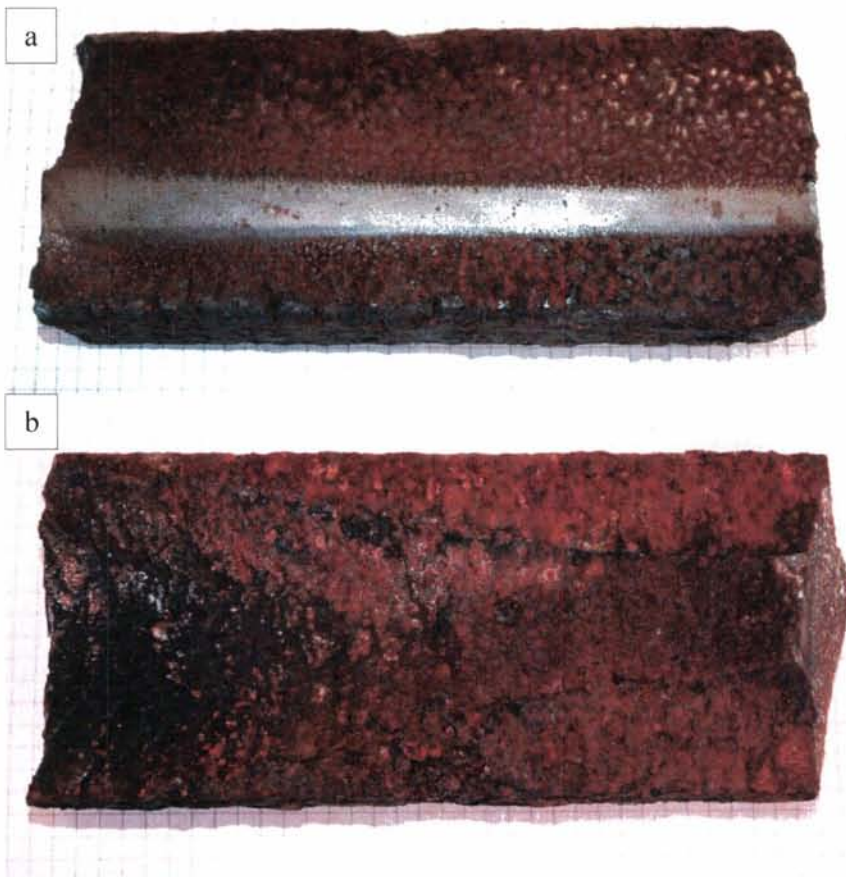
Som vist i Figur 4 falt en skinnebit av som følge av forgreningen av sprekkveksten. Det virket rimelig å anta at skinneoverflaten i dette området ikke var veldig ulik overflaten i området der hovedskaden var initiert og skinnebiten ble derfor undersøkt nærmere.

Figur 7a viser et bilde av overflaten til skinnebiten. Det kan her observeres en begrenset slitasjeflate mellom toghjul og skinne på vel 1cm. Videre kan det observeres et karakteristisk korrosjonsmønster på overflaten. Undersiden av skinnebiten er vist i Figur 7b, og viser en meget korrodert bruddflate.

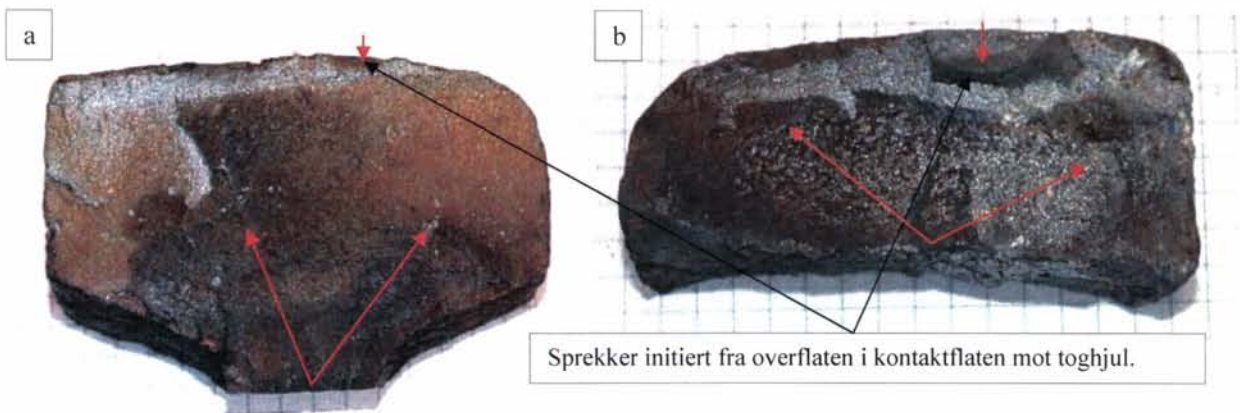
Figur 8ab viser oversiktsbilder av bruddflatene i enden på skinnebiten, retningen på sprekkforplantningen er vist i bildet med røde piler. Det kan i tillegg til hovedbruddet observeres initiering av sprekker fra overflaten i området med kontaktspor fra toghjulet som angitt i bildet.

