

Rapport

Fordeling av Tolerable Hazard Rates i signalanlegg

Forfatter(e)

Ola Løkberg

Knut Øien

SINTEF IKT

Postadresse:
Postboks 4760 Sluppen
7465 Trondheim

Sentrålbord:
Telefaks: 73594302

Foretaksregister:
NO 948 007 029 MVA

Rapport

Fordeling av Tolerable Hazard Rates i signalanlegg

EMNEORD:

Sikkerhet
Jernbane
Signalsystem
Risikoanalyse
Akseptkriterier

VERSJON

2

DATO

2005-11-15

FORFATTER(E)

Ola Løkberg
Knut Øien

OPPDRAKSGIVER(E)

Jernbaneverket

OPPDRAKSGIVERS REF.

Rune Vorkinn

PROSJEKTNR

90D213

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

35 + 4 vedlegg

SAMMENDRAG**Overskrift sammendrag**

Jernbaneverket har behov for å sette klare og etterprøvbare sikkerhetskrav til signalanleggene som inngår i jernbanenettet. Dagens krav på utstyrsnivå er under vurdering. Et alternativ er å gå over til å sette krav til sikkerhetskritiske funksjoner, SKF.

I dette arbeidet er det tatt utgangspunkt i 5 sentrale sikkerhetskritiske funksjoner for signalanlegg, og det presenteres i denne rapporten forslag til tolerable hyppigheter av feil (tolerable hazardrater - THR) for disse 5 sikkerhetskritiske funksjonene.

Dette er et forslag til minimumskrav for THR, som dekker alle feil - både de som leverandøren er ansvarlig for og de som Jernbaneverket er ansvarlig for. Hvilken andel av THR som skal tilskrives hhv. leverandør og Jernbaneverket avhenger av andelen av de erfarne sikkerhetskritiske feilene som kan tilskrives hhv. leverandør og Jernbaneverket.

UTARBEIDET AV

Ola Løkberg

SIGNATUR**KONTROLLERT AV**

Ulrik Johansen

SIGNATUR**GODKJENT AV**

Eldfrid Øvstedal

SIGNATUR**RAPPORTNR**

A26946

ISBN

9788-82-14-059021

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
02	2015-05-19	rapporten er endret til Åpen i skriv av 2015-05-19 fra Jernbaneverket v/ Ragnild Wahl.

Fra: Wahl Ragnild
Sendt: 19. mai 2015 08:22
Til: 'Ola Løkberg'
Kopi: Mary Ann Lundteigen; Schive Christopher
Emne: SV: Forespørsel om frigivelse av SINTEF rapport

Hei,
Rapporten kan frigis.

Med vennlig hilsen

Ragnild Wahl
Seksjonsleder FoU og Strategi

Jernbaneverket
Teknologi
Mobil: 924 35 791
Epost: ragnild.wahl@jbv.no

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Sammendrag	4
2	Introduksjon	5
3	Rapportens inndeling	5
4	Sikkerhetskritiske funksjoner	6
	4.1 Topphendelser	6
	4.2 Hvordan velge sikkerhetskritiske funksjoner?	7
	4.3 Definisjon av sikkerhetskritiske funksjoner	8
	4.3.1 Definisjoner av grensesnitt.....	10
	4.3.2 SKF1	10
	4.3.3 SKF2	10
	4.3.4 SKF3	11
	4.3.5 SKF4	11
	4.3.6 SKF5	11
	4.4 Vedlikehold av SKF'er.....	12
5	Risikoanalyse	13
	5.1 Innledning.....	13
	5.2 Avgrensning	13
	5.2.1 Topphendelser	13
	5.2.2 Ulykkesscenarier	13
	5.2.3 Berørt personell	15
	5.3 Overordnet risikomodell	16
	5.4 Ulykkesscenarier og estimering av parametere.....	18
	5.4.1 Ulykkesscenarier - oversikt.....	18
	5.4.2 Estimering av parametere.....	23
	5.4.3 Estimering av HR – hasardraten.....	23
	5.4.4 Estimering av sannsynlighet, konsekvens og vektor	25
	5.5 Risikoberegning – sammenstilling	25
	5.5.1 Risikoberegning med konservative estimater	25
	5.5.2 ”Tuning” av risikoanalysen – mindre konservative estimater	26
	5.5.3 Risikoberegning med ”beste” estimater	26
	5.6 Følsomhetsberegninger og vurdering av usikkerhet	27
	5.6.1 Usikkerhet i parameterestimer.....	28
	5.6.2 Usikkerhet i antakelser og forutsetninger.....	30

5.6.3	Viktigste enkeltscenarier	30
6	Bruk av risikoanalysen for fastsettelse av THR-verdier	32
7	Referanser	35
Vedlegg 1	Liste over figurer	36
Vedlegg 2	Liste over tabeller	39
Vedlegg 3	Begreper.....	40
Vedlegg 4	Scenariobeskrivelse og parameterestimering.....	43
V4.1	Detaljert scenariobeskrivelse med parameterestimering	43
V4.1.1	Feil i Forriglingsutrustning.....	43
V4.1.2	Falsk kontroll av sporveksel (feil i Sporvekselsutrustning)	75
V4.1.3	Ingen deteksjon av besatt sporavsnitt (feil i Togdeteksjon)	84
V4.1.4	Feilaktig kjørsignal (feil i Signaler)	90
V4.1.5	Feilaktig kjørsignal/overhastighet (feil i ATC-infrastrukturutrustning)	102
V4.1.6	Beregning av vekter.....	110
V4.2	Parameterestimerer - oversikt.....	112
V4.2.1	SKF1	112
V4.2.2	SKF2.....	115
V4.2.3	SKF3.....	116
V4.2.4	SKF4.....	117
V4.2.5	SKF5.....	118
V4.3	Nye parameterestimerer.....	119
V4.3.1	SKF1	119
V4.3.2	SKF2.....	122
V4.3.3	SKF3.....	123
V4.3.4	SKF4.....	124
V4.3.5	SKF5.....	125

1 Sammendrag

Jernbaneverket har behov for å sette klare og etterprøvbare sikkerhetskrav til signalanleggene som inngår i jernbanenettet. Dagens krav på utstyrsnivå er under vurdering. Et alternativ er å gå over til å sette krav til *sikkerhetskritiske funksjoner*, SKF. Med sikkerhetskritiske funksjoner menes overordnede funksjoner som kan føre til ulykke hvis de feiler.

I dette arbeidet er det tatt utgangspunkt i 5 sentrale sikkerhetskritiske funksjoner for signalanlegg, og det presenteres i denne rapporten forslag til tolerable hyppigheter av feil (tolerable hasardrater – THR) i disse 5 sikkerhetskritiske funksjonene.

De foreslåtte THR-verdiene baserer seg delvis på en generisk risikoanalyse av signalanleggenes bidrag til totalrisikoen ved togfremføring i Norge. Risikoanalysen består av et sett med representative ulykkesscenarier, estimerer for sannsynlighet og konsekvens av hvert enkelt ulykkesscenario, samt beregning av total risiko som kan tilskrives feil i signalanleggene.

En helt sentral inngangsverdi til risikoanalysen er de erfarte hasardratene for de 5 aktuelle sikkerhetskritiske funksjonene. Disse gjenspeiler dagens sikkerhetsnivå, og for at sikkerhetsnivået skal opprettholdes må THR-verdiene være minst like lave som dagens erfarte hasardrater. Alternativt kan man lempe på kravene for de sikkerhetskritiske funksjoner som bidrar lite til risikoen, mot at det skjerpes noe på kravene der hvor bidraget til risikoen er stor. På denne måten kan risikonivået forbli minst like lavt som i dag. Risikoanalysen er nødvendig for en slik vurdering, men ikke tilstrekkelig. Det er også behov for økonomiske modeller for å se om det gir noen gevinst ved å lempe på enkelte krav. Dersom dette ikke gir noen økonomisk gevinst er det liten grunn til å redusere på kravene. I mangel av økonomiske modeller som viser sammenhengen mellom gevinst i form av redusert risiko og kostnad er forslaget til THR-verdier i stor grad basert på dagens erfarte hasardrater (HR), og i mindre grad på risikoanalysen.

Rapporten konkluderer med følgende forslag til tolerabel hasardrate (THR) for de foreslåtte sikkerhetskritiske funksjoner (SKF):

Sikkerhetskritisk funksjon (SKF)	THR (feil per år)
SKF1: Forriglingsutrustning	$1 \cdot 10^{-9}$
SKF2: Sporvekselutrustning	$1 \cdot 10^{-8}$
SKF3: Togdeteksjonsutrustning	$1 \cdot 10^{-8}$
SKF4: Signaler	$1 \cdot 10^{-9}$
SKF5: ATC-infrastrukturutrustning	$1 \cdot 10^{-9}$

Dette er et forslag til minimumskrav for THR, som dekker alle feil – både de som leverandøren er ansvarlig for og de som Jernbaneverket er ansvarlig for. Hvilken andel av THR som skal tilskrives hhv. leverandør og Jernbaneverket avhenger av andelen av de erfarte sikkerhetskritiske feilene som kan tilskrives hhv. leverandør og Jernbaneverket, og vil trolig være forskjellig for de ulike SKFene.

De foreslåtte tolerable hasardratene (THR) er basert på forventningsverdiene til de erfarte hasardratene (HR), uten at usikkerheten i grunnlagsdataene er tatt hensyn til. Det bør vurderes å basere THR-verdiene i større grad på usikkerheten i de registrerte feildataene. Dette krever bl.a. en gransking av rapporterings- og registreringsrutiner, databasens oppbygging og søkemuligheter, samt betydningen av den naturlige variasjonen i den tilfeldige størrelsen som antall feil (N) er.

2 Introduksjon

Denne rapporten er resultatet av et oppdrag med tittelen

”Fordeling av Tolerable Hazard Rates i signalanlegg”.

Som senere redegjort for er kun sikringsanlegg- og ATC-delene av signalanlegget omfattet av denne rapporten.

Selv om rapporten og arbeidet utført i dette oppdraget bygger på et tidligere prosjekt (se [SINTEF 2005]), er rapporten med hensikt skrevet slik at den kan leses uten forutgående kjennskap til dette. Relevante deler fra [SINTEF 2005] er således tilpasset og innlemmet i rapporten.

Arbeidet med oppdraget er ved SINTEF utført av følgende personer:

Ola Løkberg, SINTEF IKT. Prosjektleder, ansvarlig for kapittel om sikkerhetskritiske funksjoner samt redigering/sammenstilling av sluttrapporten.

Knut Øien, SINTEF Teknologi og samfunn. Ansvarlig for risikoanalysen.

Øystein Skogstad, Johan Fredrik Lindeberg, begge SINTEF IKT. Faglige støttespillere og diskusjonspartnere.

Ulrik Johansen, SINTEF IKT. Kvalitetssikringsansvarlig.

Oppdragsgiver Jernbaneverket har løpende bidratt faglig i prosjektet gjennom deltakelse i prosjektets arbeidsmøter samt ved utgivelse av de uformelle notatene [JBV 2005/1], [JBV 2005/2] og [JBV 2005/3], disse har også dannet det faglige utgangspunktet for prosjektet. Følgende personer har deltatt i prosjektet fra/på vegne av Jernbaneverket:

Ronald Hortman, JBV. Har fremskaffet inngangsdata (feilrater) til risikoanalysen samt deltatt i definisjon av SKFer og feilmodi.

Trond Daling, Daling RAMS Consulting. Deltatt i definisjon av SKFer og feilmodi.

3 Rapportens inndeling

Denne rapporten er bygd opp som følger:

Kapittel 1-3 inneholder bakgrunns- og oppsummeringsmateriale (Sammendrag, Introduksjon, Rapportens inndeling)

Kapittel 4 inneholder den bakgrunnsinformasjon som er nødvendig for å definere de sikkerhetskritiske funksjoner som deretter er utgangspunktet for risikoanalysen (kapittel 5).

Kapittel 6 diskuterer hvordan risikoanalysen kan benyttes for fastsettelse av THR-verdier, og det gis forslag til THR-verdier for signalanleggenes sikkerhetskritiske funksjoner.

Vedlegg 1, 2 gir en oversikt over figurene og tabellene som inngår i rapporten.

Vedlegg 3 gir definisjoner på en del sentrale begreper.

Vedlegg 4 inneholder de detaljerte scenariebeskrivelsene og parameterestimeringene.

4 Sikkerhetskritiske funksjoner

4.1 Topphendelser

Vi har en nær sammenheng mellom *sikkerhetskritiske funksjoner* på den ene side og *topphendelser* på den andre side: Sett av sikkerhetskritiske funksjoner skal dekke/forhindre alle relevante topphendelser. Relatert til signalanlegget betyr det at det sett av sikkerhetskritiske funksjoner som defineres skal dekke alle topphendelser som er forårsaket av feil i signalanlegget.

JBVs valgte topphendelser er presentert i følgende tabell hentet fra 1B-Si (tabell 7.1):

Tabell 1 Oversikt over topphendelser

		<i>De 7 definerte sikkerhetskritiske funksjoner</i>
1	<i>Avsporing</i>	<i>Feil på rullende materiell, overbygning, underbygning, utglidninger, overhastighet</i>
2	<i>Sammenstøt tog-tog</i>	<i>Sammenstøt tog mot tog og annet skinnegående materiell som arbeidsmaskiner mm.</i>
3	<i>Sammenstøt tog-objekt</i>	<i>Påkjørsel av ulike objekter på åpen strekning og i tunneler: ras, dyr, større steiner, endebutt, kjøretøy som har kommet tilfeldig på linjen (ikke PLO)</i>
4	<i>Brann</i>	<i>Brann i tog, brann langs spor og i tunnelutrustning som har betydning for passasjerer og togpersonale.</i>
5	<i>Passasjer skadet på plattform</i>	<i>Passasjerer skadet ved av- og påstigning i rette og kurvede plattformer, kryssing av spor til midtplattformer. Inkluderer også hendelser som for eksempel passasjerer som faller ut gjennom dører under fart og passasjerer skadet i tog.</i>
6	<i>Personer skadet ved PLO</i>	<i>Påkjørsel av person eller kjøretøy ved PLO</i>
7	<i>Personer skadet ved og i spor</i>	<i>Påkjørsel av person langs sporet, avsporing av farlig gods, kontakt med høyspentanlegg.</i>

Av de definerte topphendelser kan ulykker i kategoriene 1 og 2 ha klar sammenheng med signal-systemet. De øvrige kategoriene er:

Sammenstøt tog-objekt (3). Dette omfatter både faste objekter (endebutt) og objekter som mer eller mindre tilfeldig befinner seg på eller ved sporet.

Vi velger her å anta at risikoen for sammenstøt tog-objekt som skyldes feil på de definerte sikkerhetskritiske funksjoner bidrar lite til total PLL sammenliknet med bidragene fra sammenstøt tog-tog og avsporing og ser derfor i denne sammenheng bort fra denne topphendelsen.

Brann (4), (underforstått brann på jernbanemateriell og infrastruktur). Den eneste tenkelige direkte sammenheng mellom signalanlegg og brann på jernbanemateriell/

infrastruktur er om det skulle oppstå elektriske feil/kortslutninger i signalanlegget. Med utgangspunkt i de beskjedne spennings- og effektnivåer som eksisterer i signalanlegget kan denne effekten neglisjeres i denne sammenheng.

Personer skadet ved PLO (6). Erfaringsmessig skyldes en svært liten andel av ulykker ved planoverganger feil i signalanlegget (veisikringsanlegget), men derimot at personer og kjøretøy som skal krysse linjen ikke innretter seg etter de signaler signalanlegget gir. Vi velger derfor å se bort fra også denne ulykkeskategorien i denne rapporten.

Passasjer skadet på plattform (5)/ Personer skadet ved og i spor (7). Signalanlegget inneholder ingen signaler adressert til personer, verken på plattform eller i sporet. Sammenhengen her må dermed også bli elektrisk feil, nærmere bestemt en kombinasjon av uheldig plassering og manglende beskyttelse av spenningsførende deler slik at disse utgjør en fare for personer. De samme argumenter mhp. spennings- og effektnivåer gjelder også her, ulykkeskategoriene 5 og 7 neglisjeres derfor ifm. sikkerhetskritiske funksjoner for signalanlegg.

Med utgangspunkt i ovenstående argumentasjon finner SINTEF at kun hendelser "Avsporing" (1) og "Sammenstøt tog-tog" (2) er relevante for signalanlegget. Det er altså for disse to kategoriene vi skal finne sikkerhetskritiske funksjoner for signalanlegg.

4.2 Hvordan velge sikkerhetskritiske funksjoner?

En sikkerhetskritisk funksjon er definert som "en overordnet funksjon som hvis den feiler kan føre til en ulykke", (se vedlegg 3).

JBVs sikkerheshåndbok 1B-Si, kapittel 8, angir en generell metode for å identifisere sikkerhetskritiske funksjoner i et teknisk system. Denne metoden dekker i utgangspunktet tre forhold:

- A. *De funksjoner ved et system som ved svikt vil være årsak til at en uønsket hendelse inntreffer.*
- B. *De funksjoner ved et system som er avhengig av, og virker sammen med, omgivelsene. Dette vil være funksjoner som setter krav både til systemet og omgivelsene.*
- C. *De funksjoner ved et system som trer i kraft når en uønsket hendelse allerede har skjedd (avsporing, brann mm.)*

Begrepet "uønsket hendelse" er definert i 1B-Si til å være:

En situasjon (farlig handling eller farlig forhold) som har ført til, eller kunne ha ført til, ulykke eller uhell.

I denne sammenheng er derfor forhold A, B og C alle relatert til uønskede hendelser i sikringsanlegget på forskjellig nivå:

Forhold A er relatert til svikt i selve *systemet*, for eksempel svikt i system for togdeteksjon.

Forhold B er relatert til svikt i *omgivelsene* til et system, for eksempel feilaktig ikke-besatt sporavsnitt som følge av to skinnebrudd i et sporavsnitt.

Forhold C er relatert til svikt i *de funksjoner i sikringsanlegget som er lagt inn for å begrense konsekvenser av svikt i (annet) delsystem*, dvs. gå til sikker tilstand, for eksempel passasjekontroll i forbindelse med togdeteksjon.

Slik vi har definert våre sikkerhetskritiske funksjoner så er de relatert til svikt i hovedfunksjoner (systemer/del systemer), dvs. i hovedsak forhold A. Innebygd i de sikkerhetskritiske funksjonene ligger imidlertid også forhold B og C.

Et eksempel på dette er SKF3, *Togdeteksjon*, som omfatter utstyr for å detektere om et sporavsnitt er besatt eller ikke-besatt. SKF'en er avhengig av omgivelsene, og det settes krav til sporet, ballastforhold, returstrømssystem etc. (forhold B). Om et sporfelt skulle detektere "besatt" uten at dette er en del av en planlagt togbevegelse, vil relevante signaler umiddelbart gå til Stopp for å hindre sammenstøt med et mulig tog som uønsket befinner seg i sporavsnittet (forhold C).

4.3 Definisjon av sikkerhetskritiske funksjoner

Sikringsanlegg og ATC-infrastruktur kan sies å ha følgende (sikkerhetskritiske) hovedfunksjon:

Å sikre at et tog kan forflytte seg fra A til B på en slik måte at ulykker unngås.

For at denne hovedfunksjon skal kunne realiseres må vi ha kontroll på følgende delfunksjoner:

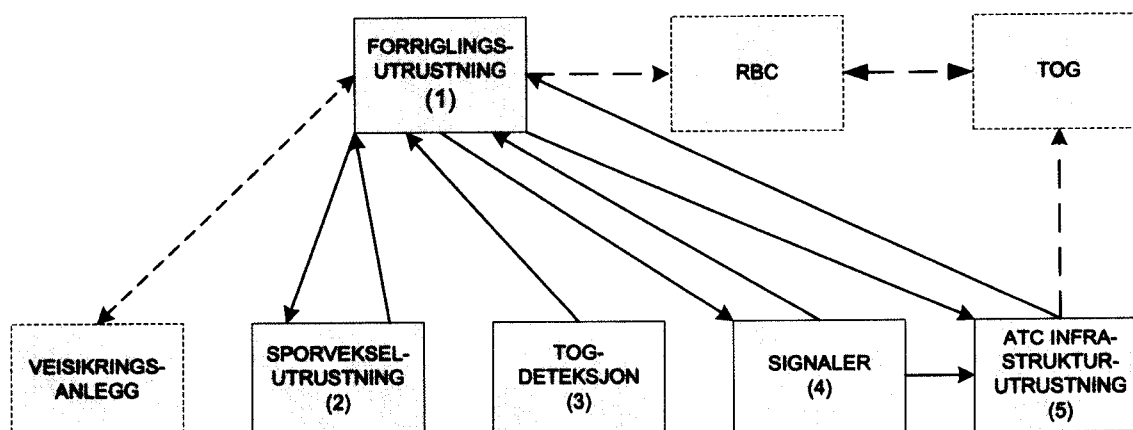
1. at alle signaler er satt opp korrekt slik at lokfører får den nødvendige og korrekte kjøreinformasjon
2. at alle veksler som inngår i togveien ligger i korrekt stilling
3. at ATC formidler korrekt informasjon til toget

JBVs valgte topphendelser som har relasjon til signalanlegg er som argumentert for i kapittel 4.1 følgende:

- Sammenstøt tog-tog
- Avsporing

De sikkerhetskritiske funksjonene som defineres må dekke alle forekomster av disse topphendelsene relatert til signalanlegget. I [SINTEF 2005] ble det utredet bruk av overordnede SKFer. Ulempen med disse er at de er vanskelige å kombinere med krav til utstyrstyper samt å håndtere situasjoner hvor det er flere utstyrsleverandører til ett og samme anlegg.

Med utgangspunkt i figur i [JBV 2005/3] benyttes følgende figur som bakgrunn for definisjon av sikkerhetskritiske funksjoner, SKF. (Merk: Navn kan ha svakt avvikende ordlyd i forhold til originalfiguren i [JBV 2005/3]).



Figur 1 Funksjonsmodell, signalanlegg

Figur 1 viser en modell av den sikkerhetskritiske delen av signalanlegg fra et funksjonssynspunkt. Figuren er delt opp i følgende funksjonsmoduler:

1. **Forriglingsutrustning.** Beregner ut fra tilgjengelig statusinformasjon samt ønske om togveier hvilke kommandoer som skal gå ut til Sporvekselutrustning, Signaler og ATC infrastrukturutrustning.
2. **Sporvekselutrustning.** Utrustning for omlegging, låsing og kontroll av sporvekseltunger og eventuelt bevegelig kryss i sporveksel, for kjøring til hovedtogspor eller avviketogspor.
3. **Togdeteksjon.** System som detekterer hvorvidt tog er tilstede på et sporavsnitt eller ikke. P.t. er *sporfelt* enerådende i Norge som deteksjonssystem, definisjonen utelukker imidlertid ikke andre typer av deteksjonssystemer (eks. akselteller).
4. **Signaler.** Optiske lyssignaler langs sporet.
5. **ATC infrastrukturutrustning.** Nødvendig utstyr for å formidle ATC-informasjon til tog.

Modulene 1-5 (tegnet heltrukket i Figur 1) utgjør sikringsanlegg- og ATC-infrastrukturdelene av signalanlegget.

Som vi videre skal se i kapitlene 4.3.2. til 4.3.6 er alle de nummererte modulene 1-5 assosiert med hver sin sikkerhetskritiske funksjon, SKF1 til SKF5.

