

RAPPORT

JB 2013/02



RAPPORT OM TOGAVSPORING VED NYKIRKE STASJON, VESTFOLDBANEN, 15. FEBRUAR 2012 TOG 12926

 This report is also available in English

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

INNHALDSFORTEGNELSE

MELDING OM HAVARIET	2
SAMMENDRAG	2
SUMMARY	3
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	4
1.1 Hendelsesbeskrivelse	4
1.2 Ulykkesstedet	6
1.3 Varsling- og redningsinnsats	6
1.4 Skader	7
1.5 Hendelsesmiljø, involverte personer og kjøretøy	9
2. GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER	13
2.1 Undersøkelser – metoder og omfang	13
2.2 Tekniske undersøkelser på ulykkesstedet	13
2.3 Involverte aktører	16
2.4 Dokumentasjon operative forhold	19
2.5 Menneske – Teknikk – Organisasjon	21
2.6 Samtaler med involvert personell og vitner	22
2.7 Samsvar med gjeldende lover og forskrifter	23
2.8 Sikkerhets- og beredskapssystemer	23
2.9 Jernbaneinfrastrukturens tilstand og funksjon	30
2.10 Kjøretøyets tilstand og funksjon	34
2.11 Varsling, brann- og redningstjenesten	38
2.12 Overlevelsesaspekter	43
2.13 Andre opplysninger	47
3. ANALYSE	48
3.1 Kartlegging av hendelsesforløpet	48
3.2 Avviksanalyse	48
3.3 Tekniske og organisatoriske forhold	50
3.4 Barriereanalyse	51
3.5 Konsekvensvurdering	53
3.6 Varsling av ulykken og redningstjenesten	53
4. KONKLUSJON	56
5. PLANLAGTE OG UTFØRTE TILTAK	58
5.1 Gjennomførte tiltak	58
5.2 Planlagte, ikke gjennomførte tiltak	61
6. SIKKERHETSTILRÅDINGER	62
REFERANSER	63
VEDLEGG	64

Rapport om:	Avsporing ved Nykirke stasjon, Vestfoldbanen
Tognummer:	12926
Togdata:	Lengde 105,5 m, Totalvekt 218 t
Involvert kjøretøy:	Motorvognsett NSB Type 74
Registrering:	74 105 – 74 505
Eier:	Stadler Rail AG
Bruker:	NSB AS og Stadler Rail AG
Besetning:	Tre
Passasjerer:	To medarbeidere fra leverandør
Havaristed:	Vestfoldbanen, Nykirke stasjon mellom Skoppum og Holmestrand stasjoner ved km 92,14
Havaritidspunkt:	Onsdag 15.2.2012 kl. 10.30

MELDING OM HAVARIET

Havarikommisjonen mottok varsel om ulykken onsdag 15. februar 2012 ca. kl. 10.50. Tre havariinspektører reiste til ulykkesstedet. Gruppen ble senere på dagen forsterket med ytterligere to personer. Ulykkesstedet ble kartlagt gjennom bilder og foreløpige oppmålinger. Registreringsenhetene i togsettet ble sikret, og arbeidet med å lese ut disse ble påbegynt. Arbeidet fortsatte de påfølgende dagene.

NSB AS, Jernbaneverket, Statens jernbanetilsyn og Stadler Bussnang AG ble varslet om igangsatt undersøkelse i brev datert 17.2.2012. European Railway Agency (ERA) ble varslet den 18.2.2012 om igangsatt undersøkelse av ulykken.

SAMMENDRAG

Onsdag 15.2.2012 klokken 10.30 sporet nordgående tog 12926 av ved Nykirke stasjon på Vestfoldbanen. Toget var av NSB Type 74, som var under leveranse til NSB AS fra produsenten Stadler Bussnang AG i Sveits. Det var fem personer om bord i toget. En person ble alvorlig skadet, mens tre personer ble lettere skadet. Samtlige fem vogner i togsettet ble totalskadet.

Basert på havarikommisjonens undersøkelser regnes den utløsende faktoren til ulykken å være at toget hadde for høy hastighet på strekningen. Fører hadde oversett en varslet hastighetsreduksjon fra 130 km/t til 70 km/t, slik at bremsing ble innledet for sent. Havarikommisjonen har vurdert potensielle distraksjonskilder, men har ikke funnet noen som med sikkerhet kan knyttes til at fører overså skiltet.

I den nye førerforskriften er det innført nye krav til oppfølging og kontroll av personalets strekningskunnskap. Havarikommisjonen har forventninger til effekten av at kravene er endret. Det er derfor valgt ikke å fremme en sikkerhetstilråding knyttet til strekningskompetanse så tett etter en forskriftsendring.

NSB AS omorganisering i 2011 hadde ikke blitt implementert ut i de operative leddene i organisasjonen. Havarikommisjonen vurderer imidlertid at dette ikke innvirker på det endelige undersøkelsesresultatet.

Det meste av det norske jernbanenettet er ikke utstyrt med noen form for overvåkning av hastighet som kan forhindre at et tog kjører for fort i forhold til linjehastighet. I mangel på full hastighetsovervåking (FATC) mener havarikommisjonen at Jernbaneverket må se på muligheten for å sette inn tilstrekkelig barrierer for å forbygge slike jernbaneulykker, og Statens havarikommisjon for transport fremmer her en sikkerhetstilråding. Denne retter seg mot å kartlegge stedene der store hastighetsreduksjoner kan utgjøre en fare, og implementere barrierer som kan fange opp dette og forhindre at dette fører til en ulykke.

SUMMARY

The report will be translated into English and be available on www.aibn.no in February 2013.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

1.1 Hendelsesbeskrivelse

Onsdag 15.2.2012 klokken 10.30 sporet nordgående tog 12926 av ved Nykirke stasjon på Vestfoldbanen.



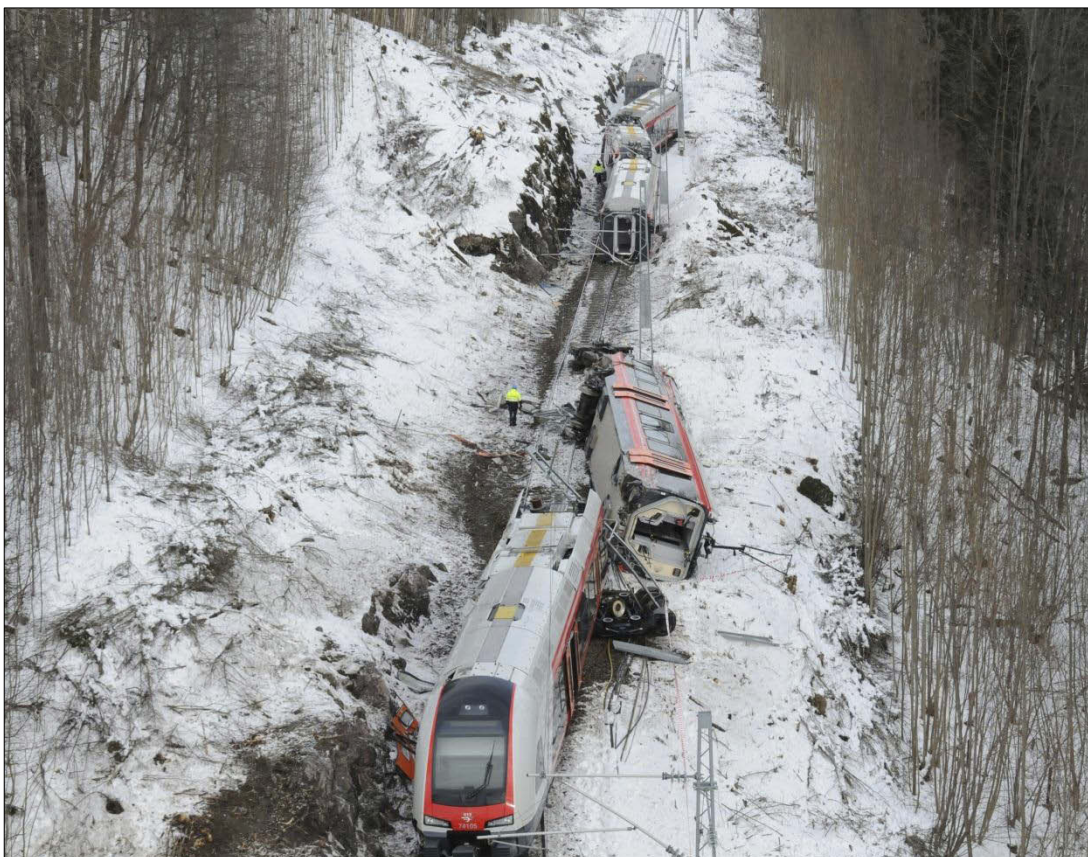
Figur 1: Oversiktskart med hendelsessted markert (www.norgeskart.no).

Det oppsto personskader og betydelige skader på togsettet og jernbaneinfrastrukturen. Toget var av NSB Type 74, som var under leveranse til NSB AS fra produsenten Stadler Bussnang AG i Sveits. Det foregikk kontinuerlig testkjøring av nye togsett som skulle overtas, og turen var en del av “burn-in-prosessen” for kjøretøyet der eventuelle tidlige feil og mangler kan avdekkes gjennom normal bruk over en viss periode. Dette ble kombinert med en funksjonstest av togsettets publikuminformasjonssystem (PIS-system). Det ble samtidig gitt brukserfaring på togsettet for personale som hadde fått opplæring og utsjekk på togtypen.

Det var fem personer om bord i toget. Fra NSB AS var det med to lokomotivledere (heretter forkortet til lokleder) og en togkontrollør. Den ene av lokleiderne hadde funksjonen som fører og hadde fremføringsansvaret for toget. Den andre lokleiderens oppgave var å være kontaktpunkt mellom NSB’s anskaffelsesprosjekt og toget, samt gi teknisk bistand ved eventuelle behov. Fra leverandøren Stadler Bussnang AG var det med én medarbeider. Det samme var det fra Stadlers underleverandør, Mitron, som leverer PIS-systemet. Togkontrollørens oppgave var å bistå ved testing av PIS-systemet.

Togets rute for dagen var opprinnelig Drammen – Skien – Drammen, men ble endret til Drammen – Larvik – Drammen grunnet arbeider i sporet mellom Larvik og Skien. Toget var på vei tilbake til Drammen da ulykken inntraff.

Togsettet ble delt i tre i ulykken. Da toget stoppet, var alle om bord ved bevissthet, men hadde skader av ulik alvorlighetsgrad.



Figur 2: Oversiktsbilde av ulykkesstedet. Vognen lengst bak i bildet tilhører bergingsenheten (foto: Politiet).

Togkontrolløren og personen fra Mitron befant seg i passasjerkupeen nærmest førerrommet. Sistnevnte pådro seg brist i ryggen, mens togkontrolløren kun fikk mindre skader. Lokleder var hardest skadd, og ble hjulpet inn i passasjerkupeene av fører og togkontrolløren. Togkontrolløren gikk deretter for å finne et av togsettets førstehjelpsskrin. På veien sjekket vedkommende tilstanden til personen fra Stadler Bussnang AG som hadde oppholdt seg i det kompakte konduktørrommet i fjerde vogn i toget. Selv om denne vognen veltet over på høyre side i kjøreretning, fikk vedkommende kun minimale skader, og kom seg ut av vognen ved egen hjelp.

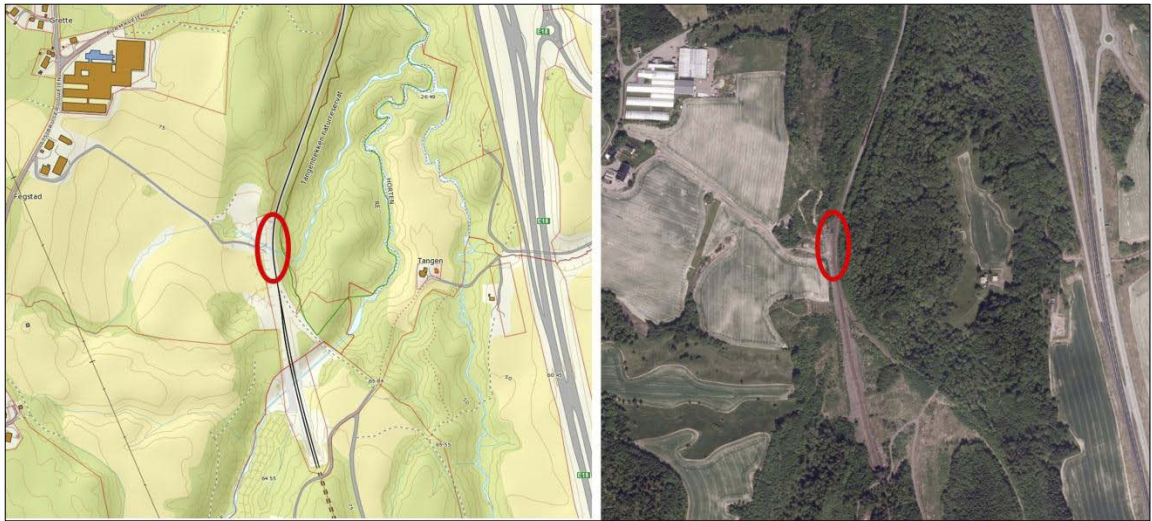
Føreren varslet først vaktleder hos NSB Driftoperative Senter (DROPS) om ulykken via sin private telefon, da togsettets egen togradio ikke lenger fungerte. På grunn av den harde medfarten togsettet hadde fått, var førerrommet og passasjerkupeene sterkt ramponert, og teknisk utstyr og hjelpemidler hadde blitt kastet rundt.

Politi og redningsetatene hadde problemer med å finne adkomsten til ulykkesstedet, da ulykkesstedet ligger utilgjengelig til. Nykirke stasjon er en kryssingsstasjon og ikke en stasjon i tradisjonell forstand med stasjonsbygning og plattform. En medarbeider ved Jernbaneverkets baneavdeling som var kjent i området meldte seg for toglelsen, og det ble da etablert kontakt mellom vedkommende og redningsetatene slik at de ble loset frem til ulykkesstedet. Fremme ved ulykkesstedet ble det foretatt strømutkobling og kontaktledningsanlegget ble jordet av brannvesenet.

For en mer detaljert beskrivelse av hendelsesforløp, varsling og redningsarbeid, se kapittel 3.

1.2 Ulykkesstedet

Nykirke stasjon ligger mellom Holmestrand og Skoppum stasjoner på Vestfoldbanen, og jernbanetraseen ved Nykirke er lagt om. Nåværende Nykirke stasjon ble tatt i bruk i 2002 og er en kryssingsstasjon som ikke er tilrettelagt for passasjerutveksling.



Figur 3: Avsporsingssted merket med rødt (www.norgeskart.no).

Toget gikk av sporet i et område med relativt skarpe kurver og strekningshastigheten er 70 km/t. Dette skjedde 50 – 100 meter etter stedet hvor strekningshastigheten reduseres fra 130 km/t til 70 km/t. Hastighetsreduksjonen er varslet med skilt som er plassert 1048 meter før stedet hvor hastighetsreduksjonen gjelder fra.

Avsporsingsstedet ligger i en høyrekurve i kjøreretningen, og det er flere fjellskjæringer på venstre side av sporet. Ellers er det et skogkledd område med flere jorder. For flere detaljer se kapittel 2.2.

1.3 Varsling- og redningsinnsats

1.3.1 Varsling

Togledelsen ble først varslet om ulykken kl. 10.31 ved at alarm for avsporsingsindikator løste ut for Nykirke stasjon. Denne viste at tog 12926 hadde sporet av ved km 92,0, nær sporveksel 1 på Nykirke stasjon. Det var ikke mulig for togledelsen å få kontakt med toget via togsettets togradio. DROPS ble kontaktet, og de bekreftet at de nettopp var blitt varslet av fører om at toget hadde sporet av. Togledelsen ringte 112 kl. 10.35, og kom da til Politiets operasjonssentral i Drammen. De satte over til operasjonssentralen i Vestfold politidistrikt. De hadde problemer med å komme igjennom til rett instans, og måtte gjenta oppringingen flere ganger. Se kapittel 2.11 for ytterligere detaljer.

1.3.2 Redningsinnsats

Da ulykken ble varslet rykket man ut med ambulanser, et Sea King redningshelikopter, luftambulans, brannvesen og politi. Det var problematisk å forklare nøyaktig hvor ulykken hadde skjedd siden stedet ikke ligger nær bebyggelse og veier. Dette førte til at nødetatene måtte ha hjelp av en medarbeider i Jernbaneverket for å vise dem til rett sted.

1.4 Skader

1.4.1 Personskader

Ved første vurdering på skadestedet anså man to av de fem ombord som alvorlig skadet, to lettere skadet og én uskadet. Dette ble senere justert til én alvorlig skadet og tre lettere skadet.

Tabell 1: Personskader på ulykkessted

Skader	Besetning:	Passasjerer*:	Andre:
Omkommet:	-	-	-
Alvorlig:	1	1	-
Lett:	2	-	-
Uskadet:	-	1	-
Totalt:	3	2	-

* Stadler Bussnang AG og Mitrons personale

1.4.2 Skader på involvert kjøretøy

Det involverte togsettet ble totalskadet i ulykken. Ingen av vognene kunne fraktes på bane, men måtte deles opp og transporteres bort ved hjelp av kran og lastebil.



Figur 4: Fronten av toget (foto: SHT).



Figur 5: Toget ble delt i tre (foto: SHT).



Figur 6: Siden av togets bakerste vogn (foto: SHT).



Figur 7: Veltet vogn (foto: SHT).

1.4.3 Skadebeskrivelse for jernbaneinfrastruktur

Jernbaneverket måtte bytte ut ca. 150 meter spor (300 meter med 49 kg skinne), ca. 350 fastclip sviller, ca. 500 meter med kabelkanaler, noen kilometer med signalkabler og to stk. kontaktledningsmaster. Kontaktledningen og noen av kablene ble vurdert som uskadet og kunne dermed brukes på nytt.

1.4.4 Andre skader

Havarikommisjonen kjenner ikke til andre skader i forbindelse med ulykken.

1.5 **Hendelsesmiljø, involverte personer og kjøretøy**

1.5.1 Personalet

Det var to lokledere med i toget, og som oppholdt seg i førerrommet. Begge hadde typegodkjenning som fører for NSB Type 74. Til havarikommisjonen har de entydig beskrevet at den ene hadde rollen som togets fører og hadde fremføringsansvaret, som ledd i en utvidet opplæring på togsettet. Den andre loklederen var utsjekket med utvidet opplæring på togtypen, og vedkommende skulle bistå føreren med teknisk bistand og veiledning ved eventuelle tekniske feil på togsettet. Se også kapittel 2.3.3 om NSBs organisering.

Tabell 2: NSB AS sitt personell om bord

NSB AS sitt personell om bord	
Fører	Utdannet lokomotivfører, men arbeider til daglig som lokomotivleder. Er 36 år og har 11 års erfaring. Turen var hans fjerde med NSB Type 74, og var et ledd i utvidet opplæring for å kunne yte brukerstøtte hos DROPS.
Lokomotivleder (forkortes lokleder videre i rapporten)	Utdannet lokomotivfører, men arbeider til daglig som lokomotivleder, er 56 år og har 39 års erfaring. Lokleder har vært med på testkjøring av både type 71 og type 73 (Flytoget og Signatur) i forbindelse med innfasing av disse togtypene. Vedkommende begynte i NSB type 74 prosjektet ved nyttår 2011/2012, og fungerer som kjøretøYTEknisk støttefunksjon. Han fikk opplæring på togsettet sommeren 2011, og kjørte deretter daglige testturer med togtypen.
Togkontrollør	Togkontrolløren er 33 år og har 9 års erfaring. Togkontrollør er overkonduktør og fungerer som instruktør for anskaffelsesprosjektet ved NSB AS` Kompetansesenter. Vedkommende har vært knyttet til anskaffelsesprosjektet for NSB Type 74 i ca. 1 år, og hadde vært med på ca. 10 testturer. Han hadde også vært mye om bord i togsettene og gjort seg kjent.

1.5.2 Annet personell involvert

Det var i tillegg til NSB AS sitt personell to andre om bord. Den ene var en elektromekaniker fra den polske avdelingen av Stadler Bussnang AG som deltok for å observere togets tekniske systemer og bistå ved eventuelle feil som kan oppstå i prøvekjøring av nytt kjøretøy. Vedkommende skulle også registrere eventuelle feilmeldinger, logge antall kjørte kilometer og kontakte Stadler dersom noe oppstod. Han skulle også re-starte toget dersom det ble nødvendig.

Den andre personen representerte det finske firmaet Mitron, som er en underleverandør av bl.a. publikumsinformasjonssystemet (PIS) til Stadler Bussnang AG. Oppgaven hans på turen var å teste ut PIS-systemet.

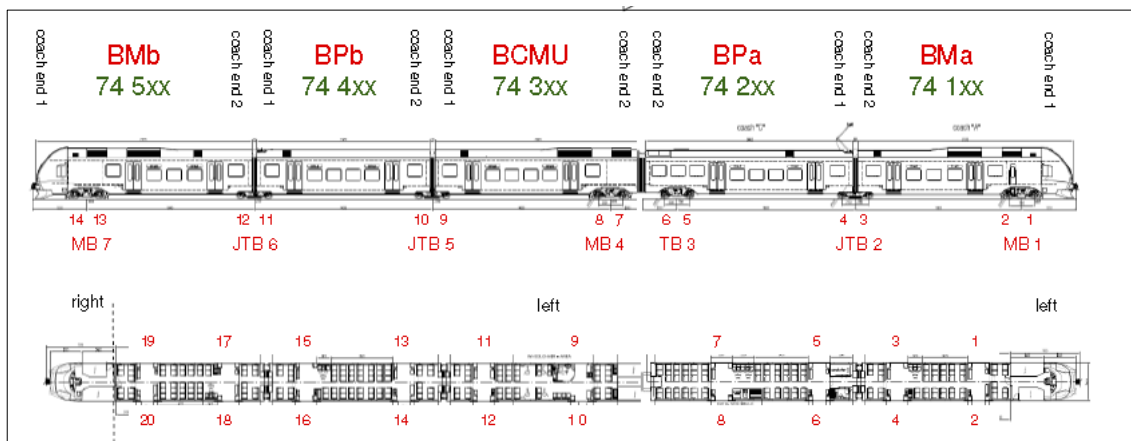
1.5.3 Involvert kjøretøy

Toget var av NSB Type 74 som var under leveranse til NSB AS fra det sveitsiske firmaet Stadler Bussnang AG (se kap. 2.3.4). Forhold rundt leveranse og prosjektorganisasjon hos NSB AS er beskrevet i kapittel 2.3.3.



Figur 8: NSB Type 74 (kilde: Stadler).

Det avsporede togsettet var et 5-vogns togsett, nr. 74.105-74.505. Det ble kjørt fra BMb 74 505. Totalvekt tom for NSB Type 74 er 218 tonn, og det måler 105,5 meter over kobbel. NSB Type 74 er utstyrt med 264 sitteplasser og 24 klappseter. Togtypen har 3 drivboggier, 1 løpeboggi og 3 Jacobs boggier (Figur 9).



Figur 9: Prinsippskisse av NSB Type 74 (kilde: NSB AS).

1.5.4 Jernbaneinfrastruktur

Jernbaneverket forvalter norsk jernbaneinfrastruktur som bl.a. dekker trasé, plattformer, broer, tunneler, planoverganger m.m. I mange sammenhenger benyttes kun det forkortede begrepet “infrastruktur”. Vestfoldbanen er elektrifisert og går fra Drammen til Skien. Den er en blanding av enkeltsporet og dobbeltsporet strekning, og på avsporsingsstedet er det enkeltsporet strekning. Ved avsporsingsstedet kobles Nykirke, som er en relativt ny og rett strekning, inn på den opprinnelige og langt mer kurverike traséen.

Vestfoldbanen har en dobbeltsporet parsell fra km. 60.98 Kobbervik stasjon til km. 76.75 Holm stasjon hvor største tillatte kjørehastighet er 200 km/t. Resten av banestrekningen er enkeltsporet med største tillatte kjørehastighet 130 km/t. På avsporsingsstedet går største tillatte kjørehastighet i nordgående retning fra 130 km/t til 70 km/t.

Skinnevekten på avspøringsstedet er 49 kg/m på fastclip betongsviller i pukkbullast. Avspøringsstedet ligger i en 250-meterskurve med største overhøyde på 141 mm. Inn mot avspøringsstedet i nordgående retning er det et fall på 10 ‰.

1.5.5 Trafikkledelse og signalsystem

Vestfoldbanen er fjernstyrt strekning, styrt fra Drammen togledersentral. Nykirke stasjon har sikringsanlegg type NSI-63 m/PLS (SattCon 200 levert av ABB). ATC-utrustningen på stasjonen/strekningen er delvis utrustet ATC (DATC). Sikringsanlegget er bygd for samtidig innkjøring i henhold til Jernbaneverkets tekniske regelverk *JD550, kap.6, avsnitt 2.2.1, alt. III*. For mer detaljert beskrivelse, se kapittel 2.9.

Trafikkledelse og signalsystem fungerte normalt. Det er ikke funnet indikasjoner på at feil ved infrastruktur medvirket til hendelsen.

1.5.6 Kommunikasjonssystemer

Kommunikasjonen mellom togledelsen og togpersonalet foregikk på togradio via GSM-R systemet i forbindelse med togfremføringen. I forbindelse med varslingen etter ulykken ble det benyttet privat mobiltelefon og togkontrollørens håndholdte togradio (OPH). Se ytterligere detaljer i kapitler om varsling (1.3.1 og 2.11), samt beskrivelse av de operative forhold i kapittel 2.4.

1.5.7 Pågående arbeider i eller ved sporet

Det pågikk ingen arbeider i eller ved sporet på strekningen som kunne påvirket hendelsen.

1.5.8 Værforhold

Formiddagen den 15. februar var det -1 °C, sol og vindstille. Video fra togets frontkamera viser at sikt til signaler og skilting var svært god. Verken værforhold eller førerrapport indikerer at det var glatte skinner som kunne gi dårlige bremseforhold.

2. GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER

2.1 Undersøkelser – metoder og omfang

Havarikommisjonens undersøkelse bygger på innsamlet faktainformasjon fra kjente, relevante forhold. Det omfatter blant annet samtaler med involvert personell og befaringer på ulykkesstedet. Havarikommisjonen har gjennomført samtaler med eksternt personale som var med på ulykken, med prosjektledelsen for anskaffelsesprosjektet i NSB AS og opplæringsansvarlige for togsettet. NSB Trafikksikkerhet, togprodusenten Stadler Bussnang AG og Jernbaneverket har også levert faktaopplysninger til bruk i undersøkelsen.

I tillegg er det utført følgende undersøkelser:

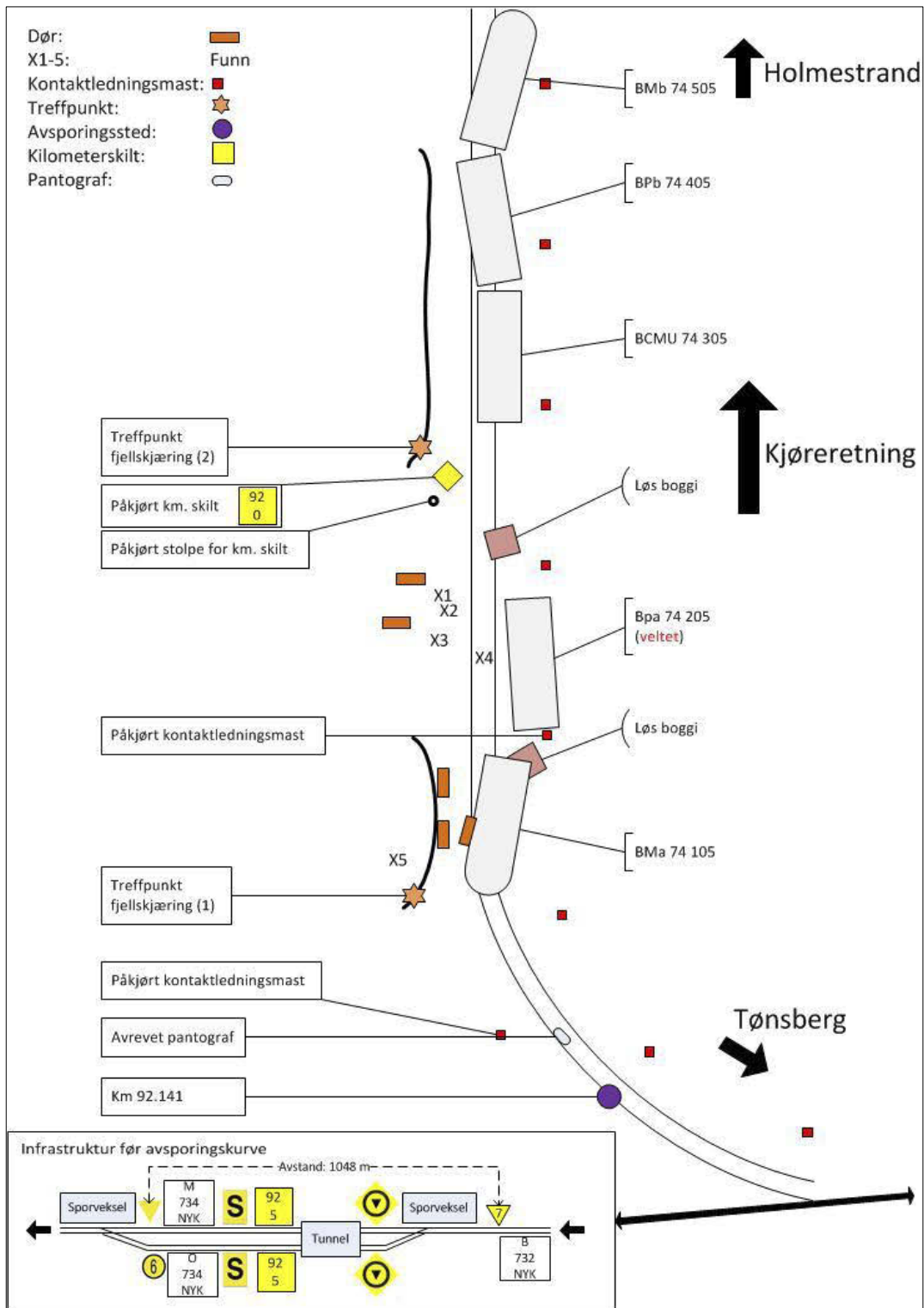
- Tekniske undersøkelser på ulykkesstedet (se kapittel 2.2)
- Vurdering av samsvar med lover og forskrifter (se kapittel 2.7)
- Sikkerhets- og beredskapsopplegg hos involverte aktører (se kapittel 2.8)
- Tilstand og funksjon til infrastruktur (se kapittel 2.9)
- Befaring på strekning med NSB Type 74 (se kapittel 2.9)
- Togsettets boggier ble undersøkt etter ulykken (se kapittel 2.10.1).
- Veltehastighet i forhold til togsettets tyngdepunkt (se kapittel 2.10.2)
- Teloc-undersøkelse (se kapittel 2.10.3)
- Frontkameraundersøkelse (se kapittel 2.10.3)
- Varsling, brann og redningstjeneste (se kapittel 2.11)
- Overlevelsesaspekt (se kapittel 2.12)

2.2 Tekniske undersøkelser på ulykkesstedet

Da havarikommisjonen ankom ulykkesstedet startet umiddelbart arbeidet med å kartlegge og dokumentere ulykkesstedet (se Figur 10). Vognenes posisjoner og deler som hadde løsnet i sammenstøtet er beskrevet i Figur 11.



Figur 10: Ulykkesstedet (foto: Politiet).



Figur 11: Skisse fra ulykkesstedet.

Ved en avsporing vil man normalt finne såkalte klatremerker på skinnene der hjulet har klatret opp på skinnehodet. På dette ulykkesstedet var merkene marginale, og kun på den venstre skinnen sett i fartsretningen (Figur 12). Allerede tidlig i undersøkelsene indikerte dette at togets hastighet hadde vært såpass høy at vekten fra hjulet mot skinnen ble minimal. Det at man kun fant merker på venstre skinne tydet på at toget hadde mistet kontakt med høyre, og var i ferd med å velte.



Figur 12: Avsporingsmerke kun på venstre skinnestreng (foto: SHT).

Sporet ble kontrollmålt av Jernbaneverket den 15. februar 2012 under påsyn av havarikommisjonen, men det ble ikke funnet feil. Målingen kontrollerte overhøydefeil og vindskjevhet på en 2 meters basis fra km 92,215 til 92,131. Målingen ble utført på ubelastet spor.

2.3 Involverte aktører

Dette kapitlet beskriver aktørene som er involvert i forbindelse med anskaffelsen av nye tog av typen NSB Type 74.



Figur 13: Aktører involvert i anskaffelsesprosessen.

2.3.1 Statens jernbanetilsyn

Statens jernbanetilsyn (SJT) er direkte underlagt Samferdselsdepartementet og er utøvende kontroll- og tilsynsmyndighet for jernbanevirksomheter, inkludert trikk og T-bane, i Norge. Jernbanetilsynet skal være en aktiv pådriver for sikker og hensiktsmessig

jernbane i tråd med overordnede målsetninger for samferdselspolitikken. Jernbanetilsynet har også ansvar for å utarbeide forskrifter, gi tillatelse til å ta i bruk rullende kjøretøy og infrastruktur, samt å utstede sikkerhetsgodkjenninger, lisenser og sikkerhets sertifikater.

I forhold til anskaffelsen av NSB Type 74 har Statens jernbanetilsyn behandlet NSB AS' ulike søknader relatert til bruk av kjøretøyet listet i Tabell 3.

Tabell 3: Søknadsprosessen for NSB Type 74 [kilde: SJT]

Søknadsprosessen
21.9.2010 – NSB AS søker om tillatelse til å ta i bruk motorvognsett type 74 for transport og prøvekjøring.
21.2.2011 – SJT gir tillatelse til transport for et motorvognsett type 74.
11.3.2011 – SJT gir tillatelse til å ta i bruk motorvognsett type 74 med EVN (kjøretøynummer) i følge vedlagt liste for transport og prøvekjøring. Tillatelsen gjaldt til og med 31.3.2012, eller til SJT erstattet den med en ny brukstillatelse.
18.5.2011 – SJT gir tillatelse til å ta i bruk motorvognsett type 74 for testkjøring med maksimal hastighet 210 km/t.
16.6.2011 – NSB AS søker om å ta i bruk motorvognsett type 74 for testkjøring med maksimal hastighet på 220 km/t.
5.8.2011 – SJT gir tillatelse til å ta i bruk motorvognsett type 74 med EVN (kjøretøynummer) i følge vedlagt liste for testkjøring på Gardermobanen med maksimalhastighet 220 km/t (200 km/t med 10 % pluss hastighet) under forutsetning at testkjøring ikke skjer i blandet trafikk. Tillatelsen gjaldt til og med 31.3.2012, eller til SJT erstattet den med en ny brukstillatelse.
12.12.2011 – NSB AS søker om tillatelse til å ta i bruk motorvognsett type 74 for testkjøring på Vestfoldbanen mellom Kobbervik og Holm, med maksimal hastighet på 220 km/t.
13.1.2012 – SJT gir tillatelse til å ta i bruk motorvognsett type 74 med EVN (kjøretøynummer) i følge vedlagt liste for testkjøring på Vestfoldbanen mellom Kobbervik og Holm. Tillatelsen gjaldt til og med 31.3.2012, eller til SJT erstattet den med en ny brukstillatelse.
21.3.2012 – Statens jernbanetilsyn gir tillatelse til å ta i bruk motorvognsett type 74 (kort region) med EVN (kjøretøynummer) ifølge vedlagt liste for transport og prøvekjøring. Tillatelsen gjelder til og med 30.5.2012 eller inntil Statens jernbanetilsyn erstatter den med en ny brukstillatelse.
23.4.2012 - Statens jernbanetilsyn gir tillatelse til å ta i bruk motorvognsett type 74 (kort region), med EVN (kjøretøynummer) ifølge vedlagt liste. Tillatelsen gjelder til og med 31.10.2012 eller inntil Statens jernbanetilsyn erstatter den med en ny ibruktakingstillatelse.
19.10.2012 - Statens jernbanetilsyn gir tillatelse til å ta i bruk motorvognsett type 74 (kort region), med EVN (kjøretøynummer) ifølge vedlagt liste datert 12.10.2012. Tillatelsen gjelder til og med 31.3.2013 eller inntil Statens jernbanetilsyn erstatter den med en ny ibruktakingstillatelse.

På avsporingstidspunktet var anskaffelsesprosjektet inne i sin siste fase, og forsinkelsen medførte at SJT forlenget testperioden til 30.5.2012. NSB Type 74 ble satt i ordinær rutetrafikk 2.5.2012.

2.3.2 Jernbaneverket

Jernbaneverket (JBV) er et statlig forvaltningsorgan som har ansvar for jernbaneinfrastrukturen med tilhørende anlegg og innretninger, drift av kjørevei og trafikkstyring. Jernbaneverket er direkte underlagt Samferdselsdepartementet.

Jernbaneverket har et systemansvar for samfunnstrygghet og beredskap knyttet til jernbanen i Norge og koordinerer arbeidet med togselskapene. Jernbaneverket har ansvaret for trafikkstyringen på det offentlige jernbanenettet og regulerer tilgangen til sporene gjennom en sportilgangsavtale med de enkelte jernbaneforetakene.

Før en ny togtype kan tas i bruk på det nasjonale jernbanenettet må denne tilfredsstillende en rekke krav som skal sikre at det nye kjøretøyet kan fungere sammen med eksisterende kjøretøy og infrastruktur. Jernbaneverkets tekniske regelverk JD590 (vedlegg 1.a, norsk) beskriver vurderte forhold i kompatibilitetsutredningen som Jernbaneverket utfører. Denne har som hensikt å evaluere teknisk kompatibilitet mellom togtypen og Jernbaneverkets tekniske installasjoner for å sikre at infrastrukturen fungerer som forutsatt og opprettholder akseptabel driftsøkonomi. Kompatibilitetserklæringen er basert på vurderinger av:

- Bruksbeskrivelse / generell spesifisering.
- Spor- og profil (unntatt strømvakt) – kompatibilitet og funksjonsevne.
- Strømforsyning – kompatibilitet og funksjonsevne.
- Signal- og togsikringssystem. Kompatibilitet og tilfredsstillende funksjonsevne.
- Teleinstallasjoner. Kompatibilitet og tilfredsstillende funksjonsevne.
- Avvikshåndtering. Tilrettelagt for redning / ekstraordinære situasjoner.
- Samspill med forutsetninger for trafikkstyring og strekningenes kapasitet.
- Miljøvern / annen påvirkning av omgivelser.

Under spor- og profilvurdering ser man ikke spesifikt på veltefare.

Underveis i prosjektets ulike stadier har Jernbaneverket utstedt en rekke midlertidige kompatibilitetserklæringer:

- 7.3.2011 – JBV gir midlertidig kompatibilitetserklæring for prøvekjøring.
- 11.5.2011 – JBV gir midlertidig kompatibilitetserklæring for prøvekjøring.
- 22.7.2011 – JBV gir midlertidig kompatibilitetserklæring for prøvekjøring.

Den 12.12.2011 søkte NSB AS Jernbaneverket om kompatibilitetserklæring for testkjøring. Basert på dette gav Jernbaneverket den 4.1.2012 midlertidig kompatibilitetserklæring til NSB Type 74 for testkjøring på Skoger- og Sandeparsellene. Erklæringen er basert på en vurdering av tilstrekkelig samsvar med kjøretøytekniske forutsetninger i strekningsanalyser for strekningene som tillates trafikkert, samt overholdelse av gitte fartsbegrensninger. Erklæringen dekket for øvrig en rekke strekninger, blant annet Drammen-Larvik-Nordagutu. Den midlertidige kompatibilitetserklæringen forutsatte at kjøring skjedde i henhold til testplan, og spesifiseringer og krav i JD590.

2.3.3 NSB AS

Persontogvirksomheten i NSB konsernet består av NSB AS, med datterselskapene NSB Gjøvikbanen AS og AB Svenska Tågkompaniet. Hovedkontoret ligger i Oslo.

NSB AS har etablert en prosjektorganisasjon som inviterte produsenter til å delta i tilbudsprosessen for nye togsett. Denne prosessen startet i august 2007 og kontrakt ble skrevet med Stadler Bussnang AG i september 2008. Endelig design av togsettene ble besluttet i desember 2009, og etter planen skulle NSB Type 74 settes i trafikk 29.3.2012.

Havarikommisjonen har fått opplyst at NSB AS gjennom prosjektet har hatt stabil og kontinuerlig bemanning, og at fagavdelinger, arbeidstakerorganisasjoner og bedriftshelsetjeneste har deltatt i prosjektet for å sikre en best mulig arbeidsplass for de ansatte.

Ressursene som er avgitt fra NSB AS til prosjektet har blitt fasett inn etter planer og ved behov, i samsvar med framdriften. Ved framføring av tog er det likevel NSBs respektive resultatenheter som står ansvarlig for førerressursen.

NSB gjennomførte en omorganisering som trådte i kraft i juni 2011. Hovedhensikten med dette var å etablere to resultatenheter (resultatenhet Øst og resultatenhet Riks). Operatørlisensen ble overført til NSB AS fra det som var NSB region Øst. I denne omorganiseringen ble også alt ansvar for lokomotivpersonalet flyttet til lokomotivlederne for den enkelte strekning. Dette gjorde også at noe ansvar ble flyttet fra DROPS (underlagt NSB Trafikk) til lokomotivlederne (underlagt NSB Øst og NSB Riks).

NSB AS Trafikksikkerhetsenhet har opplyst til havarikommisjonen at denne organisasjonsendringen ikke har blitt implementert helt ut i de operative delene av organisasjonen, og test og øvelseskjøringen med NSB Type 74 har foregått etter den tidligere organisasjonsmodellen. Det samme gjelder den utvidede opplæringen som har blitt gjennomført av lokleiderne ved DROPS. Konsekvensen av dette blir drøftet i analysedelen av rapporten.

2.3.4 Stadler Bussnang AG

Stadler Bussnang AG (<http://www.stadlerrail.com/>) som produserer NSB Type 74, av dem betegnet som FLIRT (Fast Light Innovative Regional Train) holder til i Sveits, der produksjonen av togene er lokalisert i Bussnang. I følge Stadler ble første kjøretøy av typen FLIRT levert i 2004 og pr. januar 2011 hadde de levert, eller har i bestilling, ca. 600 FLIRT-sett. Varianter av FLIRT blir levert til bl.a. Finland, Sveits, Ungarn, Tyskland, Polen, Italia, Østerrike, Frankrike og Algerie, men versjonen som skal brukes i Norge har vesentlige tilpassinger og endringer for å dekke norske behov. Stadler har gjennom hele prosjektet hatt en fast prosjektorganisasjon i Norge som har fulgt opp leveransen til NSB AS.

Stadler var på ulykkestidspunktet eier av togsettet som var under testkjøring, og hadde derfor en person om bord. I tillegg deltok en person fra Stadlers underleverandør av publikumsinformasjonssystemet, Mitron.

2.4 **Dokumentasjon operative forhold**

Dette kapitlet dekker forhold som forelå i den operative situasjonen ved framføring av toget på sin testtur.

2.4.1 Uttak av kjøretøy

På ulykkesdagen tok lokleideren fra prosjektet som avtalt uttakskontroll av togsettet på Sundland i Drammen. For denne turen hadde føreren fremmøte på Drammen stasjon, hvor vedkommende mottok ordren med togets rute. Ruten var fordelt i ruteordre TD - 747 som gjaldt for perioden 13. – 17. februar 2012.

Føreren var beordret til utvidet opplæring for å kunne yte kjøretøyteknisk støtte som lokleder, og kjøringen på testturen denne dagen inngikk i dette. Lokleideren hadde allerede gjennomført denne opplæringen og var med for å gi teknisk bistand ved behov.

Ved uttak av kjøretøy stilles største tillatte hastighet (STH) i togets ATC enhet i henhold til strekningen som skal kjøres. Når et tog skal kjøre en banestrekning med varierende

hastighetsklasser, skal ATC i henhold til JD 347 ATC-håndbok stilles inn på største tillatte hastighet for hele strekningen. For strekningen Larvik – Drammen er dette 200 km/t, selv om store deler av strekningen har lavere hastighetsklasse. På en strekning med forskjellige hastighetsklasser, anses det ikke som gunstig å måtte mate inn ny informasjon i ATC flere ganger.

Hensikten med denne innstillingen er at ATC, som første steg, vil gi et lys- og lydvarsel om hastigheten overstiger største innstilte hastighet (STH) med 5 km/t. Nykirke stasjon ligger på den delen av strekningen hvor største tillatte hastighet er 130 km/t. I dette tilfellet ville overhastigheten blitt fanget opp av ATC-systemet ved at balisene på Nykirke stasjon var kodet til 130 km/t, og dermed gitt et varsel ved 135 km/t. Dette er i følge JBV ikke ordinært, da balisene vanligvis er kodet vesentlig over 200 km/t.

2.4.2 Strekningkunnskap

Begge lokleiderne hadde godkjent strekningkunnskap for Vestfoldbanen. Fører har opplyst at vedkommende hadde kjørt strekningen flere ganger tidligere og regnet seg som tilstrekkelig kjent. Det var en stund siden vedkommende hadde kjørt strekningen sist. Lokleder hadde kjørt daglige testturer med NSB Type 74, blant annet på denne strekningen, siden sommeren 2011.

2.4.3 Organisering av test- og kjøretrening på denne turen

Framføringsansvaret var klart definert de to lokleiderne i mellom før tjenesten begynte, og fører hadde nødvendige godkjenninger for å fremføre toget. Testturen ble gjennomført i henhold til anskaffelsesprosjektets vanlige rutiner for denne typen kjøring. I følge NSB AS Trafikksikkerhet var derimot ikke dette i henhold til selskapets nye organisering og heller ikke henhold til den gjeldende dagsliste som definerte rollene. Førerrollen var i følge NSB AS Trafikksikkerhet heller ikke tilstrekkelig dokumentert og avklart hos vaktleder DROPS.

Planen for dagen var «Burn-in»/kilometerkjøring. Test av publikumsinformasjonsanlegget (PIS) ble gjort samtidig av effektivitetshensyn, men dette var ikke skriftlig dokumentert. PIS-testene skulle utføres ved å stoppe som normalt for inter-city togene mot Larvik, og kontrollere at annonsering og informasjonsskjermer ga korrekt informasjon. PIS-systemet fungerte ikke på denne turen, og da strekningen Larvik – Skien var stengt på grunn av arbeider med infrastrukturen, snudde toget i Larvik og returnerte til Drammen. Både fører og lokleder har i etterkant av hendelsen karakterisert turen som rolig uten forstyrrende elementer.

Lokleder satt i ekstrasetet i førerrommet da ulykken inntraff. Fra denne plassen i førerrommet er det ingen oversikt over infrastrukturen og hastighetsmåleren i førerbordet. Plasseringen til lokleideren er forenelig med at han ikke hadde fremføringsansvar og dermed ikke skulle følge med på togfremføringen.

På turen tilbake ble lokleder oppringt en gang på sin håndholdte togradio (OPH) (stod i følge lokleder på lydløs hele turen) av prosjektet med forespørsel om de kunne gjennomføre en funksjonstest av passasjernødbremsen. Det var behov for å verifisere faktisk funksjon i forhold til funksjonsbeskrivelsen. De gjennomførte tre tester av nødbremsen mellom Larvik og Stokke, ca. 30 minutter før avsporingen (se tidslinje i vedlegg C). Lokleder ringte tilbake til prosjektet og informerte om resultatet av testen. To av samtalene mellom toget og togledelsen ble foretatt av lokleder via togsettets togradio.