Kontaktflaten ble undersøkt videre i stereo lysmikroskop, og antydning til ytterligere sprekkdannelse i kontaktflaten mot toghjul ble observert. For å avklare sprekkdybde, ble det tatt ut et tverrslip gjennom den observerte initieringen som vist i Figur 9. Tverrslipet påviste en vel 2mm lang sprekk initiert fra kontaktflaten. Videre undersøkelse av sprekkspissen med EDS i SEM påviste oppkonsentrasjon av klor, Figur 10.

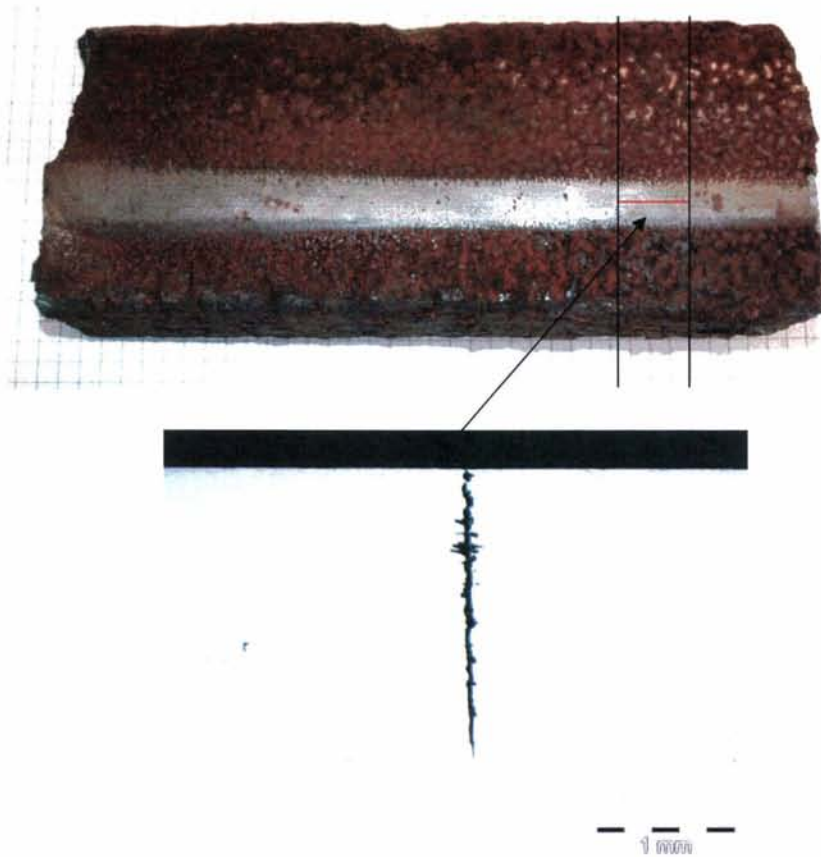
Det ble også laget et metallografisk slip gjennom korrosjonsmønsteret på overflaten av skinnen, og det kunne observeres gropdannelser/pitting med tendenser til forgreninger inn i materialet, Figur 11a-d.