I tillegg inneholder funksjonsmodellen følgende elementer som ikke er gjenstand for analyse i denne rapporten:

- **Veisikringsanlegg.** Planoverganger kan sikres med *veisikringsanlegg*, dette gjelder uavhengig av om planovergangen ligger ved en stasjon eller på linjen. Dersom planovergangen ligger ved en stasjon har veisikringsanlegget grensesnitt mot stasjonens signal, slik at det bare kan stilles signal når planovergangen er sikret av veisikringsanlegget. Veisikringsanlegg på linjen kan ha grensesnitt mot blokksignal dersom planovergangen ligger i nærheten av dette.

De aller fleste ulykker ved planoverganger skyldes som allerede nevnt ikke signalanlegget, men derimot uaktsom passering av jernbanesporet i konflikt med den signalering veisikringsanlegget ved planovergangen gir. Ulykker i forbindelse med planoverganger er derfor ikke inkludert i dette prosjektet.

- **RBC.** *Radio Block Centre.* Neste generasjon signalanlegg (ERTMS/ETCS) vil kommunisere med lokfører/tog over radio i stedet for via baliser og optiske lyssignaler. Ikke aktuelt i dag, men tatt med for å illustrere fremtiden.
- **Tog.** Inkludert for å kunne illustrere signalveien.

Jernbaneverket ønsker å bruke den viste funksjonsmodell fordi den er så overordnet at den gir godt samsvar mellom teknisk utrustning, anskaffelser og funksjonalitet, uten å være anleggsavhengig. Med utgangspunkt i at Jernbaneverket i forhold til sine leverandører ofte har rollen som integrator i sine utbyggingsprosjekter, er SINTEF av den oppfatning at modellen er et godt utgangspunkt for å definere sikkerhetskritiske funksjoner med tilhørende krav til sikkerhet

4.3.1 Definisjoner av grensesnitt

Alle de definerte SKFer SKF2 til SKF5 vil ha et grensesnitt mot SKF1, *Forriglingsutrustning*. Videre vil SKF4 *Signaler* og SKF5 *ATC infrastrukturutrustning* i de fleste anlegg (eks.: NSI-63) ha et internt grensesnitt blant annet inneholdende en koder.

Merk: Slik som Figur 1 er tegnet er RBC et kommunikasjonsgrensesnitt mellom Forriglingsutrustning og tog. Det kan imidlertid også tenkes implementasjoner hvor RBC og Forriglingsutrustning er en integrert enhet.

For at detaljerte feilmodi og feiltrater skal kunne tilordnes den enkelte SKF bør grensesnittene mellom de enkelte SKFene i prinsippet defineres presist og med utgangspunkt i en aktuell/representativ systemarkitektur, dette for at det ikke skal være tvil om hvilken funksjonalitet/utstyr som tilhører hvilken SKF.

De feildata som finnes registrert i Banedatabanken og som danner utgangspunktet for risikoanalysen presentert i kap. 5 er imidlertid ikke registrert med en slik oppløsning/tilknytning til utstyrsdel at ytterligere presisering av grensesnittene mellom de enkelte SKFene i denne sammenheng anses som nødvendig.

4.3.2 SKF1

SKF1 tilordnes *Forriglingsutrustning*. Ut fra informasjon om togenes posisjoner (besatte sporavsnitt) og ønskede togbevegelser (togveiordre) sendes kommandoer til sporvekselutrustning, togveier forrigles og tilhørende lyssignaler settes i kjø. Forriglingslogikken som skal sikre at det ikke legges kjøreveier som er i konflikt med hverandre er sentral i dette. Videre sendes informasjon til ATC.

Definisjon:

Forriglingsutrustning skal sette korrekte utgangssignaler/sende korrekte data til styrte objekter, gitt korrekte innsignaler/data inn til Forriglingsutrustning.

Delfunksjoner:

- Forriglingsutrustning skal ikke gi mindre restriktive beskjeder til Signaler enn det som er tillatt ut fra forutsetningene.
- Forriglingsutrustning skal ikke gi kommando til Sporvekselutrustning uten at betingelsene er oppfylt.
- Forriglingsutrustning skal ikke gi mindre restriktive beskjeder til ATC-infrastrukturutrustning enn det som er tillatt ut fra forutsetningene (eks.: SIMIS-C).

4.3.3 SKF2

SKF2 tilordnes *Sporvekselutrustning*. Sporvekselutrustning omfatter teknisk utstyr for å legge om, låse og å kontrollere posisjon og låsing av sporveksler.

Definisjon:

Sporvekselutrustning skal låse sporveksel og gi korrekt informasjon om posisjon og låsestatus til Forriglingsutrustning.

Delfunksjoner:

- Sporvekselutrustning skal låse sporveksel når betingelsene for låsing er oppfylt, og sørge for at sporveksel forblir låst.
- Sporvekselutrustning skal gi korrekt informasjon om kontroll av låsing og posisjon til Forriglingsutrustning.

4.3.4 SKF3

SKF3 tilordnes *Togdeteksjon*. Togdeteksjon omfatter teknisk utstyr for å detektere om sporavsnitt er "ikke besatt" eller "besatt" av tog, og å formidle status til Forriglingsutrustning.

Definisjon:

Togdeteksjon skal detektere et ikke besatt sporavsnitt og gi korrekt informasjon om besatt eller ikke besatt sporavsnitt til Forriglingsutrustning.

Delfunksjoner:

- Togdeteksjon skal sikkert detektere om et sporavsnitt er ikke besatt av tog.
- Togdeteksjon skal gi korrekt informasjon om sporavsnittet er besatt eller ikke besatt til Forriglingsutrustning.

4.3.5 SKF4

SKF4 tilordnes *Signaler*. Signaler omfatter teknisk utrustning for å vise status i Forriglingsutrustning til tog eller skift, og å gi informasjon om status på signalet til Forriglingsutrustning.

Merk: Grensesnittet mellom SKF1 (Forriglingsutrustning) og SKF4 (Signaler) vil for de typer signalanlegg vi har observasjoner på gå gjennom signalreleet: Spolen i releet vil da tilhøre SKF1, kontakten SKF4.

Definisjon:

Signaler skal vise korrekt signalbilde mot tog og gi korrekt informasjon om status på signalet til Forriglingsutrustning.

Delfunksjoner:

- Signaler skal vise korrekt signalbilde mot tog ut fra gitte betingelser.
- Signaler skal gi korrekt informasjon om status på signalet til Forriglingsutrustning.

4.3.6 SKF5

SKF5 tilordnes *ATC-infrastrukturutrustning*. ATC-infrastrukturutrustning omfatter teknisk utrustning for å motta data fra Forriglingsutrustning eller Signaler, gjøre denne informasjonen tilgjengelig for tog, og eventuelt gi feilmelding tilbake til Forriglingsutrustning (se merknad under definisjonen).

Merk: Kommunikasjonen fra sikringsanlegg til ATC-ombordutrustning går via baliser. Signalbilde/hastighetsinformasjon overføres ved hjelp av balisetelegrammer. Tradisjonelt har

dette vært gjort ved avkjenning av lyssignalenes lampestrøm. I enkelte nye sikringsanlegg kan balisene styres direkte.

Dette medfører at vi har to ulike systemarkitekturer for sikringsanlegg ifm. ATC:

- **Sikringsanlegg med styring av baliser via kodere:** ATC-infrastrukturutrustning får informasjon fra lyssignalene via kodere. Vi vil her ha "common mode"-problemstillinger i og med at store deler av transmisjonsveien fra Forriglingsutrustning vil være felles for Signaler og ATC-infrastrukturutrustning. I tillegg vil datakilden for ATC- infrastrukturutrustning faktisk være Signaler (eksempel: NSI-63).
- **Sikringsanlegg med direkte styring av baliser:** ATC-infrastrukturutrustning får informasjon fra Forriglingsutrustning på eget utstyr (eksempel: SIMIS-C).

Definisjon:

ATC-infrastrukturutrustning skal gi korrekt informasjon om status i Forriglingsutrustning/Signaler til tog.

Merk: Feilmelding fra ATC-infrastrukturutrustning tilbake til Forriglingsutrustning er bare støttet av moderne, styrbare seriebaliser. Disse finnes i et fåtall på det norske jernbanenettet i dag.

4.4 Vedlikehold av SKF'er

For i størst mulig grad å sikre at fordelingen av sikkerhetskrav (THR) på SKFer er riktig, og *forblir* riktig under endring av teknologi, operasjonelle prosedyrer etc., er det også viktig at en benytter de monitorerings- og loggemuligheter som er tilgjengelige for å knytte feil- og ulykkessituasjoner som måtte oppstå til den/de aktuelle SKFer. Etter hvert vil man da bygge opp en base av historiske data slik at man kan verifisere og evt. korrigere fordelingsnøkkelen mellom de enkelte SKFer.

5 Risikoanalyse

5.1 Innledning

Denne risikoanalysen er en generisk beregning av signalanleggenes bidrag til totalrisikoen ved togfremføring i Norge, og skal benyttes som underlag for å fordele THR-verdier på hver av de sikkerhetskritiske funksjonene som inngår i signalanleggene.

THR står for "Tolerable Hazard Rates" og er krav til feilrater i definerte sikkerhetskritiske funksjoner som JBV stiller til leverandørene av signalanlegg.

Risikoanalysen omfatter følgende 3 deler:

1. Identifisering av sikkerhetskritiske feil og beskrivelse av tilhørende ulykkesscenerier
2. Estimering av parametre
 - a. Raten av sikkerhetskritiske feil – hasardraten (HR), per tidsenhet
 - b. Sannsynlighet for ulykke gitt sikkerhetskritisk feil (p)
 - c. Relativ sannsynlighet for hver trafikksituasjon (w)
 - d. Konsekvensen i form av mulig antall drepte gitt ulykke (C)
3. Beregning av risiko uttrykt ved PLL (Potential Loss of Life), forventet antall omkomne per år

Forenklet kan risikoen uttrykkes ved $PLL = \Sigma(HR \cdot p \cdot w \cdot C)$.

5.2 Avgrensning

5.2.1 Topphendelser

Topphendelsen sammenstøt tog-tog kan deles inn i underkategoriene front/front (frontkollisjon), front/flanke (flankekollisjon) og front/ende (endekollisjon).

Vi avgrenser dermed analysen til å se på følgende 4 ulykkestyper¹:

1. Sammenstøt tog-tog; front/front
2. Sammenstøt tog-tog; front/flanke
3. Sammenstøt tog-tog; front/ende
4. Avsporing

5.2.2 Ulykkesscenerier

I og med at denne risikoanalysen er generisk og skal dekke hele det norske jernbanenettet må vi gjøre forenklete betraktninger gjennom å benytte *representative ulykkesscenerier*. Informasjonen (faktorene) som *kan* inngå i disse ulykkessceneriene er bl.a. infrastrukturløsning (for eksempel

¹ Vi benytter betegnelsen ulykkestyper i og med at disse både dekker topphendelser og underkategorier av topphendelser. I fortsettelsen vil nummereringen av ulykkestyper knyttes til hver enkelt sikkerhetskritisk feil og dermed bestå av 2 siffer, for eksempel ulykkestype 24 som er avsporing (4) ved feil i Sporvekselutrustning (2).

antall spor), trafikksituasjon (gjennomkjør, kryssing, osv.), feilsituasjon, driftsform, hastighet, ulykkessted, siktstrekning, antall passasjerer, fordeling av passasjerer i toget, togtype, etc.

En viss spesifisering av ulykkes scenariene er nødvendig for at det skal være mulig å estimere sannsynligheten for ulykke og for å estimere konsekvensene i form av antall drepte/skadde². På den annen side så er det nødvendig å avgrense scenariene til et fåtall gode/representative scenarier for at analysen skal være overkommelig.³

Følgende faktorer er tatt hensyn til ved defineringen av ulykkes scenariene:

- Infrastrukturløsning
 - Enkeltsporet
 - Dobbeltsporet
- Trafikksituasjon (normalsituasjon)
 - Innkjør
 - Innkjør med stopp
 - Gjennomkjør
 - Kryssing
 - Forbipassering
 - Etter forangående tog
 - Utkjør
 - Etter kryssing
 - Etter forbipassering
 - Etter forangående tog
- Feilsituasjon
 - Feilaktig kjør rettspor (versus avviksspor)
 - Feilaktig kjør avviksspor (versus rettspor)
 - Feilaktig ATC-kjørbeskjed rettspor (versus avviksspor)
 - Feilaktig ATC-kjørbeskjed avviksspor (versus rettspor)
 - Feilaktig ATC-hastighetsbeskjed (overhastighet)
 - Sporveksel i feilstilling (helt over)
 - Sporveksel i midtstilling
- Driftsform
 - Fullstendig fjernstyring / CTC (ser ikke på andre driftsformer)⁴
- Hastighet
 - "Høy" hastighet (>80km/t)
 - "Lav" hastighet (<80km/t)
- Antall passasjerer
 - 86 passasjerer (gjennomsnittstall per tog benyttet i strekningsanalyser)

Det er benyttet fra 2-12 representative scenarier for å beskrive hver av ulykkestypene for hver av de sikkerhetskritiske feilene som inntreffer ved feil i de 5 definerte sikkerhetskritiske funksjonene. Totalt utgjør dette 122 ulykkes scenarier i utgangspunktet. Etter en reduksjon av scenarier som

² I prinsippet kan vi inkludere skadde og regne dette om til ekvivalente fataliteter, men her har vi avgrenset oss til kun å betrakte antall drepte.

³ Scenarier ble gjennomgått og forslag til nye tatt opp på arbeidsmøte mellom JBV og SINTEF 25.11.2004. Detaljeringsnivået er selvsagt også påvirket av omfanget av prosjektet. Dersom man ønsker flere og mer detaljerte scenarier på et senere tidspunkt kan det bygges videre på denne foreliggende analysen.

⁴ Vi ser heller ikke på risikoen forbundet med at ikke-farlige feil i signalanlegg kan resultere i manuell togfremføring.

bidrar lite til risikoen har vi endt opp med 78 scenarier⁵. Disse scenariene utgjør et representativt sett av ulykkesituasjoner som kan oppstå ved feil i signalanleggenes sikkerhetskritiske funksjoner når vi gjør en totalbetraktning av hele det norske jernbanenettet.

5.2.3 Berørt personell

Det er en sammenheng mellom topphendelser (ulykkestyper) og personellgrupper som kan rammes, som innebærer en avgrensning når man betrakter spesifikke sikkerhetsfunksjoner. Sammenhengen er vist i Tabell 2.

De topphendelsene som sikkerhetskritiske feil ved signalanlegget kan lede til (avsporing og sammenstøt tog-tog) påvirker først og fremst togpersonale og passasjerer samt lokførere. Dette er angitt med gule skraverte felt i Tabell 2. Også 3. person kan berøres av avsporing og sammenstøt tog-tog, men bidraget fra disse topphendelsene anses som marginale sammenliknet med ulykker ved plattform, planovergang og i sporet.

Tabell 2 Sammenheng mellom topphendelser og personellgrupper som rammes

	Avsporing	Sammenstøt tog-tog	Sammenstøt tog-person	Sammenstøt person-person	Sammenstøt tog-plattform	Sammenstøt person-plattform	Sammenstøt person-sporet
Togpersonale og passasjerer		x	x				
Lokførere		x	x				
Banepersonale			x				x
3. person	(x)	(x)	(x)		x	x	x

Merk: Vi begrenser oss derfor her til å analysere risiko knyttet til de fire gule skraverte feltene i Tabell 2.

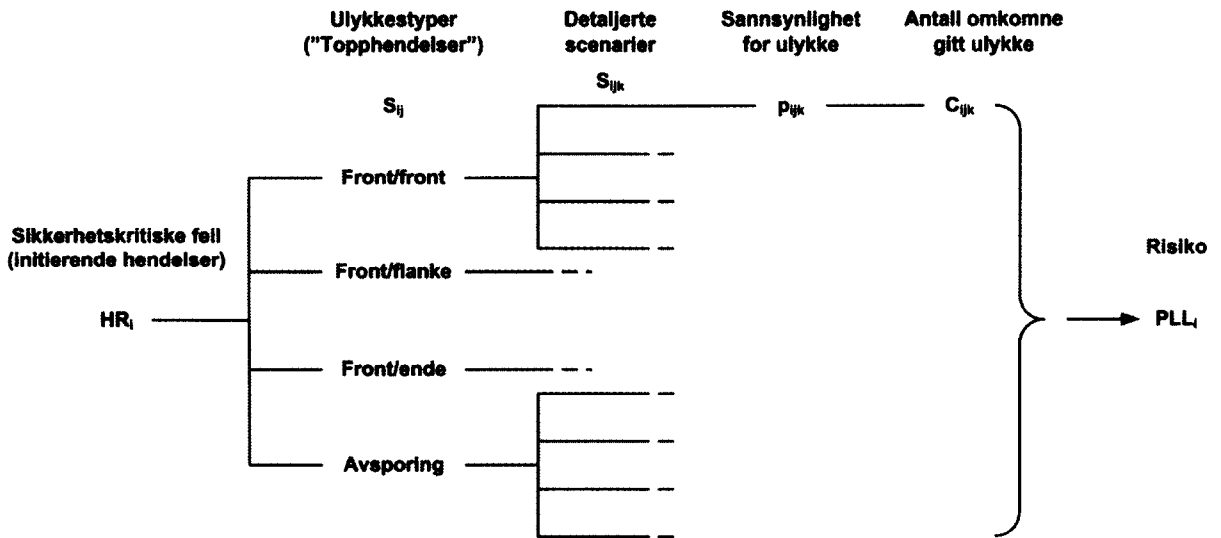
--- ■■ ---

I tillegg til de avgrensninger som er beskrevet ovenfor er det også gjort antakelser og forutsetninger i forbindelse med scenariodefining og parameterestimering. Dette er beskrevet fortløpende i den detaljerte scenariobeskrivelsen og parameterestimeringen i vedlegg 4.

⁵ Mange av de scenariene som er screenet vekk i beregningene er for fullstendighetens skyld beskrevet i Vedlegg 4, men de er angitt med symbolet ⊗, og er skyggelagte/gule i tabellene.

5.3 Overordnet risikomodell

Risikomodellen vi benytter er illustrert i Figur 2.

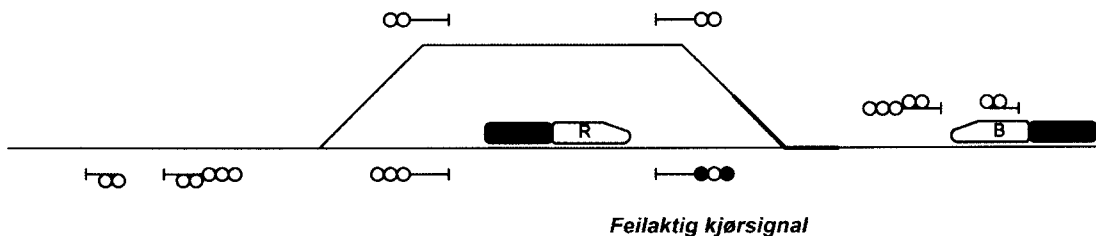


Figur 2 Illustrasjon av risikomodell

For hver sikkerhetskritiske feil (i) kan tophendelsene sammenstøt tog-tog (med undergruppene front/front (S_{i1}), front/flanke (S_{i2}) og front/ende (S_{i3})) og avsporing (S_{i4}) inntreffe. Hver av disse er mer detaljert beskrevet i representative scenarier (S_{ijk}) slik at det er mulig å estimere sannsynlighet for at scenariet skal inntreffe gitt at den sikkerhetskritiske feilen har inntruffet (p_{ijk}), samt de mulige konsekvensene i form av antall omkomne gitt at ulykken inntreffer (C_{ijk}). Når parametrene er estimert for alle scenariene kan risikoen beregnes (PLL_i).

I tillegg til de nevnte parametrene er det også nødvendig å fastsette vektene (ikke vist i figuren) både internt mellom de enkelte scenariene for en gitt ulykkestype (w_{ijk}), men også mellom ulykkestypene (V_{ij}). Disse vektene er et uttrykk for den relative sannsynligheten for hver av de trafikksituasjonene som inngår i de representative scenariene.

Et eksempel på et scenario (S_{113}) er vist i Figur 3.



Figur 3 Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor (normalsituasjon)

Normalsituasjonen (trafikksituasjonen) er her at tog til venstre (rødt tog) skal få kjørsignal for utkjør etter at tog til høyre (blått tog) har krysset. *Feilsituasjonen* er at rødt tog får feilaktig kjørsignal og kjører ut mot blått tog med sammenstøt front/front som mulig ulykkesutfall.

Vi kommer tilbake til nærmere beskrivelse av dette og de øvrige scenariene.

Formelmessig kan risikoen som skyldes feil i signalanlegg uttrykkes som følger:

$$PLL_{\text{signal}} = \sum_i PLL_i = \sum_i HR_i (p_i \cdot C_i) = \sum_i \left[HR_i \cdot \sum_j (V_{ij} \cdot p_{ij} \cdot C_{ij}) \right] = \sum_i \left\{ HR_i \cdot \sum_j \left[V_{ij} \cdot \sum_k (p_{ijk} \cdot w_{ijk} \cdot C_{ijk}) \right] \right\}$$

hvor følgende parametere inngår:

HR_i = raten av sikkerhetskritisk feil i (hasardraten)

p_{ijk} = sannsynlighet for ulykkesscenario ijk

C_{ijk} = konsekvensen av ulykkesscenario ijk

w_{ijk} = relativ sannsynlighet for trafikksituasjoner som kan føre til det aktuelle scenario ijk

V_{ij} = relativ sannsynlighet for trafikksituasjoner som kan føre til den aktuelle ulykkestype ij

Generelt har indeksene følgende betydning:

i = sikkerhetskritisk feil nr. i ($i = 1-5$)

ij = ulykkestype nr. j ($j = 1-4$) for sikkerhetskritisk feil nr. i

ijk = scenario nr. k ($k = 1..$) innenfor ulykkestype nr. j for sikkerhetskritisk feil nr. i

I den videre scenarionummereringen benytter vi alle tre sifrene ijk (ikke kun k), for eksempel scenario 241. Tilsvarende vil vi for ulykkestypenummereringen benytte to siffer ij (ikke kun j), for eksempel ulykkestype 24.

For vekting (relativ sannsynlighet) mellom scenariene innen en ulykkestype gjelder $\sum_k w_{ijk} = 1$, mens det for vekting (relativ sannsynlighet) mellom ulykkestypene gjelder $\sum_{j=1}^3 V_{ij} = 1$, dvs. at ulykkestypene front/front, front/flanke og front/ende er disjunkte. Når det gjelder avsporing så kan den samme trafikksituasjonen gitt sikkerhetskritisk feil lede til enten sammenstøt eller avsporing.

5.4 Ulykkes scenarier og estimering av parametere

5.4.1 Ulykkes scenarier - oversikt

Svikt i de tidligere nevnte sikkerhetskritiske funksjonene (5 definerte SKFer for signalanlegg) gir feilmodi (svikt i sikkerhetskritiske delfunksjoner) som kan resultere i ulykker (avsporing eller sammenstøt tog-tog). Noen av feilmodiene vil kunne medføre samme ulykkesforløp og er derfor samlet/inkludert i samme sikkerhetskritiske feil hvor det benyttes identiske scenarier. Sammenhengen mellom SKFene, feilmodiene og de sikkerhetskritiske feilene er vist i Tabell 3.