Dette gjaldt bl.a. en samtale om å klarlegge forventet kjøretid mellom Stokke og Tønsberg, og om de rakk tilbake dit uten å forsinke tog i ordinær rutetrafikk.

Togkontrolløren oppfattet egen rolle i toget som uklar ut over de definerte testoppgavene. Vedkommende utførte ansvarsoppgavene som beskrevet for funksjon ombordansvarlig, og ga signal ”klart for avgang” til føreren. I tillegg hadde togkontrolløren ansvar for det tekniske personellet fra Stadler og Mitron som var med i toget. Togkontrolløren sendte en e-post til Vaktleder DROPS etter avgang Drammen med en oversikt over hvilket eksternt personell som befant seg om bord i toget. Togkontrolløren fulgte også med på at uvedkommende ikke kom om bord i toget når dette stoppet på stasjoner og utgangsdørene var frigitt. Togkontrolløren skulle bidra med å teste PIS-systemet, men da dette ikke fungerte på denne turen, brukte han tiden til å teste andre funksjoner, blant annet SOS-telefonen i passasjerkupeene. Han hadde vært med på testturer tidligere, og var kjent med at Stadler var ansvarlig for den øvrige testingen og hadde sine egne testskjemaer. Eventuelle feil som personalet oppdaget ble meldt til et kontaktpunkt i anskaffelsesprosjektet, i tillegg til at feil ble meldt vaktleder DROPS som la dette inn i en feilmeldingsbase.

I konduktørrommet i vogn 4 har man mulighet til å koble seg til togets datasystemer og hente ut mye av den samme informasjon som vises hos fører. Stadlers representant satt derfor der og observerte togets funksjoner via sin PC uten å forstyrre i førerrommet. I følge vedkommende forløp turen helt normalt. Han hadde også kontakt med Mitrons representant, som flere ganger var innom for å se status på PIS-systemet.

2.5 Menneske – Teknikk – Organisasjon

Dette kapitlet tar for seg samspillet mellom menneske, teknikk og organisasjon.

2.5.1 Personalets arbeidstid og turnus

I forkant av denne hendelsen har personellet hatt normal tjeneste, innenfor gjeldende bestemmelser.

Tabell 4: Tjeneste for personalet (kilde: NSB AS)

Personell	Dato: 13.2.2012	Dato: 14.2.2012	Dato: 15.2.2012
Fører	Tjeneste: 08:00 – 15:30	Tjeneste: 08:00 – 15:30	Tjeneste: 06:55 – 15:00
Lokleder	Tjeneste: 06:31 – 14:55	Tjeneste: 06:12 – 13:57	Tjeneste: 06:55 – 15:00
Togkontrollør	Tjeneste: 07:30 – 16:30	Tjeneste: 07:30 – 16:30	Tjeneste: 07:30 – 15:00

2.5.2 Medisinske og personlige forhold

Involvert personale med sikkerhetstjeneste hadde gjennomgått helseundersøkelse i rett tid. Det var ikke gitt dispensasjoner eller forbehold av noe slag. Det er ikke avdekket andre forhold som har hatt betydning for hendelsen.

Imidlertid er det momenter ved at turen var en øvelsestur for å høste erfaringer til å kunne veilede andre førere, og at det var en mer erfaren lokleder med i førerrommet. Dette blir drøftet videre i analysedelen av rapporten, se kapittel 3.3.

2.5.3 Utforming av arbeidsplass og arbeidsutrustning

NSB AS har vært involvert i utforming av førerrom fra starten av prosjektet, og det anses derfor å representere «best practice». Betjeningsinnretninger, brytere og instrumenter er bl.a. plassert og gitt fargekoder ut fra hva som anses som best både ergonomisk og funksjonelt. Stadler opplyser at de løsningene som ble valgt på bakgrunn av denne medvirkningen stort sett samsvarer med standardene produsenten bruker på områdene.

Ekstrasettet i førerrommet er plassert slik at man verken ser instrumentene i førerbordet, signaler eller skilt langs linjen (se Figur 27). Dette medfører at i en opplæringssituasjon vil en instruktør stå ved siden av eleven. I dette tilfellet ble ekstrasettet benyttet for erfaringsutveksling mellom fører og lokleder.

Det har blitt vurdert om fører fikk unødvendig mye informasjon fra feilinformasjonssystemet i førerrommet under togturen. Undersøkelsen har vist at det ikke var noen særskilte forstyrrelser gjennom informasjonssystemet på denne turen.

Havarikommisjonen utførte i samarbeid med NSB AS en befaring på strekningen med samme togtype den 6.6.2012. Hensikten var å oppleve togets kjøreegenskaper, vurdere førers arbeidsplass og sikt til relevante signaler. Bilder fra denne befaringen er bl.a. vist i kapittel 2.9.2, samt i kapittel 2.12 om overlevelsesaspekter.

SHT har gjennom undersøkelsen fått inntrykk av at førerne anser NSB Type 74 som en togtype med meget gode løpeeegenskaper, og med svært god akselerasjon. Førerrommet fremholdes som komfortabelt, i tillegg til at togsettet er stillegående.

2.6 **Samtaler med involvert personell og vitner**

I forbindelse med ulykken har havarikommisjonen gjennomført samtaler med en rekke personer, både de som var direkte involvert og andre. Opplysningene gjengis ikke direkte, men brukes til å belyse problemstillinger og beskrive hendelsesforløpet.

I samtaler med havarikommisjonen beskriver de involverte i ulykken en situasjon som oppstod uten forvarsel og som de på forhånd så på som utenkelig med denne nye togtypen. Flere beskriver at nettopp robustheten til den nye togtypen kan ha betydd forskjellen i overlevelsesgrad. Den store hastighetsnedsettelsen blir også nevnt som en betydelig faktor for hendelsen.

Opgavene underveis ble endret for togkontrolløren da PIS-systemet ikke fungerte. Prosjektet forespurte om personalet kunne utføre test av nødbrems. Dette ble utført tre ganger på turen tilbake fra Larvik. De to representantene fra henholdsvis togleverandør og fra informasjonssystemleverandør hadde regulære oppgaver om bord, men ingen av disse hadde vært med på testturer som alenerepresentant for sin virksomhet tidligere. Begge opplyser at de var opptatt med pc-basert kontakt mot egne servere under turen, og var kun sporadisk i kontakt eller i samarbeid med de øvrige om bord.

Under varsling og redning ble situasjonene for de om bord noe forskjellig, relatert til skadeomfang. Togkontrollørens opptreden blir framhevet som betydningsfull av de øvrige personene om bord. Vedkommende tok rollen som skadestedsleder til redningsinstansene kom til ulykkesstedet. Han skaffet blant annet oversikt over de øvrige i toget, fant frem førstehjelpsutstyr og ga førstehjelp til de som hadde behov for dette.

Stedsangivelse viste seg å bli en utfordring under varslingen, og det har også framkommet idéer om at direktevarsling til nødetatene skulle vært en mulighet, for å spare tid.

2.7 Samsvar med gjeldende lover og forskrifter

Et element i en sikkerhetsundersøkelse er å kontrollere om de involverte parter aktiviteter avviker fra gjeldende lover og forskrifter, og i så fall hva årsaken er til et slikt manglende samsvar.

2.7.1 Lisens, sikkerhets sertifikat og sikkerhetsgodkjenning

Det overordnede regelverket for jernbanevirksomhet er gitt i jernbaneloven (lov 11. juni 1993 nr. 100) med tilhørende lover og forskrifter. I det følgende henvises det til paragrafer som er relevante for denne ulykken.

Den som vil drive kjørevei eller trafikkvirksomhet er underlagt: *Forskrift om jernbanevirksomhet mv. på det nasjonale jernbanenettet* (FOR 2010-12-10 nr. 1568 jernbaneforskriften). Forvalter av infrastruktur skal inneha sikkerhetsgodkjenning, og jernbaneforetak skal inneha lisens og sikkerhets sertifikat.

Både Jernbaneverket og NSB AS innehar nødvendige tillatelser.

I forskrift om varslings- og rapporteringsplikt i forbindelse med jernbaneulykker og jernbanehendelser (varslings- og rapporteringsforskriften, FOR 2006-03-31 nr 379) spesifiseres det for jernbaneulykke at:

“Personell i jernbanevirksomheten som blir involvert i jernbaneulykke, skal straks varsle nærmeste trafikkstyringsenhet, nærmeste politimyndighet eller Hovedredningsentralen om ulykken. Den som mottar varsel skal straks varsle de andre instansene som nevnt i første punktum, samt varsle undersøkelsesmyndigheten.

Varsel skal skje muntlig.”

Jernbaneverket har innarbeidet denne forskriften i sitt sikkerhetsstyringssystem ved blant annet å utarbeide en egen *“instruks for varsling av ulykke hendelse trusler sabotasje mistenkelig gjenstand”* (STY601061). Se mer om dette i kap. 2.8.2.3.

2.8 Sikkerhets- og beredskapssystemer

2.8.1 Krav til sikkerhetsstyring

Forskrift om sikkerhetsstyring for jernbanevirksomheter på det nasjonale jernbanenettet (FOR 2011-04-11 nr. 389, sikkerhetsstyringsforskriften) gir i kapittel 2 de overordnede krav til sikkerhetsstyring:

§ 2-1. Overordnet ansvar for sikkerhet

“Jernbanevirksomhetene har ansvaret for en sikker drift av sin del av jernbanesystemet og kontroll på risikoer der disse oppstår i jernbanesystemet. Jernbanevirksomheten har plikt til å iverksette nødvendig risikohåndtering, og der det er relevant, samarbeide med de øvrige virksomhetene i jernbanesystemet.”

§ 2-3. Enkeltfeilprinsippet og barrierer

“Virksomheten skal planlegges, organiseres og utføres med henblikk på at en enkeltfeil ikke skal føre til en jernbaneulykke.

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

2.8.2 Jernbaneverket – ansvarlig for infrastruktur og kjørevei

2.8.2.1 *Strekningsanalyser*

I følge Jernbaneverkets Sikkerhetshåndbok – Sikkerhetsstyring i Jernbaneverket gir strekningsanalysen en oversikt over risikoen på den enkelte strekningen. De historiske strekningsanalysene ble utført i perioden 1999-2001 og dokumenterer at den enkelte strekning er i akseptabelt risikoområde, det vil si i ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable).

De elektroniske strekningsanalysene gir en oversikt over risiko på det nasjonale nettet. Strekningsanalysene er basert på modeller, analyser av fagpersonell med lokalkunnskap og historiske data. Strekningsanalysene er knyttet til andre datasystemer som for eksempel Synergi og BaneData, og innhenter daglig informasjon fra disse. Strekningsanalysene dekker også andre aktørers aktiviteter. Strekningsanalysene er tilgjengelige på Jernbaneverkets intranett, BaneNettet. Andre typer risikoanalyser er tilgjengelige i risikoanalysearkivet og i prosjektspesifikke arkiver i ProArc.

Jernbaneverket har opplyst at faren for avsporing som følge av endret tyngdepunkt i materiell ikke fanges opp av strekningsanalysen, da denne ikke er ment å erstatte tradisjonelle risikovurderinger som er påkrevd ved gjennomføring av endringer. Tyngdepunktet som har vært utgangspunktet i tidligere stabilitetsberegninger ligger 20 – 30 cm lavere enn dagens kjøretøy (1,4 meter mot dagens 1,6-1,7 meter). Det har heller ikke vært fokus på store hastighetsnedsettelse og risikoen det medfører for kjøretøy som er i stand til å kjøre i høy hastighet.

2.8.2.2 *Kompetansekrav til Jernbaneverkets togledere*

I følge Jernbaneverket skal en togleder være utdannet togekspeditør, ha gjennomført toglederkurs og avlagt skriftlig toglederprøve. Etter ansettelse som togleder gis det opplæring på de respektive fjernstyringssystemer som skal betjenes og det avlegges en praktisk prøve på dette. Togleder må hvert tredje år avlegge en prøve i sikkerhetsbestemmelsene. Denne prøven må bestås for å få fornyet godkjenning.

2.8.2.3 *Varslingsinstruks hos Jernbaneverket*

I en ulykkessituasjon har togledelsen ansvar for å varsle nødetater om ulykken. Hvem som skal varsles er spesifisert i Jernbaneverkets *“instruks for varsling av ulykke hendelse trusler sabotasje mistenkelig gjenstand”* (STY601061), med tilhørende støttedokument *“mal for varsling”* spesifikt for hver togledersentral.

Instruksen spesifiserer innledningsvis at det ved en jernbaneulykke skal varsles i henhold til Varslings- og rapporteringsforskriften (FOR 2006-03-31 nr. 379):

- *Kontakte nærmeste trafikkstyringssentral*
- *Oppnås ikke kontakt eller man mangler nummeret, ring nødnummer 112 politi eller hovedredningssentralen Sør-Norge 51 51 70 00 eller Nord-Norge 75 55 90 00*

Senere i instruksjonen er ansvar og aktiviteter ved varsling beskrevet som følger:

Varsling.

Iverksetter varsling iht. togleders varslingsliste. Varsling skal prioriteres foran ordinær trafikkstyring.

Togleder skal varsle redningsetatene og eventuelt delegere videre varsling til Beredskapsvakt i Trafikkstyringssentralen.

Det presiseres at det kun er nødnumrene 110, 112 og 113 som skal benyttes (dvs. ikke lokale nummer til nødetatene).

Det er ikke klart om rekkefølgen nødetatene listes er en prioritert rekkefølge for varsling, eller om det er en ren opplisting.

I malen for varsling som utarbeides spesifikt for hver enkelt togledersentral, er varsling beskrevet for hver av Jernbaneverkets tophendelser (brann, sammenstøt tog-tog, personer i sporet etc.). Den sier følgende uten å spesifisere om en nødetat skal varsles før en annen:

- *På uoversiktlige strekninger og strekninger med vanskelig framkommelighet skal Hovedredningssentralen varsles.*
- *Kun nødnr.110, 112 og 113 skal brukes ved varsling.*

I tillegg opererer malen med en tabell som sier hvem som *skal* varsles for hver tophendelse, samt hvilke instanser som *vurderes* varslet i tillegg:

Mal for varslingsliste for xxx toglederområde

Hendelse/ sted:																						
Hendelsen er meldt av:	Dato:	Kl:											Varslet etter TH /H nr:									
<p>VURDERING AV MOTTATT MELDING OM JERNBANEULYKKE OG/ ELLER ALVORLIG JERNBANEHENDELSE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det skal tas høyde for "Verst mulig hendelse" og varsles i henhold til dette. • Dersom en tophendelse eller hendelse meldes inn og situasjonen er avklart og under kontroll og det ikke er personskade, kan omfang av varsling vurderes. • På uoversiktlige strekninger og strekninger med vanskelig framkommelighet skal Hovedredningssentralen varsles. • Kun nødnr. 110, 112 og 113 skal brukes ved varsling. <p>Hovedredningssentralen Sør-Norge Alarm 51 51 70 00 Hovedredningssentralen Nord-Norge Alarm 75 55 90 00</p>																						
<p>TH 1: SAMMENSTØT TOG-TOG TH 2: SAMMENSTØT TOG-OBJEKT TH 3: BRANN TH 4: PASSASJER SKADET PÅ PLATTFORM TH 5: PERSONER SKADET VED PLO TH 6: PERSONER SKADET I OG VED SPOR TH 7: AVSPORING H 8: Skifteuhell H 9: Tog savnet (etter 20 min. uten kontakt) H 10: Ikke planlagt tostopp og hvor evakuering kan bli et resultat. • Tog stoppet pga nedfall av kontaktledning. • Etter 15 min. skal det rekvireres trekk kraft, og umiddelbart i tunneler over 500m. H 11: Akutt forurensning. H 12: Trussel over telefon, Mistenkelig gjenstand/ person(er)</p>																						
Togleder varslar:		Telefonnummer	Varslet klokken	TH = Topphendelse, H = Hendelse. ■ = Skal varsles, . = Skal vurderes																		
Brann		110		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Politi		112		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ambulanse AMK		113		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figur 14: Utdrag av mal for varsling som benyttes ved togledersentralene (kilde: JBV).

I tabellen ser man at for en avsporing (topphendelse 7) er det opp til togledelsen å vurdere ut ifra hendelsens karakter hvilken nødetat som skal varsles først, da ingen av nødetatene har prioritet over de andre.

Jernbaneverket oversendte i 2011 kartkoordinater for hver hele kilometer langs Jernbaneverkets nett til Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB). Dette for at togledelsen da kan operere med jernbanens kilometerangivelse som referansepunkt vedrørende stedsangivelse ved varsling til redningsetatene hvorpå jernbanens kilometrering omformuleres til kartkoordinater. Pr. mai 2012 har DSB meldt tilbake at alle 110-sentralene (både i gammelt og nytt system) er tilbudt km- dataene. I følge DSB har de imidlertid ikke oversikt over hvor mange som faktisk har tatt dem i bruk siden dette er opp til sentralene selv å vurdere. Jernbaneverket har imidlertid presisert overfor DSB viktigheten av innleggelse av dette. I ettertid viser det seg at Vestviken brannvesen som var 110-instans for denne ulykken, har innarbeidet dette kartunderlaget og dermed var i stand til nøyaktig å plassere ulykkesstedet ut i fra kilometrering, noe politiet ikke kunne.

Rundt årsskiftet 2011/2012 fikk Jernbaneverket elektroniske kart som også er tilgjengelig for togledere. I følge Jernbaneverket oppleves ikke dette som et egnet verktøy i en varslings situasjon, og følgelig ble det ikke benyttet.

2.8.3 NSB AS

2.8.3.1 *Kompetansekrav til personalet om bord*

NSB AS` togpersonale er inne til årlig repetisjon og etteropplæring innen strømutkobling og jording av kontaktledningsanlegg. Hvert annet år er det trening og repetisjon av selskapenes interne prosedyrer, etteropplæring og prøve i sikkerhetsforskriften samt repetisjon i førstehjelp. Prøven i sikkerhetsforskriftene må bestå for å få fornyet godkjenning og autorisasjon.

Tabell 5: *Kompetansekrav til de ulike roller*

Rolle	Kompetansekrav
Fører	Førere skal ha gjennomført føreropplæring i henhold til Forskrift 7. februar 2005 nr. 113 om krav til kompetanse og autorisasjon for førere av trekkraftkjøretøy på det nasjonale jernbanenettet (Autorisasjonsforskriften). En fører skal ha typekurs på gjeldende kjøretøytype, ha nødvendig strekningskunnskap, ha opplæring i sitt trafikkselskaps interne prosedyrer, samt ha godkjent sikkerhetsprøve. Fører hadde alle nødvendige godkjenninger.
Lokomotivleder (lokleder)	En lokleders funksjon er å gjøre tilstandsvurderinger, gi teknisk brukerstøtte og kjøretøyteknisk opplæring på de forskjellige kjøretøytypene. En lokleder skal ha kompetanse i henhold til krav til leder i myndighetsmatrisen i NSB Persontog. Dette omfatter trafiksikkerhet innen kjøretøy og togfremføring / skifting, Synergi, kompetansestyring på operativt nivå og system for trafiksikkerhetsstyring. Vedkommende skal ha videregående utdanning eller relevant erfaring samt pedagogisk kompetanse. En lokleder skal ha lokomotivførerkompetanse med minst 3 års erfaring som selvstendig lokomotivfører. Når vedkommende er fremføringsansvarlig har han/hun funksjonstittel fører. Lokleder hadde alle de nødvendige godkjenninger.
Togkontrollør	Togkontrollør skal være utdannet overkonduktør og skal ha gjennomført opplæring i de generelle trafiksikkerhetsbestemmelsene og NSB AS interne prosedyrer, ha opplæring og godkjenning på gjeldende kjøretøytype og gjennomført NSB AS kurs i nødprosedyrer. Togkontrolløren i toget hadde alle nødvendige godkjenninger.

2.8.3.2 *Typekurs og utvidet opplæring*

Typekurset har som formål å lære førerne å betjene kjøretøyet til fordel for sikkerhet, kundetilfredshet, punktlighet og energieffektivitet. Typekurset på NSB Type 74 er på til sammen ti dager. Det er en kombinasjon av teori, praksis på togsett og bruk av simulator og vognmodell (“mock-up”). Åtte dager er teori og praksis, og to dager er øvelse kjøring.

Det utvidede kurset for lokledere er en detaljert opplæring på NSB Type 74. Det gis til lokledere ved DROPS som skal være støttefunksjon for førerne ute i driften. Kurset fulgte en tidligere kursmodell som ble benyttet i den gamle organisasjonsmodellen til NSB AS. Det var ikke utarbeidet en ny kursmodell for NSB Type 74 etter organisasjonsendringen i juni 2011.

Føreren hadde gjennomført typekurset på NSB Type 74 og fått utsjekk på togtypen i slutten av november 2011. Kjøreturen på ulykkesdagen var trening i forbindelse med den utvidede opplæringen føreren gjennomførte på togtypen.

Lokleder hadde gjennomført typekurset sommeren 2011, og kjørte deretter daglige testturer med togtypen. Vedkommende hadde gjennomført utvidet opplæring på NSB Type 74 sensommeren 2011.

2.8.3.3 Krav til førers strekningskunnskap

Krav til strekningskunnskap er beskrevet i NSB sitt styringssystem. To dokumenter er relevante i denne sammenhengen, hvorav det ene gir generelle krav til strekningskunnskap, mens det andre gjelder den spesifikke strekningen. Førstnevnte var på ulykkestidspunktet beskrevet i prosedyren “*Strekningskunnskap for togpersonalet i NSBs tog under togframføring og på stasjon*” [3]. Denne har i følge NSB AS til hensikt å sikre at togpersonalet har tilstrekkelig kunnskap om de lokale forhold på stasjoner og strekninger for å utføre sine arbeidsoppgaver som har betydning for trafikksikkerhet og kundesikkerhet. Tabell 6 gjengir kravene som ble stilt til fører vedrørende strekningskunnskap.

Tabell 6: Utdrag fra prosedyre vedrørende strekningskunnskap [3]

<p>Strekningskunnskap: Lokomotivfører skal kunne:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Driftsform • Hovedsignalers plasseringer på stasjoner og på linjen • Stasjon / holdeplass: togets plassering ved plattform og andre forhold som påvirker sikkerheten • Tunnel med spesielle tiltak • Fall som påvirker bremselengder • Bruke strekningsbok for gjeldene strekning som oppslagsverk <p>Lokomotivfører skal kjenne til:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Øvrige signaler på strekningen • Stigning / fall som påvirker økonomisk kjøring • Andre spesielle forhold bestemt av regionen <p>Lokal kunnskap: Lokomotivfører skal kunne:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stasjonens signaloppbygging som har betydning for kjøring av skift på stasjonen • Spesielle dvergsignaler hvor passering i ”stopp” medfører konflikt med togvei • Gangveier til og fra hensatt materiell • Plass for hensetting og varmeposter (ekstern tilkobling)
--

Som grunnlag for gjennomgang av de spesifikke strekningene har NSB utarbeidet egne dokumenter som beskriver lokale forhold. Strekningen Skien-Drammen var på ulykkestidspunktet beskrevet i “*Strekningskompetanse Regiontog Skien – Drammen*”[4]. De lokale forhold som gjaldt for Nykirke, og linjen mellom Nykirke og Holmestrand, er vist i Tabell 7. Den store hastighetsnedsettelsen med påfølgende kurve er ikke nevnt, men det er etter havarikommisjonens forståelse heller ikke praksis å ha med slike opplysninger i disse beskrivelsene.

Tabell 7: Utdrag fra beskrivelse av strekning [4]

Nykirke	<ul style="list-style-type: none"> • Stasjonen har samtidig innkjøring. (Samtidig innkjøring krever virksom (ATC på begge tog.) • Det står plassert dvergsignaler som en del av signalanlegget. • Dvergsignaler forkorter innkjørtogveien. • Det er satt opp signal 66 togvei slutt ved dvergsignalene.
Linjen mellom Nykirke og Holmestrand	<ul style="list-style-type: none"> • Fare for snøras

Strekningkunnskap er vanskelig å måle, og har i svært liten grad vært testet og kontrollert. I praksis måtte førerne, i samråd med sin leder, avgjøre om de var tilstrekkelig kjent på den enkelte strekning. Dette er nå skjerpet ved innføring av nye krav i Førerforskriften (*FOR 2009-11-27 nr. 1414: Forskrift om sertifisering av førere av trekkraftkjøretøy på det nasjonale jernbanenettet*) av 29.10.2011 med virkning fra 19.7.2012 (utdrag gjengitt i Tabell 8). De nye kravene er vurdert i kap. 3.2.

Tabell 8: Utdrag av nye krav i Førerforskriften

§ 18. Krav til opplæring for sertifikat

Førere skal gjennomgå opplæring og bestå en prøve som viser deres spesifikke yrkeskompetanse. Opplæringen må minst omfatte målene for opplæring knyttet til rullende materiell i vedlegg V og infrastruktur i vedlegg VI. Førere av trekkraftkjøretøy på strekninger der infrastrukturforvalters arbeidsspråk er et annet enn førerens hjemspråk må oppfylle språkkravene i vedlegg VI. Videre skal førere få opplæring i de relevante deler av virksomhetens sikkerhetsstyringssystem.

Opplæringsoppgaver og evaluering av kunnskap knyttet til infrastruktur, herunder strekningskunnskap og driftsregler, skal utføres av personer eller organer som er akkreditert eller godkjent av den EØS-staten der infrastrukturen befinner seg.

§ 19. Periodisk prøving

Førere skal gjennomføre periodisk opplæring og prøving knyttet til kravene i § 17 og § 18.

Jernbanevirksomhetene skal i sitt sikkerhetsstyringssystem fastsette hyppigheten av de periodiske prøvene som skal avholdes etter første ledd. Dette skal omfatte alle førere som er tilknyttet virksomheten. Disse prøvene skal minst avholdes:

- a) For språkkunnskaper: Hvert tredje år eller etter mer enn ett års fravær.
- b) For kunnskaper om infrastrukturen: Hvert tredje år eller etter mer enn ett års fravær på strekningen.
- c) For kunnskaper om rullende materiell: Hvert tredje år.

For hver av disse prøvene skal jernbanevirksomheten bekrefte ved en erklæring på sertifikatet og i sertifikatregisteret at føreren har bestått.

2.8.3.4 Rutiner for test- og øvelseskjøring

Operatørlisensen / fremføringsansvaret for testkjøringen lå hos NSB AS. Testturer med NSB Type 74 hadde blitt kjørt regelmessig siden vinteren 2011. Det var et krav at fører skulle være utsjekket på kjøretøyet. Førerne søkte om å være med i prosjektet og ble i stor grad valgt ut på basis av erfaring og tidligere deltakelse i testing av nye kjøretøy.

I denne fasen av prosjektet opererte NSB AS ikke med testplaner som fører skulle gjøre seg kjent med i forkant.

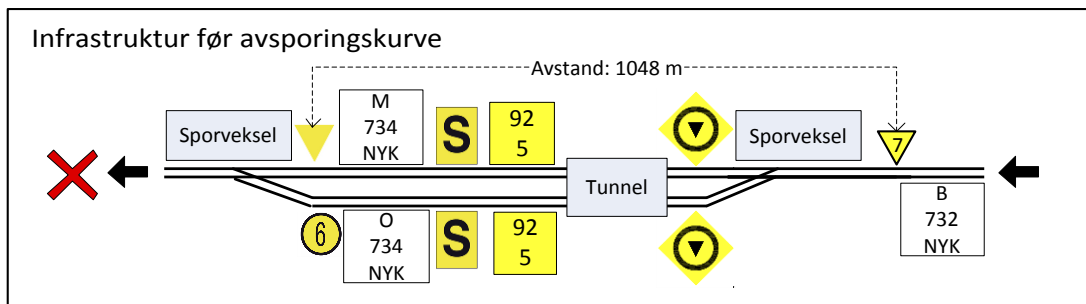
Anskaffelsesprosjektet bestemte hvilke tester som skulle gjennomføres i henhold til sitt testprogram. Fører fikk normalt beskjed enten via personell ombord i toget eller pr. telefon om hvilke tester som skulle utføres.

Det foregikk kontinuerlig testkjøring av nye togsett som skulle overtas, og turen var en del av "burn-in-prosessen" for kjøretøyet der eventuelle tidlige feil og mangler kan avdekkes gjennom normal bruk over en viss periode. Dette ble kombinert med en funksjonstest av togsettets publikuminformasjonsystem (PIS-system). Det ble samtidig gitt brukserfaring på togsettet for personale som hadde fått opplæring og utsjekk på togtypen.

Etter ulykken valgte NSB AS selv å stanse testkjøringen med NSB Type 74 inntil tekniske feil ved kjøretøyet var utelukket. Testkjøringen startet opp igjen 19.3.2012.

2.9 Jernbaneinfrastrukturens tilstand og funksjon

Figur 15 viser en skisse av infrastrukturelementenes plassering i forkant av ulykkesstedet.



Figur 15: Skisse av infrastruktur på stedet.

2.9.1 DATC/FATC

Framføring av tog baserer seg på romblokkprinsippet. Det vil si at trafikkstyring skal drives på en måte som sikrer at et tog ikke kjører inn på en strekning (blokkstrekning) eller et spor der det befinner seg kjøretøy. Dette sikres enten ved at det utveksles togmeldinger mellom togekspeditørene for blokkstrekningen mellom de betjente stasjonene, eller gjennom sikringsanlegg på stasjonene, linjeblokk mellom stasjonene og fjernstyring.

Etter Tretten-ulykken i 1975 ble det bestemt å innføre en barriere som hindret sammenstøt tog mot tog på åpen linje. Det arbeidet resulterte i at det på begynnelsen av 80-tallet ble innført automatisk togstopp (ATS). Dette ble senere endret til automatisk togkontroll (ATC), det som nå kalles delvis utrustet ATC (DATC). I forskrift fra 2005 ble det et krav om full ATC (FATC) ved vesentlige endringer av eksisterende infrastruktur, samt ved bygging av nye traseer. Forskjellen mellom full eller delvis utrustet ATC ligger i overvåkingsnivået. DATC overvåker passering av signal i stopp, kjørehastighet i innkjørtogveien på stasjonene og togets største hastighet (STH) gitt av togsammensetningen og hastighet for togets rute innstilt i togsettets ATC. FATC gir i tillegg kontinuerlig hastighetsovervåkning. I Norge er kun 10 % av jernbanenettet utstyrt med FATC. Til sammenlikning har Sverige FATC på alle sine strekninger, noe de har hatt siden ca. 1980.

Nykirke stasjon ligger mellom Holmestrand og Skoppum stasjoner på Vestfoldbanen. Banestrekningen ved Nykirke stasjon har delvis utrustet ATC (DATC). Stasjonen ble tatt i bruk 11.6.2002, dvs. før kravet om FATC trådte i kraft. På Vestfoldbanen er kun strekningen Skoger - Holm ferdig utrustet med FATC. Vestfoldbanen er for tiden under ombygging slik at flere av de kurverike delstrekningene vil erstattes med ny trasé av bedre kvalitet. Parsellen Holm-Nykirke som vil erstatte kurven på ulykkesstedet og knytte seg til Nykirke kryssingsspor er forventet ferdigstilt i 2015.

Verken førere eller Jernbaneverket ønsker såkalte "øyer" med FATC der strekningen veksler hyppig mellom DATC og FATC. Dette kan føles forvirrende for føreren, som kan forledes til å tro at han/hun er på en FATC strekning mens det i virkeligheten kun er DATC. Ved bygging av helt nye traseer for kjørehastigheter over 130 km/t utstyres derimot disse med FATC. Jernbaneverket har utarbeidet for eksisterende DATC strekninger en prioriteringsplan for hvilke av disse som skal bygges ut med FATC utover de helt nye strekningene som bygges. Vestfoldbanen ved Nykirke ligger på 17. plass på

denne listen, av totalt ca. 30 strekninger, da det iht. utbyggingsplan skal bygges nytt dobbeltspor. Eventuell komplettering av DATC strekninger avhenger av Jernbaneverkets vurdering av sikkerhetsgevinsten for den enkelte strekning fordi det skal bygges nytt dobbeltspor innen rimelig tid (jfr. plan Vestfoldbanen).

ERTMS står for European Rail Traffic Management System og er et system som legger til rette for europeiske samtrafikk. Regjeringen har vedtatt at ERTMS skal innføres i Norge [2], og systemet består av to deler: GSM-R (allerede bygget ut i Norge) og ETCS - European Train Control System (ikke bygget ut i Norge). Med ERTMS vil bl.a. hastighet overvåkes kontinuerlig, og bremses settes automatisk på ved behov. Planer pr. i dag er at ERTMS skal installeres på teststrekningen Østre linje i Østfold med oppstart i 2015. Jernbaneverket vil bruke strekningen til å samle erfaring før det bestemmes hvilke andre strekninger som skal bygges ut med ERTMS. Rullende materiell må ha installert ERTMS-utrustning ombord før det kan settes i drift på en ERTMS-strekning.

Utbyggingen og usikkerheten rundt ERTMS får den konsekvens at det er lite sannsynlig med storstilt utbygging av FATC fremover, siden man må sikre at nye installasjoner er kompatible med ERTMS.

2.9.2 Hastighetssignaler

Hastighetsendringer angis i forkant med Jernbaneverkets signal 68 A (Figur 16) eller 68 B. Signalene plasseres slik at det er tilstrekkelig tid til nedbremsing, og hastigheten gjelder fra et gitt punkt skiltet med markeringsmerke (signal 68 D, se Figur 17). Som skissen i Figur 15 viser, stod skiltet for hastighetsnedsettelse 1048 meter før markeringsmerket.



Figur 16: Signal 68 A «Nedsatt kjørehastighet» (eksempelet viser 30 og 35 km/t) (kilde: JBV).



Figur 17: Signal 68D «Markeringsmerke» for hastighetsnedsettelse (kilde: JBV).

I forskrift om togframføring på det nasjonale jernbanenettet (togframføringsforskriften, III signalskilt m.m. § 9-42, Hastighetssignaler, pkt. 4) står det at hastigheten for kjøring ut fra en stasjon skal angis med hastighetssignal i utkjørtogveien. Hensikt med dette er hovedsakelig å minne fører på hvilken hastighet toget skal opp i etter et stopp på en stasjon. Signalet ville derfor vært av typen 68B «Økt hastighet», dvs. gul trekant med sort kant og spissen opp, vist med tallet 7 som betyr 70 km/t. Dette signalet manglet i A-enden av Nykirke stasjon der avsporingen skjedde.

På befaring 6.6.2012 ble strekningen filmet fra førers perspektiv. Figur 18 og Figur 19 viser hastighetssignalet som ble oversett, samt markeringsmerke for hastighetsnedsettelse på stedet.



Figur 18: Hastighetssignalet for 70 km/t (foto: SHT).



Figur 19: Markeringsmerke for hastighetsnedsettelse (foto: SHT).

Markeringsmerket for stedet der angitt hastighetsreduksjon gjelder fra var korrekt plassert, men er ikke ment å være tilstrekkelig for å varsle fører om nedbremsing dersom denne ikke allerede er innledet.

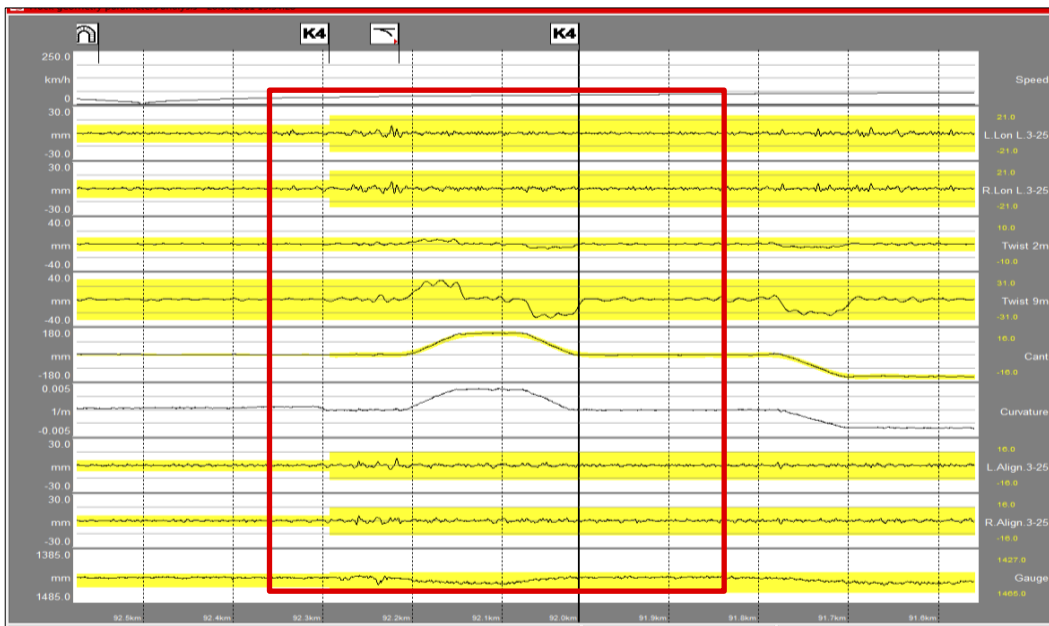
Havarikommisjonen fant også at den personen som sitter på ekstrasetet i førerrommet ikke har mulighet til å se og følge skilting langs toglinja eller førerbordets instrumenter, grunnet setets plassering.

2.9.2.1 *Hastighetsnedtrapping*

Hastigheten på stedet gikk fra 130 km/t til 70 km/t inn i en kurve. Tilsvarende store hastighetsreduksjoner i forbindelse med kurver finnes i følge Jernbaneverket på ca. 30 andre steder i det norske jernbanenettet. Mange av disse krever at kjøretøyet har et forholdsvis høyt tyngdepunkt før det er fare for velting. I etterkant av hendelsen har Jernbaneverket bestemt seg for å vurdere disse stedene og enten dobbeltskilte eller foreta hastighetsnedtrapping over to hastighetsavsnitt. Se mer detaljer rundt dette i kapittel 5.1.2 om Jernbaneverkets tiltak.

2.9.3 Sporet og underbygning

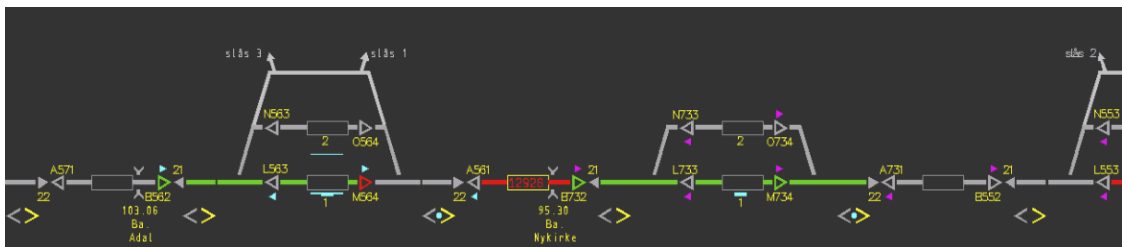
Undersøkelse har ikke avdekket tekniske feil eller mangler ved sporet eller underbygningen som anses å ha innvirket på ulykken. Jernbaneverket hadde 26.10.2011 utført spormåling på stedet med målevogn, og denne viste ingen feil ved avspøringsstedet (se Figur 20). Området som er angitt med gult, representerer kravet. Ingen steder er utenfor kravene. Området i rødt dekker avspøringsstedet og går fra km. 91.830 til km. 92,350.



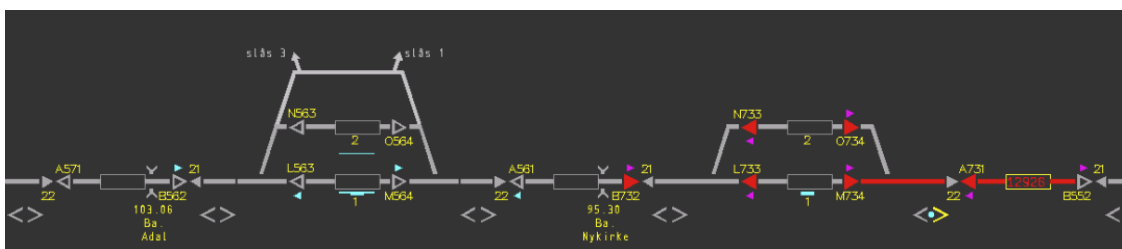
Figur 20: Spordiagram fra analyseverktøyet som benyttes i målevognskjøring (kilde: JBV).

2.9.4 Trafikkleddelse og signalsystemer

Vestfoldbanen styres fra Drammen togledersentral. Fjernstyringssystemet er av type VICOS, med SattCon 200 som understasjoner. SattCon 200 har grensesnitt mot stasjonenes sikringsanlegg og styrer disse ved hjelp av ordre fra sentralen, samt indikeringer mot sentralen. Ordre og indikeringer (se Figur 21 og Figur 22) overføres via modem til driftssentralen i Drammen. Sikringsanlegget ble tatt i bruk 11. juni 2002, og Jernbaneverket bygde anlegget i egen regi. Anlegget, type NSI 63, har grensesnitt mot relinjeblokkene retning mot Skoppum og Holmestrand stasjoner.



Figur 21: Viser indikeringen av toget (rød strek) like før det kjører inn på Nykirke stasjon (kilde: JBV).



Figur 22: Viser indikeringen i togledersentralen da det avsporede toget hadde kuttet kablene (kilde: JBV).

Alle generiske arbeidsrutiner var gjennomført på stasjonen og tilliggende strekninger. Generiske arbeidsrutiner er kontroll og vedlikehold av signalanlegg. De skal sørge for å oppfylle sikringsanleggenes funksjonalitet, med hensyn til sikkerhet og driftstilstand. Her

blir elektriske og mekaniske komponenter testet, kontrollmålt, og skiftet i henhold til tidsbestemte intervaller, beskrevet i Jernbaneverkets tekniske regelverk for signalanlegg.

En gjennomgang av logger etter ulykken viste at både signalsystem og fjernstyring fungerte som normalt og ikke innvirket på hendelsesforløpet. Replay (avspilling) fra CTC-logg viste at det oppstod mange feilindikeringer og alarmer for Nykirke stasjon. Blant annet ble avspøringsindikatoren utløst fordi toget kuttet kabler til infrastrukturen. Disse ligger i en kabelkanal langs sporet. Feilindikeringene som oppstod varslet umiddelbart togledelsen om ulykken.

2.9.5 Kommunikasjonsutrustning

Kommunikasjonen mellom fører og togledelsen foregår på togradio via GSM-R systemet. Dette har fungert etter forutsetningen i forkant av ulykke. Etter ulykken var skadene på førerrommet og resten av togsettet så omfattende at det integrerte GSM-R systemet ikke fungerte. Fører hadde ikke med seg sin håndholdte togradio (OPH) og varslet derfor ulykken fra sin private mobiltelefon.

2.10 **Kjøretøyets tilstand og funksjon**

Dette kapitlet tar for seg tekniske undersøkelser av det kjøretøyet som var involvert.

2.10.1 Tekniske undersøkelser av boggier

Undersøkelsen ble utført som en visuell inspeksjon av boggiene etter at disse var flyttet fra havaristedet og plassert på gulvplanet i hall E på Sundland verkstedområde. Inspeksjon av boggiene foregikk den 23. og 24. februar 2012 og ble utført av havarikommisjonen. Inspeksjonsrapport er gjengitt i Vedlegg A.



Figur 23: Førrende boggi (foto: SHT).

Inspeksjonen ble utført uten å demontere komponenter. Tilstanden på boggiene ble dokumentert med bilder, og det ble ført protokoll over observerte skader. Hjulprofilene for hjulene i boggi betegnet MB7 (første boggi i togets fartsretning) ble besluttet oppmålt. Hjulprofilene på de øvrige boggiene ble under besiktigelsene den 23. og 24. februar vurdert visuelt til ikke å avvike signifikant fra profilene for MB7.

Oppmåling av hjulprofilene i boggi MB7 (akselposisjon 14 og 13) ble foretatt av en representant fra Stadler.

Både de enkelte skadene og det samlede skadebildet ble vurdert med tanke på å avgjøre om de observerte skadene var følgeskader eller ikke.

Ved gjennomgang og vurdering av skadene på boggiene ble det ikke funnet skader eller feil som kan antas å ha vært til stede før avsporingen. Alle de observerte skadene kan forklares som en følge av togets bevegelser etter avsporingen, eller som følge av demontering og transport av boggiene fra ulykkesstedet til verkstedet Sundland.

Det er knyttet noen begrensninger og usikkerhet til undersøkelsene. Når det gjelder drivakslene, hindrer drevkasse, elastiske koplinger og kraftoverføring inspeksjon av hele akselen. Eventuelle initiale feil i disse ville imidlertid gitt andre observerbare feil og slike ble ikke funnet. For noen av de observerbare skadene kan det ikke med sikkerhet avgjøres om skaden skyldes avsporingen eller den senere demonteringen av boggiene og transporten til verkstedet.

2.10.2 Velteberegninger

For å undersøke togtypens stabilitet sammenlignet med andre togtyper er det gjort stabilitetsberegninger for NSB Type 74. I dette kapitlet gjengis resultater fra velteberegninger utført av NSB AS, samt toleransegrenser for spor utført av Jernbaneverket.

Veltefare kan uttrykkes som en momentbetraktning om det ytre hjul hvor følgende parametere inngår:

- v - hastighet i m/s
- g – tyngdens akselerasjon m/s^2
- R – kurveradius i m
- p_c – tyngdepunktshøyde målt fra skinnetopp til kjøretøyets tyngdepunkt
- s – sporvidde i m
- h – overhøyde i m

Laveste hastighet hvor velting kan forekomme kan dermed beregnes etter følgende formel:

$$v \geq \sqrt{\frac{R}{p_c} * g \left(\frac{s}{2} + \frac{h}{s} * p_c \right)}$$

2.10.2.1 *Jernbaneverkets beregning av veltefare på ulykkesstedet*

Jernbaneverket har ansvar for å verifisere at nytt kjøretøy tiltenkt det norske jernbanenettet tilfredsstillende krav som stilles for å benytte infrastrukturen. Velteberegninger er ikke en del av denne verifiseringen.

Jernbaneverket har ut ifra egenskaper ved sporet på det aktuelle punktet beregnet kritisk veltehastighet for kjøretøy med ulikt tyngdepunkt (se Tabell 9). Det er viktig å presisere at beregningene er generelle, og *ikke* utført med utgangspunkt i et spesifikt kjøretøy. Beregningen viser det laveste tyngdepunkt H (gitt i mm) en vogn kan ha og likevel velte i en kurve med radius 250 meter med en gitt hastighet.

Gitte parametere:

- Overhøyden h er 135 mm
- Radien R er 250 m
- Sporvidde s er 1500 mm

Tabell 9: Velte hastighet som funksjon av tyngdepunktshøyde i en gitt kurve (kilde: JBV)

Velte hastighet (km/h)	Tyngdepunktshøyde (mm)	Velte hastighet (km/h)	Tyngdepunkt (mm)
150.8	1200	109.7	2600
145.6	1300	108.2	2700
141.1	1400	106.7	2800
137.0	1500	105.3	2900
133.3	1600	104.0	3000
130.0	1700	102.8	3100
126.9	1800	101.6	3200
124.2	1900	100.5	3300
121.6	2000	99.4	3400
119.3	2100	98.4	3500
117.1	2200	97.4	3600
115.1	2300	96.5	3700
113.2	2400	95.6	3800
111.4	2500	94.8	3900

Som en ser av tabellen har JBV beregnet at kjøretøy med en tyngdepunktshøyde på 1600 mm og høyere vil velte når farten kommer over 133 km/t. I følge NSB varierer tyngdepunktshøyde for NSB Type 74 fra 1555 - 1691 mm (se Tabell 10).