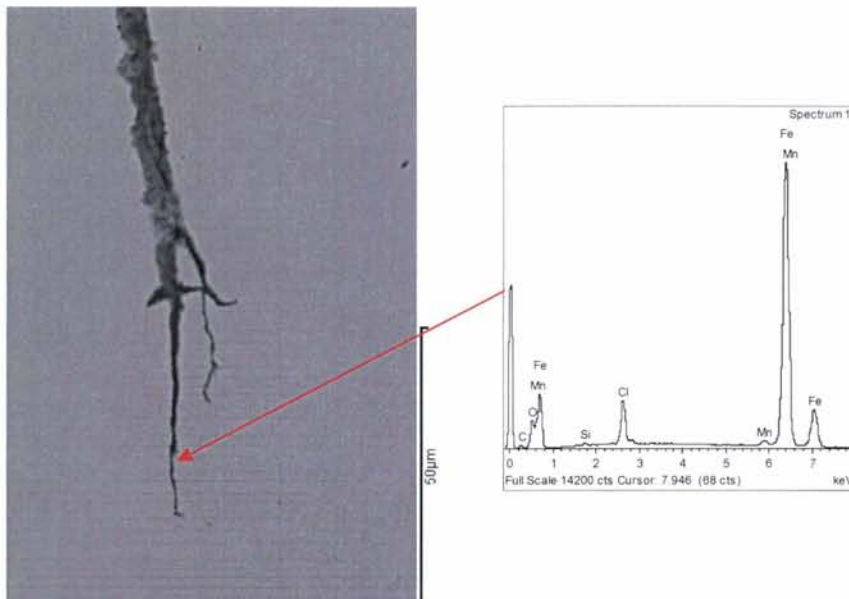
Figur 7 Bilde av a: overside og b: underside av skinnebit.



Figur 8 ab Oversiktsbilder av bruddflatene i endene på skinnebiten.

