



Avgitt april 2024

RAPPORT BANE 2024/03

*Sammenstøt med endebutt på
Fyllingsdalen terminal 28. mars 2023*



English summary included

Statens havarikommisjon (SHK) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre jernbanesikkerheten.

Formålet med Havarikommisjonens undersøkelser er å klarlegge hendelsesforløp og årsaksfaktorer, utrede forhold som antas å ha betydning for forebyggelsen av ulykker og alvorlige hendelser, og fremme eventuelle sikkerhetstilrådinge. Det er ikke Havarikommisjonens oppgave å fordele skyld og ansvar.

Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid skal unngås.

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	4
ENGLISH SUMMARY	5
OM UNDERSØKELSEN	7
1. FAKTA	10
1.1 Hendelsesdata	10
1.2 Hendelsesforløp	10
1.3 Skader	13
1.4 Arbeid i nærheten	14
1.5 Været	14
1.6 Aktører	15
1.7 Undersøkelser av kjøretøy	16
1.8 Undersøkelser av infrastruktur	20
1.9 Undersøkelse av operative forhold	22
1.10 Sikkerhetsstyring	24
1.11 Liknende hendelser	31
2. ANALYSE.....	34
2.1 Hendelsesforløp	34
2.2 Hvorfor stoppet ikke vognen som forutsatt?	34
2.3 Vitneforklaringer pekte på tekniske utfordringer med vognene	34
2.4 Manglende samspill mellom kjøretøy og infrastruktur førte til større skadeomfang.....	36
2.5 Risikoanalyser fokuserer på storulykke, men fanger ikke tilstrekkelig opp de mer sannsynlige hendelsene.....	37
3. KONKLUSJON.....	40
3.1 Årsaker og medvirkende faktorer	40
3.2 Gjennomførte tiltak etter ulykken.....	40
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER.....	42
VEDLEGG	43

Sammendrag

Tirsdag 28. mars 2023 kl. 1148 skjedde det et sammenstøt i 16 km/t mellom bybanevogn 228 og endebutten på Fyllingsdalen terminal. I sammenstøtet ble syv passasjerer skadet, og det oppsto store skader på vognen. Havarikommisjonens sikkerhetsundersøkelse av ulykken har fokusert på mulige årsaker til at sammenstøtet inntraff og på samspillet mellom vogn og infrastruktur.

Ulykken oppsto som følge av at vognen ikke ble bremsset til stopp ved normalt stoppunkt ved plattformen, men fortsatte forbi det korte overlappet mellom plattform og endebutt og traff denne i 16 km/t. Havarikommisjonen har i undersøkelsen ikke klart å avdekke noen årsak til at vognen ikke stoppet der det var forutsatt. Tekniske undersøkelser avdekket ingen feil på vognen.

Utformingen av stoppbukken i Fyllingsdalen avviker fra Bybanens øvrige endeholdeplasser gjennom å være en svært kraftig betongkonstruksjon, og ikke en enklere og lavere løsning. Bakgrunnen for den avvikende utformingen var at en risikoanalyse hadde avdekket et scenario hvor en vogn som ikke fikk stoppet, kunne fortsette ut over kanten og ned i det lavereliggende terrenget. Dette kunne dermed medføre risiko for et antall omkomne. Havarikommisjonen har i undersøkelsen vist at risikoanalyseprosesser kan være utfordrende. I dette tilfellet fikk storulykkepotensialet overskygge mer sannsynlige farer og utfordringer som dermed ble stående uhåndtert. Havarikommisjonen mener at det er viktig med et kritisk blikk på om den identifiserte storulykken virkelig er et realistisk scenario. Det kan være vanskelig å skille mellom farer som *kan* skje og farer som er *realistisk worst case*. Det er derfor svært viktig at analysegrupper er riktig og bredt nok sammensatt i tidlige faser, og at nødvendig deltagelse gis prioritet. Særlig kan dette være aktuelt i problemstillinger hvor det ikke er etablert konkrete løsninger i det tekniske regelverket, men hvor løsningen designes eller tilpasses i hvert enkelt tilfelle.

Etableringen av betongløsningen innebar at vognens støtabsorberende funksjoner ble satt ut av spill, og sammenstøtet ble dermed mer brått og kraftig. Havarikommisjonen vurderer det slik at dette medvirket til større skader på vognen og sannsynligvis også til noe større skade på passasjerene.

I undersøkelsen avdekket Havarikommisjonen det som beskrives som *et systemisk sikkerhetsproblem* relatert til opplæring av førere i Tide Buss og Bane AS. Dette sikkerhetsproblemet var ikke en medvirkende årsak til denne ulykken. Slike sikkerhetsproblemer er en karakteristikk ved organisasjonen eller systemet som organisasjonen har kontroll over, og ansvar for. Uten at slike systemiske sikkerhetsproblemer blir håndtert kan de påvirke sikkerheten i Tide Buss og Banes drift i framtiden. Ved å håndtere slike systemiske sikkerhetsproblemer er også muligheten for å forbedre sikkerheten størst. Havarikommisjonen fremmer en sikkerhetstilråding om dette.

English summary

On Tuesday 28 March 2023 at 1148 a.m., a collision occurred in 16 km/h between the Bergen light rail car 228 and the buffer stop at the Fyllingsdalen terminal in Bergen. In the crash, seven passengers were injured, and severe damage occurred to the light rail vehicle. The Norwegian Safety Investigation Authority's (NSIA) safety investigation of the accident focused on possible causal factors for why the collision occurred and the compability between the light rail vehicle and infrastructure.

The accident occurred because the vehicle was not being slowed down to full stop at the normal stop point at the platform. It continued beyond the short overlap between platform and buffer stop and collided in 16 km/h. In the investigation, the NSIA has not been able to determine the cause why the light rail vehicle did not stop where it was foreseen. The investigation revealed no technical faults on the vehicle.

The design of the buffer stop in Fyllingsdalen deviates from Bergen light rail's other buffer stops by being constructed as a very robust non-energy-absorbing concrete structure. The other buffer stops in the network are smaller and lower. The background for the deviant design was that a risk analysis had revealed a scenario in which a light rail vehicle, that for any reason was not able to stop at the platform, could continue out over the end of the bridge and down into the lower-lying terrain. This could lead to the risk of a number of deaths. In the investigation, the NSIA has shown that risk analysis processes can be challenging. In this case, the potential of a major accident overshadowed more frequent dangers and challenges that were thus left unmanaged. The NSIA believes that a critical look at whether the identified major accident is really a realistic scenario is important. It can be difficult to distinguish between dangers that *can* happen and dangers that are *realistic worst cases*. It is therefore very important that analytical groups are properly and broadly composed in early phases, and that participation is given priority. In particular, this may be relevant in cases where there are not established standard solutions in the technical regulations, but where the infrastructure is designed in each case.

The use of the concrete design meant that the vehicle's shock-absorbing functions were put out of play. The NSIA considers that this contributed to increased damage to the carriage and probably greater injuries to the passengers.

In the investigation, the NSIA uncovered what is described as a systemic safety problem related to the training of drivers in Tide Buss og Bane AS. Such safety problems are characteristics of the involved organisation or system, which the organisation can control or is responsible for. This vulnerability was not a contributing factor in the accident, but could, if not managed, affect the safety of Tide Buss and Bane's operations in the future. By addressing such systemic safety issues, the possibility of improving safety is also greatest. NSIA issues a safety recommendation on this topic.

Om undersøkelsen

Om undersøkelsen

Beslutning om å undersøke

Statens havarikommisjon (SHK) ble 28. mars 2023 gjennom media oppmerksom på at det hadde vært en ulykke på Bybanen i Bergen. Kort etter varslet Tide Buss og Bane AS og Bybanen AS om et sammenstøt med endebutten ved Fyllingsdalen terminal. Havarikommisjonen reiste samme dag til ulykkesstedet.

Informasjon om at SHK hadde igangsatt undersøkelse ble meddelt involverte parter 31. mars 2023 og European Union Agency for Railways (ERA) den 11. april 2023.

Beslutning om å gjennomføre en undersøkelse er gjort på bakgrunn i ulykkens alvorlighetsgrad med hjemmel i forskrift 31. mars 2006 nr. 378 om offentlige undersøkelser av jernbaneulykker og alvorlige jernbanehendelser m.m. (jernbaneundersøkelsesforskriften) § 6.

Formål

Statens havarikommisjon (SHK) er undersøkelsesmyndighet ved jernbaneulykker og jernbanehendelser. I henhold til lov 3. juni 2005 nr. 34 om varsling, rapportering og undersøkelse av jernbaneulykker og jernbanehendelser (jernbaneundersøkelsesloven) § 3 skal SHKs undersøkelser klarlegge hendelsesforløp og årsaksfaktorer, utrede forhold av betydning for å forebygge jernbaneulykker og avgi undersøkelsesrapport.

SHK 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.

Organisering, omfang og avgrensninger

Organisering og mandat for undersøkelsen ble besluttet i oppstartsmøtet. Undersøkelsen er gjennomført som et prosjektarbeid, ledet av undersøkelsesleder. Undersøkelseseier er avdelingsdirektør i baneavdelingen ved Statens havarikommisjon.

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 sikkerheten, ulykken eller hendelsens alvorlighetsgrad, dens innvirkning på jernbanesikkerheten generelt og om den inngår i en serie av ulykker eller hendelser.

Undersøkelsen har kartlagt og utredet hendelsesforløpet. Videre har Havarikommisjonen undersøkt og vurdert:

- risikovurderinger av infrastruktur og drift
- utforming av endeholdeplassen
- kunnskap om kjøretøyene
- føreropplæring
- organisatoriske forhold hos aktørene

Undersøkellesprosessen

Ved oppstart av en undersøkelse varsles berørte parter via brev og SHK sin nettside. Før rapporten ferdigstilles sendes et utkast til berørte parter, slik at disse kan bli kjent med rapportens innhold og komme med innspill. I noen tilfeller kan dette medføre ytterligere undersøkelser for å fjerne uklarheter, eller for å verifisere nye elementer som er gjort kjent for Havarikommisjonen. Havarikommisjonen beslutter hvilke innspill som skal tas med i den endelige rapporten.

Undersøkelsesrapporten er utformet iht. jernbaneundersøkelsesforskriften § 12.

Endelig undersøkelsesrapport oversendes Samferdselsdepartementet, som treffer nødvendige tiltak for å sikre at det tas behørig hensyn til sikkerhetstilrådingene, jf. jernbaneundersøkelsesforskriften § 16.

Informasjonskilder og metoder

Undersøkelsen er basert på følgende informasjonskilder og metoder:

- informasjon fra politiet
- informasjon fra systemer hos Tide Buss og Bane AS, Bybanen AS og Bybanen Utbygging
- prosjektdokumentasjon
- interne regelverk, styrende dokumenter og instruksjer
- gjeldende lovgivning, standarder
- intervjuer
- undersøkelser på ulykkessted
- undersøkelser av vogn 228 og kjørekontrollerne fra denne
- Havarikommisjonens sikkerhetsfaglige rammeverk ([NSIA-metoden](#)) med tilhørende metoder.

Bruk av rapporten

Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid skal unngås.

Ved gjengivelse av innhold fra rapporten skal kilde oppgis.

Opplysninger undersøkelsesmyndigheten mottar i medhold av jernbaneundersøkelsesloven §§ 8 eller 14 kan ikke brukes som bevis i en senere straffesak mot den som har gitt opplysningene jf. § 22.

1. Fakta

1.1 Hendelsesdata	10
1.2 Hendelsesforløp	10
1.3 Skader	13
1.4 Arbeid i nærheten	14
1.5 Været	14
1.6 Aktører	15
1.7 Undersøkelser av kjøretøy	16
1.8 Undersøkelser av infrastruktur	20
1.9 Undersøkelse av operative forhold	22
1.10 Sikkerhetsstyring	24
1.11 Liknende hendelser	31

1. Fakta

1.1 Hendelsesdata

Tabell 1: Hendelsesdata

Sammenstøt med endebutt	
Hendelsestidspunkt:	28. mars 2023 kl. 1148
Hendelsessted:	Fyllingsdalen terminal
Togtype:	Bybane
Involvert kjøretøy:	Variobahn
Registrering:	Vogn 228
Togdata:	42 meter og ca. 60 tonn
Eier:	Vestland fylkeskommune
Bruker:	Tide Buss og Bane AS
Enhet med ansvar for vedlikehold:	Tide Buss og Bane AS
Besetning:	Fører, sertifisert i 2020, gyldig helseattest
Passasjerer i tog:	Ca. 12 passasjerer. Antall er usikkert da flere forlot området uregistrert

1.2 Hendelsesforløp

Tirsdag 28. mars 2023 kl. 1148 skjedde det et sammenstøt mellom bybanevogn 228 og endebutten på Fyllingsdalen terminal. I sammenstøtet ble syv passasjerer skadet, og det oppsto store skader på vognen.



