


RAPPORT

Bane 2021/02



RAPPORT OM SIGNALFEIL PÅ GRØNLAND T-BANESTASJON 2. MARS 2020

 English summary included

Statens havarikommisjon (SHK) 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 skal unngås.

INNHOLDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG.....	3
ENGLISH SUMMARY.....	4
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	5
1.1 Melding om ulykken	5
1.2 Undersøkelsen og organisering.....	5
1.3 Hendelsesdata	5
1.4 Hendelsesforløp	5
2. GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER.....	7
2.1 Fokus og avgrensninger	7
2.2 Metode	7
2.3 Involverte aktører.....	7
2.4 Materiellundersøkelser.....	8
2.5 Grønland T-banestasjon	8
2.6 Undersøkelse av operative forhold	9
2.7 Undersøkelser av infrastruktur.....	12
2.8 Undersøkelser og tester i regi av SHK.....	18
2.9 Undersøkelser og tester i regi av Sporveien	20
2.10 Lover og forskrifter.....	22
2.11 Sikkerhetsstyring.....	23
2.12 Internt regelverk og prosedyrer.....	24
3. ANALYSE.....	26
3.1 Innledning	26
3.2 Hendelsesforløp, barrierer og konsekvenser.....	26
3.3 Relé 155LO feilet.....	27
3.4 Ombordutrustningen fikk feilaktig informasjon	27
3.5 Den operative barrieren ved mørkt signal feilet to ganger under hendelsen	27
3.6 Fjernstyringen viste grønt lys når den skulle vise rødt lys.....	28
3.7 Det var ikke samsvar mellom hovedsignaler og ATP ved LO-reléfeil.....	28
3.8 Manglende kontroll ved utskifting av sikkerhetsreléer i 2005.....	29
3.9 Manglende kontroll av grenseverdier i vedlikeholdssystemet i 2015.....	29
4. KONKLUSJON	30
5. GJENNOMFØRTE OG PLANLAGTE TILTAK ETTER ULYKKEN	31
6. SIKKERHETSTILRÅDINGER	33
VEDLEGG.....	34

SAMMENDRAG

Mandag 2. mars 2020 kl. 1338 oppstod det en signalfeil på Grønland T-banestasjon. Relé 155LO for kontroll av grønt lys ble feilaktig stående fast i tiltrukket posisjon som indikerer til andre systemer at det er klart. Dette medførte at hovedsignal T155 ble mørkt, mens ombordutrustningen i toget Automatic Train Protection (ATP) viste M (kjør 50 km/t) og fjernstyringen indikerte grønt lys. Denne hendelsen medførte ingen direkte konsekvenser, men en tilsvarende feil et annet sted i signalanlegget kunne ført til at et T-banetog kjørte inn i bakenden på et annet i opptil 70 km/t.

Årsaken til at det ikke var samsvar mellom hovedsignalet, ATP og fjernstyringen har sammenheng med at det er forskjellige betingelser som benyttes til å gi klarsignal. I dette tilfellet var hovedsignalet mørkt fordi betingelsene til kildene som signalet sjekket ikke var tilstede for å gi grønt lys. Betingelsene som ATP og fjernstyringen benyttet til å gi klarsignal ga i denne feilsituasjonen «kjør», og medførte at disse to systemene viste feilinformasjon.

Undersøkelsen har avdekket at LO-reléer av typen PN-150BL ble brukt på en måte de ikke er designet for. Dette har over tid før til at en kontakt blitt skadet og dermed feilet. Det kan ha vært en designfeil i sikringsanlegget fra den opprinnelige implementeringen på 1960-tallet, men grunnet manglende dokumentasjon har det ikke vært mulig å fastslå dette. Det er imidlertid funnet en brist i Sporveien T-banen AS sitt system for kontroll av komponentegenskaper i 2005, da alle LO-reléer ble byttet ut. I tillegg er det avdekket at vedlikeholds regimet for dette reléet har vært mangelfull, og manglet viktige forutsetninger for å oppdage skader og feil.

Havarikommisjonen fremmer to sikkerhetstilrådinger i denne undersøkelsen. Disse omhandler at Sporveien T-banen AS må ha en prosess som sikrer at alle komponenter i signalanlegget tåler belastningen de utsettes for, og at ATP og informasjon til trafikkleder gjenspeiler signalbildet til hovedsignalene.

ENGLISH SUMMARY

On Monday 2 March 2020 at 1338, a signal error occurred at Grønland Metro Station in Oslo, Norway. Relay 155LO for green light control was incorrectly stuck in the attracted positioning indicating to other systems that it is clear. This caused the main signal T155 to go dark, while the Automatic Train Protection (ATP) equipment onboard the train showed M (drive 50 km/h) and the information to the traffic manager displayed green light. This incident had no direct consequences, but a similar fault elsewhere in the signaling system could have led to a metro train running into the back of another metro train at up to 70 km/h.

The reason why there was no correspondence between the main signal, ATP and the information to the traffic manager is related to the fact that there are different conditions that are used to display a “green” signal. In this case, the main signal became dark because the conditions of the sources that the signal checks were not present to give the green light. The conditions for the ATP and information to the traffic manager to display “green” were not the same as the main signal, and these two systems therefore showed incorrect information.

The investigation has revealed that LO relays (PN-150BL) were used in a way that they are not designed for, which means that over time a contact has been damaged and failed. It may have been a design error in the signaling system from the original implementation in the 1960s, but due to lack of documentation, this has not been possible to determine. However, it has been found shortcomings in Oslo Metro’s system for controlling component properties in 2005, when all LO relays were replaced. In addition, it has been revealed that the maintenance regime for this relay has been inadequate and lacked important prerequisites for detecting damage and defects.

The Norwegian Safety Investigation Authority issues two safety recommendations in this investigation. They concern that Oslo Metro must have a process for replacement and maintenance that ensures that all components of the signaling system can withstand the load they are subjected to, and that ATP and information to the train dispatcher reflect the signal image of the main signals.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

1.1 Melding om ulykken

Statens havarikommisjon (SHK) mottok 2. mars 2020 varsel fra Sporveien T-banen AS om mulig signalfeil på Grønland stasjon. Informasjon om at SHK hadde igangsatt undersøkelse ble meddelt involverte parter den 17. mars, og European Union Agency for Railways (ERA) ble informert samme dag.

1.2 Undersøkelsen og organisering

Statens havarikommisjon er undersøkelsesmyndighet ved jernbaneulykker og jernbanehendelser. I henhold til jernbaneundersøkelsesloven § 3 skal undersøkelsesmyndigheten klarlegge hendelsesforløp og årsaksfaktorer, utrede forhold av betydning for å forebygge jernbaneulykker og avgi undersøkelsesrapport.

Undersøkelsesmyndigheten skal ikke ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Undersøkelsen skal foregå uavhengig av annen etterforskning eller undersøkelse som helt eller delvis har slikt formål.

Beslutning om å gjennomføre sikkerhetsundersøkelse er gjort på bakgrunn av hendelsens alvorlighetsgrad. Organisering og mandat for undersøkelsen ble besluttet i oppstartsmøtet. Undersøkelsen er gjennomført som et prosjektarbeid, ledet av undersøkelsesleder i SHK. Undersøkelseseier er avdelingsdirektør, baneavdelingen i Statens havarikommisjon.

1.3 Hendelsesdata

Tabell 1: Om hendelsen

Signalfeil	
Hendelsestidspunkt:	2. mars 2020 kl. 1338
Hendelsessted:	Grønland T-banestasjon
Tognummer:	212, 509 og 307
Togtype:	Passasjertog
Involvert materiell:	MX3000
Eier:	Sporveien T-banen AS

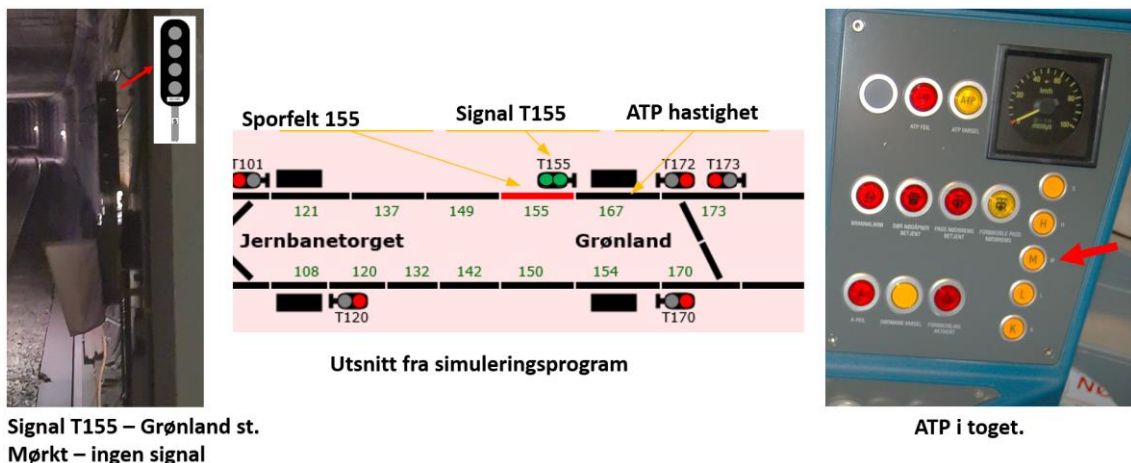
1.4 Hendelsesforløp

Mandag 2. mars 2020 kl. 1338 oppstod en signalfeil på Grønland T-banestasjon, hvor hovedsignal T155 sluknet og ble mørkt. T-banetogene 212 og 509 passerte feilaktig det mørklagte signalet uten at førerne reagerte, mens fører av tog 307 var den første som varslet trafikkleder kl. 1343.

Dersom et hovedsignal ikke lyser skal det betraktes som et rødt signal, og fører skal rapportere dette til trafikkleder. Føreren i 307 rapporterte at displayet i toget viste kjøretillatelse «M» (50 km/t), og skjermen til trafikkleder indikerte at signal T155 var grønt. Trafikkleder opplevde at det ikke var mulig å betjene signalet manuelt, og klarte derfor ikke å sette signalet i «stopp». Signalet skiftet heller ikke til stopp slik det skal, da 307 fikk muntlig tillatelse til å passere. Trafikkleder iverksatte deretter tiltak for å regulere trafikken forbi signalet, og det ble kalt ut ressurser for å undersøke hendelsen.

Det ble slått fast at signalet ikke fungerte og det ble observert at et relé ikke fungerte som forventet. Sporveien T-banen AS testet sporfeltet tilhørende hovedsignal T155, og resultatet var at ved belegg (tog) på sporfeltet ble det ikke rødt lys i hovedsignalmasten som forventet. Fjernstyringen indikerte imidlertid grønt lys for signal T155 på skjermen til trafikkleder og Automatic Train Protection (ATP) signalet viste «M» (50 km/t), noe som betyr kjøør. ATP er et system i T-banetogene som viser tillatt hastighet på strekningen for fører, og vil automatisk gripe inn og aktivere bremsene om tillatt hastighet overstiges. I denne hendelsen feilet signalanlegget til usikker tilstand, og viste «kjør» der det skulle vise «stopp».

Reléet som ikke fungerte var definert av Sporveien AS som sikkerhetsrelé 155LO for signal T155, og dette hang feilaktig i tiltrukket stilling noe som medførte at signalet var mørkt. Ved utkobling av strømforsyningen til reléet var det fremdeles feilaktig i tiltrukket posisjon. Normaltilstand for denne type relé uten strømforsyning er i avfalt posisjon, og da lyser det rødt i signalet. Da reléet ble tatt ut og satt inn igjen på reléstativet falt dette til korrekt posisjon, og signal T155 lyste da rødt. I samarbeid med trafikkleder ble signalet testet, og det fungerte da som normalt ved både rødt og grønt. Signalmontørene på stedet fulgte med på to togpasseringer, og observerte at reléet fungerte som normalt. Etter feilsøkingen ble reléet tatt ut av drift og byttet med et annet før de avsluttet arbeidet. Trafikken ble deretter gjenopptatt til normaldrift.



Figur 1: Relevante komponenter i sikringsanlegget: Foto: SHK og Sporveien T-banen AS

Hendelsen på Grønland 2. mars ble av Sporveien AS (infrastrukturenheten) vurdert til å kunne ha sammenheng med en tidligere hendelse som skjedde i slutten av 2019 på Grønland. Sporveien opplyser at de mangler dokumentasjon som beskriver denne feilen, men forklarer at det hadde vært en feil på relé 170LO med samme funksjon som 155LO.

2. GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER

2.1 Fokus og avgrensninger

Havarikommisjonen avgjør selv omfanget av undersøkelsen og hvordan den skal gjennomføres. Ved avgjørelsen tas det hensyn til hvilken lærdom undersøkelsen forventes å gi med tanke på å forbedre jernbanesikkerheten.

I denne hendelsen er det fokusert på hvorfor det var forskjell på signalbildet i hovedsignal T155 og informasjonen hos trafikkleder og i ATP. I tillegg ble begge reléene som feilet sendt til den amerikanske havarikommisjonen, NTSB, som igjen bidro til undersøkelsen hos leverandøren Hitachi i USA.

2.2 Metode

Statens havarikommisjon har utviklet et felles sikkerhetsfaglig rammeverk og analyseprosess for systematiske undersøkelser (NSIA-metoden¹). Rammeverket beskriver hvordan SHK analyserer informasjon fra ulykker på en systematisk og etterprøvbar måte.

Basert på innsamlet informasjon er hendelsen klarlagt i en STEP-analyse. Denne fungerer som underlag for analysen av lokale sikkerhetsproblemer, medvirkende faktorer, risikokontroll og mer systemiske sikkerhetsproblemer i henhold til NSIA-metoden.