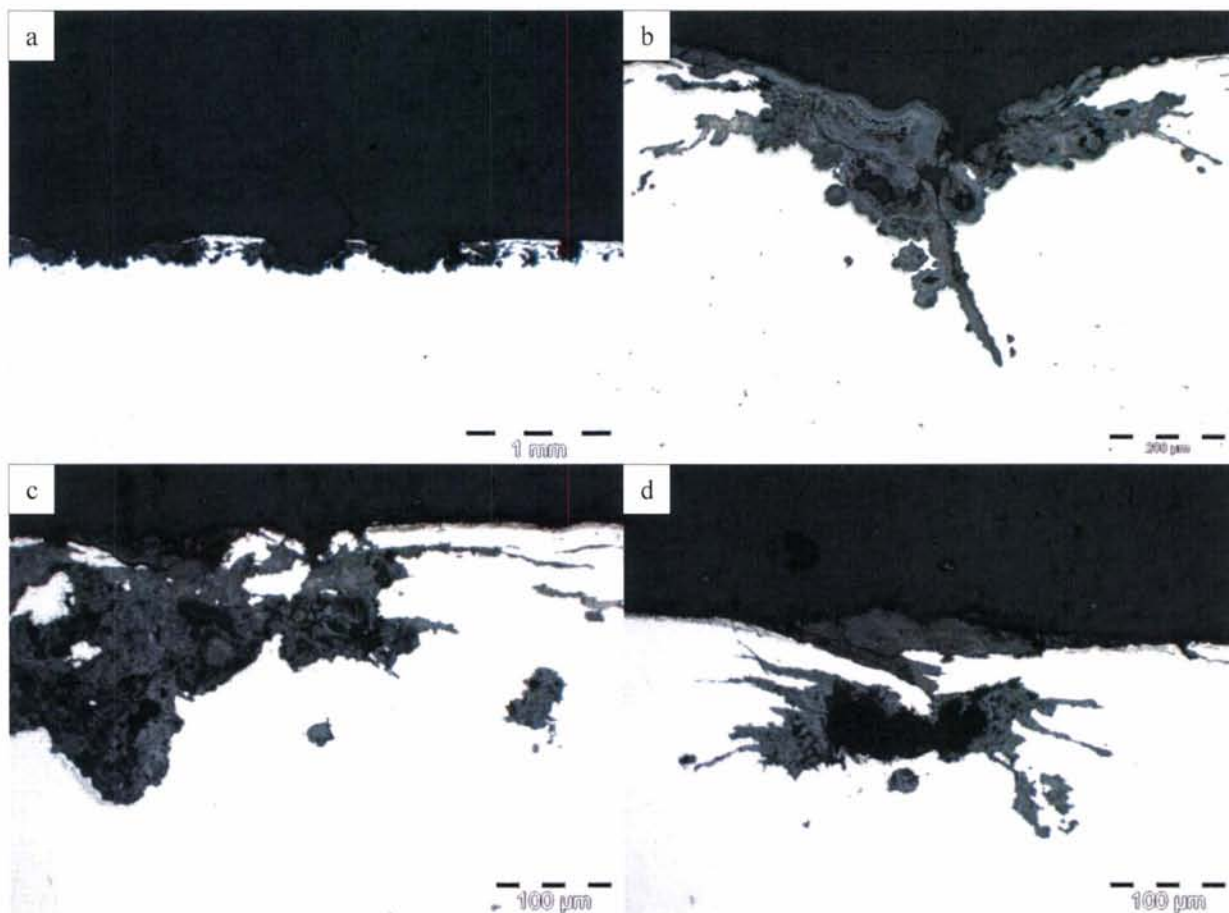


Figur 9 Bilde med skisse av posisjon for prøveuttak med bilde i lysmikroskop av et tverrsnitt gjennom en sprekk initiert fra skinneoverflaten i kontaktflaten mot toghjul.



