

FORELØPIG RAPPORT MED UMIDDELBAR SIKKERHETSTILRÅDING

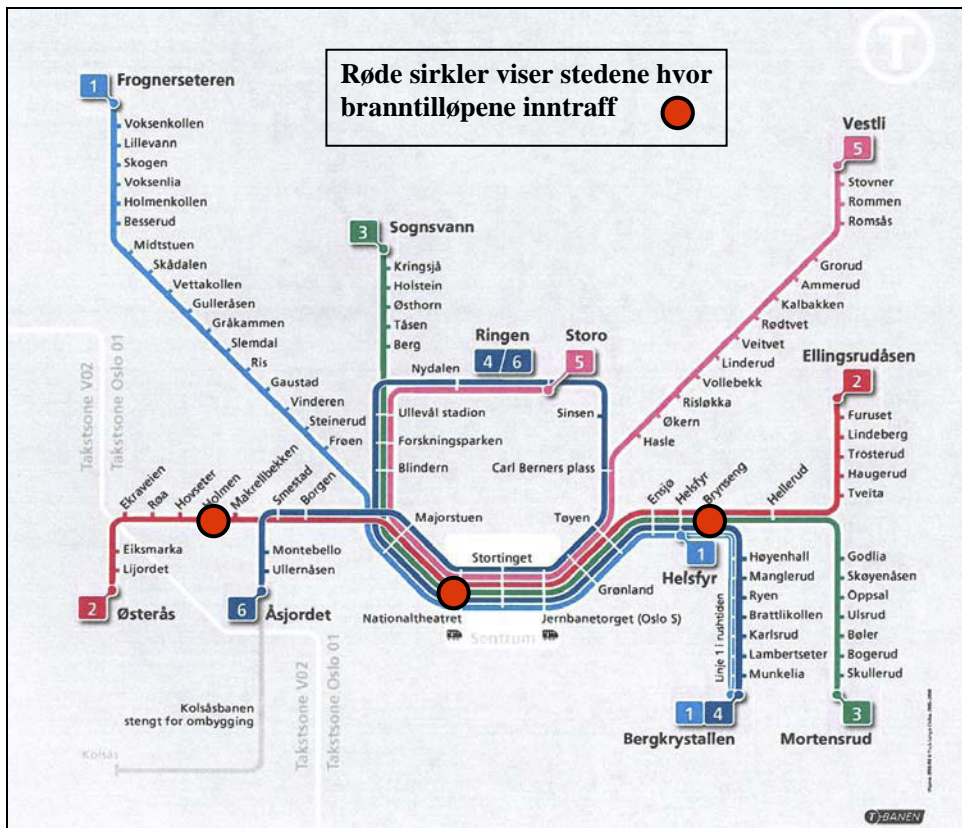
BRANNTILLØP KNYTTET TIL STRØMAVTAGERE I T-BANETOG AV TYPE MX 3000

AVGITT 23. FEBRUAR 2010

INNLEDNING

På bakgrunn av tre branntilløp i de nye T-banetogene av type MX-3000 har Statens havarikommisjon for transport (SHT) iverksatt en undersøkelse. Et inntraff i tunnelen på fellesstrekningen, mens de to øvrige skjedde på linjen i friluft. Tilløpene har skjedd i tidsrommet fra oktober 2009 til januar 2010. Hyppigheten og det store skadepotensialet gjør at SHT har valgt å lage en foreløpig rapport med umiddelbar sikkerhetstilråding.

Havarikommisjonen har utført tekniske undersøkelser, samt hatt møter med Oslo T-banedrift AS, verkstedet på Ryen, Oslo Vognselskap AS og representant fra produsenten av T-banetogene.



Figur nr. 1: T-banens linjekart



*Figur 2: Brann i MX 3000 T-banetog ved Brynseng stasjon.
Foto: Oslo T-banedrifts overvåkningsvideo*

FAKTADEL/UNDERSØKELSER

Branntilløpene har alle oppstått i forbindelse med strømavtagerne og undersøkelsen har så langt hatt et teknisk fokus rettet mot disse.