2.3 Involverte aktører

2.3.1 Sporveien AS

Sporveien AS (heretter Sporveien) er et konsern med om lag 3 800 ansatte og eier, utvikler og forvalter infrastrukturen knyttet til T-bane og trikk i Oslo. Dette inkluderer skinner, stasjoner, tunneler, baser, bygninger og signalanlegg. Konsernet har også et helhetlig ansvar for driften av kollektivtrafikken, inkludert vedlikehold og oppgraderinger av vogner, skinner og annen infrastruktur. Sporveien er 100 % eid av Oslo kommune.

Sporveien T-banen AS (heretter T-banen) er et datterselskap av Sporveien og driver trafikkvirksomhet, drift av kjørevei og trafikkstyring på tunnelbanenettet i Oslo og tidligere Akershus. T-banen drifter fem linjer, og fraktet i 2019 over 119 millioner reisende. Selskapet har i overkant av 600 ansatte og disponerer 115 togsett.

T-banen har tillatelse til trafikkvirksomhet, drift av kjørevei og trafikkstyring på tunnelbanenettet i Oslo og Akershus utstedt 15. april 2011 av Statens jernbanetilsyn. Tillatelsen er gitt uten tidsbegrensning.

Ansvar for signalanlegget ligger i avdelingen Infrastruktur i Sporveien, som blant annet utfører vedlikehold og feilsøking.

2.3.2 Hitachi Rail STS

Relé 155LO som feilet, ble produsert av Union Switch i 2005. Union Switch ble kjøpt av Ansaldo STS i 1988, men opererte uavhengig frem til 2009 og fikk da navnet Ansaldo

¹ <https://havarikommisjonen.no/Om-oss/Metodikk>

STS USA. I begynnelsen av 2019 kjøpte Hitachi majoriteten av Ansaldo STS, og navnet ble endret til Hitachi Rail STS.

Testingen av reléet ble utført av Hitachi Rail STS i Batesburg, South Carolina USA i perioden november/desember 2020.

2.4 Materielle undersøkelser

2.4.1 Om materiellet

T-banen i Oslo benytter materiell av typen MX3000, som er produsert av Siemens AG. De første vognene ble satt i trafikk i 2006, og etter siste leveranse i 2014 består vognparken av totalt 115 togsett.

Materiellet er ikke undersøkt i denne undersøkelsen, da fokuset har vært på signalanlegget og informasjonen som sendes til togene.

2.5 Grønland T-banestasjon

Grønland T-banestasjon (heretter stasjonen) består av to spor og to plattformer for passasjerutveksling. Samtlige linjer passerer stasjonen som er plassert under bakken i tunnel. På hverdager passerer 32 tog pr. time i hver retning. Det er utkjøringsignaler fra begge plattformer, og et signal før overkjøringsspor i Østre ende.

For ca. 20 år siden ble det besluttet at det skulle være signaler ut fra stasjoner mot tunnelstrekninger for å kunne sette «stopp» om et tog foran fikk tekniske problemer. Hensikten var å redusere antall personer en eventuelt måtte evakuere i tunnel.



2.6 Undersøkelse av operative forhold

2.6.1 Roller – ansvar – myndighet

Driftsreglementet² i T-banen regulerer togfremføringen, trafikkstyringen og arbeid i og ved spor. I kapitlet «signalbestemmelser» reguleres lyssignaler, skilt, stolper, håndsignaler, flagg, ATP³-signaler og lydsignaler.

I denne undersøkelsen av operative forhold er trafikkleder og togfører vektlagt.



Figur 3: Trafikkledersentralen hvor trafikkleder styrer togene via skjermer. Foto: Sporveien AS



Figur 4: Førerrommet i MX-3000. Foto: SHK

Driftsreglementet sier følgende om de to rollene:

Trafikkleder er ansvarlig for den operative trafikkstyringen og leder togfremføringen. Ordre om å avvike fra bestemmelsene kan bare gis av trafikkleder i nødssituasjoner, og trafikkleder skal rapportere det til driftssjefen.

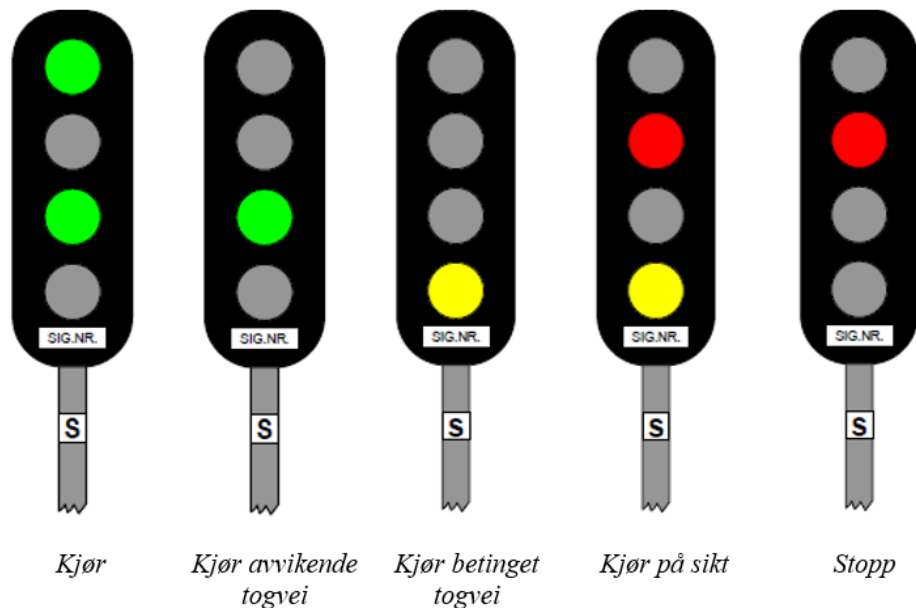
Togfører er ansvarlig for toget og fremføringen av det.

² Driftsreglement - T-bane, Versjon: 1.01, Gyldig fra: 01.06.2010.

³ ATP, Automatic Train Protection. Skal sikre at fartsgrenser overholdes, og stanser toget automatisk om nødvendig.

2.6.2 Hovedsignaler og ATP-signaler på T-banen

Signaler er plassert foran sporveksler, og i noen tilfeller ved plattformer (utkjøringsignaler). I denne undersøkelsen var det hovedsignal T155 ved plattformen på Grønland T-banestasjon som var involvert. Normalbilde for signalene er 'Stopp', dvs. rødt lys.



Figur 5: Hovedsignaler – signaler med 1–4 lyshoder og S-merke. Kilde: Sporveien T-banen AS

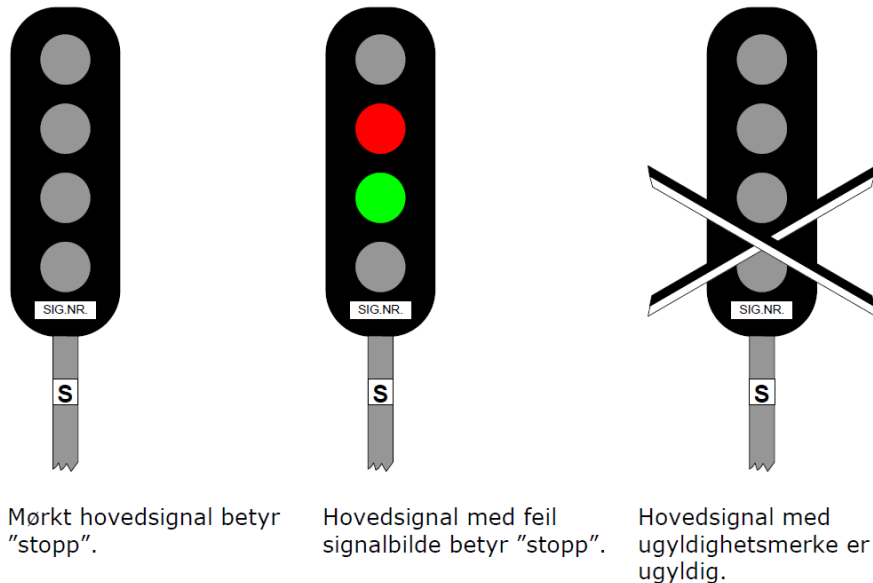
Togfører informeres om største tillatt kjørehastighet fra et tablå (se figur 6) i førerrommet. Dette tablået styres av førerromsignalanlegget (ATP-panel) som igjen styres av pulser fra sporet. Pulsene styres av signal- og sikringsanlegget og gir informasjon om maks tillatte kjørehastigheter. ATP-hastighet angis i bokstavkode med eksempelvis: H=70 km/t, M=50 km/t, L=30 km/t, K=0 km/t eller 15 km/t etter kvittering av signal K.



Figur 6: Antennene plukker opp koden fra sporet og viser den på displayet til fører som bokstavkode (markert med hvit ring). Foto: Sporveien T-banen AS

2.6.3 Ufullstendige eller ugyldige signaler

I driftsreglementet for T-banen står det at «*ufullstendige eller ugyldige signaler skal oppfattes som stoppsignal til annen ordre mottas*». Trafikkleder eller trafikkvakt kan gi ordre om passering av hovedsignal i stopp.



Figur 7: Ufullstendige eller ugyldige signaler. Kilde: Sporveien T-banen AS

2.6.4 Operative bestemmelser ved mørkt signal

Hovedsignalet på Grønland har 4 lyshoder (ref. kap. 2.6.2), og er plassert i enden av plattformen på stasjonen. Forenklet forklart viser denne typen lyssignal enten kjør med en bestemt hastighet eller stopp. Lyssignalene skal til enhver tid, under normal trafikkavvikling, vise kjør eller stopp.

Ved denne hendelsen var hovedsignalet på Grønland (T155) mørkt, mens ATP-signalet i førerrommet viste M (50 km/t). I driftsreglementet står det at «*mottas samtidig signaler med forskjellig betydning adlydes det som medfører størst forsiktighet*», og et mørkt hovedsignalsignal «*skal oppfattes som stoppsignal til annen ordre mottas*».

Dersom et lyssignal har et ufullstendig eller ugyldig signalbilde (her mørkt signal) skal dette betraktes som et stoppsignal. Ved denne hendelsen overså to førere i tog 212 og 509 det mørke signalet, før det ble oppdaget og rapportert av føreren i det tredje toget 307. Fører må da kontakte trafikkleder, og avklare situasjonen. Ved feil skal det iverksettes tiltak i henhold til instruks for de ulike typer infrastruktur og tog. Ved denne hendelsen er det «Operasjonelle tiltak ved sikkerhetsfeil i driften»⁴ som trer i kraft. Dersom det oppstår en sikkerhetsfeil i sikringsanlegg som feiler til usikker tilstand (f.eks. «kjør» der det skulle vært «stopp») skal alle tog stoppes umiddelbart til situasjonen er avklart. Trafikken kan gjenopptas etter at det er utarbeidet prosedyre for håndtering av den spesifikke situasjonen. Alle feil og mangler som omfattes av instruksjonen skal meldes til Infrastrukturenheten (IE).

⁴ Dok.nr.: D00830, Ver./dato: 9.00 / 12.04.2019.

2.7 Undersøkelser av infrastruktur

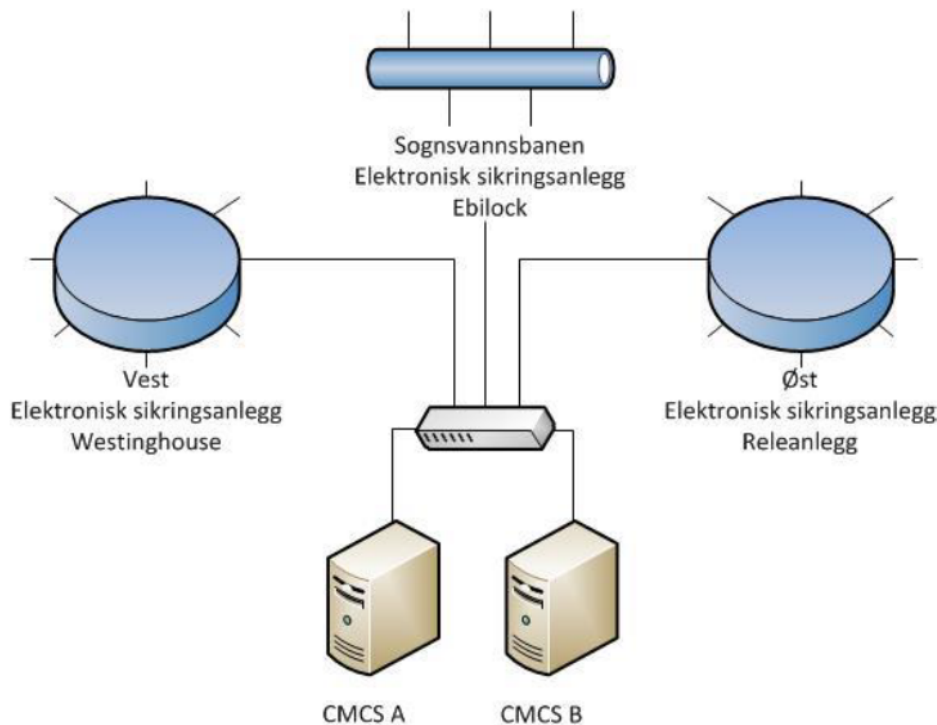
2.7.1 Innledning

Et av hovedelementene i undersøkelsen var å kartlegge hvordan logikken rundt hovedsignal T155 var bygget opp og samsvarte med informasjonen som ble vist i hovedsignalet, på skjermen til trafikkleder og i ATP-panelet i T-banetoget. Et annet hovedelement i undersøkelsen var å avklare hvorfor reléet feilet.

Havarikommisjonen har gjennomført undersøkelsen med bistand fra Tor Onshus, professor emeritus ved Institutt for teknisk kybernetikk ved NTNU. I tillegg har den amerikanske havarikommisjonen, NTSB, bistått ved undersøkelsen av reléet hos produsenten Hitachi Rail STS i USA.