Figur 1: Vogn 228 etter sammenstøtet med endebutten. Foto: SHK



Figur 2: Førerplassen til vogn 228 etter sammenstøtet med endebutten. Foto: SHK



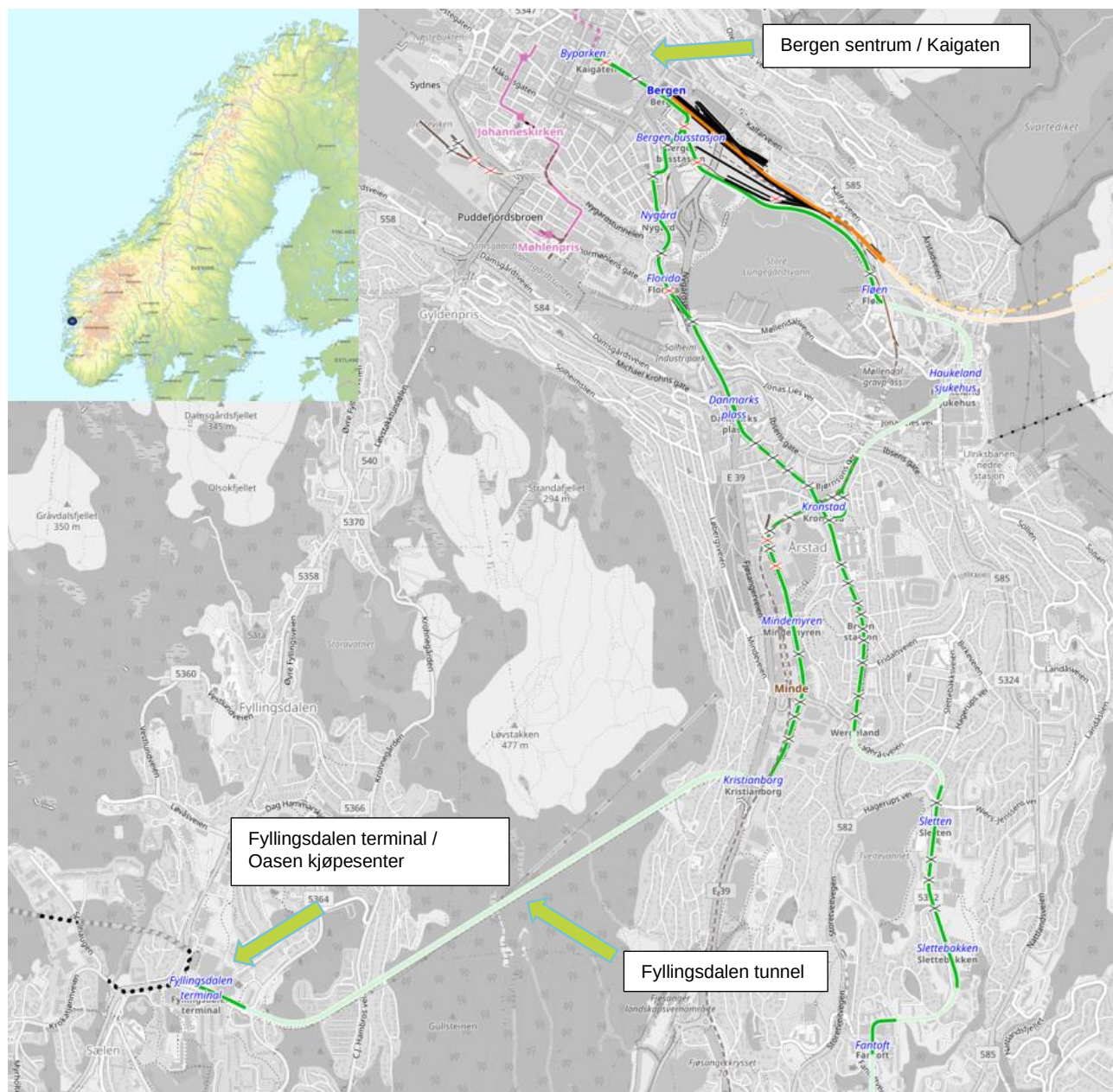
Figur 3: Vogn 228 sett fra siden etter sammenstøtet. Foto: Politiet



Figur 4: Lakk- og glassrester fra vogn 228 avsatt i øvre del av endebutten. Foto: SHK



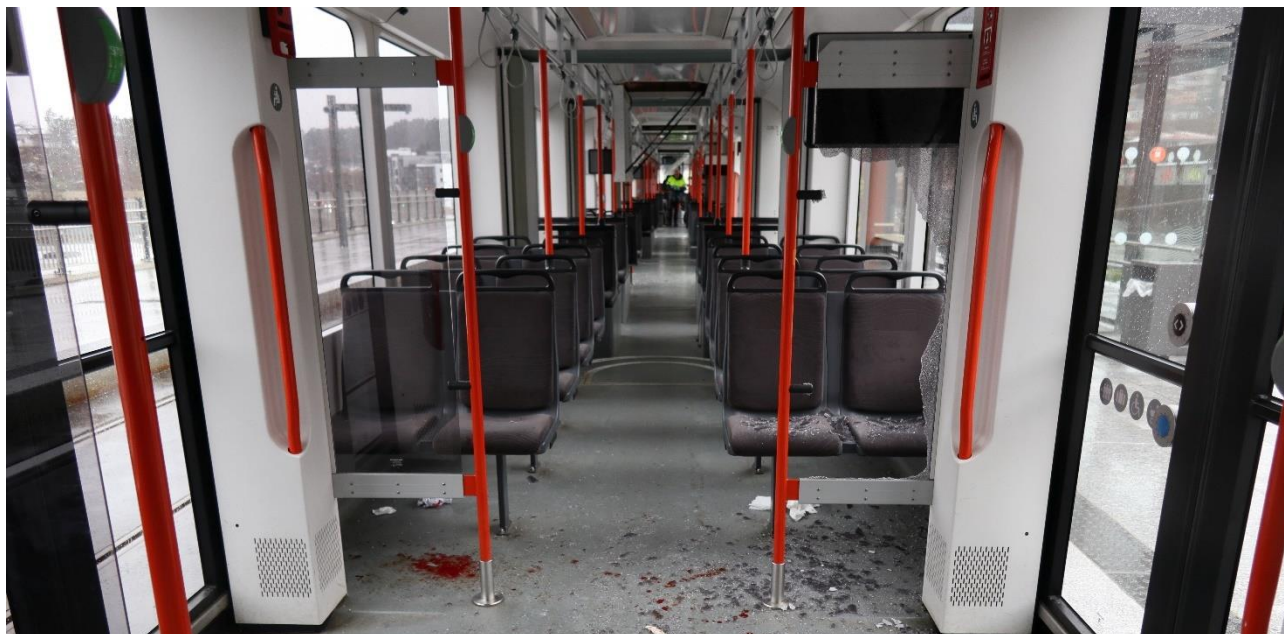
Figur 5: Vogn 228s (til høyre) uskadde ende med uskadet profil (ref. skadet profili figur 3). Foto: SHK



Figur 6: Oversiktskart over Bybanens linje 2 og Fyllingsdalen terminal. Kart: OpenRailway, Kystinfo, Kystverket. Påtegninger av SHK

Vogn 228 trafikkerte Bybanens linje mellom Bergen sentrum og Fyllingsdalen terminal som er endeholdeplass. På ulykkestidspunktet var det lett snøvær / sludd.

Vognen kjørte normalt fram til om lag midt på plattformen, hvor bremsing til stopp vanligvis innledes. Denne gangen fortsatte vognen i samme hastighet fram til sammenstøtet med endebutten inntreff kl. 1148. De reisende oppfattet ingenting unormalt før kollisjonen og hadde derfor begynt å bevege seg mot dørene. Hastigheten i sammenstøtet var 16 km/t. Vognen bråstanset, og de av passasjerene som ikke rakk å holde seg fast, ble kastet framover eller inn i ulike deler av vognens interiør.



Figur 7: Interiøret i vogn 228 etter sammenstøtet. Foto: SHK

Etter ulykken varslet vognføreren Tide Buss og Bane AS' driftssentral. Nødetatene ble varslet av publikum og Tide Buss og Bane AS. Vognføreren måtte ha hjelp til å komme seg ut av førerrommet da døren var skadet. Etter at vognfører hadde kommet seg ut av førerrommet, startet han og publikum å kartlegge skadeomfanget og hjelpe dem som var skadet, inntil nødetatene overtok ansvaret på ulykkesstedet.

1.3 Skader

1.3.1 PERSONSKADER

Tabell 2: Personskader

Skader	Personale	Passasjerer
Omkommet	-	-
Alvorlig	-	-
Lett	1	7
Ingen	-	Ukjent

I ulykken pådro syv passasjerer seg varierende grad av skader. De sittende ble kastet fremover mot setene foran i sammenstøtet. Stående reisende falt eller ble kastet inn i ulike deler av vognens interiør. Skadene varierte fra ingen til lettere eller moderate personskader.

Flere passasjerer forlot stedet før eventuelle skader ble registrert.

1.3.2 SKADER PÅ KJØRETØY

Kostnaden for reparasjon og gjenoppbygging av vogn 228 er beregnet av Bybanen AS til NOK 22 millioner.

1.3.3 SKADER PÅ INFRASTRUKTUR

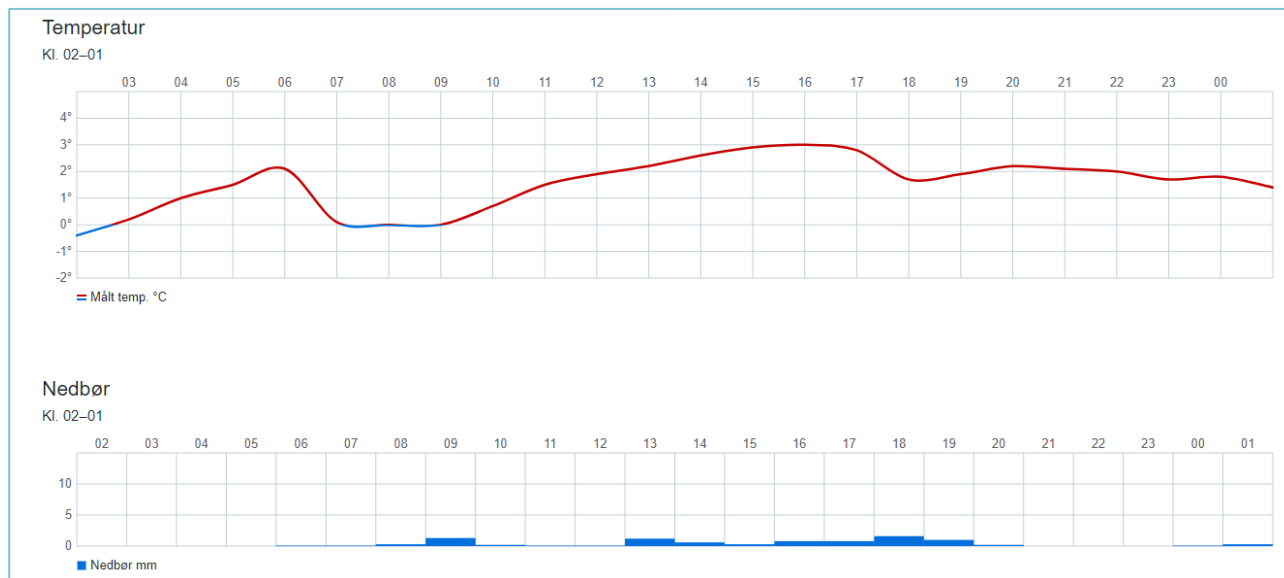
Det oppsto ingen skader på infrastrukturen ut over mindre merker i endebutten av betong.

1.4 Arbeid i nærheten

Det ble ikke utført arbeider på infrastrukturen i nærheten på ulykkestidspunktet.

1.5 Været

Metrologisk institutts nærmeste målestasjon til Fyllingsdalen terminal er Bergen – Florida, ca. 4 km fra Fyllingsdalen terminal. På ulykkestidspunktet ble det målt i underkant av 2 °C og lett nedbør i form av snø og sludd.



Figur 8: Temperatur og nedbør 28.03.2023 målt ved Bergen – Florida. Kilde: yr.no

Nedbørsintensiteten blir beskrevet som «lett» på målestasjonen Bergen – Florida. Film fra overvåkningskameraer på Fyllingsdalen terminal bekrefter tilsvarende værforhold. Figur 10 er hentet fra overvåkningskamera på terminalen og viser værforholdene for den aktuelle vognen umiddelbart før ulykken.



Figur 9: Værforholdene ved utkjøring fra Fyllingsdaltunnelen. Kilde: Bybanen AS. Utsnitt: SHK



Figur 10: Værforholdene kort tid før ulykken. Merk at tidsstempelen avviker med 1 time. Kilde: Bybanen AS. Utsnitt SHK

1.6 Aktører

Dette kapittelet presenterer aktører som direkte eller indirekte har en tilknytning til ulykken og problemstillingene som tas opp som en del av denne sikkerhetsundersøkelsen.

1.6.1 TIDE BUSS OG BANE AS

Tide Buss og Bane AS (heretter Tide Buss og Bane) er operatørselskapet som innehar tillatelse fra Statens jernbanetilsyn til trafikkvirksomhet og trafikkstyring på infrastruktur forvaltet av Bybanen AS i Bergen. Tide Buss og Bane er heleid av DSD Bus AS. Selskapet kjører rutebuss i Bergen sentrum i tillegg til Bybanen. Selskapet har i underkant av 600 medarbeidere, hvorav ca. 100 er bybaneførere. Tide Buss og Bane har 138 busser, opererer 34 bybanevogner og har ansvaret for vedlikeholdet av vognparken. Denne tjenesten kjøpes av Stadler Service Norway AS.

Fører involvert i hendelsen hadde vært sertifisert vognfører i om lag 2,5 år da ulykken inntraff.

1.6.2 BYBANEN AS

Bybanen AS har tillatelse fra Statens jernbanetilsyn til drift av infrastrukturen til Bybanen i Bergen. Selskapet har 47 ansatte. Bybanen AS er 100 % eid av Vestland fylkeskommune og har ansvar for drift og forvaltning av infrastruktur og vognmateriell på vegne av eieren. Bybanen AS leverer også passasjertransport til Skyss, som organiserer kollektivtransporten på vegne av Vestland fylkeskommune. Flere av selskapets oppgaver er konkurranseutsatt, blant annet operatørvtale og vedlikehold av vognmateriell.

1.6.3 BYBANEN UTBYGGING

Bybanen Utbygging er en del av Vestland fylkeskommune. Bybanen Utbygging prosjekterer byggetrinnene i bybaneutviklingen i Bergen og er også byggherre. I alle faser før overlevering av ferdig anlegg til Bybanen AS, involverer Bybanen Utbygging Bybanen AS og operatørselskapet.

1.6.4 STADLER RAIL SERVICE GERMANY GMBH

Stadler Rail Service Germany GmbH har vedlikeholdsavtale med Bybanen AS for vedlikehold av bybanevognene. Arbeidet utføres av Stadler Service Norway AS (heretter Stadler Service Norway) på vegne av Stadler i Tyskland.

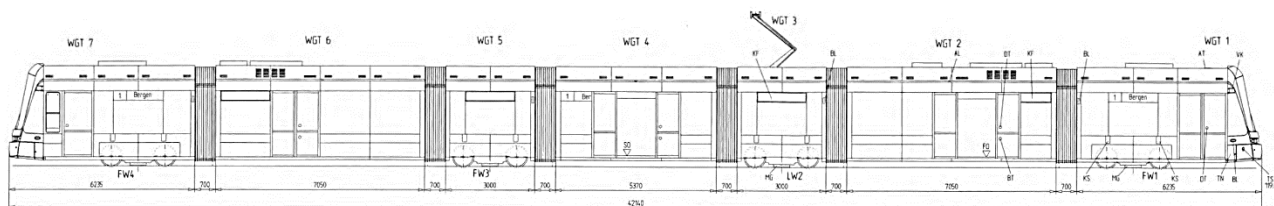
1.7 Undersøkelser av kjøretøy

1.7.1 HAVARIKOMMISSJONENS UNDERSØKELSER PÅ ULYKKESSTEDET

Statens Havarikommisjon (SHK) foretok undersøkelser og dokumentasjon av vogn 228 på ulykkesstedet samme dag. Da SHK kom til stedet var vognen avslått, og den ble heller ikke aktivert mens SHK var til stede. Havarikommisjonen fotograferte skader og foretok oppmålinger og observasjoner av kjøretøy og infrastruktur. I tillegg til de åpenbare skadene i vognens front, ble det også dokumentert deformasjoner i vognens gulv.