I følge JBV inkluderer ikke de teoretiske beregningene alle forhold som kan påvirke hvor lett kjøretøy velter. Blant annet vil skjevstilling av boggiene i starten av en krapp kurve kunne gjøre velting noe vanskeligere, og krenkning av vognkassen utover i kurven vil på sin side gjøre velting lettere.

2.10.2.2 Beregninger utført av NSB AS

På vegne av NSB AS har Interfleet Technology (www.interfleet.no) utført beregninger av hjulavlastningskrefter som oppstår ved spesielle sideakselerasjoner for ulike kjøretøytyper (se Vedlegg B).

Velteberegninger er utført for NSB type 5, 70, 72 og 74 ved ideelle forhold, dvs. uten å ta hensyn til eventuelt sporfeil og endring i sporgeometri. Ser man kun på de kvasistatiske verdiene viser beregningene at det kun er små forskjeller mellom de ulike kjøretøytypene.

For NSB Type 74 har det også blitt utført dynamiske simuleringer opp mot spordata fra et utvalg sporavsnitt. For en detaljert oversikt over forutsetninger og begrensninger ved beregningene henvises det til Vedlegg B.

Høyde til kjøretøyets tyngdepunkt er vesentlig i beregning av veltefare. Kjøretøyet som er med i beregningene har noe ulike tyngdepunktshøyder (se Tabell 10). Fordi ulike vogner i et tog har ulik konstruksjon og inneholder ulikt utstyr, kan denne høyden variere avhengig av hvilken vogn man ser på. I tabellen under er dette oppsummert, spesifisert for henholdsvis tomme og lastede tog.

Tabell 10: Tyngdepunktshøyder brukt i beregninger (kilde: NSB AS)

	NSB Type 5	NSB Type 70	NSB Type 72	NSB Type 74
Pc (tomlast)	1483-1590 mm	1241-1632 mm	1252-1531 mm	1559-1691 mm
Pc (lastet)	1644-1767 mm	1368-1741 mm	1384-1601 mm	1555-1681 mm

Rapporten konkluderer med at til tross for et noe høyere tyngdepunkt, avviker ikke NSB Type 74 spesielt fra andre sammenliknbare kjøretøy som trafikkerer strekningen når det gjelder veltefare.

2.10.3 Registrerende hastighetsmålerutstyr, video- og datalogger

NSB Type 74 er utstyrt med en registreringsenhet fra Hasler Teloc, en ATC registreringsenhet og videoovervåking i passasjerkupeer og front på togsettet. Hasler Teloc registrerer gitte parameter som blant annet hastighet, bremses, horn og GPS posisjon. Denne er robust bygget for å tåle en ulykke. ATC registreringsenheten logger mange av de samme parameterne som Teloc, men registrerer flere og mer detaljerte parametere som f.eks. baliseinformasjon og innmatede verdier i togets ATC-system.

Den 16. februar tappet firmaet O. J. Dahl AS, som er Hasler Rail AGs norske agent, dataene i togsettets registreringsenhet. Disse ble levert til produsent av registreringsenheten, Hasler Rail AG, som tolket dem og utarbeidet en rapport som viser tid, hastighet og betjening fra togfremføringen.

Den 17. februar 2012 ble data fra togsettets ATC-system (Ansaldo STSS) avlest ved hjelp av WLANA programvare ved Sundland i Drammen. STSS er togsettets del av ATC-systemet og den enheten som leser ATC-systemets baliser og overvåker toget. Til stede ved avlesningen var havarikommisjonen, leverandøren Stadler Bussnang AG og en ekspert på WLANA. Enheten fra ulykkestoget ble koblet til et annet tog, og deretter ble data lest ut til en datamaskin. Disse dataene samsvarer med det som er registrert i togsettets Hasler Teloc registreringsenhet.

Togsettets registrerende hastighetsmåler viste at toget holdt en hastighet på 135 km/t da togets bremses ble aktivert. En gjennomgang av registreringsenheten for turen Drammen – Larvik – Nykirke viser at togfremføringen har vært i henhold til banens strekningshastighet og utforming. Analysene viste at det tok ca. 11 sekunder fra bremsene ble aktivert inntil toget stod i ro. Tilbakelagt distanse ble målt til 340 m.

NSB AS har valgt å installere videoovervåking både inne i toget og i hver ende. Dette er et eget system hvor opptakene blir lagret på en harddisk i en tidsbestemt periode, før de overspilles av nye opptak. Det er ikke krav om at kjøretøy skal ha videoovervåking i kjøreretningen, men det vil være til stor nytte for å verifisere signalbilder der det har vært tvil, samt dokumentere tilløp til, og ulykker, der personer eller objekter befinner seg i / eller nær sporet. En sikker strømtilførsel uavhengig av togets systemer vil i så måte være gunstig da det kan oppstå situasjoner der toget mister strømmen, men videokameraet kan likevel fortsette å filme. Til sammenlikning har ca. 40 % av britiske tog frontkamera med sikret strømtilførsel.

Den 20. februar 2012 ble videoene fra toget lest ut ved Sundland i Drammen hvor NSB Type 74 har vedlikeholdsbase. Til stede var representanter fra havarikommisjonen, leverandøren Stadler Bussnang AG og leverandøren av videosystemet Mitron. Opptakene fra opptaksenhetene ga ingen bilder fra selve ulykken. I følge Mitron er det valgt å lagre data til harddisken hvert 5. minutt. Dette betyr at alt som ligger i bufferminnet, som ikke

er lagret til harddisk, må hentes ut ved hjelp av andre metoder. Video fra frontkamera ble ansett å være mest interessant, og det ble hentet ut video ved å koble opptaksenheten til et annet tog. I neste omgang ble videoenheten sendt til firma Ibas AS i Kongsvinger, som hentet ut de videofilene som lå i bufferminnet. På denne måten klarte man å hente ut video fra kamera i fronten på toget som viser bilder frem til ca. 300 meter før avsporingen, men ikke av selve hendelsen. Det interessante ved å gjenskape turen i form av videoopptak var først og fremst å verifisere at sikt til hastighetskilt eller markeringsmerke ikke var hindret. Dette bidro videoopptaket til, uavhengig av om de siste sekundene gikk tapt. Om bufringsintervallet hadde vært kortere og strømtilførsel sikret, ville man kunne dokumentert mer av ulykken, men det regnes ikke som en vesentlig mangel i denne undersøkelsen.

2.11 Varsling, brann- og redningstjenesten

2.11.1 Personellets opptreden etter ulykken

Umiddelbart etter ulykken kom fører seg opp og var sammen med togkontrolløren med å hjelpe loklederen inn i passasjerkupeen, før han varslet om ulykken og sikret toget med stoppsignaler. Vedkommende brukte sin egen mobiltelefon da togsettets togradio i førerrommet var defekt etter sammenstøtet med fjellskrenten. Føreren ringte vaktleder DROPS og ba de varsle togledelsen siden dette var et telefonnummer han husket umiddelbart. Per i dag har hver enkelt trafikkstyringsenhet et eget nødnummer med prioritert linje inn. Det medfører at personalet ombord selv må ha lagret de ulike nummere på telefonene sine, eller på annen måte ha en oversikt over hvilke numre som skal ringes. I tillegg har Jernbaneverket et kortnummer (1200) som rutes rett til nærmeste togledersentral, men dette brukes lite og er etter havarikommisjonens erfaringer lite kjent blant personalet. Førere forholder seg heller ikke til dette kortnummeret da de hovedsakelig benytter togsettets togradio. Etter telefonen til DROPS gikk fører for å undersøke mulighetene for at nødetatene kunne komme seg helt fram til ulykkesstedet. Han gikk først fremover for å se og samtidig sikre toget med stoppsignal, og gikk deretter bakover mot Nykirke stasjon. Da han var ved bakenden av toget så han både brannvesen og ambulanse komme ned til toget.

I følge togkontrolløren inntraff avsporingen brått. Vedkommende satt forovervendt på venstre side i første vogn, og holdt på å melde inn feil til DROPS via e-post. Han merket at de sporet av og kastet seg ned under bordet. Da toget stoppet gikk han foran for å se hvordan det hadde gått med de to som oppholdt seg i førerrommet. Begge svarte på tilrop, men loklederen uttrykte også at han hadde vondt i brystet. Togkontrolløren ba føreren passe på loklederen og varsle om ulykken, mens han selv gikk bakover for å se etter de to andre i toget. Han var hele tiden oppmerksom på tilstanden til kontaktledningsanlegget som kunne utgjøre en risiko. Han møtte representanten fra Mitron, og traff Stadlers representant uskadet utenfor vogn 4. Togkontrolløren visste da at alle i toget var funnet, og hentet nødutstyr i vogn 4. Umiddelbart etter ulykken kunne ikke togkontrolløren huske/finne nummer til togledersentralen i Drammen, verken nødnummeret, kortnummeret eller det vanlige nummeret, men fant telefonnummeret til togekspeditøren i Tønsberg. Han ringte dit og fikk bekreftet at ulykken allerede var varslet. Han anslår at de ventet i ca. 30 minutter på ambulanse, noe som virket lenge.

Stadlers representant merket ulykken ved at han plutselig ble løftet ut av setet. Han kan ikke huske noen oppbremsing. Vedkommende ble ikke skadet, og gikk etter ulykken ut av toget og fremover hvor han møtte togkontrolløren. Der ble han fortalt at de hadde

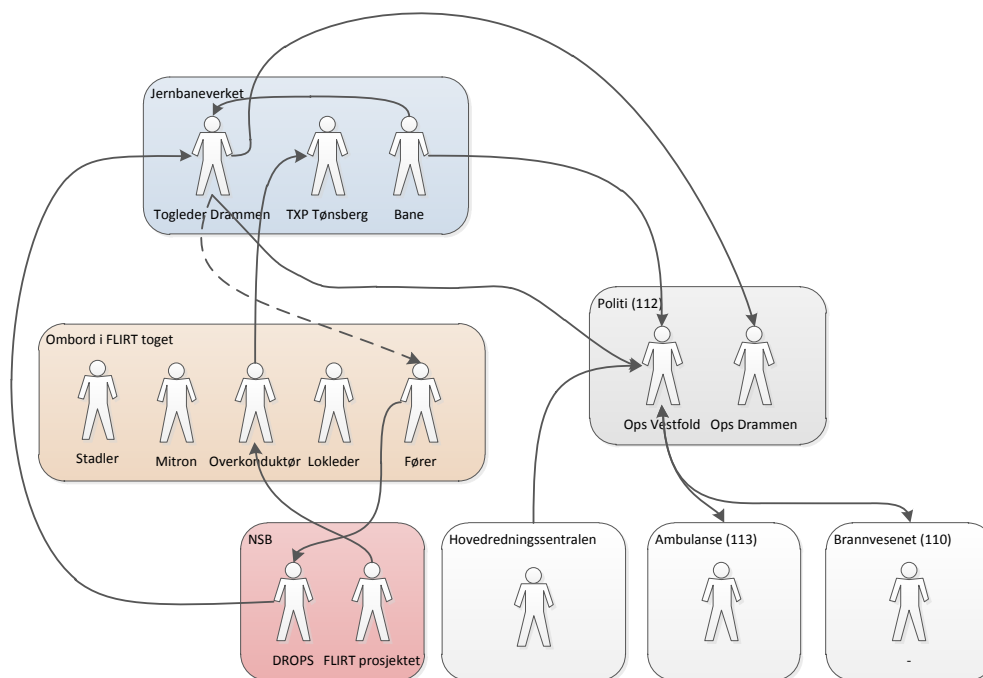
varslet om ulykken, og at togkontrolløren var på vei bakover for å finne førstehjelpssekken som var plassert nettopp i konduktørrommet. De hentet utstyret og gikk frem og hjalp loklederen som var skadet. Også representanten fra Mitron hjalp til med dette.

Tilfeldighetene gjorde at en gårdsvei nettopp var brøytet frem til hendelsesstedet slik at adkomst ble enklere. Togleder varslet umiddelbart om at strømmen var koblet fra på stedet. Da brannvesenet ankom jorden de svært raskt, slik at sikkerheten på skadestedet var avklart uten å forsinke innsats. Nødetatene hadde godt med ressurser innenfor en tidsramme på 15 minutter. Det er meldt om god kommunikasjon mellom faglederne på stedet, og evakuering av skadde ble utført raskt. Det oppstod ikke brann ved denne ulykken.

2.11.2 Varsling etter ulykken

Da ulykken inntraff ble den varslet av personell om bord i toget umiddelbart. Varsling gikk til flere ulike personer og instanser, delvis via håndholdt togradio (OPH) og delvis via private mobiltelefoner siden togets togradio ikke fungerte. Figur 24 viser de ulike rollene som var involvert i varslingen rett etter ulykken.

Togledelsen har i sin varslingsplan instruks om å vurdere hvilken nødetat som skal varsle (110, 112, 113) avhengig av type hendelse, og kan be om at denne deretter gjennomfører trippelvarsling (se kap. 2.8.2.3). I dette tilfellet ringte man 112, men på grunn av problemer med telefonoverdragelsen mellom politiets operasjonssentral i Drammen og Vestfold politidistrikt oppstod det en tidsforsinkelse i varslingen på 10-12 minutter.



Figur 24: Illustrasjon over de mange rollene involvert i minuttene etter ulykken.

Instruksene for varsling av ulykker hos JBV sier på overordnet nivå at de som på en eller annen måte blir involvert i en jernbaneulykke først skal varsle togledelsen, alternativt 112 eller hovedredningssentralen. I denne ulykken ble togets togradio ødelagt slik at ingen hadde eller husket direktetelefonnummer til togledelsen, men varslet via andre kanaler i stedet. GSM-R kortnummeret (1200) som ruter innringer direkte til nærmeste

togledersentral ble ikke benyttet. Dette nummeret kommer i tillegg til de vanlige 8-sifrede nummere til togleder, og ble etablert ved innføring av GSM-R systemet for at alt operativt personale skulle ha mulighet til å kontakte togledersentralen via sin håndholdte togradio (OPH).

I togleders varslingsinstruks gir ikke de mer detaljerte aksjonspunktene klare føringer for hvorvidt 110, 112 eller 113 skal varsles først (se 2.8.2.3), dette blir opp til togledelsen å vurdere avhengig av type ulykke. Togleder i denne ulykken hadde en oppfatning av at det var 112 som hadde prioritet og ringte derfor dit. JBV har i den senere tid valgt å fokusere mer på 112, mens man tidligere har oppfattet 110 som første varslingsinstans ved brann og store ulykker. 110 har en vesentlig rolle når det gjelder jording av kontaktledning og sikring av ulykkesstedet. 112 og 113 har i sine instruksjoner at de *ikke* skal nærme seg skinnegang og kontaktledning før brannvesenet har jordnet. Brannvesenet er trent i dette og må jevnlig sertifisere seg på bruk av utstyret.

Basert på lydloggen fra Jernbaneverket, kan det synes som om operatør hos Vestfold politidistrikt trodde det var snakk om et ordinært passasjertog. På dette tidspunktet visste togleder hvor mange som var ombord etter å ha vært i kontakt med DROPS hos NSB AS, men i lettelsen over endelig å ha kommet igjennom var fokus mer på problemet med å forklare veien til ulykkesstedet, enn antall ombord. Togleder ga dermed ikke denne beskjeden videre, og operatør hos politiet spurte heller ikke. Første beskjed fra Vestfold politidistrikt til AMK Vestfold gikk derfor ut på å sende så mange ambulanser som mulig. Basert på logger fra 110 og 112 ser man at antall ombord varierte fra 10-15 personer til seks i løpet av de første 10-12 minutter etter ulykken, mens det i virkeligheten var fem ombord.

I dette tilfellet viste det seg at 110-sentralen i Drammen hadde implementert kartverket med kilometrering slik tilbudt fra JBV via DSB i 2011, mens 112 ikke har annet enn vanlige kart. Samtidig ble Jernbaneverkets eget kartgrunnlag ikke benyttet siden det blir ansett som for tidkrevende å bruke. Resultatet ble at 110 klarte å stedfeste ulykkesstedet nøyaktig ut ifra oppgitte kilometer, mens verken politi eller ambulanser visste nøyaktig hvor det var. Ved en tilfeldighet oppdaget de brannvesenet som passerte, og hang seg på disse. Det viste seg at brannvesenet fulgte en bil fra Jernbaneverket som loset dem helt frem til skadestedet via en liten stikkvei/gårdsvei.

Tabell 11 lister de ulike aksjonene som ble utført i tiden etter ulykken. Merk at det vil være mindre avvik mellom klokken som brukes hos de ulike aktørene, derfor kan det være feil i den kronologiske rekkefølgen av hendelser. Klokkeslett benyttet i 110-logg ligger ca. 3 minutter etter klokkeslett i 112-logg. For at aksjonene i tabellen skal komme mest mulig i den rekkefølgen de skjedde, er det lagt til 3 minutter til tidspunktene fra 110-loggen (de opprinnelige tidspunktene er beholdt i parentes).

Tabell 11: Tidspunkter og aksjoner

Tid	Aksjon/hendelse	Varslet fra / til	Kilde
10:31	Avspøringsindikator ble aktivisert hos togledelsen.		Toglederrapport
Ca. 10:32	Togleder forsøker å kontakte toget via togsettets togradio uten hell.		Toglederrapport
Ca. 10:34	DROPS blir varslet via privat mobil. Ber dem varsle togleder.	Fører → DROPS	Vitneutsagn – Førerrapport
10:35	Togledelsen kontakter DROPS og får bekreftet at det er en avsporing. DROPS informerer om at det er 5 personer ombord.		Toglederrapport
10.35	Togleder ringer 112 og kommer da til Politiets operasjonssentral i Drammen. De setter over til operasjonssentralen i Vestfold politidistrikt, men kommer ikke gjennom. Måtte ringe Vestfold politidistrikt sitt sentralbord hvor de satte over til 112, men uten å få svar. Gjentok oppringing og ble da formidlet til rett person kl. 10.47.	Togleder → 112	Toglederrapport
10:44	Tidspunkt for ulykken i flg. 112.		112-logg
10:44	Togkontrolløren i toget varsler om ulykken, og får da bekreftet at meldingen allerede har nådd dem.	Togkontrolløren → TXP Tønsberg	Lydlogg fra Jernbaneverket
10.47	Togleder kommer igjennom til 112 og får varslet om hendelsen. Problemer med å forklare hvor Nykirke stasjon er.	Togleder → Politiets operasjonssentral Vestfold	Jernbaneverket
10:48	Politiet registrerer første melding om ulykken.		112-logg
Ca. 10:48 (10:45*)	110 blir gjort kjent med ulykken av politiet og kontakter AMK Vestfold som ikke er varslet.	110 → AMK Vestfold	110-logg
Ca. 10:48 (10:45*)	110-sentral tok umiddelbart kontakt med utrykningsleder på stasjon Kopstad for å forhåndsvarsle og de enes om at det skulle kjøres "Full Alarm 3 stasjoner".		110-logg
Ca. 10:49 (10:46*)	Kontakter politiet i Vestfold for å sjekke om de er varslet om hendelse og status. De bekrefter hendelse men har ingen posisjon på hendelse. De blir enige om at 110-sentralen kontakter Togleder.	110 → politiet	110-logg
Ca. 10:49	Togkontrolløren svarer prosjektet om eksakt posisjon og status.	Prosjektet → togkontrolløren	Vitneutsagn – togkontrolløren
10:50	AMK varslet – sender alt tilgjengelig mannskap.	Politiet → 113	112-logg
Ca. 10:51 (10:48*)	Kontakter Togleder Drammen, og får lite info om hendelsessted. Posisjon som oppgis skal være "Skjæringa" ved Nykirke et lite stykke mot Holmestrand. Operatør på 110-sentral spør om de kan oppgi posisjon i km på jernbanens km referanser. Men operatør som sitter med kart er opptatt. Det oppgis at det ikke er kjørevei frem. Det skal være minst 2 hardt skadet og en er togfører. Toget skal ha en delegasjon om bord på 10-15 personer.	110 → togleder	110-logg
10:52	Bil B30 kjører til planovergangen ved Nykirke.		112-logg
10:53	Felles oppkall fra 110: Testtog 2 skadet – 10 – 15 personer om bord. Ligger uveis til. Oppmøte for personell ved Nykirke stasjon. 110 har spesialkjøretøy for transport av mannskaper.	110 → 112, AMK	112-logg

Tid	Aksjon/hendelse	Varslet fra / til	Kilde
Ca. 10:53 (10:50*)	110-sentralen setter opp AMK og Politi i Vestfold opp i telefonkonferanse og informerer begge om status fra Togleder. Det skal være en delegasjon med 10-15 personer og 2 hardt skadet, den ene oppgis å være Togfører. 110-sentralen foreslår oppmøtested Nykirke.	110 → AMK, politiet	110-logg
Ca. 10:50	Personell fra Jernbaneanverket melder seg for togleder, får formidlet kontakt med redningsetatene. Loser alt redningspersonellet frem til ulykkesstedet.		JBV
10:56	HRS er varslet, sender en Sea King.	Politiet → HRS	112-logg
Ca. 10:59 (10:56*)	Kontakter Togleder og Elkraftsentral Drammen for oppdatert posisjon og for å få bekreftelse om strøm er koplet fra. Det bekreftes av Elkraft at strømmen er koplet ut mellom Skoppum og Holmestrand. De bekrefter også at jordingsutstyr er på vei. 110-sentral informerer om at de har jordingsutstyr og ARGO med ut. Etter ennå en forespørsel om posisjon, får 110 operatøren oppgitt km referanse på 92, 57 km. På dette tidspunktet blir hendelsen satt korrekt i 110-sentralen. Det bekreftes at Togfører er hardt skadet og at det er totalt 6 personer ombord i togsettet.	110 → Togleder, Elkraftsentral Drammen	110-logg
11:02	Politiet kjører til Fesil, der det nye innslaget til jernbanetunnel er.		112-logg
Ca. 11:04 (11:01*)	110 kontakter AMK Vestfold for oppdatert status på hendelse, samt bekrefte posisjon på hendelse.	110 → AMK	110-logg
11:06	Politiet tar seg inn på toglinja ved Jernbaneanverkets anlegg v/ Sand Camping.		112-logg
Ca. 11:07 (11:04*)	Kontakter Politi Vestfold for å oppdatere de tilsvarende som for AMK.	110 → Politiet	110-logg
11:07	Mannskaper tar seg opp på Jernbanesporet for lokalisering. Togleder Drammen varslet - alle tog står mellom Skoppum og Holmestrand - Strømmen er koblet ut.		112-logg
11:07	110-sentralen melder at det dreier seg om 6 personer om bord. Togfører skal være hardt skadd, blør mye, nr. 2 klager over ryggskader, uvisst med de 4 andre Ulykken skal ha skjedd mellom kilometermerkene 92 og 93 i retning fra Oslo. Ligger meget uveisomt til.	110 → politiet	112-logg
Ca. 11:07 (11:04*)	Første enhet fra brannvesenet melder status "Fremme".		110-logg
11:13	Politiet er i Bruserudveien - Brannvesenet er også der.		112-logg
11:14	Sea King er i området.		112-logg
11:14	Sea King holder på å lande.		112-logg
11:18	Ambulanse er på stedet i Bruserudveien 305.		112-logg
11:26	Situasjonsrapport fra innsatsleder. Alle redningseenheter er på stedet.		112-logg
11:38	Alle ute av toget ifølge helsepersonell.		112-logg
11:53	Alle fraktet til sykehus.		112-logg

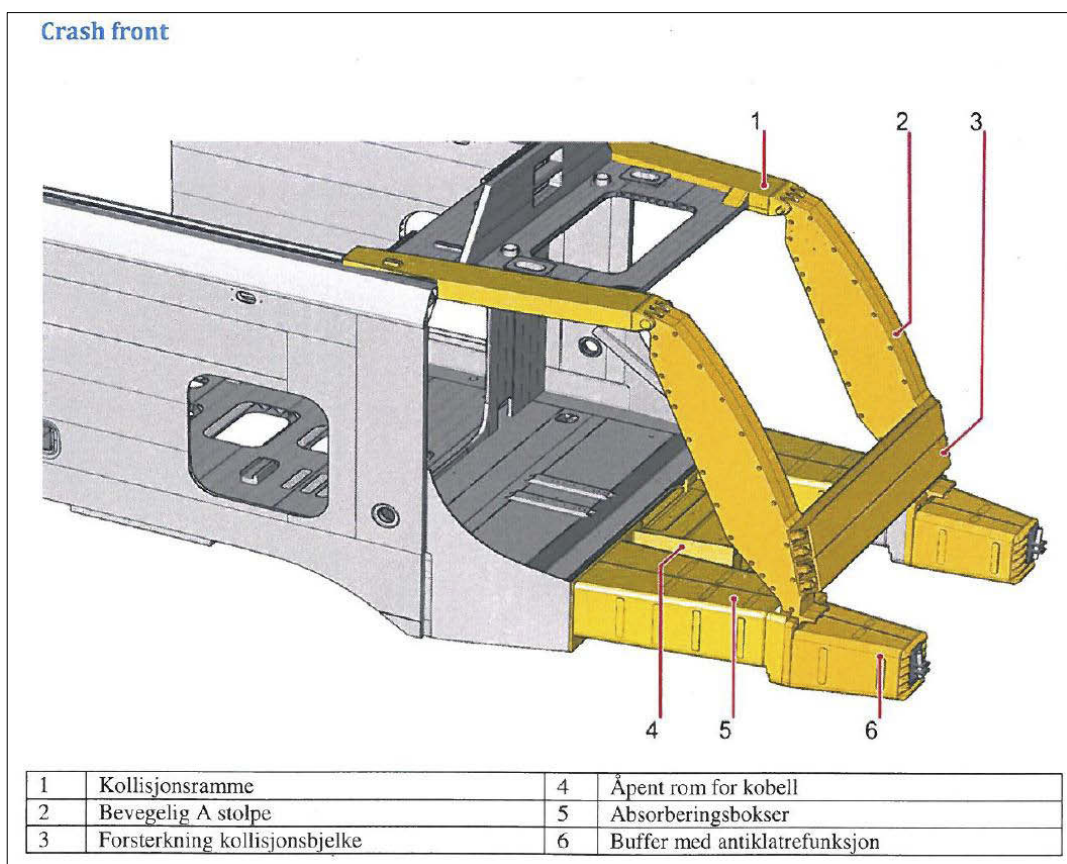
*Opprinnelige tidspunkt fra 110-logg som ligger ca. 3 minutter etter 112-logg.

2.12 Overlevelsesaspekter

I en sikkerhetsundersøkelse er et av aspektene å vurdere i hvilken grad kjøretøyets egenskaper utsatte personer om bord for større fare i en ulykkesituasjon ved å være designet på en uheldig måte. Eksempelvis kan glass splintres til skarpe objekter snarere enn å pulveriseres. I denne ulykken har togsettet vært utsatt for store påkjenninger hvor det er naturlig at en del skader oppstår. Likevel kan det ikke hevdes at kjøretøyet har taklet påkjenningen dårligere enn forventet.

Det er utviklet internasjonale og/eller europeiske standarder og testprosedyrer for elementer som angår sikkerheten for personell og passasjerer i tog. I følge produsenten Stadler ble disse lagt til grunn, før mulige endringer og tilvalg kunne gjøres i leveranseprosjektet. Stadler ville ikke ha akseptert endringer som ville ført til redusert sikkerhet.

Førerrommet i NSB Type 74 er utstyrt med ekstra forsterkning som skal beskytte fører ved et sammenstøt (Figur 25 og Figur 26). Dette har sannsynligvis bidratt til å redusere skadeomfanget for de to som oppholdt seg der da toget traff fjellveggen. Gjennom samtaler har fører også fremholdt at toget fremstår som svært solid og robust. Dette støttes også av lokleder som var glad de satt i nettopp dette sikre togsettet som blant annet har en veldig trygg førerkabin.

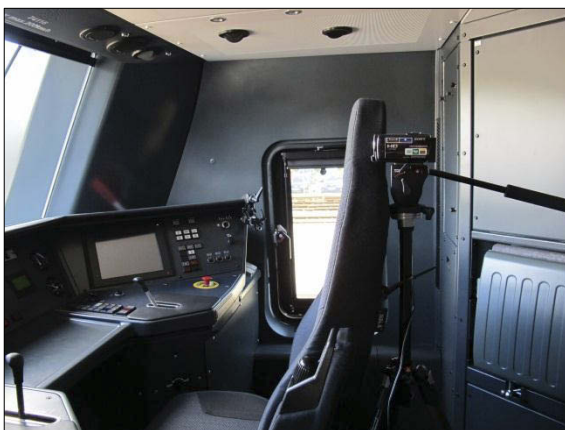


Figur 25: Fronten er forsterket med kollisjonsramme (kilde: NSB AS).

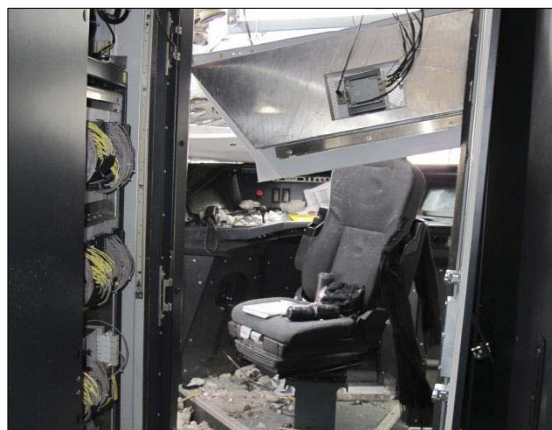


Figur 26: Fronten med synlige forsterkninger (foto: SHT).

Bildene under illustrerer hvor skadet førerrommet ble i hendelsen.



Figur 27: Normalt førerrom, ekstrasetet ses bak føreriset (foto: SHT).



Figur 28: Førerrom etter hendelsen (foto: SHT).

Personen i fjerde vogn som veltet oppholdt seg i det kompakte konduktørrommet der han hadde anledning til å følge med på togets systemer under kjøreturen. Størrelsen på rommet begrenset muligheten for at vedkommende kunne kastes rundt, noe som med stor sannsynlighet bidro til at han kunne ta seg ut helt uskadd. Figur 29 viser et tilsvarende konduktørrom.



Figur 29: Konduktørrom i NSB Type 74 (foto: SHT).



Figur 30: Rommet Stadlers representant befant seg i (foto: SHT).

Kupeer og passasjerområder fikk store skade på den siden som var nærmest fjellskrenten. I tillegg løsnet en del inventar både fra tak og tekniske skap. Toget var som kjent tomt for passasjerer og bagasje, noe som i motsatt fall ville ha forverret situasjonen betraktelig.



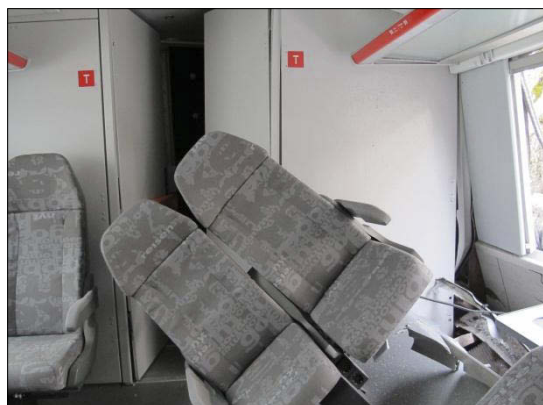
Figur 31: Normal kupe (foto: SHT).



Figur 32: Kupe etter hendelsen (foto: SHT).



Figur 33: Normal kupe (foto: SHT).



Figur 34: Kupe etter hendelsen (foto: SHT).



Figur 35: Normal kupe (foto: SHT).



Figur 36: Kupe etter hendelsen (foto: SHT).



Figur 37: Normal kupe (foto: SHT).



Figur 38: Kupe etter hendelsen (foto: SHT).



Figur 39: Normal kupe (foto: SHT).



Figur 40: Kupe etter hendelsen (foto: SHT).

2.13 Andre opplysninger

2.13.1 Andre hendelser av lignende art

Den 9.7. 2012 holdt et persontog for høy hastighet, ca. 120 km/t, gjennom en kurve ved Sokna på Bergensbanen. Denne kurven har skiltet hastighet 70+5 km/t. Hastigheten var så stor at vannet i oppvaskmaskinen rant ut over gulvet og det som stod på bordene/disken i bistrovognen falt ned. En passasjer ble bl.a. truffet av noe bagasje, men man kjenner ikke til andre vesentlige skader ved denne hendelsen.

Havarikommisjonens forundersøkelse kom frem til at føreren hadde oversett skiltet som varslet hastighetsnedsettelsen. Føreren ble først klar over hastighetsnedsettelsen og innledet bremsingen da vedkommende så markeringsmerket hvorfra hastighetsreduksjonen gjaldt, noe som ga toget stor overhastighet gjennom kurven. Dette toget ble fremført med lokomotiv og personvogner.

Dette viser at hendelsen ved Nykirke ikke er enkeltstående, men at det også andre steder har blitt oversett skilt om hastighetsnedsettelser. Utfallet vil derimot avhengig svært mye av hastighetsområdet og hvor stor hastighetsnedsettelsen er.

3. ANALYSE

Gjennom undersøkelsene har havarikommisjonen kartlagt hendelsesforløpet med tilhørende sikkerhetsproblemer som avvik og manglende barrierer. Dette kapittelet har som hensikt å belyse funnene som er gjort.

De innledende undersøkelsene avdekket en kombinasjon av flere forhold som årsak til ulykken. Det videre arbeidet har hatt som mål å identifisere barrierer som kunne forhindre ulykken. Dette omfatter både operative og organisatoriske forhold ved togframføring, samt tekniske barrierer i infrastrukturen.

3.1 Kartlegging av hendelsesforløpet

Gjennom undersøkelsene er hendelsesforløpet kartlagt. Dette er mer detaljert beskrevet i de foregående kapitlene, men kan kort oppsummeres som følger. Onsdag 15.2.2012 kl. 10.30 sporet nordgående tog 12926 av ved Nykirke stasjon på Vestfoldbanen. Det oppsto personskader og betydelige skader på togsettet og infrastrukturen.

Det foregikk kontinuerlig testkjøring på Vestfoldbanen i forbindelse med klargjøring av NSB Type 74, de nye togsettene til NSB AS. Formålet med turen denne dagen var «burn-inn» kjøring/kilometerkjøring. Dette ble kombinert med å gjøre en funksjonstest av togsettets publikumsinformasjonssystem og å gi brukserfaring på togsettet for personale som hadde fått opplæring og utsjekk på togtypen.

Da toget nærmet seg Nykirke stasjon på vei tilbake til Drammen, reduserte føreren trekraften og lot toget rulle inn mot stasjonen. Togets registreringsenhet for hastighet viste da ca. 130 km/t, noe som tilsvarer linjehastighet på stedet. På grunn av et svakt fall på strekningen økte farten fra ca. 130 km/t til ca. 135 km/t. Ved innkjøringen på Nykirke stasjon overså føreren skiltet som varslet en hastighetsreduksjon fra 130 til 70 km/t. Først da toget kom til punktet hvor hastighetsreduksjonen gjaldt fra, ble vedkommende oppmerksom på at hastigheten var for høy. Føreren begynte å bremse, men innledet ikke nødbrems. Samtlige fem vogner i toget sporet av og traff fjellveggen på venstre side av sporet. Togsettet ble delt i tre i ulykken, og vogn nummer fire i toget veltet over på høyre side i kjøreretningen (Figur 11). Av de fem som var om bord ble fire vurdert til å være lettere skadet, mens en var alvorlig skadet.

3.2 Avviksanalyse

Avvik fra gjeldende regler, standarder, prosedyrer og normer kan bidra til at uønskede hendelser skjer. Dette kapitlet tar for seg de ulike avvik som er funnet gjennom undersøkelsene i etterkant av hendelsen.

Hastighetsskiltet for angivelse av hastigheten ved kjøring ut fra Nykirke stasjon manglet. Dette skiltet ville repetert strekningshastigheten for den strekningen toget var på vei inn på, og synliggjort for fører hvor stor overhastighet toget holdt inn mot den første kurven. Skiltet er vesentlig større enn markeringsmerket for hastighetsreduksjonen (se Figur 17 og Figur 16), og ville kunne blitt sett på et tidligere tidspunkt. Havarikommisjonen mener det ikke er sikkert at en repetisjon av hastighetsskiltet på dette tidspunktet hadde hjulpet, men det kunne gitt fører en pekepinn på størrelsen av overhastigheten slik at vedkommende hadde aktivert nødbrems og dermed oppnådde en større

hastighetsreduksjon. Om dette ville vært tilstrekkelig til å unngå ulykken er vanskelig å avgjøre.

Om en tar utgangspunkt i at repeter skiltet var plassert ved nordenden av sporveksel 1, og førers mulighet til å se dette skiltet er ca. 100 meter før utkjørhovedsignal / markeringsmerke for hastighetsreduksjonen, ville toget hatt en avstand på ca. 250 meter fra skiltet kan ses til avsporingpunktet. Spørsmålet er om dette er tilstrekkelig til at fører hadde tid til å oppfatte størrelsen på overhastigheten, innlede nødbrems og klare å redusere togets hastighet tilstrekkelig. Generelle beregninger i kapittel 2.10.2.1 viser at kjøretøy med tilsvarende tyngdepunktshøyde som NSB Type 74 ikke ville ha sporet av dersom farten kom ned i ca. 115 km/t. Denne hastighetsreduksjonen forutsetter flere usikre forhold:

- 1) Fører måtte ha oppdaget hastighetsskiltet ved første mulighet. Skiltet er vesentlig større enn markeringsmerket for hastighetsnedsettelse (Figur 16 og Figur 17). Fra stedet skiltet ville vært synlig for fører (på grunn av kontaktledningsmaster og andre skilt) og frem til avsporingstedet er det ca. 250 meter.
- 2) Fører måtte ha vært klar over egen hastighet og vurdert overhastigheten til å være så stor at nødbrems var nødvendig. Med en hastighet på 135 km/t ville dette gitt fører ca. 7 sekunder på å registrere og vurdere overhastigheten og tilsette bremsene, i tillegg kommer tiden for bremsenes egen tilsetningstid, samt å gi toget en hastighetsreduksjon på minimum 20 km/t. I denne vurderingen er det viktig å ha med seg at tanken på at et tog kan velte var høyst uvanlig for førere inntil denne ulykken. Det har ikke vært noen tilfeller av at persontog har veltet på grunn av overhastighet i Norge tidligere, og det finnes få eksempler fra utlandet. Man har regnet konsekvensene av for stor hastighet i kurve som begrenset til at gjenstander faller på gulvet, at toget får en ubehagelig gange gjennom kurven og kun i ytterste fall kunne spore av. På generell basis kan man si at normalt handlingsmønster ved oppstått overhastighet i forhold til strekningshastighet ofte er å la toget rulle gjennom kurven, eller over uregelmessigheter i sporet, uten å tilsette brems eller trekraft. Å tilsette brems vil stive av toget, noe man anser å gjøre toget mindre egnet til å takle uregelmessigheter i sporet og kurver.
- 3) Fører måtte ha iverksatt nødbrems umiddelbart, og ikke kun benyttet driftsbrems.

Havarikommisjonen vurderer at det er sannsynlig at tilstrekkelig fartsreduksjon kunne ha vært oppnådd, men det forutsetter et optimalt handlingsmønster i en situasjon som ikke inngår i førers normale opplæring.

Fører hadde ikke mottatt noen testplan for turen, men var informert om at det var "burn-in"/ kilometerkjøring, samt at togsettets publikumsinformasjonssystem skulle testes. Dette ville ikke berøre togfremføringen da denne tilsvarte normalt kjøremønster for intercity togene med stopp og start ved aktuelle stasjoner.

Det er som nevnt et antall strekninger som har slike store hastighetsnedsettelser, og som dermed kan antas å være en kjent risikofaktor i det norske jernbanenettet. Havarikommisjonen velger å følge opp problemstillingen med en sikkerhetstilråding.

Fører hadde kjørt togtypen relativt få ganger tidligere. Havarikommisjonen mener de gode kjøreegenskapene til NSB Type 74 kan ha bidratt til å gjøre fartsfølelsen mindre, sammenliknet med andre togtyper.

Togets registreringsenhet for hastighet viser små variasjoner i hastighet, både over og under angitt strekningshastighet. Dette kan sannsynligvis tilskrives at fører ikke var godt kjent med kjøretøytype og strekning og banens utforming hva gjelder fart og kjørestil. I den nye førerforskriften er det innført nye krav til oppfølging og kontroll av personalets kunnskap.

Togledelsen hos Jernbaneverket valgte å kontakte 112 for å varsle om ulykken. Dette er ikke et avvik fra gjeldene prosedyre, men denne gir heller ikke absolutte føringer for hvilken nødetat som skal prioriteres for første varsel. Det betyr at togledelsen kunne ha valgt å ringe 110 eller 113, da 112 ikke responderte innen rimelig tid.

I følge varslings- og rapporteringsforskriften skal nærmeste trafikkstyringsenhet varsles først om ulykker. Da togets togradio ble ødelagt i avsporingen hadde personalet ombord problemer med å huske/finne rett nummer til togledelsen på den håndholdte togradioen (OPH). Kortnummeret for håndholdte togradioer (OPH) som tar operativt personalet rett til nærmeste togledersentral ble ikke benyttet. Dette førte til at man i stedet ringte NSB AS sitt driftsoperative senter, som igjen varslet togledelsen. Disse oppringingene vil da gå utenom Jernbaneverkets systemer for logging og taleopptak, noe som er uheldig ved granskning av ulykken i ettertid.

3.3 Tekniske og organisatoriske forhold

Årsaker til en ulykke er ofte sammensatt, og havarikommisjonen har valgt å inndele disse i utløsende og organisatoriske faktorer. Ulykken inntraff fordi toget hadde for høy hastighet inn mot kurven, og toget veltet over og sporet av. Havarikommisjonen har funnet at fører overså en varslet hastighetsreduksjon fra 130 km/t til 70 km/t, slik at bremsing ble innledet for sent. Hva som tok førers oppmerksomhet de 4 – 5 sekundene hastighetsskiltet var synlig, er ikke fastslått.

Både fører og lokleder har framhevet i samtaler at turen forløp stille og rolig, uten stress eller forstyrrende elementer. Det har vært vurdert om henvendelser fra prosjektet, fra testpersonell ombord eller informasjon fra togets systemer har forstyrret fører, men havarikommisjonen har ikke funnet at dette var tilfelle. Derimot har havarikommisjonen sett nærmere på forhold som kan oppstå som følge av lite mental arbeidsbelastning og forventninger:

Det at operative mennesker overser godt synlig informasjon i omgivelsene er ikke ukjent fra undersøkelser av ulykker innen jernbane, luftfart, sjøfart eller på vei. Dette kan ofte forklares med begrepet “inattentional blindness”, og handler om at menneskets kapasitet til oppmerksomhet på det som foregår rundt seg er svært begrenset. Mye av informasjonen må ubevisst siles vekk; - man blir blind på store deler av den informasjonen omgivelsene formidler. Dette kan blant annet påvirkes av for lite mental belastning, dvs. redusert årvåkenhet og reaksjonsevne grunnet opplevelse av kontroll i situasjonen, noe som ofte knyttes mot oppgaver som krever monitorering. I slike oppgaver er det lite som aktiverer individet. Sammen med at fører ikke hadde strekningen ferskt i hukommelsen, kan dette ha påvirket førers forventninger til hvor og når vedkommende skal se etter kritisk informasjon som hastighetsskilt. Komfort og togtypens opplevde løpeegenskaper kan også ha bidratt til redusert årvåkenhet, og føre til at skiltet ble oversett. Oppsummert bidrar dette til å forklare at oppmerksomheten til fører kunne være lavere enn ved ordinær rutekjøring, da dette var en ren transportetappe tilbake til Drammen.

Det har blitt vurdert om fører fikk unødvendig mye informasjon fra feilinformasjonssystemet i førerrommet under togturen. Det er ikke noe som tyder på dette, selv om informasjonssystemet på dette tidspunktet ikke var optimalisert og feilmeldingene ferdig “vasket” rent språklig.

De to representantene fra togprodusenten observerte begge togets systemer via egne PCer slik at kontakten med de to i førerrommet var minimal. Havarikommisjonen finner derfor ikke grunn til å hevde at forstyrrelser på grunn av henvendelser fra andre ombord påvirket hendelsesforløpet.

Havarikommisjonen har vurdert både utformingen av kurven og ombygginger inn mot denne. Det er ikke funnet feil på dette som anses å ha påvirket hendelsesforløpet.

Havarikommisjonene mener det er vesentlig å merke seg at denne ulykken også kunne inntruffet med andre togtyper som hadde blitt utsatt for samme overhastighet. Beregninger som er utført viser at samtlige sammenliknbare togtyper som benyttes på strekningen ville sporet av og veltet ved denne overhastigheten.

NSB AS gjennomførte i juni 2011 en organisasjonsendring hvor det ble etablert to resultatenheter, Øst og Riks, og operatørlisensen ble overført til NSB AS. Ansvar for lokomotivpersonalet, samt noe ansvar fra DROPS, ble flyttet til lokomotivlederne for den enkelte banestrekning.

NSB AS Trafikksikkerhet har opplyst til havarikommisjonen at denne organisasjonsendringen ikke var blitt implementert helt ut i de operative delene av organisasjonen. Dette medførte at blant annet test og øvelseskjøringen med NSB Type 74 hadde foregått etter den tidligere organisasjonsmodellen. Det samme gjaldt den utvidede opplæringen til lokleiderne ved DROPS som foregikk etter gammel kursmodell.

Havarikommisjonen vurderer at dette ikke innvirker på det endelige undersøkelsesresultatet. Føreren var i følge NSB AS´ papirer kvalifisert for å føre toget på Vestfoldbanen, uavhengig av selskapets organisasjonsform. Førerne hadde ansvarsforholdet for togfremføringen klart definert seg imellom, og det samme gjaldt for anskaffelsesprosjektet som turnerte togsettene for «burn-in» kjøringen og som bemannet toget sammen med leverandøren for testkjøringen. Personalet utførte tjenesten slik den var blitt etablert for test- og prøvekjøringen av NSB type 74.

3.4 Barriereanalyse

Barrierer brukes både for å redusere sannsynlighet for uønskede hendelser, og for å eliminere eller begrense konsekvenser av slike. Dette kapittelet er en gjennomgang av relevante barrierer relatert til hendelsen.

Førers kjennskap til strekningen man trafikkerer er en viktig barriere mot overhastighet. En kjent fører vil ofte vite hvilken hastighet som gjelder på stedet. Krav til strekningskunnskap var i stor grad basert på førers egen vurdering av hva som er “godt nok kjent”. Fører anså at han hadde tilstrekkelig strekningskunnskap for å kunne fremføre tog på strekningen, men karakteriserte seg ikke som lokalkjent.