2.7.2 Generelt om signalanlegget på T-banen

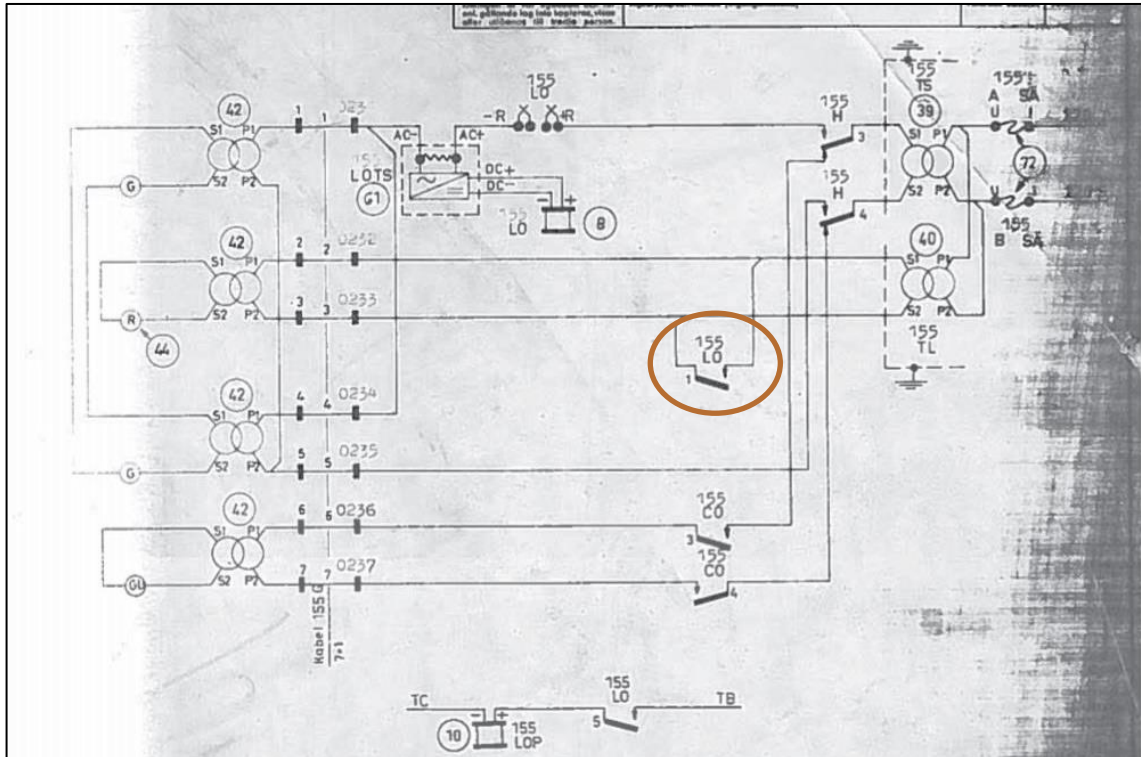
Signalanlegget på Grønland stasjon betegnes som signal- og sikringsanlegg ØST, og baserer seg på reléteknikk. Sikkerhetssystemet ved banen bygger på dobbeltisolerte sporfelt med impedansforbindelser, som skal sikre tilstrekkelig avstand mellom T-banetog. Når et tog belegger sporfeltet, kobles såkalt kodelogikk inn. Denne består av et antall relékontakter på andre sporfeltreléer, grøntkontroll- og vekselkontrollreléer. Disse bestemmer hvilken hastighet toget kan kjøre med.



Figur 8: Alle signalanleggene kommuniserer med CMCS på Tøyen. Kilde: Sporveien AS

Signal- og sikringsanlegget styres fra et sentralt fjernstyringsanlegg på Tøyen, som har fiberforbindelse via signal-LAN og PLSer, til relérommet på Grønland. Relérommene har reléutstyr for vekslere og signaler, og utfører ordre gitt fra stillverket. Togfremføringen styres normalt automatisk ved hjelp av et tognummersystem, ATN (Automatic Train Number). Automatisk stilling av togveier skjer etter hvert som toget belegger bestemte sporfelt, og systemet skal sørge for at togveier stilles riktig.

For at hovedsignal T155 på Grønland skal lyse grønt må først signalrelé 155H trekke for at 155LO skal trekke. H-reléet skal sørge for at alle betingelsene er oppfylt for å gi en togvei. Dette er betingelser som at sporfeltene er frie, at veksler er låst, at tog har meldt ankomst og at tidsforløp ikke er aktivert. Kontakter på H-reléet legger inn strømmen i den grønne kretsen. Når den grønne lampekretsen tennes skapes et spenningsfall som likerettes. Denne spenningen trekker opp LO-reléet som deretter kortslutter kretsen til den røde pæren.



Figur 9: Signaltegning av hovedsignal T155, og markering av kontakten på relé 155LO som feilet. Tallet 1 indikerer at dette gjelder kontakt 1 i reléet. Kilde: Sporveien AS

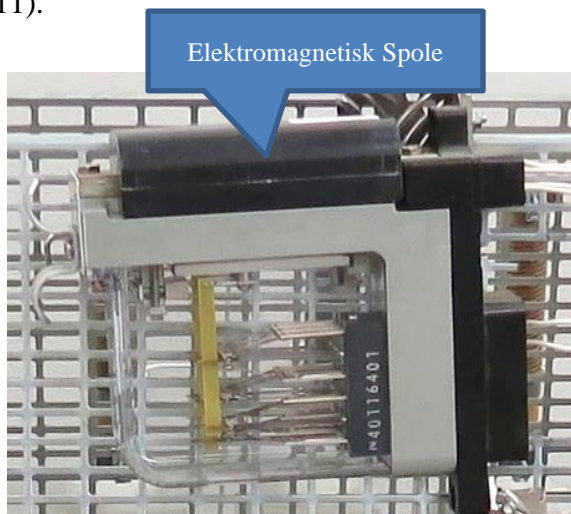
2.7.3 Beskrivelse av komponenten som feilet

Komponenten som feilet var av Sporveien definert som et sikkerhetsrelé og benevnes 155LO. Reléet ble produsert av Union Switch (nå Hitachi Rail STS) i 2005 og har benevnelsen PN-150BL Light Out Relay, PC.nr N322510-598 og S/N 430500148.

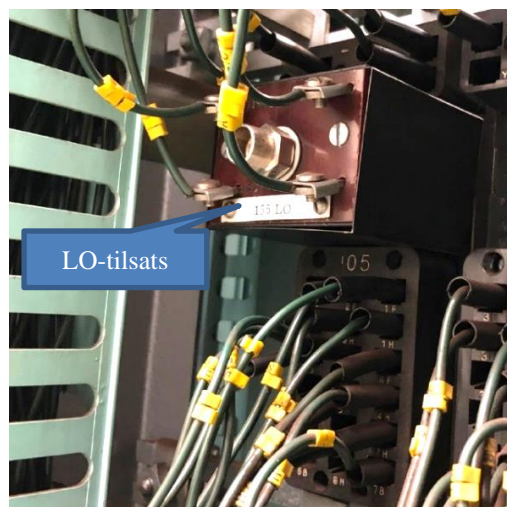
Ettersom det også var mistanke om feil på et annet relé ble også dette undersøkt. Det andre reléet merket 170LO, har benevnelsen PN-150BL Light Out Relay, PC.nr N322510-598 og S/N 430500204.

Funksjonen til LO-reléet er såkalt «grønnlyskontroll» og skal sørge for at den røde lampen slukker når de grønne lysene tennes. I tillegg til dette benyttes kontaktene i LO-reléet til kontroll av grønt signal for blant annet informasjon til trafikkleder og ATP i toget.

PN-150BL er et relé som brukes til å kontrollere lampefilamenter. Reléet trekker til ved at en elektromagnetisk spole blir tilført spenning (se figur 10). Når spenningen bortfaller, faller reléet ved hjelp av tyngdekraften (se figur 14). Det har åtte kontakter (se figur 13) og krever en ekstern LO-tilsats⁵ som er plassert på baksiden av monteringsbasen (se figur 11).



Figur 10: PN-150BL sett fra siden i testrigg (se figur 19 for plassering i relérommet på Grønland). Foto: SHK



Figur 11: Baksiden av reléet fra relérommet på Grønland. Foto: Sporveien AS



Figur 12: Kontakter på PN-150BL sett fra siden. Foto: SHK

105		
3F	2F	1F
3H	2H	1H
3B	5F	4F
6F	5H	4H
6H	8F	7H
6B	8H	7B

Sett fra baksiden

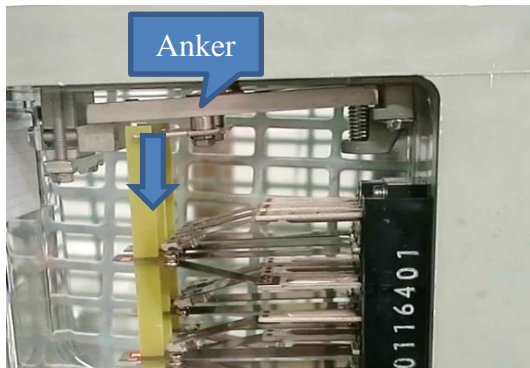
Figur 13: Merking av kontakter på baksiden av PN-150BL. Kilde: Sporveien AS

Tabell 2: Funksjonene til kontaktene på PN-150BL. Kilde: Sporveien AS

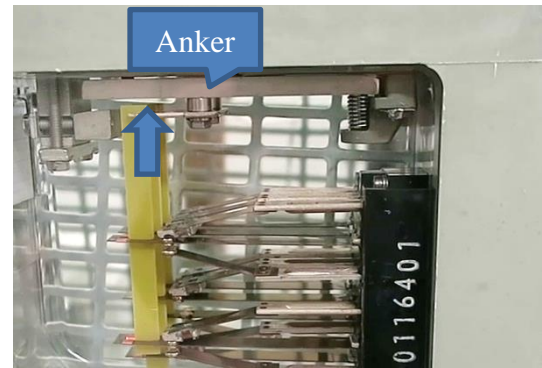
155 LO	1F/1H	Slukker/kortsletter rødllys i signal.
	2F/2H	Gir uriktig tiltrekk på VS/koderelé 155 ved belegg i sporfelt bak signal.
	3B/3H	Uriktig brudd i kontakt. Hindrer dvergtogvei i å kunne stilles.
	4F/4H	Uriktig indikering på grønnlyskontroll som sendes til PLS/Tøyen.
	5F/5H	Gir uriktig tiltrekk på repeter relé 155 LOP.
	7B/7H	Gir uriktig frafall på AS/ankomstlâserelé. Lâser for fiendtlige togveier og vekselomlegginger.

⁵ LO-tilsats. Føler på strømmen til de grønne pærene ved å skape et spenningsfall, som likerettes, for å trekke opp LO-relé. LO-tilsatsen skal justeres slik at LO-reléet trekker ved en spolestrøm på 39 mA for PN-150 reléer.

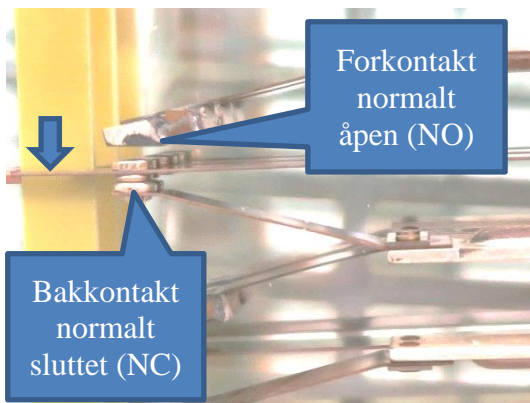
Reléet har to posisjoner hvor det enten er avfalt (se figur 14) eller tiltrukket (se figur 15). Når spolen i reléet ikke blir tilført strøm er reléet avfalt og forkontakt 1 er åpen (se figur 16). I tiltrukket tilstand er forkontakt 1 sluttet (se figur 17) og kortslutter det røde lyset slik at det slukkes (grønnlyskontroll). Når det er avfalt tennes det røde lyset i signalet (se figur 9).



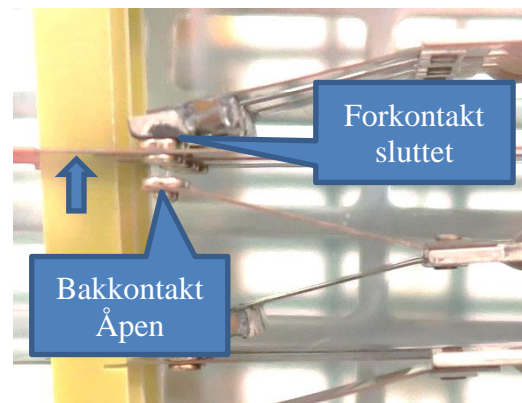
Figur 14: LO-relé avfalt. Foto: SHK



Figur 15: LO-relé tiltrukket. Foto: SHK



Figur 16: LO-relé avfalt nærbilde av kontakter. Foto: SHK



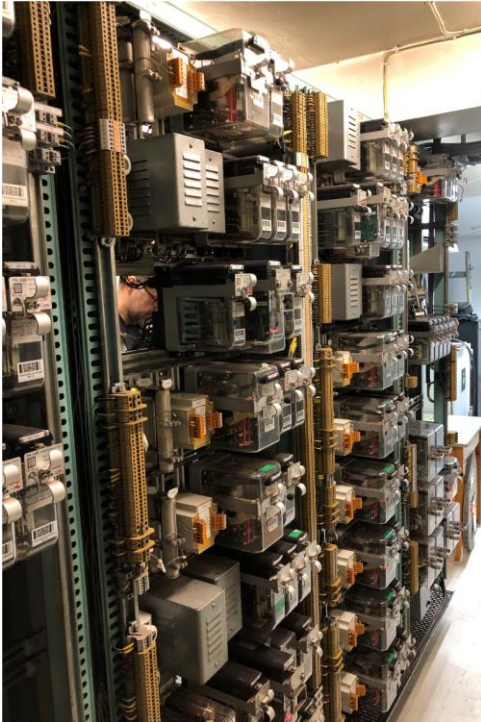
Figur 17: LO-relé tiltrukket nærbilde av kontakter. Foto: SHK