Tabell 3 Sikkerhetskritiske funksjoner, feilmodi og feil

SKF	Funksjon	Feilmodi	Sikkerhetskritisk feil
SKF1	Foriglingsutrustning skal sette korrekte utgangssignaler/ sende korrekte data til styrte objekter, gitt korrekte innsignaler/ data inn til Forriglingsutrustning.	Foriglingsutrustning gir mindre restriktiv beskjed til Signaler enn det som er tillatt ut fra forutsetningene	1A: Feilaktig kommando om kjørsignal (feil i Forriglingsutrustning)
		Foriglingsutrustning gir kommando til Sporvekselutrustning uten at betingelsene er oppfylt	1B: Feilaktig kommando om sporvekselstilling (feil i Forriglingsutrustning)
		Foriglingsutrustning gir mindre restriktiv beskjed til ATC-infrastrukturutrustning enn det som er tillatt ut fra forutsetningene	1C: Feilaktig kjørsignal/ overhastighet (feil i ATC-beskjed fra Forriglingsutrustning)
SKF2	Sporvekselutrustning skal låse sporveksel og gi korrekt informasjon om posisjon og låsestatus til Forriglingsutrustning.	Sporvekselutrustning låser ikke sporveksel når betingelsene for låsing er oppfylt, og sørger ikke for at sporveksel forblir låst	2: Falsk kontroll av sporveksel (feil i Sporvekselutrustning)
		Sporvekselutrustning gir ikke korrekt informasjon om kontroll av låsing og posisjon til Forriglingsutrustning	
SKF3	Togdeteksjon skal detektere et ikke besatt sporavsnitt og gi korrekt informasjon om besatt eller ikke besatt sporavsnitt til Forriglingsutrustning.	Togdeteksjon detekterer ikke at et sporavsnitt er ikke besatt ⁶	3: Ingen deteksjon av besatt sporavsnitt (feil i Togdeteksjon)
		Togdeteksjon gir ikke korrekt informasjon om sporavsnitt er besatt eller ikke besatt til Forriglingsutrustning	
SKF4	Signaler skal vise korrekt signalbilde mot tog og gi korrekt informasjon om status på signalet til Forriglingsutrustning.	Signaler viser ikke korrekt signalbilde mot tog ut fra gitte betingelser	4: Feilaktig kjørsignal (feil i Signaler)
		Signaler viser ikke korrekt informasjon om status på signalet til Forriglingsutrustning	
SKF5	ATC-infrastrukturutrustning skal gi korrekt informasjon om status i Forriglingsutrustning/Signaler til tog.	ATC-infrastrukturutrustning gir ikke korrekt informasjon om status i Forriglingsutrustning/Signaler til tog	5: Feilaktig kjørsignal/ overhastighet (feil i ATC-infrastrukturutrustning)

⁶ Falsk belegg (feilaktig deteksjon av ikke besatt sporavsnitt) vil hovedsakelig ha en effekt på regulariteten, men kan i spesielle tilfeller være sikkerhetskritisk. Dette gjelder for eksempel feilaktig utløsning av togvei. Vi har ikke inkludert dette som en sikkerhetskritisk feil beskrevet med egne scenarier fordi en slik feilaktig togveisutløsning også kan skje ved normale aktiviteter som skifting. Disse normale aktivitetene anses som en langt mer sannsynlig årsak til togveisutløsning enn falsk belegg som skyldes sporfeltfeil.

Sikkerhetskritisk feil 1A, 1C, 3, 4 og 5 tar utgangspunkt i de samme basisscenariene (utviklet i [SINTEF 2005]⁷), men det er gjort noen forenklinger og tilpasninger. Tilpasningene (gjelder for sikkerhetskritisk feil 1C, 3 og 5) er beskrevet i Tabell 4, og forenklingene er som følger:

- Scenarier for sammenstøt front/flanke er tatt ut fordi de bidrar marginalt til risiko pga lav sannsynlighet
- Scenarier for avsporing er tatt ut fordi de bidrar lite til risiko pga liten konsekvens

Sikkerhetskritisk feil 1B og 2 tar utgangspunkt i et annet sett med basisscenarier (også utviklet i [SINTEF 2005]), hvor følgende forenklinger er foretatt (ingen tilpasninger):

- Scenarier for sammenstøt front/front er tatt ut fordi de bidrar lite til risiko pga lav sannsynlighet
- Scenarier for sammenstøt front/ende er tatt ut fordi de bidrar lite til risiko pga lav sannsynlighet

Tabell 4 Tilpasninger av scenariosettet fra [SINTEF 2005]

	Scenario	Forenkling	Tilpasning
1A	Feilaktig kommando om kjørsignal (feil i Forriglingsutrustning)	"Feilaktig kjørsignal"	
1B	Feilaktig kommando om sporvekselstilling (feil i Forriglingsutrustning)	"Falsk kontroll av sporveksel"	
1C	Feilaktig kjørsignal/overhastighet (feil i ATC-beskjed fra Forriglingsutrustning)	"Feilaktig kjørsignal" (feilaktig ATC-kjørbeskjed)	Reduserte sannsynligheter pga lokfører også må overse utvendig signal Inkludert mulighet for at overhastighet fører til avsporing
2	Falsk kontroll på sporveksel (feil i Sporvekselutrustning)	"Falsk kontroll av sporveksel"	
3	Ingen deteksjon av besatt sporavsnitt (feil i Togdeteksjon)	"Feilaktig kjørsignal"	Endrede sannsynligheter pga sekvensbetingelser (gjentakelsessperre)
4	Feilaktig kjørsignal (feil i Signaler)	"Feilaktig kjørsignal"	
5	Feilaktig kjørsignal/overhastighet (feil i ATC-infrastrukturutrustning)	"Feilaktig kjørsignal" (feilaktig ATC-kjørbeskjed)	Reduserte sannsynligheter pga lokfører også må overse utvendig signal. Inkludert mulighet for at overhastighet fører til avsporing

Tabell 5 – Tabell 11 viser scenariosettene som benyttes for hver av de sikkerhetskritiske feilene. De scenariene som er tatt ut er skyggelagte/gule i tabellene. NB! Trafikksituasjonen beskriver normalsituasjonen (dvs. slik trafikken skulle vært utviklet uten feil).

Scenariene er nummerert *ijk* hvor *i* angir sikkerhetskritisk feil, *j* angir ulykketype, og *k* er fortløpende nummerering av scenarier innenfor gitt sikkerhetskritisk feil og ulykketype.

⁷ Disse er i sin helhet beskrevet i Tabell 5 – Tabell 11.

Tabell 5 Scenarier for sikkerhetskritisk feil 1A

Sammenstøt tog-tog; Front/front (11A)			
111A	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor
112A	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor
113A	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
114A	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (12A)			
121A	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
122A	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
123A	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering	
124A	Dobbeltsporet	Utkjør etter forbipassering	
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (13A)			
131A	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor
132A	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gjennomkjør	Kjør rettspor
133A	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor
134A	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gjennomkjør	Kjør rettspor
135A	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hastighet	
136A	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hastighet	
137A	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hastighet	
138A	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hastighet	
Avsporing (14A)			
141A	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik
142A	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik

Tabell 6 Scenarier for sikkerhetskritisk feil 1B

Sammenstøt tog-tog; Front/front (11B)			
111B	Enkeltsporet	Kryssing	Feilstilling
112B	Dobbeltsporet	"Kryssing"	Feilstilling
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (12B)			
	Ingen relevante scenarier som skyldes sporveksselfeil alene		
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (13B)			
131B	Enkeltsporet	Forbipassering	Feilstilling
132B	Dobbeltsporet	Forbipassering	Feilstilling
Avsporing (14B) NB! Sporveksselfeil etter at tog har passert innkjørssignal			
141B	Enkeltsporet	Gjennomkjør	Feilstilling
142B	Enkeltsporet	Gjennomkjør	Midtstilling
143B	Dobbeltsporet	Gjennomkjør	Feilstilling
144B	Dobbeltsporet	Gjennomkjør	Midtstilling
145B	Enkeltsporet	Kryssing	Feilstilling
146B	Enkeltsporet	Kryssing	Midtstilling
147B	Dobbeltsporet	"Kryssing"	Feilstilling
148B	Dobbeltsporet	"Kryssing"	Midtstilling
149B	Enkeltsporet	Forbipassering	Feilstilling
1410B	Enkeltsporet	Forbipassering	Midtstilling
1411B	Dobbeltsporet	Forbipassering	Feilstilling
1412B	Dobbeltsporet	Forbipassering	Midtstilling

Tabell 7 Scenarier for sikkerhetskritisk feil 1C

Sikkerhetskritisk feil 1C			
Sammenstøt tog-tog; Front/front (11C)			
111C	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor
112C	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor
113C	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
114C	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (12C)			
121C	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
122C	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
123C	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering	
124C	Dobbeltsporet	Utkjør etter forbipassering	
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (13C)			
131C	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor
132C	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gjennomkjør	Kjør rettspor
133C	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor
134C	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gjennomkjør	Kjør rettspor
135C	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hastighet	
136C	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hastighet	
137C	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hastighet	
138C	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hastighet	
Avsporing (14C)			
141C	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik
142C	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik

Tabell 8 Scenarier for sikkerhetskritisk feil 2

Sikkerhetskritisk feil 2			
Sammenstøt tog-tog; Front/front (21)			
211	Enkeltsporet	Kryssing	Feilstilling
212	Dobbeltsporet	"Kryssing"	Feilstilling
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (22)			
	Ingen relevante scenarier som skyldes sporveksselfeil alene		
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (23)			
231	Enkeltsporet	Forbipassering	Feilstilling
232	Dobbeltsporet	Forbipassering	Feilstilling
Avsporing (24) NB! Sporveksselfeil etter at tog har passert innkjørssignal			
241	Enkeltsporet	Gjennomkjør	Feilstilling
242	Enkeltsporet	Gjennomkjør	Midtstilling
243	Dobbeltsporet	Gjennomkjør	Feilstilling
244	Dobbeltsporet	Gjennomkjør	Midtstilling
245	Enkeltsporet	Kryssing	Feilstilling
246	Enkeltsporet	Kryssing	Midtstilling
247	Dobbeltsporet	"Kryssing"	Feilstilling
248	Dobbeltsporet	"Kryssing"	Midtstilling
249	Enkeltsporet	Forbipassering	Feilstilling
2410	Enkeltsporet	Forbipassering	Midtstilling
2411	Dobbeltsporet	Forbipassering	Feilstilling
2412	Dobbeltsporet	Forbipassering	Midtstilling

Tabell 9 Scenarier for sikkerhetskritisk feil 3

Sikkerhetskritisk feil 3			
Sammenstøt tog-tog; Front/front (31)			
311	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor
312	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor
313	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
314	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (32)			
321	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
322	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
323	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering	
324	Dobbeltsporet	Utkjør etter forbipassering	
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (33)			
331	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor
332	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gjennomkjør	Kjør rettspor
333	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor
334	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gjennomkjør	Kjør rettspor
335	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hastighet	
336	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hastighet	
337	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hastighet	
338	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hastighet	
Avsporing (34)			
341	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik
342	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik

Tabell 10 Scenarier for sikkerhetskritisk feil 4

Sikkerhetskritisk feil 4			
Sammenstøt tog-tog; Front/front (41)			
411	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor
412	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor
413	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
414	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (42)			
421	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
422	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
423	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering	
424	Dobbeltsporet	Utkjør etter forbipassering	
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (43)			
431	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor
432	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gjennomkjør	Kjør rettspor
433	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor
434	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gjennomkjør	Kjør rettspor
435	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hastighet	
436	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hastighet	
437	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hastighet	
438	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hastighet	
Avsporing (44)			
441	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik
442	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik

Tabell 11 Scenarier for sikkerhetskritisk feil 5

Sikkerhetskritiske feil			
Sammenstøt tog-tog; Front/front (51)			
511	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor
512	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor
513	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
514	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (52)			
521	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
522	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset	
523	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering	
524	Dobbeltsporet	Utkjør etter forbipassering	
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (53)			
531	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor
532	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gjennomkjør	Kjør rettspor
533	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor
534	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gjennomkjør	Kjør rettspor
535	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hastighet	
536	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hastighet	
537	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hastighet	
538	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hastighet	
Avsporing (54)			
541	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik
542	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik

5.4.2 Estimering av parametere

Parametrene som inngår i risikomodellen er som tidligere nevnt:

HR_i = raten av sikkerhetskritisk feil i (hasardraten)

p_{ijk} = sannsynlighet for ulykkesscenario ijk

C_{ijk} = konsekvensen av ulykkesscenario ijk

w_{ijk} = relativ sannsynlighet for trafikksituasjoner som kan føre til det aktuelle scenario ijk

V_{ij} = relativ sannsynlighet for trafikksituasjoner som kan føre til den aktuelle ulykkestype ij

HR – raten av sikkerhetskritiske feil er estimert basert på data mottatt fra JBV [JBV 2005/3]. Dette er vist i neste kapittel. For estimering av de øvrige parametrene, se kapittel 5.4.4.

5.4.3 Estimering av HR – hasardraten

Tabell 12 viser hasardraten for hver sikkerhetskritisk feil. Grunnlagsdataene som er brukt for å estimere hasardraten er også vist, og er følgende:

N = antall sikkerhetskritiske feil registrert i tidsperioden T

T = tidsperioden det er samlet inn feildata for

n_s = antall signalanleggsheter (som bidrar til de aktuelle sikkerhetskritiske feilene)

Tabell 12 Hasardrater og grunnlagsdata

Feiltype	Antall feil (N)	Ekspone- ringstid (T) [år]	Antall anleggsheter (n_s)	Hasardrate (HR)
1A: Forriglingsfeil – feilaktig kjørsignal	< 5	10	10000	$5.0 \cdot 10^{-9}$
1B: -- " -- – falsk kontroll sporveksel	0	10	4000	$1.0 \cdot 10^{-9}$
1C: -- " -- – feilaktig ATC-kjørbeskjed	0	6	36	$2.6 \cdot 10^{-7}$
2: Sporveksselfeil – falsk kontroll sporv.	< 5	10	4000	$1.4 \cdot 10^{-8}$
3: Sporfeltfeil – feilaktig kjørsignal	< 20	10	5000	$4.5 \cdot 10^{-8}$
4: Signalfeil – feilaktig kjørsignal	< 2	10	10000	$2.3 \cdot 10^{-9}$
5: ATC-feil – feilaktig kjøør/overhastighet	0	10	10000	$5.7 \cdot 10^{-10}$

Hasardraten fremkommer som følger:

$$HR = \frac{N}{T \cdot 8760 \cdot n_s} \text{ [feil per time per sikringsanleggshet]}$$

Eksempel (for sikkerhetskritisk feil 1A):

$$HR_{1A} = \frac{N}{T \cdot 8760 \cdot n_s} = \frac{5}{10 \cdot 8760 \cdot 10000} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ feil per time per "signalutgang"}$$

Kommentarer til datagrunnlaget og estimeringen

Antall feil (N): Der hvor det er angitt "mindre enn" (<) har vi regnet som om antallet "er lik" (=) det oppgitte tallet. Der hvor antallet er lik 0 (ingen registrerte feil) har vi regnet med 1 feil i den dobbelte eksponeringstiden (2T), noe som er vanlig praksis.

**Ekspone-
ringstid (T):** Dataene er hentet fram av JBV selv fra Banedatabanken for perioden 1995-2004, altså 10 år. Unntaket er for sikkerhetskritisk feil 1C, hvor eksponeringstiden er hentet fra driften av Gardermobanen, dvs. 1999-2004, altså 6 år.

Antall enheter (n_s): Antall sikringsanlegg er ca. 250 for Norge totalt, men sikkerhetskritisk feil 1A og 1B gjelder enkeltutganger for hhv. signal (tilsvarende feil i signalrele) og sporveksel. Derfor benyttes antallet 10000 for 1A, noe som tilsvarer 10000 sikkerhetskritiske "signalutganger" (mot totalt ca. 40000 signaler), og 4000 for 1B som tilsvarer totalt antall sporveksler (= "sporvekselutganger" fra sikringsanleggene). Mindre restriktiv ATC-beskjed fra forrigling (1C) er kun relevant for GMB, og det tilsvarende antall sikringsanleggsheter er 36. Antall sporveksler er 4000, antall sporfelt 5000, antall signal er 10000 og antall ATC-infrastrukturenheter er 10000.

5.4.4 Estimering av sannsynlighet, konsekvens og vektor

Estimering av sannsynlighet og konsekvens for hvert enkelt scenario er vist i vedlegg 4. Disse estimatene baserer seg på ekspertvurderinger og forenklete antakelser/sammenlikninger med de parametrene som har blitt fastlagt basert på ekspertvurderinger.

Estimater for parametrene ble fremskaffet under et arbeidsmøte (workshop) med JBV (25.11.2004) hvor 7 personer fra JBV og 4 personer fra SINTEF deltok. Estimaten fremkom som konsensusestimater basert på diskusjonene i hele gruppen. Det ble ikke gjennomført noen systematisk ekspertvurderingsprosess.

Vektene / relativ sannsynlighet for de aktuelle trafikksituasjonene baserer seg på vurderinger gjort i det samme arbeidsmøtet angående forekomst av enkeltspor versus dobbeltspor, innkjør versus utkjør, kryssing versus forbipassering, osv. Også disse estimatene er vist i vedlegg 4.

5.5 Risikoberegning – sammenstilling

5.5.1 Risikoberegning med konservative estimater

Risikoen i form av PLL er beregnet i henhold til følgende formel (se kapittel 5.3):

$$PLL_{Signal} = \sum_i PLL_i = \sum_i \left\{ HR_i \cdot \sum_j \left[V_{ij} \cdot \sum_k (P_{ijk} \cdot w_{ijk} \cdot C_{ijk}) \right] \right\}$$

Beregningen er gjort i et Excel regneark og parameterverdiene er angitt i vedlegg 4. Resultatene er vist i Tabell 13. I andre kolonne er de erfarte HR-verdiene angitt, i tredje kolonne estimert/beregnet PLL for hver sikkerhetskritisk feil samt totalt, og i fjerde kolonne er det prosentvise bidraget til risikoen fra hver sikkerhetskritiske feil angitt.

Tabell 13 Risikoberegning med konservative estimater

Sikkerhetskritisk feil 1A: Feilaktig kommando om kjørsignal (feil i forriglingsutrustning)	5,00E-09	0,573	36,41
Sikkerhetskritisk feil 1B: Feilaktig kommando om sporvekselstilling (feil i forriglingsutrustning)	1,00E-09	0,001	0,07
Sikkerhetskritisk feil 1C: Feilaktig kjørsignal/overhast. (feil i ATC-beskjed fra forriglingsutrustning)	2,60E-07	0,004	0,28
Sikkerhetskritisk feil 2: Falsk kontroll på sporveksel (feil i sporvekselutrustning)	1,40E-08	0,015	0,93
Sikkerhetskritisk feil 3: Ingen deteksjon av besatt sporavsnitt	4,50E-08	0,714	45,39
Sikkerhetskritisk feil 4: Feilaktig kjørsignal (feil i signal)	2,30E-09	0,264	16,75
Sikkerhetskritisk feil 5: Feilaktig kjørsignal/overhast. (feil i ATC-infrastrukturutrustning)	5,70E-10	0,003	0,17
Totalt:		1,574	100,00

Uthevet HR-verdi betyr at det ikke er erfart noen feil i den perioden det er samlet data.

Tabell 13 viser at den totale risikoen som skyldes feil i signalanlegg er $PLL_{Signal}=1.57$ drepte/år. Dette er et svært konservativt tall basert på konservative parameterestimater. For vår bruk er det behov for å tilpasse/"tune" analysen gjennom å benytte mindre konservative estimater.

5.5.2 "Tuning" av risikoanalysen – mindre konservative estimater

I og med at risikoanalysen skal brukes som underlag for å fastsette THR-verdier for sikkerhetskritiske funksjoner, og vi benytter "realistiske" estimater på erfarte HR-verdier, er det en fordel at vi også for de øvrige parametrene benytter noenlunde "realistiske" estimater slik at totalrisikoen vi beregner er nokså samsvarende med det som kan forventes basert på erfaring og tidligere vurderinger.

Det finnes dessverre ikke noe fasitsvar på hva denne verdien bør være. Erfaring alene er ikke nok, til det er historien for kort (vi tar i risikoanalysen også hensyn til scenarier som inntreffer så sjelden at de rimeligvis ennå ikke har inntruffet), samtidig som det hele tiden skjer en teknisk utvikling (og dermed kan eldre data/erfaring være utdatert/ikke lenger relevant).

En indikasjon på hva denne verdien kan ligge på er antydnet i [DNV 2002] og uttrykt som 1% av total PLL. Med en $PLL=11$ gir dette $PLL_{Signal}=0.11$. Som begrunnelse for denne verdien henviser man til "erfaring". Basert på det som allerede er nevnt om bidrag til risikoen fra sjeldne hendelser kan det være grunn til å forvente at en estimert PLL_{Signal} kan være noe høyere.

Vi har gjort en grov tilpasning av enkelte parameterverdier slik at de forhåpentligvis er noe mer "realistiske" enn de opprinnelige konservative estimatene. Endringene er i grove trekk som følger:

1. Sannsynlighetene for de scenariene som betyr noe for risikoen er redusert med 50%
2. De høyeste konsekvensene er redusert med ca. 50%
 - a. $C=18$ er endret til $C_{ny}=10$
 - b. $C=15$ er endret til $C_{ny}=8$
 - c. $C=10$ er endret til $C_{ny}=5$
 - d. $C=5$ er endret til $C_{ny}=3$
 - e. $C=3$ er endret til $C_{ny}=2$

Med de nye parameterverdiene blir den totale risikoen redusert fra $PLL_{Signal} \approx 1.6$ til $PLL_{Signal,ny} = 0.44$. Dette er fortsatt noe høyere enn DNVs verdi, men antakelig en tilstrekkelig "fornuftig" verdi til vårt formål. Det at den totale risikoen avviker noe fra en "korrekt" verdi (som vi jo ikke vet hva er) betyr ikke så mye så lenge forholdet mellom bidragene fra de enkelte SKFene er rimelig fornuftig og i tråd med JBV's erfaring og oppfatning.

De nye parameterverdiene er vist i Vedlegg 4 og en beregning av totalrisikoen basert på "beste" estimater er vist i Tabell 14 nedenfor.

5.5.3 Risikoberegning med "beste" estimater

Risikoberegningen med nye parameterverdier ("beste" estimater) er vist i Tabell 14. Tilsvarende som for beregningen med konservative estimater er beregningen utført i et Excel regneark, og parameterverdiene er angitt i vedlegg 4.