Havarikommisjonen mener NSB AS har manglet tydelige målekriterier for strekningskunnskap, og heller ikke hatt kontrollsystemer som fanget opp dette. Når

vurderingene ble overlatt til førerne risikerte man ulik tolkning og praksis, noe som denne ulykken viser kan gi alvorlige konsekvenser.

I følge togfremføringsforskriften, signalskilt m.m. skal hastigheten for kjøring ut fra en stasjon angis med hastighetssignal i utkjørtogveien. Dette signalet manglet på Nykirke stasjon, og det ble dermed ikke gitt noen påminnelse om hastighetsreduksjonen. Et hastighetsskilt er å betrakte som en svak barriere, som er helt avhengig av at fører oppfatter det korrekt og utfører påkrevd handling i rett tid. Da fører overså hastighetsskiltet som varslet hastighetsreduksjonen fra 130 til 70 km/t var det ingen tekniske systemer som fanget opp dette, grep inn og reduserte hastigheten. Havarikommisjonen mener signalet muligens ville medført at fører reagerte og bremsset noe tidligere, men om dette ville gitt en hastighetsreduksjon som hadde vært tilstrekkelig til at ulykken kunne vært begrenset eller unngått er avhengig av flere usikre forhold (se kapittel 3.2).

I den nye førerforskriften er det innført nye krav til oppfølging og kontroll av personalets kunnskap. Havarikommisjonen har forventninger til effekten av at kravene er endret og har derfor valgt ikke å fremme en sikkerhetstilråding knyttet til strekningskompetanse så tett etter en forskriftsendring. Dette anses ikke som hensiktsmessig før man ser resultatene av forskriftsendringen.

Lokleder som oppholdt seg i førerrommet hadde ikke som oppgave å overvåke togfremføringen. Fører var selv autorisert og sjekket ut på togtypen, og lokleder var med for å gi kjøretøyteknisk bistand ved behov. Følgelig hadde vedkommende ikke fokus på å overvåke førers kjøremønster og skilting av banestrekningen, noe som heller ikke er mulig fra ekstrasetets plassering bak fører i førerrommet.

DATC har ikke hastighetsovervåking og derved begrensninger i overvåkingen. Når et tog skal kjøre en banestrekning med varierende hastighetsklasser, er rutinen i følge ATC-håndboken å stille inn ATC med største tillatte hastighet (STH) for hele strekningen. Dette for å unngå å måtte endre hastighetsinnstillingen underveis. For strekningen Larvik – Drammen er høyeste hastighet 200 km/t, selv om størsteparten av strekningen har lavere tillatt hastighet enn dette. Om ATC hadde vært innstilt med største tillatte hastighet 130 km/t ville dette normalt gitt et varsel i form av lys- og lydvarsel til fører når hastigheten kom opp i 135 km/t på denne delen av strekningen. På Nykirke stasjon hadde dette ingen betydning, da balisene her er kodet med 130 km/t. Denne kodingen ville her gitt varsel i togets ATC. I følge Jernbaneverket er ikke denne hastighetskodingen vanlig, da balisene normalt er kodet med en hastighet vesentlig over 200 km/t.

Overvåking av STH i ATC er en marginal barriere, men havarikommisjonen mener man burde vurdere om det kan være hensiktsmessig å benytte denne overvåkningsmuligheten i DATC-områder.

En gjennomgang av de mulige barrierene viser at det ikke finnes *tekniske* barrierer knyttet til togfremføringen som griper inn dersom fører kjører med overhastighet på en strekning med DATC. Havarikommisjonen mener at hendelsen ved Nykirke i februar 2011 har vist at jernbanen i Norge har strekninger som ikke har tilstrekkelige barrierer for å forhindre ulykker. Førers oppmerksomhet på et enkelt skilt, i tillegg til strekningskunnskap, anses ikke å være tilstrekkelig på disse utfordrende strekningene.

Kontinuerlig hastighetsovervåking ville ha fanget opp denne hendelsen ved at systemet hadde registrert overhastigheten i området hvor toget normalt skulle redusere hastigheten. Systemet ville da grepet inn og bremsset toget ned til korrekt hastighet. Sammenliknet med andre land kunne ikke denne hendelsen skjedd i f.eks. Sverige som i stor grad har installert hastighetsovervåking på alle sine baner fra første stund.

Ofte er hastighetsvariasjonene mindre på det norske jernbanenettet, og i et lavere hastighetsområde slik at konsekvensen av overhastighet i kurver ikke blir så alvorlig som i dette tilfellet. Det finnes eksempler på at overhastighet i kurve har gjort det ubehagelig for de reisende, men toget har ikke sporet av. Jernbaneverket anslår at det er ca. 30 steder med hastighetsnedsettelse av denne størrelsen, i tilsvarende hastighetsområder, og i kombinasjon med kurve. Likevel er det ikke slik at disse stedene automatisk utgjør en tilsvarende risiko. Flere faktorer spiller inn, bl.a. utforming av kurven, kjøretøyets tyngdepunktshøyde og kurvatur inn mot hastighetsnedsettelsen. Havarikommisjonene mener en kartlegging av risikoen ved disse stedene må gjennomføres med tanke på å sette inn ekstra barrierer der det er nødvendig. Denne informasjonen må også formidles jernbaneforetakene slik at faremomentet blir tilstrekkelig kjent. Til sammenlikning pålegger regelverket Jernbaneverket å etablere hastighetsovervåking ved midlertidige hastighetsnedsettelse. Havarikommisjonen mener derfor at det bør være mulig å innføre dette ved de ca. 30 stedene i landet med permanente, store hastighetsnedsettelse som kan gi denne typen konsekvenser.

3.5 Konsekvensvurdering

Av de fem personene ombord ble én vurdert som alvorlig skadet og fire som lettere skadet. I en normal togfremføringssituasjon med passasjerer ville mange faktorer vært annerledes, men på generelt grunnlag antar havarikommisjonen at en tilsvarende avsporing i denne hastigheten, med stor sannsynlighet ville medført mange omkomne og skadde.

Avsporingen medførte en forsinkelse på midlertidig godkjenning og ibruktakelse av NSB Type 74 med ca. en måned. Togsettet til en verdi av ca. 80 millioner ble totalvrak og kondemnert. Vestfoldbanen fikk relativt store skader, der kostnaden knyttet til gjenoppbygging av infrastrukturen anslås til å ligge rundt 4,2 millioner kroner. I tillegg var banen stengt frem til torsdag 23. februar kl. 19.00 på grunn av undersøkelsesarbeidet, berging av togsettet og reparasjon av infrastrukturen.

3.6 Varsling av ulykken og redningstjenesten

Per i dag har Jernbaneverkets trafikkstyringssentraler hvert sitt nødnummer med prioritert linje inn. I tillegg finnes det firesifret kortnummer (1200) som den håndholdte togradioen (OPH) ruter til nærmeste togledersentral. Dersom togsettets togradio ødelegges i en ulykke, må personalet ombord kunne GSM-R kortnummeret for den håndholdte togradioen (OPH), eller ha lagret telefonnumrene til togledersentralene (nødnummer / ordinære numre) på telefonene sine (private mobiler eller håndholdte togradioer (OPH)) for å kunne varsle om en ulykke. Etter havarikommisjonens erfaring er kjennskapet til kortnummeret for dårlig blant enkelte jernbaneforetak siden fører forholder seg til forhåndslagrede numre i togsettets togradio, og annet personale sjeldent eller aldri har behov for å kontakte togledelsen. I en nødsituasjon der ombordansvarlig er skadestedsleder, og både fører og togsettets togradio kan være indisponible, mener havarikommisjonen at det vil være av stor betydning at ombordansvarlig kan kontakte

togledelsen direkte. Per i dag er det ikke noe krav om at ombordpersonalet har tilgang til håndholdte togradioer (OPH), det er opp til selskapene selv å vurdere dette i forhold til sine beredskapsplaner. Dersom dette nummeret hadde vært kjent ville man slippe å forholde seg til flere numre, avhengig av hvilken trafikkstyringsentral man er i nærheten av, og varsling ville gå rett til togledelsen.

I forhold til varsling av ulykken mener havarikommisjonen at to forhold er svært bekymringsfulle:

- 1) Det tok 12 minutter før togleder kom igjennom til rett instans hos 112.
- 2) Det var svært vanskelig å forklare operatøren på 112 hvor Nykirke stasjon er, siden stedet ligger uveis til og ikke er en tradisjonell stasjon for reisende, men en kryssingsstasjon.

Ved varsling av alvorlige ulykker har Jernbaneverket innledningsvis i sin instruks at nærmeste trafikkstyringsentral (togleder) kontaktes, og denne varsler 112 eller Hovedredningsentralen. I de mer konkrete aksjonene i varslingsrutinen endres dette til å bli opp til togleder å vurdere hvilken nødetat som skal varsles, avhengig av typen hendelse. I dette tilfellet ble 112-opkallet rutet til Buskerud siden dette er nærmeste 112-sentral for togledersentralen i Drammen. Da 112 skulle overføre oppringingen til operasjonssentralen i Vestfold, som rette områdeansvarlig, havnet togleder i en uprioritert kø som forsinket varslingen. Det ble fra 112-sentralen i Buskerud ikke kontrollert at togleder fikk svar hos sentralen i Vestfold. Totalt tok det 12 minutter før togleder fikk svar hos 112, noe havarikommisjonen mener er for lang tid.

Togleder visste antall ombord da vedkommende omsider kom igjennom til 112, men operatør hos 112 spurte ikke om dette, og fokus i den stressede situasjonen ble heller på problemet med veiforklaring. Følgelig var antall ombord ikke klart da 112 foretok sin trippelvarsling. Havarikommisjonen mener denne informasjonen kan være viktig for å kunne dimensjonere redningsarbeidet.

Mange 110-sentraler har implementert Jernbaneverkets kartgrunnlag, noe 112 ikke har, og heller ikke vil ha gjennomført innenfor rimelig tid (se planlagte tiltak i kap. 5.2.1). Etter havarikommisjonens oppfatning bør Jernbaneverket vurdere om 110 er bedre rustet til å plassere ulykken geografisk med tanke på å gi veiforklaring til andre nødetater. Ved denne hendelsen hadde 110-sentralen i Drammen tatt inn jernbaneverkets kartgrunnlag. De var derfor raskt i stand til å fastslå kartreferanser for ulykkesstedet, noe bl.a. redningshelikoptre krever. Havarikommisjonen mener at Jernbaneverket må undersøke hvilke av 110-sentralene som har tatt i bruk kartgrunnlaget, og dette bør også politiet vite.

I tillegg til å inneha kart spiller 110 en vesentlig rolle i forhold til sikring av skadested ved jording av kontaktledningsanlegget, noe som taler for at det er en fordel at disse får snakke direkte med ansvarlig togleder hos Jernbaneverket. Selv om 112, 113 får beskjed om at strømmen er tatt av Jernbaneverkets personell, har disse i sine instruksjoner at de ikke skal nærme seg skinnegang og kontaktledningsanlegg før brannvesenet har utført jording. Brannvesenet skal jevnlig utføre trening på denne oppgaven.

Ulykken ved Nykirke viste at et oppkall til 112 kan havne i uprioritert kø ved overflytning mellom to sentraler, mens det hos 110 generelt er bedre kapasitet til å ta i mot anrop siden disse ofte har færre telefonoppringninger enn 112. Siden togledelsen vil befinne seg geografiske sett et annet sted enn ulykken, vil man nesten alltid oppleve at

nærmeste nødetat som varsles må overføre samtalen til en annen instans som er nærmere ulykken.

Uavhengig av hvilken nødetat som skal være prioritert varslingsinstans for Jernbaneverket, mener havarikommisjonen at 112 må gjennomgå sine systemer for overføring av telefonoprop, slik at innringer ikke slippes før kontakt med riktig sentral er oppnådd. Det er også vesentlig at henvendelser av denne typen ikke settes i en uprioritert kø ved overføring. I følge 110-sentralen i Drammen arbeides det med å få til prioritert linje mellom de ulike 110-sentralene, men de har ikke opplevd at en annen 110-sentral bruker tid på å besvare en henvendelse. Til sammenlikning er det vanlig praksis ved landets 113-sentraler å sitte i såkalt “medlytt” inntil innringer får svar hos neste 113-sentral.

I de aller fleste tilfeller byr det på lite problemer å forklare nødetater hvor en ulykke har skjedd, men i denne hendelsen var det vanskelig. Jernbaneverkets kart ble ikke benyttet, både fordi det nylig var gjort tilgjengelig, men også fordi det oppleves som en “tidstyv” i en varslingssituasjon. I utgangspunktet ligger ulykkesstedet uveis til, men personell fra Jernbaneverkets banedivisjon bidro godt med å vise utrykningskjøretøyene til ulykkesstedet. Tilfeldigheter gjorde også at en gårdsvei ned til ulykkesstedet hadde blitt brøytet noen dager i forveien.

Havarikommisjonen mener flere faktorer i selve redningsarbeidet fungerte tilfredsstillende. Sikkerheten på stedet ble raskt avklart ved at togledelsen umiddelbart gjorde kontaktledningen strømløs og brannvesenet jordet stedet. Redningsetatene var lokalisert relativt nært til ulykkesstedet, og da de først kom frem via lokalkjente ble skadestedet godt organisert og de skadde raskt evakuert.

4. KONKLUSJON

Havarikommisjonen har gjennomført en sikkerhetsundersøkelse for å belyse hvordan for svake barrierer kan føre til en ulykke av denne størrelsen. Undersøkelsen har vist at det ikke finnes noen tekniske barrierer som kan fange opp at et tog ikke innleder hastighetsreduksjon i tide på en strekning med DATC (delvis hastighetsovervåking).

Basert på havarikommisjonens undersøkelser regnes den utløsende faktoren til ulykken at toget hadde for høy hastighet på strekningen. Fører hadde oversett en varslet hastighetsreduksjon fra 130 km/t til 70 km/t, slik at bremsing ble innledet for sent. Hva som førte til at fører ikke oppfattet signalet om hastighetsnedsettelse, er ikke endelig fastslått. Havarikommisjonen vurderer det som sannsynlig at tilstrekkelig fartsreduksjon før kurven kunne ha vært oppnådd ved nødbrems, men det forutsetter et optimalt handlingsmønster i en situasjon der det endelige utfallet inntil ulykken har vært ansett som usannsynlig og heller ikke inngår i førers normale opplæring.

Havarikommisjonen har vurdert potensielle distraksjonskilder, men har ikke funnet noen som med sikkerhet kan knyttes til at fører overså skiltet. Det har vært vurdert om henvendelser fra prosjektet, fra testpersonell ombord eller informasjon fra togets systemer har forstyrret fører, men havarikommisjonen har ikke funnet bekreftelser på dette. For å unngå tilsvarende ulykker må man rette fokus mot steder med samme risikopotensiale. I mangel på FATC (full hastighetsovervåking) mener havarikommisjonene at Jernbaneverket må se på muligheten for å sette inn tilstrekkelig og uavhengige barrierer der det er nødvendig.

DATC har ikke hastighetsovervåking. Når et tog skal kjøre en banestrekning med varierende hastighetsklasser, er rutinen å stille inn ATC med største tillatte hastighet (STH) for hele strekningen, selv om størsteparten av strekningen har lavere tillatt hastighet enn dette. Som første steg vil ATC gi et varsel i form av lys- og lydvarsel til fører når hastigheten overstiger innstilt hastighet (STH). Havarikommisjonen mener man burde vurdere om det ville være hensiktsmessig å benytte denne overvåkningsmuligheten i DATC-områder.

I mangel av tekniske barrierer som kan gripe inn mot overhastighet, overlates mye av ansvaret til førers strekningskunnskap. Havarikommisjonen mener denne ulykken illustrerer hvor viktig det er at kravet til slik kunnskap er tydelig, og at det er etablert systemer for å kontrollere om den er tilstrekkelig.

Jernbaneverket har et direktenummer (1200) til togledersentralene på GSM-R nettet som personalet ombord i et tog kan ringe fra sine håndholdte togradioer (OPH), og som tar dem til nærmeste trafikkstyringsenhet på samme måte som hos nødetatene. Dette gjør at man slipper å forholde seg til flere numre avhengig av hvilken trafikkstyringsentral man er i nærheten av. Etter havarikommisjonens erfaringer er dette kortnummeret i liten grad kjent hos enkelte jernbaneforetak.

Havarikommisjonen mener Jernbaneverket også bør vurdere hvilken nødetat som bør få første varsel av ulykker basert på deres rolle på ulykkesstedet, samt evne til å omsette jernbanens kilometerangivelse til normale kartreferanser. Det vil også være av vesentlig betydning at togledersentralene i Jernbaneverket etablerer gode samarbeidskanaler med sine lokale nødetater for å unngå unødige forsinkelser og misforståelser.

I den nye førerforskriften er det innført nye krav til oppfølging og kontroll av personalets kunnskap. Havarikommisjonen har forventninger til effekten av at kravene er endret og har valgt ikke å fremme en sikkerhetstilråding knyttet til strekningskompetanse så tett etter en forskriftsendring. Dette anses ikke som hensiktsmessig før man ser resultatene av endringen.

NSB AS' omorganisering i 2011 hadde ikke blitt implementert ut i de operative leddene i organisasjonen. Havarikommisjonen vurderer imidlertid at dette ikke innvirker på det endelige undersøkelsesresultatet. Føreren var i følge NSB AS' papirer kvalifisert for å føre toget på Vestfoldbanen, uavhengig av selskapets organisasjonsform. Førerne hadde ansvarsforholdet for togfremføringen klart definert seg imellom og personalet utførte tjenesten slik den var etablert for test- og prøvekjøringen av NSB type 74.

5. PLANLAGTE OG UTFØRTE TILTAK

5.1 Gjennomførte tiltak

5.1.1 NSB AS

Havarikommisjonen er av NSB AS gjort kjent med at deres interne undersøkelse av ulykken avdekket flere forhold hvor det nå er gjennomført endringer.

NSB AS identifiserte fire hastetiltak:

- *Det iverksettes umiddelbart en gjennomgang av styrende dokumenter og prosedyrer relatert til bestilling av ruteleie, utvelgelse av personell og tjenestefordeling til gjennomføring av Test og prøvekjøring i NSB Persontog.*

Det må sikres at bemanning av togene gjennomføres på en måte som sikrer at ansvarlig enhet for togframføring i Test og prøvekjøringsperioden har full styring og kontroll.

- *Det iverksettes umiddelbart en gjennomgang av tildelt autorisasjon av strekningskompetanse for lokførerpersonell ved Test og prøvekjøring av Type 74 i NSB Persontog ihht krav.*

Det må sikres at fullverdig strekningskompetanse til enhver tid er tilstede.

- *Det iverksettes umiddelbart en gjennomgang av styrende dokumenter og at prosedyrer etterleves relatert til adgang i førerrom ved Test og prøvekjøring i NSB Persontog.*

Det må sikres at kun autorisert / godkjent personell er til stede i førerrom ved togframføring i Test og prøveperioden bla ved gjennomføring av utvidet konferanseplikt som skal bidra til at arbeidsforholdene for lokomotivfører tilrettelegges på best mulig måte.

- *Det iverksettes umiddelbart en gjennomgang av ansvars- og myndighetsforhold i grensesnittet mellom 1) Anskaffelsesprosjektet, 2) DROPS, 3) Materiell og 4) Linjeorganisasjonen ansvarlig for togframføring.*

Dette med tanke på å sikre at transportledelse, ansvarlig ledelse, prosjektet og alle om bord i toget er kjent med ansvars og myndighetsgrensesnittene ved bemanning og togframføring i Test og prøvekjøringsperioden.

Andre tiltak:

- *Gjennomgang av styrende dokumenter, prosedyrer, verktøy, og funksjonsbeskrivelser (.....) viser at de styrende dokumenter må endres ihht den ansvars og myndighetsdistribusjonen som er overordnet beskrevet i LD-00006 kap. 4.3.*
- *Prosessen forut for endelig godkjenning av styrende dokumenter og iverksettelse av disse gjennom innleggelse i LOS gjennomgås for å sikre at nødvendig kvalitetssikring av dokumentene blir gjennomført. De kritiske grensesnitt / leveranser i prosessen må reflekteres i de prosedyrer som til enhver tid gjelder for dokumentstyring i NSB Persontog.*
- *Det iverksettes en gjennomgang av de banestrekningene Persontog trafikkerer for å identifisere om det er hastighetsnedsettelse tilsvarende den ved Nykirke og sjekke ut om de eksisterende overordnede risikovurderinger for operativ drift ivaretar dette fareelementet.*
- *Representanter for NSB Persontog initierer en dialog med Jernbaneverket for å se på mulighetene til å innføre balisesikring av hastighetsnedsettelse større enn en definert verdi.*

5.1.2 Jernbaneverket

5.1.2.1 *Hastighetsnedtrapping*

Jernbaneverket har med virkning fra 1.7.2012 endret i sitt tekniske regelverk (<https://trv.jbv.no/wiki/Hovedside>) i forhold til bruk av Signal 68 A «Nedsatt kjørehastighet» (Figur 16). Det skal nå tas hensyn til store hastighetsnedsettelse på strekninger uten FATC ved bruk av trinnvis nedtrapping av hastighet:

Anvendelsesområde

Angir høyeste tillatte kjørehastighet på linjen og i hovedtogspor. Kjørehastigheten skal settes ned til det som er angitt på signalet.

Høyeste tillatte hastighet (km/h) er tallet på signalet multiplisert med 10. Et lite 5-tall øverst til høyre i tillegg til det store tallet betyr 5 km/h høyere hastighet.

Plassering

Skiltet skal settes opp så langt foran det punktet hastighetsnedsettelsen gjelder fra at den kan gjennomføres, se [Signal/Prosjektering/ATC/Vedlegg a: Målavstandstabeller](#).

For strekninger uten hastighetsovervåkning gjelder:

For hastighetsreduksjoner større enn eller lik 50 km/h der utgangshastigheten er høyere enn eller lik 100 km/h, skal hastigheten nedtrappes i to trinn eller det skal settes opp et repeterskilt.

- *Utførelse for repeterskilt: Repeterskilt plasseres 100-200 meter etter hastighetsskiltet.*
- *Utførelse for nedtrapping: Hvert trinn skal redusere det halve av hastighetsreduksjonen.*

Skiltet plasseres som regel på høyre side av sporet i én av følgende anlegg:

- *ca. 3 m høy stolpe*
- *lyssignal*
- *åk*

5.1.2.2 Skilting

I følge Jernbaneverket er ikke strekningsanalysen endret i etterkant av hendelsen, men man har forsøkt å skaffe en oversikt over tilsvarende mangler i skilting andre steder i baneområdet, med mål om en samlet plan for utbedring av skilt. Det er avdekket at det mangler tilsvarende skilt v/Kobbervik stasjon og Eiksrud stasjon, men arbeidet er ikke ferdigstilt. Baneområdet utarbeider derfor en skiltplan som kun gjelder Nykirke. Parallelt klargjøres det for montasje av skilter og det utarbeides forslag til S-sirkulære som blir sendt til intern godkjenning.

Jernbaneverket opplyser i S-sirkulære 180-2012 at det fra 4.1.2013 er satt opp følgende hastighetssignaler:

- Signal 68B "Økt hastighet" er satt opp ved km. 92,205 for tog i retning Holmestrand. Signalet viser "7" (70 km/t).
- Signal 68D "Markeringsmerke" er satt opp ved km. 92,943 for tog i retning Holmestrand.
- Signal 68A "Nedsatt hastighet" er satt opp ved km. 93,733 for tog i retning Holmestrand. Signalet viser "10" (100 km/t).

Flytting av hastighetssignal:

Signal 68A "Nedsatt hastighet" er flyttet fra km. 93,341 til km. 92,843 for tog i retning Holmestrand. Signalet viser "7" (70 km/t).

5.1.2.3 Varsling

Så vel Politidirektoratet (POD) som JBV så i etterkant av ulykken på Nykirke nødvendigheten av å samhandle omkring forhold relatert til varsling av ulykker, og det ble avholdt et møte mellom POD, DSB og JBV den 16.5.2012. Det ble der enighet om følgende:

- Politi underrettes som første instans når ulykker inntreffer (disse foretar trippelvarsling)
- JBV oversender POD et kartbilde som tilkjenner jernbanenettet i Norge, dette for at POD skal anføre direktenummer til respektive operasjonssentral hvor ulykken har skjedd, dette nummeret skal brukes av togledelsen. (Pr. i dag er det en svakhet i forbindelse med viderekobling når Jernbaneverket bruker 112, da man ikke får til prioritering av anrop ved viderekobling/dersom ulykken skjer i geografisk område som sorterer inn under annen operasjonssentral en det varsles til, - da havner man inn i en uprioritert kø).

Trafikksjefene i Jernbaneverket har etter ulykken repetert fokus for sine ansatte på bruken av det elektroniske kartverket for lettere å kunne gi veiforklaringer.

Jernbaneverket har avsatt en kompetansedag for alt operativt personale i trafikk som ble avholdt i oktober/november. Et av temaene på kompetansedagen var beredskap/handlemåte ved ulykker/uhell, og tilløp til sådanne. For å sikre at personalet har god kontroll på de oppgaver som tilligger Jernbaneverket når uhell/ulykker inntreffer ble "Instruks for varsling av ulykker/uhell (STY601061)" gjennomgått, og det ble også foretatt en gjennomgang av bruken av det elektroniske kartverket, - dette for å sikre at alt berørt personale har gode kunnskaper om dette til bruk i senere nødsituasjoner.

5.2 Planlagte, ikke gjennomførte tiltak

5.2.1 Jernbaneverket

I følge Jernbaneverket holder Politidirektoratet (POD) p.t. på med å merke politigrensedistrikter basert på oversendt kartbilde, men Jernbaneverket har fått beskjed fra POD om at arbeidet vil ta tid, ikke minst pga. oppfølgingsaker etter 22/7-kommisjonens rapport.

POD har også lovet at de skal sørge for at det blir tilrettelagt for varslingsmottak som har oppmerksomhetsprioritering tilsvarende 112 overfor operasjonssentralen som kan bli berørt. POD har imidlertid en utfordring knyttet opp mot dette, ettersom man opererer med både ny og gammel teknologi.

POD har opplyst til Jernbaneverket at de p.t. ikke har mulighet til å implementere kartkoordinater med angivelse av jernbanekilometer. Dette pga. at politiets kartløsninger er basert på et annet system enn det 110 har. POD skal derfor få politiets data- og materielltjeneste (PDMT) til å se nærmere på om/hvordan dette skal løses.

Jernbaneverket arbeider med å oppdatere beredskapsplanverket, mer spesifikt, - *“Instruks for varsling av ulykker/uhell (STY601061)”* samt varslings skjemaer for trafikkstyringssentralene. Noen sentraler har allerede tatt i bruk direktenummer til operasjonssentralen hos politiet som eier ulykken.

6. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Statens havarikommisjon for transport fremmer følgende sikkerhetstilråding¹

Sikkerhetstilråding JB nr. 2013/02T

Ved enden av krysningssporet på Nykirke stasjon reduseres strekningshastigheten fra 130 km/t til 70 km/t før et kurvet parti. Togets hastighet var da for høy til å klare kurven, og samtlige fem vogner i toget sporet av og traff fjellveggen på venstre side av sporet. Det meste av det norske jernbanenettet er ikke utstyrt med overvåkning av hastighet som kan gripe inn hvis et tog kjører for fort i forhold til linjehastighet.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Statens jernbanetilsyn å pålegge Jernbaneverket å kartlegge stedene der store hastighetsreduksjoner kan utgjøre en fare i forbindelse med kurver, og implementere tilstrekkelige barrierer som bedre sikrer de store hastighetsnedsettelsene.

Statens Havarikommisjon for Transport

Lillestrøm, 12.februar 2013

¹ Undersøkelserapport oversendes Samferdselsdepartementet, som treffer nødvendige tiltak for å sikre at det tas behørig hensyn til sikkerhetstilrådingene, Jf. forskrift 31. mars 2006 nr. 378 om offentlige undersøkelser av jernbaneulykker og alvorlige jernbanehendelser m.m. (jernbaneundersøkelsesforskriften) § 16.

REFERANSER

- [1] Ursin, H and Zahl-Begnum, O. H. (1993). Biologisk psykologi. Oslo, Tanum-Norli
- [2] “ERTMS – orientering om regjeringens beslutning”, brev til Jernbaneverket fra Samferdselsdepartementet, 26.11.2012
- [3] “PR-00109 Strekningskunnskap for togpersonalet i NSBs tog under togframføring og på stasjon”, rev. 4, datert 3.6.2011
- [4] “VK-00322 Strekningskompetanse Regiontog Skien – Drammen”, rev. 2, datert 25.1.2012

VEDLEGG

VEDLEGG A – UNDERSØKELSER AV BOGGIER

VEDLEGG B – VÄLTNINGSBERÄKNINGAR FÖR NSB FORDON TYP 74, 70, 72 OCH 5

VEDLEGG C – KOMMUNIKASJON

VEDLEGG A – UNDERSØKELSER AV BOGGIER

1. UNDERSØKELSER AV BOGGIER

1.1 Metode

Undersøkelsen ble utført som en visuell inspeksjon av boggiene etter at disse var flyttet fra havaristedet og plassert på gulvplanet i hall E på Sundland verkstedområde. Inspeksjon av boggiene foregikk den 23. og 24. februar 2012.

Inspeksjonen ble utført uten å demontere komponenter. Tilstanden på boggiene ble dokumentert ved fotos og det ble ført protokoll over observerte skader.

Hjulprofilene for hjulene i boggi betegnet MB7 (første boggi i togets fartsretning) ble besluttet oppmålt. Hjulprofilene på de øvrige boggiene ble under besiktigelsene den 23. og 24. februar vurdert visuelt til ikke å avvike signifikant fra profilene for MB7.

Oppmåling av hjulprofilene i boggi MB7 (akselposisjon 14 og 13) ble foretatt av representant for Stadler. Resultatene ble oversendt til SHT i epost datert 08.03.12.

Både de enkelte skadene og det samlede skadebildet ble vurdert med sikte på å avgjøre om de observerte skadene var følgeskader eller ikke.

1.2 Konklusjon

Ved gjennomgang og vurdering av skadene på boggiene ble det ikke funnet skader eller feil som kan antas å ha vært til stede før avsporingen. Alle de observerte skadene kan forklares som en følge av togets bevegelser etter avsporingen, eller som følge av demontering og transport av boggiene fra ulykkesstedet til verkstedet Sundland.

1.3 Begrensninger/usikkerhet

For drivakslene hindrer drevkasse, elastiske koplinger og kraftoverføring inspeksjon av hele akselen. Eventuelle initiale feil i disse ville imidlertid gitt andre observerbare feil. Slike ble ikke funnet.

For noen av de observerbare skadene kan det ikke med sikkerhet avgjøres om skaden skyldes avsporingen eller den senere demonteringen av boggiene og transporten til verkstedet. Dette er uansett sekundært for oppdraget, men må tas med i betraktningen dersom skadebildet på boggiene skal nyttes til å tolke hendelsesrekkefølgen.

1.4 Besiktigelsesprotokoll

Observerte skader er listet pr boggi med referanse til standard boggibetegnelse og akselposisjonsbetegnelse. Det skilles mellom skader på venstre og høyre side i togets fartsretning. Ved avsporingen gikk toget med boggi MB7 som ledende boggi og akselposisjon 14 som ledende aksel. Toget sporet av mot venstre i fartsretningen.

1.4.1 Boggi nr. 64-022 MB 7 første boggi i fartsretning

1.4.1.1 *Generelt:*

- Skrapeskader på boggivange venstre side etter kontakt med terreng.
- På høyre side er det skader på demperne.
- Alle 4 sikringswire mellom bolster og boggiramme er slitt av
- Begge luftbelger ser intakte ut
- Fremre venstre og bakre høyre sideanslag for boggien er skadet (knust)
- Bruddstykket X5 kan passe i posisjonen for bakre høyre sideanslag
- Fremre venstre og bakre høyre lenk arm til torsjonsstag har skader på øvre oppheng
- Begge banemotorene er tilsynelatende uskadet

1.4.1.2 *Akselposisjon 14:*

- Hjulskivene har sår etter kontakt med terreng (spesielt på flensen)
- Aksel og akselhylse med elastiske elementer tilsynelatende uskadet
- Drevkassen ok
- Bremseskiver, klosser og holdere ok på begge sider
- Akselkasselokk på venstre side er slått av
- Pusseklosser ok på begge hjul

1.4.1.3 *Akselposisjon 13*

- Vestre hjul: slagmerker etter kontakt med terreng
- Høyre hjul: bare mindre skader
- Akselhylse har brudd ved den venstre elastiske koplingen.
- Venstre elastiske kobling har merker etter kontakt sannsynligvis med en skinne.
- Ingen observerbare skader på aksel inne i hylsen, observert gjennom sprekkene i hylsen. Ikke demontert for videre undersøkelse
- Drevkassen har mindre lakkskader
- Bremseskiver, klosser og holdere ok på begge hjul
- Pusseklosser ok på begge hjul



Figur 1: Boggi nr. 64-022 MB 7.

1.4.2 Boggi nr. 62-023 JTB 6 andre boggi i fartsretning

1.4.2.1 *Generelt:*

- Moderate skrapeskader på boggivange venstre side.
- Slitasjeskader og lakkskader etter kontakt med pukke i underkant på venstre side.
- Sikkerhetswire er slitt av i posisjon venstre fremme og høyre bak
- Mindre merker i sideanslag begge sider
- Bakre venstre luftbelge har klemskade, de øvrige er tilsynelatende intakt
- Magnetskinnebrems venstre side har store lakkskader etter kontakt med pukke

1.4.2.2 *Akselposisjon 12*

- Små lakkskader på aksel
- Moderate til små skader på hjulbanen begge hjul
- Bremseskiver ok på begge hjul
- Mangler bremsekloss på venstre hjul innside, men ingen slitasjemerker på klossholder.
- Nedre ytre feste for bremsesyliner er knekt etter kontakt med terreng.

1.4.2.3 *Akselposisjon 11*

- Aksel tilsynelatende uskadet
- Moderate til små skader på begge hjul
- Bremseskiver ok på begge hjul
- Ytre bremseklossholder (og kloss) borte på venstre side
- Bremsklosser ok på høyre side og indre venstre side ok.



Figur 2: Boggi nr. 62-023 JTB 6.

1.4.3 Boggi nr. 62-022 JTB 5 tredje boggi i fartsretningen

1.4.3.1 *Generelt:*

- Moderate skrapeskader på boggivange venstre side
- Alle 4 sikringswire er slitt av
- Sideanslag for boggi knust eller skadet på begge sider, men mest på høyre
- Bakre venstre topp på luftbelger er borte
- Bakre høyre topp på luftbelg er revet løs fra vognkassen
- Alle støtdempere er skadet
- Fremre feste for magnetskinnebrems venstre side er deformert
- Lakkskader på magnetskinnebremsene, mest på venstre side

1.4.3.2 *Akselposisjon 10*

- Aksel tilsynelatende uskadet
- Moderate skader på løpebane og flens på begge hjul
- Bremseskiver klosser og holdere ok på begge sider.
- Akselkasselokk på venstre side er slått av

1.4.3.3 *Akselposisjon 9*

- Aksel tilsynelatende uskadet
- Grove slagskader på venstre hjul, ytterkant
- Moderate skader på høyre hjul
- Bremseskiver, klosser og klossholdere ok på begge hjul
- Løftesikring venstre side brukket og bøyd
- Slitasjemerker etter kontakt med terreng/pukk under akselkasse venstre side



Figur 3: Boggi nr. 62-022 JTB 5.

1.4.4 Boggi nr. 64-023 MB 4

1.4.4.1 *Generelt:*

- Skrapeskader på boggivange venstre side
- Mindre kontaktskader på høyre side
- Høyre belg for luftfjæring ute av posisjon, men tilsynelatende hel
- Venstre belg tilsynelatende ok
- Dempere mellom bolster og boggiramme deformert på venstre side, ødelagt på høyre side
- Fremre venstre sikringswire ok, de øvrige 3 er slitt av
- Fremre sideanslag på begge sider er knust og borte
- Bakre sideanslag på venstre side er knust og delvis borte
- Bakre sideanslag høyre side er skadet
- Bakre lenkarm høyre side har bare lakkskader, de øvrige 3 er slitt løs fra festene
- Bolsteret ligger skjevt, heller mot venstre side og er trykket forover på høyre side

1.4.4.2 *Akselposisjon 8:*

- Aksel, akselhylse og elastiske koplinger er tilsynelatende uskadet
- Drevkassen har lakkskader på undersiden
- Mindre skader på hjul begge sider
- Bremseskiver, klosser og klossholdere ok på begge hjul
- Pusseklosser ok på begge hjul
- Understykke for akselkasse mangler på venstre side
- Akselkasselokk borte på venstre side
- Løftesikring slitt av og deformert på begge sider
- Banemotor tilsynelatende uskadet

1.4.4.3 *Akselposisjon 7:*

- Aksel, akselhylse og elastiske koplinger er tilsynelatende uskadet
- Drevkassen tilsynelatende uskadet
- Mindre skader på hjul begge sider
- Bremseskiver, klosser og klossholdere ok på begge hjul
- Pusseklosser ok på begge hjul
- Løftesikring venstre side defekt
- Akselkasselokk høyre side er skadet
- banemotor tilsynelatende uskadet men kabler og rørforbindelse til vogn er slitt av
- kjøleluft inntak er deformert



Figur 4: Boggi nr. 64-023 MB4.

1.4.5 Boggi nr. 60-008 TB3

1.4.5.1 *Generelt:*

- Moderate skrapeskader på boggivange, venstre side
- Bolster flyttet bakover på venstre side og forskjøvet mot høyre
- Venstre belg ute av posisjon, høyre ok
- Alle 4 sikringswire er slitt av
- Bakre venstre sideanslag knust, feste deformert
- Bakre høyre sideanslag har mindre kontaktskade
- Fremre høyre sideanslag er uskadet
- Fremre venstre sideanslag er knust og borte, festet er deformert
- Alle 4 lenk armer er intakte
- Skrapeskader på magnetskinnebrems venstre side

1.4.5.2 *Akselposisjon 6:*

- Mindre lakkskader på aksel
- Minimale skader på begge hjul
- Indre bremsekloss på begge hjul er borte, ingen slitasjemerke på holderne
- Bremseskiver, klossholdere og øvrige klosser er ok
- Skader på akselkasselokk venstre side

1.4.5.3 *Akselposisjon 5:*

- Aksel tilsynelatende uskadet
- Indre bremsekloss høyre side mangler, ingen slitasjemerke på holderne
- Bremseskiver, klossholdere og øvrige klosser er ok
- Minimale skader på begge hjul



Figur 5: Boggi nr. 60-008 TB3.

1.4.6 Boggi nr. 62-024 JTB 2

1.4.6.1 *Generelt:*

- Skrapeskader på boggivange venstre side etter kontakt med terreng
- Høyre side er stort sett uskadet
- Magnetskinnebrems på venstre side har hatt kontakt med pukk
- Fremre feste for torsjonsstag synes revet løst på begge sider
- Bakre feste for torsjonsstag synes revet løs på venstre side, høyre side virker demontert under berging
- Alle 4 sikringswire er slitt av
- Samtlige luftbelger var demontert eller falt av

1.4.6.2 *Akselposisjon 4:*

- Moderate (lakk-)skader på aksel
- Moderate skader på hjulene på begge sider
- Ytre venstre bremsekloss mangler, ingen slitasjemerker på klossholder
- Bremseskiver, klosser og klossholdere for øvrig var ok
- Akselkasselokk på venstre side er revet av

1.4.6.3 *Akselposisjon 3:*

- Mindre ripe- og lakkskader på aksel
- Store slagskader på venstre hjul utside
- Små skader på høyre hjul
- Bremseskiver, klosser og klossholdere ok på begge sider.



Figur 6: Boggi nr. 62-024 JTB 2.

1.4.7 Boggi nr. 64-025 MB 1 bakerste boggi

1.4.7.1 *Generelt:*

- Skrapeskader på boggivange venstre side
- Begge luftbelger tilsynelatende ok
- Fremre venstre sikringswire er intakt
- Øvrige 3 sikringswire er slitt av
- Fremre venstre sideanslag knust
- Fremre høyre sideanslag knust og borte
- Bakre sideanslag skadet begge sider
- Fremre lenkarmer har skader øverst begge sider
- Bakre lenkarmer har bare mindre skader øverst begge sider
- Feste for skinnerydder deformert på venstre side

1.4.7.2 *Akselposisjon 2:*

- Aksel, akselhylse og elastiske koplinger tilsynelatende ok
- Drevkasse tilsynelatende ok
- Venstre hjul har små skader, høyrehjul har minimale skader
- Bremseskiver, klossholdere og klosser på begge hjul
- Pusseklosser ok
- Mindre slitemerker under venstre akselkasse
- Banemotor tilsynelatende uskadet

1.4.7.3 *Akselposisjon 1:*

- Aksel, akselhylse og elastiske koplinger tilsynelatende ok
- Drevkasse tilsynelatende ok
- Begge hjul har minimale skader
- Bremseskiver, klossholdere og klosser på begge hjul
- Mindre slitemerker under venstre akselkasse
- Banemotor tilsynelatende uskadet



Figur 7: Boggi nr. 64-025 MB 1.

1.5 Sammenstilling av noen av de observerte skadene

Akselpoisjon		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Venstre side	Hjul	minimale skader	små skader	Store slagskader	moderate skader	minimale skader	minimale skader	mindre skader	mindre skader	Grove slagmerker	moderate skader	Små skader	moderate skader	Slagmerker	skadet
	Lenker	mindre skader	skader øverst	slitt løs	slitt løs	intakt	intakt	lakkskader	slitt løs					ok	skadet øverst
	Wire	slitt av	intakt	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	ok	slitt av	slitt av	ok	slitt av	slitt av	slitt av
	Sideanslag	skadet	knust			knust, feste deformert	knust, feste deformert	knust, delvis borte	knust, delvis borte	skadet	skadet			ok	knust
	Boggivange	Skrapeskader		Skrapeskader		moderate skrapeskader		Skrapeskader		Moderate skrapeskader		Moderate skrapeskader		Skrapeskader	
Boggi	MB 1			JTB 2			TB 3		MB 4		JTB 5		JTB 6		MB 7
Høyre side	Boggivange	stort sett uskadet		stort sett uskadet		stort sett uskadet		små skader		små skader		små skader		Skader på dempere	
	Sideanslag	skadet	knust og borte			Mindre kontaktskad	uskadet	skadet	knust, delvis borte	mer skadet	mer skadet			knust	ok
	Wire	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	ok	slitt av	slitt av
	Lenker	mindre skader	skader øverst	demontert	slitt løs	intakt	intakt	slitt løs	slitt løs					skadet øverst	ok
	Hjul	minimale skader	minimale skader	små skader	moderate skader	minimale skader	minimale skader	mindre skader	mindre skader	moderate skader	moderate skader	små skader	moderate skader	mindre skader	skadet

SAMMENSTILLING AV NOEN AV DE OBSERVERTE SKADENE

1.6 Referanse til øvrig dokumentasjon

I forbindelse med arbeidet har man også gjennomgått og støttet seg på følgende dokumenter:

«Rules for representation, NSB coach designation»; Stadler/NSB: gir en oversikt over betegnelser for vogner, boggier og akselposisjoner.

Tekniske tegninger mottatt i epost fra Stadler datert 29.februar 2012:

- BU_1196331 Motordregegestell MDG1
- BU_1314340 Motordregegestell MDG4
- BU_1248457 Laufdregegestell
- BU_1248457 Jacobdregegestell JDG2+6
- BU_1182091 Jacobdregegestell JDG5

Beskrivelser av boggiene mottatt i epost fra Stadler 08. mars 2012:

- NSB Dok.nr: A-61071-VD-02090; Rev. 1: Product description Motor bogie
- NSB Dok.nr: A-61071-VD-02091; Rev. 1: Product description Trailer bogie
- NSB Dok.nr: A-61071-VD-02092; Rev. 1: Product description Jacobs trailer bogie

Måleresultater fra hjulmåling mottatt i epost fra Stadler 08. mars 2012:

- NSB train5-MB7 64-022-wheel measurement summary
- NSB train5-MB7 64-022 wheel measurement detailed

Vältningsberäkningar för NSB fordon Typ 74, 70, 72 och 5

Dokumentbeteckning : TS4631-0000-2-RES
utgåva 2 , UN

Datum : 2012-04-13

Sammanfattning

NSB har gett Interfleet Technology i uppdrag att beräkna de hjulomlastningar som uppträder vid exceptionella spårplansaccelerationer för olika fordonstyper.

Vältningsberäkningar har genomförts för fyra olika fordon; NSB typ 74, 70, 72 och 5. Beräkningarna är gjorda med fordonsdynamiska simuleringar, och fordonsmodeller har tagits fram med hjälp av fordonsdata erhållna från NSB och Stadler. Fokus har varit på att ge en korrekt beskrivning av de kvasistatiska värdena utifrån givna förutsättningar, och fordonsmodellernas komplexitet har anpassats för detta. Beräkningarna visar att de olika fordonstyperna har i princip likvärdiga marginaler mot vältningsrisk om man enbart ser till de kvasistatiska värdena.

Utöver de kvasistatiska vältningsberäkningarna har även dynamiska simuleringar genomförts för typ 74 med hjälp av uppmätta spårdata. Dessa beräkningar ställer betydligt högre krav på modelleringen de ingående fordonskomponenterna, varför onoggrannheten är betydligt större i dessa resultat. Längden på de spåravsnitt som har simulerats har dessutom varit mycket begränsad, varför det är svårt att göra några generella uttalande om dynamikens inverkan på vältningsrisken. Simuleringarna indikerar att det är möjligt att kortvarigt helt avlasta en boggi utan att fordonet välter.

Slutligen redovisas kvasistatiska spårkrafter, ΣY , Y/Q och Y för typ 74 som funktion av spårplansacceleration. Även i detta fall bör resultaten användas med försiktighet på grund av begränsningarna i den använda fordonsmodellen.

Titel : Vältningsberäkningar för NSB fordon Typ 74, 70, 72 och 5
Dokumentbeteckning : TS4631-0000-2-RES utgåva 2
Utgåva : 2
Datum : 2012-04-13

Ändringshistorik

Utgåva	Ändringsbeskrivning	Datum
1	Första utgåva	2012-03-30
2	Andra utgåva. Fel rättade, infört Figur 9 och Figur 14	2012-04-13

INNEHÅLL

Sammanfattning	2
Ändringshistorik	3
1. Inledning	5
1.1 Uppdrag	5
2. Bedömningskriterier	5
3. Förutsättningar.....	5
3.1 Simuleringsverktyg	5
3.2 Fordonsdata	5
3.3 Fordonskonfigurationer.....	6
3.4 Lastfall	7
3.5 Spårdata	7
3.6 Hjul/räl-kontakt.....	8
3.7 Simuleringsfall.....	8
4. Resultat.....	8
4.1 Kvasistatisk vältningsberäkning	8
4.2 Tyngdpunktens inverkan.....	10
4.3 Dynamisk vältningsberäkning för typ 74	11
4.4 Kvasistatiska spårkrafter för typ 74.....	15
5. Sammanfattning	15
6. Referenser	16
Bilaga 1: Spåravsnitt för dynamiska beräkningar	17
Bilaga 2: Typ 74, kvasistatiska η	18
Bilaga 3: Typ 70, kvasistatiska η	19
Bilaga 4: Typ 72, kvasistatiska η	20
Bilaga 5: Typ 5, kvasistatiska η	21
Bilaga 6: Typ 74, dynamiska η	22
Bilaga 7: Typ 74, kvasistatiska ΣY	24
Bilaga 8: Typ 74, kvasistatiska Y/Q	25
Bilaga 9: Typ 74, kvasistatiska Y	26

1. Inledning

NSB har gett Interfleet Technology i uppdrag att beräkna de hjulomlastningar som uppträder vid exceptionella spårplansaccelerationer för ett antal fordonstyper.