2.7.4 Beskrivelse av feilen i signalanlegget

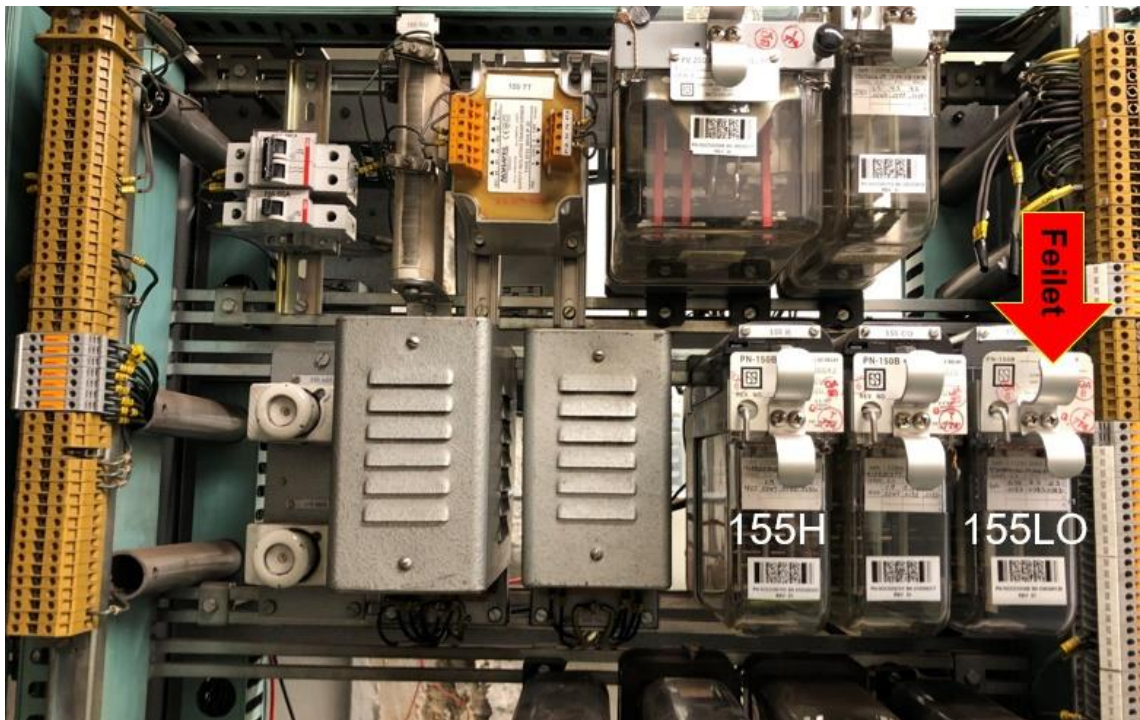
I denne hendelsen var det relé 155LO som feilet, og «låste» seg i tiltrukket stilling. Årsaken til at reléet låste seg var mekanisk fastlåsing, ved at stiften låste seg fast på kontakt 1. Det hadde blitt dannet et hulrom over tid da det gikk for mye strøm gjennom kontakten, som igjen medførte materialutfall (se kapittel 2.8 for detaljer).

Ettersom det er LO-reléet som benyttes til å indikere grønt lys fikk trafikkleder og ATP-systemet beskjed om at det var grønt lys i hovedsignal T155, da LO-reléet feilet i tiltrukket posisjon. For at hovedsignalet skal lyse grønt må også H-reléet trekke, og i dette tilfellet var ikke betingelsene til stede for at dette reléet kunne trekke. Da LO-reléet feilet i tiltrukket posisjon fikk «toppsystemet» beskjed om at det var satt togvei og lyste grønt. I tidsrommet LO-reléet hang ble det ikke sendt nye ordrer om å tenne det grønne lyset. Dataloggene fra signalanlegget bekrefter at signal T155 har vært mørkt under hendelsen.

Hovedsignal T155 forble mørkt ettersom H-reléet ikke fikk ordre om å trekke, og LO-reléet var «låst» i feil posisjon og hindret det røde lyset fra å tenne. Feilen medførte at det ikke var samsvar mellom hovedsignalet og informasjonen som ble gitt til trafikkleder og ATP. Årsaken var at informasjonen til trafikkleder og ATP kun hentes fra kontakter på LO-reléet, og er ikke avhengig av at H-reléet trekker for å vise grønt.



Figur 18: Oversiktsbilde av relérommet på Grønland. Foto: SHK



Figur 19: Komponentene som inngår i kretsen til signal T155. Foto: SHK

For å beskrive når feilen i signalanlegget oppstod er det valgt å ta med en forenklet sekvens fra loggen til signal T155. Sekvensen viser først hva som skjer i signalanlegget ved en normal togpassering for tog 317, og deretter når feilen oppstår etter tog 103. Det er relé 155LO som feiler, og dette er synlig ved at 155LO ikke faller når sporfeltet blir belagt. Etter at tog 103 har passert slukker alle lamper i signal T155, og to nye tog passerer det mørke signalet før fører i det tredje toget rapporterer feilen.

Hovedsignal T155 står foran sporfelt T155, og når et tog passerer signalet og belegger sporfelt T155 skal signalet skifte fra grønt til rødt. Det betyr at tog 103 er siste tog hvor signalbilde fungerte som normalt, og fører vil ikke se at signalet blir mørkt ettersom han har passert signalet før det slukker.

Tabell 3: Forenklet beskrivelse av signalloggen under hendelsen. Kilde: Sporveien/SHK

Nr.	Tog	Tid	Beskrivelse av hva som skjer	Signal	TL	ATP
1.	317	13:35:47	Sporfelt T155 blir belagt, og 155LO faller. Det grønne signalet slukkes og det røde tennes.	R	R	K
2.		13:35:58	Sporfelt T155 blir ledig og systemet sletter belegget (togvei).	R	R	K
3.		13:36:34	155H trekker og det grønne lyset tenner. 155LO trekker og det røde lyset slukker.	GG	GG	M
4.	103	13:37:55	Sporfelt T155 blir belagt. 155H faller og det grønne lyset slukker. 155LO faller ikke (feiler i tiltrukket posisjon) og hindrer den røde pæra å lyse. Informasjon til TL og ATP hentes fra 155LO, og de får dermed feil status.	Ingen (mørkt)	GG	M
5.		13:38:05	Sporfelt T155 blir ledig.	Mørkt	GG	M
6.	212	13:39:53	Sporfelt T155 blir belagt.	Mørkt	GG	M
7.		13:40:04	Sporfelt T155 blir ledig.	Mørkt	GG	M
8.	509	13:41:17	Sporfelt T155 blir belagt.	Mørkt	GG	M
9.		13:41:33	Sporfelt T155 blir ledig.	Mørkt	GG	M
10.	307	Ca. 13:43	Fører i tog 307 rapporterer til TL at signalet er mørkt.			
11.	307	13:43:55	Sporfelt T155 blir belagt.	Mørkt	GG	M

TL=Trafikkleder, ATP=Automatic Train Protection, R=Rødt lys, K=15 km/t, GG=To grønne lys, M=50 km/t, 155LO=Sikkerhetsrelé

2.8 Undersøkelser og tester i regi av SHK

2.8.1 Undersøkelse av relé hos SHK

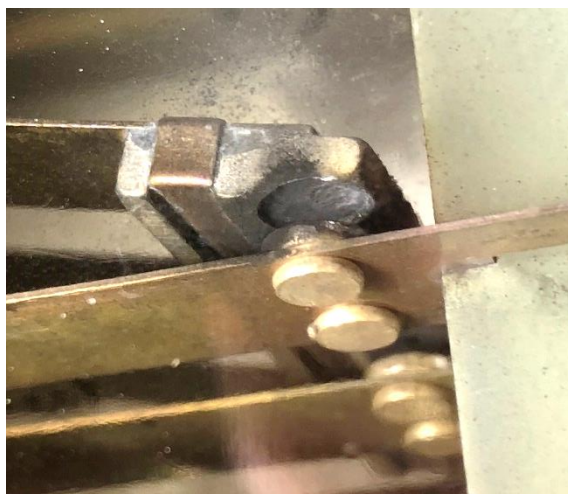
Havarikommisjonen fikk overlevert relé 155LO og 170LO den 28. april 2020, og gjennomførte en visuell inspeksjon av komponentene uten å åpne eller endre dem. Det ble observert tydelige spor på kontakt 1 i 155LO hvor det var slitasje, og spor etter høy varme. Figur 22 viser at det har forekommet materialutfall, og at det er dannet en «grop» i kontakten. I tillegg kan man se rester av karbonstøv inni reléet og spesielt i bunnen av reléhuset. Det var tilsvarende funn for relé 170LO.



Figur 20: Venstre side sett forfra. Foto: SHK



Figur 21: Høyre side sett forfra. Foto: SHK



Figur 22: Kontakt 1 har tydelige spor. Foto: SHK



Figur 23: Ingen andre kontakter har tilsvarende spor som kontakt 1. Foto: SHK

2.8.2 Målinger i Grønland relérom

Den 11. mai 2020 ble det gjennomført målinger i Grønland relérom. Hensikten var å kontrollere at strøm og spenninger var korrekt og at det ikke var forstyrrelser utenfra som påvirket reléet. Det ble ikke funnet avvik som var utenfor toleransegrensene i målingene.

Testrapport i vedlegg B viser detaljer fra denne testen.

2.8.3 Undersøkelse av reléet i USA

Den 12. mai 2020 ble relé 155LO og 170LO sendt til NTSB i USA for at de skulle bistå SHK i en detaljert undersøkelse hos leverandøren av reléene, Hitachi Rail i Pennsylvania. Etter oversendelsen fikk NTSB reiserestriksjoner på grunn av covid-19-situasjonen, og i november ble det besluttet å oversende reléene til Hitachi Rail STS uten at en representant fra myndighetene fulgte med. Normalt vil Havarikommisjonen være tilstede ved denne typen undersøkelser, men situasjonen tillot ikke fysisk tilstedeværelse. For å kunne følge testingen tett ble det opprettet en undersøkelsesgruppe med representanter fra NTSB, SHK, Hitachi Rail STS og Sporveien. Det ble i starten avholdt daglige møter under testingen for å planlegge og gjennomgå testresultater, og deretter avholdt møter ved behov. Første statusmøte ble gjennomført 16. november 2020, og avsluttende møte i undersøkelsesgruppen ble avholdt den 15. desember 2020.

Den 19. november ble det utført en funksjonstest av reléene hos Hitachi Rail STS. Begge reléene feilet, og de ble derfor ikke godkjent på grunn av for høy motstand når kontaktene var tiltrukket, se vedlegg C. Grenseverdien for motstand var over den forventede verdien på 0,045 ohm på forkontakter og 0,015 ohm på bakkontakter.



Figur 24: Testrigg hos Hitachi Batesburg, South Carolina, USA. Foto: Hitachi Rail STS

Basert på testene og undersøkelsene konkluderte Hitachi med at Sporveien har brukt reléet på en feilaktig måte. Spenningen og strømmen som brytes av forkontaktene i reléet overstiger den tiltenkte og sikre bruken av dette reléet. PN-150BL er ifølge Hitachi designet for å tåle maksimalt 120 W, og det er tydelige spor på kontakten etter

overbelastning. Energien over forkontaktene til PN-150BL-reléet varierer mellom 118,5 W og 167,6 W (150 VAC med en strøm på 790 mA) slik de brukes av Sporveien. Overbelastningen fører til mekanisk erosjon av forkontaktmaterialet. Erosjonen medfører at det danner seg en «grop» i kontaktmaterialet (se figur 22), som fører til dårligere bevegelse av kontakten, med fare for at stiften kan sette seg fast i «gropen». Dersom en kontakt låser seg vil de andre kontaktene også forbli i feil stilling.

2.9 Undersøkelser og tester i regi av Sporveien

Sporveien kontrollerer reléene med et testapparat (RelayPro). Instrumentet kontrollerer om reléet leverer resultater innenfor satte grenseverdier. Relé 155LO ble testet og godkjent⁶ både før hendelsen 11. november 2016, og etter hendelsen den 5. mars 2020. Testrapportene ble lagret i Sporveiens vedlikeholdssystem og ligger som vedlegg D og E.

En rapport datert 27. mars 2019 fra rapporteringssystemet Synergi påpekte fuktig klima i relérommet på Grønland. Sporveien valgte å undersøke dette nærmere. I forbindelse med feilen på reléet kontaktet Sporveien BaneNOR SF for å høre om de hadde erfart tilsvarende feil. De informerte om at korrosjon tidligere hadde skapt klebing på DSI⁷-reléer, og de hadde løst dette med å legge på en tynn plastduk (polduk) mellom kontaktene. Sporveien antok at dersom fuktigheten var korrosiv ville det bli avdekket når reléet ble åpnet av leverandøren. Ved åpning av reléet hos Hitachi i desember 2020 ble det ikke avdekket tegn til fuktighet inne i reléet.

Den 4. mars 2020 undersøkte Sporveien om strømforsyningen til reléene var stabil og hadde riktig spenning. Dette ble utført ved å måle strøm på LO-tilsatsen for relé LO155. Spolestrømmen til LO-tilsatsen ble målt til 54 mA, noe som er høyere enn foreskrevet verdi på 39 mA.

Den 1. april 2020 ble det utført strømmåling av signal T155 i tidsrommet hvor tre tog passerte. Det ble samtidig sjekket jording og utført megging av kabler. Det ble ikke funnet unormale verdier ved disse målingene og kontrollene.

Den 11. mai 2020 analyserte Sporveien dataloggen til signal T170 fra henholdsvis november og desember 2019. Analysen viste flere innslag hvor LO-reléet er tiltrukket samtidig som det er tog på tilhørende sporfelt, hvilket ikke skal skje. Dette er tilsvarende innslag i loggen som da signal T155 var mørkt under hendelsen den 2. mars 2020 (se tabell 3).