1.7.2 OM VARIOBAHN 228

Vogn 228 er en av 34 7-delers Variobahn sporvogner (WGT-1 til WGT-7, figur 11) produsert av Stadler Pankow GmbH. Vognen ble levert i 2017 som en del av opsjonsavtalen for leveranse av Variobahn til Bybanen i Bergen. Vognene 201–221 ble levert med fem seksjoner, men ble i 2016–2017 forlenget med to seksjoner. Alle vogner som trafikkerer Bybanen er 42,14 meter lange, 2,65 meter brede og består av 7 seksjoner. Vognene veier 55,9 tonn ulastet og 86,8 tonn fullastet. Vognene har en teoretisk kapasitet på om lag 285 passasjerer, med 105 sitteplasser og 180 ståplasser. Største tillatte hastighet er 70 km/t.



Figur 11: Oversikt over 7-delers Variobahn. Kilde: Stadler Pankow GmbH

1.7.3 UNDERSØKELSER AV VOGN 228 I BYBANENS VERKSTED, KOKSTAD

Tide Buss og Bane valgte i samråd med SHK å transportere vognen til verksted på egne hjul i samarbeid med leverandør Stadler, vedlikeholdsleverandør Stadler Service Norway og Bybanen. Vognen ble derfor om natten 29. mars 2023 startet opp og spenningssatt. Stadler lastet ned diagnose- og ferdsskriverdata fra vognen før den ble forsøkt flyttet. Da det viste seg at vognen var mulig å kjøre, valgte Stadler å heve luftfjæringen i den skadede enden maksimalt, for å unngå at denne tok ned i bakken. Deretter ble vognen kjørt fra den uskadde enden, i lav hastighet, tilbake til verkstedet på Kokstad. Tide Buss og Bane opplyste at alle kjøre- og bremsefunksjoner ble testet underveis uten at noe unormalt ble oppdaget.

4. april 2023 foretok Havarikommisjonen ytterligere undersøkelser av vognen i verkstedet på Kokstad. Vognen var da plassert over grav og tilgjengelig for inspeksjon. Hovedelementer i undersøkelsen var:

- visuell besiktigelse av deformeringer i karosseri
- undersøkelse av støtfangere/energiabsorberende konstruksjoner i vognen
- test av sanding og skinnebrems
- prøvekjøring av vognen på verkstedets testspor og test av bremsefunksjoner

- gjennomgang av tekniske feillogger og diagnosesystemer

Undersøkelsene viste, i tillegg til skadene i WGT-7 og WGT-6, deformasjon i vognens rammeverk.



Figur 12: Deformasjon av rammeverk på vogn 228.
Foto: SHK



Figur 13: Oversiktsbilde av deformasjonen av rammeverket på vogn 228. Foto: SHK

Vognens sandapparater¹ ble testet og alle disse fungerte. Prøvekjøringen av vognen ble utført fra enden som ikke var skadet i sammenstøtet. Det forelå feilmeldinger og forbikoblinger som følge av skadene fra ulykken. For eksempel var dørforriglinger² forbikoblet. Prøvekjøringen forløp normalt og alle bremsefunksjoner fungerte da de ble testet.

Stadler Service Norway presenterte informasjon fra diagnosesystemet til vognen. Dette ble vist i et særskilt dataprogram tilhørende vogntypen. Systemet hadde ikke logget noe som indikerte bremsefeil. Det var logget en rekke forstyrrelser i vognens kommunikasjonssystem i kollisjonsøyeblikket. Forstyrrelsene forklares av bøyninger og vibrasjoner på fiberoptiske kabler ved sammenstøtet.

1.7.4 UNDERSØKELSER AV VOGNDELENE 6 OG 7 HOS STADLER PANKOW

11. oktober 2023 deltok Havarikommisjonen i en befaring av vogndel WGT-7 og WGT-6, som var fraktet til Stadlers fabrikk i Berlin Pankow og demontert der. Befaringen var organisert av Bybanen AS, Tryg Forsikring og Stadler. Havarikommisjonen deltok og fulgte opp spørsmål omkring vognens konstruksjon og forventede oppførsel i en kollisjon. Det framkom ingen funn som avvek fra undersøkelsene i Kokastad verksted (1.7.3). Følgene kom fram under undersøkelsen:

- Stadler viste simuleringer av hvilke belastninger vognen kunne tåle, uten at skader oppstod, i form av figurer fra FEM-moduleringer³. Simuleringene var gjort med en belastning som tilsvarer et sammenstøt i 8 km/t, der en av vognene står i ro. Dette gjenspeiler seg i Stadlers dokument som omhandler kollisjonssikkerhetskonsept (1.10.3.7). Stadler kunne informere om at fullskallatester med tilsvarende belastning var gjennomført. Testene viste at simuleringene var 98 % rett.
- Stadler kunne bekrefte at skadene de hadde observert på vogn 228 harmonerte med hastighet i sammenstøtet (16 km/t), sett opp mot simuleringer gjennomført av Stadler da vognen ble designet.

¹ Sporvogner er ofte utstyrt med innretninger som ved behov kan strø sand foran hjulene for å øke adhesjon. På Variobahn er denne funksjonen automatisk.

² System som forhindrer at vognen kan settes i bevegelse med mindre alle dører er lukket i kontroll.

³ [Finite element method](#)

- Stadler uttalte at utformingen av endebutten som 228 hadde støtt sammen med, ikke hadde en ideell utforming, da dette resulterte i at lastene i sammenstøtet ble påført høyere opp. Vognen er designet slik at første kontaktpunkt skal være dempere, for så å komme i kontakt med strukturen.



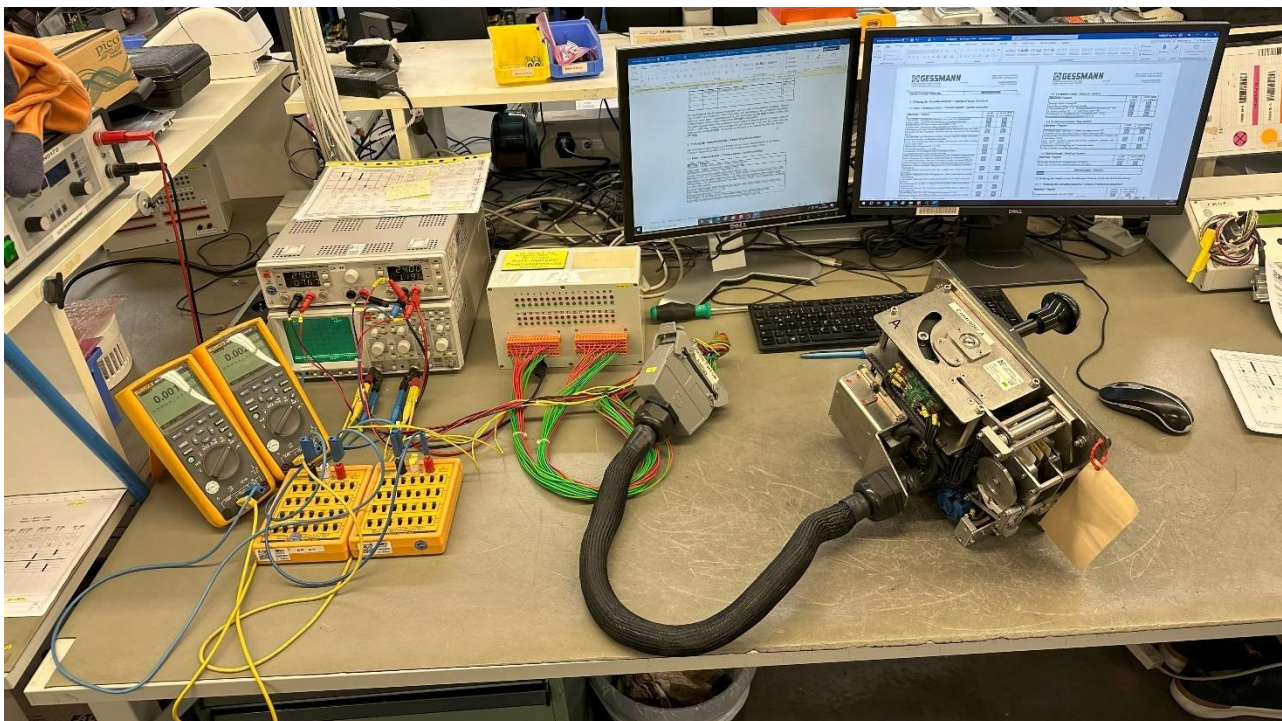
Figur 14: Innfesting av støtdempere på vogn 228 WGT-7. Bufferplaten er bøyd bakover i toppen.
Foto: SHK



Figur 15: Skader i front av WGT-7. Treffpunktet er over støtdemperene. Foto: SHK

1.7.5 UNDERSØKELSER AV VOGNENS KONTROLLERE HOS LEVERANDØREN W. GESSMANN GMBH

Havarikommisjonen gjennomførte 4. oktober 2023 tekniske undersøkelser av vognens kjøre- og bremsekontroller hos leverandøren W. Gessmann i Leingarten, Tyskland.



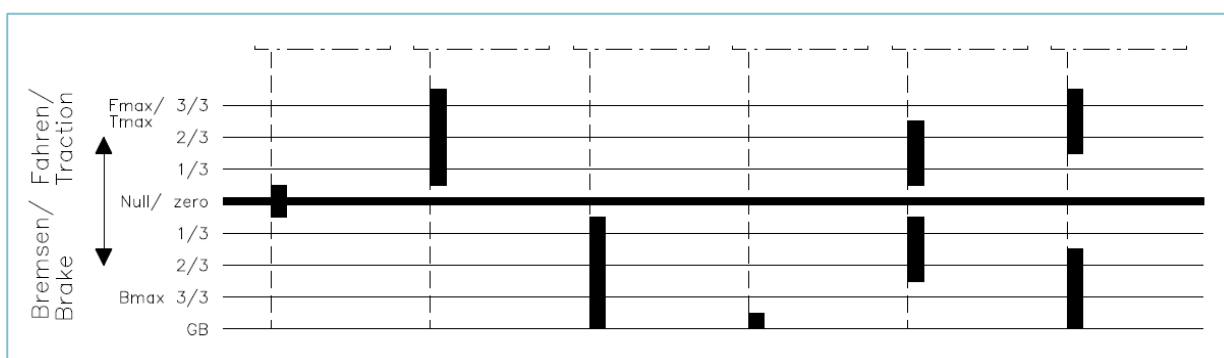
Figur 16: Leverandøren W. Gessmann GmbHs testbenk for Variobahn-kontroller. Foto: SHK

Undersøkelsen besto av intervju av W. Gessmanns personale, samt de testene W. Gessmann gjennomfører før kontrollerne leveres til kunde. W. Gessmann presenterte kontrollerens oppbygging og gjennomførte deretter en innledende visuell inspeksjon. Deretter ble teknisk kontroll

gjennomført. Kontrollen består av to deler; først en høyspent isolasjonstest i to nivåer før det gjennomføres en funksjonstest både mekanisk og elektrisk. Resultatene ble protokollført.

Kontrollen var den tredje som de to kontrollerne var gjennom på fabrikken. Første gang (26. oktober 2012) var ved opprinnelig produksjon. Andre gang (21. februar 2020) var da kontrollerne ble endret til å ha en lengre kjørehendel for å forbedre førers komfort og redusere muligheten for belastningsskader. W. Gessmann presenterte protokollene fra de to foregående kontrollene. Disse hadde ikke avdekket feil.

Vognens kontroller fungerer slik at kjørehendelen beveger en kamvalse. Denne betjener to redundante potensiometer⁴ som gir signaler til vognens «bus»⁵ og videre til de ulike kjør-/bremsstyringene i traksjonsomformerne eller til bremsestyringen for den mekaniske bremsen. Kamvalsen beveger også nokkebrytere direkte. Disse bryterne gir egne signaler til traksjonsomformere og bremsestyring for redundans, og muligheter for nødkjøring hvis «bussen» eller potensiometrene skulle feile. Kontrolleren overvåker ikke hendelens posisjon kontinuerlig, men nokkebryterne kobler inn og ut slik at det er mulig å logge 1/3, 2/3 og 3/3 brems (figur 17).



Figur 17: Oversikt over kjør-/bremsehendels posisjon og innkobling av nokkebrytere. Kilde: Stadler Pankow GmbH, Tegning SS 12205e.

Undersøkelsen av kontrolleren avdekket ingen unormale forhold og alle avleste verdier, og funksjoner var innenfor kravspesifikasjonene. Kontrollen avdekket ett avvik: Normal slitasje i overflatebehandlingen av kontrollerens deksel, dette som følge av at kontrollen hadde vært i bruk i vogn 228 i om lag syv år. Denne overflateslitasjen har ingen innvirkning på kontrollernes funksjon.

1.7.6 FEILLOGG FRA VOGN 228

Havarikommisjonen har fått tilgang til feilmeldingsloggen for Bybanens vognpark. SHK har gjennomgått loggen for vogn 228 fra da vognen ble levert til Bybanen i 2016. Det er registrert syv feil knyttet til bremses. Fire av feilene er knyttet til magnetskinnebremses med påfølgende automatisk reduksjon av største tillatte hastighet. Tre av feilene er relatert til ulike tilfeller der bremsen ikke løser som forutsatt. 19. mars 2023 måtte vognen tas ut av trafikk for reparasjon på grunn av en mekanisk brems som ikke løste slik den skulle. Ingen av feilene kan knyttes til manglende bremseeffekt.