Figur 10 Bilde av sprekkspiss observert i SEM med EDS-spekter fra posisjonen angitt i bildet.





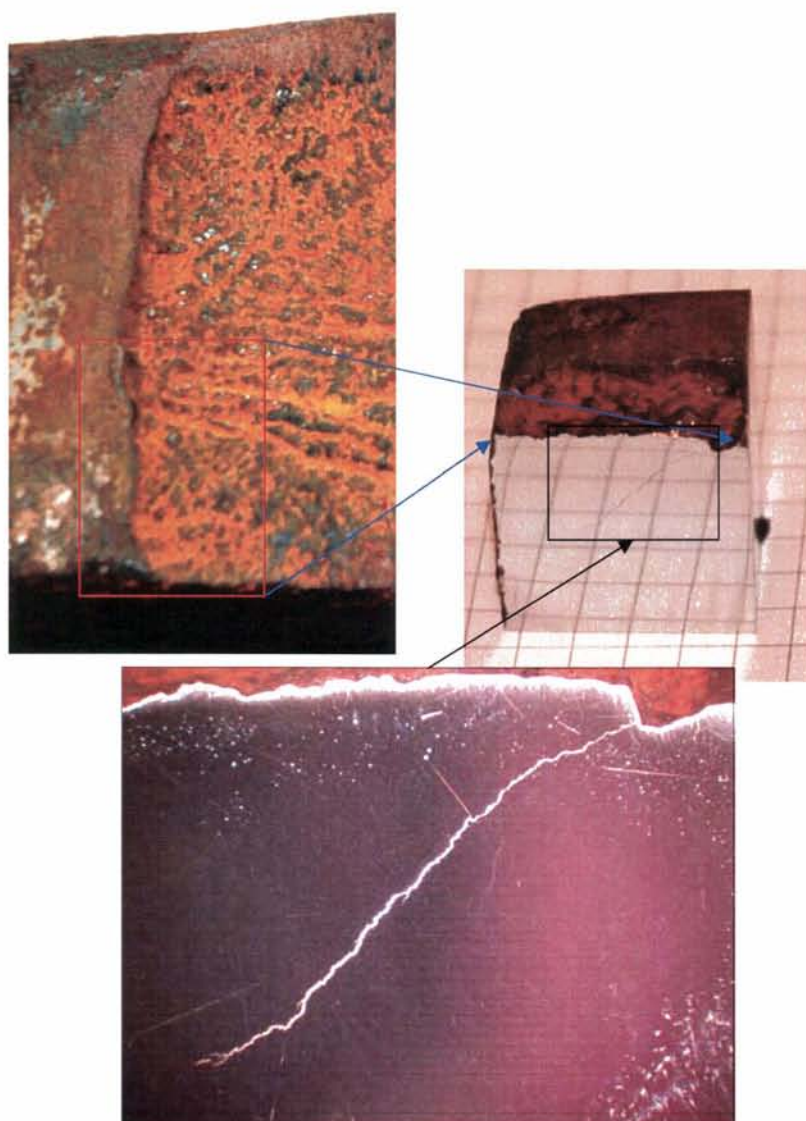
Figur 11a-d Tverrslip gjennom korrosjonsmønster observert i lysmikroskop.