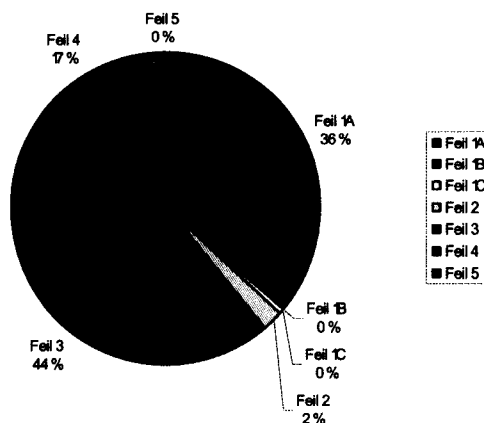
Tabell 14 Risikoberegning med ”beste” estimater

Feil	HR (1/år)	PLL (1/år)	Total risiko PLL (1/år)
Sikkerhetskritisk feil 1A: Feilaktig kommando om kjørsignal (feil i forriglingsutrustning)	5,00E-09	0,159	36,08
Sikkerhetskritisk feil 1B: Feilaktig kommando om sporvekselstilling (feil i forriglingsutrustning)	1,00E-09	0,001	0,16
Sikkerhetskritisk feil 1C: Feilaktig kjørsignal/overhast. (feil i ATC-beskjed fra forriglingsutrustning)	2,60E-07	0,002	0,45
Sikkerhetskritisk feil 2: Falsk kontroll på sporveksel (feil i sporvekselutrustning)	1,40E-08	0,010	2,22
Sikkerhetskritisk feil 3: Ingen deteksjon av besatt sporavsnitt	4,50E-08	0,195	44,23
Sikkerhetskritisk feil 4: Feilaktig kjørsignal (feil i signal)	2,30E-09	0,073	16,59
Sikkerhetskritisk feil 5: Feilaktig kjørsignal/overhast. (feil i ATC-infrastrukturutrustning)	5,70E-10	0,001	0,27
Totalt:		0,441	100,00

Utøvet HR-verdi betyr at det ikke er erfart noen feil i den perioden det er samlet data.

Fra Tabell 14 ser vi at totalrisikoen er beregnet til $PLL_{Signal}=0.44$ drepte/år. Basert på tidligere vurderinger av signalanleggenes bidrag til den totale risikoen ved jernbanedrift i Norge kan dette være et rimelig fornuftig utgangspunkt for fastsettelse av THR-verdier.

Figur 4 viser fordelingen av risikobidrag fra de ulike sikkerhetskritiske feilene.


Figur 4 Fordeling av risikobidrag for de ulike sikkerhetskritiske feilene

Tabell 14 og Figur 4 viser at risikoen domineres av 3 bidragsyttere:

1. Sikkerhetskritisk feil 3 i Togdeteksjon 44%
2. Sikkerhetskritisk feil 1A i Forriglingsutrustning 36%
3. Sikkerhetskritisk feil 4 i Signaler 17%

5.6 Følsomhetsberegninger og vurdering av usikkerhet

Hensikten med en følsomhetsanalyse er å beregne effekten på sluttresultatet av å endre verdiene på inngangsdata (parametere, antakelser og forutsetninger).

Slutresultatet PLL_{Signal} er gitt av:

$$PLL_{Signal} = \sum_i PLL_i = \sum_i HR_i (p_i \cdot C_i) = \sum_i \left[HR_i \cdot \sum_j (V_{ij} \cdot p_{ij} \cdot C_{ij}) \right] = \sum_i \left\{ HR_i \cdot \sum_j \left[V_{ij} \cdot \sum_k (p_{ijk} \cdot w_{ijk} \cdot C_{ijk}) \right] \right\}$$

hvor følgende parametere inngår:

HR_i = raten av sikkerhetskritisk feil i (hasardraten)

p_{ijk} = sannsynlighet for ulykkesscenario ijk

C_{ijk} = konsekvensen av ulykkesscenario ijk

w_{ijk} = relativ sannsynlighet for trafikksituasjoner som kan føre til det aktuelle scenario ijk

V_{ij} = relativ sannsynlighet for trafikksituasjoner som kan føre til den aktuelle ulykkestype ij

Vi vet også at slutresultatet domineres av feil i følgende sikkerhetskritiske funksjoner:

SKF3 (Togdeteksjon)	44 %
SKF1/A (Forriglingsutrustning)	36 %
SKF4 (Signaler)	17 %

Bidragene fra de øvrige sikkerhetskritiske funksjonene er marginale, og eventuelle endringer i parameterverdiene for disse vil gi en ubetydelig effekt på slutresultatet. En tierpotens (dekades) økning i HR_2 for SKF2 (den viktigste av de sikkerhetskritiske funksjonene etter de 3 som er listet ovenfor) vil resultere i 20 % økning i total PLL_{Signal} .

Vi betrakter derfor kun SKF3, SKF1/A og SKF4 videre.

5.6.1 Usikkerhet i parameterestimer

For SKF3 (Togdeteksjon) har vi følgende bidrag til risikoen:

$$PLL_3 = HR_3 \cdot \sum_j \left[V_{3j} \cdot \sum_k (p_{3jk} \cdot w_{3jk} \cdot C_{3jk}) \right]$$

Hasardraten (HR_3)

En endring i HR_3 gjenspeiles direkte av SKF3's bidrag til total PLL_{Signal} . $PLL_3/PLL_{Signal} = 0.44$, noe som innebærer at en økning i HR_3 på for eksempel 100 % (dobbelt så mange feil) vil gi 44 % økning i PLL_{Signal} , dvs. $PLL_{Signal} = 1.44 \cdot 0.44 = 0.63$ drepte/år.

Hasardraten er spesielt viktig, ikke bare som parameter i risikovurderingen, men også som den viktigste parameteren ved fastsettelse av THR-verdier. Det er derfor nødvendig å diskutere usikkerheten forbundet med estimatene av hasardratene generelt (ikke bare HR_3). Særlig viktig er usikkerhet i retning av lavere HR-verdier som vil medføre lavere THR-verdier (strengere krav).

Hasardraten fastsettes som tidligere vist ved:

$$HR = \frac{N}{T \cdot 8760 \cdot n_s} [\text{feil per time per sikringsanleggsenhet}]$$

hvor

N = antall sikkerhetskritiske feil registrert i tidsperioden T

T = tidsperioden det er samlet inn feildata for

n_s = antall signalanleggsheter (som bidrar til de aktuelle sikkerhetskritiske feilene)

T er fastsatt med stor sikkerhet og n_s er forholdsvis nøyaktig (eventuelle avvik er små). Usikkerheten er først og fremst knyttet til N , og skyldes flere forhold:

1. Rapporteringsgrad
2. Registreringsnøyaktighet
3. Riktig datasøk ved uthenting av data fra databasen
4. Naturlig variasjon knyttet til en tilfeldig størrelse som N er

1. Underrapportering vil bidra til en for liten N (og for lav HR), og det er antydning fra JBV at man regner med en viss underrapportering (overrapportering er svært lite trolig). Omfanget av underrapporteringen er vanskelig å anslå uten å se nærmere på rapporteringsrutinene.

2. Feilregistrering kan slå ut begge veier. Det kan registreres for mye eller for lite av en bestemt type sikkerhetskritisk feil. Dette vet vi lite om uten å granske datagrunnlaget.

3. Uthenting av de riktige sikkerhetskritiske feilene (riktig søkekriterium) avhenger av databasens oppbygging og søkemuligheter. Også her kan det inntreffe feil ved at man henter ut for mange eller få av de "riktige" sikkerhetskritiske feilene. Dette kan altså slå ut i begge retninger, men vi vet lite om usikkerheten uten å granske selve databasen.

Usikkerhet som følge av forholdene 1-3 skyldes vår manglende kunnskap om disse forholdene, og denne usikkerheten kan reduseres ved at vi skaffer oss mer kunnskap, dvs. gransker rapporteringsrutinene, datagrunnlaget og databasen.

4. Naturlig variasjon i en tilfeldig størrelse (her N) bidrar til en usikkerhet som av og til betegnes som variabilitet, og denne kan ikke reduseres gjennom mer kunnskap om forholdet. Hvis vi nå antar at det ikke er noen feil i rapportering, registrering og uthenting av data, og at det riktige antallet er N , så er det allikevel tilfeldig at det har inntrefft akkurat N feil. Vi kunne ha fått et annet antall med samme underliggende hasardrate (HR), eller omvendt – det samme antallet N kan framkomme med ulike underliggende hasardrater (HR). Vi har ut fra antallet N estimert den HR som er "maksimalt trolig", den vi mest rimelig kan forvente. I vårt tilfelle kan det imidlertid være nyttig å vite (for å være på den sikre siden) hva som er den laveste underliggende HR som med maksimalt 5 % sannsynlighet kan gi N eller flere feil. Da vil vi ha den HR som med overveiende sannsynlighet er den laveste som kan gi N feil, og som gir det strengeste utgangspunkt for fastsettelse av THR.

For å beregne dette antar vi at N er Poisson-fordelt, dvs.:

$$P(N = n) = e^{-\lambda} \cdot \frac{(\lambda t)^n}{n!}$$

hvor λ er hasardraten (HR).

Eksempel: For SKF2 har vi $N=5$ og $HR_2 = 1.4 \cdot 10^{-8}$ og det kan vises at $HR_{2 \min} = 5 \cdot 10^{-9}$ per time per enhet. Dvs. at med denne underliggende hasardraten er det ikke mer enn 5 % sannsynlighet for at det inntreffer 5 eller flere feil.

Det bør vurderes å legge HR_{\min} til grunn for fastsettelse av THR-verdier, fordi vi da er på den sikre siden ift. den usikkerhet som er knyttet til observasjonene av en tilfeldig størrelse som N.

Vekting av ulykkestyper (V_{3j})

Bidraget fra sammenstøt front/ende (ulykkestype 33) utgjør 97 % av PLL_3 , dvs. $PLL_{33}/PLL_3 = 0.97$.

Dette er basert på at $V_{33} = 0.4$. Dersom vi antar at denne økes med 50 % til $V_{33}^* = 0.6$ (og at $V_{32} = 0$), så vil den totale endring i risiko bli $0.5 \cdot 0.97 \cdot 0.44 = 0.21$, dvs. 21 %, og $PLL_{\text{Signal}}^* = 1.21 \cdot 0.44 = 0.53$ drepte/år.

Sannsynligheter (p_{3jk}), vekting av scenarier (w_{3jk}) og konsekvenser (C_{3jk})

Scenariene 332 og 334 dominerer mht. risikobidrag fra SKF3 (80 % av PLL_3). Dersom sannsynligheten for at disse scenariene kan inntreffe reduseres med 50 % (eventuelt en tilsvarende reduksjon mht. vekting eller konsekvens), så vil dette resultere i en reduksjon i totalrisiko på $0.5 \cdot 0.8 \cdot 0.44 = 0.18$, dvs. 18 %, og $PLL_{\text{Signal}} = (1 - 0.18) \cdot 0.44 = 0.36$ drepte/år.

Tilsvarende vurderinger kan gjøres for SKF1/A og SKF4, men betydningen for total risiko vil være noe mindre i og med at deres andel av totalrisikoen er mindre enn for SKF3.

5.6.2 Usikkerhet i antakelser og forutsetninger

Antakelser og forutsetninger av størst betydning for resultatet er de som er gjort i forbindelse med de viktigste scenariene og SKFene.

En viktig antakelse vi har gjort er å anta at et restriktivt signal innebærer at det befinner seg et tog (rødt tog) på strekningen (dvs. at det er en grunn til at det gis et restriktivt signal), og at feilen vedvarer inntil et tog har passert.

Dersom det gis feilaktig mindre restriktivt signal *uten* at det passerer et tog, eller at feilen oppdages (for eksempel av togleder) og rettes i tide, så vil ikke feilen resultere i noen hendelse. Effekten av en redusert andel av faktiske togpasseringer av restriktivt signal vil være det samme som å redusere hasardraten ("reell" andel farlige feil). Dersom andelen er eksempelvis 50 % så vil risikoen reduseres tilsvarende.

5.6.3 Viktigste enkeltscenarier

I tillegg til å vurdere effekten av å endre verdiene på inngangsdata, kan det være nyttig å se på de viktigste enkeltscenariene, spesielt med hensyn på eventuelle risikoreducerende tiltak.

De 10 viktigste ulykkes scenariene er (med tilhørende andel av totalrisikoen):

1. 113A: Utkjør sammenstøt front/front; enkeltspor; signalfeil/forrigling	28 %
2. 332: Gjennomkjør sammenstøt front/ende; enkeltspor; sporfeltfeil	18 %
3. 334: Gjennomkjør sammenstøt front/ende; dobbeltspor; sporfeltfeil	18 %
4. 413: Utkjør sammenstøt front/front; enkeltspor; signalfeil/signal	13 %
5. 132A: Gjennomkjør sammenstøt front/ende; enkeltspor; signalfeil/forrigling	4 %
6. 331: Innkjør m/stopp sammenstøt front/ende; enkeltspor; sporfeltfeil	3.5 %

7. 333: Innkjør m/stopp sammenstøt front/ende; dobbeltspor; sporfeltfeil	3.5 %
8. 134A: Gjennomkjør sammenstøt front/ende; dobbeltspor; signalfeil/forrigling	2 %
9. 432: Gjennomkjør sammenstøt front/ende; enkeltspor; signalfeil/signal	2 %
10. 434: Gjennomkjør sammenstøt front/ende; dobbeltspor; signalfeil/signal	1 %

Scenario nr. 1 og 4 på ti-på-topp lista (scenario 113A og 413) er samme ulykkesscenario – ”feilaktig utkjør mot kryssende tog”. Forskjellen er at feilen oppstår i henholdsvis forriglingsutrustning og i signalet, men resulterer i begge tilfeller i signalfeil. Til sammen utgjør disse 41 % av totalrisikoen PLL_{Signal} .

Scenario nr. 2 og 3 på ti-på-topp lista (scenario 332 og 334) er også samme ulykkesscenario – ”feilaktig innkjør etter forangående tog” som skyldes sporfeltfeil (og manglende gjentakelsesperre). Til sammen utgjør disse 36 % av totalrisikoen PLL_{Signal} .

Med tanke på ytterligere redusert risiko som skyldes signalanlegg (PLL_{Signal}) vil det være størst potensiell risikogevinst ved å fokusere innsatsen og tiltakene mot disse scenariene.

6 Bruk av risikoanalysen for fastsettelse av THR-verdier

De HR-verdiene som inngår i risikoanalysen er estimater basert på erfarte feil (i den grad det har vært erfart feil – for 3 av de sikkerhetskritiske feilene har det ikke vært erfart noen feil i den siste tiårsperioden).

Med disse HR-verdiene får vi det sikkerhetsnivå vi har per i dag når det gjelder signalanleggenes bidrag til risikoen. Dette sikkerhetsnivået anses å være akseptabelt, og THR-verdier som er minst like lave som HR-verdiene vil bidra til å opprettholde det nåværende (akseptable) sikkerhetsnivået. Dagens HR-verdier er vist i Tabell 15 (også gjengitt i Tabell 14, kap. 5.5.3).

Tabell 15 Erfarte hasardrater (basert på feildata fra 1995-2004 [JBV 2005/3])

Sikkerhetskritisk feil	HR-verdi	THR-verdi
Sikkerhetskritisk feil 1A: Feilaktig kommando om kjørsignal (feil i forriglingsutrustning)	5,00E-09	36,08
Sikkerhetskritisk feil 1B: Feilaktig kommando om sporvekselstilling (feil i forriglingsutrustning)	1,00E-09	0,16
Sikkerhetskritisk feil 1C: Feilaktig kjørsignal/overhast. (feil i ATC-beskjed fra forriglingsutrustning)	2,60E-07	0,45
Sikkerhetskritisk feil 2: Falsk kontroll på sporveksel (feil i sporvekselutrustning)	1,40E-08	2,22
Sikkerhetskritisk feil 3: Ingen deteksjon av besatt sporavsnitt	4,50E-08	44,23
Sikkerhetskritisk feil 4: Feilaktig kjørsignal (feil i signal)	2,30E-09	16,59
Sikkerhetskritisk feil 5: Feilaktig kjørsignal/overhast. (feil i ATC-infrastrukturutrustning)	5,70E-10	0,27
Totalt:		100,00

Det har vært argumentert for at signalanleggene bruker for store ressurser på sikkerheten og at disse ressursene kunne vært utnyttet bedre andre steder, eventuelt at man omprioriterer innenfor de enkelte delene av signalanlegget. En redusert sikkerhet gjennom lavere krav til THR (høyere verdier) vil medføre en økt risiko, og vi kan bruke risikoanalysen til å beregne hvor stor økningen blir (og tilsvarende hvor stor reduksjonen blir dersom THR-verdiene senkes – kravene blir strengere). Men, vi har ingen økonomisk modell eller analyse som kan fortelle oss hvordan en endring i THR-verdier slår ut økonomisk – det blir kun spekulasjoner.

Med utgangspunkt i en risikobasert tenkning så bør en eventuell skjerping av kravene (THR-verdiene) skje for de sikkerhetskritiske funksjoner som bidrar mest til risikoen (SKF1, 3 og 4), mens en eventuell lemping av kravene kan skje for de sikkerhetskritiske funksjoner som bidrar lite til risikoen (SKF2 og 5). Men, en skjerping av kravene kan være kostnadsdrivende, og en lemping kan være besparende, uten at vi kan anslå dette i mangel av en økonomisk modell.

To forslag til THR-verdier er vist i Tabell 16.

Det første settet med THR-verdier (krav 1) er basert på vurderingen ovenfor om at SKFer med stor betydning for risikoen gis noe skjerpede krav, mens det ikke er noen spesiell grunn til å skjerpe kravene for de SKFer som har liten betydning for risikoen. Det andre settet med THR-verdier (krav 2) er et foreløpig forslag fra JBV [JBV 2005/3]. Som det fremgår av tabellen er det ikke så store forskjeller mellom de 2 forslagene. JBV's forslag har strengere krav i 2 tilfeller, men i begge disse tilfellene har SKFene relativt liten risikomessig betydning.

Tabell 16 Forslag til THR-verdier (basert på totalt antall feil)

	50/50	50/50	50/50	
Sikkerhetskritisk feil 1A: Feilaktig kommando om kjørsignal (feil i forriglingsutrustning)	5,00E-09	1,00E-09	1,00E-09	36,08
Sikkerhetskritisk feil 1B: Feilaktig kommando om sporvekselstilling (feil i forriglingsutrustning)	1,00E-09	1,00E-09	1,00E-09	0,16
Sikkerhetskritisk feil 1C: Feilaktig kjørsignal/overhast. (feil i ATC-beskjed fra forriglingsutrustning)	2,60E-07	1,00E-08	1,00E-09	0,45
Sikkerhetskritisk feil 2: Falsk kontroll på sporveksel (feil i sporvekselutrustning)	1,40E-08	1,00E-08	1,00E-09	2,22
Sikkerhetskritisk feil 3: Ingen deteksjon av besatt sporavsnitt	4,50E-08	1,00E-08	1,00E-08	44,23
Sikkerhetskritisk feil 4: Feilaktig kjørsignal (feil i signal)	2,30E-09	1,00E-09	1,00E-09	16,59
Sikkerhetskritisk feil 5: Feilaktig kjørsignal/overhast. (feil i ATC-infrastrukturutrustning)	5,70E-10	1,00E-09	1,00E-09	0,27
Totalt:				100,00

I et av tilfellene hvor det er forskjell mellom forslagene er dagens HR-verdier estimert uten at det er registrert noen feil. De tilfellene hvor det ikke er registrert feil er uthevet i tabellen.

Hvilke verdier man foreslår for THR for de enkelte SKFer bør uansett begrunnes og argumenteres for. En relatering til dagens HR-verdier, samt en vurdering av de risikomessige konsekvensene eventuelle avvik fra disse, kan være et utgangspunkt. Den risikomessige effekten av THR-verdiene som er foreslått i krav 2 (JBV) er vist i Tabell 17.

Tabell 17 Endring i PLL som følge av foreslåtte THR-verdier

	50/50	50/50	50/50	50/50	
Sikkerhetskritisk feil 1A: Feilaktig kommando om kjørsignal (feil i forriglingsutrustning)	5,00E-09	1,00E-09	0,159	0,032	28,86
Sikkerhetskritisk feil 1B: Feilaktig kommando om sporvekselstilling (feil i forriglingsutrustning)	1,00E-09	1,00E-09	0,001	0,001	0,00
Sikkerhetskritisk feil 1C: Feilaktig kjørsignal/overhast. (feil i ATC-beskjed fra forriglingsutrustning)	2,60E-07	1,00E-09	0,002	0,000	0,45
Sikkerhetskritisk feil 2: Falsk kontroll på sporveksel (feil i sporvekselutrustning)	1,40E-08	1,00E-09	0,010	0,001	2,06
Sikkerhetskritisk feil 3: Ingen deteksjon av besatt sporavsnitt	4,50E-08	1,00E-08	0,195	0,043	34,40
Sikkerhetskritisk feil 4: Feilaktig kjørsignal (feil i signal)	2,30E-09	1,00E-09	0,073	0,032	9,38
Sikkerhetskritisk feil 5: Feilaktig kjørsignal/overhast. (feil i ATC-infrastrukturutrustning)	5,70E-10	1,00E-09	0,001	0,002	-0,21
Totalt:			0,441	0,110	74,94

Tabellen viser at risikoen (PLL_{Signal}) reduseres med 75 % når THR-verdiene i krav 2 benyttes.

Det er imidlertid et stort "skjær i sjøen", og det er at dagens (erfarte) HR-verdier består av en betydelig andel feil som en leverandør ikke vil "påta seg ansvaret for". Kravene som stilles til leverandørene bør være betydelig skjerpet i og med at de i all hovedsak vil inkludere tilfeldige hardwarefeil i sine HR-beregninger.

Dersom vi antar at 90 % av feilene er systematiske feil som Jernbaneverket er ansvarlig for og kun 10 % av alle feil kan tilskrives leverandøren, så må THR-verdiene senkes en dekad. Er fordelingen 50/50 så må THR-verdiene senkes en halv dekad. Dette er vist i Tabell 18 for krav 1.

THR-verdier rettet mot leverandør (THR_{Lev}) må fastsettes basert på estimering/anslag av andelen av feilene som kan tilskrives leverandør. Disse andelene, som vil kunne variere for de ulike SKFene, er per i dag ikke kjent.

Tabell 18 Forslag til THR-verdier (basert på leverandørens andel av feilene)

Feil i sikkerhetskritiske funksjoner i utstyret	THR (Norge)	THR (EU)	THR (USA)	THR (Japan)
Sikkerhetskritisk feil 1A: Feilaktig kommando om kjørsignal (feil i forriglingsutrustning)	5,00E-09	1,00E-09	5,00E-10	1,00E-10
Sikkerhetskritisk feil 1B: Feilaktig kommando om sporvekselstilling (feil i forriglingsutrustning)	1,00E-09	1,00E-09	5,00E-09	1,00E-09
Sikkerhetskritisk feil 1C: Feilaktig kjørsignal/overhast. (feil i ATC-beskjed fra forriglingsutrustning)	2,60E-07	1,00E-08	5,00E-09	1,00E-09
Sikkerhetskritisk feil 2: Falsk kontroll på sporveksel (feil i sporvekselutrustning)	1,40E-08	1,00E-08	5,00E-09	1,00E-09
Sikkerhetskritisk feil 3: Ingen deteksjon av besatt sporavsnitt	4,50E-08	1,00E-08	5,00E-09	1,00E-09
Sikkerhetskritisk feil 4: Feilaktig kjørsignal (feil i signal)	2,30E-09	1,00E-09	5,00E-10	1,00E-10
Sikkerhetskritisk feil 5: Feilaktig kjørsignal/overhast. (feil i ATC-infrastrukturutrustning)	5,70E-10	1,00E-09	5,00E-10	1,00E-10

For et konkret anlegg (prosjekt) bør valget av THR-verdier også understøttes av en spesifikk risikoanalyse for den aktuelle strekningen. Dersom trafikkforholdene og andre faktorer er slik at den spesifikke risikoen er høyere enn den som her er lagt til grunn (generisk betraktning), så bør man vurdere å skjerpe kravene (reduerte THR-verdier). De THR-verdier man kommer fram til basert bl.a. på den generiske risikoanalysen (for Norge totalt) kan betraktes som minimumskrav. Dette må dog balanseres mot et ønske om å standardisere utstyret som inngår i signalanleggene.