1.1 Uppdrag

Uppdraget är att beräkna vid vilken spårplansacceleration något fordon når vältningsgränsen. Beräkningarna görs i första hand vid ideala förhållanden, d.v.s. utan ytterligare dynamik p.g.a. spårfel eller ändring i spårgeometri. Fyra fordonstyper, motorvagnståg typ 74, typ 70, typ 72 samt personvagn typ 5 skall undersökas.

För typ 74 görs även en bedömning av dynamikens inverkan på vältningskriteriet.

För typ 74 skall dessutom de uppträdande kvasistatiska spårkrafterna vid dessa extrema förhållanden beräknas.

2. Bedömningskriterier

Bedömningskriterier för säkerheten mot vältning finns i TSD Höghastighet Rullande materiel [1] och EN 14067-6 [2] i samband med sidovindar, och i UIC 518-1 [3] i samband med godkännande av fordon för höga spårplansaccelerationer. I båda fallen är det, av naturlig orsak, graden av hjulavlastning på de innerhjulena i en kurva som avgör benägenheten för vältning.

I TSD och EN 14067-6 är bedömningskriteriet:

$$\Sigma Q_{\text{boggi_inner}}/Q_0 \leq 0.9$$

I UIC 518-1 är bedömningskriteriet:

$$\eta = [\Sigma Q_{\text{boggi_ytter}} - \Sigma Q_{\text{boggi_inner}}] / [\Sigma Q_{\text{boggi_ytter}} + \Sigma Q_{\text{boggi_inner}}] \leq 1.0$$

I båda kriterierna är krafterna på hjulena lågpasfilterade med en brytfrekvens på 1.5 Hz.

I denna rapport redovisas η som funktion av spårplansacceleration och hastighet.

3. Förutsättningar

3.1 Simuleringsverktyg

Vältningsberäkningarna har gjorts med hjälp av fordonsdynamiska simuleringar i simuleringsverktyget Gensys [4]. Tredimensionella modeller av de fyra olika fordonstyperna har tagits fram, där de olika fordonsdelarna, hjulaxlar, boggier och vagnskorgar, beskrivs som stela kroppar. Dessa är förbundna med fjädrar och dämpement för att motsvara den verkliga vagnen. Dessa modeller används sedan för att göra tidssimuleringar på några km långa spåravsnitt. Dessa är såväl ideala som baserade på uppmätningar av verkliga spår. De beräknade vertikalkrafterna mellan hjul och räl har utvärderats enligt bedömningskriterierna ovan.

3.2 Fordonsdata

Indata för fordonstyperna har erhållits av NSB och för typ 74 även från tillverkaren Stadler. Typ 74 har den mest kompletta fordonsdynamiska modellen. För övriga fordonstyper har denna grundmodell modifierats med avseende på fordonskonfiguration, massor, tyngdpunktslägen, primär- och sekundärstyheter och sekundärstopp.

Vagnskorgarnas tyngdpunktslägen i vertikal riktning har erhållits från NSB och Stadler. Tyngdpunktsläget i lateral riktning har för samtliga fordon antagits vara centrerat. För typ 5 FR5-1 vagnen är detta sannolikt inte korrekt. Layouten för denna vagn tyder på att tyngdpunkten har en signifikant förskjutning i lateral riktning.

Tyngdpunktsläget i longitudinell riktning har antagits ligga mitt i mellan boggierna för typ 70 och typ 5 medan de, för typ 74, beräknats med hjälp av överlämnad information från Stadler. För typ 72 har tyngdpunktsläget i longitudinell riktning i ändvagnarna antagits vara snarlikt motsvarande vagnar i typ 74 medan det för mellanvagnarna antagits ligga centrerat mellan boggierna.

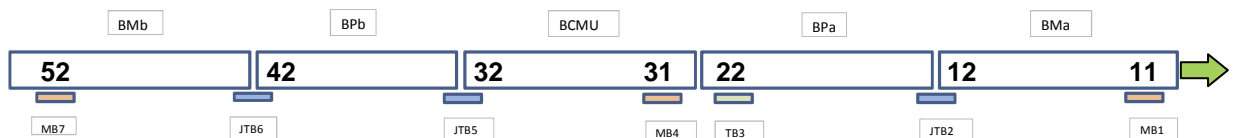
Fordonskopplarna mellan vagnarna är modellerade på ett förenklat sätt med enbart ett bussningselement. För de vagnsändar som inte är förenade med jacobsboggier kan denna förenkling påverka de simulerade spårkrafterna i lateral led. Detta gäller i synnerhet för Typ 70, vilken har olika boggiavstånd för BFM och B-vagnarna. Däremot påverkas vertikalkrafterna i betydligt mindre omfattning, varför förenklingen inte bedöms påverka slutsatserna av vältningsmodellerna. För typ 70 och typ 5 har beräkningar gjorts även utan koppel och detta bekräftar denna slutsats.

Utformning och modellering av de laterala och vertikala sekundära stoppen inverkar på resultaten vid dessa höga spårplansaccelerationer. Osäkerheter i beskrivningen av dessa stopp ger en osäkerhet i framförallt de dynamiska beräkningarna.

3.3 Fordonskonfigurationer

3.3.1 Motorvagn typ 74

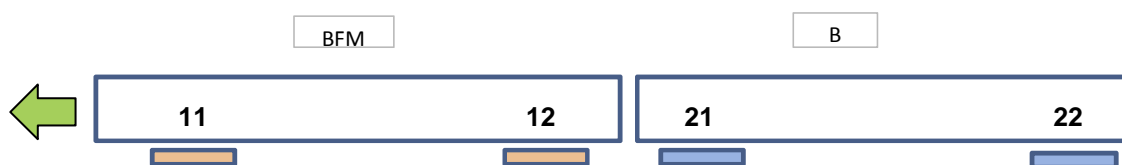
För typ 74 har ett helt 5-vagnars tågsätt simulerats. Fordonet har både jacobsboggier och konventionella boggierna, även som mittboggier. Den använda fordonskonfigurationen visas i Figur 1.



Figur 1. Simulerad fordonskonfiguration för NSB Typ 74. Den i rapporten använda bogginummereringen och färdriktningen framgår av figuren.

3.3.2 Motorvagn typ 70

För typ 70 har endast de två främsta vagnarna, BFM och B, beräknats. Övriga vagnar inklusive manöverbagnen bedöms vara likvärdiga eller bättre med avseende på vältningsmoment. Den använda fordonskonfigurationen visas i Figur 2.

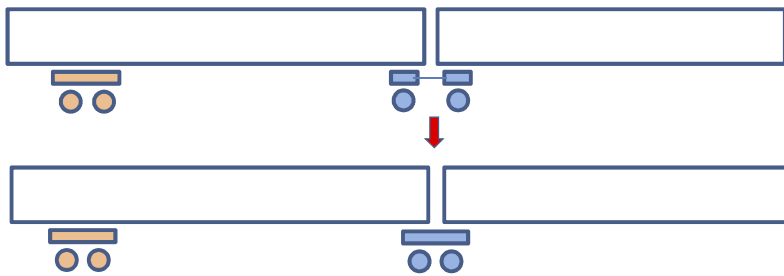


Figur 2. Simulerad fordonskonfiguration för NSB Typ 70. Den i rapporten använda bogginummereringen och färdriktningen framgår av figuren.

3.3.3 Motorvagn typ 72

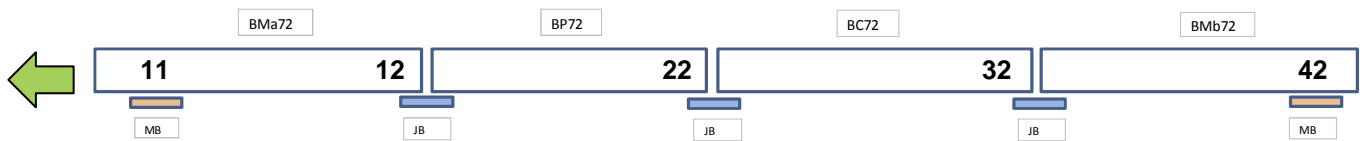
Typ 72 har en annan typ av löpverk än övriga fordonstyper, med enkelaxliga boggierna sammanbundna parvis med länkar. I simuleringsmodellen har två enkelaxliga boggierna i leden

mellan vagnarna ersatts av en jakobsboggi, se Figur 3 nedan. Ur vältningsaspekten bör detta vara en acceptabel förenkling.



Figur 3. Två enkelaxliga boggier har modellerats som en jacobsboggi.

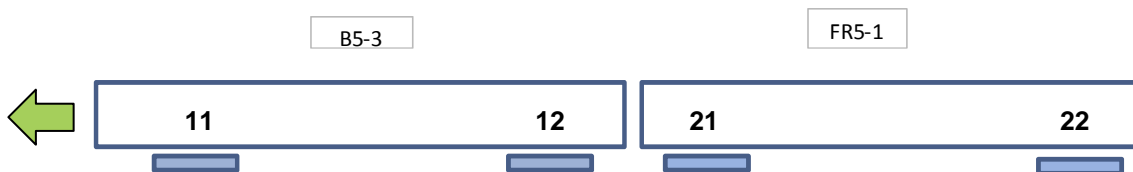
För typ 72 har ett fyrvagnars tågsätt använts vid simuleringarna, se Figur 4.



Figur 4. Simulerad fordonskonfiguration för NSB Typ 72. Den i rapporten använda bogginumreringen och färdriktningen framgår av figuren.

3.3.4 Personvagn typ 5

För typ 5 har endast två vagnar, B5-3 och FR5-1, modellerats. Övriga vagnar bedöms vara likvärdiga eller bättre i detta hänseende. Den använda fordonskonfigurationen visas i Figur 5.



Figur 5. Simulerad fordonskonfiguration för NSB Typ 5. Den i rapporten använda bogginumreringen och färdriktningen framgår av figuren.

3.4 Lastfall

Två lastfall har studerats för samtliga fordon:

- Tara (tomlast)
- Last motsvarande fullt antal sittande + 4 stående/m²

3.5 Spårdata

De kvasistatistiska beräkningarna har gjorts på ett idealt spår utan spårlägesfel, i en högerkurva med kurvradie 250 meter och 140 mm rälsförhöjning. Simuleringarna har startat på rakspår, men fordonen har efter den inledande övergångskurvan befunnit sig i en konstant cirkulärdel tills simuleringarna har avslutats.

För bedömningen av de dynamiska effekterna har simuleringar gjorts på två banavsnitt på Dovrebanan respektive på Sörlandsbanan. Dessa banavsnitt har valts som exempel på avsnitt med snäva kurvor och förhållandevis dåligt spårläge eller/och svår spårgeometri. Simuleringarna ger alltså information om både inverkan av spårgeometri, såsom övergångskurvornas utformning, och av lokala spårfel.

Banavsnitt 1: Dovrebanan mellan km 170.5 och 173.5 har ett antal kurvor med c:a 250 m radie och förhållandevis dåligt spårläge (inklusive geometrifel eller fel med stor våglängd).

Banavsnitt 2: Sörlandsbanan mellan km 128 och 130 har ett antal kurvor med c:a 300 m's radie inklusive några med kort utsträckning. Spårkvaliteten på detta avsnitt förefaller något bättre än på avsnitt 1.

I Bilaga 1 visas kurvaturen för de valda avsnitten.

3.6 Hjul/räl-kontakt

Rälprofilen har vid samtliga simuleringar varit 54E3 (S54) med lutning 1:20, och hjulprofilen har varit P8 med flänstjocklek 30 mm. Kontaktmodellen, vilken beräknar krafterna mellan hjul och räl i varje tidpunkt, har varit av en typ som normalt används för spårkraftsberäkningar¹. De aktuella beräkningarna har antagit enpunktsparkontakt, d.v.s. med enbart en kontaktyta åt gången mellan hjul och räl.

Vid samtliga beräkningar har friktionskoefficienten $\mu=0.3$ använts.

3.7 Simuleringsfall

Grundsimuleringarna har gjorts kvasistatiskt på idealt spår i en mycket lång kurva, med radien 250 m och rälsförhöjningen 140 mm. Genom att öka hastigheten gradvis i kurvan ökas också spårplansaccelerationen successivt. Beräkningen avbryts då det ledande hjulparet får 100 % hjulavlastning på innerhjulet. Detta innebär att beräkningarna, med något undantag, inte resulterar i faktisk vältningsfall.

De dynamiska simuleringarna har gjorts på de två banavsnitt, som beskrivs ovan. Hastigheten har anpassats till spårplansaccelerationerna 2.0 m/s^2 och 3.0 m/s^2 i de snävaste kurvorna på den studerade sträckan. På banavsnitt 1 har dessutom hastighet motsvarande spårplansaccelerationerna 3.7 m/s^2 och 4.0 m/s^2 simulerats. De dynamiska värdena beräknas som de maximala (absoluta) värdena minskat med de tillhörande ideala värden, som den aktuella kurvgeometrin skulle resultera i.

Förutom simuleringar med varierande spårplansacceleration med fordon med nominella fordonsdata har känsligheten för tyngdpunktens vertikala läge, som alltid är behäftad med en signifikant osäkerhet, studerats för typ 74.

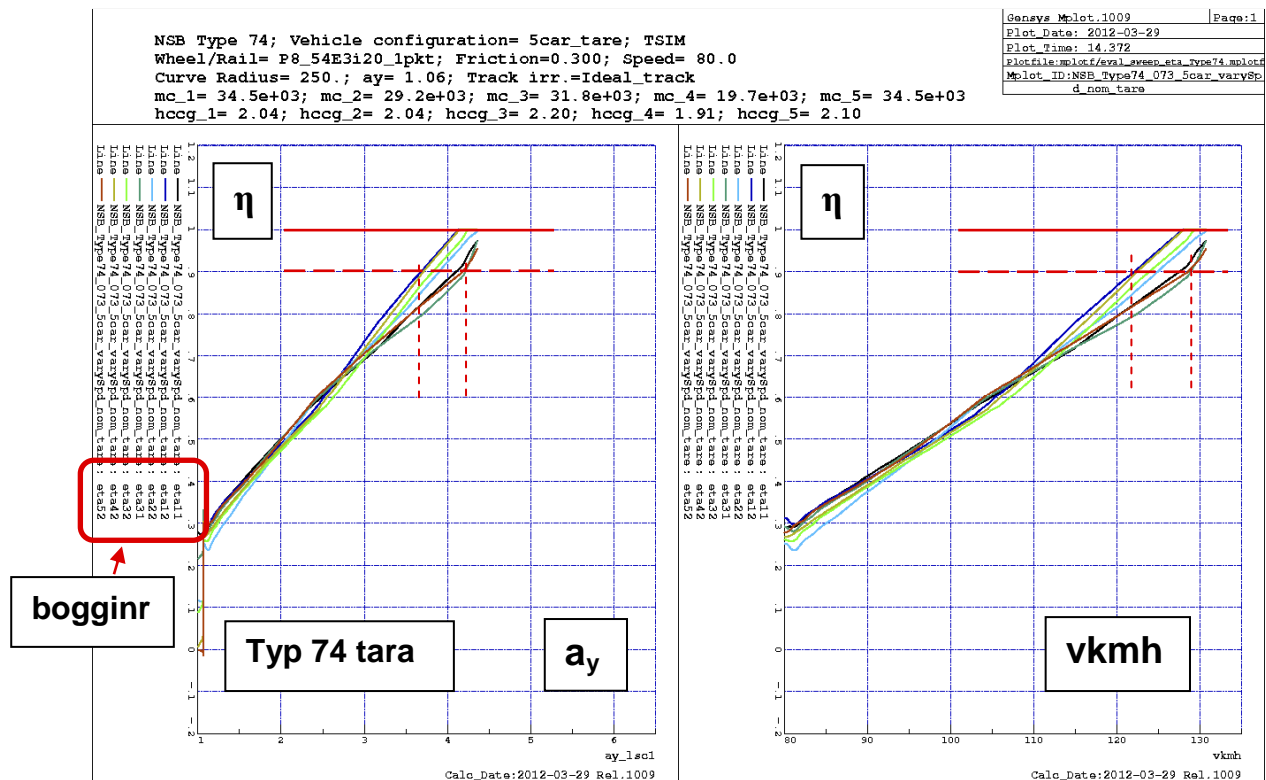
4. Resultat

4.1 Kvasistatisk vältningsberäkning

Fordonen har simulerats i en lång kurva med kurvradie 250 m och rälsförhöjningen 140 mm. Hastigheten har ökat successivt från 80 km/h tills att första boggin uppnådde $\eta=1$, varvid simuleringen avbrutits. Ett exempel på resultat från en sådan simulering visas i Figur 6. I det vänstra diagrammet visas η som funktion av spårplansaccelerationen a_y . Varje boggi redovisas som en separat kurva, och respektive bogginummer enligt avsnitt 3.3 framgår av förklaringarna till vänster om diagrammen. I det högra diagrammet visas samma information men med hastighet på x-axeln. Beräkningarna för de fyra olika fordonen visas i Bilaga 2 till Bilaga 5.

Resultaten sammanfattas från diagrammen genom att ge spannet mellan spårplansaccelerationen då den sämsta och den bästa boggin når η -värdet 0.9 motsvarande 90 % avlastning redovisas. Dessa värden är indikerade med lodräta streck i Figur 6.

¹ wr_coupl_pe3. Kontaktmodellen finns beskriven på Gensys hemsida, www.gensys.se.



Figur 6. Diagram av η per boggi som funktion av spårplansacceleration (vänster diagram) och hastighet (höger diagram) för typ 74, tara. Gränsvärdet $\eta=1.0$, d.v.s. total hjulavlastning, samt $\eta=0.9$, vilket har använts i de redovisade tabellerna, är inritade i diagrammen. De vertikala strecken visar spannet mellan sämsta och bästa boggi vid $\eta=0.9$.

I Tabell 1 redovisas resultaten för η -värdet 0.9 som funktion av spårplansaccelerationen [m/s^2] för de fyra fordonstyperna.

Tabell 1. Sammanfattning över spårplansaccelerationer då η når 0.9 för samtliga fordon.

	tara		sittande + 4 stående/ m^2	
	$\eta_{0.9}$ sämsta boggi	$\eta_{0.9}$ bästa boggi	$\eta_{0.9}$ sämsta boggi	$\eta_{0.9}$ bästa boggi
Typ 74	3.68	4.20	3.70	4.00
Typ 72	3.62	4.70	3.59	4.42
Typ 70 *	3.76	5.40	3.59	5.00
Typ 5 *	3.65	4.20	3.54	4.00

* För typ 70 och typ 5 redovisas värdena för de separata vagnarna, d.v.s. då inverkan av kopplet tagits bort.

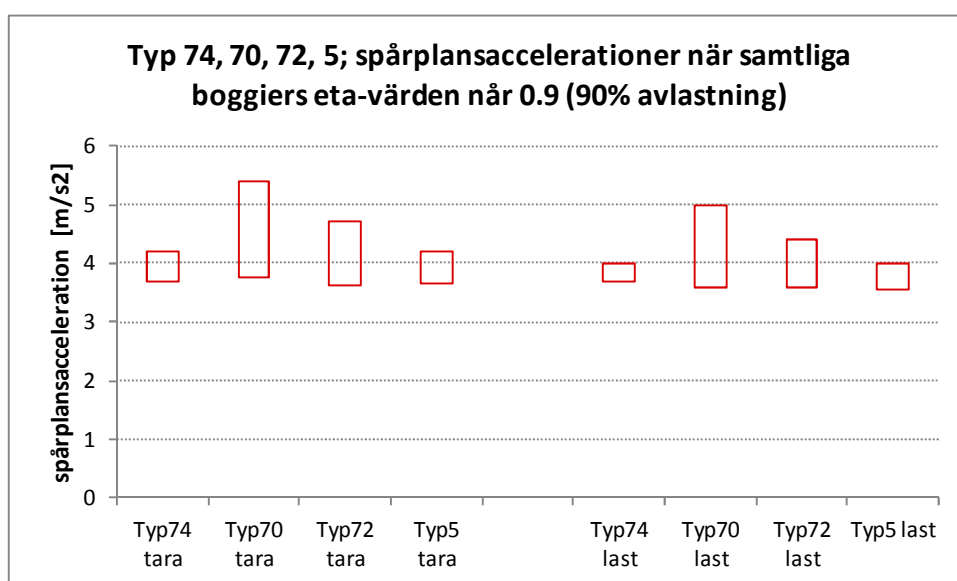
Motsvarande värden som funktion av hastighet [km/h] i den aktuella kurvan, med kurvradi 250 m och rälsförhöjning 140 mm, visas i Tabell 2.

Tabell 2. Sammanfattning av fordonshastigheter i den aktuella kurvan ($R=250\text{ m}$, $h_a=140\text{ mm}$) när η når 0.9 för samtliga fordon.

	tara		sittande + 4 stående/m ²	
	$\eta_{0.9}$ sämsta boggi	$\eta_{0.9}$ bästa boggi	$\eta_{0.9}$ sämsta boggi	$\eta_{0.9}$ bästa boggi
Typ 74	122	129	122	126
Typ 72	121	135	121	131
Typ 70 *	123	144	121	138
Typ 5 *	122	129	120	127

* För typ 70 och typ 5 redovisas värdena för de separata vagnarna, d.v.s. då inverkan av kopplet tagits bort.

Resultaten enligt Tabell 1 åskådliggörs schematiskt i Figur 7.



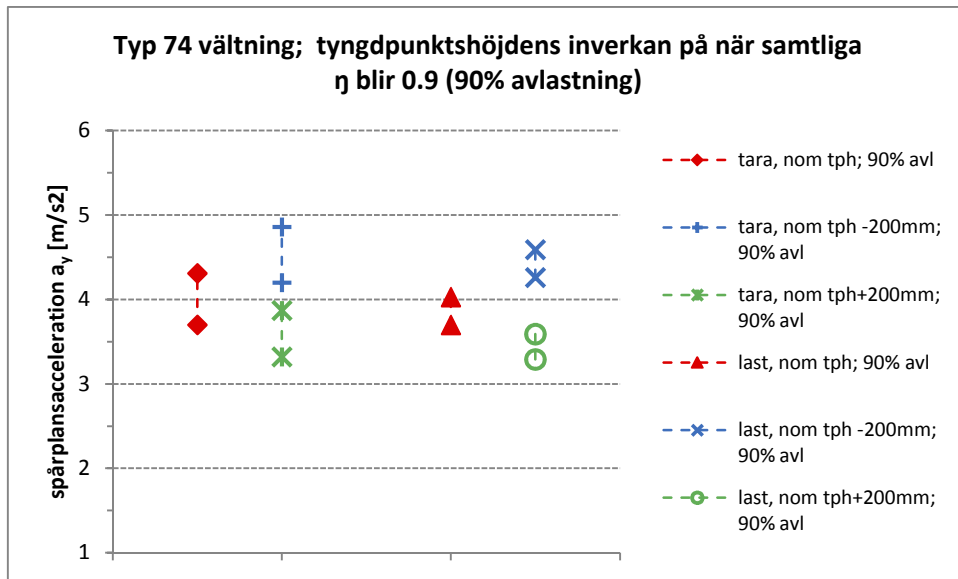
Figur 7. Översiktligt diagram av spårplansaccelerationen då $\eta = 0.9$ för de studerade fordonstyperna.

Som framgår av figuren skiljer sig inte de sämsta värdena för de olika fordonstyperna nämnvärt. En förklaring är att man vid dessa höga sidoaccelerationer ligger i hård kontakt med både lateral- och vertikalstoppen hos vagnskorgarna, vilket är det som begränsar rörelsen. Individuella skillnader i löpverken har därför mindre betydelse. Att de bästa värdena för typ 70 och 72 blir högre än för de andra fordonstyperna beror till stor del på den förhållandevis låga tyngdpunkten i ändvagnarna för dessa fordon.

4.2 Tyngdpunktens inverkan

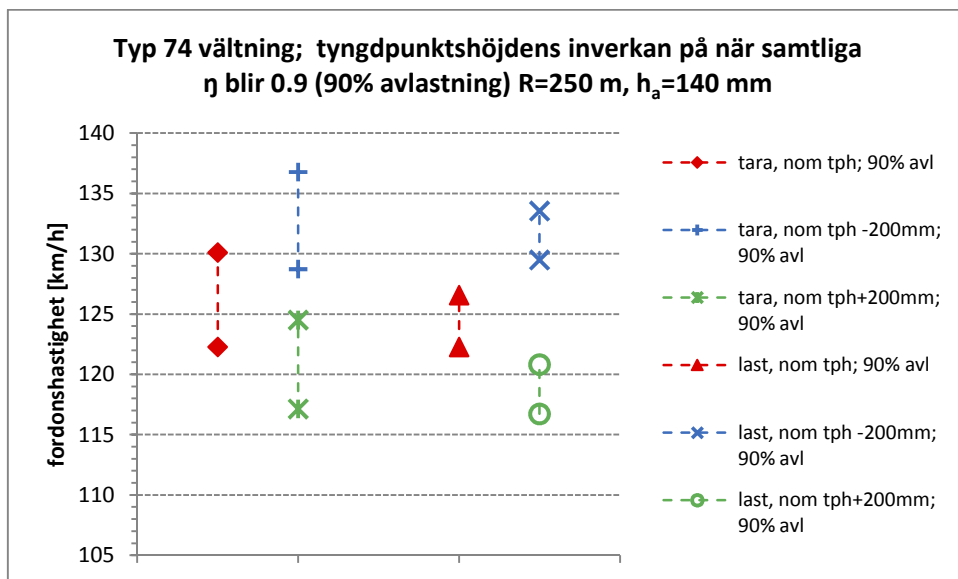
För typ 74 har en studie av inverkan av tyngdpunktens höjd gjorts. Tyngdpunkternas höjder har varierats $\pm 200\text{ mm}$ från de nominella höjderna enligt Stadler.

I Figur 8 visas spannen i spårplansacceleration [m/s^2] för $\eta = 0.9$, dels för den nominella tyngpunktshöjden och dels för en ökning respektive minskning med 200 mm. Värdena avser typ 74 tara och lastad.



Figur 8. Inverkan av tyngdpunktens höjd på spårplansaccelerationen för $\eta = 0.9$ för typ 74.

Motsvarande diagram uttryckt i fordonshastighet i en kurva med radie 250 m och rälsförhöjning 140 mm visas i Figur 9.



Figur 9. Motsvarande diagram som Figur 8, men uttryckt i fordonshastighet för en kurva med kurvradie 250 m och rälsförhöjning 140 mm.

4.3 Dynamisk vältningsberäkning för typ 74

Förutom de kvasistatiska vältningsberäkningarna har även simuleringar gjorts för typ 74 på spår med spårålagresfel för att ge en uppfattning om de dynamiska tillskotten till η .

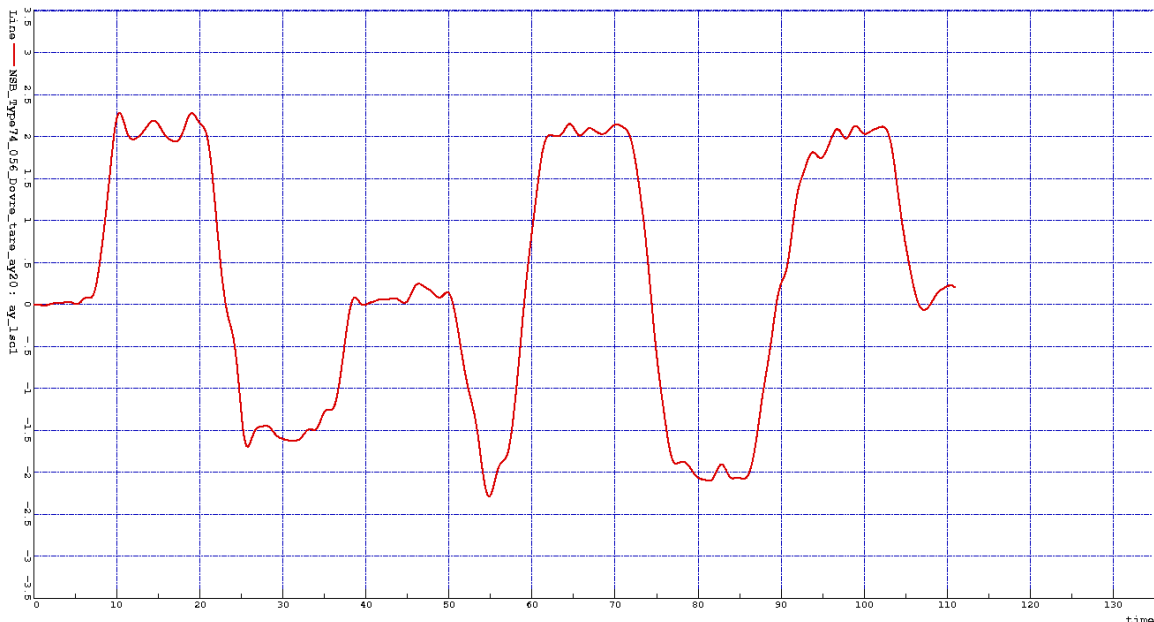
Simuleringar har gjorts på banavsnitten enligt avsnitt 3.5. På banavsnitt 2, Sörlandsbanan, har simuleringar gjorts med spårplansaccelerationerna c:a 2 och 3 m/s^2 . På banavsnitt 1, Dovrebanan, har simuleringar med c:a 2.0, 3.0, 3.7 och 4.0 m/s^2 gjorts. Vid c:a 4.2 m/s^2 inträffade vältning.

Spårplansaccelerationerna motsvarar hastigheterna enligt Tabell 3 nedan.

Tabell 3. Hastigheter och motsvarande approximativa spårplansaccelerationer som har simulerats.

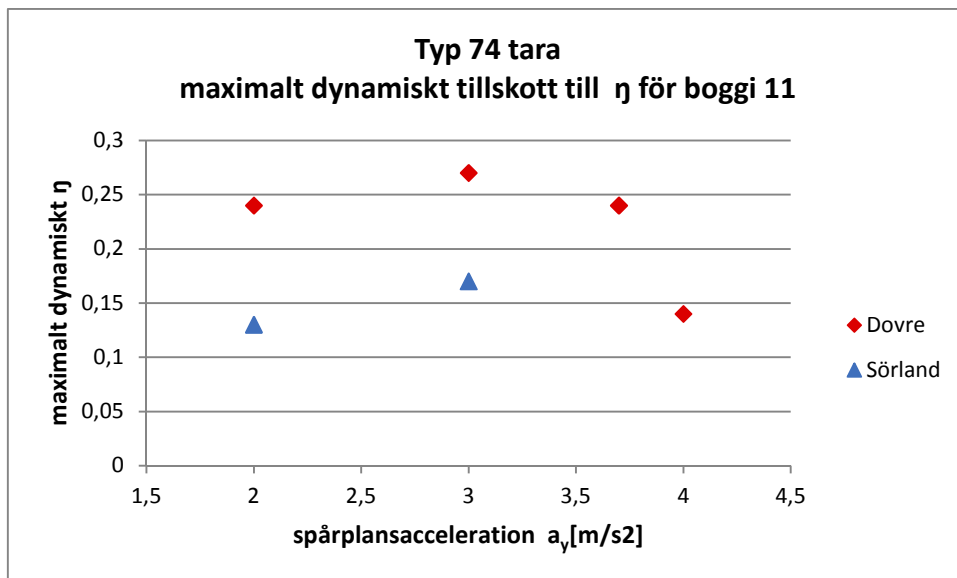
	Banavsnitt 1 Sörlandsbanan	Banavsnitt 2 Dovrebanan
Spårplansacceleration [m/s^2]	Hastighet [km/h]	Hastighet [km/h]
2.0	107	98
3.0	123	113
3.7	–	122
4.0	–	126

Hastigheterna är anpassade så att spårplansaccelerationerna i de undersökta kurvorna motsvarar värdena ovan. Eftersom den aktuella geometrin varierar mellan kurvorna kommer också den verkliga accelerationen att variera, se Figur 10. Men accelerationen $2.0 m/s^2$ i det aktuella fallet stämmer ändå rätt bra i fem av kurvorna. Det är bara i dessa fem kurvor från avsnitt 2 och motsvarande fyra kurvor från avsnitt 1 som bedöms med avseende på dynamiken.



Figur 10. Aktuell spårplansacceleration, med riktvärdet $2 m/s^2$, i hastigheten $98 km/h$ på banavsnitt 2.

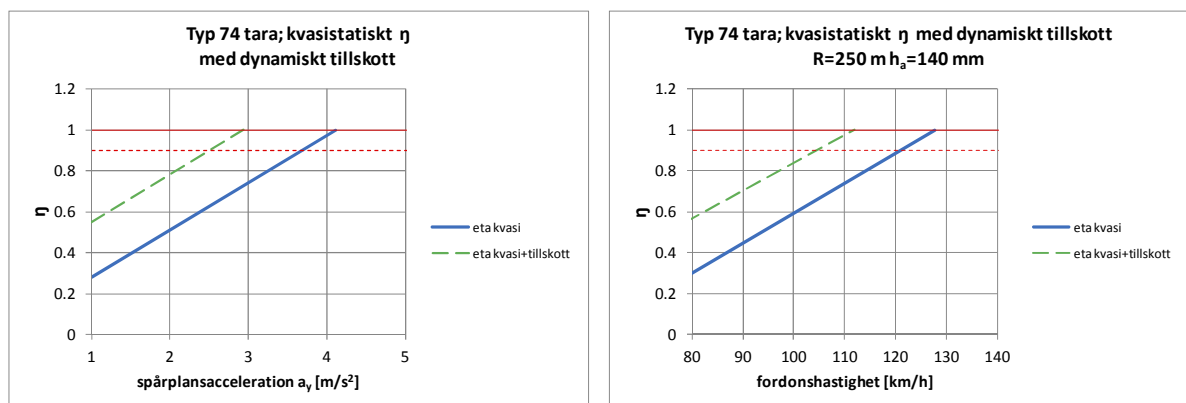
I Figur 11 visas η för typ 74, boggi 11, med spårplansaccelerationen $2 m/s^2$ på banavsnitt 2 (Dovrebanan). I Figur 12 visas motsvarande resultat för banavsnitt 1 (Sörlandsbanan).



Figur 13. Maximalt dynamiskt η för boggi 11 i de studerade kurvorna.

Som synes minskar det dynamiska η för de extrema spårplansaccelerationerna. Detta beror dels på att de mekaniska stoppen kommer i ingrepp i ökad grad och dels på, för 4 m/s² fallet, att innerhjulen på den aktuella boggin redan är fullt avlastade momentant, d.v.s. $\eta = 1$ är en fysikalisk gräns. Det krävs dock uppenbarligen ytterligare hastighetsökning innan vältning inträffar.

En illustration av effekten av att addera ett dynamiskt tillskott till det kvasistatiska η visas i Figur 14. I dessa diagram har det maximala dynamiska tillskottet för boggi 11, se Figur 13, adderats till det kvasistatiska η för den sämsta boggin enligt Figur 6. Observera att de simuleringar som är gjorda pekar på att det kan finnas en betydande konservatism i att göra på detta sätt. Värdet $\eta=0.9$ uppnås vid spårplansaccelerationen 2.6 m/s², medan vältning i simuleringarna på detta spåravsnitt skedde mellan 4.0 och 4.2 m/s².



Figur 14. Illustration av effekten av att addera ett dynamiskt tillskott till det kvasistatiska η . Typ 74 tara, med det största dynamiska η från Figur 13.

Som påpekats ovan bedöms den detaljerade beskrivningen och modelleringen av konstruktionselement, som t.ex. de mekaniska stoppen, påverka de dynamiska resultaten signifikant. Den förenklade och till delar uppskattade beskrivningen av dessa parametrar ger därför en osäkerhet för dessa värden. För att kunna dra några bestämda slutsatser i detta avseende krävs en noggrannare beskrivning av fordonen, än vad som varit tillgängligt inom ramen för detta uppdrag.

Det måste också påpekas att, även om svåra spåravsnitt valts ut, det ändå bara är några få km som studerats. Det är därför svårt att göra några generella uttalanden om förväntade dynamiska η .

4.4 Kvasistatiska spårkrafter för typ 74

För typ 74 redovisas även värden på kvasistatiska spårkrafter. Simuleringsmodellen är den mest detaljerade av de fyra fordonstyperna, men det bör påpekas återigen att den innehåller betydande förenklingar. Så är till exempel primärfjädrarna representerade av enbart sina linjäriserade styvheter, och saknar olinjära effekter såsom tilltagande styvhet med ökad deformation och ökad dynamisk styvhet. De spårkrafter som redovisas skall därför ses som indikativa värden och användas med försiktighet.

I Bilaga 7 redovisas kvasistatisk spårförskjutningskraft ΣY som funktion av spårplansacceleration och hastighet i den aktuella kurvan med radie 250 m och rälsförhöjning 140 mm. De redovisade värdena är normerade gentemot gränsvärdet enligt UIC518, där P_0 är den statiska axellasten i kN:

$$\Sigma Y_{norm} = \frac{\Sigma Y}{1.0 \cdot \left(10 + \frac{P_0}{3}\right)}$$

I Bilaga 8 redovisas kvasistatisk flänsklättringskvot Y/Q på ytterhjulen som funktion av spårplansacceleration och hastighet. Slutligen redovisas laterala spårkrafter Y på ytterhjulen i Bilaga 9 på motsvarande sätt.

5. Sammanfattning

I denna rapport redovisas beräkningar av fordonsvältning för fyra olika fordon, NSB typ 74, 70, 72 och 5. Beräkningarna är gjorda med fordonsdynamiska simuleringar, och fordonsmodeller har tagits fram med hjälp av fordonsdata erhållna från NSB och Stadler. Fokus har varit på att ge en korrekt beskrivning av de kvasistatiska värdena utifrån givna förutsättningar, och fordonsmodellernas komplexitet har anpassats för detta. Beräkningarna visar att de olika fordonstyperna har i princip likvärdiga marginaler mot vältning.

Utöver de kvasistatiska vältningsberäkningarna har även dynamiska simuleringar genomförts för typ 74 med hjälp av uppmätta spårdata. Dessa beräkningar ställer betydligt högre krav på modelleringen de ingående fordonskomponenterna, varför onoggrannheten är betydligt större i dessa resultat. Längden på de spåravsnitt som har simulerats har dessutom varit mycket begränsad, varför det är svårt att göra några generella uttalande om dynamikens inverkan på vältningsrisken. Simuleringarna indikerar att det är möjligt att kortvarigt helt avlasta en boggi utan att fordonet välter.

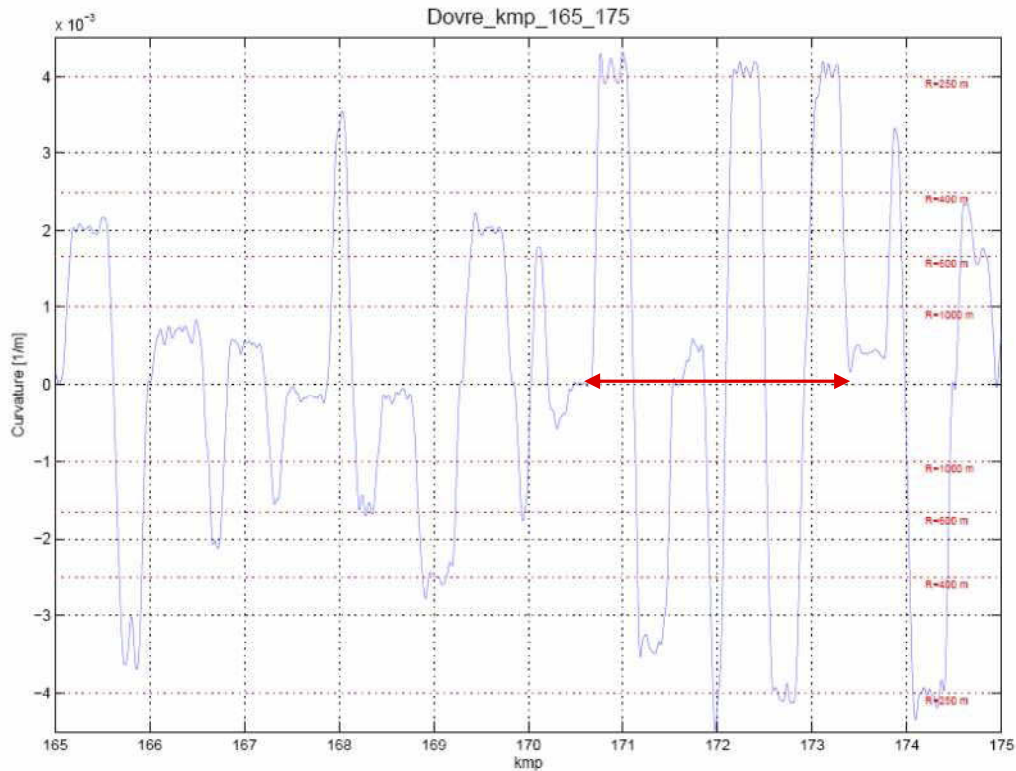
Slutligen redovisas kvasistatiska spårkrafter, ΣY , Y/Q och Y för typ 74 som funktion av spårplansacceleration. Även i detta fall bör resultaten användas med försiktighet på grund av begränsningarna i den använda fordonsmodellen.