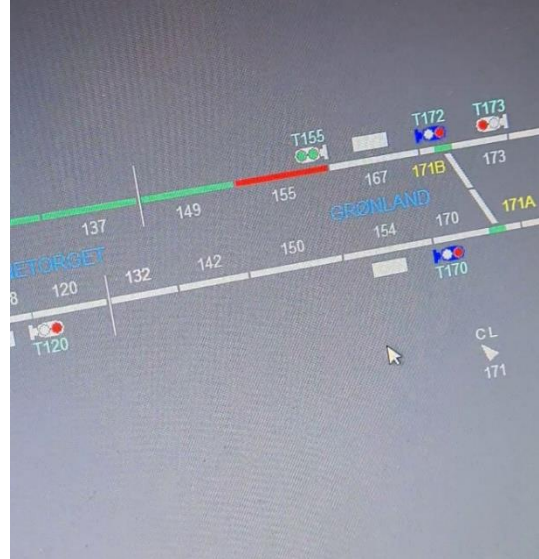
⁶ Utstyret var ikke bygget for å teste alle kontaktene på reléet, og grenseverdiene viser seg å være basert på Q-reléer og ikke PN-150BL, se avsnitt 2.11

⁷ Dansk Signal Industri AS (1930-1989), senere overtatt av Bombardier Transportation AS

Testingen som ble foretatt av Hitachi Rail i desember 2020 og Sporveiens test 5. mars 2020 viste forskjellige resultater. Sporveien besluttet derfor å gjennomføre testen på nytt. Den nye testen ble gjennomført på Grønland natt til 15. desember. Kontakt 1F på relé 155LO ble hengt opp i trukket posisjon ved hjelp av tråd/strikk (figur 25). Deretter ble det simulert belegg i sporfelt T155, noe som førte til samme feil som ved hendelsen i mars 2020. Signal T155 ble mørkt, mens ATP viste kjøring og indikeringen hos trafikkleder viste grønt.



Figur 25: Simulerer «låst» posisjon med tråd/strikk på kontakt 1F på LO relé. Foto: Sporveien AS



Figur 26: Indikeringen viser grønt signal mot belagt sporfelt (feil til usikker tilstand). Foto: Sporveien AS



Figur 27: Måling av ATP kode M (kjør 50 km/t). Foto: Sporveien AS



Figur 28: Signal T155 er mørkt. Foto: Sporveien AS

2.10 Lover og forskrifter

Sporveien T-banen AS har gyldig tillatelse til å drive trafikkvirksomhet, drift av kjørevei og trafikkstyring på tunnelbanenettet i Oslo og Viken. Tillatelsen er gitt fra 15. april 2011, og er uten tidsbegrensning. I denne undersøkelsen er signalanlegget vektlagt, og det er kravforskriften som fastsetter minimumskrav for drift av sporvei, tunnelbane, forstadsbane m.m.

§ 9-4. Kontroll og vedlikehold av infrastruktur

Infrastrukturforvalter skal føre kontroll med infrastrukturen.

Infrastrukturforvalter skal ha sikkerhetsmessige minimumskrav til systemer, deler og komponenter.

Infrastrukturforvalter skal ha en vedlikeholdsplan for hver strekning.

Vedlikeholdsplanen skal inneholde grenseverdier for alle systemer, deler og komponenter av sikkerhetsmessig betydning som angir når umiddelbare tiltak skal iverksettes. Planen skal videre inneholde en beskrivelse av tiltak som skal gjennomføres når disse grensene er overskredet, samt intervaller for vedlikehold og tidspunkt for utskifting av sikkerhetskritiske komponenter. Ved fastsettelse av grenseverdiene skal det blant annet tas hensyn til kjøretøy som tillates brukt på strekningen og strekningens tillatte kjørehastigheter.

Infrastrukturforvalter skal dokumentere utført vedlikehold

§ 9-5. Teknisk dokumentasjon

Infrastrukturforvalter skal ha teknisk dokumentasjon for alle systemer, deler og komponenter.

Dokumentasjonen skal bekrefte at systemer, deler og komponenter er i samsvar med de nasjonale og internasjonale standarder som er lagt til grunn for prosjektering og bygging av infrastruktur.

Dokumentasjonen skal beskrive de forutsetninger og begrensninger som er knyttet til infrastrukturens utforming.

SJT kommentar: Til § 9-5. Teknisk dokumentasjon

Teknisk dokumentasjon er i utgangspunktet den dokumentasjon som ble overlevert sammen med anlegget (sluttdokumentasjon), inkludert senere endringer. Dette innebærer at dokumentasjonen som overleveres med et anlegg skal oppdateres med de endringer som skjer i driftsfasen. For nye anlegg og systemer skal en livsløpstilnærming legges til grunn i dokumentasjonen, jf. EN 50126. For eldre anlegg skal dokumentasjon som lå til grunn når det ble tatt i bruk som et minimum vedlikeholdes på det opprinnelige nivået og reflektere dagens utforming og bruk. Ved større endringer på eldre anlegg, skal den dokumentasjonen som berøres av endringene oppdateres slik at nivået på dokumentasjonen tilsvarer det som er vanlig i dag.

Sluttdokumentasjonen skal være tilstrekkelig, sammenhengende og oppdatert, og skal klart vise hvordan infrastrukturen er og grunnlaget for hvorfor den er blitt slik. Den skal også være sporbar og transparent, noe som f.eks. kan sikres ved at dokumentasjonen inngår i et dokumentasjonssystem, der det enkelte dokument påføres identitetsbetegnelse, informasjon som viser hvor i systemet det hører hjemme, versjonsnummer, dato osv.

Kravforskriften § 11-6 Signalanlegg

Signalanlegg skal være konstruert slik at de feiler til sikker tilstand. Anleggets sikkerhetsfunksjoner skal være automatiske og uavhengige av den som betjener anlegget.

Signaler skal plasseres slik at det klart går fram hvilke spor signalene gjelder for, og signalbildet skal være synlig for togets fører i god tid før signalpassering.

Strekning med fjernstyrte signalanlegg skal være utbygd med automatisk hastighetsovervåkning.

På strekninger med fjernstyring skal signalbilder logges kontinuerlig og lagres sikkert og i tilstrekkelig tid i forhold til behovet ved eventuell undersøkelse av jernbaneulykker, alvorlige jernbanehendelser og jernbanehendelser.

§ 11-8. Tillatelse til å ta i bruk infrastruktur

Før infrastruktur settes i drift skal Statens jernbanetilsyn gi tillatelse til å ta infrastrukturen i bruk. Dersom det senere foretas endring av infrastrukturen, herunder signalprinsipper, skal dette meldes til Statens jernbanetilsyn som vil vurdere om endringen er av en slik art at ny tillatelse til å ta i bruk infrastrukturen, eventuelt tillatelse til å ta i bruk endringen, er nødvendig.

SJT kommentar: Til § 11-8. Tillatelse til å ta i bruk infrastruktur

... En endring av infrastruktur er ethvert tiltak som påvirker infrastrukturens strukturelle, funksjonelle og tekniske utforming mer enn ubetydelig. F.eks. er bytte av en sporveksel å betrakte som en endring dersom den nye vekselens egenskaper er endret i forhold til den gamle. En ren utskifting eller vedlikeholdsaktivitet er dermed ikke å betrakte som en endring. Dette gjelder f.eks. bytte av sviller, skifte av enkelte reléer i sikringsanlegg med reléer med tilsvarende egenskaper, skifte av kontaktledningsmaster osv. Endringer av vedlikeholdsprogram og opplæringsprogram vil normalt ikke bli betraktet som endring av infrastruktur dersom eventuelle forutsetninger fra design- og utbyggingsfasen fortsatt er ivaretatt. ...

2.11 Sikkerhetsstyring

I Sporveien sin analyse av sikkerhetskritiske funksjoner nr. 3.5.3 er det definert at svikt i elektroniske sikringsanlegg kan ha katastrofale konsekvenser for sikkerheten.

Sporveien har oversendt følgende vurdering av risikopotensialet i hendelsen på Grønland den 2. mars 2020.

Det var en mulighet for at et stillestående tog kunne bli påkjørt bakfra av et annet i inntil 50 km/h. Sannsynligheten var imidlertid svært liten, for det forutsetter at det stillestående toget i sin helhet har stoppet innenfor grensene til sporfelt 155. Dette sporfeltet er bare 49 meter langt, som bare er litt lengre enn hjulavstanden på MX3000 enkelsett. For å få til en slik kollisjon måtte en stoppe med en liten skinnegående arbeidsmaskin helt i slutten av sporfelt 155.

Ettersom denne typen relé også finnes flere andre steder for T-banen ble det forespurt om en vurdering av risikopotensialet dersom dette hadde skjedd et annet sted.

Konsekvensen ville kunne bli like alvorlig andre steder, men med betydelig større sannsynlighet der lengden på sporfeltene som gir «stopp» i signalet er vesentlig lengre enn togene.

Reléet som feilet ble byttet i 2005, og var en del av en større jobb der alle reléer av den aktuelle typen ble skiftet. Sporveien opplyser at dette ble ansett som en ren utskifting av reléer med tilsvarende egenskaper, og at dette ikke krever melding eller tillatelse fra Statens jernbanetilsyn. Sporveien har ikke klart å fremskaffe dokumentasjon på utskiftingen i 2005, og i tillegg mangler dokumentasjon som beskriver egenskapene til det nye reléet (PN-150BL). Sporveien opplyser at det tilsynelatende ikke ble utført noen kontroll av egenskapene til det nye reléet i 2005.

I henhold til Sporveiens instruks⁸ skal det utvises særskilt fokus på kvalitet på gjennomføring av aktiviteter i elektroniske sikringsanlegg merket med S. Det er utarbeidet en generell prosedyre ved bytte av S-merkede reléer på et signalområde (K1-IE-A-T-8), og en arbeidsinstruks (K1-A-T-10) for test og kontroll av sikkerhetsreléer. I 2015 ble intervallet for vedlikehold av reléene endret fra årlig til hvert 4. år. Årsaken var ønske om å benytte leverandørens retningslinjer for vedlikehold, fremfor kravene i Teknisk regelverk. Dette medførte også at kravet til revisjon på minimum hvert 8. år ble endret til å kun gjelde dersom verdiene til et relé lå utenfor godkjente grenseverdier. Ettersom det nye vedlikeholdsregimet ikke var i tråd med Sporveiens tekniske regelverk ble endringen meldt inn som et fravik, og godkjent 23. oktober 2015 på bakgrunn av fagsjefens forutsetninger og anbefalinger.

I forbindelse med det nye vedlikeholdsregimet ble det kjøpt inn testutstyr for relé fra leverandøren MRD i Australia. Dette apparatet tester reléene og genererer testrapporter som lagres hos Sporveien. I desember 2020, etter at Hitachi hadde gjennomført test av Sporveiens PN-150BL-reléer, ble det klart at testutstyret Sporveien har brukt ikke har vært egnet til å teste disse reléene. Utstyret var ikke bygget for å teste alle kontaktene på reléet, og grenseverdiene viser seg å være basert på andre typer reléer. Testapparatet benytter grenseverdien 1 ohm hvor den for PN-150BL skal være 0,045 ohm på forkontakter og 0,015 ohm for bakkontakter.

Sporveien opplyser at det tilsynelatende ikke ble utført noen kontroll av grenseverdiene i det nye testapparatet ved anskaffelsen i 2015.

2.12 Internt regelverk og prosedyrer

Sporveien sitt tekniske regelverk⁹ stiller generelle krav til prosjektering og bygging av signal- og sikringsanlegg. Dette gjelder både for nyanlegg og for ombygging i eksisterende anlegg. Underlaget for prosjektering og bygging av sikringsanlegg omfatter en rekke styrende dokumenter utarbeidet av Sporveien T-banen AS, Statens jernbanetilsyn og av nasjonale og internasjonale standardiseringsorganer.

6 Signalanlegg

De deler av signalanlegget som har direkte betydning for sikkerheten ved togfremføring (inkludert skift), skal konstrueres etter “fail-safe” prinsipper, hvilket her innebærer et overordnet mål om at konsekvenser av eventuelle feil ved

⁸ Standardjobb 25 – Sikkerhetsreleer PN150 OG Q### – 48 mnd

⁹ IE-TB0000-300- AC-0004 – Signal- og sikringsanlegg – Prosjektering og bygging – Generelle tekniske krav

et anlegg ikke skal medføre skader på personer eller materiell. Et sikringsanlegg skal derfor konstrueres etter disse prinsippene og således ivareta sikkerheten. De samme krav stilles til ATP systemet.

Teknisk regelverk – T-banen – Signal og sikringsanlegg – Vedlikehold – Innvendig sikringsanlegg¹⁰ stiller krav til vedlikehold av reléer.

6.1 Reléer i sikringsanlegg

- *Sikkerhetsreléer skal kontrolleres en gang pr år.*
- *Øvrige reléer kontrolleres hvert 8. år.*
- *Reléer skal gå lett og ikke klebe.*
- *Reléer skal ikke ha synlige defekter (sot, støv, brente kontakter, m.m.)*
- *Reléer skal falle når spolestrøm eller spolespenning er innenfor produsentens angitte toleranser for frafallsverdi.*

Frafallsverdien er oppgitt i strøm (mA) og/eller spenning (V).

- *Sikkerhetsreléer skal revideres minimum hvert 8. år eller i henhold til fabrikantens anvisning og med tilstrekkelig frekvens til å opprettholde tilstrekkelig sikkerhetsnivå.*

Vedlikehold og testing av det involverte reléet omtales som «Standardjobb 25 – Sikkerhetsreléer PN150 OG Q#### – 48 mnd». For den involverte relétypen PN150 trekkes det frem tre aktiviteter i standardjobb 25:

- *Visuell kontroll skal avdekke manglende plombering, brente eller ødelagte kontakter, synlige skader eller løse deler og sjekk av korrosjon.*
- *Testing. Samtidig som reléet inspiseres visuelt utføres en test av reléet ved hjelp av RelayPro testapparatet. Apparatet produserer en testrapport som overføres til Sporveiens filserver.*
- *Rensing av relékontakter. Dersom testen avdekker at kontaktmotstanden er for høy kan man benytte testapparatet til å rense kontaktene.*

¹⁰ IE-TB0000-300- AC-1005 - Signal og sikringsanlegg - Vedlikehold - Innvendig sikringsanlegg

3. ANALYSE

3.1 Innledning

Dette kapittelet har som hensikt å gi en fremstilling av hendelsen slik Havarikommisjonen har vurdert den, samt peke på områder der Havarikommisjonen mener man kan oppnå en sikkerhetsmessig gevinst gjennom forbedringer.