1.7.7 HISTORIKK FOR FEIL PÅ BREMSER ELLER BREMSSEVIKT MED VARIOBAHN

Havarikommisjonen har mottatt informasjon fra førermiljøet om at bremsefeil, som resulterer i bremsefeil på Variobahn er svært vanlig og opplevd av flere førere. Hendelsene er beskrevet med ulik grad av alvorlighet, avhengig av vognens posisjon på bybanenettet da feilen inntraff. I

⁴ [Beskrivelse av potensiometer – lenke til Store norske leksikon](#)

⁵ En bus er en komponent som tar inn signaler fra flere kilder og fordeler de videre.

intervjuene har det blitt beskrevet at noen tilfeller ikke er rapportert i avvikssystemet på grunn av svak tillit til dette.

Tide Buss og Bane har oversendt utdrag fra avvikshåndteringssystemet hvor innrapporterte hendelser er merket som «bremsefeil». Siden oppstarten er det registrert 69 tilfeller. Alle disse tilfellene er knyttet til bremses som ikke løser. Det er ikke dokumentert tilfeller hvor bremses ikke har tilsatt som forutsatt.

1.8 Undersøkelser av infrastruktur

1.8.1 FYLLINGSDALEN TERMINAL

Fyllingsdalen terminal er etablert som endestopp for Fyllingsdalen-linjen. Likevel er linjen planlagt og forberedt for forlengelse. Det er montert en endebutt i betong der sporet ender. Mellom endebutten og gjerde mot høydeforskjellen i terrenget, er det en gangpassasje. Det er en betydelig nivåforskjell fra gjerdet i enden av rampen og til terrenget nedenfor. I en eventuell forlengelse av linjen må det bygges en bro videre fra denne rampen.



Figur 18: Oversikt over Fyllingsdalen terminal. Kilde: Kystinfo, Kystverket. Påtegning: SHK

Terminalen har to spor for på- og avstigning med et vekselområde med overkjøringsspor foran plattformsporene. Plattformene er 42 meter lange og har en overlapp fra normalt stoppunkt til endebutten i betong på 2,5 meter. I utgangspunktet var ikke Fyllingsdalen ment som terminal og linjen er regulert videre på bro over Hjalmar Brantings vei og videre i retning Loddefjord. Behov for kostnadsreduksjoner i prosjektet gjorde at denne delen ble utsatt, og en permanent terminal ble etablert ved Oasen kjøpesenter i Fyllingsdalen.

Der sporene ender, er det etablert en kraftig endebutt i betong med målene: 8,10 m x 1,36 m x 1,50 m, totalt volum ca. 16 m³ hvilket tilsvarer over 38 tonn.



Figur 19: Endebutten ved Fyllingsdalen terminal. Foto: Bybanen Utbygging

1.8.2 SKINNEGANG UNDER VOGNEN

SHK undersøkte skinnehodet på skinnene under vognen, der det var mulig å komme til. Det ble ikke funnet belegg e.l. som kunne medført dårlig adhesjon. Det ble ikke funnet sand foran noen av hjulene hvor sandapparat var montert (figur 20).



Figur 20: Sandrør, hjul og skinnetopp. Foto og påtegning: SHK

1.8.3 FØREFORHOLD ULYKKESDAGEN

Havarikommisjonen ankom Fyllingsdalen terminal om lag kl. 1715 dagen hendelsen inntraff og arbeidet på stedet fram til ca. kl. 2000. SHK registrerte at det var lett nedbør varierende mellom regn og sludd i hele perioden. Tilsvarende nedbør ble også registrert på målestasjonen Bergen – Florida (kap. 1.5). I perioden SHK arbeidet på stedet gikk trafikken som normalt på det andre terminalsportet. SHK observerte ingen vogner som brukte sand eller skinnebrems ved innkjøring og stans i buttsporet.

1.9 Undersøkelse av operative forhold

1.9.1 FØRER OM ULYKKEN

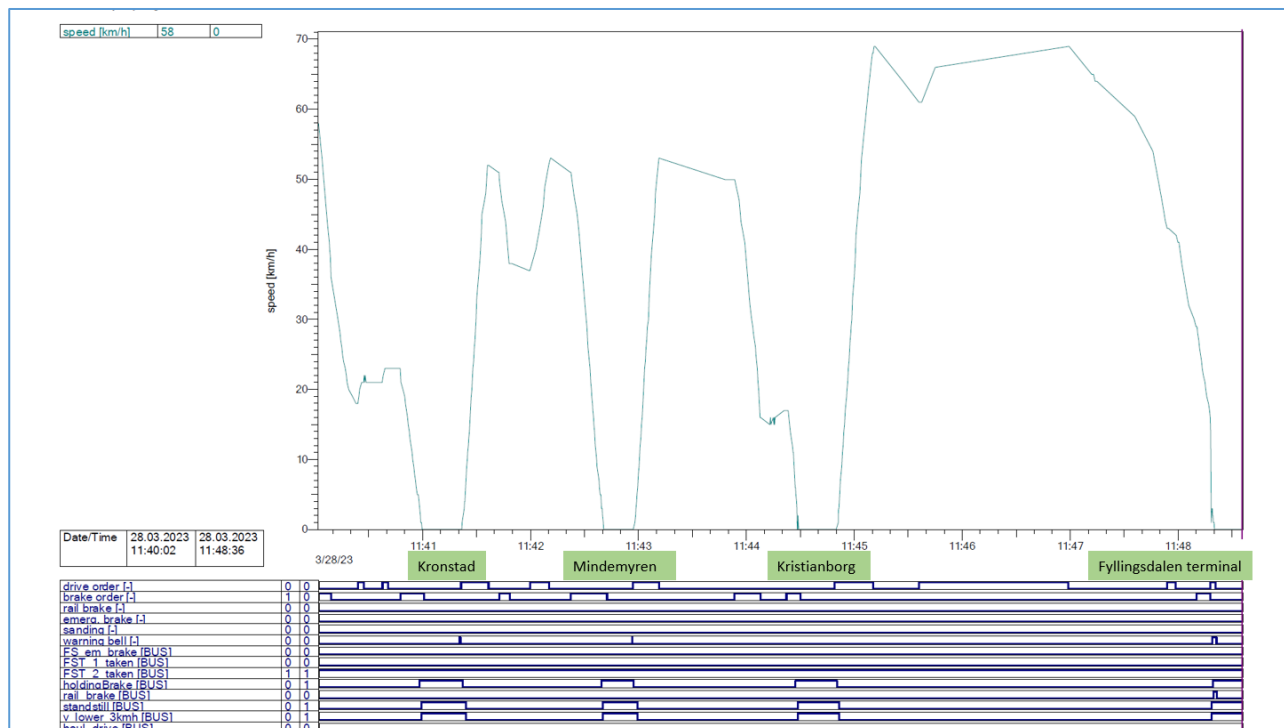
Fører opplyste til Havarikommisjonen at turen fra Byparken til Fyllingsdalen terminal forløp som normalt fram til vognen skulle stoppe på endeholdeplassen. Det var ingenting spesielt å anmerke på turen. Fører opplyste at det ikke var spesielt glatt. Det var få passasjerer igjen da vognen kjørte fra Kristianborg og inn i Fyllingsdaltunnelen.

Ved utkjøring fra tunnelen opplevde fører at det snødde kraftig. Føreren var oppmerksom på planovergangen før vekselområdet og observerte at det var klart for kjøring inn til plattformen. Hastigheten var da redusert, hovedsakelig av stigningsmotstand. Fører har forklart at da bremsing til stopp skulle innledes, fungerte vognens bremsers tilsynelatende ikke. Føreren hørte også at vognens sandapparater var i funksjon. Føreren opplyste at, etter forgjeves forsøk på bremsing, inntok føreren en form for «beredskapsposisjon» ved å trekke til seg bena. Kort tid etter var sammenstøtet et faktum.

Etter å ha samlet seg etter sammenstøtet forsøkte føreren å komme seg ut av førerrommet, men døren var skadet og det var behov for hjelp fra en passasjer og bruk av pensejern⁶ for å komme seg ut. Føreren iverksatte raskt varsling, og hjalp deretter passasjerer fram til nødstatene ankom.

1.9.2 FERDSSKRIVERDATA OG KJØREMØNSTER

Variobahn er utrustet med ferdsskriver som registrerer flere parametere under kjøring. Blant annet hastighet, bruk av skinnebrems, sanding, pådrag og brems. Loggen kan hentes ut i rådata og i en grafisk fremstilling i to ulike oppløsninger. Figur 21 viser en oversikt over fremføringen de siste fire holdeplassene.

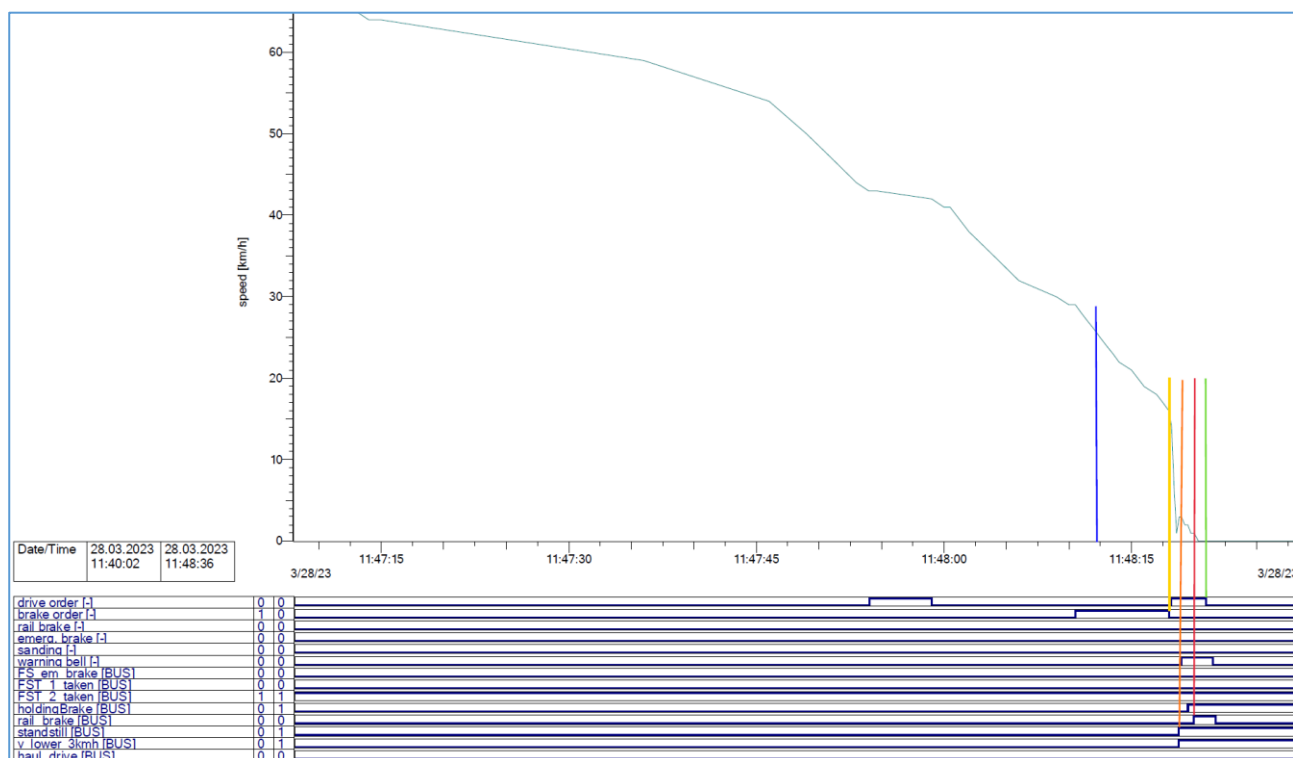


Figur 21: Utdrag fra ferdsskriveren. Utdraget viser blant annet hastighet og bruk av pådrag og brems. Kilde: Bybanen AS, påtegninger av SHK

⁶ Pensejern er et tilpasset spett som brukes til å manuelt endre sporvekslers (pensers) posisjon.

Utskriften viser små hjulspinn før Kronstad holdeplass og før Kristianborg holdeplass. Linjen som angir «sanding» viser at vognen ikke har sandet i perioden for ferdsskriveruttrekket.

Figur 22 er et mer høyoppløst utdrag av de siste ca. 1 minutt og 30 sekunder. Øyeblikket da vognens front er på høyde med plattformkanten er markert med blå strek. Sammenstøtet med endebutten er av SHK markert ved ca. kl. 11:48:21 med gul strek. Her vises også samtidig en overgang fra «brake order» til «drive order» – en overgang fra brems til pådrag, før kontrolløren like etter settes i nøytral, markert med grønn strek. Oransje strek viser hvor vognen registrerer at den står stille. Den røde streken markerer en kortvarig tilsetning av skinnebremsen, kort etter at holdebremsen («holding brake BUS») har tilsatt.



Figur 22: Ferdsskriverutskrift over ca. 1 minutt og 30 sekunder med sammenstøtet ved ca. kl. 11:48:21.
Kilde: Bybanen AS, påtegninger av SHK

1.9.3 TIDLIGERE UTILSIKTEDE FORBIKJØRINGER AV HOLDEPLASSER OG HENDELSER MED UTILSIKTET PASSERING AV STOPPSIGNAL (PASS)

I løpet av undersøkelsen har det framkommet opplysninger om at vogner ved tidligere anledninger har passert planlagt stoppunkt på holdeplasser fordi bremsene ikke ga retardsjonen fører hadde forventet. Det har også blitt opplyst at frekvensen av slike hendelser var sjeldnere etter at vognene ble forlenget. Havarikommisjonen har ikke mottatt noen dokumentasjon på dette. Tide Buss og Bane har i sitt avvikshåndteringssystem registrert to slike tilfeller, i 2015 og i 2019. Tide Buss og Bane vurderer dette som et lavt antall registrerte tilfeller, og antar at antallet hendelser er høyere enn dette, men vurderer det samtidig slik at dette ikke er noe omfattende problem.

Utdrag fra avvikshåndteringssystemet for «PASS-hendelser⁷» viser over 1 100 hendelser siden oppstarten. Det er viktig å være oppmerksom på at dette også inkluderer et stort antall hendelser hvor det er gitt tillatelse til å passere stoppsignal. Tide Buss og Bane opplyser at det er lite dokumentert omkring årsak og grunn. De beskrevne årsakene til PASS-hendelser varierer, men bare én av hendelsene er merket med «glatt føre» som årsak. Tide Buss og Bane vurderer at det

⁷ PASSering av signal i stopp. Bransjebegrep for situasjoner der et kjøretøy utilsiktet passerer sluttpunktet for en kjøretillatelse.

reelle tallet her kan være noe høyere, men opplyser til Havarikommisjonen at det ikke ansees å være et vesentlig problem.