6. Referenser

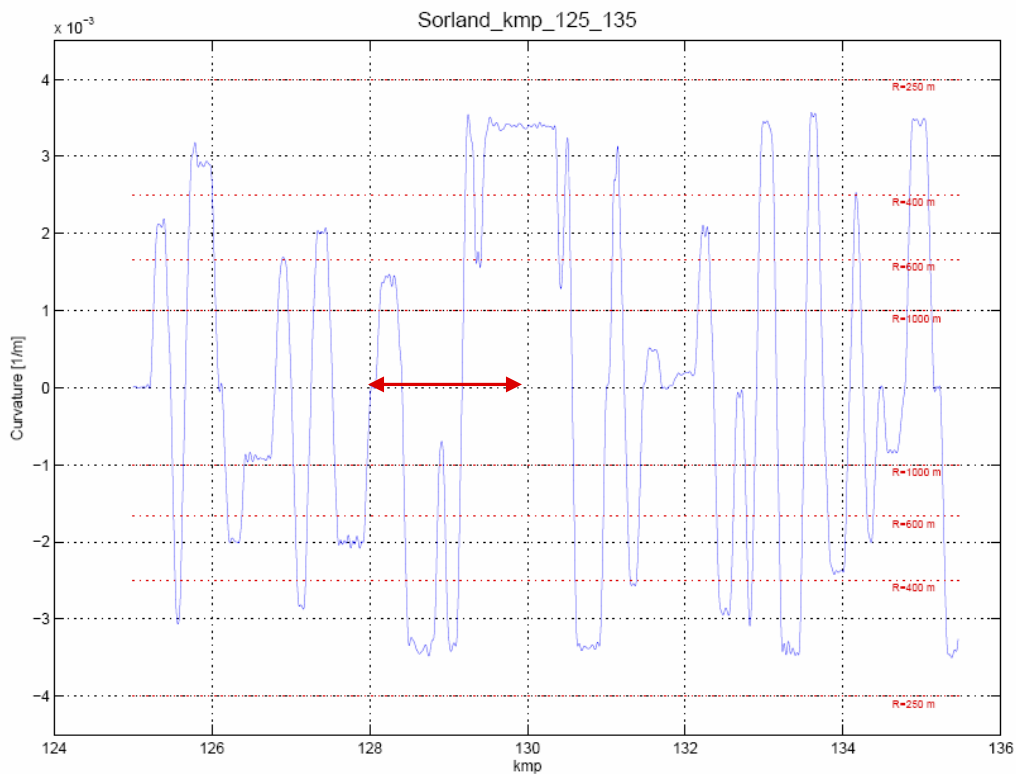
- [1] TSD Höghastighet, Rullande materiel: L245/405 Teknisk specifikation för driftskompatibilitet (TSD) avseende delsystemet "Rullande materiel". 12.9.2002.
- [2] EN 14067-6:2010; Railway applications – Aerodynamics, Part 6: requirement and test procedures for cross wind assessment.
- [3] UIC 518-1; Supplement to UIC leaflet 518: application to vehicles equipped with a cant deficiency compensation system and/or to vehicles intended to operate with a higher cant deficiency than stated for categories I to III. 1st edition, May 2004.
- [4] Gensys homepage: www.gensys.se

Bilaga 1: Spåravsnitt för dynamiska beräkningar

1. Dovrebanan mellan km 170.5 och 173.5

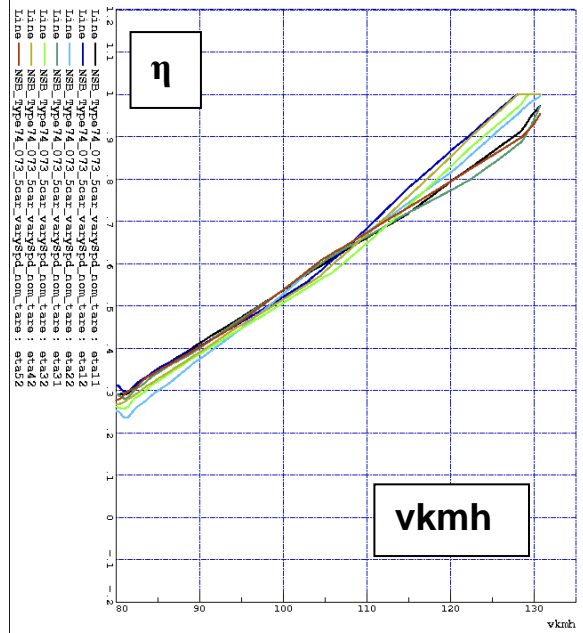
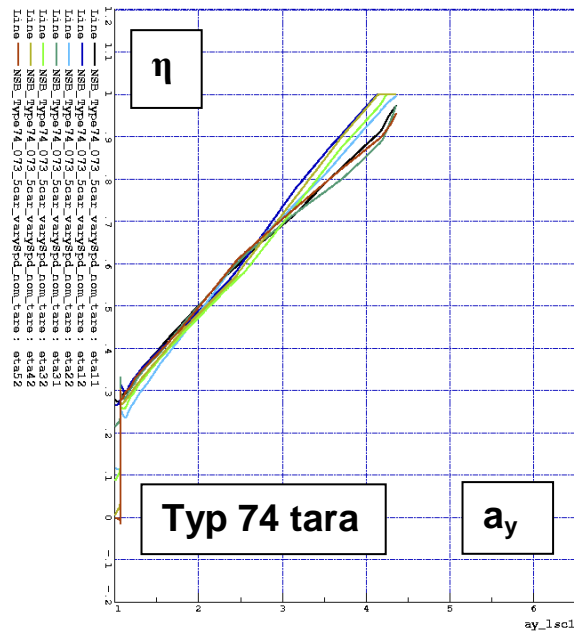


2. Sörlandsbanan mellan km 128 och 130

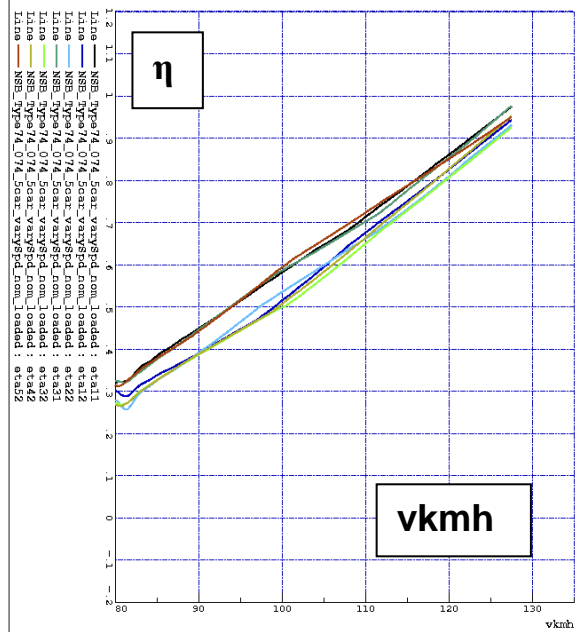
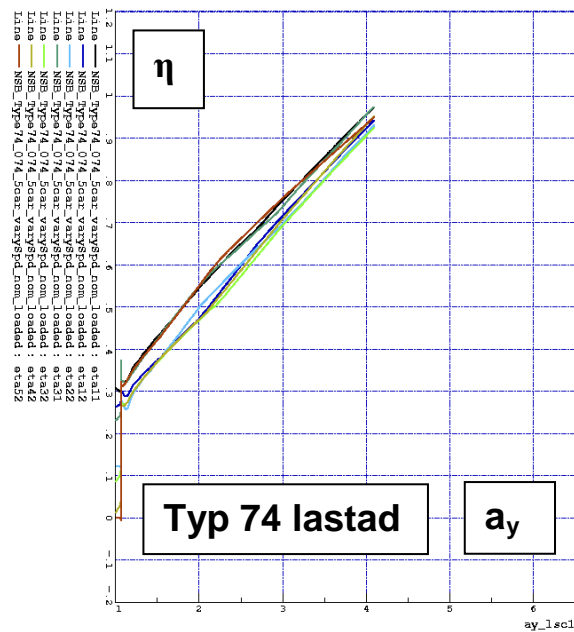


Bilaga 2: Typ 74, kvasistatiska η

Tara:

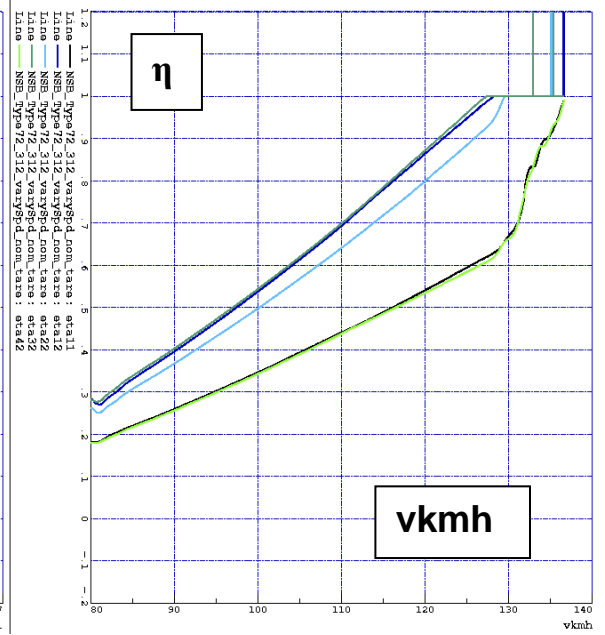
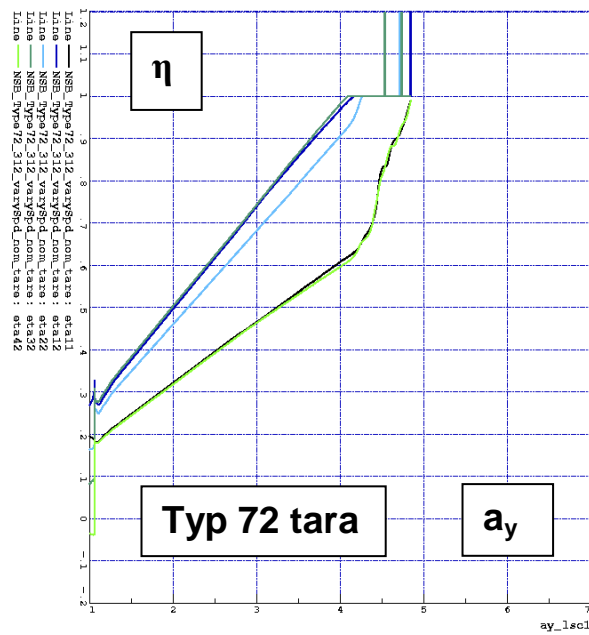


Sittande + 4 stående/m2

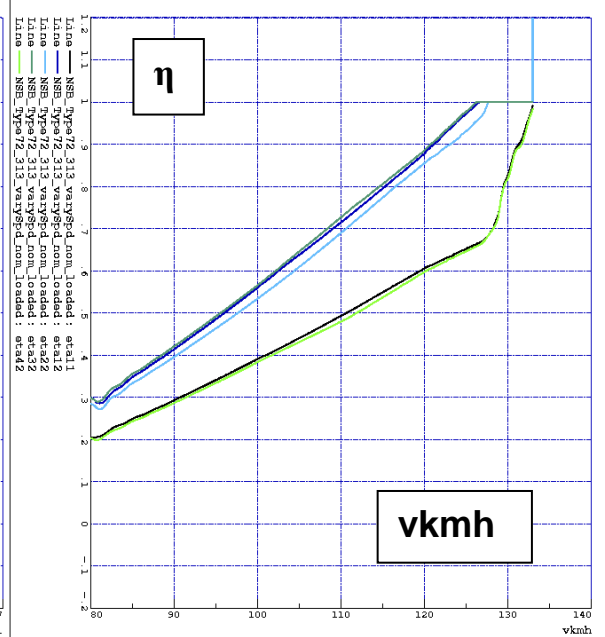
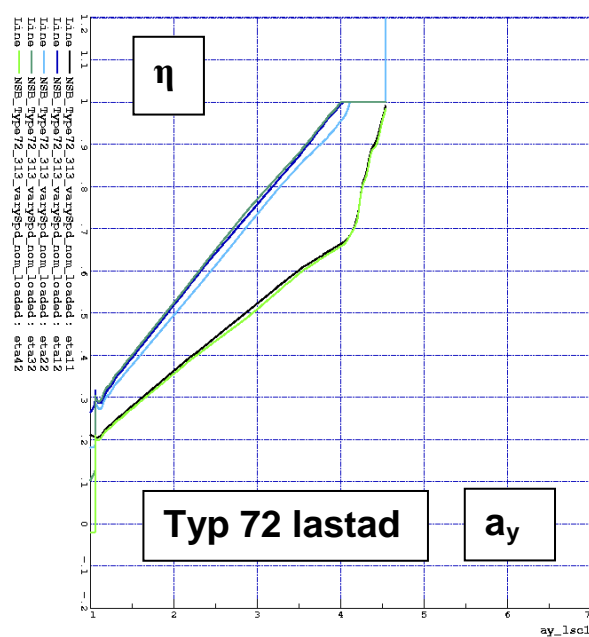


Bilaga 4: Typ 72, kvasistatiska η

Tara:

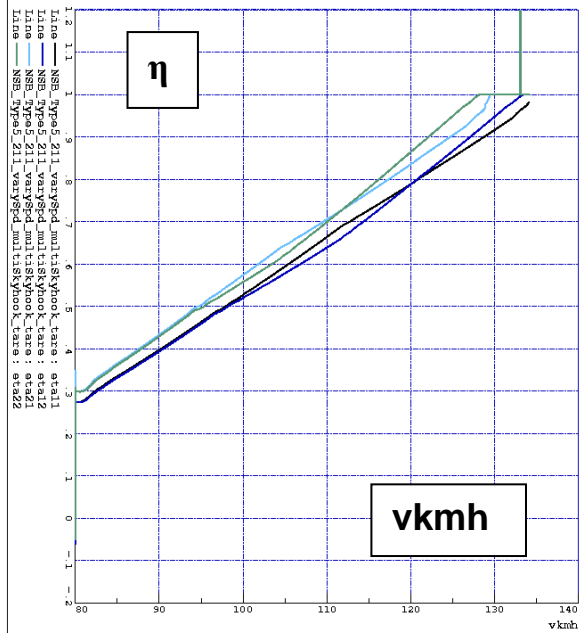
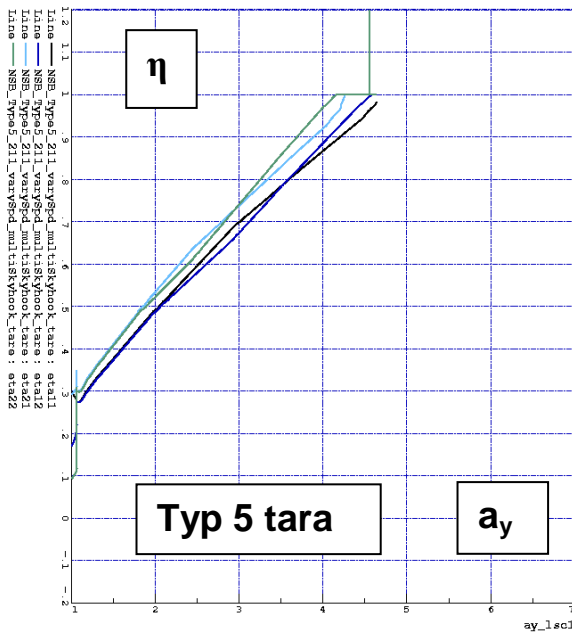


Sittande + 4 stående/m²

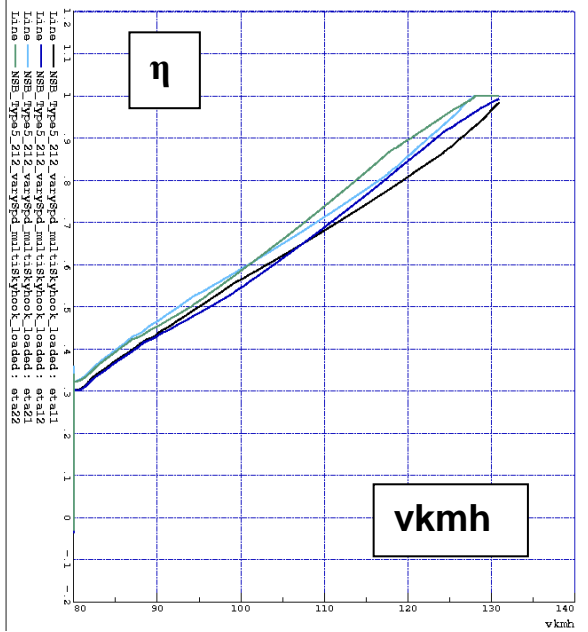
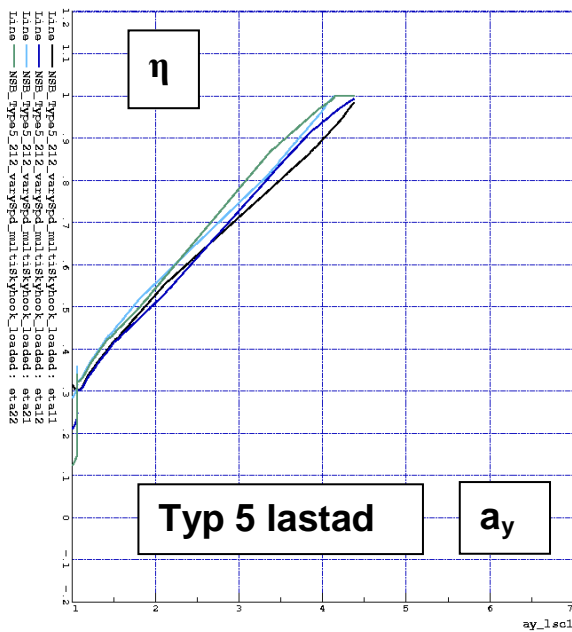


Bilaga 5: Typ 5, kvasistatiska η

Tara:

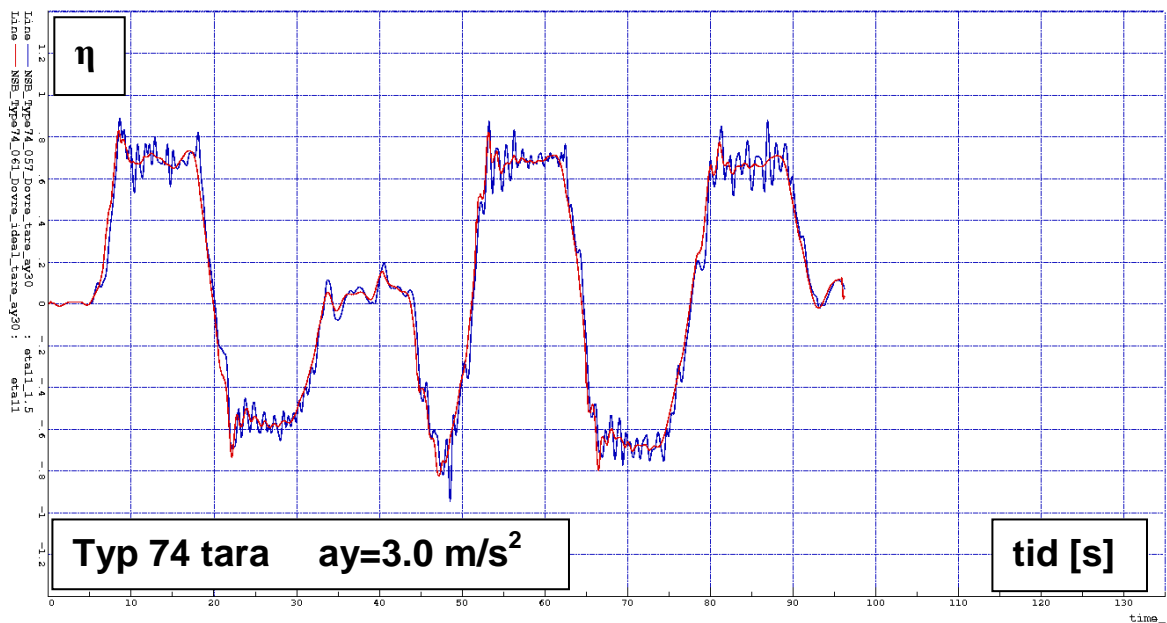
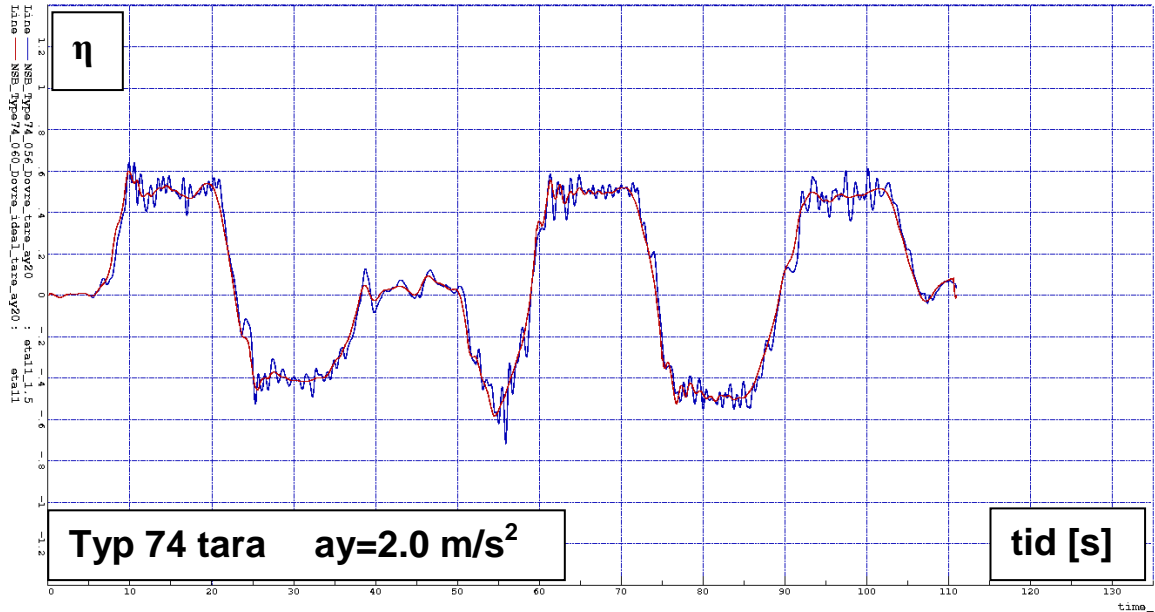


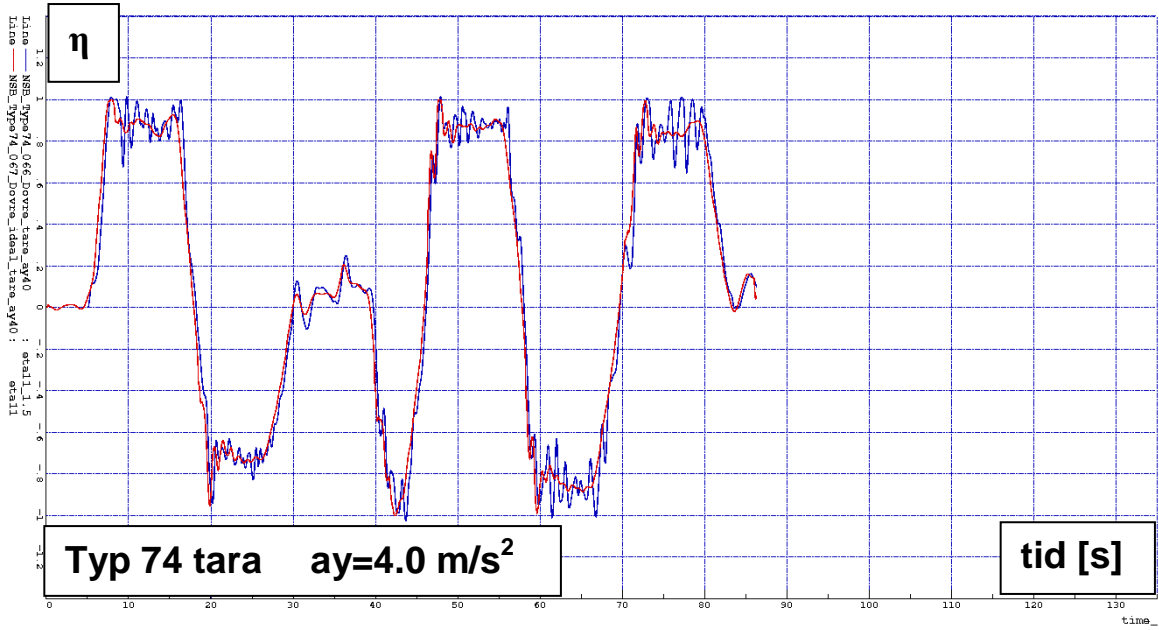
Sittande + 4 stående/m2



Bilaga 6: Typ 74, dynamiska η

Exempel på η för boggi 1 på banavsnitt 2, Dovrebanan, i olika spårplansaccelerationer. Röd kurva avser simulering i idealt spår och blå kurva simulering med verkligt spårsläge.



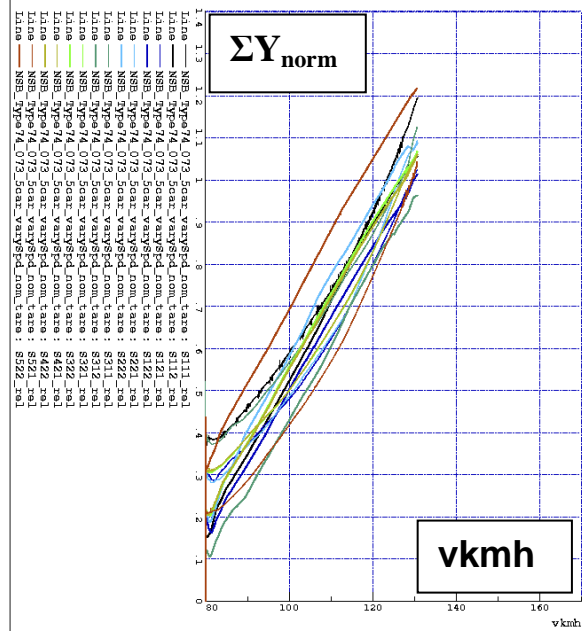
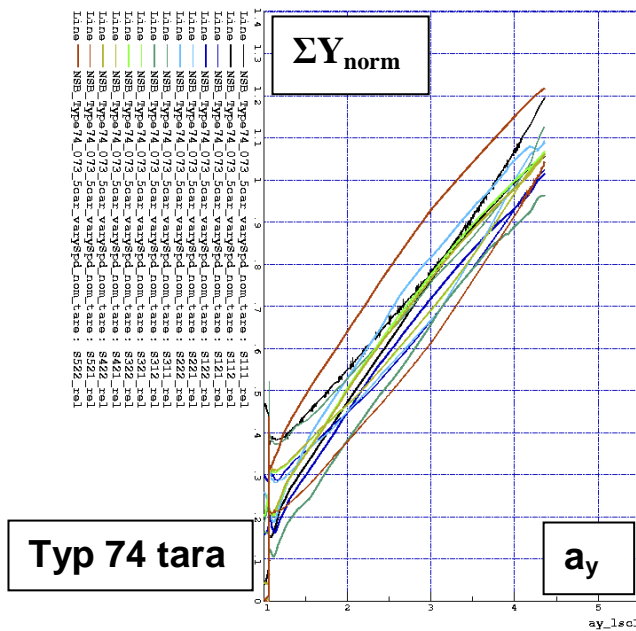


Bilaga 7: Typ 74, kvasistatiska ΣY

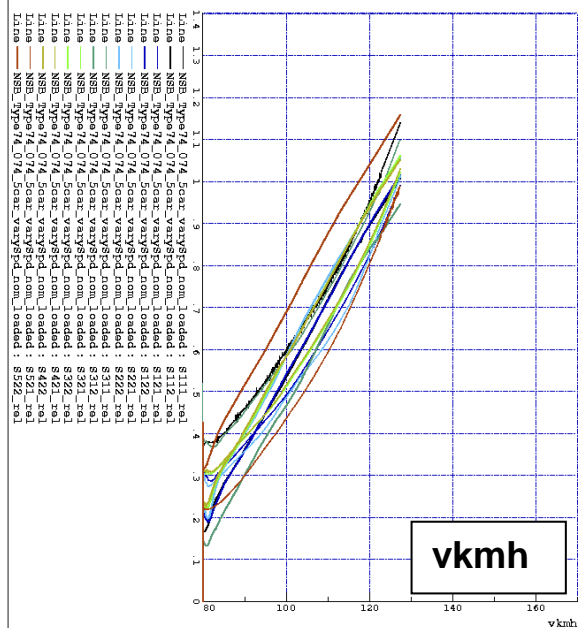
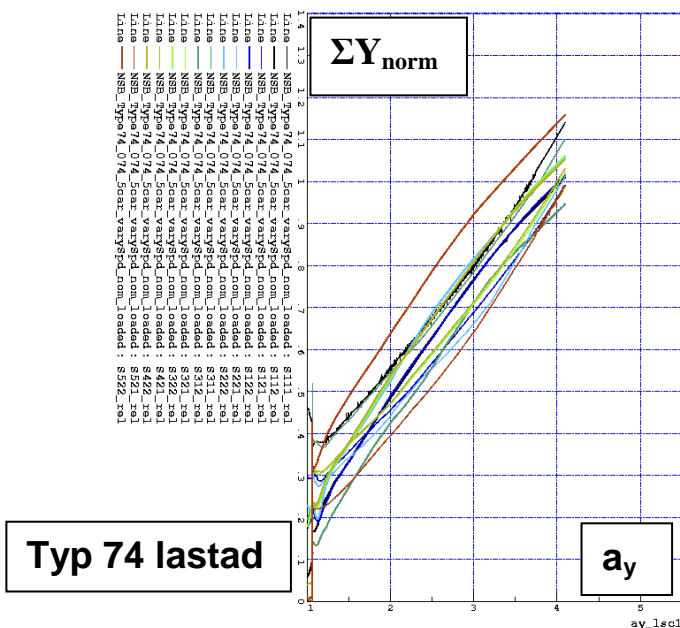
Diagrammen visar kvasistatisk spårförskjutningskraft ΣY som funktion av spårplansacceleration och fordonshastighet vid friktionskoefficient $\mu=0.3$. Kurvorna är normerade gentemot gränsvärdet enligt UIC518 (Prudhomme), där P_0 är statisk axellast uttryckt i kN:

$$\Sigma Y_{norm} = \frac{\Sigma Y}{1.0 \cdot \left(10 + \frac{P_0}{3}\right)}$$

Tara:



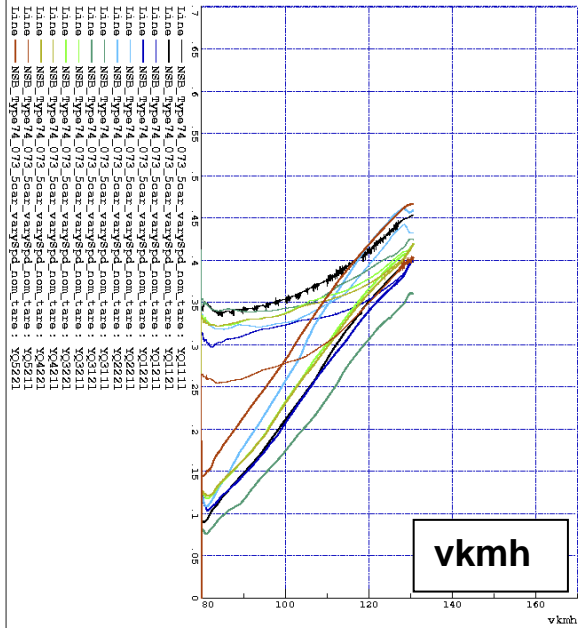
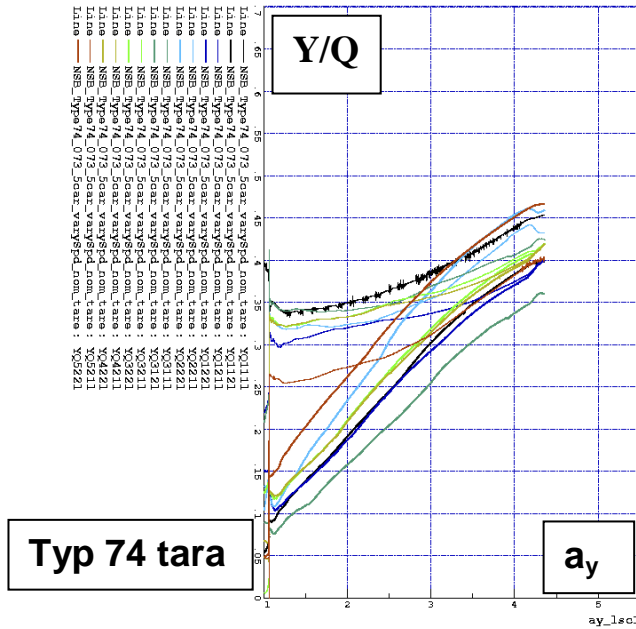
Sittande + 4 stående/m2



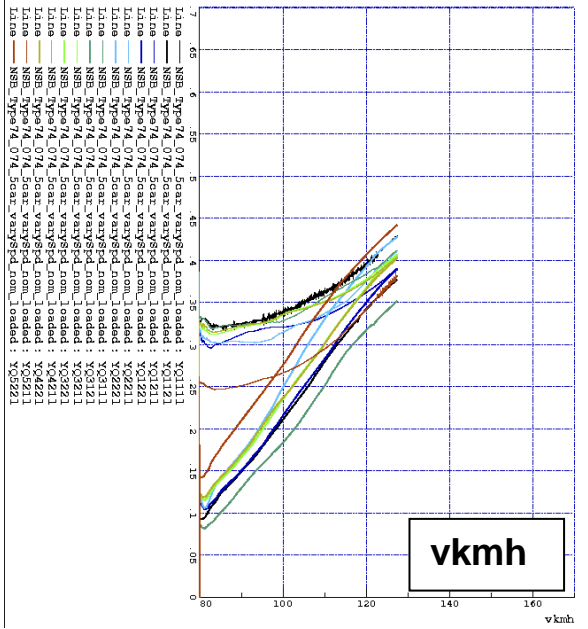
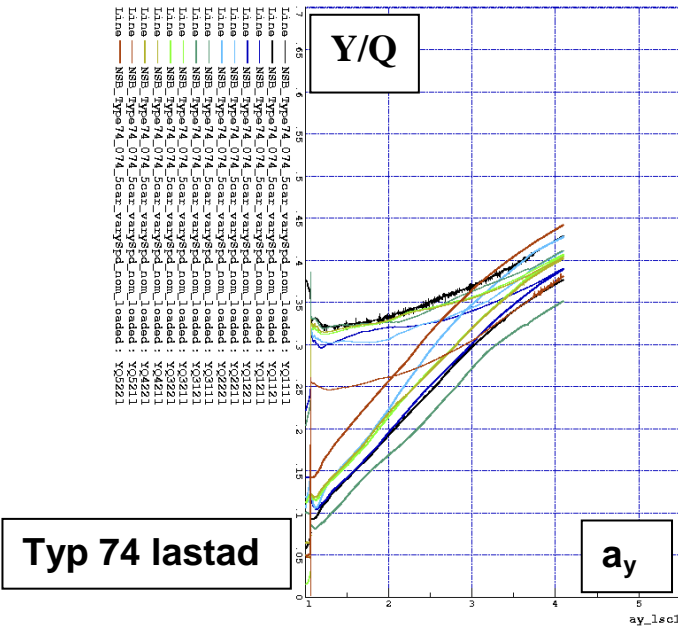
Bilaga 8: Typ 74, kvasistatiska Y/Q

Diagrammen visar kvasistatisk flänsklättringskvot Y/Q som funktion av spårplansacceleration och fordonshastighet vid friktionskoefficient $\mu=0.3$.

Tara:



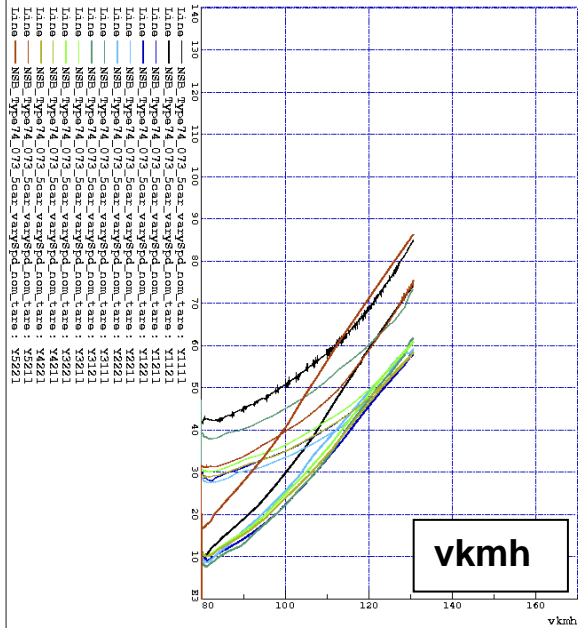
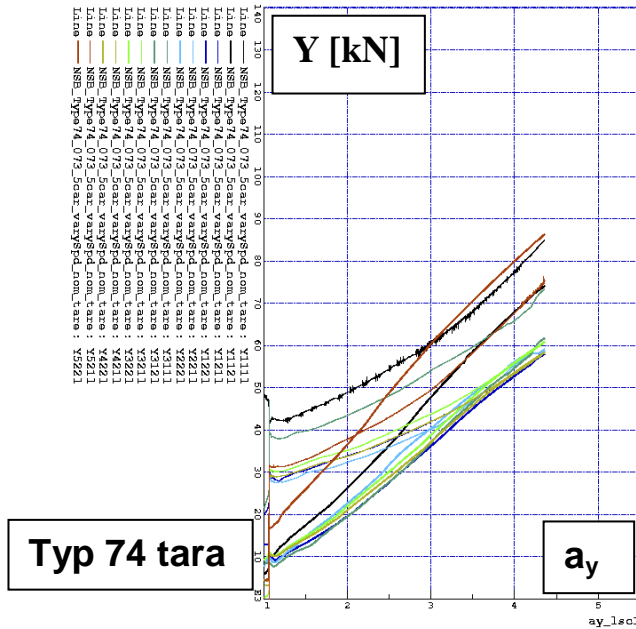
Sittande + 4 stående/m2



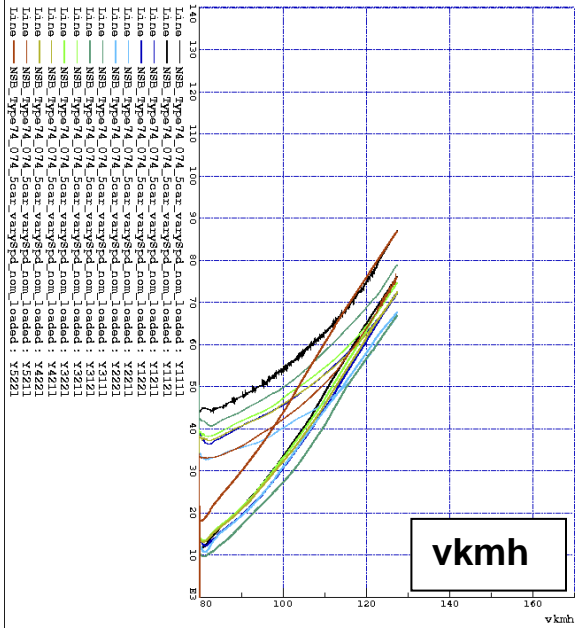
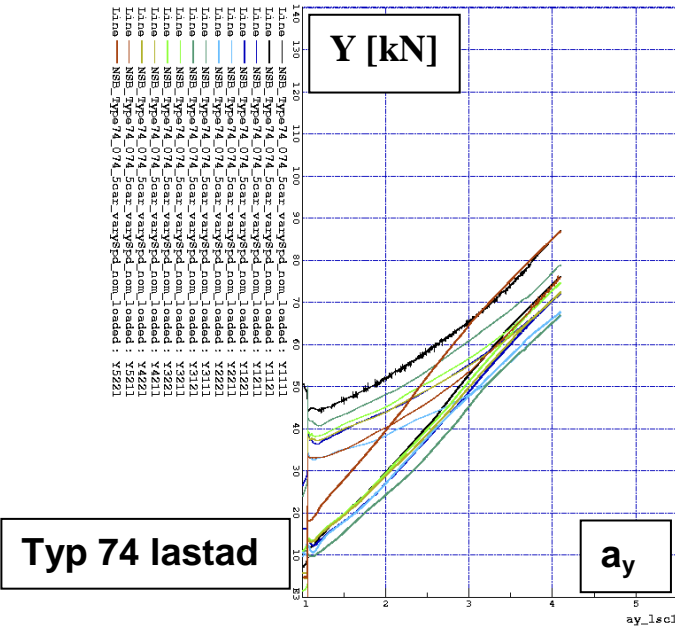
Bilaga 9: Typ 74, kvasistatiska Y

Diagrammen visar kvasistatisk lateralkraft Y på ytterhjulen som funktion av spårplansacceleration och fordonshastighet vid friktionskoefficient $\mu=0.3$.

Tara:



Sittande + 4 stående/m2



VEDLEGG C – KOMMUNIKASJON

Tabellen under oppsummerer hvilke aktiviteter og kommunikasjon som har foregått i toget i tiden før ulykken.

Tabell 1 - Kommunikasjon og aktiviteter i tog 12926

Klokkeslett	Fra	Til	Aktivitet
09:29:15	Fører	Txp Larvik	Gir beskjed om at de er klare til å kjøre tilbake mot Drammen, via togsettes togradio.
09:30			
09:31			
09:32			
09:33			
09:34			
09:35			
09:36			
09:37			
09:38			
09:39			
09:40			
09:41			
09:42			
09:43:27	Txp Larvik	Fører	Mottar kjøretillatelse for tog 12926, via togsettets togradio.
09:44			
Ca. 09:45	Prosjektet	Lokleder	Spørsmål om de kan gjennomføre en funksjonstest av passasjernødbremsen i togsettet, via håndholdt togradio.
09:46			
09:47			
09:48:14			Funksjonstest nødbrems 1.
09:49			
09:50			
09:51:30			Funksjonstest nødbrems 2.
09:52:58			Funksjonstest nødbrems 3.
09:53			
09:54			Ombordansvarlig henter OE i førerrom. Antatt tidspunkt siden det iflg. vitneutsagn ble gjort umiddelbart etter de tre testene.
09:55			
09:56			
09:57	Lokleder	Prosjektet	Gir tilbakemelding på de gjennomførte funksjonstestene, via håndholdt togradio.
09:58			Toget passerer Sandefjord.
09:59			
10:00			
10:01:11	Togleder	Lokleder	Forespørsel om stoppmønster og om toget rekker til Sem, via togsettets togradio.
10:02:22	Lokleder	Txp Tønsberg	Gir beskjed om at de ikke trenger å stoppe, via togsettets togradio.
10:03			
10:04			Ombordansvarlig setter tilbake OE i førerrom

Klokkeslett	Fra	Til	Aktivitet
10:05			
10:06			
10:07			
10:08			
10:09			
10:10			
10:11			
10:12			
10:13			
10:14			
10:15			
10:16			
10:17			
10:18			
10:19			Toget passerer Tønsberg.
10:20			
10:21			Toget passerer Barkåker.
10:22			
10:23			
10:24			
10:25	Lokleder	Prosjektet	Lokleder ringer prosjektet uten å få svar. (Iflg. lokleder og prosjektet var dette mellom 5 og 10 min. før ulykken), via håndholdt togradio.
10:26			
10:27			Toget passerer Skoppum.
10:28			
10:29			Passerer signal 68 A «nedsatt kjørehastighet» ved Nykirke, ca. kl. 10:29:30.
10:30	Prosjektet	Lokleder	Nykirke stasjon. Ulykkestidspunkt. Prosjektet ringer tilbake. Lokleder rekker kun å svare før samtalen blir brutt. Innringer holder samtalen i 11 sekunder uten å få ytterligere kontakt.
10:31			
10:32			

VEDLEGG A – UNDERSØKELSER AV BOGGIER

1. UNDERSØKELSER AV BOGGIER

1.1 Metode

Undersøkelsen ble utført som en visuell inspeksjon av boggiene etter at disse var flyttet fra havaristedet og plassert på gulvplanet i hall E på Sundland verkstedområde. Inspeksjon av boggiene foregikk den 23. og 24. februar 2012.

Inspeksjonen ble utført uten å demontere komponenter. Tilstanden på boggiene ble dokumentert ved fotos og det ble ført protokoll over observerte skader.

Hjulprofilene for hjulene i boggi betegnet MB7 (første boggi i togets fartsretning) ble besluttet oppmålt. Hjulprofilene på de øvrige boggiene ble under besiktigelsene den 23. og 24. februar vurdert visuelt til ikke å avvike signifikant fra profilene for MB7.

Oppmåling av hjulprofilene i boggi MB7 (akselposisjon 14 og 13) ble foretatt av representant for Stadler. Resultatene ble oversendt til SHT i epost datert 08.03.12.

Både de enkelte skadene og det samlede skadebildet ble vurdert med sikte på å avgjøre om de observerte skadene var følgeskader eller ikke.

1.2 Konklusjon

Ved gjennomgang og vurdering av skadene på boggiene ble det ikke funnet skader eller feil som kan antas å ha vært til stede før avsporingen. Alle de observerte skadene kan forklares som en følge av togets bevegelser etter avsporingen, eller som følge av demontering og transport av boggiene fra ulykkesstedet til verkstedet Sundland.

1.3 Begrensninger/usikkerhet

For drivakslene hindrer drevkasse, elastiske koplinger og kraftoverføring inspeksjon av hele akselen. Eventuelle initiale feil i disse ville imidlertid gitt andre observerbare feil. Slike ble ikke funnet.

For noen av de observerbare skadene kan det ikke med sikkerhet avgjøres om skaden skyldes avsporingen eller den senere demonteringen av boggiene og transporten til verkstedet. Dette er uansett sekundært for oppdraget, men må tas med i betraktningen dersom skadebildet på boggiene skal nyttes til å tolke hendelsesrekkefølgen.

1.4 Besiktigelsesprotokoll

Observerte skader er listet pr boggi med referanse til standard boggibetegnelse og akselposisjonsbetegnelse. Det skilles mellom skader på venstre og høyre side i togets fartsretning. Ved avsporingen gikk toget med boggi MB7 som ledende boggi og akselposisjon 14 som ledende aksel. Toget sporet av mot venstre i fartsretningen.

1.4.1 Boggi nr. 64-022 MB 7 første boggi i fartsretning

1.4.1.1 *Generelt:*

- Skrapeskader på boggivange venstre side etter kontakt med terreng.
- På høyre side er det skader på demperne.
- Alle 4 sikringswire mellom bolster og boggiramme er slitt av
- Begge luftbelger ser intakte ut
- Fremre venstre og bakre høyre sideanslag for boggien er skadet (knust)
- Bruddstykket X5 kan passe i posisjonen for bakre høyre sideanslag
- Fremre venstre og bakre høyre lenk arm til torsjonsstag har skader på øvre oppheng
- Begge banemotorene er tilsynelatende uskadet

1.4.1.2 *Akselposisjon 14:*

- Hjulskivene har sår etter kontakt med terreng (spesielt på flensen)
- Aksel og akselhylse med elastiske elementer tilsynelatende uskadet
- Drevkassen ok
- Bremseskiver, klosser og holdere ok på begge sider
- Akselkasselokk på venstre side er slått av
- Pusseklosser ok på begge hjul

1.4.1.3 *Akselposisjon 13*

- Vestre hjul: slagmerker etter kontakt med terreng
- Høyre hjul: bare mindre skader
- Akselhylse har brudd ved den venstre elastiske koplingen.
- Venstre elastiske kobling har merker etter kontakt sannsynligvis med en skinne.
- Ingen observerbare skader på aksel inne i hylsen, observert gjennom sprekkene i hylsen. Ikke demontert for videre undersøkelse
- Drevkassen har mindre lakkskader
- Bremseskiver, klosser og holdere ok på begge hjul
- Pusseklosser ok på begge hjul



Figur 1: Boggi nr. 64-022 MB 7.

1.4.2 Boggi nr. 62-023 JTB 6 andre boggi i fartsretning

1.4.2.1 *Generelt:*

- Moderate skrapeskader på boggivange venstre side.
- Slitasjeskader og lakkskader etter kontakt med pukke i underkant på venstre side.
- Sikkerhetswire er slitt av i posisjon venstre fremme og høyre bak
- Mindre merker i sideanslag begge sider
- Bakre venstre luftbelge har klemskade, de øvrige er tilsynelatende intakt
- Magnetskinnebrems venstre side har store lakkskader etter kontakt med pukke

1.4.2.2 *Akselposisjon 12*

- Små lakkskader på aksel
- Moderate til små skader på hjulbanen begge hjul
- Bremseskiver ok på begge hjul
- Mangler bremsekloss på venstre hjul innside, men ingen slitasjemerker på klossholder.
- Nedre ytre feste for bremsesyliner er knekt etter kontakt med terreng.

1.4.2.3 *Akselposisjon 11*

- Aksel tilsynelatende uskadet
- Moderate til små skader på begge hjul
- Bremseskiver ok på begge hjul
- Ytre bremseklossholder (og kloss) borte på venstre side
- Bremsklosser ok på høyre side og indre venstre side ok.



Figur 2: Boggi nr. 62-023 JTB 6.

1.4.3 Boggi nr. 62-022 JTB 5 tredje boggi i fartsretningen

1.4.3.1 *Generelt:*

- Moderate skrapeskader på boggivange venstre side
- Alle 4 sikringswire er slitt av
- Sideanslag for boggi knust eller skadet på begge sider, men mest på høyre
- Bakre venstre topp på luftbelger er borte
- Bakre høyre topp på luftbelg er revet løs fra vognkassen
- Alle støtdempere er skadet
- Fremre feste for magnetskinnebrems venstre side er deformert
- Lakkskader på magnetskinnebremsene, mest på venstre side

1.4.3.2 *Akselposisjon 10*

- Aksel tilsynelatende uskadet
- Moderate skader på løpebane og flens på begge hjul
- Bremseskiver klosser og holdere ok på begge sider.
- Akselkasselokk på venstre side er slått av

1.4.3.3 *Akselposisjon 9*

- Aksel tilsynelatende uskadet
- Grove slagskader på venstre hjul, ytterkant
- Moderate skader på høyre hjul
- Bremseskiver, klosser og klossholdere ok på begge hjul
- Løftesikring venstre side brukket og bøyd
- Slitasjemerker etter kontakt med terreng/pukk under akselkasse venstre side



Figur 3: Boggi nr. 62-022 JTB 5.

1.4.4 Boggi nr. 64-023 MB 4

1.4.4.1 *Generelt:*

- Skrapeskader på boggivange venstre side
- Mindre kontaktskader på høyre side
- Høyre belg for luftfjæring ute av posisjon, men tilsynelatende hel
- Venstre belg tilsynelatende ok
- Dempere mellom bolster og boggiramme deformert på venstre side, ødelagt på høyre side
- Fremre venstre sikringswire ok, de øvrige 3 er slitt av
- Fremre sideanslag på begge sider er knust og borte
- Bakre sideanslag på venstre side er knust og delvis borte
- Bakre sideanslag høyre side er skadet
- Bakre lenkarm høyre side har bare lakkskader, de øvrige 3 er slitt løs fra festene
- Bolsteret ligger skjevt, heller mot venstre side og er trykket forover på høyre side

1.4.4.2 *Akselposisjon 8:*

- Aksel, akselhylse og elastiske koplinger er tilsynelatende uskadet
- Drevkassen har lakkskader på undersiden
- Mindre skader på hjul begge sider
- Bremseskiver, klosser og klossholdere ok på begge hjul
- Pusseklosser ok på begge hjul
- Understykket for akselkasse mangler på venstre side
- Akselkasselokk borte på venstre side
- Løftesikring slitt av og deformert på begge sider
- Banemotor tilsynelatende uskadet

1.4.4.3 *Akselposisjon 7:*

- Aksel, akselhylse og elastiske koplinger er tilsynelatende uskadet
- Drevkassen tilsynelatende uskadet
- Mindre skader på hjul begge sider
- Bremseskiver, klosser og klossholdere ok på begge hjul
- Pusseklosser ok på begge hjul
- Løftesikring venstre side defekt
- Akselkasselokk høyre side er skadet
- banemotor tilsynelatende uskadet men kabler og rørforbindelse til vogn er slitt av
- kjøleluft inntak er deformert



Figur 4: Boggi nr. 64-023 MB4.

1.4.5 Boggi nr. 60-008 TB3

1.4.5.1 *Generelt:*

- Moderate skrapeskader på boggivange, venstre side
- Bolster flyttet bakover på venstre side og forskjøvet mot høyre
- Venstre belg ute av posisjon, høyre ok
- Alle 4 sikringswire er slitt av
- Bakre venstre sideanslag knust, feste deformert
- Bakre høyre sideanslag har mindre kontaktskade
- Fremre høyre sideanslag er uskadet
- Fremre venstre sideanslag er knust og borte, festet er deformert
- Alle 4 lenk armer er intakte
- Skrapeskader på magnetskinnebrems venstre side

1.4.5.2 *Akselposisjon 6:*

- Mindre lakkskader på aksel
- Minimale skader på begge hjul
- Indre bremsekloss på begge hjul er borte, ingen slitasjemerke på holderne
- Bremseskiver, klossholdere og øvrige klosser er ok
- Skader på akselkasselokk venstre side

1.4.5.3 *Akselposisjon 5:*

- Aksel tilsynelatende uskadet
- Indre bremsekloss høyre side mangler, ingen slitasjemerke på holderne
- Bremseskiver, klossholdere og øvrige klosser er ok
- Minimale skader på begge hjul



Figur 5: Boggi nr. 60-008 TB3.