Et forslag til minimumskrav for THR, som dekker alle feil – både de som leverandøren er ansvarlig for og de som Jernbaneverket er ansvarlig for, er vist i Tabell 19. (Her har vi ikke lagt HR_{min} til grunn, dvs. tatt hensyn til usikkerhet, slik som diskutert under kapittel 5.6.1.)

Tabell 19 Forslag til THR-verdier (totalt for leverandør og Jernbaneverket)

Feil i sikkerhetskritiske funksjoner	THR (feil pr time pr enhet)
SKF1: Forriglingsutrustning	$1 \cdot 10^{-9}$
SKF2: Sporvekselutrustning	$1 \cdot 10^{-8}$
SKF3: Togdeteksjon	$1 \cdot 10^{-8}$
SKF4: Signaler	$1 \cdot 10^{-9}$
SKF5: ATC-infrastrukturutrustning	$1 \cdot 10^{-9}$

For SKF1 er det foreslått et felles krav for de tre delfunksjonene (A, B og C).

Dersom man kan fastsette leverandørens andel av feilraten (x) basert på en gransking av dataene eller på annen måte, så vil THR for leverandør utgjøre:

$$THR_{Lev} = x \cdot THR$$

Eksempel

Dersom Forriglingsutrustning antas å bli påvirket av Jernbaneverket i relativt stor grad og at x fastsettes til 0,2, dvs. 20 % kan tilskrives leverandøren, så får vi:

$$THR_{Lev} = x \cdot THR = 0,2 \cdot 1,0E-09 = 2,0E-10 \text{ feil pr time pr enhet.}$$

Det er dette kravet som da må benyttes overfor leverandøren av utstyret.

7 Referanser

- [JBV 2005/1] *Utvikling av Tolerable Hazard Rates for sikringsanlegg.* Trond Daling, Daling RAMS Consulting. Uformelt notat presentert på møte med SINTEF 12.05.2005.
- [JBV 2005/2] *Videre arbeid SKF og THR.* Trond Daling, Daling RAMS Consulting. Uformelt notat presentert på møte med SINTEF 14.06.2005.
- [JBV 2005/3] *Teknisk utstyr og SKF-er, Feilmodi, Feilrater, Risikoanalyse.* Forfatter: Ronald Hortmann. Uformelt notat presentert på møte med SINTEF 07.09.2005.
- [SINTEF 2005] *Utvikling av Tolerable Hazard Rates for signalanlegg.* SINTEF rapport STF90 F05005. Forfattere: Ola Løkberg m.fl. 2005-01-07.
- [EN 50126] *Railway applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS).* CENELEC, September 1999.
- [EN 50129] *Railway applications – Communications, signalling, and processing systems – Safety related electronic systems for signalling.* CENELEC, February 2003.
- [1B-Si] *Sikkerhetshåndbok.* Dok. nr. 1B-Sikkerhet. Jernbaneverket. Versjoner ihht. revisjonsoversikt datert 15.06.03.
- [JD 550] *SIGNAL – Regler for prosjektering.* Dok. nr. JD 550. Jernbaneverket, 22.04.04.
- [DNV 2002] *Sikkerhetskrav til sikringsanlegg.* Rapport nr. 2002-0157, revisjon nr. 01. DNV, 2002-02-19.
- [NSI-63] *Teknisk og funksjonell analyse av NSI-63. Sluttrapport.* Jernbaneverket Hovedkontoret v/Rune Vorkinn, Stein Vegar Larsen, HolteProsjekt Consulting as Versjon 2.0, 07.11.2002.

Vedlegg 1 Liste over figurer

Figur 1	Funksjonsmodell, signalanlegg	8
Figur 2	Illustrasjon av risikomodell	16
Figur 3	Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor (normalsituasjon).....	16
Figur 4	Fordeling av risikobidrag for de ulike sikkerhetskritiske feilene	27
Figur 5	111A: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; enkeltspor	45
Figur 6	112A: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; dobbeltspor	45
Figur 7	113A: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor.....	46
Figur 8	114A: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor.....	46
Figur 9	121A: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor.....	48
Figur 10	122A: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor.....	48
Figur 11	123A: Utkjør etter forbipassering; enkeltspor	49
Figur 12	124A: Utkjør etter forbipassering; dobbeltspor.....	49
Figur 13	131A, 132A: Innkjør etter forangående tog m/stopp; enkeltspor.....	51
Figur 14	133A, 134A: Innkjør etter forangående tog m/stopp; dobbeltspor.....	51
Figur 15	135A, 136A: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; enkeltspor.....	52
Figur 16	137A, 138A: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; dobbeltspor	53
Figur 17	141A: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; enkeltspor	54
Figur 18	142A: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; dobbeltspor	55
Figur 19	111B: Kryssing, sporveksel i feilstilling; enkeltspor	56
Figur 20	112B: Kryssing, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor	57
Figur 21	131B: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; enkeltspor	58
Figur 22	132B: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor.....	58
Figur 23	141B: Gjennomkjør, sporveksel i feilstilling; enkeltspor.....	60
Figur 24	142B: Gjennomkjør, sporveksel i midtstilling; enkeltspor	60
Figur 25	143B: Gjennomkjør, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor	61
Figur 26	144B: Gjennomkjør, sporveksel i midtstilling; dobbeltspor	61
Figur 27	145B: Kryssing, sporveksel i feilstilling; enkeltspor	62
Figur 28	146B: Kryssing, sporveksel i midtstilling; enkeltspor	62
Figur 29	147B: Kryssing, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor	62
Figur 30	148B: Kryssing, sporveksel i midtstilling; dobbeltspor	63
Figur 31	149B: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; enkeltspor	63
Figur 32	1410B: Forbipassering, sporveksel i midtstilling; enkeltspor	64
Figur 33	1411B: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor.....	64

Figur 34	1412B: Forbipassering, sporveksel i midtstilling; dobbeltspor.....	65
Figur 35	113C: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor.....	67
Figur 36	114C: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor.....	67
Figur 37	131C, 132C: Innkjør etter forangående tog m/stopp; enkeltspor.....	69
Figur 38	133C, 134C: Innkjør etter forangående tog m/stopp; dobbeltspor.....	70
Figur 39	135C, 136C: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; enkeltspor.....	71
Figur 40	137C, 138C: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; dobbeltspor.....	72
Figur 41	141C: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; enkeltspor.....	73
Figur 42	142C: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; dobbeltspor.....	73
Figur 43	211: Kryssing, sporveksel i feilstilling; enkeltspor.....	75
Figur 44	212: Kryssing, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor.....	76
Figur 45	231: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; enkeltspor.....	77
Figur 46	232: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor.....	77
Figur 47	241: Gjennomkjør, sporveksel i feilstilling; enkeltspor.....	79
Figur 48	242: Gjennomkjør, sporveksel i midtstilling; enkeltspor.....	79
Figur 49	243: Gjennomkjør, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor.....	80
Figur 50	244: Gjennomkjør, sporveksel i midtstilling; dobbeltspor.....	80
Figur 51	245: Kryssing, sporveksel i feilstilling; enkeltspor.....	80
Figur 52	246: Kryssing, sporveksel i midtstilling; enkeltspor.....	81
Figur 53	247: Kryssing, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor.....	81
Figur 54	248: Kryssing, sporveksel i midtstilling; dobbeltspor.....	82
Figur 55	249: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; enkeltspor.....	82
Figur 56	2410: Forbipassering, sporveksel i midtstilling; enkeltspor.....	82
Figur 57	2411: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor.....	83
Figur 58	2412: Forbipassering, sporveksel i midtstilling; dobbeltspor.....	83
Figur 59	313: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor.....	84
Figur 60	314: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor.....	85
Figur 61	331, 332: Innkjør etter forangående tog m/stopp; enkeltspor.....	86
Figur 62	333, 334: Innkjør etter forangående tog m/stopp; dobbeltspor.....	87
Figur 63	335, 336: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; enkeltspor.....	88
Figur 64	337, 338: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; dobbeltspor.....	88
Figur 65	411: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; enkeltspor.....	91
Figur 66	412: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; dobbeltspor.....	91
Figur 67	413: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor.....	92
Figur 68	414: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor.....	92
Figur 69	421: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor.....	94

Figur 70	422: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor	94
Figur 71	423: Utkjør etter forbipassering; enkeltspor	95
Figur 72	424: Utkjør etter forbipassering; dobbeltspor.....	95
Figur 73	431, 432: Innkjør etter forangående tog m/stopp; enkeltspor.....	97
Figur 74	433, 434: Innkjør etter forangående tog m/stopp; dobbeltspor	97
Figur 75	435, 436: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; enkeltspor	98
Figur 76	437, 438: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; dobbeltspor	99
Figur 77	441: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; enkeltspor	100
Figur 78	442: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; dobbeltspor	101
Figur 79	513: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor.....	102
Figur 80	514: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor	103
Figur 81	531, 532: Innkjør etter forangående tog m/stopp; enkeltspor.....	105
Figur 82	533, 534: Innkjør etter forangående tog m/stopp; dobbeltspor	106
Figur 83	535, 536: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; enkeltspor	107
Figur 84	537, 538: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; dobbeltspor	107
Figur 85	541: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; enkeltspor	109
Figur 86	542: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; dobbeltspor	109

Vedlegg 2 Liste over tabeller

Tabell 1	Oversikt over topphendelser.....	6
Tabell 2	Sammenheng mellom topphendelser og personellgrupper som rammes	15
Tabell 3	Sikkerhetskritiske funksjoner, feilmodi og feil	18
Tabell 4	Tilpasninger av scenariosettet fra [SINTEF 2005].....	19
Tabell 5	Scenarier for sikkerhetskritisk feil 1A.....	20
Tabell 6	Scenarier for sikkerhetskritisk feil 1B.....	20
Tabell 7	Scenarier for sikkerhetskritisk feil 1C.....	21
Tabell 8	Scenarier for sikkerhetskritisk feil 2	21
Tabell 9	Scenarier for sikkerhetskritisk feil 3	22
Tabell 10	Scenarier for sikkerhetskritisk feil 4	22
Tabell 11	Scenarier for sikkerhetskritisk feil 5	23
Tabell 12	Hasardrater og grunnlagsdata	24
Tabell 13	Risikoberegning med konservative estimater.....	25
Tabell 14	Risikoberegning med ”beste” estimater	27
Tabell 15	Erfarte hasardrater (basert på feildata fra 1995-2004 [JBV 2005/3]).....	32
Tabell 16	Forslag til THR-verdier (basert på totalt antall feil).....	33
Tabell 17	Endring i PLL som følge av foreslåtte THR-verdier.....	33
Tabell 18	Forslag til THR-verdier (basert på leverandørens andel av feilene)	34
Tabell 19	Forslag til THR-verdier (totalt for leverandør og operatør)	34
Tabell 20	Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 1A	112
Tabell 21	Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 1B	113
Tabell 22	Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 1C	114
Tabell 23	Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 2	115
Tabell 24	Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 3	116
Tabell 25	Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 4	117
Tabell 26	Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 5	118
Tabell 27	Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 1A	119
Tabell 28	Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 1B	120
Tabell 29	Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 1C	121
Tabell 30	Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 2	122
Tabell 31	Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 3	123
Tabell 32	Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 4	124
Tabell 33	Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 5	125

Vedlegg 3 Begreper

I forbindelse med THR og relaterte problemstillinger finnes en rekke sentrale begreper.

Dette kapittelet viser hvordan SINTEF vil bruke de ulike begrepene i denne rapporten. De valgte definisjonene angis med kilde og inkluderer til opplysning også tekst fra andre kilder der dette ansees relevant. Det er også med en diskusjon omkring bruken av enkelte begreper.

De retningslinjer SINTEF har brukt i forbindelse med definisjonene er:

- Alle direkte gjengivelser av definisjoner fra standarder og regelverk er skrevet i *kursiv* og referert med kildeangivelse. Kildene refereres i referanselisten, se side 8).
- Definisjoner fra JBVs eget regelverk, der disse finnes, er fortrinnsvis benyttet.

Hasard. JD 550: En situasjon som kan føre til en ulykke (tilbud).

Merk. Begrepet "situasjon" dekker også "feil", men favner samtidig bredere (for eksempel naturkatastrofer og terroraksjoner). I denne rapporten er imidlertid hasard brukt om feilsituasjoner i signalanlegget.

Hasard rate. Antall hasarder pr. tidsenhet.

PLL. (1B-Si: *Potential Loss of Life, angir statistisk forventet antall døde pr. år*)

Risiko. 1B-Si: *Uttrykk for kombinasjon av sannsynlighet (frekvens) for skade på menneske, miljø eller materiell og alvorlighetsgraden av denne skaden (konsekvens).*

Risikoanalyse. 1B-Si: *Systematisk fremgangsmåte for å beskrive og/eller beregne risiko.*

Signalanlegg. JD 550: *Komplett anlegg eller deler av anlegg. Samlebetegnelse for sikringsanlegg, linjeblokk, veisikringsanlegg, skiftestillverk mm.*

Utdypende definisjon fra "Slik fungerer jernbanen", brosjyre utgitt av Jernbaneverket oktober 1999:

Signalanlegg omfatter:

1. *Sikringsanlegg for stasjoner, strekninger (linjeblokk) og planoverganger (vegsikringsanlegg)*
2. *Automatisk togkontroll (ATC)*
3. *Fjernstyring av sikringsanlegg (CTC)*

Sikkerhetskritisk funksjon, SKF (eng.: Safety function). En overordnet funksjon som hvis den feiler kan føre til en ulykke.

(1B-Si: *Overordnede funksjoner som også er av sikkerhetsmessig betydning og som ved fravær kan medføre en topphendelse. Funksjonene kan være relatert til tekniske eller organisatoriske forhold på operativt, taktisk og strategisk nivå.*)

Sikkerhetskritisk feil. Feil i sikkerhetskritisk funksjon. I dette tilfellet synonymt med Hasard (se denne).

Sikringsanlegg. JD 550: *Anlegg som tjener til å sikre kjøring av tog og skift. Sikringsanlegget kan bestå av stillverk med hovedsignaler for inn- og utkjøring, sporisolering i togsporene og sentralstilte sporveksler/sporsperrer. Sikringsanlegget kan også bestå av et enkelt innkjørsignal. Håndstilte sporveksler/sporsperrer som inngår i sikringsanlegget har rigel eller kontrollås.*

Utdypende definisjon fra ”Slik fungerer jernbanen”, brosjyre utgitt av Jernbaneverket oktober 1999:

Stasjonsområdene styres av sikringsanlegget. Disse anleggene består av en rekke elementer. Noen av disse elementene er:

- 1. De ulike typer signaler*
- 2. Sporfelt*
- 3. Sporsperrer og låse- og kontrollanordninger for sporveksler*
- 4. Omformere til sikringsanleggenes strømforsyning*
- 5. Reléhus med elektrotekniske installasjoner*

Systematisk feil. En iboende feil knyttet til spesifikasjon, design, konstruksjon, installasjon, operasjon og vedlikehold av et system, delsystem eller komponent. Sikkerhetskrav til systematiske feil gjenspeiles i prosesskrav avledet fra spesifisert/hevdet SIL klasse.

(EN 50129, Section 3.1.64: an inherent fault in the specification, design, construction, installation, operation or maintenance of a system, sub-system or a component)

(EN 50126, Section 3.42: Failures due to errors in any safety lifecycle activity, within any phase, which cause it to fail under some particular combination of inputs or under some particular environmental condition)

Merk at systematiske feil også inkluderer alle feil i prosedyrer, dvs. feil utført/påført av menneske hvor menneskets feilhandling ble foretatt i henhold til en eller annen prosedyre.

THR. Tolerable Hazard Rate. Tolerabelt antall hasarder pr. tidsenhet, enten totalt for systemet eller pr. sikkerhetskritisk funksjon.

Hvis en sikkerhetskritisk funksjons *feilrate* mhp. farlige feil er høyere enn den samme funksjons THR, må tiltak tas for å senke feilraten til under THR.

(EN 50126, Section A.4: It is important to note that the THR is a target measure with respect to both systematic and random failure integrity. It is accepted that only with respect to random failure integrity it will be possible to quantify. Qualitative measures and judgements will be necessary to justify that the systematic integrity

requirements are met. This is mainly covered by the SIL (and the measures derived by the SIL).

Tilfeldig feil (eng.: Random fault). Feil som oppstår tilfeldig i tid, knyttet til utstyr og maskinvare. Sikkerhetskrav til tilfeldige feil uttrykkes som THR.

(EN 50129, Section 3.1.39: *unpredictable occurrence of a fault*)

Topphendelse. 1B-Si: *JBVs valgte ulykkeskategorier:*

- *Avsporing*
- *Sammenstøt tog-tog*
- *Sammenstøt tog-objekt*
- *Brann*
- *Passasjerer skadet på plattform*
- *Personer skadet ved PLO*
- *Personer skadet i og ved spor*

Uhell. 1B-Si: *Avvik som medfører ubetydelige personskader (førstehjelp skader) eller økonomiske skader (materiell eller produksjonsskader)*

Ulykke. 1B-Si: *Avvik som medfører alvorlig personskade, død, større naturskader eller materielle skader*

Uønsket hendelse. 1B-Si: *En situasjon (farlig handling eller farlig forhold) som har ført til, eller kunne ha ført til, ulykke eller uhell.*

Vedlegg 4 Scenariobeskrivelse og parameterestimering

V4.1 Detaljert scenariobeskrivelse med parameterestimering

Scenariobeskrivelsene for hver av de sikkerhetskritiske feilene er strukturert som følger:

V4.1.1	Feil i Forriglingsutrustning	- SKF1
V4.1.1.1	Feilaktig kommando om kjørsignal (feil i Forriglingsutrustning)	
V4.1.1.2	Feilaktig kommando om sporvekselstilling (feil i Forriglingsutrustning)	
V4.1.1.3	Feilaktig kjørsignal/overhastighet (feil i ATC-beskjed fra Forriglingsutrustning)	
V4.1.2	Falsk kontroll av sporveksel (feil i Sporvekselutrustning)	- SKF2
V4.1.3	Ingen deteksjon av besatt sporavsnitt (feil i Togdeteksjon)	- SKF3
V4.1.4	Feilaktig kjørsignal (feil i Signaler)	- SKF4
V4.1.5	Feilaktig kjørsignal/overhastighet (feil i ATC-infrastrukturutrustning)	- SKF5

Bak hver av de sikkerhetskritiske feilene er det angitt hvilken sikkerhetskritisk funksjon som har feilet. Legg merke til at for sikkerhetskritisk funksjon 1 (SKF1) så er det 3 ulike sikkerhetskritiske feil som er analysert separat, hver med sitt unike sett av ulykkesscenarier. De scenariene som utgår fra beregningene pga lav risiko er angitt med ⊗.

V4.1.1 Feil i Forriglingsutrustning

Feil i Forriglingsutrustning innbefatter mulighetene for følgende 3 sikkerhetskritiske feil:

- 1A Feilaktig kommando om kjørsignal
- 1B Feilaktig kommando om sporvekselstilling
- 1C Feilaktig ATC-beskjed

Disse behandles hver for seg.

V4.1.1.1 Feilaktig kommando om kjørsignal (feil i Forriglingsutrustning) – 1A

V4.1.1.1.1 Sammenstøt front/front (11A)

Representative scenarier for ulykkestypen sammenstøt front/front er:

- 111A Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor
- 112A Dobbeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor (kjør på uriktig spor)
- 113A Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset
- 114A Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset (kjør på uriktig spor)

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjøring”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 111A-114A er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

- 1) Enkeltspor: dobbeltspor = 0.8 : 0.2
- 2) Innkjør: utkjør = 0.5 : 0.5

Vektene blir da:

- Scenario 111A: $w_{111A}=0.8 \cdot 0.5=0.4$
- Scenario 112A: $w_{112A}=0.2 \cdot 0.5=0.1$
- Scenario 113A: $w_{113A}=0.8 \cdot 0.5=0.4$
- Scenario 114A: $w_{114A}=0.2 \cdot 0.5=0.1$

Vektene summerer seg til 1, og representerer kun en relativ sannsynlighet for de ulike situasjonene som kan gi ulykke. Forhold som påvirker den absolutte sannsynligheten for hvert enkelt scenario inngår i sannsynligheten (p_{11kA}). Dette inkluderer også sannsynligheten for at hhv. rødt og blått tog er til stede.

- Rødt tog** - Det tog som blir utsatt for den sikkerhetskritisk feilen
- Blått tog** - Det tog som (uskyldig) blir involvert i situasjonen

Her gjør vi følgende forenklete antakelser:

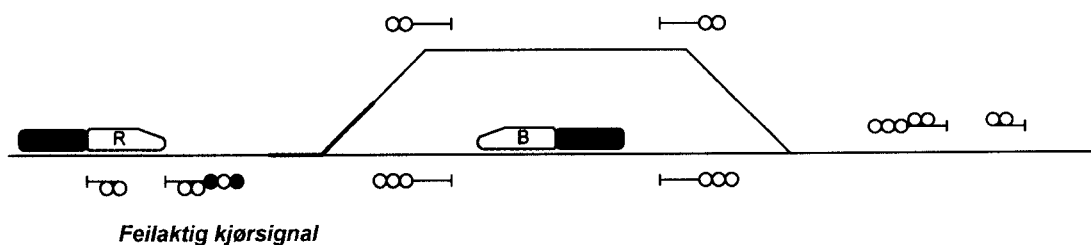
- A. Rødt tog er alltid til stede, dvs. en signalfeil antas å vedvare inntil et (rødt) tog passerer signalet uten at dette oppdages og rettes. Vi antar altså at et (rødt) tog vil passere det feilaktige kjørsignalet i 100 % av tilfellene hvor feilaktig kjøring inntreffer. Dette er en konservativ antakelse som kan diskuteres. Denne antakelsen gjelder generelt for alle ulykkestypene knyttet til feilaktig kjøring.
- B. Hvorvidt blått tog er til stede kan variere i de ulike situasjonene. For situasjonene som er representative for sammenstøt front/front gjelder følgende:
 - 1. Situasjonen med innkjør til avviksspor, hvor det gis feilaktig kjøring til rettspor, behøver ikke å innebære kryssing. Det kan også være for av- og påstigning ved plattform ved avviksspor. Vi antar her at kryssing inntreffer i 50 % av tilfellene hvor rødt tog skal inn i avviksspor, dvs. at blått tog er til stede i 50 % av tilfellene.
 - 2. Situasjonen med utkjør, hvor det gis feilaktig kjøring, antas alltid (100 %) å skyldes at det befinner seg tog på neste strekning, men det kan være enten motgående eller forangående tog. Vi antar her en fordeling 50/50 mellom motgående og forangående tog.

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimer for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

Merk: Scenarieillustrasjonene er laget ved bruk av farger, både på tog og lyssignaler, fargeutskrift bør derfor brukes. Konvensjonen når det gjelder rødt kontra blått tog er at rødt tog alltid kommer fra venstre. Der begge tog kommer fra venstre (scenarier 123A og 124A), er rødt tog tegnet øverst. Merk også at scenariobeskrivelsen angir normalsituasjonen.

111A Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 5.