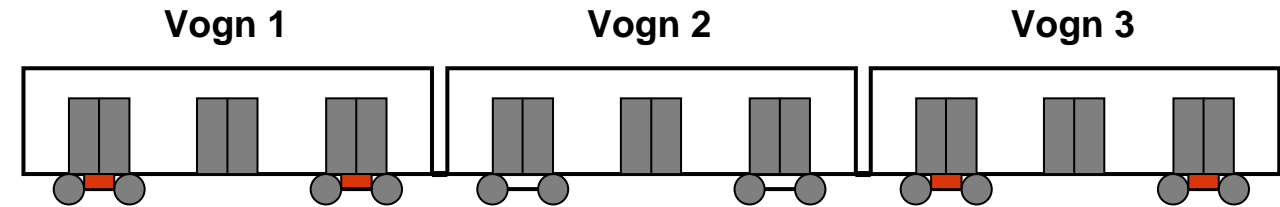


Figur 3: Viser utvendige skader på vognen som brant ved Holmen stasjon, januar 2010

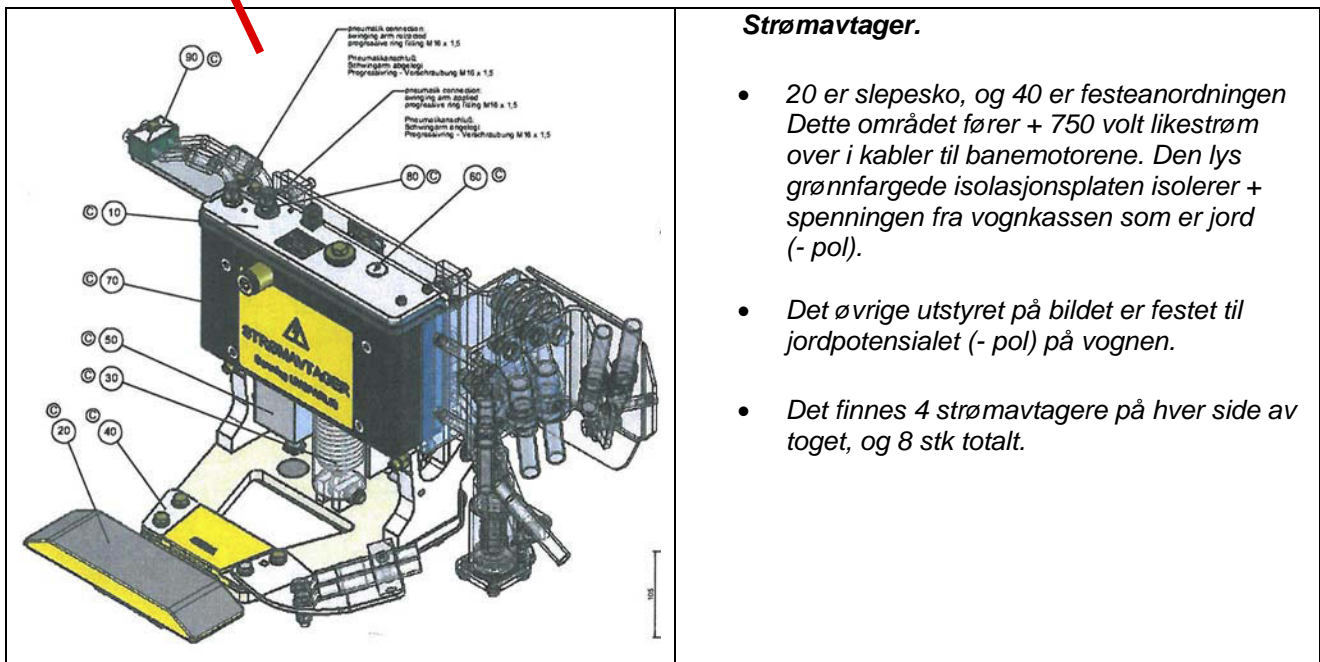


Figur 4: Viser skader som oppstod på strømavtager som brant ved Holmen stasjon, januar 2010

Vognsettene består av tre vogner hver med tre doble dører på hver side. Strømvaktene er plassert på undersiden av de ytterste dørene på vogn nr 1 og 3. Passasjerer som går på og av toget skritter dermed over strømvaktene. Ved innvendig vask av vognene vil vaskevann, til tross for at intensjonen er å samle opp dette vannet, kunne svabres ut gjennom dør og ledes ned på strømvakter. Det ble tatt en snøprøve fra en strømvakter for senere analyse.



T-banetog MX 3000



Figur 5: Strømvakter med slepesko og isolatorplate

Undersøkelsen har avdekket to forskjellige feiltyper. Den ene er når isolatorene på baksiden av strømvaktene feiler og medfører kortslutning. Den andre er knyttet til overslag mellom den positivt ladede slepeskoen og den jordede delen av strømvaktene (- pol). Den første feiltypen har vist seg å føre til at sikringen går og at stømmatingen stanser slik at det ikke oppstår brann. Ved den andre feiltypen har ikke strømmtilførselen blitt automatisk stanset, og brann kan oppstå. Det er denne feilen SHT har sett nærmere på.