1.4.6 Boggi nr. 62-024 JTB 2

1.4.6.1 *Generelt:*

- Skrapeskader på boggivange venstre side etter kontakt med terreng
- Høyre side er stort sett uskadet
- Magnetskinnebrems på venstre side har hatt kontakt med pukk
- Fremre feste for torsjonsstag synes revet løst på begge sider
- Bakre feste for torsjonsstag synes revet løs på venstre side, høyre side virker demontert under berging
- Alle 4 sikringswire er slitt av
- Samtlige luftbelger var demontert eller falt av

1.4.6.2 *Akselposisjon 4:*

- Moderate (lakk-)skader på aksel
- Moderate skader på hjulene på begge sider
- Ytre venstre bremsekloss mangler, ingen slitasjemerker på klossholder
- Bremseskiver, klosser og klossholdere for øvrig var ok
- Akselkasselokk på venstre side er revet av

1.4.6.3 *Akselposisjon 3:*

- Mindre ripe- og lakkskader på aksel
- Store slagskader på venstre hjul utside
- Små skader på høyre hjul
- Bremseskiver, klosser og klossholdere ok på begge sider.



Figur 6: Boggi nr. 62-024 JTB 2.

1.4.7 Boggi nr. 64-025 MB 1 bakerste boggi

1.4.7.1 *Generelt:*

- Skrapeskader på boggivange venstre side
- Begge luftbelger tilsynelatende ok
- Fremre venstre sikringswire er intakt
- Øvrige 3 sikringswire er slitt av
- Fremre venstre sideanslag knust
- Fremre høyre sideanslag knust og borte
- Bakre sideanslag skadet begge sider
- Fremre lenkarmer har skader øverst begge sider
- Bakre lenkarmer har bare mindre skader øverst begge sider
- Feste for skinnerydder deformert på venstre side

1.4.7.2 *Akselposisjon 2:*

- Aksel, akselhylse og elastiske koplinger tilsynelatende ok
- Drevkasse tilsynelatende ok
- Venstre hjul har små skader, høyrehjul har minimale skader
- Bremseskiver, klossholdere og klosser på begge hjul
- Pusseklosser ok
- Mindre slitemerker under venstre akselkasse
- Banemotor tilsynelatende uskadet

1.4.7.3 *Akselposisjon 1:*

- Aksel, akselhylse og elastiske koplinger tilsynelatende ok
- Drevkasse tilsynelatende ok
- Begge hjul har minimale skader
- Bremseskiver, klossholdere og klosser på begge hjul
- Mindre slitemerker under venstre akselkasse
- Banemotor tilsynelatende uskadet



Figur 7: Boggi nr. 64-025 MB 1.

1.5 Sammenstilling av noen av de observerte skadene

Akselpoisjon		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Venstre side	Hjul	minimale skader	små skader	Store slagskader	moderate skader	minimale skader	minimale skader	mindre skader	mindre skader	Grove slagmerker	moderate skader	Små skader	moderate skader	Slagmerker	skadet
	Lenker	mindre skader	skader øverst	slitt løs	slitt løs	intakt	intakt	lakkskader	slitt løs					ok	skadet øverst
	Wire	slitt av	intakt	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	ok	slitt av	slitt av	ok	slitt av	slitt av	slitt av
	Sideanslag	skadet	knust			knust, feste deformert	knust, feste deformert	knust, delvis borte	knust, delvis borte	skadet	skadet			ok	knust
	Boggivange	Skrapeskader		Skrapeskader		moderate skrapeskader		Skrapeskader		Moderate skrapeskader		Moderate skrapeskader		Skrapeskader	
Boggi	MB 1			JTB 2			TB 3		MB 4		JTB 5		JTB 6		MB 7
Høyre side	Boggivange	stort sett uskadet		stort sett uskadet		stort sett uskadet		små skader		små skader		små skader		Skader på dempere	
	Sideanslag	skadet	knust og borte			Mindre kontaktskad	uskadet	skadet	knust, delvis borte	mer skadet	mer skadet			knust	ok
	Wire	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	slitt av	ok	slitt av	slitt av
	Lenker	mindre skader	skader øverst	demontert	slitt løs	intakt	intakt	slitt løs	slitt løs					skadet øverst	ok
	Hjul	minimale skader	minimale skader	små skader	moderate skader	minimale skader	minimale skader	mindre skader	mindre skader	moderate skader	moderate skader	små skader	moderate skader	mindre skader	skadet

SAMMENSTILLING AV NOEN AV DE OBSERVERTE SKADENE

1.6 Referanse til øvrig dokumentasjon

I forbindelse med arbeidet har man også gjennomgått og støttet seg på følgende dokumenter:

«Rules for representation, NSB coach designation»; Stadler/NSB: gir en oversikt over betegnelser for vogner, boggier og akselposisjoner.

Tekniske tegninger mottatt i epost fra Stadler datert 29.februar 2012:

- BU_1196331 Motordregestell MDG1
- BU_1314340 Motordregestell MDG4
- BU_1248457 Laufdregestell
- BU_1248457 Jacobdregestell JDG2+6
- BU_1182091 Jacobdregestell JDG5

Beskrivelser av boggiene mottatt i epost fra Stadler 08. mars 2012:

- NSB Dok.nr: A-61071-VD-02090; Rev. 1: Product description Motor bogie
- NSB Dok.nr: A-61071-VD-02091; Rev. 1: Product description Trailer bogie
- NSB Dok.nr: A-61071-VD-02092; Rev. 1: Product description Jacobs trailer bogie

Måleresultater fra hjulmåling mottatt i epost fra Stadler 08. mars 2012:

- NSB train5-MB7 64-022-wheel measurement summary
- NSB train5-MB7 64-022 wheel measurement detailed

Vältningsberäkningar för NSB fordon Typ 74, 70, 72 och 5

Dokumentbeteckning : TS4631-0000-2-RES
utgåva 2 , UN

Datum : 2012-04-13

Sammanfattning

NSB har gett Interfleet Technology i uppdrag att beräkna de hjulomlastningar som uppträder vid exceptionella spårplansaccelerationer för olika fordonstyper.

Vältningsberäkningar har genomförts för fyra olika fordon; NSB typ 74, 70, 72 och 5. Beräkningarna är gjorda med fordonsdynamiska simuleringar, och fordonsmodeller har tagits fram med hjälp av fordonsdata erhållna från NSB och Stadler. Fokus har varit på att ge en korrekt beskrivning av de kvasistatiska värdena utifrån givna förutsättningar, och fordonsmodellernas komplexitet har anpassats för detta. Beräkningarna visar att de olika fordonstyperna har i princip likvärdiga marginaler mot vältningsrisk om man enbart ser till de kvasistatiska värdena.

Utöver de kvasistatiska vältningsberäkningarna har även dynamiska simuleringar genomförts för typ 74 med hjälp av uppmätta spårdata. Dessa beräkningar ställer betydligt högre krav på modelleringen de ingående fordonskomponenterna, varför onoggrannheten är betydligt större i dessa resultat. Längden på de spåravsnitt som har simulerats har dessutom varit mycket begränsad, varför det är svårt att göra några generella uttalande om dynamikens inverkan på vältningsrisken. Simuleringarna indikerar att det är möjligt att kortvarigt helt avlasta en boggi utan att fordonet välter.

Slutligen redovisas kvasistatiska spårkrafter, ΣY , Y/Q och Y för typ 74 som funktion av spårplansacceleration. Även i detta fall bör resultaten användas med försiktighet på grund av begränsningarna i den använda fordonsmodellen.

Titel : Vältningsberäkningar för NSB fordon Typ 74, 70, 72 och 5
Dokumentbeteckning : TS4631-0000-2-RES utgåva 2
Utgåva : 2
Datum : 2012-04-13

Ändringshistorik

Utgåva	Ändringsbeskrivning	Datum
1	Första utgåva	2012-03-30
2	Andra utgåva. Fel rättade, infört Figur 9 och Figur 14	2012-04-13

INNEHÅLL

Sammanfattning	2
Ändringshistorik	3
1. Inledning	5
1.1 Uppdrag	5
2. Bedömningskriterier	5
3. Förutsättningar.....	5
3.1 Simuleringsverktyg	5
3.2 Fordonsdata	5
3.3 Fordonskonfigurationer.....	6
3.4 Lastfall	7
3.5 Spårdata	7
3.6 Hjul/räl-kontakt.....	8
3.7 Simuleringsfall.....	8
4. Resultat.....	8
4.1 Kvasistatisk vältningsberäkning	8
4.2 Tyngdpunktens inverkan.....	10
4.3 Dynamisk vältningsberäkning för typ 74	11
4.4 Kvasistatiska spårkrafter för typ 74.....	15
5. Sammanfattning	15
6. Referenser	16
Bilaga 1: Spåravsnitt för dynamiska beräkningar	17
Bilaga 2: Typ 74, kvasistatiska η	18
Bilaga 3: Typ 70, kvasistatiska η	19
Bilaga 4: Typ 72, kvasistatiska η	20
Bilaga 5: Typ 5, kvasistatiska η	21
Bilaga 6: Typ 74, dynamiska η	22
Bilaga 7: Typ 74, kvasistatiska ΣY	24
Bilaga 8: Typ 74, kvasistatiska Y/Q	25
Bilaga 9: Typ 74, kvasistatiska Y	26

1. Inledning

NSB har gett Interfleet Technology i uppdrag att beräkna de hjulomlastningar som uppträder vid exceptionella spårplansaccelerationer för ett antal fordonstyper.

1.1 Uppdrag

Uppdraget är att beräkna vid vilken spårplansacceleration något fordon når vältningsgränsen. Beräkningarna görs i första hand vid ideala förhållanden, d.v.s. utan ytterligare dynamik p.g.a. spårfel eller ändring i spårgeometri. Fyra fordonstyper, motorvagnståg typ 74, typ 70, typ 72 samt personvagn typ 5 skall undersökas.

För typ 74 görs även en bedömning av dynamikens inverkan på vältningskriteriet.

För typ 74 skall dessutom de uppträdande kvasistatiska spårkrafterna vid dessa extrema förhållanden beräknas.

2. Bedömningskriterier

Bedömningskriterier för säkerheten mot vältning finns i TSD Höghastighet Rullande materiel [1] och EN 14067-6 [2] i samband med sidovindar, och i UIC 518-1 [3] i samband med godkännande av fordon för höga spårplansaccelerationer. I båda fallen är det, av naturlig orsak, graden av hjulavlastning på de innerhjulena i en kurva som avgör benägenheten för vältning.

I TSD och EN 14067-6 är bedömningskriteriet:

$$\Sigma Q_{\text{boggi_inner}}/Q_0 \leq 0.9$$

I UIC 518-1 är bedömningskriteriet:

$$\eta = [\Sigma Q_{\text{boggi_ytter}} - \Sigma Q_{\text{boggi_inner}}] / [\Sigma Q_{\text{boggi_ytter}} + \Sigma Q_{\text{boggi_inner}}] \leq 1.0$$

I båda kriterierna är krafterna på hjulena lågpasfilterade med en brytfrekvens på 1.5 Hz.

I denna rapport redovisas η som funktion av spårplansacceleration och hastighet.

3. Förutsättningar

3.1 Simuleringsverktyg

Vältningsberäkningarna har gjorts med hjälp av fordonsdynamiska simuleringar i simuleringsverktyget Gensys [4]. Tredimensionella modeller av de fyra olika fordonstyperna har tagits fram, där de olika fordonsdelarna, hjulaxlar, boggier och vagnskorgar, beskrivs som stela kroppar. Dessa är förbundna med fjädrar och dämpement för att motsvara den verkliga vagnen. Dessa modeller används sedan för att göra tidssimuleringar på några km långa spåravsnitt. Dessa är såväl ideala som baserade på uppmätningar av verkliga spår. De beräknade vertikalkrafterna mellan hjul och räl har utvärderats enligt bedömningskriterierna ovan.

3.2 Fordonsdata

Indata för fordonstyperna har erhållits av NSB och för typ 74 även från tillverkaren Stadler. Typ 74 har den mest kompletta fordonsdynamiska modellen. För övriga fordonstyper har denna grundmodell modifierats med avseende på fordonskonfiguration, massor, tyngdpunktslägen, primär- och sekundärstyheter och sekundärstopp.

Vagnskorgarnas tyngdpunktslägen i vertikal riktning har erhållits från NSB och Stadler. Tyngdpunktsläget i lateral riktning har för samtliga fordon antagits vara centrerat. För typ 5 FR5-1 vagnen är detta sannolikt inte korrekt. Layouten för denna vagn tyder på att tyngdpunkten har en signifikant förskjutning i lateral riktning.

Tyngdpunktsläget i longitudinell riktning har antagits ligga mitt i mellan boggierna för typ 70 och typ 5 medan de, för typ 74, beräknats med hjälp av överlämnad information från Stadler. För typ 72 har tyngdpunktsläget i longitudinell riktning i ändvagnarna antagits vara snarlikt motsvarande vagnar i typ 74 medan det för mellanvagnarna antagits ligga centrerat mellan boggierna.

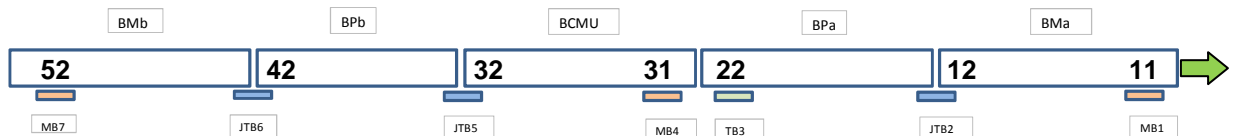
Fordonskopplarna mellan vagnarna är modellerade på ett förenklat sätt med enbart ett bussningselement. För de vagnsändar som inte är förenade med jacobsboggier kan denna förenkling påverka de simulerade spårkrafterna i lateral led. Detta gäller i synnerhet för Typ 70, vilken har olika boggiavstånd för BFM och B-vagnarna. Däremot påverkas vertikalkrafterna i betydligt mindre omfattning, varför förenklingen inte bedöms påverka slutsatserna av vältningsmodellerna. För typ 70 och typ 5 har beräkningar gjorts även utan koppel och detta bekräftar denna slutsats.

Utformning och modellering av de laterala och vertikala sekundära stoppen inverkar på resultaten vid dessa höga spårplansaccelerationer. Osäkerheter i beskrivningen av dessa stopp ger en osäkerhet i framförallt de dynamiska beräkningarna.

3.3 Fordonskonfigurationer

3.3.1 Motorvagn typ 74

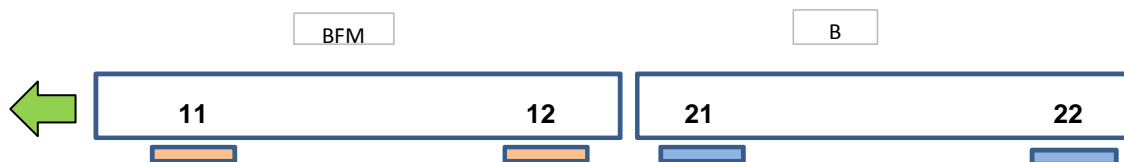
För typ 74 har ett helt 5-vagnars tågsätt simulerats. Fordonet har både jacobsboggier och konventionella boggierna, även som mittboggier. Den använda fordonskonfigurationen visas i Figur 1.



Figur 1. Simulerad fordonskonfiguration för NSB Typ 74. Den i rapporten använda bogginummeringen och färdriktningen framgår av figuren.

3.3.2 Motorvagn typ 70

För typ 70 har endast de två främsta vagnarna, BFM och B, beräknats. Övriga vagnar inklusive manövern vagnen bedöms vara likvärdiga eller bättre med avseende på vältnings. Den använda fordonskonfigurationen visas i Figur 2.

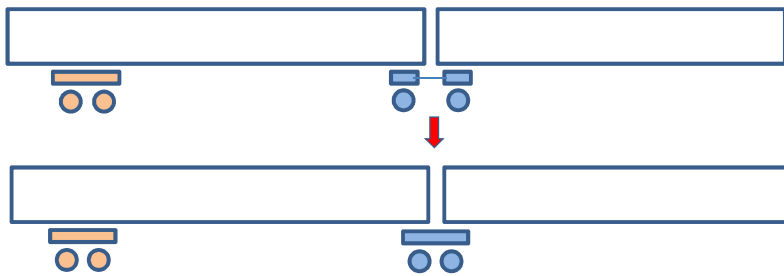


Figur 2. Simulerad fordonskonfiguration för NSB Typ 70. Den i rapporten använda bogginummeringen och färdriktningen framgår av figuren.

3.3.3 Motorvagn typ 72

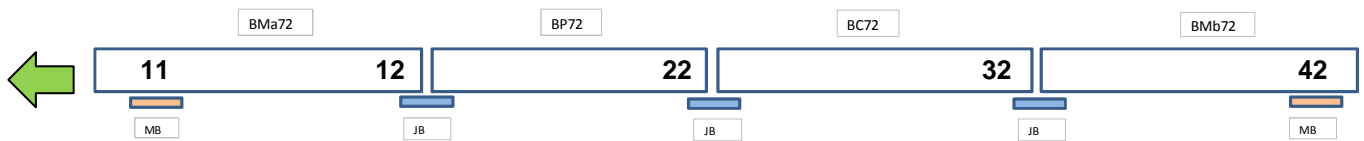
Typ 72 har en annan typ av löpverk än övriga fordonstyper, med enkelaxliga boggierna sammanbundna parvis med länkar. I simuleringsmodellen har två enkelaxliga boggierna i leden

mellan vagnarna ersatts av en jakobsboggi, se Figur 3 nedan. Ur vältningsaspekten bör detta vara en acceptabel förenkling.



Figur 3. Två enkelaxliga boggier har modellerats som en jacobsboggi.

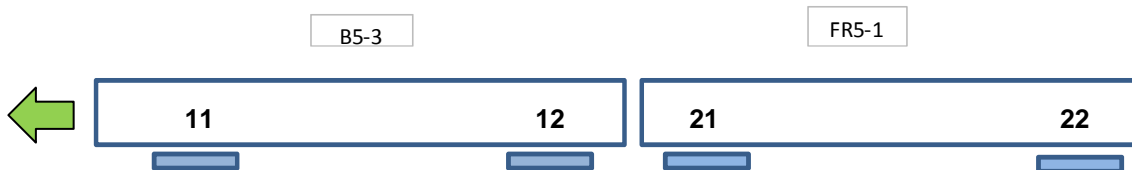
För typ 72 har ett fyrvagnars tågsätt använts vid simuleringarna, se Figur 4.



Figur 4. Simulerad fordonskonfiguration för NSB Typ 72. Den i rapporten använda bogginumreringen och färdriktningen framgår av figuren.

3.3.4 Personvagn typ 5

För typ 5 har endast två vagnar, B5-3 och FR5-1, modellerats. Övriga vagnar bedöms vara likvärdiga eller bättre i detta hänseende. Den använda fordonskonfigurationen visas i Figur 5.



Figur 5. Simulerad fordonskonfiguration för NSB Typ 5. Den i rapporten använda bogginumreringen och färdriktningen framgår av figuren.

3.4 Lastfall

Två lastfall har studerats för samtliga fordon:

- Tara (tomlast)
- Last motsvarande fullt antal sittande + 4 stående/m²

3.5 Spårdata

De kvasistatistiska beräkningarna har gjorts på ett idealt spår utan spårlägesfel, i en högerkurva med kurvradie 250 meter och 140 mm rälsförhöjning. Simuleringarna har startat på rakspår, men fordonen har efter den inledande övergångskurvan befunnit sig i en konstant cirkulärdel tills simuleringarna har avslutats.

För bedömningen av de dynamiska effekterna har simuleringar gjorts på två banavsnitt på Dovrebanan respektive på Sörlandsbanan. Dessa banavsnitt har valts som exempel på avsnitt med snäva kurvor och förhållandevis dåligt spårläge eller/och svår spårgeometri. Simuleringarna ger alltså information om både inverkan av spårgeometri, såsom övergångskurvornas utformning, och av lokala spårfel.

Banavsnitt 1: Dovrebanan mellan km 170.5 och 173.5 har ett antal kurvor med c:a 250 m radie och förhållandevis dåligt spårläge (inklusive geometrifel eller fel med stor våglängd).

Banavsnitt 2: Sörlandsbanan mellan km 128 och 130 har ett antal kurvor med c:a 300 m's radie inklusive några med kort utsträckning. Spårkvaliteten på detta avsnitt förefaller något bättre än på avsnitt 1.

I Bilaga 1 visas kurvaturen för de valda avsnitten.

3.6 Hjul/räl-kontakt

Rälprofilen har vid samtliga simuleringar varit 54E3 (S54) med lutning 1:20, och hjulprofilen har varit P8 med flänstjocklek 30 mm. Kontaktmodellen, vilken beräknar krafterna mellan hjul och räl i varje tidpunkt, har varit av en typ som normalt används för spårkraftsberäkningar¹. De aktuella beräkningarna har antagit enpunktsparkontakt, d.v.s. med enbart en kontaktyta åt gången mellan hjul och räl.

Vid samtliga beräkningar har friktionskoefficienten $\mu=0.3$ använts.

3.7 Simuleringsfall

Grundsimuleringarna har gjorts kvasistatiskt på idealt spår i en mycket lång kurva, med radien 250 m och rälsförhöjningen 140 mm. Genom att öka hastigheten gradvis i kurvan ökas också spårplansaccelerationen successivt. Beräkningen avbryts då det ledande hjulparet får 100 % hjulavlastning på innerhjulet. Detta innebär att beräkningarna, med något undantag, inte resulterar i faktisk vältning.

De dynamiska simuleringarna har gjorts på de två banavsnitt, som beskrivs ovan. Hastigheten har anpassats till spårplansaccelerationerna 2.0 m/s^2 och 3.0 m/s^2 i de snävaste kurvorna på den studerade sträckan. På banavsnitt 1 har dessutom hastighet motsvarande spårplansaccelerationerna 3.7 m/s^2 och 4.0 m/s^2 simulerats. De dynamiska värdena beräknas som de maximala (absoluta) värdena minskat med de tillhörande ideala värden, som den aktuella kurvgeometrin skulle resultera i.

Förutom simuleringar med varierande spårplansacceleration med fordon med nominella fordonsdata har känsligheten för tyngdpunktens vertikala läge, som alltid är behäftad med en signifikant osäkerhet, studerats för typ 74.

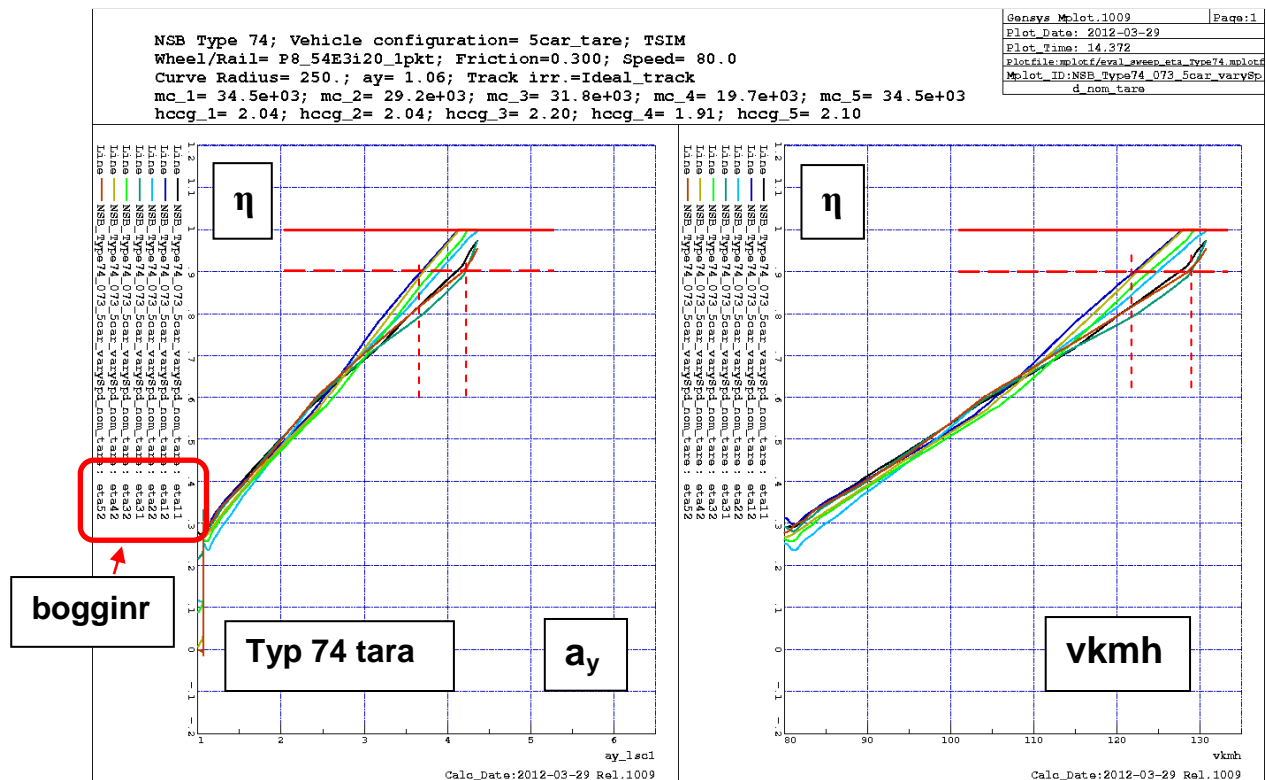
4. Resultat

4.1 Kvasistatisk vältningsberäkning

Fordonen har simulerats i en lång kurva med kurvradie 250 m och rälsförhöjningen 140 mm. Hastigheten har ökat successivt från 80 km/h tills att första boggin uppnådde $\eta=1$, varvid simuleringen avbrutits. Ett exempel på resultat från en sådan simulering visas i Figur 6. I det vänstra diagrammet visas η som funktion av spårplansaccelerationen a_y . Varje boggi redovisas som en separat kurva, och respektive bogginummer enligt avsnitt 3.3 framgår av förklaringarna till vänster om diagrammen. I det högra diagrammet visas samma information men med hastighet på x-axeln. Beräkningarna för de fyra olika fordonen visas i Bilaga 2 till Bilaga 5.

Resultaten sammanfattas från diagrammen genom att ge spannet mellan spårplansaccelerationen då den sämsta och den bästa boggin når η -värdet 0.9 motsvarande 90 % avlastning redovisas. Dessa värden är indikerade med lodräta streck i Figur 6.

¹ wr_coupl_pe3. Kontaktmodellen finns beskriven på Gensys hemsida, www.gensys.se.



Figur 6. Diagram av η per boggi som funktion av spårplansacceleration (vänster diagram) och hastighet (höger diagram) för typ 74, tara. Gränsvärdet $\eta=1.0$, d.v.s. total hjulavlastning, samt $\eta=0.9$, vilket har använts i de redovisade tabellerna, är inritade i diagrammen. De vertikala strecken visar spannet mellan sämsta och bästa boggi vid $\eta=0.9$.

I Tabell 1 redovisas resultaten för η -värdet 0.9 som funktion av spårplansaccelerationen [m/s^2] för de fyra fordonstyperna.

Tabell 1. Sammanfattning över spårplansaccelerationer då η når 0.9 för samtliga fordon.

	tara		sittande + 4 stående/ m^2	
	$\eta_{0.9}$ sämsta boggi	$\eta_{0.9}$ bästa boggi	$\eta_{0.9}$ sämsta boggi	$\eta_{0.9}$ bästa boggi
Typ 74	3.68	4.20	3.70	4.00
Typ 72	3.62	4.70	3.59	4.42
Typ 70 *	3.76	5.40	3.59	5.00
Typ 5 *	3.65	4.20	3.54	4.00

* För typ 70 och typ 5 redovisas värdena för de separata vagnarna, d.v.s. då inverkan av kopplet tagits bort.

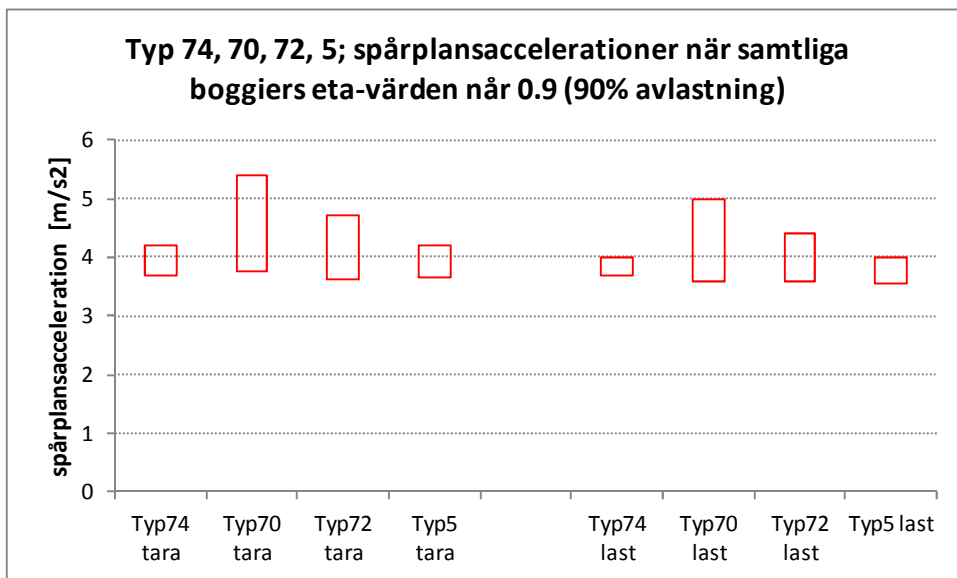
Motsvarande värden som funktion av hastighet [km/h] i den aktuella kurvan, med kurvradi 250 m och rälsförhöjning 140 mm, visas i Tabell 2.

Tabell 2. Sammanfattning av fordonshastigheter i den aktuella kurvan ($R=250\text{ m}$, $h_a=140\text{ mm}$) när η når 0.9 för samtliga fordon.

	tara		sittande + 4 stående/m ²	
	$\eta_{0.9}$ sämsta boggi	$\eta_{0.9}$ bästa boggi	$\eta_{0.9}$ sämsta boggi	$\eta_{0.9}$ bästa boggi
Typ 74	122	129	122	126
Typ 72	121	135	121	131
Typ 70 *	123	144	121	138
Typ 5 *	122	129	120	127

* För typ 70 och typ 5 redovisas värdena för de separata vagnarna, d.v.s. då inverkan av kopplet tagits bort.

Resultaten enligt Tabell 1 åskådliggörs schematiskt i Figur 7.



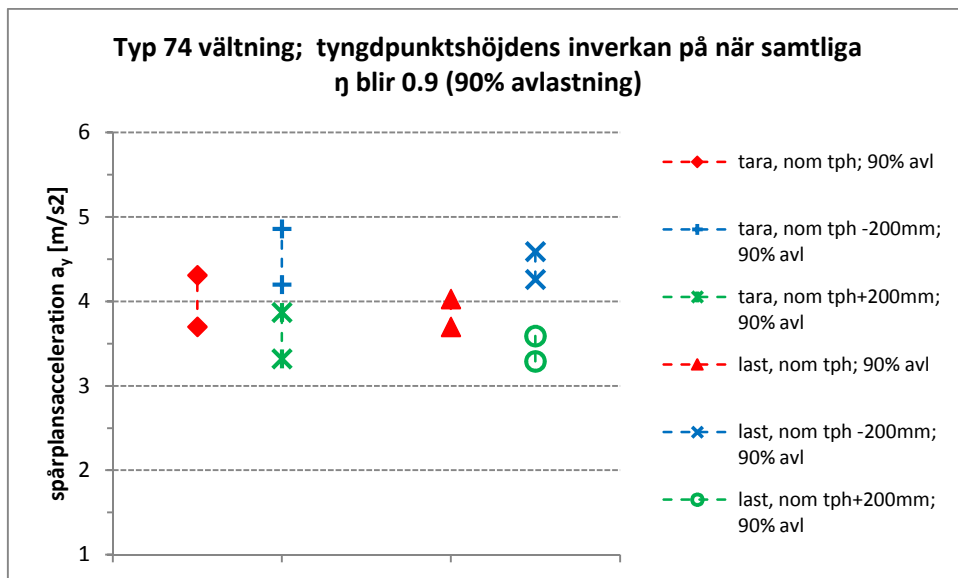
Figur 7. Översiktligt diagram av spårplansaccelerationen då $\eta = 0.9$ för de studerade fordonstyperna.

Som framgår av figuren skiljer sig inte de sämsta värdena för de olika fordonstyperna nämnvärt. En förklaring är att man vid dessa höga sidoaccelerationer ligger i hård kontakt med både lateral- och vertikalstoppen hos vagnskorgarna, vilket är det som begränsar rörelsen. Individuella skillnader i löpverken har därför mindre betydelse. Att de bästa värdena för typ 70 och 72 blir högre än för de andra fordonstyperna beror till stor del på den förhållandevis låga tyngdpunkten i ändvagnarna för dessa fordon.

4.2 Tyngdpunktens inverkan

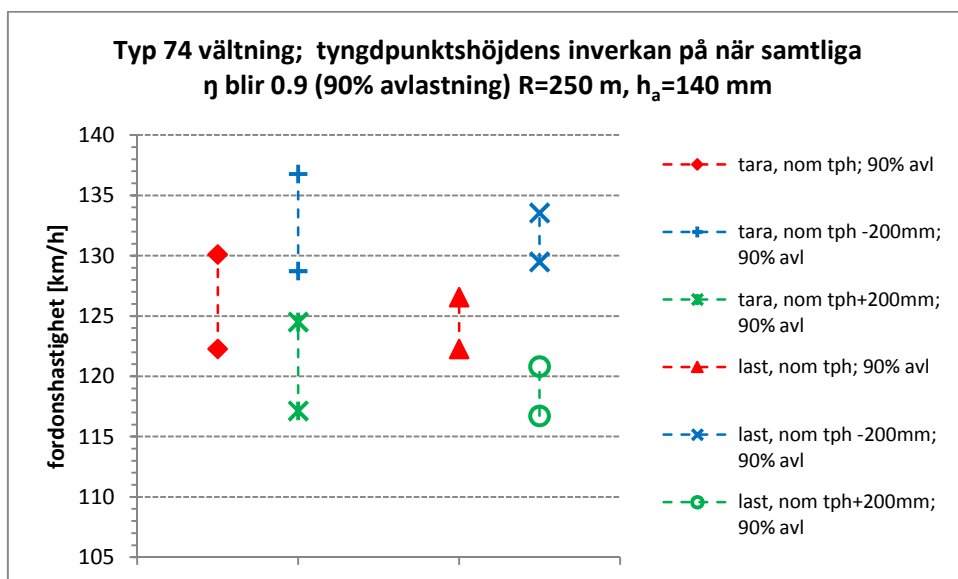
För typ 74 har en studie av inverkan av tyngdpunktens höjd gjorts. Tyngdpunkternas höjder har varierats $\pm 200\text{ mm}$ från de nominella höjderna enligt Stadler.

I Figur 8 visas spannen i spårplansacceleration [m/s^2] för $\eta = 0.9$, dels för den nominella tyngpunktshöjden och dels för en ökning respektive minskning med 200 mm. Värdena avser typ 74 tara och lastad.



Figur 8. Inverkan av tyngdpunktens höjd på spårplansaccelerationen för $\eta = 0.9$ för typ 74.

Motsvarande diagram uttryckt i fordonshastighet i en kurva med radie 250 m och rälsförhöjning 140 mm visas i Figur 9.



Figur 9. Motsvarande diagram som Figur 8, men uttryckt i fordonshastighet för en kurva med kurvradie 250 m och rälsförhöjning 140 mm.

4.3 Dynamisk vältningsberäkning för typ 74

Förutom de kvasistatiska vältningsberäkningarna har även simuleringar gjorts för typ 74 på spår med spårålagresfel för att ge en uppfattning om de dynamiska tillskotten till η .

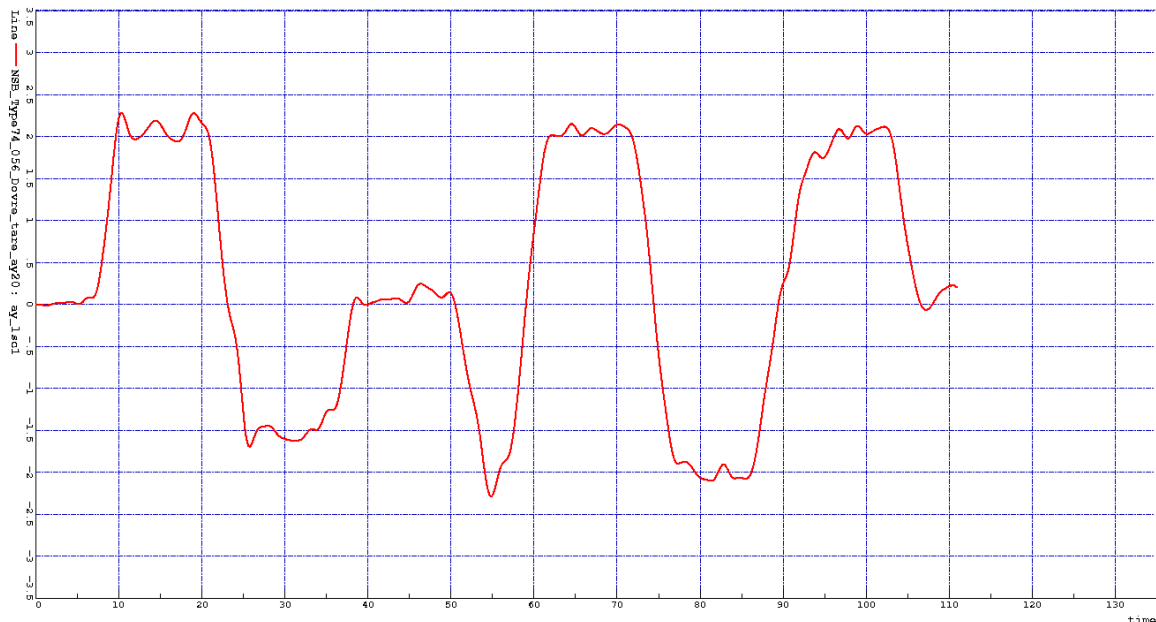
Simuleringar har gjorts på banavsnitten enligt avsnitt 3.5. På banavsnitt 2, Sörlandsbanan, har simuleringar gjorts med spårplansaccelerationerna c:a 2 och 3 m/s². På banavsnitt 1, Dovrebanan, har simuleringar med c:a 2.0, 3.0, 3.7 och 4.0 m/s² gjorts. Vid c:a 4.2 m/s² inträffade vältning.

Spårplansaccelerationerna motsvarar hastigheterna enligt Tabell 3 nedan.

Tabell 3. Hastigheter och motsvarande approximativa spårplansaccelerationer som har simulerats.

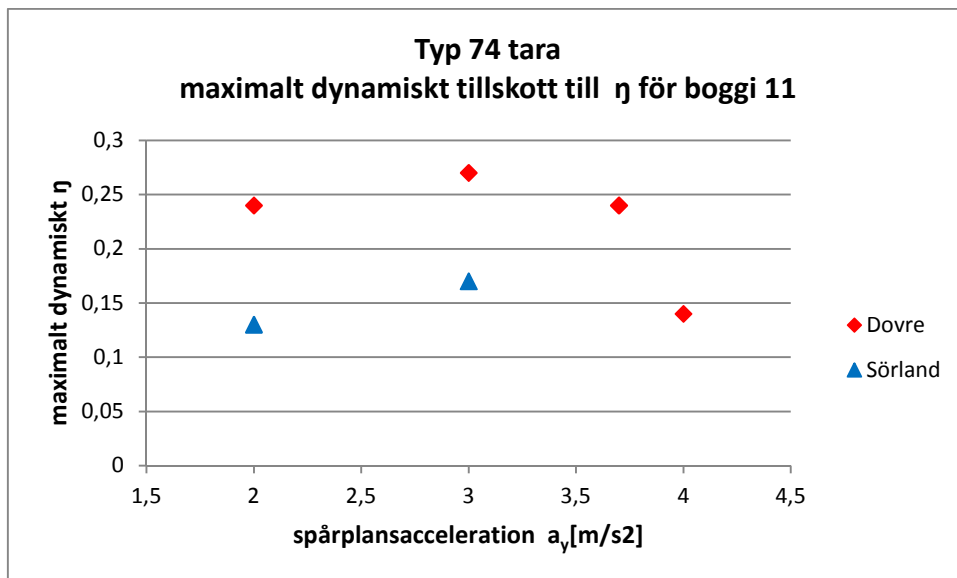
	Banavsnitt 1 Sörlandsbanan	Banavsnitt 2 Dovrebanan
Spårplansacceleration [m/s^2]	Hastighet [km/h]	Hastighet [km/h]
2.0	107	98
3.0	123	113
3.7	–	122
4.0	–	126

Hastigheterna är anpassade så att spårplansaccelerationerna i de undersökta kurvorna motsvarar värdena ovan. Eftersom den aktuella geometrin varierar mellan kurvorna kommer också den verkliga accelerationen att variera, se Figur 10. Men accelerationen $2.0 m/s^2$ i det aktuella fallet stämmer ändå rätt bra i fem av kurvorna. Det är bara i dessa fem kurvor från avsnitt 2 och motsvarande fyra kurvor från avsnitt 1 som bedöms med avseende på dynamiken.



Figur 10. Aktuell spårplansacceleration, med riktvärdet $2 m/s^2$, i hastigheten $98 km/h$ på banavsnitt 2.

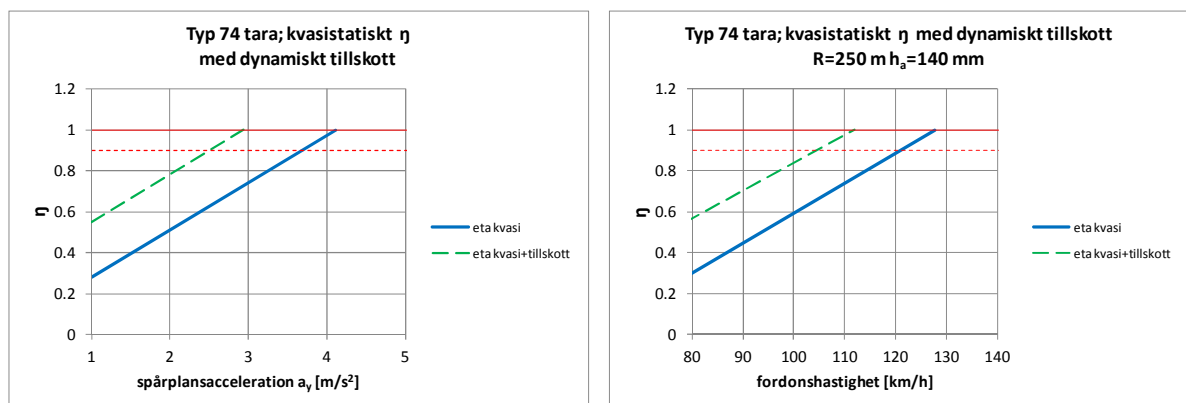
I Figur 11 visas η för typ 74, boggi 11, med spårplansaccelerationen $2 m/s^2$ på banavsnitt 2 (Dovrebanan). I Figur 12 visas motsvarande resultat för banavsnitt 1 (Sörlandsbanan).



Figur 13. Maximalt dynamiskt η för boggi 11 i de studerade kurvorna.

Som synes minskar det dynamiska η för de extrema spårplansaccelerationerna. Detta beror dels på att de mekaniska stoppen kommer i ingrepp i ökad grad och dels på, för 4 m/s² fallet, att innerhjulen på den aktuella boggin redan är fullt avlastade momentant, d.v.s. $\eta = 1$ är en fysikalisk gräns. Det krävs dock uppenbarligen ytterligare hastighetsökning innan vältning inträffar.

En illustration av effekten av att addera ett dynamiskt tillskott till det kvasistatiska η visas i Figur 14. I dessa diagram har det maximala dynamiska tillskottet för boggi 11, se Figur 13, adderats till det kvasistatiska η för den sämsta boggin enligt Figur 6. Observera att de simuleringar som är gjorda pekar på att det kan finnas en betydande konservatism i att göra på detta sätt. Värdet $\eta=0.9$ uppnås vid spårplansaccelerationen 2.6 m/s², medan vältning i simuleringarna på detta spåravsnitt skedde mellan 4.0 och 4.2 m/s².



Figur 14. Illustration av effekten av att addera ett dynamiskt tillskott till det kvasistatiska η . Typ 74 tara, med det största dynamiska η från Figur 13.

Som påpekats ovan bedöms den detaljerade beskrivningen och modelleringen av konstruktionselement, som t.ex. de mekaniska stoppen, påverka de dynamiska resultaten signifikant. Den förenklade och till delar uppskattade beskrivningen av dessa parametrar ger därför en osäkerhet för dessa värden. För att kunna dra några bestämda slutsatser i detta avseende krävs en noggrannare beskrivning av fordonen, än vad som varit tillgängligt inom ramen för detta uppdrag.

Det måste också påpekas att, även om svåra spåravsnitt valts ut, det ändå bara är några få km som studerats. Det är därför svårt att göra några generella uttalanden om förväntade dynamiska η .

4.4 Kvasistatiska spårkrafter för typ 74

För typ 74 redovisas även värden på kvasistatiska spårkrafter. Simuleringsmodellen är den mest detaljerade av de fyra fordonstyperna, men det bör påpekas återigen att den innehåller betydande förenklingar. Så är till exempel primärfjädrarna representerade av enbart sina linjäriserade styvheter, och saknar olinjära effekter såsom tilltagande styvhet med ökad deformation och ökad dynamisk styvhet. De spårkrafter som redovisas skall därför ses som indikativa värden och användas med försiktighet.

I Bilaga 7 redovisas kvasistatisk spårförskjutningskraft ΣY som funktion av spårplansacceleration och hastighet i den aktuella kurvan med radie 250 m och rälsförhöjning 140 mm. De redovisade värdena är normerade gentemot gränsvärdet enligt UIC518, där P_0 är den statiska axellasten i kN:

$$\Sigma Y_{norm} = \frac{\Sigma Y}{1.0 \cdot \left(10 + \frac{P_0}{3}\right)}$$

I Bilaga 8 redovisas kvasistatisk flänsklätringskvot Y/Q på ytterhjulen som funktion av spårplansacceleration och hastighet. Slutligen redovisas laterala spårkrafter Y på ytterhjulen i Bilaga 9 på motsvarande sätt.

5. Sammanfattning

I denna rapport redovisas beräkningar av fordonsvältning för fyra olika fordon, NSB typ 74, 70, 72 och 5. Beräkningarna är gjorda med fordonsdynamiska simuleringar, och fordonsmodeller har tagits fram med hjälp av fordonsdata erhållna från NSB och Stadler. Fokus har varit på att ge en korrekt beskrivning av de kvasistatiska värdena utifrån givna förutsättningar, och fordonsmodellernas komplexitet har anpassats för detta. Beräkningarna visar att de olika fordonstyperna har i princip likvärdiga marginaler mot vältning.