### 3.3 Undersøkelse av initieringsområdet

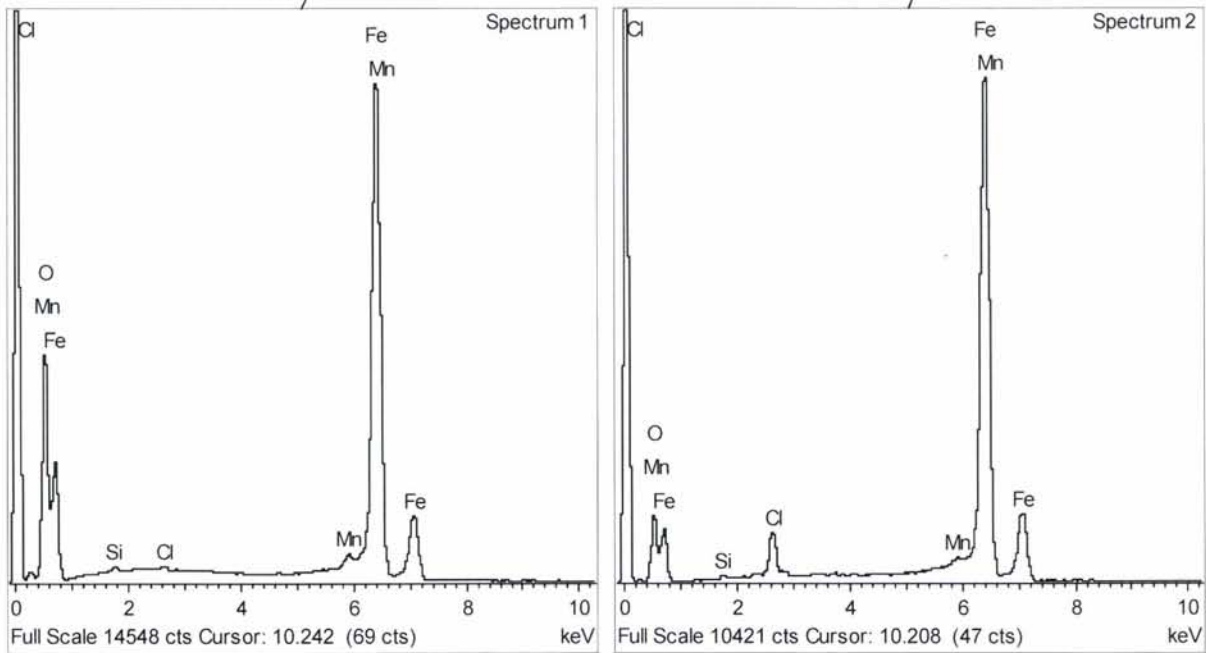
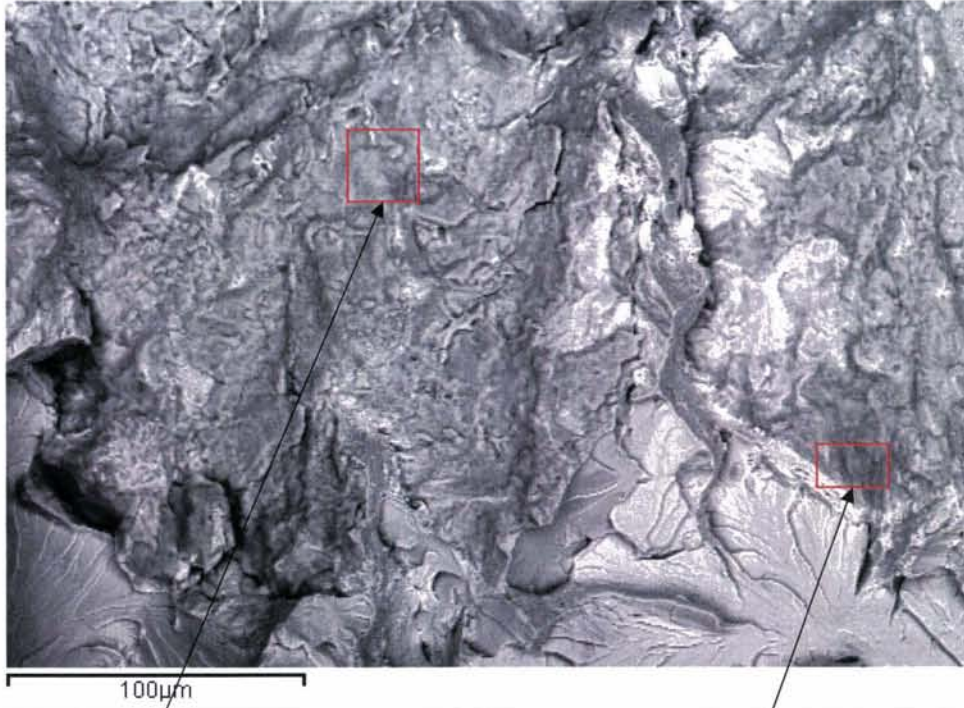
Området der skaden var initiert ble kappet ut som vist i Figur 12. For å avdekke mulig sekundærøppsprekking, ble det laget et tverrslip gjennom bruddflaten som angitt i Figur 13. Som vist i bildet kunne det observeres betydelig forgrening av sprekkeforplantningen. Det ble videre kappet ut en skive av sekundærsprekken som ble brutt opp for videre undersøkelse i SEM med EDS med tanke på å avdekke mulig oppkonsentrasjon av klor i sprekkespissen. Figur 14 viser et representativt bilde av bruddflaten ved overgangen mot restbruddet introdusert i laboratoriet. Bruddflaten i sekundærsprekken fremstod som meget oksidert, restbruddet (introdusert i laboratoriet) viste kløving typisk for overbelastning. EDS spektrene viser at det kan observeres en oppkonsentrasjon av klor mot sprekkespissen.