Strømforsyningen skjer ved at likerettere forsyner dedikerte strekninger av banenettet. I travle perioder av døgnet er det et stort energibehov, mens det i andre er et lavere behov. Det er ikke noe system som overvåker om et enkelt tog trekker uvanlig mye strøm. Strømmen blir derfor ikke automatisk kuttet og dette bidrar til at et branttilløp får tilført energi til å utvikle seg.

Alle de tre branttilløpene synes å ha utspring i overslag over isolatorplaten som skiller + og – pol og som i tillegg bærer slepeskoen, se figur 6. Isolatorplaten er laget av et glassfiber/epoksy basert komposittmateriale, mens slepeskoen er laget av en støpestållegering. Isolatorplaten har en forholdsvis ru overflate.

Slepeskoen henter likestrøm fra en separat strømskinne som løper parallelt med sporet og som har en spenning på 750VDC. Disse strømskinnene er vanligvis framstilt av stål, men de siste installerte er framstilt av aluminium med en sliteflate av stål. T-banenettet i Oslo har mange strømgap, og dette sammen med en stedvis ujevn kontakt mellom slepesko og strømskinne, gir lokale lysbuer (overslag) når T-banetogene trafikkerer linjene.

Undersøkelse av strømavtaker

Havarikommisjonen har sett nærmere på isolatorplatene for å søke å finne hvorfor de har blitt ledere i stedet for isolatorer. En strømavtaker fra toget som var involvert i branttilløpet ved Holmen stasjon, og en fra en annen hendelse, ble brakt til Forsvarets laboratorietjeneste for nærmere undersøkelse. Begge platene hadde brennmerker som indikerte at de har hatt lokal oppvarming, med forgreininger som strakte seg ut fra området omkring innfesting av slepeskoen inn mot jordingspotensialet (- pol). En av isolatorplatene ble rengjort, mens den andre ikke ble det. Det ble først tatt en overflateanalyse ved hjelp av karbontape av den ikke rengjorte platen.



Figur 6: Oversiktsbilde av de to undersøkte isolatorplatene/strømavtakerne. Slesko vises i nederste bildekant.

Undersøkelse i SEM (Scanning Electron Microscope) med opptak av EDS spekter (Energy Displacement Spectrography) viste en overflate dekket av blant annet små partikler. Partiklene bestod av jern, aluminium, mineralske partikler, kalium, kalsium, natrium og klor.

Deretter ble den rengjorte platen undersøkt i stereo lysmikroskop med fokus på de varmeutsatte områdene. Disse områdene hadde blitt utsatt for en varme som hadde smeltet bort epoksy og smeltet glassfibertrådene. Glass (rent silisiumoksid) har en smeltetemperatur på om lag 2000°C . Prøver fra disse områdene ble tatt inn i SEM for opptak av EDS spekter. Undersøkelsen avdekket betydelige mengder metalliske partikler med en størrelse på mellom 1 og 2 μm . Disse bestod i hovedsak av jern, kalsium og aluminium.



Figur 7: Utsnitt av varmpåvirkede områder på isolatorplate

Slepeskoen ble undersøkt med tanke på eventuell strukturendring. Undersøkelsen viste en betydelig hardhetsforskjell mellom kjernemateriale ($300\text{HV}_{1,0}$) og materiale ut mot overflaten ($540\text{HV}_{1,0}$). Overflaten bestod av en martensittisk herdestruktur. Disse effektene oppstår ved en varmpåvirkning på mellom 750 og 1100°C . Slepeskoen bar videre preg av å ha fått erodert bort materiale i begge ender.

Undersøkelse av vannprøve

Det ble tatt en snøprøve fra en strømvaktar for å undersøke ledningsevnen, pH og ionekonsentrasjon. Snøprøven inneholdt en forholdsvis stor andel av nysnø og mindre andel av snø som hadde falt av fra passasjerers sko. Prøven ble sendt til Norsk institutt for vannforskning (NIVA) for analyse. Resultatet fra analysen viser en pH på 6,83, en ledningsevne på $16,2\text{ ms/m}^2$ og et kloridinnhold på $24,8\text{ mg/l}$.

HAVARIKOMMISJONENS FORELØPIGE VURDERINGER

Undersøkelsen av strømvaktaker ved Forsvarets laboratorietjeneste viser at overflaten av isolatorene er dekket av små metallpartikler i tillegg til mineralske partikler. De metalliske partiklene består i hovedsak av jern og aluminium i tillegg til kalium, kalsium og natrium. Videre framkom et nettverk av brente områder som strålte ut fra innfestningen til slepeskoen. Også nede i disse brente områdene var det metalliske partikler. De brente områdene synes å framkomme ved at små lysbuer har oppstått og medført lokal smelting av isolatorplaten. Varmen har vært betydelig siden glass er smeltet. Det vil dermed være tale om temperaturer opp mot 2000^o C.