3.2 Hendelsesforløp, barrierer og konsekvenser

Mandag 2. mars 2020 kl. 13:38 oppstod det en signalfeil på Grønland T-banestasjon. Relé 155LO for kontroll av grønt lys ble feilaktig stående fast i tiltrukket posisjon som indikerer til andre systemer at det er klart. Dette medførte at signal T155 ble mørkt, mens ombordutrustningen i toget (ATP) viste M (kjør 50 km/t) og fjernstyringen indikerte grønt lys.

Reléet som feilet har direkte betydning for sikkerheten ved togfremføringen ettersom det slukker det røde lyset i signal T155, og gir informasjon til ATP og skjermen til trafikkleder. Sporveien krever at denne delen av signalanlegget skal være konstruert etter «fail-safe» prinsipper, i tråd med både nasjonale og internasjonale krav.

Sporveien har etablert en operativ barriere hvor førere av T-banetog må stoppe foran et signal med et ugyldig signalbilde, noe et mørkt signal defineres som. Ved denne hendelsen passerte to T-banetog det mørke signalet, før føreren i det tredje toget varslet trafikkleder.

Når det gjelder ATP systemet feilet ikke det til en sikker tilstand, selv om Sporveien stiller samme krav til «fail-safe» for ATP som resten av sikringsanlegget. Systemet feilet i dette tilfellet til usikker tilstand, ved at det viste kjør der det skulle vært stopp. Når det gjelder indikeringen til trafikkleder definerer ikke Sporveien dette som en del av sikringsanlegget. Indikeringen til trafikkleder viste kjør der det skulle vært stopp.

Denne hendelsen medførte ingen direkte konsekvenser i form av en ulykke eller alvorlig hendelse, og feilen ble avdekket etter ca. 5 minutter. Det er vurdert at sannsynligheten for en kollisjon på Grønland stasjon var liten grunnet den korte lengden på sporfeltet. I tillegg har normalt T-banetog i rute stopp foran signalet på stasjonen for passasjerutveksling. Feilen kunne imidlertid ha skjedd et annet sted med vesentlig lengre sporfelter, hvor sannsynligheten for kollisjon er større.

Undersøkelsen har avdekket at reléer av typen LO er brukt på en måte de ikke er designet for, noe som har gjort at de over tid har blitt skadet og dermed feilet. Det kan ha vært en designfeil i sikringsanlegget fra den opprinnelige implementeringen på 1960-tallet, men grunnet manglende dokumentasjon har det ikke vært mulig å fastslå dette. Det er imidlertid funnet en brist i Sporveiens system for kontroll av komponentegenskaper i 2005, da alle LO-reléer ble byttet ut. I tillegg er det avdekket at vedlikeholdsregimet har vært mangelfullt med begrenset mulighet til å oppdage feil. I 2015 ble vedlikeholdssystemet for LO-reléer endret, og var da ikke lenger i tråd med kravene i teknisk regelverk. Denne endringen ble meldt inn som et fravik og godkjent av Sporveien.

Havarikommisjonen mener dette er en alvorlig hendelse som viser at de etablerte barrierene som pålegger at førere stopper foran et mørkt signal har svakheter. I tillegg

manglet det barrierer som hindret ATP og indikeringen hos trafikkleder å vise kjøring når det skulle være stopp.

3.3 Relé 155LO feilet

Relé 155LO ble i denne hendelsen stående fast i en posisjon som medførte at deler av signalanlegget feilet til usikker tilstand. Undersøkelsen har vist at strømstyrken som gikk igjennom reléet var for høy og førte over tid til materialutfall. Dette var synlig ved at det ble dannet en «grop» på den øvre delen av kontakten, hvor den nederste delen kunne sette seg fast (mekanisk fastlåsing). Dette reléet var ifølge produsenten ikke designet for å tåle strømstyrken som gikk gjennom kontakten da den kortsluttet kretsen til den røde signallampen. I dette tilfellet gjaldt det kontakt 1, og dersom den setter seg fast vil hele reléet «låse» seg i tiltrukket posisjon. Ved en rekonstruksjon i desember 2020 ble det bekreftet at ved låsing av kontakt 1 på LO-relé får man samme typen situasjon som ved hendelsen på Grønland 2. mars 2020.

Havarikommisjonen mener Sporveien ikke har verifisert hvor høy strømstyrke relé LO tåler, og dermed har benyttet reléet på en feilaktig måte. Det er i tillegg mangler ved vedlikeholdsregimet for denne typen reléer. Disse to temaene er nærmere belyst i kapittel 3.9 og 3.8.

3.4 Ombordutrustningen fikk feilaktig informasjon

Ved feilen som oppstod på Grønland var det ikke samsvar mellom hovedsignalet og ATP-signalet på førerbordet. Hovedsignalet var mørkt, som betyr stopp, mens ATP-signalet viste M (kjør 50 km/t). Informasjonen som bestemmer hvilken hastighetskode ATP-signalet får baserer seg ikke på de samme betingelsene som hovedsignalet. ATP-signalet baserer seg på posisjonen til LO-reléet, som i dette tilfellet feilet, og var «låst» i posisjonen som gir klarsignal til ATP.

Havarikommisjonen mener det er alvorlig at en feil på et LO-relé fører til at ATP-systemet får feilaktig informasjon, og dermed ikke hindrer T-banetog i å kjøre forbi et signal som viser stopp. Dette er ikke i tråd med «fail-safe»-prinsippet som er et krav både i Sporveiens eget regelverk, og nasjonale og internasjonale regler. Årsaken til at det ikke var samsvar mellom ATP og hovedsignalet er nærmere beskrevet i kapittel 3.7.

3.5 Den operative barrieren ved mørkt signal feilet to ganger under hendelsen

Togfører er ansvarlig for toget og fremføringen av det. Et mørkt signal på T-banen betyr stopp, og fører er forpliktet til å kontakte trafikkleder for å avklare situasjonen. I denne hendelsen passerte to førere det mørke signalet før det ble oppdaget av føreren i det tredje toget. Ombordutrustningen (ATP) skal i utgangspunktet gripe inn og hindre tog i å passere et stoppsignal. I dette tilfellet var signalet mørkt og det manglet betingelser som gjorde at ATP-systemet kunne oppfatte denne situasjonen som et stoppsignal.

Oppfattelsen av ny visuell informasjon fra omgivelsene er i stor grad basert på å oppdage selve endringen. Signalet er plassert på veggen i tunnelen ved enden av plattformen på Grønland stasjon. Dette kan være vanskelig å oppdage, og fører må aktivt se etter signalet for å oppdage at det er mørkt. Informasjon i ATP-panelet på førerbordet bekreftet i dette tilfellet at det var tillatt å passere signalet. I tillegg var det passasjerutveksling på Grønland stasjon som innebærer at fører må ha fokus på blant annet frigjøring av dører, rutetid, av- og påstigende passasjerer, dørlukking, hindringer i sporet etc. At av- og

påstigning er krevende fremkommer tydelig i driftsreglementet hvor det står at dersom fører blir distraheret skal avgangsprosedyren avbrytes og startes på nytt.

Dersom signalet allerede var mørkt da fører kom dit, mener Havarikommisjonen at det er en overhengende fare for at dette kan bli oversett. Et mørklagt signal kan være vanskelig å oppdage, og dersom fører i tillegg har fokus på av- og påstigning vil det svekke førers kapasitet til å oppdage et mørkt signal.

3.6 Fjernstyringen viste grønt lys når den skulle vise rødt lys

Trafikkleder er ansvarlig for den operative trafikkstyringen og leder togfremføringen. For at trafikkleder skal ha oversikt over trafikken finnes det systemer som indikerer hvor T-banetogene befinner seg og viser informasjon om blant annet tilstand på signaler og sporfelter.

Betingelsene som avgjør hvilken indikering signalet på Grønland får på skjermen til trafikkleder baserer seg ikke på de samme betingelsene som hovedsignalet i sporet. Indikeringen hos trafikkleder baserer seg kun på posisjonen til LO-reléet, som i dette tilfellet feilet, og var «låst» i posisjonen som indikerte grønt lys. Skjermen til trafikkleder viser også om et sporfelt er belagt eller ledig. I denne situasjonen viste skjermen til trafikkleder en konflikt ved at signal T155 var grønt, mens det tilhørende sporfeltet var rødt da T-banetogene 212 og 509 passerte. Dette er kun synlig i perioden sporfeltet er belagt, og ettersom sporfeltet på Grønland er relativt kort vil dette kun være synlig en kort periode. Trafikkleder må i tillegg forholde seg til en stor mengde informasjon på skjermen, og signalet og sporfeltet på Grønland er kun en begrenset del av denne informasjonen.

Havarikommisjonen er kjent med at det er mulig å sette opp en alarm hos trafikkleder som varsler om konflikt mellom grønt signal og tilhørende rødt sporfelt. Effekten av en slik alarm vil ikke nødvendigvis kunne hindre at tog passerer mørke signaler, som betyr stopp, men en slik alarm kan bidra til at færre førere overser et mørkt signal da trafikkleder kan iverksette tiltak.

Havarikommisjonen mener Sporveien T-banen AS bør vurdere å innføre et varsel til trafikkleder dersom trafikkstyringssystemet detekterer konflikter. I denne hendelsen førte feilen til at signalet på skjermen indikerte grønt lys mot et belagt og rødt sporfelt.

Som et minimum må en forvente at informasjonen til trafikkleder viser den korrekte situasjonen i anlegget. Dette er spesielt viktig når en ved feil gir manuell tillatelse til kjøring basert på denne informasjonen.

3.7 Det var ikke samsvar mellom hovedsignaler og ATP ved LO-reléfeil

Årsaken til at det ikke var samsvar mellom hovedsignalet, ATP og informasjonen til trafikkleder er at det er forskjellige kilder som benyttes til å gi klarsignal. Hovedsignalet sjekker blant annet at sporfeltet (H-reléet) er fritt før det kan vise grønt signal, og deretter kortslutter (LO-reléet) den røde lampen når betingelsene for grønt lys er tilstede.

I dette tilfellet ble signalet mørkt ettersom betingelsene til disse kildene ikke var tilstede for å gi grønt. Kilden som ATP og trafikkleder benytter til å gi klarsignal er kun kontakter på LO-reléet. Ettersom det feilet i posisjonen for «kjør» medførte det at disse to systemene viste kjør når de skulle vise stopp.

Det er mulig å inkludere de samme eller tilsvarende betingelser som benyttes i hovedsignalet til å avdekke et mørkt signal og gi stopp i ATP og fjernstyringen. Havarikommisjonen er kjent med at det kan være en omfattende prosess å gjøre endringer i sikringsanlegget på T-banen. Dette må imidlertid ikke overskygge alvorligheten av at ATP-systemet viser en usikker tilstand dersom LO-reléet feilaktig låser seg i tiltrukket posisjon. Det stilles samme krav til «fail-safe» for ATP som resten av sikringsanlegget. Havarikommisjonen mener denne hendelsen viser at man bryter kravet om «fail-safe» for ATP i Sporveien T-banen AS.

3.8 Manglende kontroll ved utskifting av sikkerhetsreléer i 2005

I 2005 ble alle LO-reléer i Sporveien skiftet ut med nye reléer. Sporveien opplyser at dette ble ansett som en en-til-en utskifting, og ble dermed ikke å regne som en endring som krevde melding til Statens jernbanetilsyn.

Sporveien har ikke klart å fremskaffe dokumentasjon som beskriver denne prosessen, og kan ikke redegjøre for hvilke aktiviteter som ble gjort eller ikke gjort. Det har derfor ikke vært mulig å dokumentere hvilke egenskaper det gamle PN-150BL-reléet hadde, og sammenligne det med det nye. Sporveien opplyser at de trolig ikke har kontrollert spesifikasjonen til det nye reléet mot den bruken det var tiltenkt.

Havarikommisjonen mener dette viser en alvorlig sikkerhetsbrist i Sporveien sitt styringssystem i 2005. For sikringsanlegg er det særdeles viktig å kunne dokumentere og kontrollere at alle komponenter tåler belastningen de utsettes for. Under utskifting av komponenter kan det oppstå misforståelser eller feil, og det må derfor være et system som skal redusere faren for dette.

Regelverket i Sporveien, som setter krav til signal- og sikringsanlegg er datert 27. september 2011, og omfatter en rekke styrende dokumenter utarbeidet av Sporveien T-banen AS, Statens jernbanetilsyn og av nasjonale og internasjonale standardiseringsorganer.

Havarikommisjonen er bekymret for at denne typen kontroller ikke er godt nok definert i Sporveien T-banen AS sitt styringssystem. Selv om regelverket krever at man skal følge anerkjente internasjonale krav som f.eks. EN50126, gir det ingen garanti for at man kontrollerer at komponenter tåler den belastningen de utsettes for.

Grunnet manglende dokumentasjon har ikke Havarikommisjonen kunne avklare om det gjeldende regelverket i Sporveien T-banen AS er robust nok til å forhindre at denne typen feil skjer igjen.

3.9 Manglende kontroll av grenseverdier i vedlikeholdssystemet i 2015

I 2015 ble det kjøpt inn test utstyr for reléer fra leverandøren MRD i Australia, og det ble samtidig gjort endringer på vedlikeholdsregimet for LO-reléer. Dette instrumentet tester reléene og sjekker at målte verdier er innenfor gitte grenseverdier. Dette testutstyret har vist seg å ikke vært egnet til å teste PN-150BL-reléer. Utstyret var ikke bygget for å teste alle kontaktene på reléet, og grenseverdiene viser seg å være kopiert fra Q-reléer og ikke basert på grenseverdier for PN-150BL. Eksempelvis benytter testapparatet grenseverdien 1 ohm hvor den for PN-150BL skal være 0,045 ohm på forkontakter og 0,015 ohm for bakkontakter.