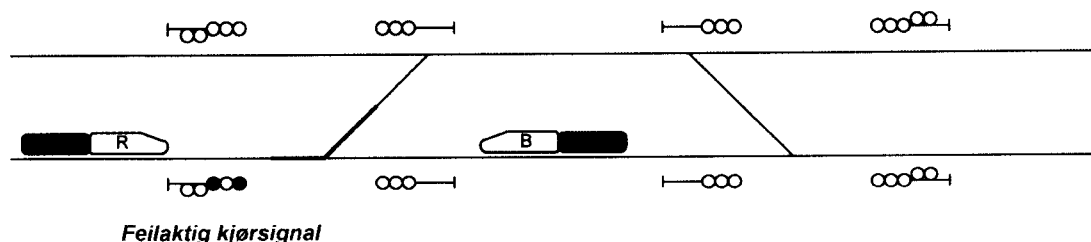
Figur 5 111A: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; enkeltspor

Rødt tog får feilaktig kjørsignal til rettspor i stedet for til avviksspor, men vekselen ligger til avviksspor, hvilket krever at det også må være en samtidig feil i sporveksel for å få sammenstøt front/front. I tillegg vet lokfører at han skal til avvik, og vil kunne sette ned hastigheten selv om signalet viser innkjør til rettspor. (Muligheten for avsporing i denne situasjonen er behandlet i scenario 141A.)

Sannsynligheten for at det samtidig med feilaktig kjørsignal skal være feil på sporveksel anses så liten at vi her setter sannsynligheten for sammenstøt front/front tilnærmet lik null ($p_{111A} \approx 0$). Vi vurderer derfor ikke konsekvensene av dette scenariet.

112A Dobbeltspor, innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor (kjør på uriktig spor) ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 6.

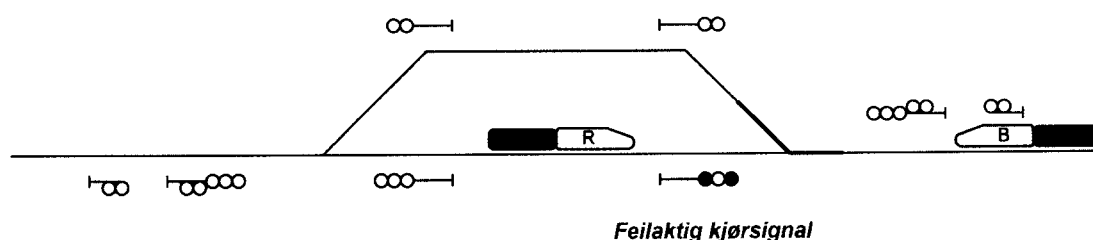


Figur 6 112A: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; dobbeltspor

Scenario 112A er identisk med scenario 111A med unntak av at blått tog i scenario 112A i tillegg kjører på uriktig spor, og det må være ytterligere en feil som forårsaker dette. Dette gjør scenario 112A ennå mindre sannsynlig enn 111A, og vi setter sannsynligheten tilnærmet lik null ($p_{112A} \approx 0$). Heller ikke her er det grunn til å beregne konsekvensene.

113A Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset

Scenariet er illustrert i Figur 7.



Figur 7 113A: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor

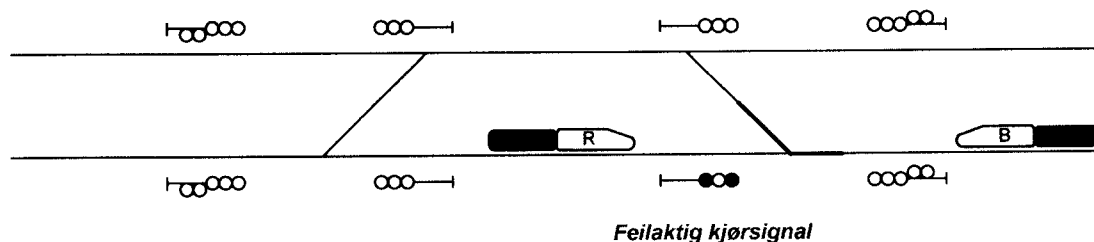
Vi antar her at utkjørssignalet skulle vist "Stopp" fordi det befinner seg tog på neste blokkstrekning. (Vi antar altså at stoppsignal ikke er gitt uten at det befinner seg tog på strekningen). Toget på neste blokkstrekning kan enten være forangående tog eller møtende tog, og vi antar at det er 50% sannsynlighet for møtende tog gitt at signalet skulle vært i "Stopp".

Dersom rødt tog får feilaktig kjørsignal er det stor sannsynlighet for sammenstøt med møtende tog. Forhold som kan forhindre sammenstøt er bl.a. togleders mulighet for å bryte kjørestrømmen (dersom det er elektrisk drift) eller varsle lokførerne gitt at togleder oppdager situasjonen. Et problem her er at akustisk alarm er knyttet til informasjon i det indre sikringsanlegget, slik at en feil i ytre signal som ikke skyldes forriglingsfeil ikke vil gi alarm. Det er også en rekke andre forhold som hastighet, sikt, kurvatur og lignende som vil innvirke, men sannsynligheten antas allikevel å være betydelig og er vurdert til $p_{113A}^0 = 0.7$. Vi inkluderer nå $p_{\text{blått tog}} = 0.5$, som gir $p_{113A} = p_{113A}^0 \cdot p_{\text{blått tog}} = 0.7 \cdot 0.5 = 0.35$.

Konsekvensen gitt at ulykken inntreffer er vurdert til $C_{113A} = 18$ drepte.

114A Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset (kjør på uriktig spor)

Scenariet er illustrert i Figur 8.



Figur 8 114A: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor

Scenario 114A er identisk med scenario 113A med unntak av at blått tog i scenario 114A i tillegg kjører på uriktig spor, og det må være ytterligere en feil som forårsaker dette. Dette gjør scenario 114A mindre sannsynlig enn 113A. Sannsynligheten for ulykke, inkludert sannsynligheten for at blått tog kjører på uriktig spor, er vurdert til $p_{114A}^0=0.01$. Justert for 50 % sannsynlighet for motgående tog gir dette en sannsynlighet $p_{114A}=0.005$.

Konsekvensen gitt ulykke vil bli den samme som for scenario 113A, men fordi sannsynligheten er mye lavere og også den relative vekten er mindre blir scenario 114A neglisjerbart sammenliknet med scenario 113A.

Det er scenario 113A som er det helt dominerende scenario for sammenstøt front/front gitt feilaktig kjørsignal.

V4.1.1.1.2 Sammenstøt front/flanke (12A)

Representative scenarier for ulykkestypen sammenstøt front/flanke er:

- 121A Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset
- 122A Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset
- 123A Enkeltspor; utkjør etter forbipassering
- 124A Dobbeltspor; utkjør etter forbipassering

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjø”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 121A-124A er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

Enkeltspor: dobbeltspor = 0.8 : 0.2

Kryssing: forbipassering = 0.95 : 0.05

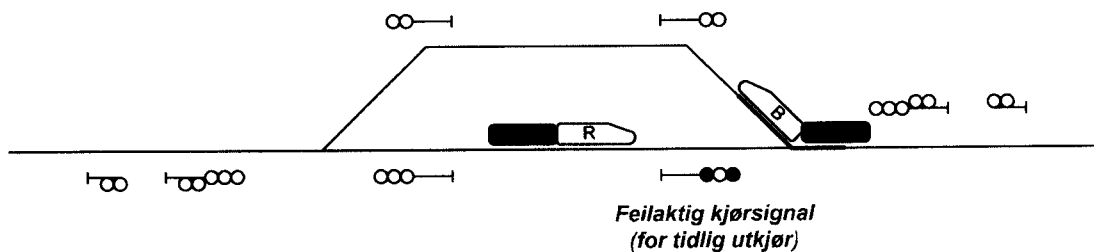
Vektene blir da:

- Scenario 121A: $w_{121A}=0.8 \cdot 0.95=0.76$
- Scenario 122A: $w_{122A}=0.2 \cdot 0.95=0.19$
- Scenario 123A: $w_{123A}=0.8 \cdot 0.05=0.04$
- Scenario 124A: $w_{124A}=0.2 \cdot 0.05=0.01$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

121A Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 9.



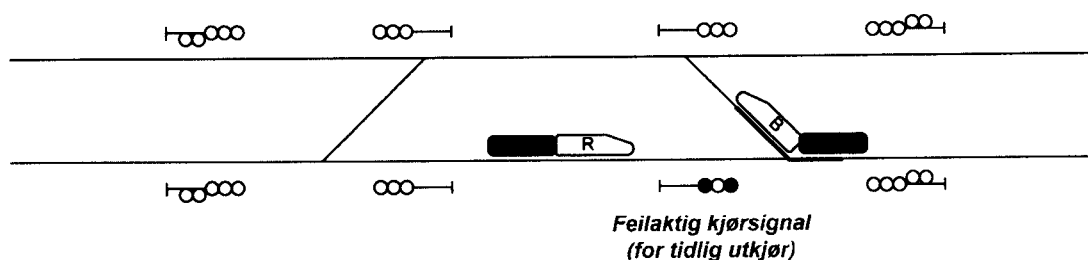
Figur 9 121A: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor

Dette scenariet er lite sannsynlig fordi det må inntreffe i et forholdsvis lite tidsvindu. Blått tog må ha passert innkjørssignal, men ikke kommet forbi veksler til avviksspor. Dersom rødt tog passerer feilaktig kjørsignal før blått tog kommer til innkjørssignal vil rødt tog belegge sporfeltet slik at innkjørssignal til blått tog faller (går i "Stopp"). Dersom blått tog har passert innkjørssignal og nærmer seg sporveksler til avviksspor vil rødt tog også kunne se blått tog. Sannsynligheten er vurdert til $p_{121A}=0.005$. Dette inkluderer sannsynligheten for blått tog befinner seg over sporveksler (noe som nok innebærer at dette er et konservativt estimat).

Konsekvensene vil ikke bli dramatiske pga. forholdsvis lav hastighet (rødt tog starter, men kan se blått tog, og blått tog kjører i avvik). Forventet antall drepte er vurdert til $C_{121A}=1$.

122A Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset (kjør på uriktig spor) ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 10.



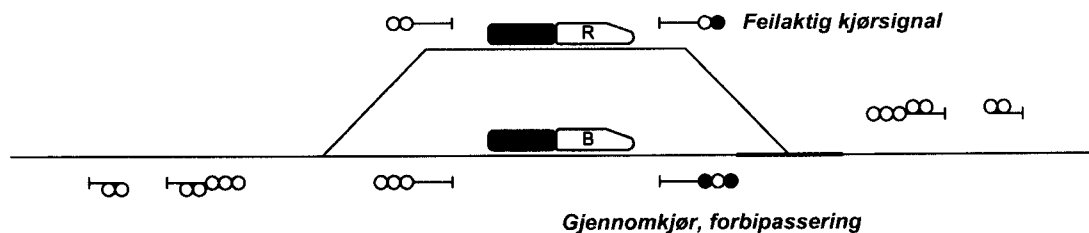
Figur 10 122A: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor

Scenario 122A er identisk med scenario 121A med unntak av at blått tog i scenario 122A i tillegg kjører på uriktig spor, og det må være ytterligere en feil som forårsaker dette. Dette gjør scenario 122A mindre sannsynlig enn 121A. Sannsynligheten for ulykke, inkludert sannsynligheten for at blått tog kjører på uriktig spor, er vurdert til $p_{122A}=0.0005$. (Det vil si 1/10-part av sannsynligheten for scenario 121A, noe som er konservativt fordi kjør på uriktig spor på dobbeltsporet strekning antakelig er langt sjeldnere).

Konsekvensen gitt ulykke vil bli den samme som for scenario 121A, dvs. $C_{122A}=1$.

123A Enkeltspor; utkjør etter forbipassering ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 11.



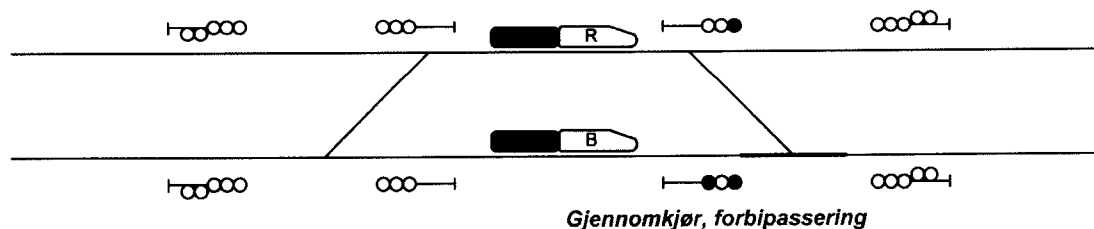
Figur 11 123A: Utkjør etter forbipassering; enkeltspor

Rødt tog får feilaktig kjørsignal i påvente av forbipasserende blått tog. Sannsynligheten er liten bl.a. fordi blått tog må ha passert innkjørssignal før rødt tog belegger sporfelt mellom utkjørssignal og sporveksel. Videre så vil blått togs utkjørssignal falle (gå i Stopp) når rødt tog belegger sporfeltet, men blått tog kan da være så nært utkjørssignalet at det ikke rekker å stoppe. Lokfører i rødt tog kan se at utkjørssignal i rettspor (for blått tog) ligger i kjørlinje, at sporveksel ligger til rettspor, og kan muligens også se blått tog i speilet. Sannsynligheten er anslått å være i samme størrelsesorden som for scenario 121A, dvs. $p_{123A}=0.005$.

Konsekvensen vurderes imidlertid til å være større i og med at hastigheten til blått tog kan være forholdsvis stor. Forventet antall drepte er derfor vurdert til $C_{123A}=10$.

124A Dobbeltspor; utkjør etter forbipassering (kjør på uriktig spor) ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 12.



Figur 12 124A: Utkjør etter forbipassering; dobbeltspor

Scenario 124A tilsvarer scenario 123A for dobbeltspor, men inkluderer det forhold at rødt tog har kjørt på uriktig spor, noe som gjør dette scenariet mindre sannsynlig enn scenario 123A. Et konservativt estimat er at sannsynligheten er 1/10-part av sannsynligheten for scenario 123A, dvs. $p_{124A}=0.0005$.

Konsekvensen antas å være den samme, dvs. $C_{124A}=10$.

V4.1.1.1.3 Sammenstøt front/ende (13A)

Representative scenarier for ulykkestypen sammenstøt front/ende er:

- 131A Enkeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp
- 132A Enkeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør
- 133A Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp
- 134A Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør
- 135A Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet
- 136A Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet
- 137A Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet
- 138A Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjøring”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 131A-138A er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

- 1) Enkeltspor : dobbeltspor = 0.8 : 0.2
- 2) Innkjør : utkjør = 0.5 : 0.5
- 3) Stopp : gjennomkjør = 0.5 : 0.5

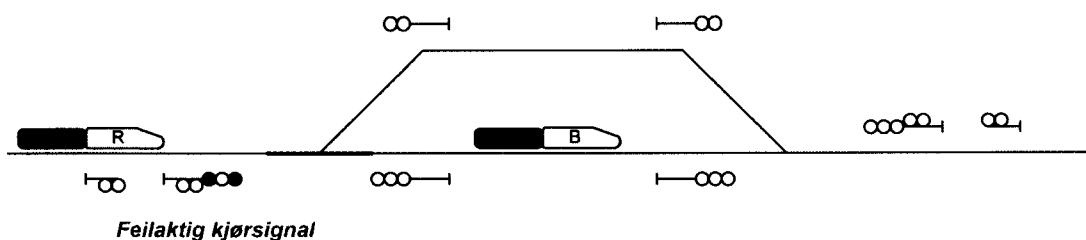
Vektene blir da:

- Scenario 131A: $w_{131A}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 132A: $w_{132A}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 133A: $w_{133A}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 134A: $w_{134A}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 135A: $w_{135A}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 136A: $w_{136A}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 137A: $w_{137A}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 138A: $w_{138A}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimer for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

131A Enkeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp

Scenariet er illustrert i Figur 13.



Figur 13 131A, 132A: Innkjør etter forangående tog m/stopp; enkeltspor

Rødt tog venter på at innkjørssignal skal vise kjør til rettspor etter at blått tog har forlatt blokkstrekningen. Rødt tog forventer altså innkjør til rettspor. Rødt tog får feilaktig kjør før blått tog har forlatt blokkstrekningen og vil med stor sannsynlighet kjøre inn i blått tog. Sammenliknet med utkjørsscenario 123A vil det være mindre tid til rådighet for togleder å gripe inn, og sannsynligheten vurderes derfor å være noe høyere, dvs. $p_{131A}^0=0.8$, og justert for 50 % sannsynlighet for forangående tog (versus motgående tog) gir dette $p_{131A}=0.4$.

I tillegg antar vi 2 mulige sikkerhetskritiske feilmodi i dette scenariet; "feilaktig kjør til rettspor" og "feilaktig kjør til avviksspor". Vi antar like stor sannsynlighet for begge, dvs. en fordeling 0.5:0.5. Vi reduserer derfor sannsynligheten for dette scenariet med 50 % og får $p_{131A}=0.2$.

I tilfellet med "feilaktig kjør til avviksspor" vil hastigheten være langt lavere og vi antar at dette ikke medfører sammenstøt med fataliteter. (Vi beskriver derfor ikke dette som et eget scenario.)

Konsekvensen avhenger av hastigheten, og i dette scenariet antar vi at rødt tog har stopp i rettspor for av- og påstigning noe som medfører lav hastighet. Forventet antall drepte er vurdert til $C_{131A}=1$.

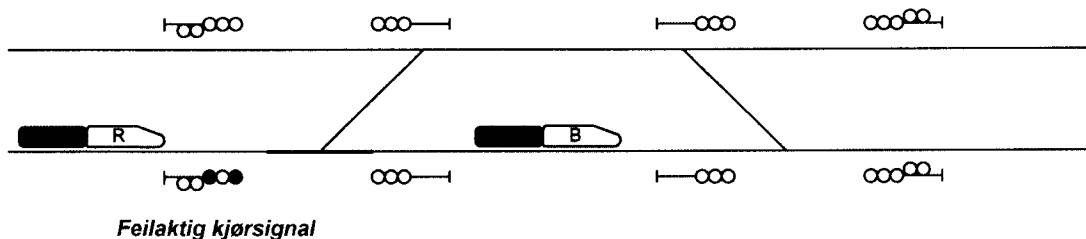
132A Enkeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør

Scenariet er illustrert i Figur 13, og er identisk med scenario 131A med det unntak at rødt tog har gjennomkjør noe som medfører høyere hastighet og større konsekvenser.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 131A, dvs. $p_{132A}=0.2$, mens konsekvensen pga. større hastighet vurderes til $C_{132A}=10$ drepte.

133A Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp

Scenariet er illustrert i Figur 14.



Figur 14 133A, 134A: Innkjør etter forangående tog m/stopp; dobbeltspor

Scenario 133A er identisk med scenario 131A for dobbeltspor. Blått tog er imidlertid overveiende sannsynlig et forangående tog, fordi et motgående tog må kjøre på uriktig spor. Sannsynligheten totalt vurderes derfor til $p_{133A}=0.8$.

I tillegg antar vi 2 mulige sikkerhetskritiske feilmodi i dette scenariet; ”feilaktig kjør til rettspor” og ”feilaktig kjør til avviksspor”. Vi antar like stor sannsynlighet for begge, dvs. en fordeling 0.5:0.5. Vi reduserer derfor sannsynligheten for dette scenariet med 50 % og får $p_{133A}=0.4$.

I tilfellet med ”feilaktig kjør til avviksspor” vil hastigheten være langt lavere og vi antar at dette ikke medfører sammenstøt med fataliteter. Dessuten vil lokfører være mer ”mistenksom” overfor kjør til avvik for dobbeltsporet strekning – uriktig spor – enn for enkeltsporet strekning. (Vi beskriver derfor ikke dette som et eget scenario.)

Konsekvensen blir som for scenario 131A, dvs. $C_{133A}=1$ drept, pga lav hastighet.

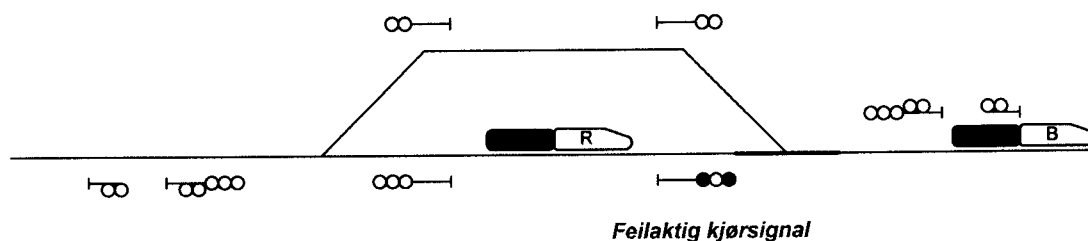
134A Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør

Scenariet er illustrert i Figur 14, og er identisk med scenario 133A med det unntak at rødt tog har gjennomkjør noe som medfører høyere hastighet og større konsekvenser.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 133A, dvs. $p_{134A}=0.4$, mens konsekvensen pga. større hastighet vurderes til $C_{134A}=10$ drepte.

135A Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 15.



Figur 15 135A, 136A: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; enkeltspor

Rødt tog får feilaktig kjør i utkjør etter forangående (blått) tog. Sammenstøt betinger at rødt tog tar igjen blått tog. Dette kan enten skyldes at blått tog er et mer saktegående tog, eller det kan skyldes at blått tog stopper på linjen. Utsiktet stopp samtidig med signalfeil er lite sannsynlig. Mer sannsynlig er det at blått tog har planlagt stopp ved holdeplass, men da vil blått tog ha passert et eller flere nye signal som vil falle i ”Stopp” slik at rødt tog varsles. Sannsynligheten for sammenstøt front/ende er altså relativt liten og vurderes til $p_{135A}^0=0.05$. I tillegg er det 50% sannsynlig at rødt utkjørssignal (for rødt tog) skyldes motgående (blått) tog. Dette gir $p_{135A}=0.025$.

Konsekvensen i tilfellet med høy hastighet (relativ hastighet mellom togene) er vurdert til å tilsvare konsekvensene for scenario 132A og 134A, dvs. $C_{135A}=10$ drepte.

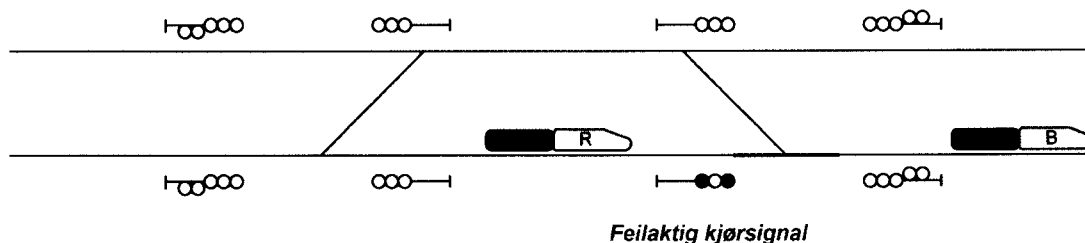
136A Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 15, og er identisk med scenario 135A med det unntak at vi her antar lav relativ hastighet mellom togene og dermed lavere hastighet i sammenstøtet.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 135A, dvs. $p_{136A}=0.025$, mens konsekvensen pga. lavere relativ hastighet vurderes til $C_{136A}=1$ drept.

137A Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 16.



Figur 16 137A, 138A: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; dobbeltspor

Scenario 137A er identisk med scenario 135A for dobbeltspor. Blått tog er imidlertid overveiende sannsynlig et forangående tog, fordi et motgående tog må kjøre på uriktig spor. Sannsynligheten totalt vurderes derfor til $p_{137A}=0.05$.

Konsekvensen blir som for scenario 135A, dvs. $C_{137A}=10$ drepte, pga høy relativ hastighet.