Utöver de kvasistatiska vältningsberäkningarna har även dynamiska simuleringar genomförts för typ 74 med hjälp av uppmätta spårdata. Dessa beräkningar ställer betydligt högre krav på modelleringen de ingående fordonskomponenterna, varför onoggrannheten är betydligt större i dessa resultat. Längden på de spåravsnitt som har simulerats har dessutom varit mycket begränsad, varför det är svårt att göra några generella uttalande om dynamikens inverkan på vältningsrisken. Simuleringarna indikerar att det är möjligt att kortvarigt helt avlasta en boggi utan att fordonet välter.

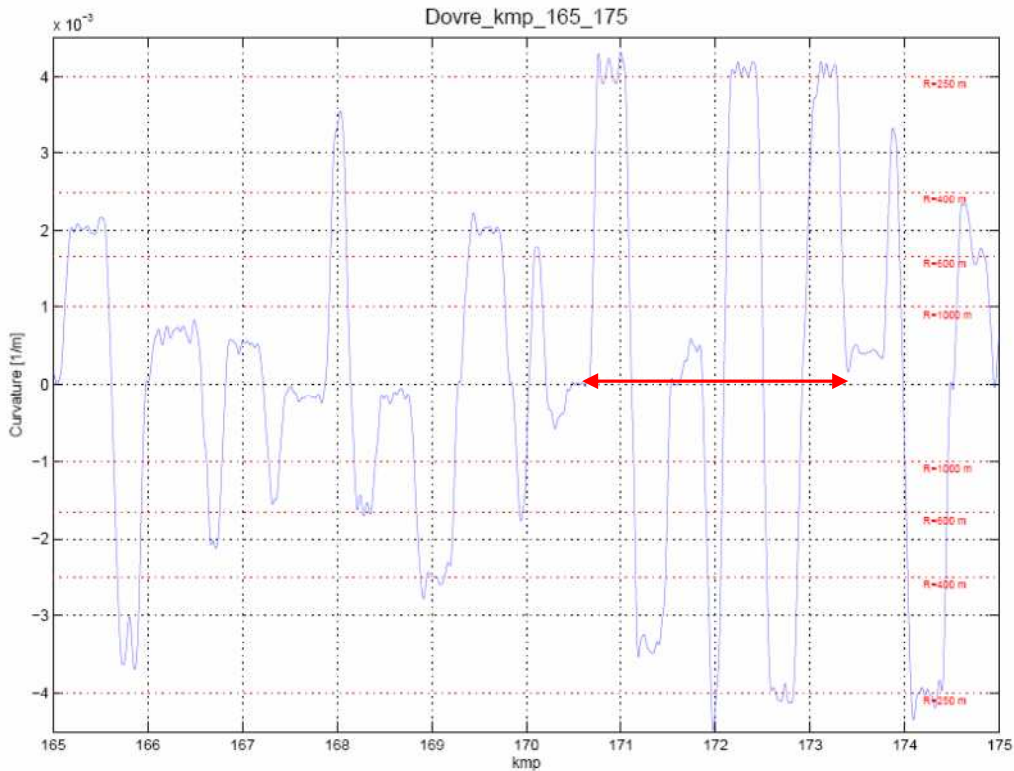
Slutligen redovisas kvasistatiska spårkrafter, ΣY , Y/Q och Y för typ 74 som funktion av spårplansacceleration. Även i detta fall bör resultaten användas med försiktighet på grund av begränsningarna i den använda fordonsmodellen.

6. Referenser

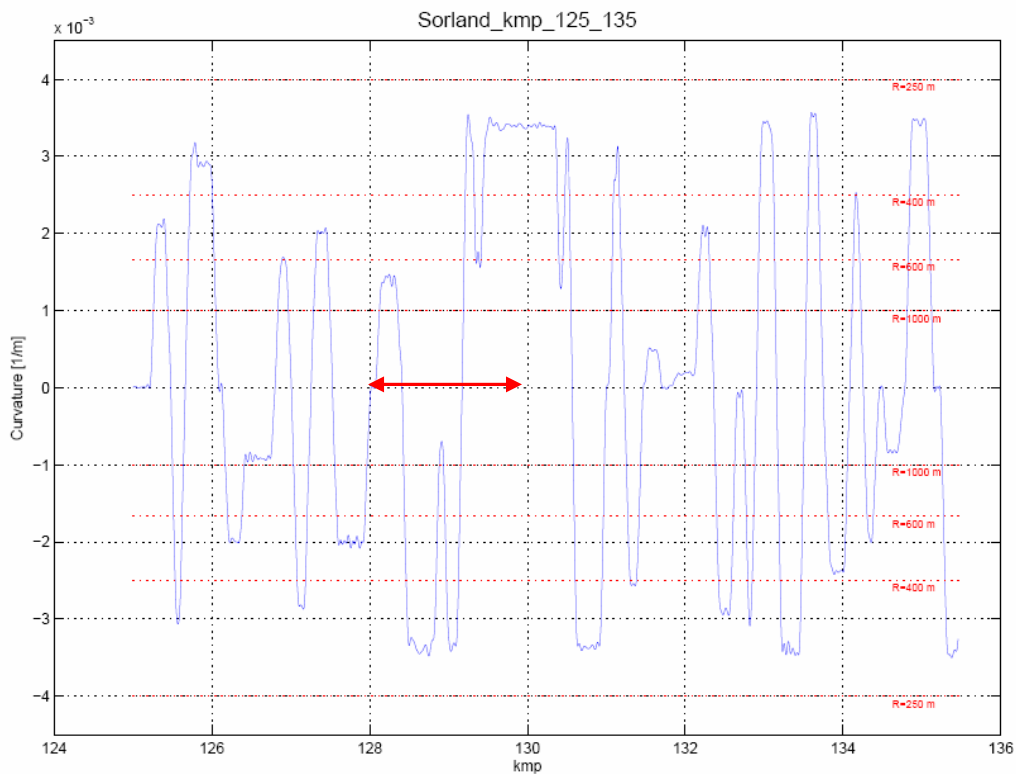
- [1] TSD Höghastighet, Rullande materiel: L245/405 Teknisk specifikation för driftskompatibilitet (TSD) avseende delsystemet "Rullande materiel". 12.9.2002.
- [2] EN 14067-6:2010; Railway applications – Aerodynamics, Part 6: requirement and test procedures for cross wind assessment.
- [3] UIC 518-1; Supplement to UIC leaflet 518: application to vehicles equipped with a cant deficiency compensation system and/or to vehicles intended to operate with a higher cant deficiency than stated for categories I to III. 1st edition, May 2004.
- [4] Gensys homepage: www.gensys.se

Bilaga 1: Spåravsnitt för dynamiska beräkningar

1. Dovrebanan mellan km 170.5 och 173.5

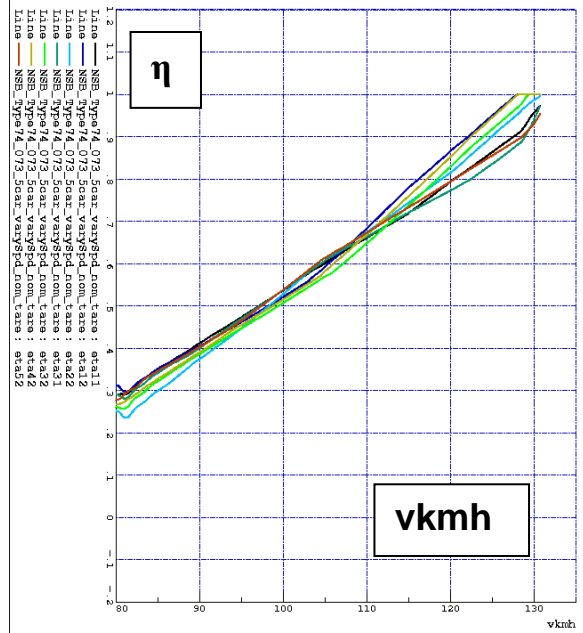
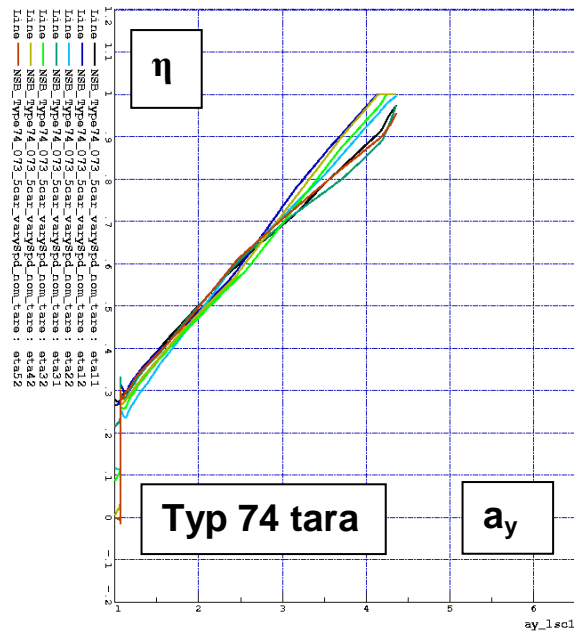


2. Sörlandsbanan mellan km 128 och 130

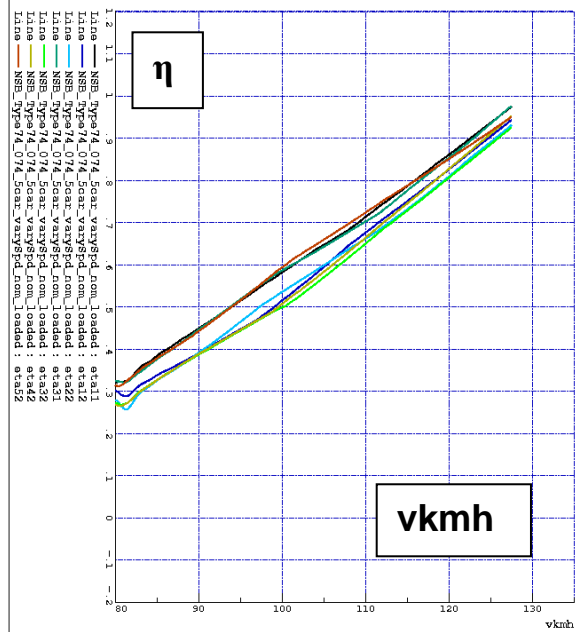
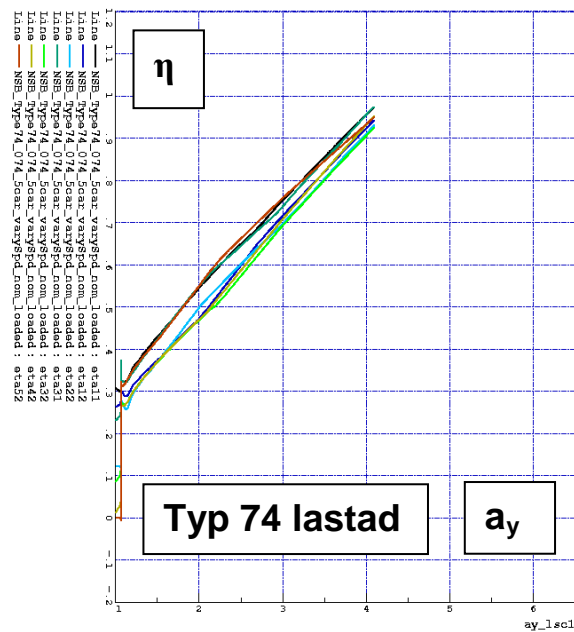


Bilaga 2: Typ 74, kvasistatiska η

Tara:

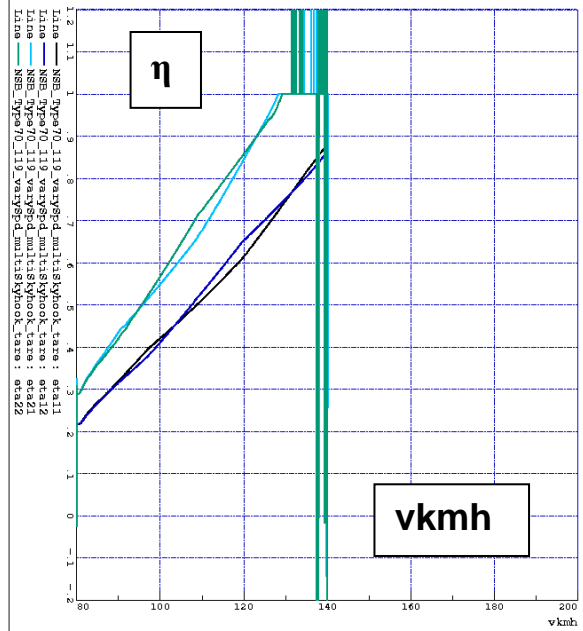
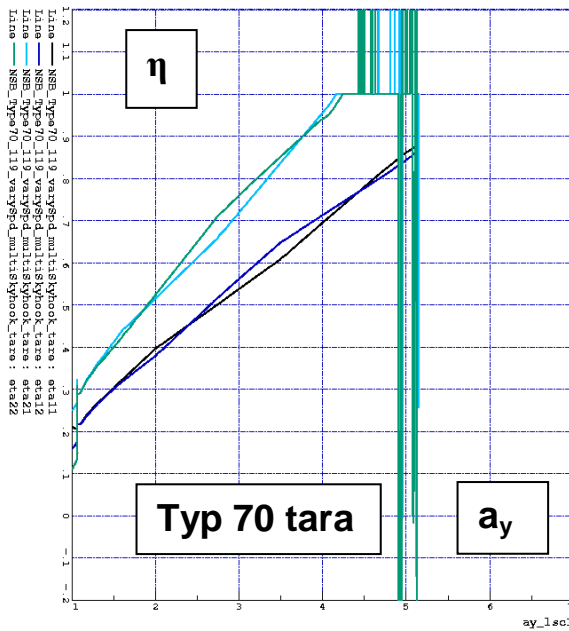


Sittande + 4 stående/m2

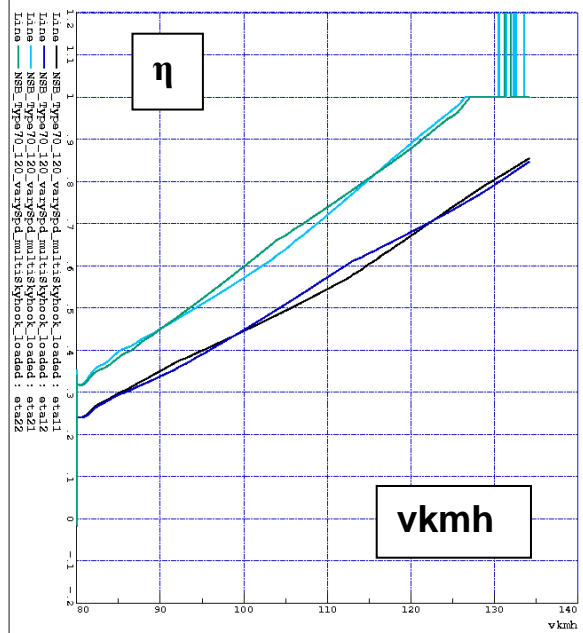
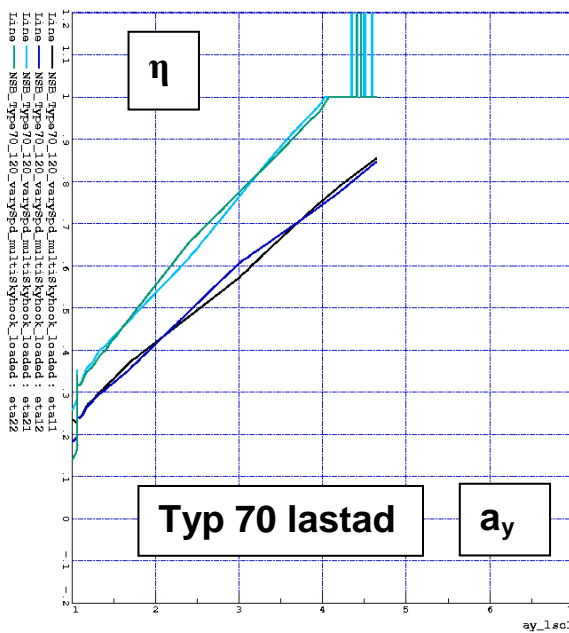


Bilaga 3: Typ 70, kvasistatiska η

Tara:

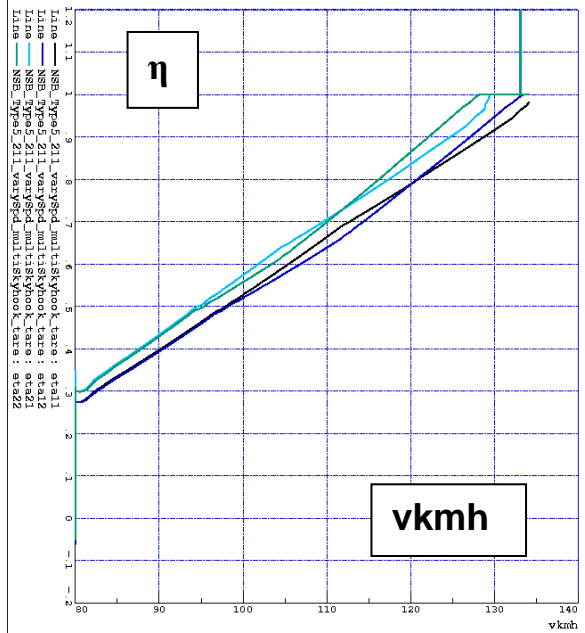
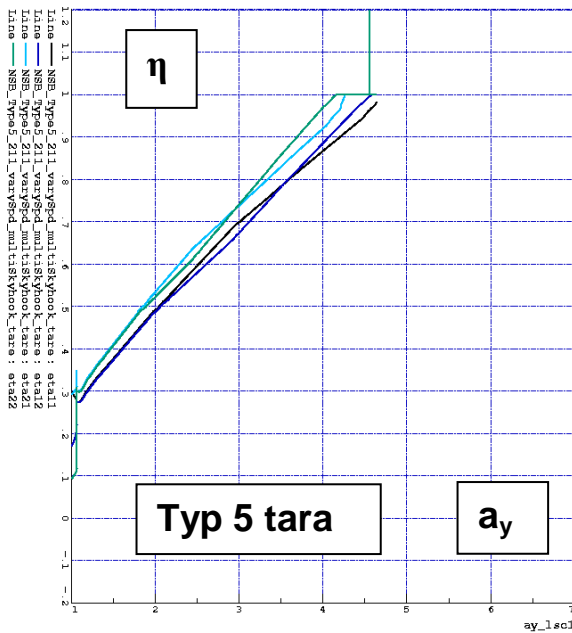


Sittande + 4 stående/m²

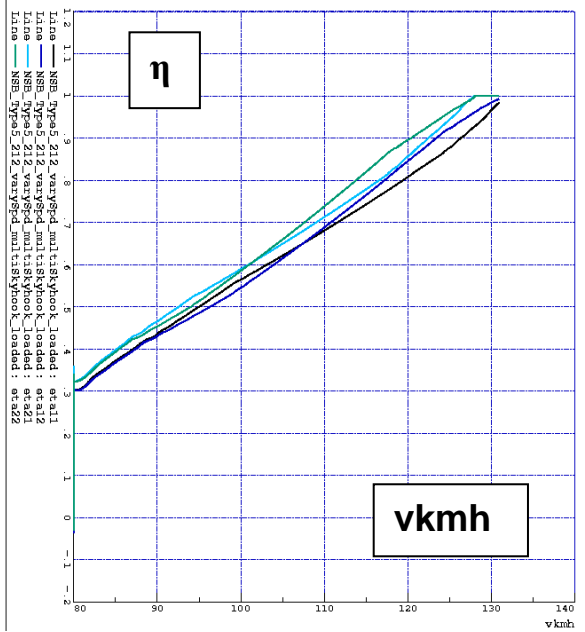
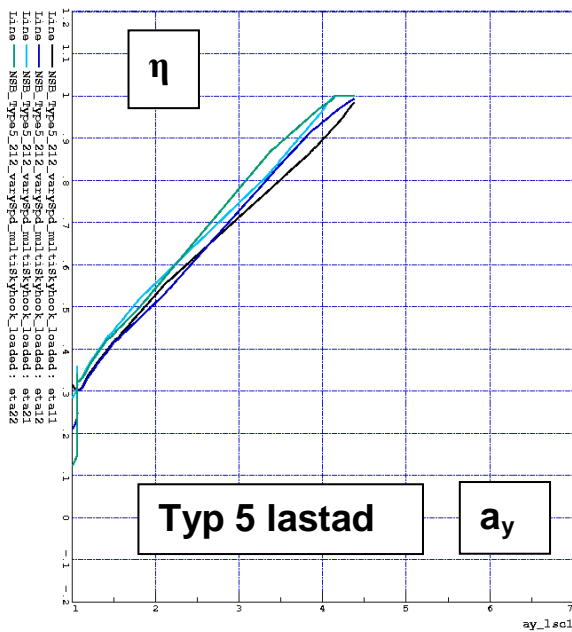


Bilaga 5: Typ 5, kvasistatiska η

Tara:

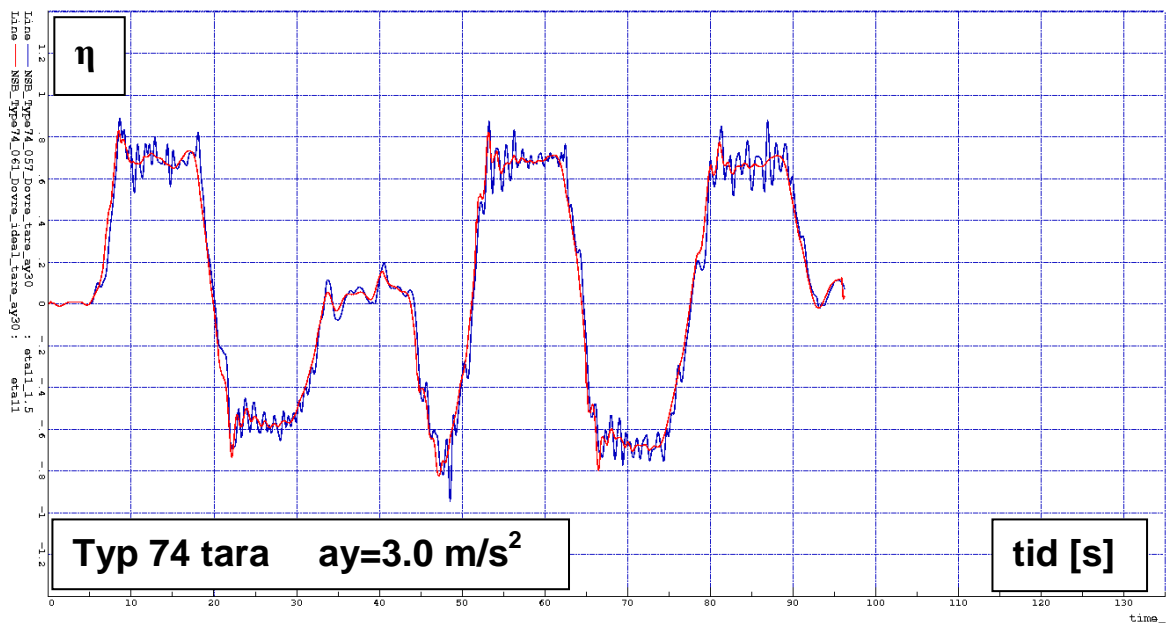
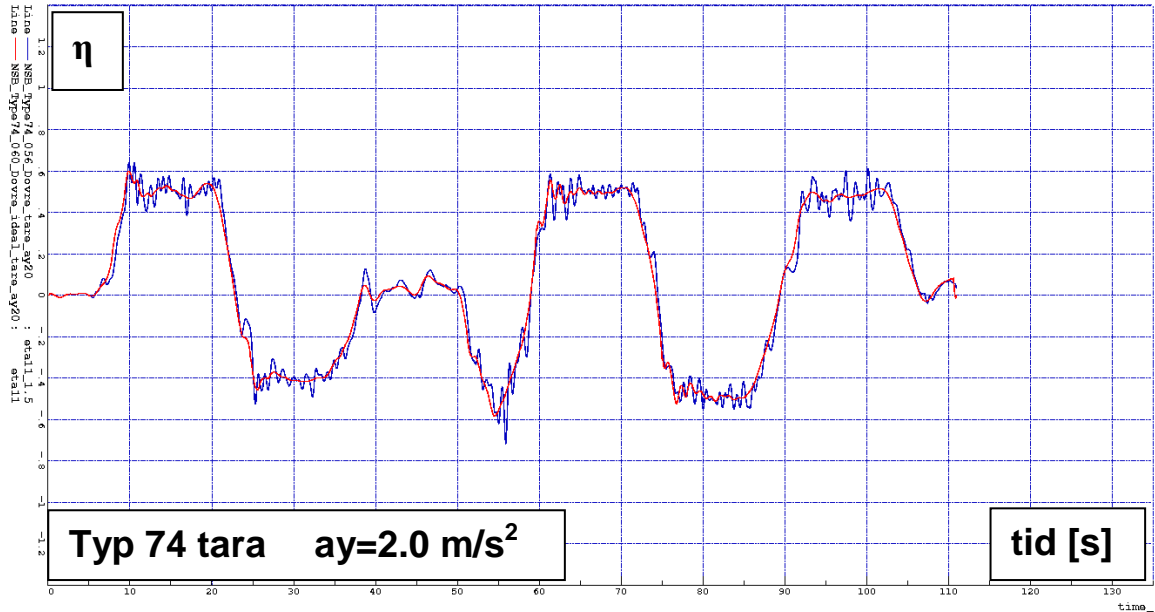


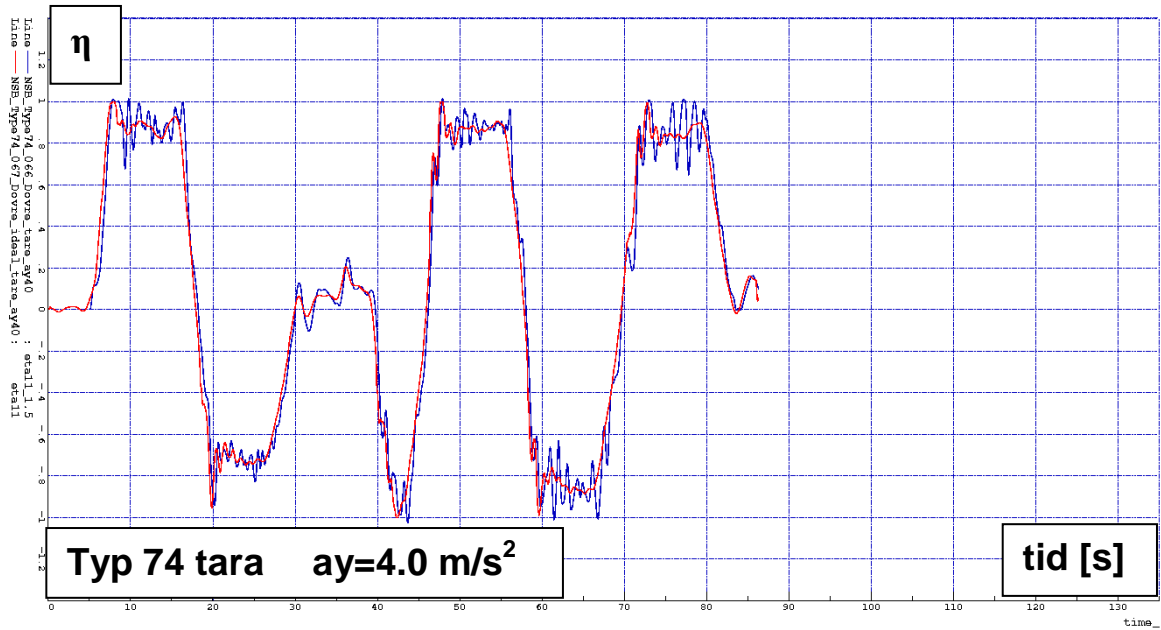
Sittande + 4 stående/m²



Bilaga 6: Typ 74, dynamiska η

Exempel på η för boggi 1 på banavsnitt 2, Dovrebanan, i olika spårplansaccelerationer. Röd kurva avser simulering i idealt spår och blå kurva simulering med verkligt spåräge.



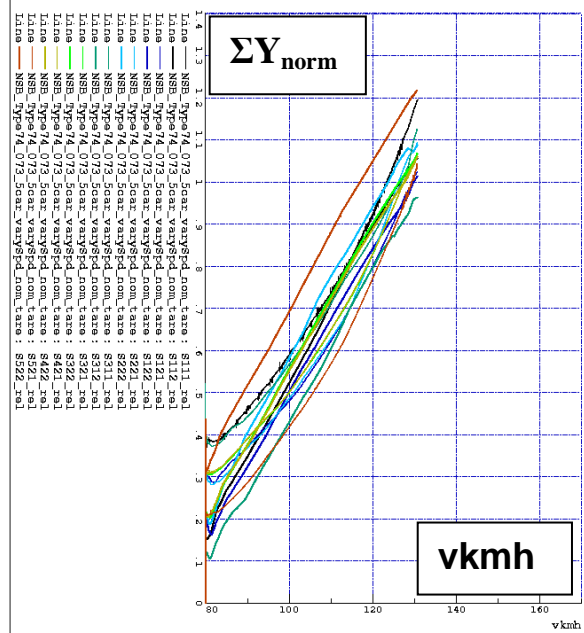
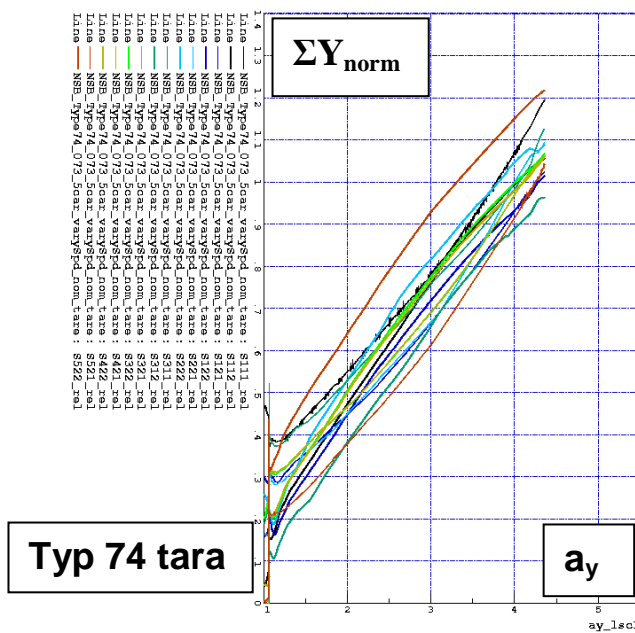


Bilaga 7: Typ 74, kvasistatiska ΣY

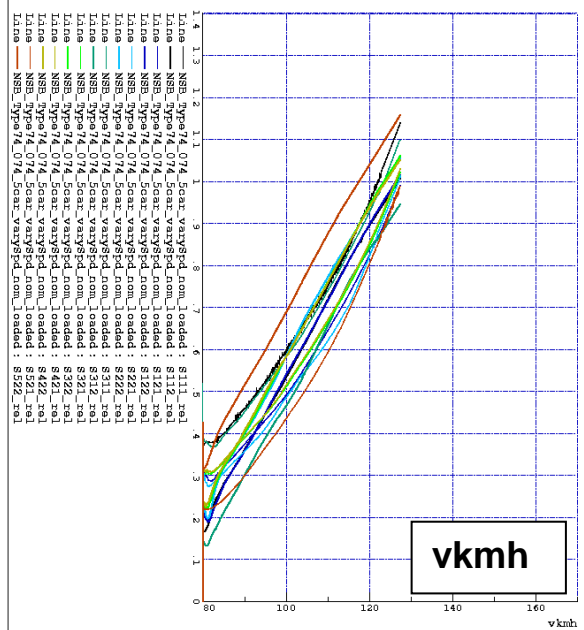
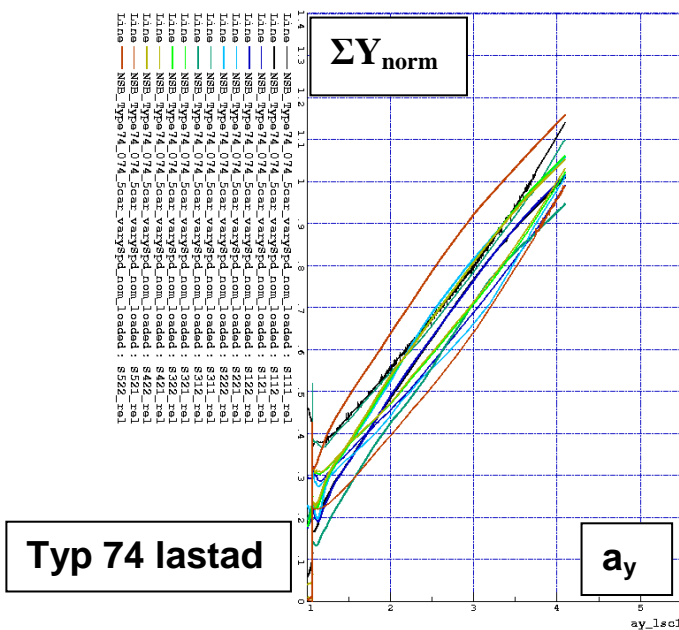
Diagrammen visar kvasistatisk spårförskjutningskraft ΣY som funktion av spårplansacceleration och fordonshastighet vid friktionskoefficient $\mu=0.3$. Kurvorna är normerade gentemot gränsvärdet enligt UIC518 (Prudhomme), där P_0 är statisk axellast uttryckt i kN:

$$\Sigma Y_{norm} = \frac{\Sigma Y}{1.0 \cdot \left(10 + \frac{P_0}{3}\right)}$$

Tara:



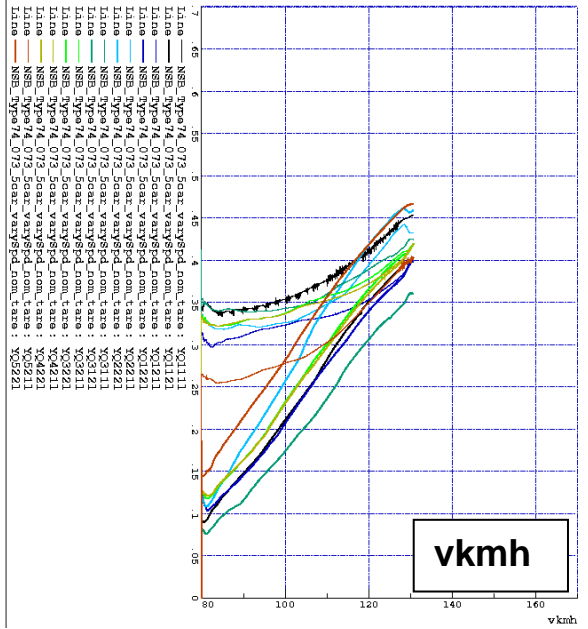
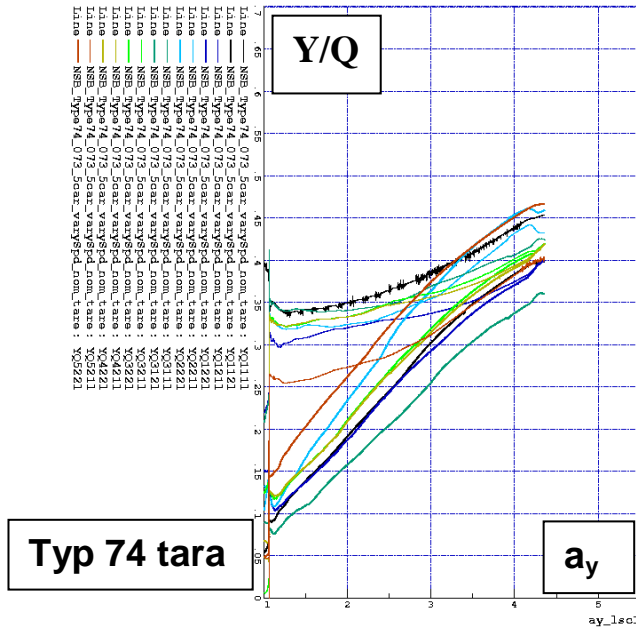
Sittande + 4 stående/m2



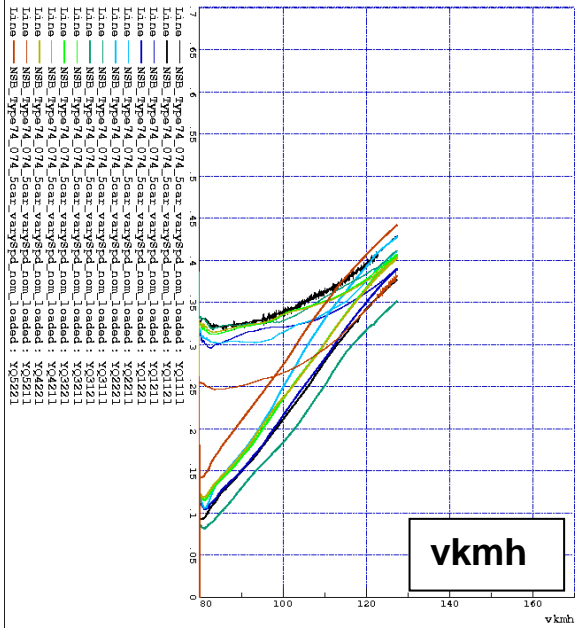
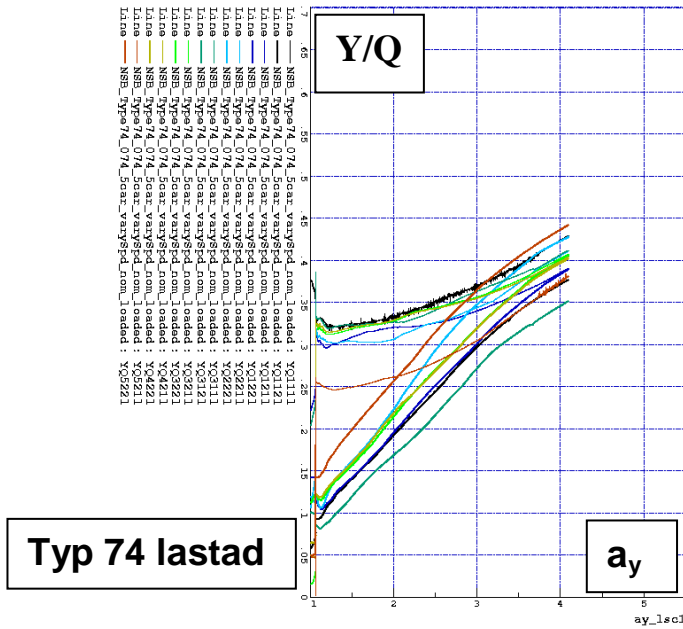
Bilaga 8: Typ 74, kvasistatiska Y/Q

Diagrammen visar kvasistatisk flänsklättringskvot Y/Q som funktion av spårplansacceleration och fordonshastighet vid friktionskoefficient $\mu=0.3$.

Tara:



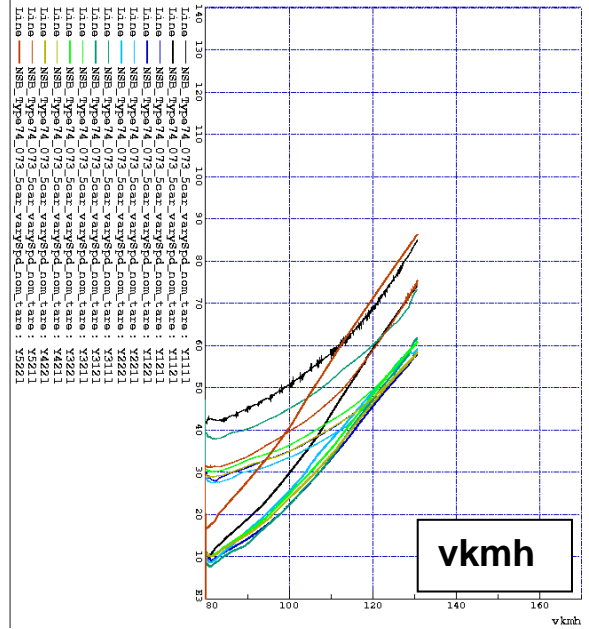
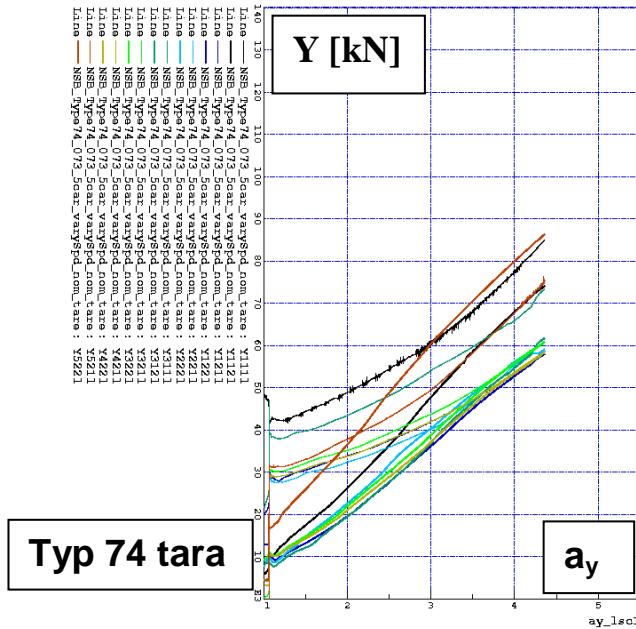
Sittande + 4 stående/m²



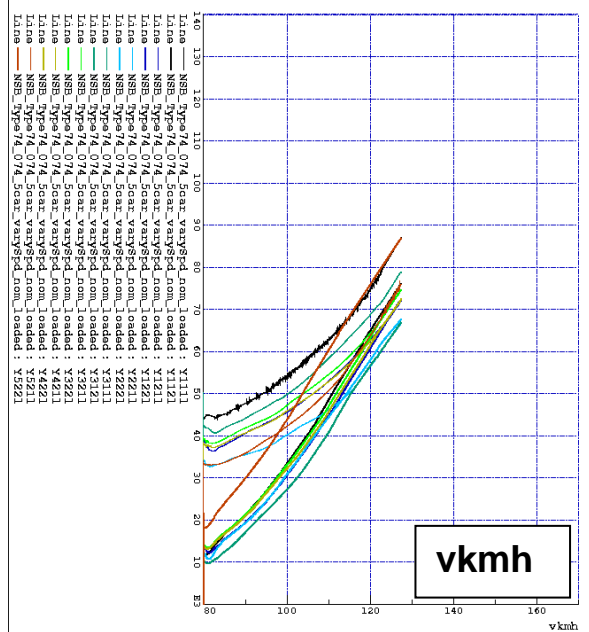
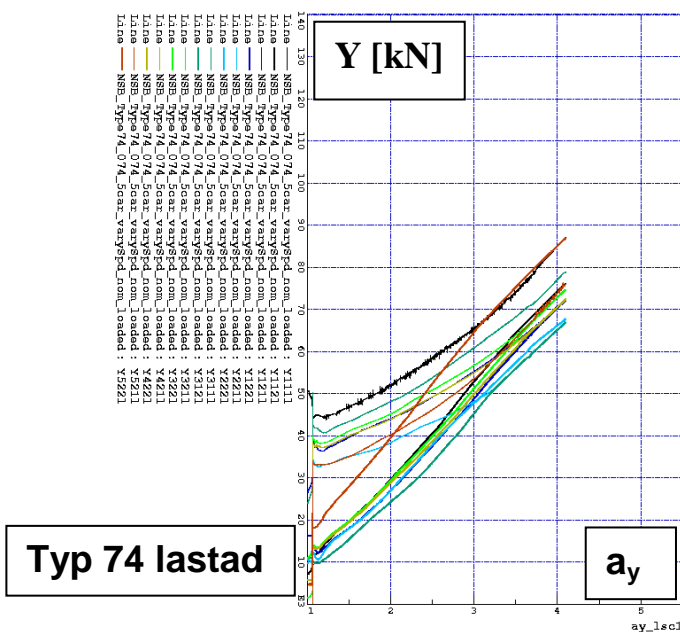
Bilaga 9: Typ 74, kvasistatiska Y

Diagrammen visar kvasistatisk lateralkraft Y på ytterhjulen som funktion av spårplansacceleration och fordonshastighet vid friktionskoefficient $\mu=0.3$.

Tara:



Sittande + 4 stående/m2



VEDLEGG C – KOMMUNIKASJON

Tabellen under oppsummerer hvilke aktiviteter og kommunikasjon som har foregått i toget i tiden før ulykken.

Tabell 1 - Kommunikasjon og aktiviteter i tog 12926

Klokkeslett	Fra	Til	Aktivitet
09:29:15	Fører	Txp Larvik	Gir beskjed om at de er klare til å kjøre tilbake mot Drammen, via togsettes togradio.
09:30			
09:31			
09:32			
09:33			
09:34			
09:35			
09:36			
09:37			
09:38			
09:39			
09:40			
09:41			
09:42			
09:43:27	Txp Larvik	Fører	Mottar kjøretillatelse for tog 12926, via togsettets togradio.
09:44			
Ca. 09:45	Prosjektet	Lokleder	Spørsmål om de kan gjennomføre en funksjonstest av passasjernødbremsen i togsettet, via håndholdt togradio.
09:46			
09:47			
09:48:14			Funksjonstest nødbrems 1.
09:49			
09:50			
09:51:30			Funksjonstest nødbrems 2.
09:52:58			Funksjonstest nødbrems 3.
09:53			
09:54			Ombordansvarlig henter OE i førerrom. Antatt tidspunkt siden det iflg. vitneutsagn ble gjort umiddelbart etter de tre testene.
09:55			
09:56			
09:57	Lokleder	Prosjektet	Gir tilbakemelding på de gjennomførte funksjonstestene, via håndholdt togradio.
09:58			Toget passerer Sandefjord.
09:59			
10:00			
10:01:11	Togleder	Lokleder	Forespørsel om stoppmønster og om toget rekker til Sem, via togsettets togradio.
10:02:22	Lokleder	Txp Tønsberg	Gir beskjed om at de ikke trenger å stoppe, via togsettets togradio.
10:03			
10:04			Ombordansvarlig setter tilbake OE i førerrom

Klokkeslett	Fra	Til	Aktivitet
10:05			
10:06			
10:07			
10:08			
10:09			
10:10			
10:11			
10:12			
10:13			
10:14			
10:15			
10:16			
10:17			
10:18			
10:19			Toget passerer Tønsberg.
10:20			
10:21			Toget passerer Barkåker.
10:22			
10:23			
10:24			
10:25	Lokleder	Prosjektet	Lokleder ringer prosjektet uten å få svar. (Iflg. lokleder og prosjektet var dette mellom 5 og 10 min. før ulykken), via håndholdt togradio.
10:26			
10:27			Toget passerer Skoppum.
10:28			
10:29			Passerer signal 68 A «nedsatt kjørehastighet» ved Nykirke, ca. kl. 10:29:30.
10:30	Prosjektet	Lokleder	Nykirke stasjon. Ulykkestidspunkt. Prosjektet ringer tilbake. Lokleder rekker kun å svare før samtalen blir brutt. Innringer holder samtalen i 11 sekunder uten å få ytterligere kontakt.
10:31			
10:32			