Figur 12 Oversiktspåse av utseksjonering av området med bruddinitiering.



Figur 13 Bilde av utseksjonering av tverrslip gjennom bruddflaten. En sekundærsprekk kunne observeres i slipet og er avbildet i stereo lysmikroskop.

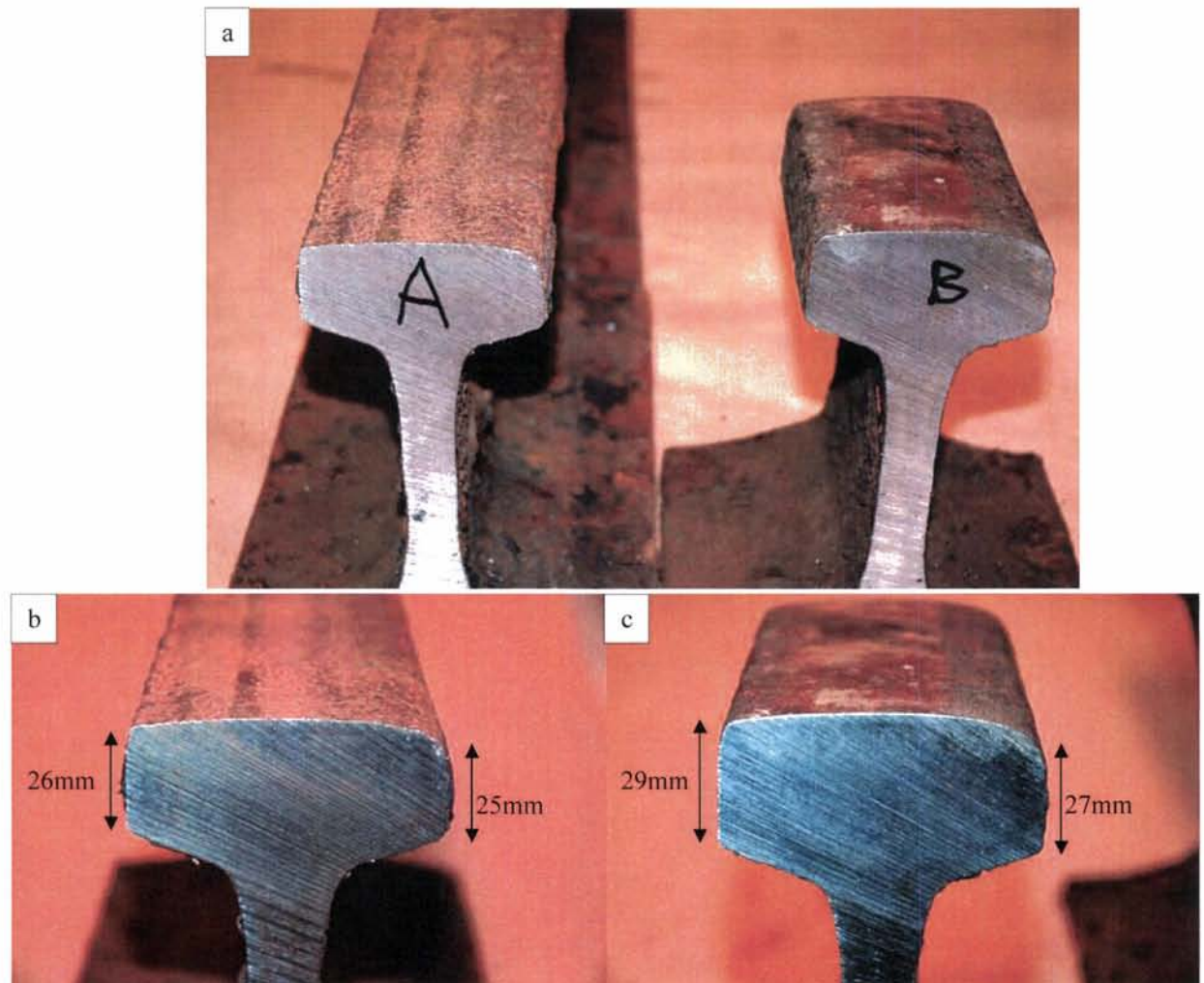


Figur 14 Bilde i SEM av bruddflate til oppbrutt sekundærsprekk inn mot restbruddet introdusert i laboratoriet (kløvning). EDS spektrene er fra områdene angitt i bildet og viser klor i sprekkspissen.



### 3.4 Undersøkelse av slitasje

I forbindelse med seksjoneringen av skinnebiten kunne det observeres forskjeller i slitasjenivået på skinnen når de motstående sidene ble sammenliknet med hverandre som vist i Figur 15. Avstanden mellom de to flatene er 85 cm, se Figur 16. Det ble målt en høydeforskjell på 2-3mm.



Figur 15 Forkjeller i slitasjenivå på skinne ved sammenlikning av fremside og bakside.



Figur 16 Bildet viser at avstanden mellom flatene i Figur 15 er ca. 85cm.

## 4 Konklusjon

Basert på de utførte undersøkelsene konkluderes følgende.

Den mottatte jernbane skinnen er produsert i et ferritt perlittisk stål, trolig tilsvarende Grade R260Mn etter EN 13674-1.

Den oppståtte skaden virker å være utviklet fra en sprekkdannelse i den ca. 1 cm brede kontaktflaten mellom hjul og skinne. Det kunne observeres lignende mindre sprekkdannelser også i områdene i nærheten av bruddskaden. En sannsynlig mekanisme kan være kontaktutmatning. Slik kontaktutmatning vil normalt resultere i avskallinger av materialet i overflaten, hvilket også ble observert.

I alle de undersøkte sprekkefrontene kunne det observeres unormalt mye klor. Ved korrosjon/oksidering i klorrike miljøer vil positive metallioner tiltrekke negativt ladede klorioner hvilket vil resultere i en oppkonsentrasjon av klor inn mot sprekke-spissene. Siden korrosjonsprosessen også generer hydrogen vil dette gi en forsurende effekt ( $H^+CL^-$ ) hvilket igjen vil akselerere en pågående korrosjonsprosess.

For å avklare hvorvidt miljøet skinnene ble utsatt for hadde unormale klorverdier ble det tatt ut vannprøver i regi av STH til analyse ved NIVA. Disse resultatene er inkludert i appendix 1, og påviser unormalt høye klor verdier.

Den betydelige forgreningen av skadeforløpet, både makroskopisk og mikroskopisk tyder på spenningskorrosjon/korrosjonsutmatning, dette er skader som også krever ugunstige mekaniske spenningsforhold i det aktuelle området.