SHT ser at det ligger et betydelig forbedringspotensiale i å detektere og å stanse matingen av strøm så tidlig som mulig. En brann som går over i vognen vil kunne oppstå hvis man får et større overslag mellom positiv og negativ pol med en påfølgende lysbue som når helt over fra slepesko til vogn. Lysbuen vil fortsette å brenne til spenningen kobles fra. Dette vil først skje når trafikkledersentralen blir gjort oppmerksom på problemet og kobler fra kjørestrommen, eller at vognfører har mulighet til å legge ut strømvaktakerne.

Slepeskoen hadde også blitt varmpåvirket slik at stålmateriale hadde blitt avvirket, samt at strukturen hadde endret seg på grunn av stor varmpåvirkning.

På denne bakgrunnen finner SHT det mest sannsynlig at jernpartiklene stammer fra slepeskoen i tillegg til strømskinnen. Avvirkningen synes å være akselerert av de mange lysbuene og dermed den store varmen som oppstår ved framføring av T-banetoget. Havarikommisjonen anser at problemet ville blitt redusert dersom de lokale lysbuene mellom strømskinne og slepesko hadde vært færre.

Også den rengjorte isolatorplaten hadde mange små metallpartikler i overflaten og nede i de brente områdene. Dette viser at overflatestrukturen er så grov at et enkelt renhold ikke vil være tilstrekkelig for å fjerne de metalliske partiklene. Enkelt renhold vil derfor ikke være noen garanti for å unngå overslag.

Resultatet av vannanalysen viser at eventuell fukt vil ha god ledningsevne og dermed bidra til å påskynde overslag. Analysen baserte seg på smeltet snø. Prøven inneholdt både klor, kalsium og natrium i tillegg til noe kalium. Dette samsvarer med EDS prøvene fra den ikke rengjorte isolatorplaten. Kalium inngår som bestanddel i rengjøringsmiddel og stammer med stor sannsynlighet fra spill av vaskevann. Klor, natrium og kalsium stammer mest sannsynlig fra passasjerer som har dratt det med seg fra saltede vinterveier. Den målte ledningsevnen er 6-8 ganger større enn ferskvann, men samtidig betydelig lavere enn sjøvann. Hadde denne prøven vært utført med mindre innblanding av ren snø, og mer av ”nedfall” fra passasjerers sko, ville resultatet gitt enda høyere ledningsevne. Se figur 8.



Figur 8: Viser begynnende brannskade på strømvtagers isolasjonsplate. (Det hvite er snø)

Ved innvendig gulvvask av vognene ble vannet og vaskemiddel samlet opp i bølter, men det kan ikke utelukkes at noe av dette havnet utenfor og ned på strømvtagerne. Disse er plassert mellom hjulene på boggiene rett under dørene på vognene.

Havarikommisjonen er kjent med at de innvendige vaskerutinene er endret som følge av disse brannene. Havarikommisjonen ser at dette er et positivt bidrag, men det reduserer ikke faren for overslag vesentlig.

OPPSUMMERING

Den foreløpige undersøkelsen har avdekket tre områder som krever videre undersøkelser. Disse er:

1. Tekniske undersøkelser av strømvtagers plassering og konstruksjon.
2. Vedlikeholdsoppfølging.
3. Strømforsyningssystemet for 750 Volt DC.

Dette er en foreløpig rapport, og andre sikkerhetsmomenter kan bli inkludert i den videre undersøkelsen. Ytterligere detaljer om saken planlegges ikke offentliggjort før den endelige rapporten med analyse av hendelsesforløpet og havarikommisjonens konklusjoner utgis.

UMIDDELBAR SIKKERHETSTILRÅDING

Det har vært gjentatte tilfeller av overslag i strømvtagersystemet som har ført til branntilløp og røykutviklinger. Dagens tekniske løsning knyttet til strømvtakere og strømgap i strømskinnene muliggjør overslag og lysbue med påfølgende mulighet for brann. Siden strømmen ikke automatisk kobles ut kan branntilløp få utvikle seg. Risikopotensialet knyttet til dette, og spesielt inne i en tunnel er stort.

Havarikommisjonen tilrår Statens jernbanetilsyn å pålegge Oslo T-banedrift AS å vurdere og innføre løsninger som kan forhindre at strømoverslag fører til at branner oppstår.