1.10 Sikkerhetsstyring

1.10.1 INNLEDNING

Bybanen prosjekteres, bygges, forvaltes og trafikkeres av ulike aktører. Bybanen Utbygging prosjekterer og bygger nye strekninger før de overlates til Bybanen AS som infrastrukturforvalter. Bybanen AS forvalter også vognene på vegne av Vestland fylkeskommune. Bybanen AS kjøper trafikktenestene av Tide Buss og Bane. De ulike selskapene har etablert egen sikkerhetsstyring tilpasset virksomheten som skal gjennomføres. I noen tilfeller er det forhold i ett selskap som også må håndteres i de andre selskapene, f.eks. premisser for trafikk og drift.

I dette kapittelet beskrives sikkerhetsstyringen i to deler; sikkerhetsstyring relatert til utvikling og drift av infrastruktur og sikkerhetsstyring relatert til framføring.

1.10.2 SIKKERHETSSTYRING RELATERT TIL UTVIKLING OG DRIFT AV INFRASTRUKTUR

1.10.2.1 Regelverk

Det grunnleggende regelverket knyttet til utvikling og drift av infrastrukturen er i hovedsak gitt i forskrift 10. desember 2014 nr. 1572 om krav til sporvei, tunnelbane, forstadsbane m.m. (kravforskriften):

§ 6-1. Risikovurderinger

Jernbanevirksomheten skal planlegge og gjennomføre de risikovurderinger som er nødvendige for å fastslå om driften av virksomheten er innenfor akseptabel risiko. Risikovurderingene skal planlegges og gjennomføres på en systematisk og koordinert måte gjennom alle virksomhetsfaser.

Det skal fremgå hva som er formålet med de enkelte risikovurderinger samt hvilke forutsetninger og avgrensninger som er lagt til grunn.

Risikovurderinger skal gjennomføres i henhold til anerkjente og hensiktsmessige metoder.

Fareidentifiseringen som inngår i risikovurderingen skal være på et tilstrekkelig detaljert nivå.

Ved behov skal det utføres sensitivitetsvurdering for å fastslå om risikovurderingen er tilstrekkelig robust.

Figur 23: Kravforskriften § 6-1. Kilde: lovdata.no

§ 9-1. Generelle krav til forvaltning av infrastruktur

Infrastrukturforvalter skal sikre at infrastrukturen til enhver tid er utformet og i en slik tilstand at det legges til rette for sikker drift. Det skal kun gis adgang til kjøretøy som er kompatibelt med infrastrukturen.

Infrastrukturforvalter skal drifte og vedlikeholde infrastrukturen i henhold til kravene i forskriften her, samt nasjonale og internasjonale standarder.

Forutsetninger og begrensninger knyttet til infrastrukturens utforming skal legges til grunn for prosedyrer for drift og vedlikehold av infrastrukturen.

Figur 24: Kravforskriften § 9-1. Kilde: lovdata.no

§ 9-9. Bestemmelser for sikker trafikkavvikling

Infrastrukturforvalter skal ha bestemmelser for trafikkavvikling tilpasset banens sikringsstandard. Bestemmelsene skal gjenspeile systemet for trafikkavvikling og skal minst inneholde bestemmelser om signaler og deres betydning i trafikkavviklingen, og ansvarsforhold, ordrelinjer og kommunikasjonsprosedyrer i trafikkavviklingen for både ordinær drift og avvikssituasjoner.

Infrastrukturforvalter skal ha en beskrivelse av infrastrukturen. Beskrivelsen skal være på norsk.

Figur 25: Kravforskriften § 9-9. Kilde: lovdata.no

§ 11-1. Generelle krav til infrastruktur

Infrastrukturen skal utformes slik at virksomheten drives innenfor akseptabel risiko. Trasé, over- og underbygning, strømforsyningsanlegg, signalanlegg og kommunikasjonsanlegg skal være teknisk og funksjonelt harmonisert.

Infrastrukturen skal prosjekteres, bygges og testes i henhold til nasjonale og internasjonale standarder. Infrastrukturforvalter skal gjøre en sikkerhetsmessig vurdering av avvik fra valgte standarder. Vurderingen skal dokumenteres.

Figur 26: Utdrag fra kravforskriften § 11-1. Kilde: lovdata.no

1.10.2.2 Bybanen Utbygging

Bybanen Utbygging har i forbindelse med prosjektering og bygging av Bybanen utført en rekke aktiviteter knyttet til sikkerhet og risikoanalyser. Bybanen AS og operatørselskapet inviteres til disse analysene gjennom deltagelse i analysegrupper og i høringer. Risikoanalysen for endeholdeplassen i Fyllingsdalen er beskrevet i kapittel 1.10.2.3. Da anlegget ble overlevert Bybanen AS fulgte det også med en sikkerhetsoppfølgingsplan (SOP) for aktiviteter som krever oppfølging i en driftsfase.

1.10.2.3 Risikovurdering ved planlegging av Fyllingsdalen terminal

Ved planlegging av utforming av Fyllingsdalen terminal ble det gjennomført en egen RAMS-vurdering⁸. Vurderingen diskuterer storulykkepotensialet knyttet til endestoppet (utdrag i figur 27). Risikoanalysen viser storulykke i denne sammenhengen som en ulykke med fler enn to omkomne, og med en sannsynlig frekvens sjeldnere enn 100 år. I denne diskusjonen beskrives hastigheter og scenario som likner det som skjedde 28. mars 2023. I denne delen av analysen beskrives det at betongkonstruksjonen bør forsterkes for å tåle et treff i 20 km/t, men det vurderes også at dette vil medføre at betongkonstruksjonen deformeres kraftig. Det kommenteres at dette er beheftet med usikkerhet. Analysen beskriver i mindre grad mer sannsynlige farer som mindre sammenstøt.

Det er identifisert en risiko, med storulykkepotensial relatert topphendelsen sammenstøt med objekt ved endeholdeplassen ved Oasen / Fyllingsdalen. Holdeplassen ligger på en brostruktur med en endestein i enden av sporet. Faren er at en Bybanevogn ikke stopper i tide og kolliderer med endesteinen i for høy hastighet. Avhengig av hastigheten ved sammenstøt kan dette medføre enten

- at Bybanevognen fortsette utenfor brostrukturen som trolig medfører flere dødsfall, eller
- at Bybanevognen stoppes av endesteinen, med fare for alvorlige skader eller dødsfall for vognførere og passasjerer, og store skader på vogn.

Det derfor vurdert behov for å vurdere eventuelle ytterligere tiltak, spesielt for å sikre at Bybanevognen ikke kan fortsette ut for kanten av brustrukturen.

Figur 27: Utdrag fra D16 – RAMS-vurdering for endebutt. Kilde: Bybanen Utbygging

⁸ D16 – RAMS-vurdering for endebutt rev. 01A 10.03.2020.

I rapportens forslag til tiltak anbefales det å vurdere en energiabsorberende løsning for å etablere en mer gradvis retardasjon. Det oppfordres til å involvere vognprodusenten i dette. Selv om det presiseres at det er usikkerheter i analysen så konkluderes det på dette punktet med at:

Likevel vurderes det til at energiabsorbering vil gi en signifikant positiv innvirkning på storulykkerisiko for denne hendelsen.

Analysen ble overført til fareloggen for videre håndtering i prosjektet og avslutning. I utkvitteringen av faren heter det:

Planlagt avslutning på holdeplassområdet som Byparken holdeplass. Med endestein i granitt. Det er mulighet for avsporing hvis bybanen ikke stopper i tide. Konsekvensen kan være at bybanevognen havner utenfor avslutning av brokonstruksjonen, med høydeforskjell ned til bakkenivå under (Folke Bernadottesvei).

Som tiltak heter det:

1) Vurdere utforming av endebutt som forhindrer sporvogn utenfor brokonstruksjon

Og i oppfølgingen av tiltaket (figur 28):

Brokonstruksjon skal utvides med 1,5 meter utkraging, og er forsterket. Endebutt med demping er ikke valgt.

BB-5295	DO1_016_ref_Sk D16 RAMS gjennomgang 2018/09/05 med BU_00001	TH1 Derailment	H: Sporvogn kjører inn i endebutt og sporer av	Planlagt avslutning på holdeplassområdet som Byparken holdeplass, med endestein i granitt. Det er mulighet for avsporing hvis Bybanen ikke stopper i tide. Konsekvensen kan være at Bybanevognen havner utenfor avslutning av brokonstruksjon, med høydeforskjell ned til bakkenivå under (Folke Bernadottesvei).	3) Vurdere utforming av endebutt som forhindrer sporvogn utenfor brokonstruksjon	Brokonstruksjon skal utvides med 1,5 m utkraging, og er forsterket. Endebutt med demping er ikke valgt.	K3	F1	R0	D16 Fyllingsdalen	DO1_016_not_58L Oppsummering av risikovurdering i endebutt_00001	Lukket i henhold til prinsipp 4 for lukking	0
---------	---	-------------------	---	---	--	---	----	----	----	----------------------	---	---	---

Figur 28: Utdrag fra farelogg 06A, datert 21. oktober 2022. Kilde Bybanen Utbygging

1.10.2.4 Bybanen Utbyggings vurdering av endeholdeplasser

Bybanen Utbygging har i et notat⁹ etter ulykken vurdert prinsippene for endestoppene. SHK har oppsummert notatet:

- Alle endestopp skal være markert med skiltet Sh2 i henhold til Bybanen AS sitt regelverk RDI (Regelverk for Drift og Infrastruktur) som er basert på det tyske regelverket BOStrab.



Figur 29: Skilt Sh2 «Stopp Viderekjøring forbudt» Kilde: Bybanen Utbygging

- Det kjøres på sikt inn mot alle endestopp, det er ingen sikring med banesignalanlegg (f.eks. ATS, Automatisk TogStopp, eller lignende) inn mot selve endestoppet.
- Alle endestopp er utført uten noen form for «støtdempende buffer», da dette ikke er hensiktsmessig i forhold til det rullende materiellet som brukes.
- Det foreligger ingen krav til utforming av endestopp i gjeldende utgaver (for byggetrinn 4) av teknisk regelverk eller RDI fra Bybanen AS.
- Endestoppet i Fyllingsdalen skiller seg fra endestoppene i Byparken og Kaigaten ved at det er etablert en betongkonstruksjon som endestopp. Her ble det identifisert potensiale for storulykke. Det ble derfor valgt en forsterket løsning av støpt/armert betong på dette endestoppet.

⁹ Internt notat i Bybanen Utbygging datert 29.06.2023.

1.10.2.5 Bybanen AS

Bybanen AS forvalter eierskapet til infrastruktur og vogner på vegne av Vestland fylkeskommune. Dette innebærer dialog med operatør og vedlikehold av infrastrukturen. Det er Bybanen AS som søker, og har, tillatelsen til drift av infrastrukturen.

Det er Bybanen AS som er premissgiver for Bybanen Utbygging gjennom teknisk regelverk. Sammen med kravforskriften (kap. 1.10.2.1), relevante Cenelec-standarder¹⁰ og BOStrab¹¹ danner dette grunnlaget for design og prosjektering av Bybanen.

Bybanen AS forvalter det tekniske regelverket og legger dette til grunn for Bybanen Utbygging når byggetrinnene prosjekteres. I byggetrinn 4, Fyllingsdalen-prosjektet, opplyser Bybanen AS at prosjekteringen i hovedsak foregikk mellom Bybanen Utbygging og kontraktspartner for prosjektering. Resultatene av prosjekteringen oversendes deretter Bybanen AS. Identifiserte avvik fra regelverket ble håndtert og dokumentert i egen logg. Kun Bybanen AS har mulighet til å lukke slike avvik. I den aktuelle prosjekteringen av endebutten var det kontakt mellom alle involverte parter. Bybanen AS opplyser at endelig løsning ikke var i tråd med deres anbefalinger. Bybanen AS presiserer også at det i test- og idriftsettelsesfasen var svært tett samarbeid og oppfølging mellom alle aktørene.

Bybanen AS hadde ingen egne overordnede risikoanalyser for infrastrukturen, men benyttet RAMS-dokumentasjon overlevert fra Bybanen Utbygging i forbindelse med idriftsettelsen og overtagelsen av byggetrinnet.

1.10.3 SIKKERHETSSTYRING RELATERT TIL FRAMFØRING

1.10.3.1 Regelverk relatert til framføring

Grunnleggende regler for ressursstyring og drift av sporvogn finnes i kravforskriften. Forskriften stiller krav til ledelse og operativt personale. Havarikommisjonen gjengir nedenfor noen av paragrafene som vurderes relevante i denne undersøkelsen:

§ 5-1. Kompetansekrav

Jernbanevirksomheten skal ha kompetansekrav som angir nødvendig minimumskompetanse for utførelse av alle oppgaver og funksjoner av betydning for jernbanevirksomhetens arbeid med sikkerheten. Jernbanevirksomheten skal videre sørge for at kompetansekrav for oppgaver som utføres av leverandører sikrer den kompetanse som jernbanevirksomheten anser som nødvendig.

Figur 30: Kravforskriften § 5-1. Kilde: lovdata.no

§ 5-2. Kompetanse

Jernbanevirksomheten skal ha tilgjengelig den kompetanse som er nødvendig for at virksomheten skal drives innenfor akseptabel risiko.

Dersom oppgavene av sikkerhetsmessig betydning utføres av leverandør skal jernbanevirksomheten ha nødvendig kompetanse blant annet til å kunne spesifisere krav til leveranser, følge opp leverandøren og ta stilling til leveransen.

Egne ansatte og ansatte hos leverandører, som utfører oppgaver av betydning for jernbanevirksomhetens arbeid med sikkerhet, skal ha tilstrekkelig kompetanse i forhold til oppgavene.

Figur 31: Kravforskriften § 5-2. Kilde: lovdata.no

¹⁰ <https://www.cenelec.eu/>

¹¹ [Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen \(Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung - BOStrab\)](#).

§ 5-3. Opplæring

Jernbanevirksomheten skal ha opplæringsprogrammer for egne ansatte, samt krav og systemer som sikrer at deres kompetanse opprettholdes slik at arbeid av betydning for sikkerheten kan utføres på en tilfredsstillende måte.

Jernbanevirksomheten skal stille krav til at leverandører har systemer for å sikre at deres ansattes kompetanse opprettholdes i forhold til arbeid av betydning for sikkerheten som vedkommende skal utføre.