Sporveien opplyser at det tilsynelatende ikke ble utført noen kontroll av grenseverdiene i det nye testapparatet ved anskaffelsen i 2015.

Havarikommisjonen mener at mangelen på kontroll av grenseverdier 2015 er et tegn på at sikkerhetsstyringen for denne typen anskaffelser ikke er god nok i Sporveien T-banen AS. Det skal utvises særskilt fokus på sikkerhet og kvalitet ved aktiviteter knyttet til sikringsanlegg, og det er tilsynelatende forbedringspotensial rundt komponentkontroll og grenseverdier.

4. KONKLUSJON

Mandag 2. mars 2020 kl. 1338 oppstod det en signalfeil på Grønland T-banestasjon. Relé 155LO for kontroll av grønt lys ble feilaktig stående fast i tiltrukket posisjon, som indikerer til andre systemer at det er klart. Dette medførte at hovedsignal T155 ble mørkt, mens ombordutrustningen i toget (ATP) viste M (kjør 50 km/t) og fjernstyringen indikerte grønt lys. Denne hendelsen medførte ingen direkte konsekvenser, men en tilsvarende feil et annet sted i signalanlegget kunne ført til at et T-banetog kjørte inn i bakenden på et annet i opptil 70 km/t.

Reléet som feilet har direkte betydning for sikkerheten ved togfremføringen ettersom det slukker det røde lyset i signal T155, og gir informasjon til ATP og på skjermen til trafikkleder. Sporveien T-banen AS krever at ATP skal være konstruert etter «fail-safe» prinsipper, i tråd med både nasjonale og internasjonale krav.

Havarikommisjonens sikkerhetsundersøkelse har hatt som formål å klarlegge hendelsesforløpet og basert på dette komme med sikkerhetsmessige læringspunkter. Havarikommisjonen mener at følgende forhold medvirket til at ulykken kunne skje:

1. Ved utskifting av alle LO-reléer i 2005 kontrollerte ikke Sporveien AS at de nye reléene tålte belastningen de skulle utsettes for.
2. Vedlikeholdsregimet for dette sikkerhetsreléet har vært mangelfull, og har ikke vært egnet til å avdekke skader eller feil.
3. Det var ikke samsvar mellom hovedsignal T155 som var mørkt, noe som betyr stopp, og ombordutrustningen (ATP) som viste kjør. ATP-systemet fikk ikke de samme betingelsene for å vise kjøretillatelse som hovedsignalet, og feilet dermed til en usikker tilstand i denne hendelsen.
4. Det var ikke samsvar mellom det som vises for trafikkleder og tilstanden i anlegget. Fjernstyringen fikk ikke de samme betingelsene for å vise kjøretillatelse som hovedsignalet, og viste grønt lys der det skulle vise rødt lys.
5. Det er ingen informasjon til trafikkleder som varsler om konflikt mellom grønt signal og tilhørende belagt sporfelt, slik at denne typen feil kan oppdages raskere.
6. De etablerte barrierene som pålegger at førere stopper foran et mørkt signal har svakheter. To T-banetog passerte det mørke signalet, før føreren i det tredje toget varslet trafikkleder.

Signalanlegget på Grønland stasjon baserer seg på eldre reléteknikk, og har ifølge Sporveien T-banen AS passert sin antatte tekniske og økonomiske levealder. Sporveien T-banen AS opplyser at de for tiden jobber med anskaffelse av et nytt signal- og sikringsanlegg som vil gi et mer robust system, med økt kapasitet, lavere risiko for feil og høyere grad av sikkerhet. Det nye systemet er antatt innført mellom 2023 og 2027, noe som betyr at det gamle systemet vil være aktivt i mange år til.

Havarikommisjonen mener at Sporveien T-banen AS må gjøre tiltak for at signalanlegget skal være i tråd med «fail-safe»-prinsippet, og fremmer to tilrådinge etter denne hendelsen.

5. GJENNOMFØRTE OG PLANLAGTE TILTAK ETTER ULYKKEN

Sporveien T-banen AS opplyser i januar 2021 følgende:

Strakstiltak

- Etter at årsaken ble identifisert i desember 2020 ble det utført kontroll av alle PN-150BL-reléene i anlegget den 16.12.2020
- Det ble avdekket 12 PN-150BL-reléer som hadde tegn til slitasje og sot. Disse ble fjernet fra posisjoner hvor feilen kan få betydning for sikkerheten, og plassert på steder uten ATP-avhengighet og endespor.

Relé PN-150BL Design

- Hitachi Rail STS konkluderer at PN-150BL ikke er designet for hvordan kontakt 1F brukes i Sporveiens sitt anlegg.
- Kontaktene er ikke beregnet for en effekt av 118,5 W – 167,6 W.
- Sporveien, i samarbeid med Hitachi Rail, jobber mot en designendring for signalanleggene.
 - o Endringen må meldes til Statens jernbanetilsyn.
- Sporveien har en midlertidig løsning inntil en permanent løsning er på plass.

Vedlikeholdsregime

- Sporveien kutter fravik fra 2015 med 4-årlig intervall og endrer tilbake til årlig vedlikehold.
- Det blir gjennomført en gjennomgang av hendelsen på Grønland med signalmontørene.
- Det blir gjennomført en gjennomgang av relétesting.

Grenseverdier – MRD Testutstyr

- Hitachi Rail bekrefter at verdiene på testutstyret er feil.
- Sporveien er i gang med kartlegging av testresultatene – visuell kontroll er allerede utført.
- Reléene retestes (med nye verdier).

6. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Statens havarikommisjon fremmer følgende sikkerhetstilrådinger¹¹:

Sikkerhetstilråding Bane nr. 2021/02T

Mandag 2. mars 2020 kl. 1338 oppstod det en signalfeil på Grønland T-banestasjon. Et sikkerhetsrelé feilet da det over tid ble utsatt for høyere belastning enn det var designet for. Undersøkelsen har avdekket mangler ved Sporveien T-banen AS sin prosess for utskifting og vedlikehold av komponenter i sikringsanlegget.

Statens havarikommisjon tilrår Statens jernbanetilsyn å følge opp at Sporveien T-banen AS har en prosess som sikrer at alle komponenter i signalanlegget tåler belastningen de utsettes for.

Sikkerhetstilråding Bane nr. 2021/03T

Mandag 2. mars 2020 kl. 1338 feilet et sikkerhetsrelé og forårsaket dermed en signalfeil på Grønland T-banestasjon. Feilen førte til at det ble gitt ulik informasjon i hovedsignalet, ombordutrustningen (ATP) og informasjonen til trafikkleder. Selv om hovedsignalet var mørklagt, viste ATP og informasjon til trafikkleder klart.

Statens havarikommisjon tilrår Statens jernbanetilsyn å be Sporveien T-banen AS sikre at ATP og informasjon til trafikkleder gjenspeiler signalbildet til hovedsignalene.

Statens havarikommisjon

Lillestrøm, 1. mars 2021

¹¹ Undersøkelserapport oversendes Samferdselsdepartementet, som treffer nødvendige tiltak for å sikre at det tas behørig hensyn til sikkerhetstilrådingene, jf. forskrift 31. mars 2006 nr. 378 om offentlige undersøkelser av jernbaneulykker og alvorlige jernbanehendelser m.m. (jernbaneundersøkelserforskriften) § 16.

VEDLEGG

Vedlegg A – Safety Recommendations

Vedlegg B – målinger i Grønland relérom med oscilloskop 11.5.2020

Vedlegg C – Test av LO-relé 155 og 170 hos Hitachi

Vedlegg D – RelayPro test 2016

Vedlegg E – RelayPro test 2020

VEDLEGG A – SAFETY RECOMMENDATIONS

The Norwegian Safety Investigation Authority proposes the following safety recommendations¹²

Safety Recommendation Rail 2021/02T

On Monday 2 March 2020 at 1338, a signal error occurred at Grønland Metro station in Oslo. A safety relay failed when it over time was exposed to a higher load than it was designed for. The investigation has revealed deficiencies in Oslo Metros process for replacement and maintenance of components in the signalling system.

The Norwegian Safety Investigation Authority recommends that the Norwegian Railway Authority follow up that Oslo Metro has a process that ensures that all components in the signalling system can withstand the load to which they are exposed.

Safety Recommendation Rail 2021/03T

On Monday 2 March 2020 at 1338, a safety relay failed and caused a signal error at the Grønland Metro station in Oslo. The error led to different information being given in the main signal, the automatic train protection (ATP) and the information to the traffic manager. Even though the main signal was dark, the ATP and information to the traffic manager displayed “green”.

The Norwegian Safety Investigation Authority recommends that the Norwegian Railway Authority ask Oslo Metro to ensure that ATP and information to the traffic manager reflects the signal image of the main signals.

¹² The investigation report is submitted to the Ministry of Transport, which takes necessary action to ensure that due consideration is given to the safety recommendations, cf. the Regulation of 31 March 2006 No 378 relating to official investigations into railway accidents and serious railway incidents etc. (the Railway Investigation Regulation) Section 16.

VEDLEGG B – MÅLINGER I GRØNLAND RELÉROM MED OSCILLOSKOP 11.05.2020

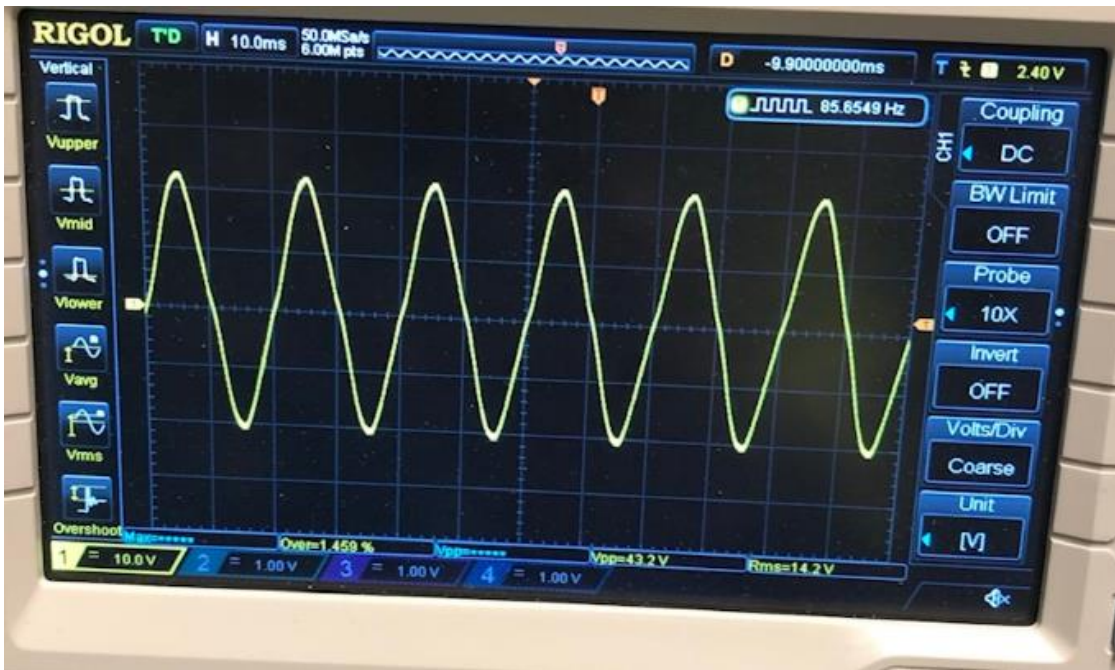
Målinger / Resultater:

Måling	Resultat	Kommentar
Måle forsyningsspenning til relérom med multimeter.	= 235 VAC	
Måling av spenning med oscilloskop over AC+ AC- på 155LOTS. Målingen gjøres over 30 minutter slik at vi får målt med 155LO både trukket og avfalt, samt med en del togpasseringer.	Tiltrekt = 14,2 VAC Avfalt \approx 0 VAC Ser ikke noe støy som skal gi påvirkning.	-Målt at oscilloskop ikke leverer ut noen strøm. Både på AC og DC.
Måling av spenning med oscilloskop over DC+ DC- på 155LOTS. Målingen gjøres over 30 minutter slik at vi får målt med 155LO både trukket og avfalt, samt med en del togpasseringer.	Tiltrekt = 2,75 VDC og 41 mA Avfalt \approx 0,0VDC og 0,0 mA	Noe 50 Hz støy som sees når relé er avfalt, men ikke nok til å holde reléet trukket. Strømmåling gjort og viser at støyen ikke lager noen strøm. → 0 mA.
Måling av spenning med oscilloskop over AC+ AC- på 173LOTS. Målingen gjøres over 30 minutter slik at vi får målt med 173LO både trukket og avfalt, samt med en del togpasseringer. Brukes som referansemåling.	Tiltrekt = 10,5 VAC Avfalt \approx 0 VAC	
Måling av spenning med oscilloskop over DC+ DC- på 173LOTS. Målingen gjøres over 30 minutter slik at vi får målt med 173LO både trukket og avfalt, samt med en del togpasseringer. Brukes som referansemåling.	Tiltrekt = 2,57 VDC Avfalt \approx 0 VDC	

Konklusjon: Ingen avvik funnet.