138A Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 16, og er identisk med scenario 137A med det unntak at vi her antar lav relativ hastighet mellom togene og dermed lavere hastighet i sammenstøtet.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 137A, dvs. $p_{138A}=0.05$, mens konsekvensen pga. lavere relativ hastighet vurderes til $C_{138A}=1$ drept.

V4.1.1.1.4 Avsporing (14A)

Dette gjelder avsporing som skyldes feilaktig kjørsignal. Avsporing som skyldes falsk kontroll på sporveksel (etter at tog har passert innkjørssignal) utgjør ulykkestype 14B og 24.

Dersom innkjørssignal skulle vist "kjør til avvik" og viser feilaktig kjør til rettspor eller gjennomkjør, så kan hastigheten være så stor når sporveksel i avvik passerer at toget sporer av.

Kjør til avvik kan enten skyldes innkjør eller kryssing (med eller uten av- og påstigning), eller forbi-passering (uvanlig i avviksspor). Den farligste situasjonen, med tanke på avsporing, vil være dersom lokfører tror at han skal foreta kryssing i avviksspor, men at innkjørssignalet viser gjennomkjør (i rettspor). Hastigheten kan da bli så høy at toget vil spore av i vekselen som ligger til avvik. Ved kun innkjør for av- og påstigning i avviksspor vil lokfører forberede for stopp selv om dette er "flyttet" til rettspor, og hastigheten vil være lav.

Representative scenarier for ulykkestypen avsporing som skyldes feilaktig kjørsignal er:

141A Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor

142A Dobbeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor (kjør på uriktig spor)

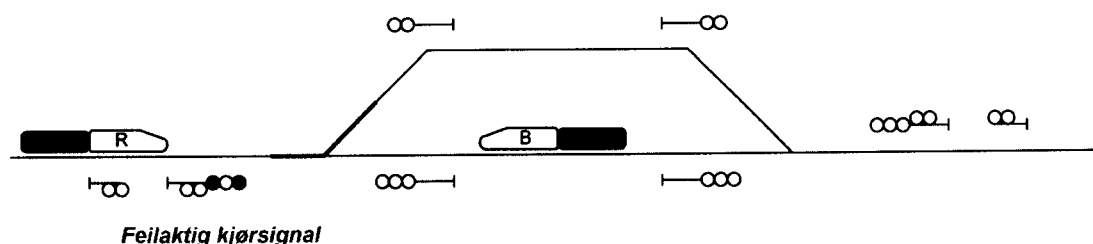
Vekting mellom scenariene baserer seg på forholdstallet mellom enkeltspor og dobbeltspor, dvs. 0.8 : 0.2, og blir som følger:

- Scenario 141A: $w_{141A}=0.8$
- Scenario 142A: $w_{142A}=0.2$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

141A Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 17.



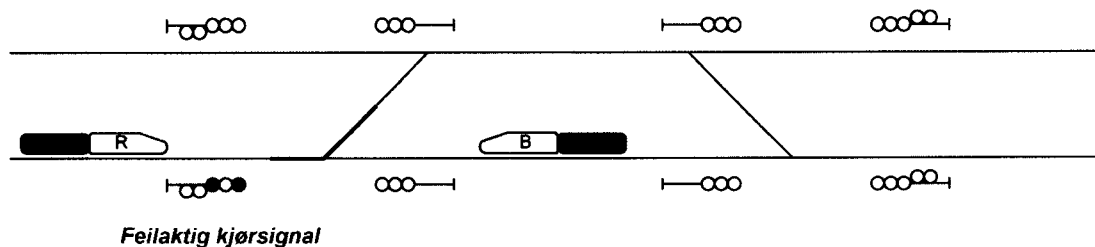
Figur 17 141A: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; enkeltspor

Lokfører på rødt tog forventer kryssing i avviksspor, men får feilaktig gjennomkjør i rettspor. Lokfører vet at han skal ha planlagt kryssing i avviksspor og vil muligens redusere hastigheten selv om han får gjennomkjør. Sannsynligheten for avsporing settes til $p_{141A}^0=0.5$. Denne korrigeres for at kryssing gitt kjør til avvik utgjør 50 % av tilfellene med kjør til avvik. (De øvrige tilfellene skyldes av- og påstigning eller forbipassering). Dette gir $p_{141A}=0.25$. (I dette tilfellet er det kun én sikkerhetskritisk feilmodi, i motsetning til scenario 131A.)

Konsekvensene av en avsporing er vurdert til $C_{141A}=1$ drept.

142A Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor (kjør på uriktig spor) ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 18.



Figur 18 142A: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; dobbeltspor

Scenario 142A er identisk med scenario 141A for dobbeltspor. Kryssing på dobbeltspor innebærer imidlertid at blått tog kjører på uriktig spor, noe som reduserer sannsynligheten for scenariet vesentlig. Sannsynligheten totalt vurderes til $p_{142A}=0.025$.

Konsekvensen blir som for scenario 141A, dvs. $C_{142A}=1$ drept.

--- ■■ ---

Sikkerhetskritisk feil i Forriglingsutrustning som gir feilaktig kommando om kjørsignal (sikkerhetskritisk feil 1A) medfører at ATC ikke vil gripe inn. En feil i Forriglingsutrustning som gir både rødt og grønt signalbilde vil også medføre at ATC ikke vil gripe inn ved passering av signalet fordi ATC leser på lampestrømmen til den grønne lampen. Situasjonen med både rødt og grønt signalbilde er imidlertid mindre kritisk enn kun grønt signalbilde fordi rødt og grønt skal tolkes som "stopp" av lokfører. For at en ulykkeshendelse skal inntreffe må lokfører overse det røde lyset. Sannsynligheten for at dette skal skje kan være i samme størrelsesorden som passering av kun rødt signal (1 av 100 tilfeller), noe som innebærer at risikoen forbundet med rødt/grønt signalbilde er 1/100-del av risikoen forbundet med feilaktig grønt signal, gitt samme sannsynlighet for de to signalbildene. (Og det er ingenting som tilsier at rødt/grønt signalbilde er vesentlig mer sannsynlig enn feilaktig grønt.)

V4.1.1.2 Feilaktig kommando om sporvekselstilling (feil i Forriglingsutrustning) – 1B

V4.1.1.2.1 Sammenstøt front/front (11B)

Representative scenarier for ulykkestypen sammenstøt front/front er:

- 111B Enkeltspor; kryssing, sporveksel i feilstilling
- 112B Dobbeltspor; kryssing, sporveksel i feilstilling

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjøør”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 111B-112B er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

$$1) \text{ Enkeltspor} : \text{dobbeltspor} = 0.8 : 0.2$$

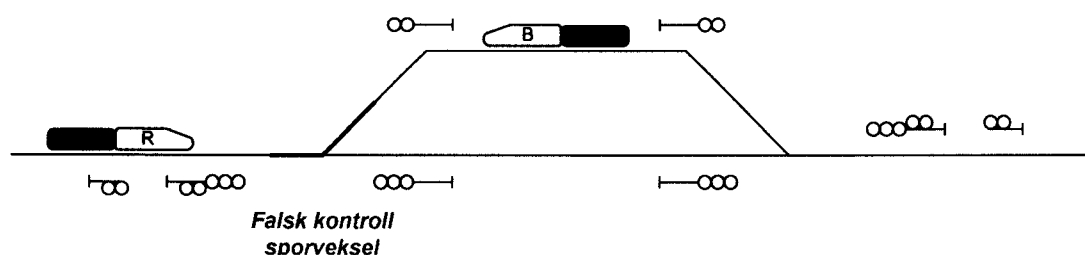
Vektene blir da:

- Scenario 111B: $w_{111B}=0.8$
- Scenario 112B: $w_{112B}=0.2$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimerer for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

111B Enkeltspor; kryssing, sporveksel i feilstilling ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 19.

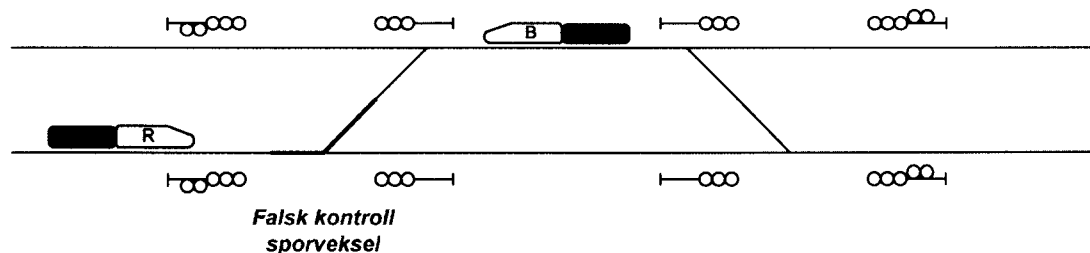


Figur 19 111B: Kryssing, sporveksel i feilstilling; enkeltspor

Dette scenariet har nær kopling til scenario 145B, og utgjør den andel av situasjonene hvor toget ikke sporer av, men holder seg på skinnene gjennom sporvekselen, og dermed (gitt kryssing og blått tog i avviksspor) kan medføre sammenstøt front/front. Sannsynligheten, avledet fra scenario 145B, og korrigert for at blått tog befinner seg på avviksspor settes til $p_{111B}=0.0001$. Konsekvensen settes til $C_{111B}=10$ (i og med at blått tog står i ro).

112B Dobbeltspor; kryssing , sporveksel i feilstilling ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 20.



Figur 20 112B: Kryssing, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor

Dette scenariet har nær kopling til scenario 147B, og utgjør den andel av situasjonene hvor toget ikke sporer av, men holder seg på skinnene gjennom sporvekselen, og dermed (gitt kryssing og blått tog på stasjon) kan medføre sammenstøt front/front. Sannsynligheten, avledet fra scenario 147B, og korrigert for at blått tog befinner seg på stasjon settes til $p_{112B}=0.0001$. Konsekvensen settes til $C_{112B}=15$ (i og med at blått tog enten står i ro eller er i fart).

V4.1.1.2.2 Sammenstøt front/flanke (12B)

Vi har ikke funnet relevante scenarier som gir sammenstøt front/flanke som skyldes sporveksel feil alene.

V4.1.1.2.3 Sammenstøt front/ende (13B)

Representative scenarier for ulykkestypen sammenstøt front/ende er:

- 131B Enkeltspor; forbipassering, sporveksel i feilstilling
- 132B Dobbeltspor; forbipassering, sporveksel i feilstilling

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjøring”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 131B-132B er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

$$\text{Enkeltspor} : \text{dobbeltspor} = 0.8 : 0.2$$

Vektene blir da:

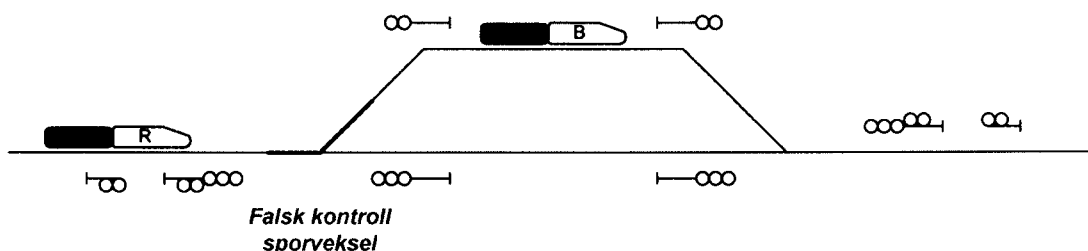
- Scenario 131B: $w_{131B}=0.8$

- Scenario 132B: $w_{132B}=0.2$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklede antakelser.

131B Enkeltspor; forbipassering, sporveksel i feilstilling ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 21.

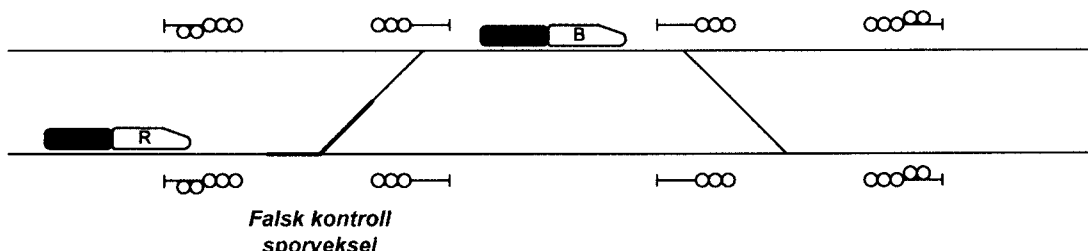


Figur 21 131B: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; enkeltspor

Dette scenariet har nær kopling til scenario 149B, og utgjør den andel av situasjonene hvor toget ikke sporer av, men holder seg på skinnene gjennom sporvekselen, og dermed (gitt forbipassering og blått tog i avviksspor) kan medføre sammenstøt front/ende. Sannsynligheten, avledet fra scenario 149B, og korrigert for at blått tog befinner seg på avviksspor settes til $p_{131B}=0.0001$. Konsekvensen settes til $C_{131B}=10$ (i og med at blått tog står i ro).

132B Dobbeltspor; forbipassering, sporveksel i feilstilling ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 22.



Figur 22 132B: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor

Dette scenariet har nær kopling til scenario 1411B, og utgjør den andel av situasjonene hvor toget ikke sporer av, men holder seg på skinnene gjennom sporvekselen, og dermed (gitt forbipassering og blått tog på stasjon) kan medføre sammenstøt front/ende. Sannsynligheten, avledet fra scenario

1411B, og korrigert for at blått tog befinner seg på stasjon settes til $p_{132B}=0.0001$. Konsekvensen settes til $C_{132B}=5$ (i og med at blått tog enten står i ro eller er i fart vekk fra rødt tog).

V4.1.1.2.4 Avsporing (14B)

Dette gjelder avsporing som skyldes falsk kontroll på sporveksel etter at tog har passert innkjørssignal. Sporveksel ute av kontroll vil resultere i at innkjørssignal går i Stopp, og ulykke vil forhindres dersom (rødt) tog ikke har passert innkjørssignal før sporvekselseil inntreffer. Feilen må altså inntreffe i et lite tidsvindu; etter at toget har passert innkjørssignal og før sporvekselen er passert, noe som påvirkes av togettheten. Vi antar her, som en gjennomsnittsbetraktning, at sannsynligheten for at toget akkurat skal finne seg mellom innkjørssignal og sporveksel gitt at feilen inntreffer er 1 %.

Vi kan ha situasjoner med gjennomkjør, kryssing eller forbipassering på hhv. enkeltspor og dobbelspor. I tillegg må vi skille mellom hvorvidt mangelfull kontroll resulterer i at sporveksel går i midtstilling eller legges helt over i "feilstilling".

Sannsynlighet for avsporing dersom sporveksel er i midtstilling settes lik 1. Dersom sporvekselen går helt over (i "feilstilling") til avviksspor antas det med dagens sporveksler (hovedsaklig av type 1:9) at det er 90% sannsynlig at vi får avsporing. I de resterende 10% vil toget kjøre inn på avviksspor og kan forårsake sammenstøt front/front (ved kryssing), ref. situasjon 11B, eller sammenstøt front/ende (ved forbipassering), ref. situasjon 13B.

Relativ vektning mellom disse scenariene (141B-1412B) for ulykkestype 14B baserer seg på følgende antatte forholdstall:

1. Enkeltspor : dobbelspor	= 0.8 : 0.2
2. Gjennomkjør : kryssing/forbipassering	= 0.8 : 0.2
3. Kryssing : forbipassering	= 0.95:0.05
4. Midtstilling : feilstilling	= 0.95 : 0.05

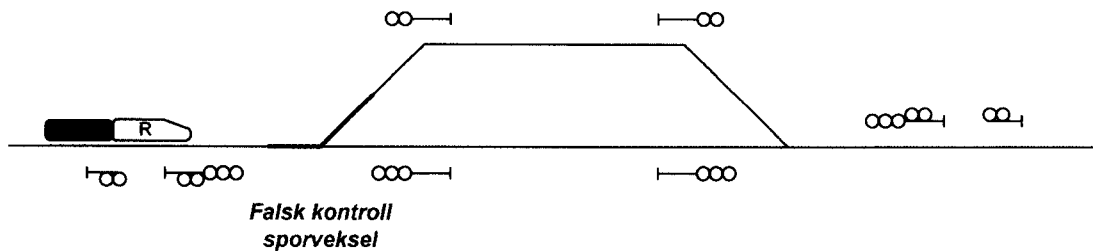
Vektene blir da:

• Scenario 141B:	$w_{141B}=0.8 \cdot 0.8 \cdot 0.05=0.032$
• Scenario 142B:	$w_{142B}=0.8 \cdot 0.8 \cdot 0.95=0.608$
• Scenario 143B:	$w_{143B}=0.2 \cdot 0.8 \cdot 0.05=0.008$
• Scenario 144B:	$w_{144B}=0.2 \cdot 0.8 \cdot 0.95=0.152$
• Scenario 145B:	$w_{145B}=0.8 \cdot 0.2 \cdot 0.95 \cdot 0.05=0.008$
• Scenario 146B:	$w_{146B}=0.8 \cdot 0.2 \cdot 0.95 \cdot 0.95=0.144$
• Scenario 147B:	$w_{147B}=0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.95 \cdot 0.05=0.002$
• Scenario 148B:	$w_{148B}=0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.95 \cdot 0.95=0.036$
• Scenario 149B:	$w_{149B}=0.8 \cdot 0.2 \cdot 0.05 \cdot 0.05=0.0004$
• Scenario 1410B:	$w_{1410B}=0.8 \cdot 0.2 \cdot 0.05 \cdot 0.95=0.008$
• Scenario 1411B:	$w_{1411B}=0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.05 \cdot 0.05=0.0001$
• Scenario 1412B:	$w_{1412B}=0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.05 \cdot 0.95=0.002$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

141B Enkeltspor; gjennomkjør, sporveksel i feilstilling

Scenariet er illustrert i Figur 23.



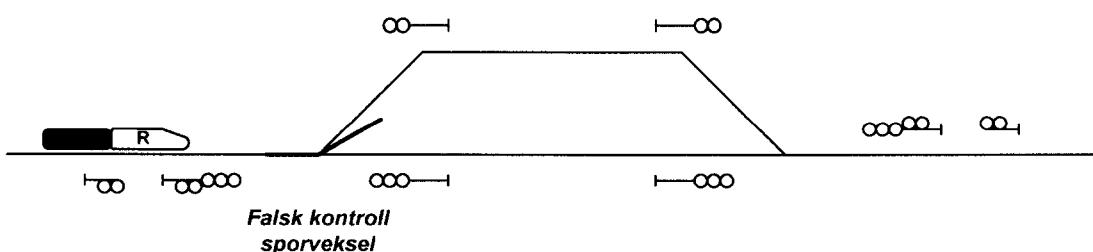
Figur 23 141B: Gjennomkjør, sporveksel i feilstilling; enkeltspor

Falsk kontroll på sporveksel resulterer i at veksler går helt over i feilstilling (til avviksspor) etter at toget har passert innkjørssignal, men før toget har passert sporveksel. Lokfører forventer gjennomkjør og holder stor hastighet. Sannsynlighet for avsporing gitt at vekselen ligger i feilstilling er vurdert til $p_{141B}^0=0.9$. Korrigert for sannsynlighet for at feilen skal inntreffe i det aktuelle tidsvindu ($p=0.01$) får vi $p_{141B}=0.009$.

Konsekvensen av avsporing er vurdert til $C_{141B}=3$ drepte.

142B Enkeltspor; gjennomkjør, sporveksel i midtstilling

Scenariet er illustrert i Figur 24.



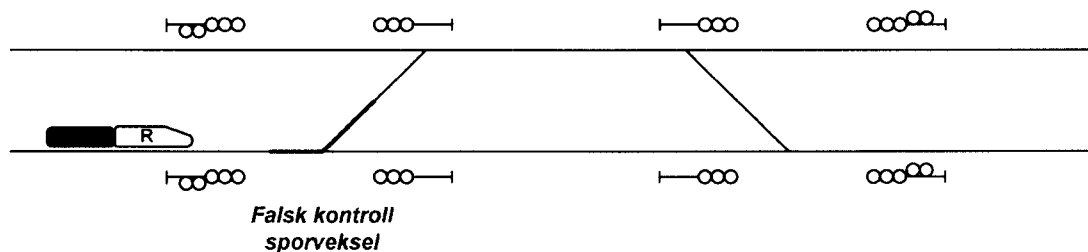
Figur 24 142B: Gjennomkjør, sporveksel i midtstilling; enkeltspor

Scenario 142B er identisk med scenario 141B, med unntak av at sporveksel ligger i midtstilling. Sannsynligheten for avsporing gitt feil vurderes nå å være $p_{142B}^0=1$, og korrigert for sannsynligheten for at feilen inntreffer i "riktig" tidsvindu får vi $p_{142B}=0.01$.

Konsekvensen er vurdert å være den samme som i scenario 141B, dvs. $C_{142B}=3$ drepte.

143B Dobbeltspor; gjennomkjør, sporveksel i feilstilling

Scenariet er illustrert i Figur 25.

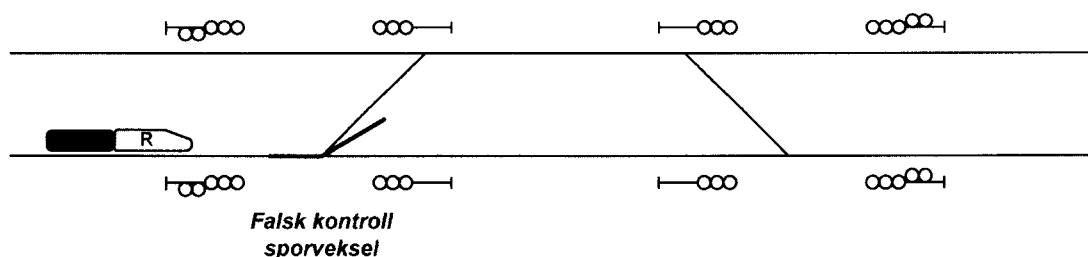


Figur 25 143B: Gjennomkjør, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 141B for dobbeltspor, og vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{143B}=0.009$ og $C_{143B}=3$ drepte.

144B Dobbeltspor; gjennomkjør, sporveksel i midtstilling

Scenariet er illustrert i Figur 26.

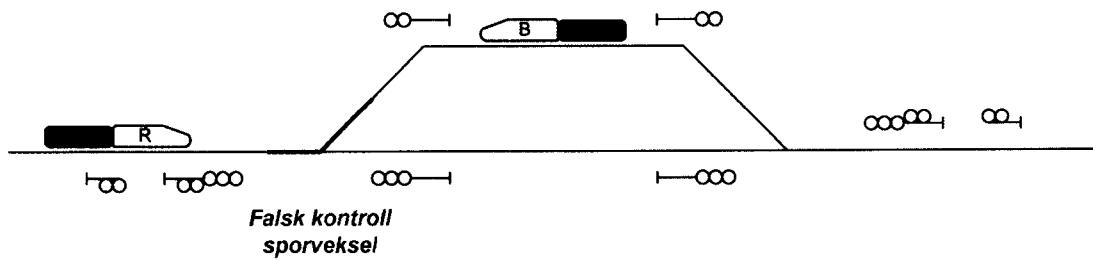


Figur 26 144B: Gjennomkjør, sporveksel i midtstilling; dobbeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 142B for dobbeltspor, og vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{144B}=0.01$ og $C_{144B}=3$ drepte.

145B Enkeltspor; kryssing, sporveksel i feilstilling

Scenariet er illustrert i Figur 27.