Figur 32: Kravforskriften § 5-3. Kilde: lovdata.no

§ 6-1. Risikovurderinger

Jernbanevirksomheten skal planlegge og gjennomføre de risikovurderinger som er nødvendige for å fastslå om driften av virksomheten er innenfor akseptabel risiko. Risikovurderingene skal planlegges og gjennomføres på en systematisk og koordinert måte gjennom alle virksomhetsfaser.

Det skal fremgå hva som er formålet med de enkelte risikovurderinger samt hvilke forutsetninger og avgrensninger som er lagt til grunn.

Risikovurderinger skal gjennomføres i henhold til anerkjente og hensiktsmessige metoder.

Fareidentifiseringen som inngår i risikovurderingen skal være på et tilstrekkelig detaljert nivå.

Ved behov skal det utføres sensitivitetsvurdering for å fastslå om risikovurderingen er tilstrekkelig robust.

Figur 33: Kravforskriften § 6-1. Kilde: lovdata.no

§ 7-4. Oppfølging av avvik

Jernbanevirksomheten skal registrere og følge opp avvik fra jernbanelovgivningen og interne bestemmelser. Det skal tas stilling til avvikenes betydning for sikkerheten, både enkeltvis og i forhold til andre avvik.

Jernbanevirksomheten skal rette avvik, avdekke årsakene til avviken og iverksette tiltak for å hindre gjentakelse. Tiltakene skal følges opp og effekten av tiltakene evalueres. Inntil avvik er rettet skal det ved behov gjennomføres kompenserende tiltak.

Figur 34: Kravforskriften § 7-4. Kilde: lovdata.no

§ 10-5. Bestemmelser for togframføring

Trafikkutøver skal ha utarbeidet nødvendige bestemmelser for togframføring. Bestemmelsene skal være tilpasset infrastrukturforvalters bestemmelser for sikker trafikkavvikling.

Trafikkutøver skal sikre at personell som har tilknytning til framføringen, har den nødvendige dokumentasjon som kreves for å utføre sine arbeidsoppgaver. Dokumentasjonen må omfatte alle bestemmelser og prosedyrer som er nødvendig for drift under normale forhold, ved uregelmessigheter og i nødsituasjoner.

Trafikkutøver skal på grunnlag av beskrivelsen av infrastrukturen utarbeide en strekningsbeskrivelse. Trafikkutøver skal sørge for at personellet til enhver tid har oppdatert dokumentasjon om strekningen som er relevant for den enkelte. Strekningsbeskrivelsen skal minst omfatte:

- a. generelle driftsegenskaper,
- b. detaljert strekningsinformasjon,
- c. nødutganger for evakuering og
- d. særskilte forhold med betydning for sikker framføring.

Figur 35: Kravforskriften § 10-5. Kilde: lovdata.no

§ 13-3. Krav til teknisk kompetanse

Førere skal ha kjennskap til kjøretøyets oppbygging og konstruksjon, herunder mekanisk og elektrisk oppbygging, automatisk hastighetsovervåkning, kommunikasjonssystem og dørsystem, slik at vedkommende kan vurdere kjøretøyets tilstand i forhold til kravet om sikker framføring.

Førere skal ha forståelse for virkemåten til bremsesystemer på kjøretøyer og beherske bruk og behandling av disse.

Figur 36: Kravforskriften § 13-3. Kilde: lovdata.no

§ 13-5. Krav til kompetanse om samspill mellom kjøretøy og spor

Førere skal forstå hvordan adhesjonsforholdet virker inn på trekkraft og bremskraft, samt kjenne til hvilke krefter som oppstår mellom spor og kjøretøy ved kjøring.

Førere skal videre ha kjennskap til samspillet mellom kjøretøyets og infrastrukturens strømforsynings- og signalanlegg.

Figur 37: Kravforskriften § 13-5. Kilde: lovdata.no

1.10.3.2 Bybanen AS – krav til operatør for bruk av Bybanens infrastruktur og kjøretøy

Bybanen AS stiller krav til operatøren som innehar anbudet og tillatelse for drift og trafikkstyring på Bybanens infrastruktur. Bybanen AS oppgir følgende liste til Havarikommisjonen over kravdokumenter:

- bestemmelser for sikker drift
- sikkerhetsoppfølgingsplan (SOP)
- RDI-BoStrab
- førerhåndbok Variobahn (utarbeidet av leverandøren)
- beskrivelse av Variobahn (vehicle description – utarbeidet av leverandøren)
- Authorized Tram Movements
- oppdragsgivers sikkerhetssystem
- krav til Bybanen AS' leverandører
- oversikt over programvarer som stilles til tilgjengelighet
- vedlikeholdsavtalen
- kvalitetsprofil for innvendig renhold
- overordnet systembeskrivelse
- sporplan over Bybanen fra sentrum til Flesland

1.10.3.3 Tide Buss og Bane – dokumentasjon

Tide Buss og Bane opplyser at alle dokumenter nødvendige for drift og framføring er digitalt tilgjengelige for førerne i et eget dokumenthåndteringssystem. Her publiseres for eksempel dokumenter som Bybanen AS forutsetter brukt i driften. Tilsvarende er dokumentene tilgjengelige for driftssentralen, for å kunne veilede og støtte førerne i drift og feilsituasjoner.

1.10.3.4 Tide Buss og Bane – risikovurderinger knyttet til kjøring

Tide Buss og Bane opplyser at selskapet i sin overordnede risikoanalyse fra 2022 ikke har vurdert sammenstøt med endebutt som en fare. For sammenstøt har situasjoner med andre kjøretøy eller påkjørsel av person vært identifisert og håndtert som risiko. Sentrale tiltak har derfor vært knyttet til kompetanse og opplæring.

1.10.3.5 Tide Buss og Bane – avvikshåndtering

I tillegg til feilrapporteringssystem for håndtering av feil på vognene har selskapet et eget avvikshåndteringssystem. Systemet tilrettelegger for innmelding av avvik, feil og mangler av alle slag knyttet til driften. Gjennom sikkerhetsundersøkelsen har Havarikommisjonen hørt ulike opplevelser av systemets effektivitet og tillit til prosessen for håndtering av avvik. Informasjon fra systemet benyttes i ledermøter og i statusmøter.

1.10.3.6 Tide Buss og Bane – opplæringsprogram

Tide Buss og Bane rekrutterer og utdanner bybaneførere i egen regi. Opplæringen er en blanding av teori, befaringer på kjøretøy og i infrastrukturen samt kjøretrening. Opplæringsplanen inkluderer utdanning til vognførere i klasse 1 og klasse 2. Vognførere som skal kjøre på hovedlinje med passasjerer skal ha utstedt vognførerkort for klasse 1, mens vognførere som kun har klasse 2 ikke kan ha med passasjerer. Det foreligger egne moduler for en rekke ulike tema, blant annet kjøreteknikk, vognkunnskap, kunnskap om infrastrukturen og samspillet mellom vogn og infrastruktur. Opplæringen gjennomføres over fem til seks uker. Opplæringsplanen viser et timebehov med minimum 196 timer og maksimalt 236 timer før sertifisering som bybanefører i klasse 1. I tillegg til dette forventer Tide Buss og Bane 100 timer selvstudium i den samme perioden.

Opplæringsinnhold	Antall timer	Vognfører klasse 1	Vognfører klasse 2
Teori (inkl. brann og førstehjelp)	75t	X	X
Teknisk kjøretrening	37,5t	X	X
Avvikstrening og enkeltsporet drift	37,5t	X	X
Teori prøve	3t	X	X
Praktisk prøve	3t	X	X
Øvelses kjøring i rutetrafikk med passasjerer (inkl. trinnvurdering)	Min 40t Maks 80t	X	---
Førerprøve	2t	X	---
Totalt antall timer		Minst – 196 timer Maks – 236 timer	156 timer

Figur 38: Oversikt over moduler i Tide Buss og Banes opplæringsplan for vognførere. Kilde: Tide Buss og Bane AS

Pensum i vognteknikk, bremsekunnskap og linjeføring og kjøredynamikk består av 206 lysark. Teoridelen av pensum gjennomføres på 10 dager, men på disse dagene er det også en egen dag om stressmestring, passasjerhåndtering og brann og førstehjelp. Teknisk kjøretrening og avvikstrening og kjøring med enkeltsporet drift gjennomføres også over 10 dager. Etter dette kan eleven sertifiseres som vognfører klasse 2.

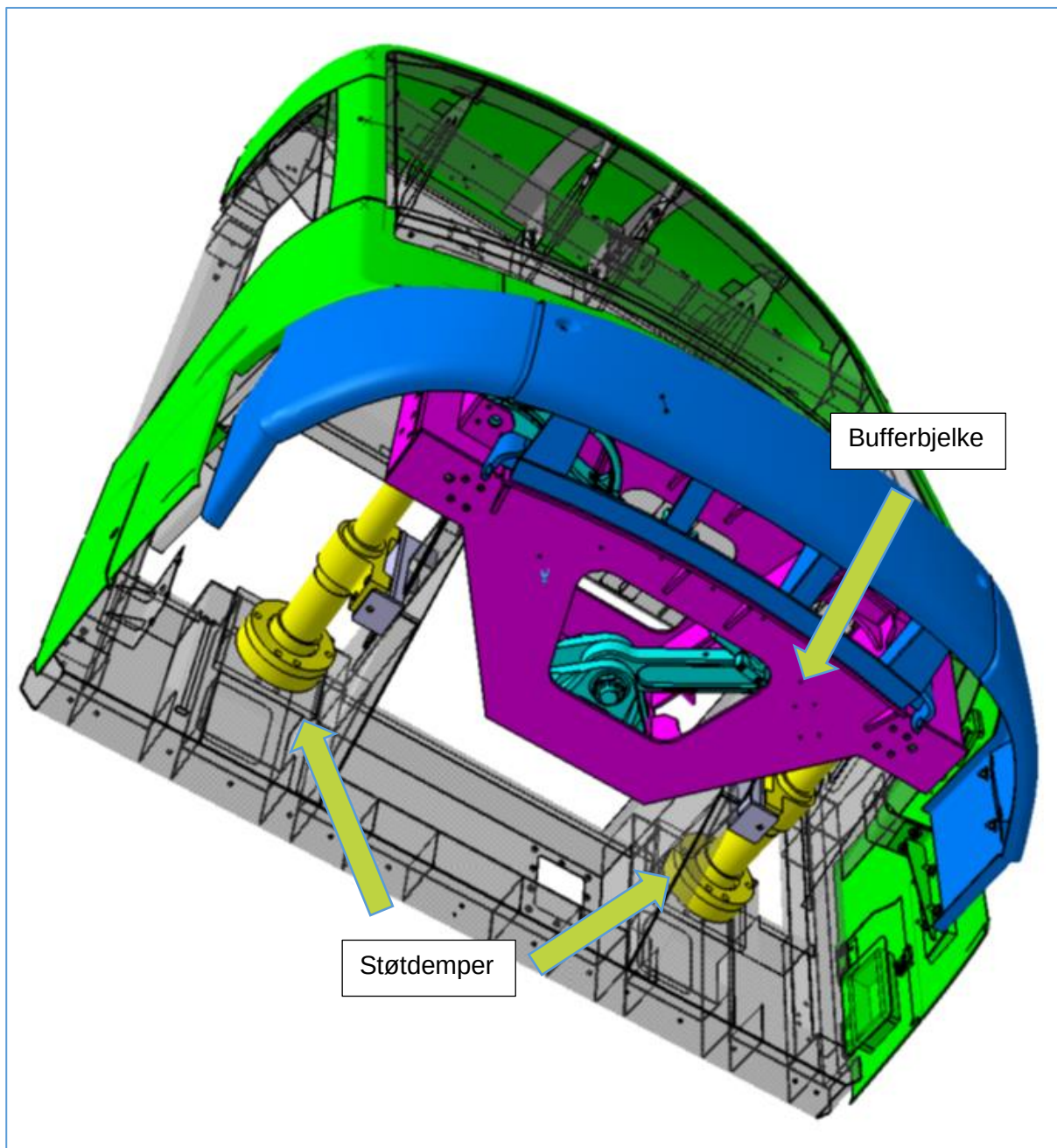
Etter avlagt prøve som fører i klasse 2 gjennomføres den siste praktiske delen med kjøring med kjørelærer i trafikk, der aspiranten kjører hele skift med passasjerer. Andelen øvingstimer benyttet varierer mellom minimum 40 og maksimum 80 timer.

Når kjørelærer anser aspiranten som klar til siste oppkjøring (førerprøve), blir den gjennomført som kjøring av del av et skift sammen med instruktør/sensor. Aspiranter som har bestått førerprøven blir gjennom dette sertifisert som vognfører klasse 1.

1.10.3.7 Variobahns kollisjonssikkerhetskonsept

Variobahns kollisjonssikkerhetskonsept er behandlet i leverandøren Stadlers dokument PE_1234580-SD.4014-4 v.00 datert 04.03.2016. Dette dokumentet beskriver at vognen skal tåle et sammenstøt med en annen stillestående og fastbremsset tilsvarende vogn i 4–5 km/t og med en stoppbukk i 2,5–3 km/t.

Vognen er utstyrt med en tverrgående avfjæret bufferbjelke. Avfjæringen består av to støtdempere med 150 mm slaglengde og disse skal til sammen tåle en kraft på 200 kN (figur 39).



Figur 39: Bufferbjelke og støtdempere. Kilde: Stadler AG, markeringer: SHK

1.11 Liknende hendelser

1.11.1 SAMMENSTØT MED ENDEBUTT I ALVIK, STOCKHOLM

7. april 2009 oppsto det et sammenstøt mellom en sporvogn og Nockebybanans endebutt i Alvik, Stockholm. Hendelsesforløpet blir i det daværende operatørselskapets rapport¹² beskrevet som svært likt ulykken i Fyllingsdalen. Hastigheten i kollisjonsøyeblikket var 15 km/t. I ulykken ble tre passasjerer skadet.

Undersøkelsen kunne ikke avklare noen endelig årsak til at vognen ikke stoppet i tide. Det ble ikke avdekket tekniske feil som kunne ha medvirket til at ulykken oppsto.

¹² Intern rapport fra daværende operatørselskap. SHK har tilgang til hele rapporten.