Bilder fra målinger:

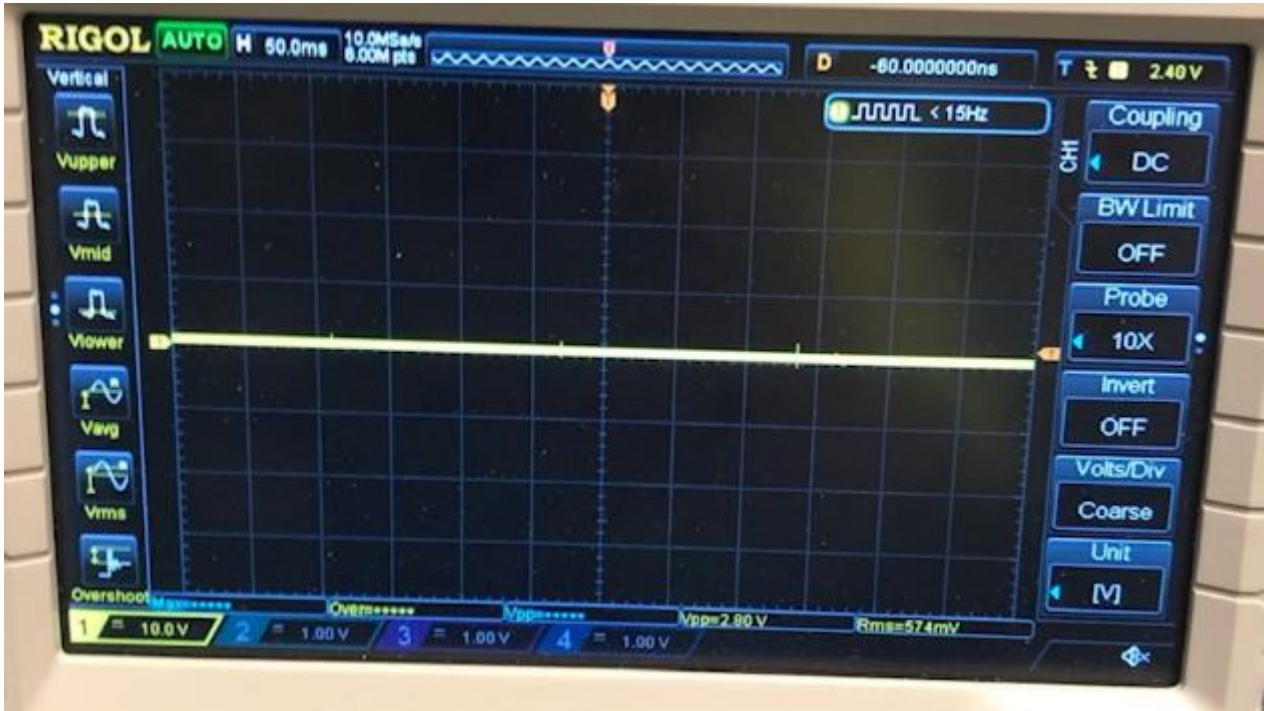
155LO Tiltrekt, AC+ -



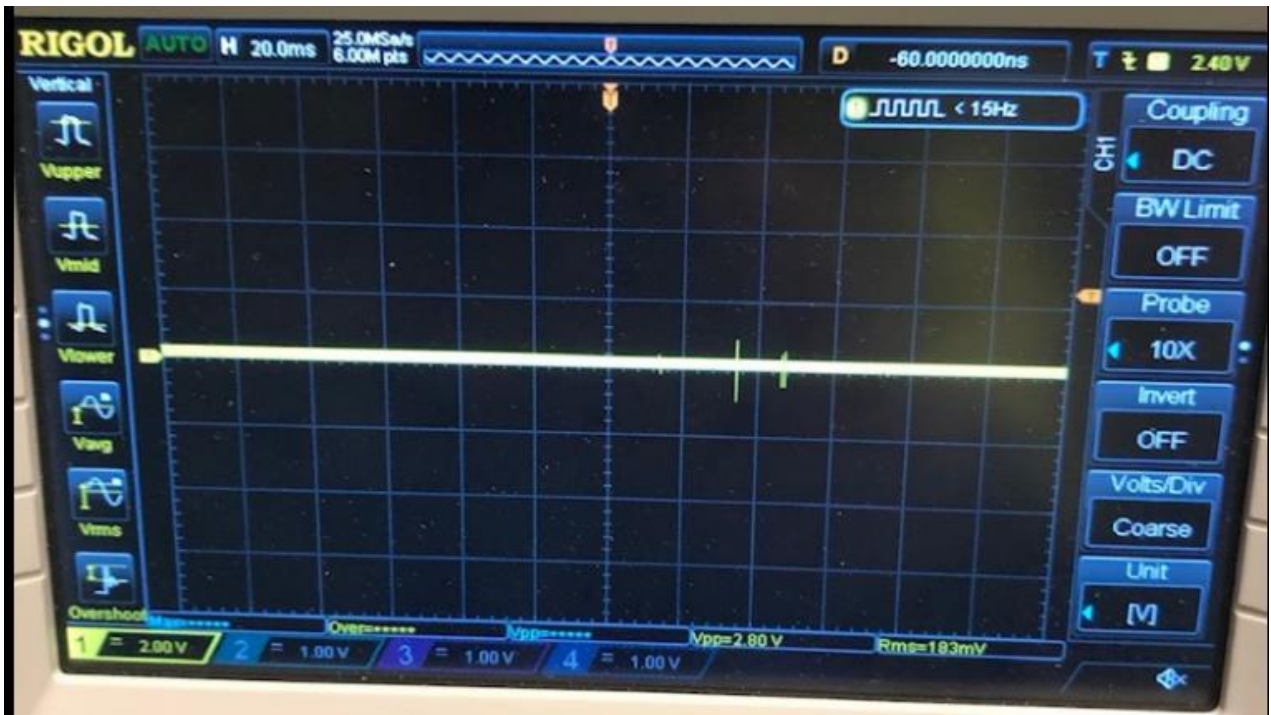
155LO Tiltrekt, AC+ -



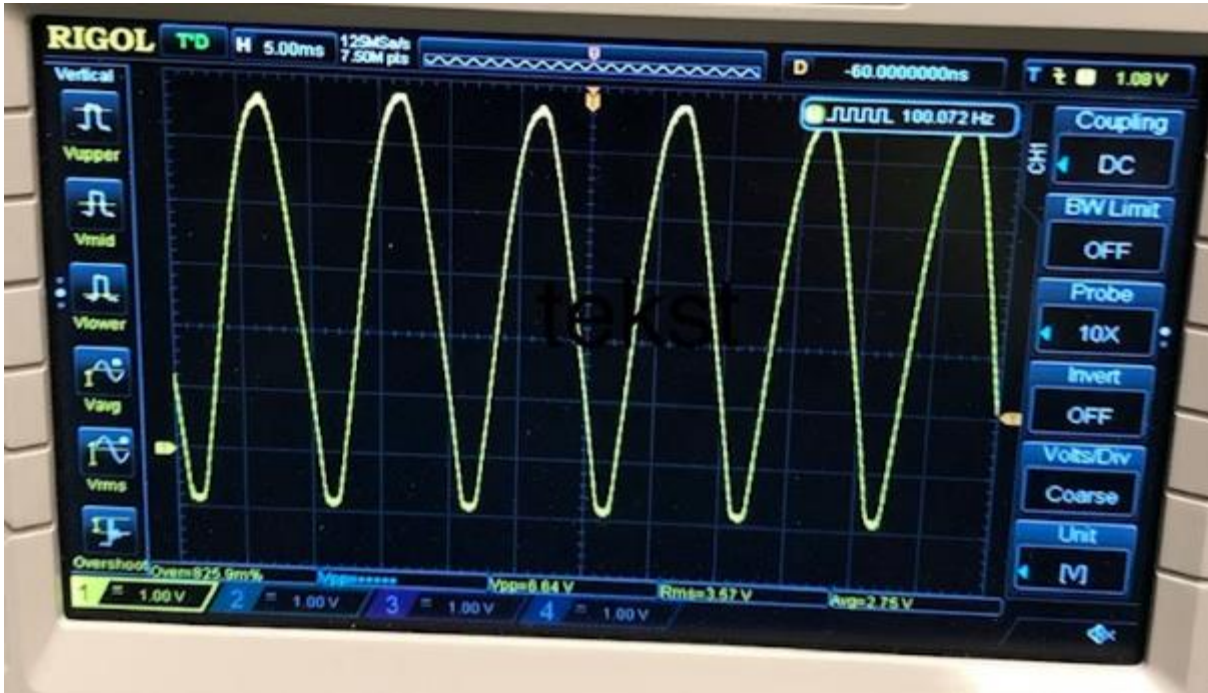
155LO Avfalt, AC+ -



155LO Avfalt, AC+ -



155LO tiltrekt, DC + -



155LO avfalt, DC + -



VEDLEGG C – TEST AV LO-RELÉ 155 OG 170 HOS HITACHI

155LO

Part no. N322510598

Serial no. 430500148 (155)

US&S DATASHEET

Start time: 1:34:08 PM

Date: Thu, Nov 19, 2020

COIL RESISTANCE TEST

Expected value is 60.00 per coil +/- 10%

Coil 1 passed at 63.07 Ohms

BACK CONTACT RESISTANCE CHECK Expected value less than 0.0150 ohms

C9 A12 C12

0.0305 F 0.0168 F 0.0215 F

Fail

CHARGE CURRENT EXPECTED VALUE 0.1533 AMPS

Charge Current 0.1489 Amps Charge Voltage 9.659 Volts

FRONT CONTACT RESISTANCE CHECK Expected value less than 0.0450 ohms

A7 B7 C7 A9 B9 C10

0.0392 0.0215 0.2685 F 989999999999998200000000000000000000.0000 F 0.0240 0.0076

B11

0.0095

Fail

DROP AWAY TEST

Expected value minimum 0.0123 amps

Dropaway passed at 0.01949 amps

FULL DROP AWAY TEST Expected value 0.0082 amps minimum

Full Dropaway passed at 0.01949 amps

PICKUP TEST Expected value maximum 0.03833 amps

PICKUP passed at 0.03666 amps

WORKING CURRENT TEST Expected value 0.03833 amps max

Working current passed at 0.03666 amps

Temperature 72.0 degrees F

End time: 1:35:49 PM

Relay Failed

Technician: ID 4806

Trace 4026

170LO

Part no. N322510598
Serial no. 330500204 (170)

US&S DATASHEET
Start time: 1:38:17 PM

Date: Thu, Nov 19, 2020

COIL RESISTANCE TEST

Expected value is 60.00 per coil +/- 10%
Coil 1 passed at 62.52 Ohms

BACK CONTACT RESISTANCE CHECK Expected value less than 0.0150 ohms

C9 A12 C12
0.0117 0.0223 F 0.0124

Fail

CHARGE CURRENT EXPECTED VALUE 0.1533 AMPS

Charge Current 0.1491 Amps Charge Voltage 9.576 Volts

FRONT CONTACT RESISTANCE CHECK Expected value less than 0.0450 ohms

A7 B7 C7 A9 B9 C10
0.0904 F 0.0093 0.0100 9899999999999820000000000000000000.0000 F 0.0128 0.0178
B11
0.0102

Fail

DROP AWAY TEST

Expected value minimum 0.0123 amps
Dropaway passed at 0.01697 amps

FULL DROP AWAY TEST Expected value 0.0082 amps minimum

Full Dropaway passed at 0.01697 amps

PICKUP TEST Expected value maximum 0.03833 amps

PICKUP passed at 0.03666 amps

WORKING CURRENT TEST Expected value 0.03833 amps max

Working current passed at 0.03666 amps

Temperature 72.0 degrees F

End time: 1:40:00 PM

Relay Failed

Technician: ID 4806

Trace 4026

VEDLEGG D – RELAYPRO TEST 2016 AV 155LO

MRD Rail Technologies Pty Ltd
 235 South Street
 Cleveland 4163
 Australia

RelayPro Test Report

Testing Officer: [REDACTED]
 Date: 11/11/2016
 RelayPro SN: RP-1190
 Relay Type: PN 150BL - 60 OHM
 Contact Config: 7F-3B
 Coil Type: Single
 Coil Voltage: 12.0V
 Coil Resistance: 60R
 Code: PN-150BL
 Serial Number: 430500148

Parameter:	Min:	Max:	Result:	Pass/Fail:
Coil Resistance A	54R	66R	62.9R	PASS
Operate Voltage Ramp	0.5V	2.53V	2.3V	PASS
Operate Current PN	8.2mA	42mA	36.5mA	PASS
Release Voltage Ramp	0.5V	2.53V	1.2V	PASS
Operate Contact Resistance - 100mA	0R	1R	See Table Below	PASS
Release Contact Resistance - 100mA	0R	1R	See Table Below	PASS

Contact:	Operate Contact Resistance - 100mA	Release Contact Resistance - 100mA
1F Front	0.025R	OPEN
2F Front	0.002R	OPEN
3F Front	0.019R	OPEN
3B Back	OPEN	0R
6B Back	OPEN	0R
7F Front	0R	OPEN
8F Front	0R	OPEN
8B Back	OPEN	0.002R

Signature: _____

VEDLEGG E – RELAYPRO TEST 2020 AV 155LO



MRD Rail Technologies Pty Ltd
 235 South Street
 Cleveland 4163
 Australia

RelayPro Test Report

Testing Officer: [REDACTED]
 Date: 5/03/2020
 RelayPro SN: RP-1161
 Relay Type: PN 150BL - 60 OHM
 Contact Config: 7F-3B
 Coil Type: Single
 Coil Voltage: 12.0V
 Coil Resistance: 60R
 Code: PN-150BL
 Serial Number: 430500148

Parameter:	Min:	Max:	Result:	Pass/Fail:
Coil Resistance A	54R	66R	63.2R	PASS
Operate Voltage Ramp	0.5V	2.53V	2.4V	PASS
Operate Current PN	8.2mA	42mA	39.6mA	PASS
Release Voltage Ramp	0.5V	2.53V	1.4V	PASS
Operate Contact Resistance - 100mA	0R	1R	See Table Below	PASS
Release Contact Resistance - 100mA	0R	1R	See Table Below	PASS

Contact:	Operate Contact Resistance - 100mA	Release Contact Resistance - 100mA
1F Front	0.044R	OPEN
2F Front	0.005R	OPEN
3F Front	0.029R	OPEN
3B Back	OPEN	0.005R
6B Back	OPEN	0R
7F Front	0R	OPEN
8F Front	0R	OPEN
8B Back	OPEN	0.005R

Signature: _____