Den observerte høydeforskjellen i lengderetningen av det mottatte skinnestykket i kombinasjon med betydelig generell korrosjon tyder på at området med drypp har vært utsatt for erosjonskorrosjon. Mekanismen har oppstått ved at korrosjon som følge av overflatedrypp i kombinasjon med mekanisk slitasje mot toghjul har medført en akselerert avvirkning av skinnematerialet. Det er etter vårt syn rimelig å anta at denne avvirkningen av skinnematerialet har resultert i unormale belastninger i det aktuelle området, med påfølgende initiering av den observerte utmatnings og korrosjonsskaden med skinnebrudd som følge.



Statens Havarikommisjon for Transport  
v/ Kåre Halvorsen  
Postboks 213  
2001 Lillestrøm

#### Hovedkontor

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00  
Bankgiro: 5010 05 91828  
SWIFT: DNBANOKK  
Foretaksnr.: 855869942  
www.niva.no  
niva@niva.no

#### Deres referanse

Kåre Halvorsen 1140 KH

#### Deres brev av

#### Vår referanse

J.nr.  
S.nr.: O 28013 24  
Rekv.nr. 2008-2602

#### Dato

21.11.2008

## Vurdering av vannprøve

Vedlagt følger en analyserapport som gjengir resultatene for prøver mottatt ved NIVAs laboratorier. Dato for registrering av prøvene og laboratoriets rekvisisjonsnummer fremgår av rapporten. Rekvisisjonsnummeret benyttes ved henvendelse til laboratoriet.

En oversikt over analyseusikkerheten for de aktuelle analyser kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

Det er relativt høyt saltinnhold i alle prøvene, og da spesielt i prøve 3, noe som fremkommer av de høye verdiene for ledningsevnen. pH er litt over nøytral, men ligger godt innenfor EU kravene for godt drikkevann (drikkevannsforskriften, Norsk Lovdata).

På grunn av liten prøvemengde ble negative ioner kun bestemt i prøve 3. Til sammenligning kan det nevnes at grensen for klorid innhold er 200 mg/L i drikkevann (også brønnvann). Grenseverdien for nitrat er 10 mg/L, mens den for sulfat er 100 mg/L.

Som tilleggsanalyse ble det også målt salinitet. For prøve 1 ble det målt salinitet på 1,5 ‰, 1,4 ‰ for prøve 2, og 3,0 ‰ for prøve 3. Dette samsvarer med resultatene for ledningsevne, som også viser til høyest saltinnhold i prøve 3. Det bør i den sammenheng imidlertid nevnes at små mengder prøve fører til større usikkerhet i resultatet.

Med vennlig hilsen

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Eirin Pettersen  
Master in Science  
Direkte linje 982 94 096  
E-Mail eirin.pettersen@niva.no



Norsk  
 Institutt  
 for  
 Vannforskning

Gaustadalléen 21  
 0349 Oslo  
 Tel: 22 18 51 00  
 Fax: 22 18 52 00

# ANALYSE RAPPORT

Side nr. 1/1



Navn **Statens Havarikommisjon for Transport**  
 Adresse **Postboks 213  
 2001 Lillestrøm**

Deres referanse:  
 Kåre Halvorsen 1140 KH

Vår referanse:  
 Rekv.nr. 2008-2602  
 O.nr. O 28013 24

Dato  
 21.11.2008

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	1		2008.11.12	2008.11.12-2008.11.18
2	2		2008.11.12	2008.11.12-2008.11.12
3	3		2008.11.12	2008.11.12-2008.11.18

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr		1	2	3
		Metode				
Nitrat	µg N/l	C 4-3		m		375
Bromid	µg/l	C 4-3		m		274
Klorid	mg/l	C 4-3		m		1700
Sulfat	mg/l	C 4-3		m		158
IC analyser				m		
Ledningsevne	mS/m	A 2	349	295	559	
Surhetsgrad	pH	A 1	7,56	7,83	7,73	

m : Analyseresultat mangler.

### Kommentarer

- 1 m= Ikke nok vann
- 3 Br, So<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> resultatene er fortynnet 1:10 pga prøvens matriks. Foreløpig result. rapportert. Avviker fra innført resultat.

Norsk institutt for vannforskning



Eirin Pettersen  
 Master in Science