1.11.2 SAMMENSTØT MED ENDEBUTT I ENFIELD TOWN STATION, STORBRITANNIA

12. oktober 2021 oppsto en ulykke i Enfield Town station hvor et lokaltog traff endebutten i 12 km/t. Medvirkende årsak til ulykken opplyses i den britiske havarikommisjonens (RAIB) rapport¹³ til å være at føreren av ulike årsaker var rammet av fatigue. SHK vil presisere at forholdene knyttet til fatigue nevnt i den britiske rapporten ikke er relevante for ulykken i Fyllingsdalen.

SHK ønsker å løfte fram to elementer fra denne rapporten:

1. Endebuttens konstruksjon gjorde at skadene på tog og de reisende ble begrenset.
2. Observasjonene RAIB gjorde av «Buffer stop risk assesment».

I ulykken var toget tatt ned i hastighet av føreren. Toget og infrastrukturen var utrustet med overvåkingsutstyr som sørget for lav hastighet, men ikke overvåking av stopp før endebutten. Den aktuelle endebutten var av en eldre ikke-energiabsorberende type, men den løsnet delvis i sammenstøtet og vippet bakover. Dette bidro til å ta opp kreftene fra sammenstøtet og begrenset skadene på reisende og toget. Likevel ble det skader både på infrastruktur og toget, hvor toget ble løftet og kjørte delvis over bufferen.

RAIB viser i rapporten også til et sammenstøt ved New Cross station 10. april 2022. Her oppsto sammenstøtet i tilsvarende hastighet som ved Enfield Town. Imidlertid var denne endebutten av en mer moderne type, og var tilpasset toget. I denne ulykken ble energien tatt opp av endebutten på en kontrollert måte uten at den kollapset eller løftet toget fra skinnene. Toget kunne etter kontroll tas i bruk dagen etter. RAIB fremhever at dette viser fordelene ved en energiabsorberende endebutt som er designet til å være kompatibel med kjøretøyene.

RAIB har i rapportens kapittel om «Observasjoner» behandlet prosessen for risikovurdering av endebutter hos Network Rail. RAIB presiserer at dette ikke var en medvirkende faktor i ulykken, men etter SHKs vurdering løftes det fram læring som kan være interessant også ved norske forhold. I Storbritannia brukes standarden «Railway Industry Standard RIS-7016-INS Issue 1.2». Denne standarden krever bruk av en risikoanalysemetodikk (GIGN5633 Issue 1) utarbeidet av Railway Standards and Safety Board (RSSB). Modellen er i hovedsak kvantitativ og resultatet vises gjennom et forholdstall «fatalities and weighted injuries (FWI) per 100 years». Dette resultatet kan så settes opp mot jernbanevirksomhetenes akseptkriterier eller fastsatte terskelverdier for å vurdere tiltak. Metodikken har ingen egen terskelverdi for hva som er akseptabelt eller ikke, men det fremkommer at resultatet skal settes opp mot mulige tiltak. Eksempelene som blir gitt var tiltak som allerede var etablert på Enfield Town, eller svært kostbare tiltak som i realiteten kun kan vurderes ved større ombygginger eller nybygg.

¹³ [RAIB 13/22 Enfield Town station](#)

2. Analyse

2.1 Hendelsesforløp	34
2.2 Hvorfor stoppet ikke vognen som forutsatt?	34
2.3 Vitneforklaringer pekte på tekniske utfordringer med vognene	34
2.4 Manglende samspill mellom kjøretøy og infrastruktur førte til større skadeomfang.....	36
2.5 Risikoanalyser fokuserer på storulykke, men fanger ikke tilstrekkelig opp de mer sannsynlige hendelsene.....	37

2. Analyse

2.1 Hendelsesforløp

Tirsdag 28. mars 2023 kl. 1148 skjedde et sammenstøt mellom bybanevogn 228 og endebutten på Fyllingsdalen terminal i Bergen. Vognen traff endebutten i om lag 16 km/t. I sammenstøtet ble syv passasjerer skadet, og det oppsto store skader på vognen. Vognen var ment å stanse ved plattformen, men etter en normal fartsreduksjon fram til midten av plattformen ble det ikke bremsset ytterligere og vognen ble stanset av en kraftig betongkonstruksjon i enden av sporet.

2.2 Hvorfor stoppet ikke vognen som forutsatt?

Føreren av vogn 228 var relativt erfaren med 2,5 års ansiennitet. Vedkommende hadde kjørt på linje 2 siden åpningen. Som gjengitt i kap. 1.9.1, har føreren forklart at han forsøkte å bremse ved plattformen, men at bremsene på vognen ikke ga bremseeffekt på vanlig måte. Han beskrev også at han hadde hørt at vognens sandapparater var i funksjon.

Det har imidlertid ikke blitt funnet feil på vognens kjøre- og bremsefunksjoner under tekniske undersøkelser av vognen, verken ved kjøring til verkstedet etter ulykken eller på testene som ble utført på verkstedet. Det ble heller ikke funnet feil ved kontrolleren som føreren brukte til å øke eller redusere farten på vognen. Det ble ikke funnet sand under hjulene da Havarikommisjonen gjennomførte undersøkelser på ulykkesstedet.

Passasjerenes handlingsmønster og forklaringer peker på at situasjonen var normal fram til øyeblikket hvor bremsing til stopp skulle vært innledet.

Ferdsskriverutskriften (figur 17 og figur 22) viser at føreren brukte kontrolleren til å holde en jevn, svak bremsing av vognen inn mot plattformen. Det er ikke registrert noen økt bremseeffekt via kontrolleren, slik man ville ha sett ved en normal bremsing for stopp.

SHK konstaterer at det ikke er samsvar mellom førerens beskrivelse av hendelsesforløpet og de tekniske funnene som er gjengitt ovenfor. Havarikommisjonen har ikke ytterligere opplysninger å basere seg på som kan bidra til å forklare dette, og avstår derfor fra videre behandling av temaet.

2.3 Vitneforklaringer pekte på tekniske utfordringer med vognene

I tillegg til førerens uttalelser om at bremsene ikke fungerte i siste fase av innbremsingen til Fyllingsdalen terminal, har Havarikommisjonen hørt flere vognførere som har fortalt om bremsefeil og bremsesvikt på Variobahnvognene. Havarikommisjonens gjennomgang av innrapporterte feil og innrapporterte hendelser viste få eller ingen dokumenterte spor av slike tilfeller (kap. 1.7.7 og 1.9.3). Havarikommisjonen har heller ikke mottatt annen teknisk dokumentasjon på tilfeller av bremsesvikt på vognene. Gjennomgang av loggsystemer fra vognparken har heller ikke vist slike tilfeller.

Havarikommisjonen har gått gjennom relevante deler av diagnosesystemene i vognenes enkelte tekniske komponenter, og undersøkelsen av vogn 228s systemer i de siste sekundene før sammenstøtet viste ingen unormale signaler eller parametere i traksjonsutrustningen eller bremsestyringen. Forstyrrelsene i de fiberoptiske systemene (kap. 1.7.3) er forenlige med sammenstøtet og de belastningene og bevegelsene som oppsto i øyeblikket.

Videre ble Havarikommisjonen av flere førere opplyst om et stort antall tilfeller hvor manglende bremseeffekt førte til at vognene kjørte forbi holdeplassene, slik at fordøren havnet utenfor holdeplassen. Havarikommisjonens har undersøkt innrapportering og oppfølging av disse

hendelsene, men det ble ikke gjenfunnet slike hendelser i Tide Buss og Bane eller Bybanen AS' rapporteringssystemer.

Vitneforklaringene var likevel så tydelige at Havarikommisjonen valgte å undersøke kjørekontrollerene i tilfelle det ved ulykken kunne vært forsøkt gitt kommandoer som ikke ble oppfattet av vognens ulike styringssystemer. Undersøkelsen (1.7.5) viste ingen feil på de to kontrollerne. Kontrollerne har også en redundansfunksjon i det alle signaler går digitalt til vognbuss-systemene og analogt til de ulike styringsenhetene. Havarikommisjonens vurdering er at det kan utelukkes feil på kontrollerne som årsak til ulykken.

I undersøkelsen har SHK mottatt informasjon fra flere førere og deres representanter. Havarikommisjonens inntrykk er at det synes å være et gap mellom føreres forventning til variobahnvognerenes bremseeffekt, uavhengig av føreforhold, og hva som kan forventes av en sporvogn. Havarikommisjonen bemerker at dette forholdet ikke har blitt avdekket som en faktor i denne ulykken, men er et funn gjennom undersøkelsene av ulike årsaksforhold. Flere av rapportene og vitneuttalelsene Havarikommisjonen har mottatt, tyder på at vognenes automatikk delvis kamuflerer utfordrende føreforhold, men på et tidspunkt vil redusert adhesjon uunngåelig føre til bremseveiforlengelse. Variobahn sander automatisk og bremser også med skinnbremser for å forsøke å gi den retardasjonen fører ber om. I flere av opplysningene Havarikommisjonen har mottatt tyder beskrivelsene på at vognen automatisk har sandet så mye at kompressoren til slutt ikke har klart å gi tilstrekkelig med trykkluft til å sande, eller til å opprettholde funksjoner i luftfjæringen. Da legger vognene automatisk inn en hastighetsbegrensing og varsler fører gjennom diagnosesystemet. Dette er ingen kompressorfeil, men en følge av vognens konstruksjon, føreforhold og kjøreadferd. Det framstår for Havarikommisjonen som at flere førere vurderer at slike situasjoner hvor man får feilmeldinger med tilhørende redusert største tillatte hastighet, skyldes feil på bremsene, heller enn at føret var svært glatt.

Havarikommisjonen fremmet i Bane rapport 2015/05¹⁴ en tilråding som omhandlet bybaneførers opplæring og kompetanse:

Mandag 26. mai 2014 kolliderte en bybanevogn og en lastebil i krysset Kaigaten og Peter Motzfeldsgate i Bergen. Da lastebilen svingte, og måtte stoppe for fotgjengere, stod bakre del inn i sporet til Bybanen. Opplæringen av vognførerne har forbedringspotensial innen situasjonsforståelse av trafikkbildet.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Statens jernbanetilsyn å be Keolis Norge AS om å styrke opplæringen av bybaneførere med tanke på å observere, forstå, forutse og håndtere ulike trafikksituasjoner.

Tide Buss og Bane har presentert et omfattende opplæringsprogram for Havarikommisjonen. I pensum om vognkunnskap og samspill med infrastrukturen framstår det for SHK at relevante forhold blir presentert, selv om forhold knyttet til glatt føre og hvordan dette konkret kan påvirke vognene er omtalt på få sider. Likevel er det, etter Havarikommisjonens oppfatning, i sum godt beskrevet hvordan vognene og infrastrukturen er konstruert og fungerer sammen.

Havarikommisjonen er likevel kritisk til om instruktørene og elevene får tilstrekkelig tid til å komme gjennom pensum og oppnå læring. Det er mulig å rekke gjennom alle presentasjonene innenfor den oppsatte tiden, men SHK er tvilende til om det er en reell mulighet for instruktørene til å gjennomgå og gi tilstrekkelig rom for elevene til å reflektere over innholdet. Det er ingen krav til forkunnskaper for kurset, og mye av stoffet vil derfor være ukjent og uvant for de fleste elever. Tide Buss og Bane opplyser at det er forventet 100 timer selvstudium i forbindelse med kurset (kap. 1.10.3.6). Dette tilsvarer om lag 14 hele arbeidsdager og det er vanskelig for SHK å se hvordan

¹⁴ [Bane rapport 2015/05](#)

dette skal la seg gjennomføre i praksis, i en kursperiode på fem uker med allerede fulle arbeidsdager og alternering mellom dag- og nattarbeid.

Dette funnet er ikke direkte relatert til ulykken i Fyllingsdalen, men er et systemisk sikkerhetsproblem¹⁵ som ble identifisert gjennom undersøkelsen. Slike sikkerhetsproblemer er en karakteristikk ved organisasjonen eller systemet som organisasjonen har kontroll over, og ansvar for. Uten at slike systemiske sikkerhetsproblemer blir håndtert kan de påvirke sikkerheten i Tide Buss og Banes drift i framtiden. Ved å håndtere slike systemiske sikkerhetsproblemer er også muligheten for å forbedre sikkerheten størst.

Havarikommisjonen mener Tide Buss og Bane bør gjøre en kritisk gjennomgang av opplæringsplanen for førere av Variobahn slik at opplæringen blir tilpasset kompetansebehovet i omfang og lengde. I tillegg må det også sikres at elevene har mulighet til å oppnå tilstrekkelig forståelse av pensum. Havarikommisjonen fremmer derfor en sikkerhetstilråding om dette.

2.4 Manglende samspill mellom kjøretøy og infrastruktur førte til større skadeomfang

I sammenstøtet oppsto det store strukturelle skader på vognen. Endeholdeplassens endebutt av betong er svært kraftig og treffpunktet mellom vogn og endebutt vesentlig høyere enn plasseringen av vognens bufferbjelke. Dette bidro til at kreftene ble tatt opp på andre måter og andre steder enn det vognen var konstruert for. Den kraftige stoppbukken uten støtabsorbsjon eller annen mulighet for vognen til å ta ut energien mer gradvis, medførte også en kraftig retardasjon som fikk passasjerene til å falle og bli påført større skader enn om retardasjonen hadde skjedd mer gradvis. Hastigheten var 16 km/t i sammenstøtet. Dette hadde uansett medført skader på kjøretøyet (kap. 1.7.4) og også på passasjerene, men med en mer tilpasset løsning kunne skadeomfanget vært redusert. Tilsvarende vurdering og konklusjon framkom etter undersøkelsen av sammenstøtet i Alvik, Stockholm (kap. 1.11.1) I rapporten beskrives ulykken som svært lik hendelsesforløpet i Fyllingsdalen. Stoppbukkens utforming i Alvik var feil, sett opp mot vognens krasjkonsept. Stoppbukkens plassering i høyde og bredde gjorde at kreftene ikke ble tatt opp av stoppbukken, men i stedet medvirket til store skader på vognen. Undersøkelsens analysedel behandlet denne problemstillingen, og diskuterte faren for enda større skader om hastigheten hadde vært noe høyere. Rapporten opplyser videre at stoppbukkens utforming etter ulykken ble tatt opp med infrastrukturforvalter og stoppbukken ble senere bygget om.

Ulykker vil ofte medføre skader på mennesker, kjøretøy eller infrastruktur. I tillegg til arbeid som gjøres med å forebygge ulykker helt, er det derfor viktig å vurdere mulige tiltak og løsninger for å redusere skadevirkningene av en hendelse. Det kan være krevende å finne den optimale løsningen, spesielt der det er ulike hensyn eller farer som må vurderes opp mot hverandre. I ulykken i Fyllingsdalen medførte sammenstøtet med den svært kraftige stoppbukken flere personskader. Ulykkene den britiske havarikommisjonen RAIB undersøkte (kap. 1.11.2) viser en infrastruktur som ikke direkte kan sammenliknes med løsningene i et bybanesystem, men Havarikommisjonen mener likevel at erfaringene fra ulykkene hvor infrastrukturen muliggjør en mer gradvis retardasjon viser at dette kan bidra til å redusere omfanget av personskader.

¹⁵ [NSIA-metoden trinn 6](#)

2.5 Risikoanalyser fokuserer på storulykke, men fanger ikke tilstrekkelig opp de mer sannsynlige hendelsene

Da Bybanens byggetrinn 4 til Fyllingsdalen ble prosjektert framkom det i risikoanalyseprosessen fare for en storulykke ved endestoppet i Fyllingsdalen. Prosjektet benyttet store ressurser for å vurdere sannsynligheten og konsekvensene av et scenario hvor en Bybanevogn fortsatte utenfor brokanten og falt ned på Hjalmar Brantings vei. Risikoen ble vurdert så høy at tiltak måtte iverksettes for å forhindre dette. Tiltaket var i hovedsak den kraftige betongendebutten som ble etablert. Prosjektet fant det ikke mulig å etablere støtabsorberende buffer el. med bakgrunn i vognenes konstruksjon, og vurderte at støtinnretninger vanligvis bare etableres på jernbane.

Havarikommisjonens vurdering av analysen er at storulykkepotensialet overskygget mer sannsynlige hendelser og utfordringer. Bybanen hadde heller ikke hatt sammenstøt med en endebutt etter åpningen av systemet i 2010.

En risikoanalyse er en styrt og krevende prosess hvor hensikten er å forsøke å identifisere og håndtere farer før disse oppstår. Når en analyse vurderes i etterkant av en hendelse, er det derfor svært viktig å ha med i betraktningen at analysegruppen ikke nødvendigvis hadde all informasjon som er kjent etter at noe senere inntraff. Det er ikke unaturlig at potensielle storulykker får sterkt søkelys i slike prosesser. Likevel er det viktig å ikke miste andre, mer sannsynlige farer av syne, slik at disse ikke håndteres eller gis nødvendig oppmerksomhet og prioritet. RAIBs undersøkelse av ulykken i Enfield Town viste at risikoanalysemetodikken som ble brukt der, kanskje ikke ga et korrekt risikobilde. RAIB så i undersøkelsen på faktiske hendelser fra stasjonen og fant tre tidligere lignende hendelser i perioden 1893 til 2002. Ingen omkom eller ble alvorlig skadet i disse ulykkene. Slik metodikken ble der brukt, stilte derfor RAIB spørsmål ved om analysen ga et korrekt bilde av den faktiske risikoen på stasjonen. Metoden som var etablert og brukt, ga ingen veiledning i hvordan håndtere situasjoner hvor det er identifisert en fare, men hvor man ikke nådde opp til grensen for større endringer. Tilsvarende gjaldt situasjoner hvor de beste tiltakene vil være for kostbare sett mot nytteverdien. Et korrekt risikobilde kunne ha bidratt til å etablere andre måter å håndtere faren, eller tydeliggjøre at risikoen kan aksepteres.

Havarikommisjonen mener også, i likhet med RAIB, at det er viktig med et kritisk blikk på om den identifiserte storulykken virkelig er et realistisk scenario. Det kan være vanskelig å skille mellom farer som *kan* skje og farer som er *realistisk worst case*. Havarikommisjonen mener det er vanskelig å kritisere at faren for at en bybanevogn skulle fortsette ut over kanten, ble identifisert som en fare med stort potensiale. Samtidig hadde erfaringene vist at Bybanen ikke hadde hatt noen ulykker eller alvorlige tilløp med sammenstøt i endebutt. For at storulykkescenariet skulle bli en realitet ville det ikke være tilstrekkelig bare med et sammenstøt, men kraften måtte være så stor at vognen i sin helhet kom over kanten. Havarikommisjonen mener derfor dette er et godt eksempel på at ønsket om å forhindre en storulykke og sette inn tiltak for å forhindre dette, i realiteten bidrar til å øke skadepotensialet i mer sannsynlige hendelser.

Samtidig var det andre forhold Havarikommisjonen ikke kan se at var identifisert som mulige farer. Ett eksempel er forskjellen mellom Fyllingsdalen terminal og de andre endeholdeplassene. I Fyllingsdalen er holdeplassen plassert etter at vognen har kjørt fire minutter i full hastighet i tunnel, mens de andre holdeplassene ligger i et aktivt bymiljø eller har andre forhold som påvirker oppmerksomhet og hastighet. Det er i Fyllingsdalen «hindre» i form av planoverganger og et vekselområde, samt hastighetsreduksjoner mellom tunnelportalen og endeholdeplassen. Denne avviker likevel fra de øvrige endeholdeplassene som alle har en eller annen form for aktivitet i forkant av holdeplassen, eller har en vesentlig lenger overlappssone etter plattformens slutt. Et annet eksempel på fare som ikke var behandlet i analysen er muligheten for økt antall stående passasjerer siden Fyllingsdalen er endeholdeplass og hva dette eventuelt kan bety ved et sammenstøt.

Analysen som ble gjennomført av Bybanen Utbygging viste et scenario som likner mye på det som faktisk skjedde i ulykken. Da risikoanalysen ble benyttet som beslutningsstøtte, ble løsninger med støtabsorbering vurdert bort, mens valget falt på en svært kraftig endebuffer. Andre problemstillinger knyttet til løsningen, som at vognens treffpunkt ville være høyere enn vognens støtfanger, er ikke dokumentert analysert eller vurdert. Havarikommisjonen ønsker derfor å minne om viktigheten av den delen av prosjekteringen hvor risikoanalyse omsettes til beslutning om løsning. Kan valgt løsning bidra til andre farer? Vil også disse farene være innenfor akseptkriteriene i tilfelle disse opptrer hyppigere enn den største identifiserte faren? Spørsmålet blir derfor om en løsning mer lik øvrige endeholdeplasser ville bidratt til et noe mykere sammenstøt, samtidig som vognen ville blitt stoppet fra å fortsette over kanten? Eller om den kraftigste løsningen kunne vært etablert på kanten av broen og ikke tett ved der vognene stanset? Havarikommisjonen kan ikke se av dokumentasjonen at dette ble diskutert eller vurdert. Liknende hendelser som det som skjedde 28. mars 2023 kan skje igjen med andre førere.

Risikoanalysene ble gjennomført av Bybanen Utbygging, som hadde ansvaret for design, prosjektering og bygging av banen. Kun i varierende grad deltok Bybanen AS, som infrastrukturforvalter, eller Tide Buss og Bane, som operatør. Slik Havarikommisjonen forstår det var ikke disse utelatt fra høringer, men kapasiteten i organisasjonene begrenset mulighetene til å delta tidlig i prosessen. Bybanen AS deltok i flere risikoanalyser og innspillene ble hensyntatt i videre prosesser, men at Bybanen AS ikke anbefalte løsningen i Fyllingsdalen medførte ingen endringer i den endelige utformingen. Bybanen AS og Tide Buss og Bane var også delaktige i testingen av det ferdigbygde anlegget. Havarikommisjonen mener likevel dette er for sent for å kunne påvirke design og bygging. Det er lite trolig at innvendinger til valgte løsninger i kostbare prosjekter, kan føre til annet enn mindre justeringer. Det er derfor svært viktig at analysegrupper er riktig og bredt nok sammensatt i tidlige faser, og at nødvendig deltagelse gis prioritet. Særlig kan dette være aktuelt i problemstillinger der hvor det ikke er etablerte konkrete løsninger i det tekniske regelverket, men hvor det designes spesialløsninger i hvert enkelt tilfelle.

3. Konklusjon

3.1 Årsaker og medvirkende faktorer	40
3.2 Gjennomførte tiltak etter ulykken.....	40

3. Konklusjon

3.1 Årsaker og medvirkende faktorer

Tirsdag 28. mars 2023 kl. 1148 skjedde et sammenstøt mellom bybanevogn 228 og endebutten på Fyllingsdalen terminal i Bergen. Årsaken til ulykken var at vognen ikke ble stoppet ved plattformen som forutsatt.

En medvirkende faktor til ulykkens omfang var den kraftige retardasjonen som følge av endebuttens konstruksjon. Endebutten var konstruert slik for å avverge et identifisert storulykkepotensiale (kap. 1.10.2.3). Samtidig ble ikke påvirkningen denne konstruksjonen kunne ha på mer sannsynlige hendelser med lavere konsekvens vurdert.

Havarikommisjonens undersøkelse har vist at det er utfordringer knyttet til Tide Buss og Banes forventning om kompetanse hos førerne sett opp mot den tid som er tilgjengelig for opplæring. Havarikommisjonen fremmer en sikkerhetstilråding om dette.

3.2 Gjennomførte tiltak etter ulykken

3.2.1 TILTAK I TIDE BUSS OG BANE

- Gjennomgang og vurdering av etteropplæringen, revisjon av innholdet med særlig søkelys på vognteknikk.
- Fra sommeren 2023 har Tide Buss og Bane et fast innslag med sikkerhet under allmøter og sikkerhetsseminar der blant annet barrierer er i fokus. Hva er en barriere, forskjell på menneskelig og tekniske barrierer og konsekvenser av å manipulere eller overstyre en teknisk barriere.

3.2.2 TILTAK I BYBANEN AS

- Vurdering av alle endeholdeplasser for å vurdere likhetstrekk med hendelsen. Basert på denne vurderingen ble hastigheten satt ned til 15 km/t ved Fyllingsdalen for å sikre større grad av likheten til holdeplassene i sentrum.
- Underlag fra prosjekteringen gjennomgått på nytt for å verifisere konsistens mellom prosjektering og faktisk bygging.
- Bybanen AS vurderer fortløpende tilgjengelige førerassistansesystemer for fremtidig oppgradering.
- Bybanen AS vurdert behov for «dekorlys» i tunnelen for å markere slutten av tunnelen. Hypotesen er at dette kan bidra til å øke vognførers konsentrasjon og bevissthet mot slutten av tunnelen.
- Teknisk regelverk er endret med ny beskrivelse av utforming av endebutt. Endringen stiller også krav til RAMS-vurdering av sporstopper/endebutt.

4. Sikkerhetstilrådingar

4. Sikkerhetstilrådingar

Statens havarikommisjon fremmer én sikkerhetstilråding etter denne sikkerhetsundersøkelsen. Undersøkelserapporten 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. (jernbaneundersøkelsesforskriften) § 16.

Sikkerhetstilråding Bane nr. 2024/04T

28. mars 2023 skjedde en ulykke med personskader på Bybanens linje 2, da vogn 228 kjørte inn i endebutten på Fyllingsdalen terminal. Undersøkelsen har ikke påvist en klar årsakssammenheng mellom manglende opplæring i bruk av Variobahnvognene og den konkrete ulykken. Det er imidlertid avdekket et systemisk sikkerhetsproblem i organisasjonen når det gjelder manglende samsvar mellom omfang av opplæringspensum og tid tilgjengelig for gjennomføring. Dette kan ha bidratt til misforståelser om vognenes funksjonalitet og oppførsel under kjøring i forhold med lav adhesjon.

Statens havarikommisjon tilrår Statens jernbanetilsyn å be Tide Buss og Bane AS evaluere opplæringssystemet, og eventuelt foreta endringer, som sikrer at fremtidige elever når de oppsatte læremålene.

Statens havarikommisjon
Lillestrøm, 2. april 2024

Vedlegg

Vedlegg A Conclusion

Causes and contributing factors

On Tuesday 28 March 2023 at 1148 a collision occurred between the 228 light rail car and the buffer stop of the Fyllingsdalen terminal, Bergen. The immediate cause for the accident was that the light rail vehicle was not stopped at the platform as intended.

A contributing factor to the extent of the accident was the strong deceleration as a result of the construction of the buffer stop. The buffer stop was designed in this way to avert an identified potential major accident. At the same time, the impact this construction could have on more frequently events with lower possible consequences was not assessed.

The Norwegian Safety Investigation Authority's (NSIA) investigation has shown that there are challenges linked to Tide Buss and Bane's competence goals when training and certifying drivers, in relation to the time available for education.

The NSIA therefore submits one safety recommendation relating to a systemic safety problem related to driver training.

Actions reported as already taken or in progress relevant to this report

ACTIONS IN TIDE BUSS OG BANE AS:

- Review and assessment of post-training, revision of the content with particular attention to vehicle technology.
- From the summer of 2023 Tide Bus and Bane have a fixed element with certainty during all meetings and safety seminars where, among other things, barriers are in focus. What is a barrier, the difference between human and technical barriers and the consequences of manipulating or overriding a technical barrier.

ACTIONS IN BYBANEN AS:

- Assessment of all terminuses to assess similarities with the incident. Based on this assessment, the speed was reduced to 15 km/h at Fyllingsdalen terminus to ensure a greater degree of similarity to the terminus in the city centre.
- Documents from the design process reviewed again to verify consistency between design and actual construction.
- Bybanen AS continuously assesses available driver assistance systems for future upgrades.
- Bybanen AS considered the need for "decor lights" in the tunnel to mark the end of the tunnel. The hypothesis is that this can help increase the driver's concentration and awareness towards the end of the tunnel.
- Technical regulations have been amended with a new description of the design of buffer stops. The change also places requirements for RAMS assessment of track stops/buffer stops.

Vedlegg B Safety recommendations

The Norwegian Safety Investigation Authority proposes the following safety recommendation¹⁶:

Safety recommendation Bane nr. 2024/04T

On 28 March 2023, an accident with injuries occurred on Bergen light rail's line 2, when light rail vehicle 228 hit the buffer stop at Fyllingsdalen terminal. The investigation has not demonstrated a clear causal link between the lack of training in the use of the Variobahn light rail vehicles and the specific accident. However, a systemic safety problem has been uncovered in the organization in terms of a mismatch between the scope of the training curriculum and the time available for students learning. This may have contributed to misunderstandings about the vehicles functionality while driving in conditions with low adhesion.

The Norwegian Safety Investigation Authority recommends the Norwegian Railway Authority to ask Tide Buss og Bane AS to evaluate the training system, and if necessary, make changes, to ensure that future students reach the set learning goals.

¹⁶ 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.