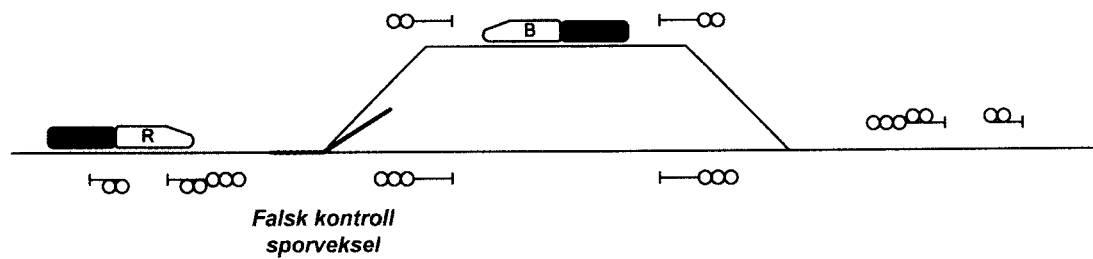


Figur 27 145B: Kryssing, sporveksel i feilstilling; enkeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 141B med unntak av at vi har kryssing i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for kryssing versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{145B}=0.009$ og $C_{145B}=3$ drepte.

146B Enkeltspor; kryssing, sporveksel i midtstilling

Scenariet er illustrert i Figur 28.

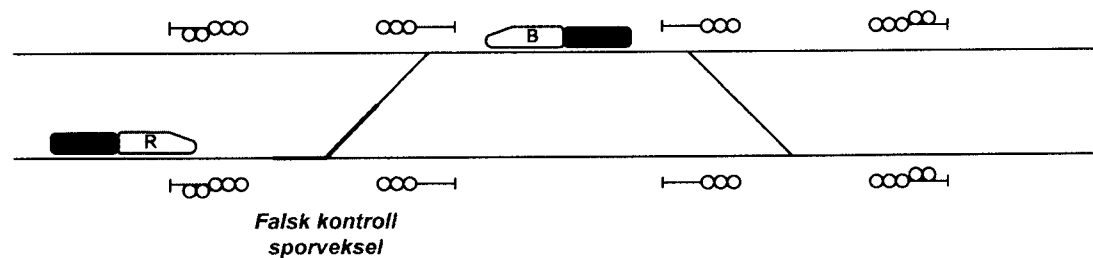


Figur 28 146B: Kryssing, sporveksel i midtstilling; enkeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 142B med unntak av at vi har kryssing i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for kryssing versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{146B}=0.01$ og $C_{146B}=3$ drepte.

147B Dobbeltspor; kryssing, sporveksel i feilstilling

Scenariet er illustrert i Figur 29.

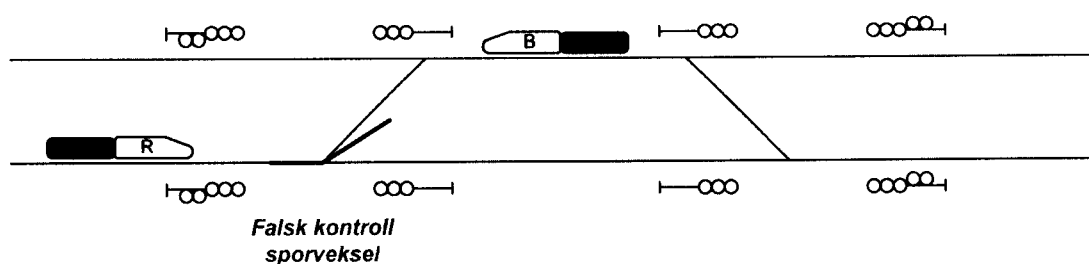


Figur 29 147B: Kryssing, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 143B med unntak av at vi har kryssing i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for kryssing versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{147B}=0.009$ og $C_{147B}=3$ drepte.

148B Dobbeltspor; kryssing, sporveksel i midtstilling

Scenariet er illustrert i Figur 30.

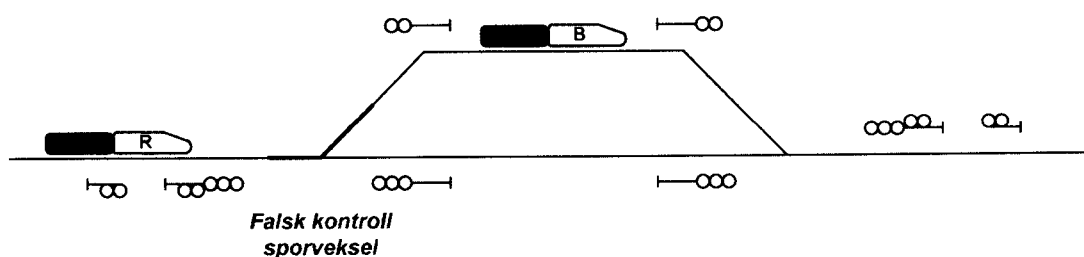


Figur 30 148B: Kryssing, sporveksel i midtstilling; dobbeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 144B med unntak av at vi har kryssing i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for kryssing versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{148B}=0.01$ og $C_{148B}=3$ drepte.

149B Enkeltspor; forbipassering, sporveksel i feilstilling

Scenariet er illustrert i Figur 31.

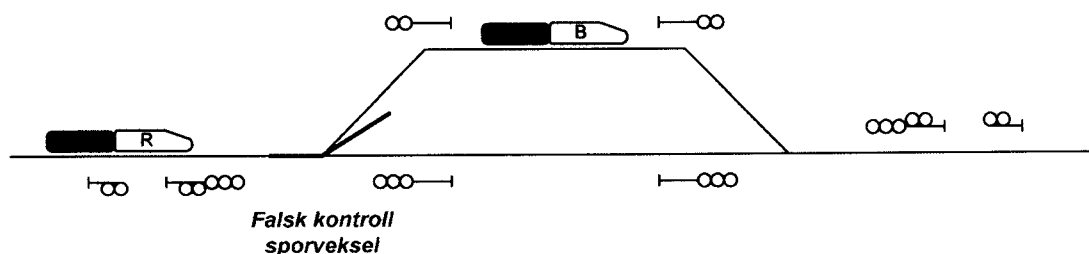


Figur 31 149B: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; enkeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 141B med unntak av at vi har forbipassering i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for forbipassering versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{149B}=0.009$ og $C_{149B}=3$ drepte.

1410B Enkeltspor; forbipassering, sporveksel i midtstilling

Scenariet er illustrert i Figur 32.

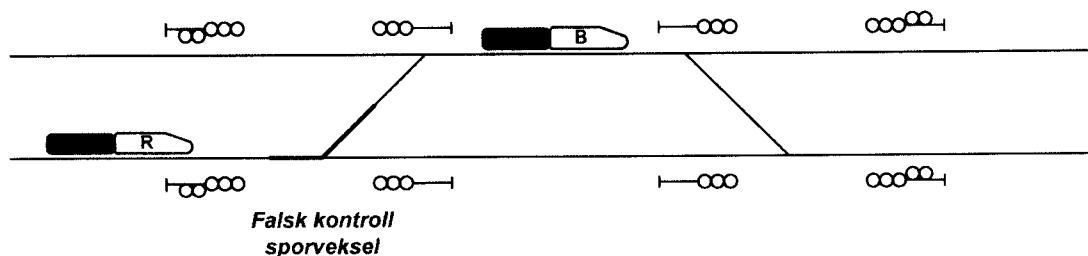


Figur 32 1410B: Forbipassering, sporveksel i midtstilling; enkeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 142B med unntak av at vi har forbipassering i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for forbipassering versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{1410B}=0.01$ og $C_{1410B}=3$ drepte.

1411B Dobbeltspor; forbipassering, sporveksel i feilstilling

Scenariet er illustrert i Figur 33.

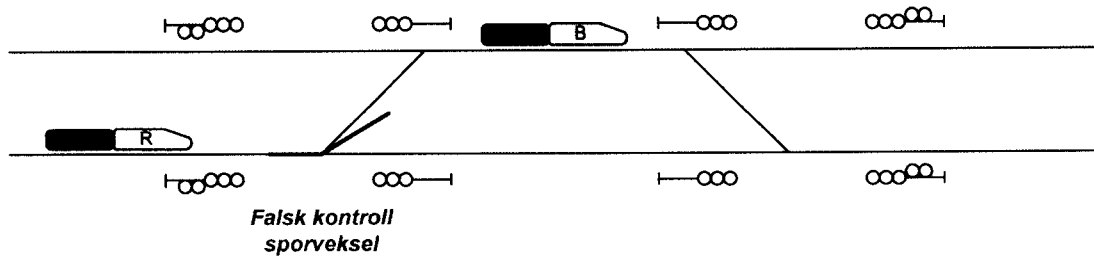


Figur 33 1411B: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 143B med unntak av at vi har forbipassering i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for forbipassering versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{1411B}=0.009$ og $C_{1411B}=3$ drepte.

1412B Dobbeltspor; forbipassering, sporveksel i midtstilling

Scenariet er illustrert i Figur 34.



Figur 34 1412B: Forbipassering, sporveksel i midtstilling; dobbeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 144B med unntak av at vi har forbipassering i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for forbipassering versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{1412B}=0.01$ og $C_{1412B}=3$ drepte.

V4.1.1.3 Feilaktig kjørsignal/overhastighet (feil i ATC-beskjed fra Forriglingsutrustning) – 1C

Feil i ATC (enten pga feil i ATC-infrastrukturutrustning eller pga feil i ATC-beskjed fra Forriglingsutrustning) kan gi feilaktig kjørsignal eller mindre restriktiv hastighetsbeskjed (med overhastighet som resultat). Risikoen forbundet med feilaktig kjørsignal er hovedsakelig knyttet til muligheten for sammenstøt tog-tog, mens overhastighet gir mulighet for avsporing.

Feilaktig ”kjør” i ATC-panelet antas her å skje uten at de ytre signalene påvirkes. Det innebærer at lokfører i tillegg må overse ytre signal for at sammenstøt tog-tog skal kunne inntreffe. Når det gjelder overhastighet så vil et ytre signal antas å ”komme for sent” i forhold til tilgjengelig bremsestrekning og signalet vil kunne passeres (”sklis forbi”) med mulighet for avsporing i sporveksel.

Modelleringsmessig tar vi utgangspunkt i de samme scenariene (og parameterestimaten) som for sikkerhetskritisk feil 1A, 3 og 4 (dvs. feil som resulterer i ”feilaktig kjørsignal”), men for sammenstøt tog-tog (passering av hovedinnkjørs- eller hovedutkjørssignal) antar vi at lokfører overser det utvendige signalet i 1 av 100 tilfeller og reduserer dermed sannsynlighetene med en faktor 100. Overhastighet håndterer vi gjennom mulighet for avsporing (14C) uten at vi reduserer sannsynligheten for passering av signal, fordi ved overhastighet vil man uansett kunne passere et restriktivt signal (”skli forbi”).

Sikkerhetskritisk feil 1C antas å være en ”eksklusiv” feil i ATC-beskjed fra forriglingsutrustningen, som ikke gir tilsvarende ”feilbeskjed” til signalene. Feil fra forriglingen som gir ”feilaktig kjørsignal” både i ytre signaler og ATC er dekket av scenariene for sikkerhetskritisk feil 1A.

V4.1.1.3.1 Sammenstøt front/front (11C)

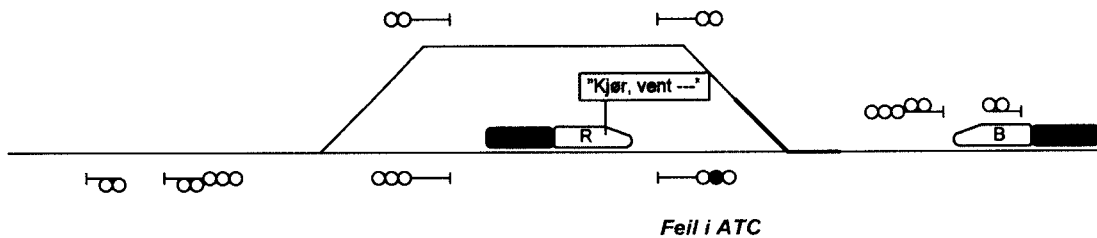
ATC-scenariene 111C-114C er i utgangspunktet lik scenariene 111A-114A (se kap. V4.1.1.1.1), og vi tar utgangspunkt i disse, men vi tar ikke med scenariene 111C og 112C i den videre diskusjonen fordi sannsynligheten for disse (som for 111A og 112A) er svært lav.

De scenariene som inngår er:

- 113C Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset
- 114C Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset (kjør på uriktig spor)

113C Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset

Scenariet er illustrert i Figur 35.



Figur 35 113C: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor

Vi antar her at utkjørssignalet viser "Stopp", men at det gis kjør-beskjed i ATC-panelet. For at et mulig sammenstøt-scenario skal inntreffe må lokfører i tillegg overse det ytre signalet. For enkelthets skyld gjør vi først en antakelse om at lokfører har oversett det ytre signalet og ser på sannsynlighet og konsekvens for sammenstøt front/front. Deretter reduserer vi sannsynligheten ved å ta hensyn til sannsynligheten for at lokfører overser det utvendige signalet. Vi starter altså med samme betraktning som for scenario 113A.

Vi antar at utkjørssignalet viser "Stopp" fordi det befinner seg tog på neste blokkstrekning. (Vi antar altså at stoppsignal ikke er gitt uten at det befinner seg tog på strekningen). Toget på neste blokkstrekning kan enten være forangående tog eller møtende tog, og vi antar at det er 50% sannsynlighet for møtende tog gitt at signalet skulle vært i "Stopp".

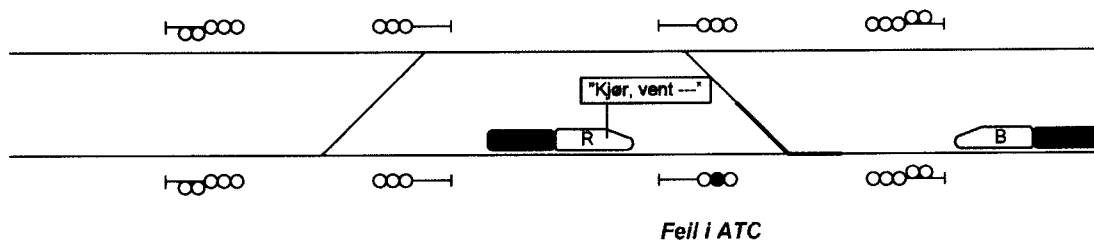
Dersom rødt tog feilaktig passerer utkjørssignal er det stor sannsynlighet for sammenstøt med møtende tog. Forhold som kan forhindre sammenstøt er bl.a. togleders mulighet for å bryte kjørestrømmen (dersom det er elektrisk drift) eller varsle lokførerne gitt at togleder oppdager situasjonen. Det er også en rekke andre forhold som hastighet, sikt, kurvatur og lignende som vil innvirke, men sannsynligheten antas allikevel å være betydelig og er vurdert til $p_{113C}^0 = 0.7$. Vi inkluderer nå $p_{\text{blått tog}} = 0.5$, som gir $p_{113C} = p_{113C}^0 \cdot p_{\text{blått tog}} = 0.7 \cdot 0.5 = 0.35$.

Konsekvensen gitt at ulykken inntreffer er vurdert til $C_{113C} = 18$ drepte.

Vi gjør nå en forenklet antakelse om at lokfører passerer/overser restriktivt signal i 1 av 100 tilfeller og reduserer sannsynligheten for sammenstøt med en faktor på 100. I gjennomsnitt er nok dette tallet muligens realistisk, men for utkjør (og spesielt dersom toget starter fra stillstand) er sannsynligheten for at lokfører skal overse signalet mindre enn når toget kommer i høy hastighet. Ved høy hastighet vil det være mindre tid til rådighet for å observere signalbildet. Riktigheten av denne antakelsen er imidlertid ikke kritisk fordi ATC-scenariene bidrar lite til den totale risikoen. Dessuten er risikoen forbundet med overhastighet og avsporing av større betydning enn risikoen for sammenstøt (som jo krever en samtidig feil av lokfører).

114C Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset (kjør på uriktig spor)

Scenariet er illustrert i Figur 36.



Figur 36 114C: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor

Scenario 114C er identisk med scenario 113C med unntak av at blått tog i scenario 114C i tillegg kjører på uriktig spor, og det må være ytterligere en feil som forårsaker dette. Dette gjør scenario 114C mindre sannsynlig enn 113C. Sannsynligheten for ulykke, inkludert sannsynligheten for at blått tog kjører på uriktig spor, er vurdert til $p_{114C}^0=0.01$. Justert for 50 % sannsynlighet for motgående tog gir dette en sannsynlighet $p_{114C}=0.005$.

Konsekvensen gitt ulykke vil bli den samme som for scenario 113C, men fordi sannsynligheten er mye lavere og også den relative vekten er mindre blir scenario 114C neglisjerbar sammenliknet med scenario 113C.

Sannsynligheten blir også her ytterligere redusert ved at lokfører må overse det ytre signalet. Vi benytter her i likhet med scenario 113C en reduksjonsfaktor på 100, dvs lokfører overser restriktivt signal i 1 av 100 tilfeller.

V4.1.1.3.2 Sammenstøt front/flanke (12C)

Sammenstøt front/flanke som skyldes feilaktig kjørsignal som følge av ATC-feil er i likhet med sammenstøt front/flanke som skyldes feilaktig kjørsignal av andre årsaker (12A, 32, 42 og 52) lite sannsynlig og bidrar marginalt til risikoen. Scenariene 121C-124C er derfor utelatt.

V4.1.1.3.3 Sammenstøt front/ende (13C)

ATC-scenariene 131C-138C er i utgangspunktet lik scenariene 131A-138A (se kap. V4.1.1.1.3), og vi tar utgangspunkt i disse.

De scenariene som inngår er:

- 131C Enkeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp
- 132C Enkeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør
- 133C Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp
- 134C Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør
- 135C Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet
- 136C Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet
- 137C Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet
- 138C Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Vi tar utgangspunkt i de samme vektene som for scenario 131A-138A.

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjør”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 131C-138C er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

- 1) Enkeltspor : dobbeltspor = 0.8 : 0.2

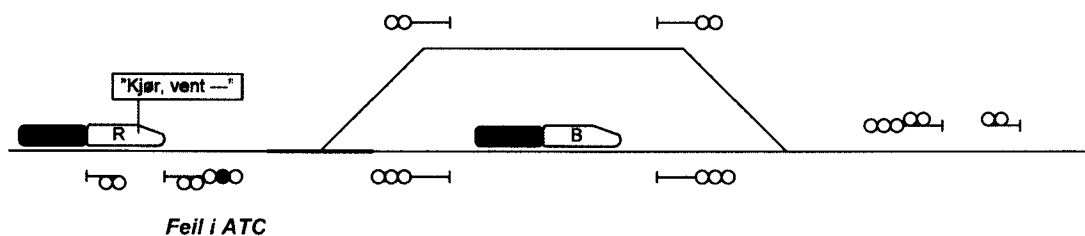
- 2) Innkjør : utkjør = 0.5 : 0.5
 3) Stopp : gjennomkjør = 0.5 : 0.5

Vektene blir da:

- Scenario 131C: $w_{131C}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 132C: $w_{132C}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 133C: $w_{133C}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 134C: $w_{134C}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 135C: $w_{135C}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 136C: $w_{136C}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 137C: $w_{137C}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 138C: $w_{138C}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$

131C Enkeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp

Scenariet er illustrert i Figur 37.



Figur 37 131C, 132C: Innkjør etter forangående tog m/stopp; enkeltspor

Rødt tog har stopp i innkjørssignal, men får feilaktig kjørbeskjed i ATC-panel og overser samtidig det utvendige signalet⁸. Rødt tog vil da med stor sannsynlighet kjøre inn i blått tog. Sammenliknet med utkjørsscenario 123A vil det være mindre tid til rådighet for togleder å gripe inn, og sannsynligheten vurderes derfor å være noe høyere, dvs. $p_{131C}^0=0.8$, og justert for 50 % sannsynlighet for forangående tog (versus motgående tog) gir dette $p_{131C}=0.4$.

I tillegg antar vi 2 mulige sikkerhetskritiske feilmodi i dette scenariet; ”feilaktig kjørbeskjed til rettspor” og ”feilaktig kjørbeskjed til avviksspor”. Vi antar like stor sannsynlighet for begge, dvs. en fordeling 0.5:0.5. Vi reduserer derfor sannsynligheten for dette scenariet med 50 % og får $p_{131C}=0.2$.

Vi gjør nå en forenklet antakelse om at lokfører passerer/overser restriktivt signal i 1 av 100 tilfeller og reduserer sannsynligheten for sammenstøt med en faktor på 100.

I tilfellet med ”feilaktig kjørbeskjed til avviksspor” vil hastigheten være langt lavere og vi antar at dette ikke medfører sammenstøt med fataliteter. (Vi beskriver derfor ikke dette som et eget scenario.)

⁸ Som for sammenstøt front/front tar vi hensyn til dette til slutt (ved at vi reduserer sannsynligheten med en faktor 100).

Konsekvensen avhenger av hastigheten, og i dette scenariet antar vi at rødt tog har stopp i rettspor for av- og påstigning noe som medfører lav hastighet. Forventet antall drepte er vurdert til $C_{131C}=1$.

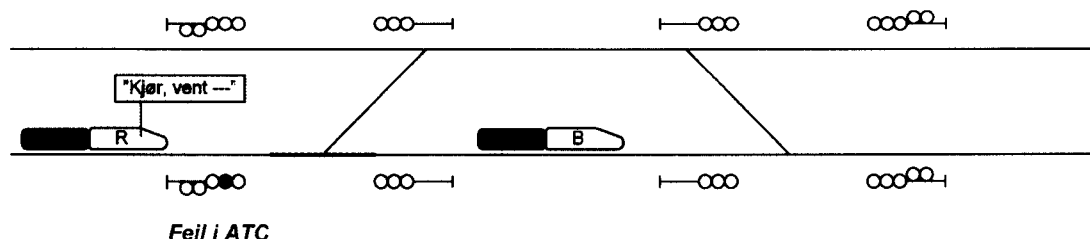
132C Enkeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør

Scenariet er illustrert i Figur 37, og er identisk med scenario 131C med det unntak at rødt tog har gjennomkjør noe som medfører høyere hastighet og større konsekvenser.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 131C, dvs. $p_{132C}=0.2$, mens konsekvensen pga. større hastighet vurderes til $C_{132C}=10$ drepte.

133C Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp

Scenariet er illustrert i Figur 38.



Figur 38 133C, 134C: Innkjør etter forangående tog m/stopp; dobbeltspor

Scenario 133C er identisk med scenario 131C for dobbeltspor. Blått tog er imidlertid overveiende sannsynlig et forangående tog, fordi et motgående tog må kjøre på uriktig spor. Sannsynligheten totalt vurderes derfor til $p_{133C}=0.8$.

Som for scenario 131C og 132C antar vi 2 mulige sikkerhetskritiske feilmodi i dette scenariet; ”feilaktig kjørbeskjed til rettspor” og ”feilaktig kjørbeskjed til avviksspor”. Vi antar like stor sannsynlighet for begge, dvs. en fordeling 0.5:0.5. Vi reduserer derfor sannsynligheten for dette scenariet med 50 % og får $p_{133C}=0.4$.

Vi gjør nå, som for de øvrige ATC-scenariene, en forenklet antakelse om at lokfører passerer/ overser restriktivt signal i 1 av 100 tilfeller og reduserer sannsynligheten for sammenstøt med en faktor på 100.

Konsekvensen blir som for scenario 131C, dvs. $C_{133C}=1$ drept, pga lav hastighet.

134C Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør

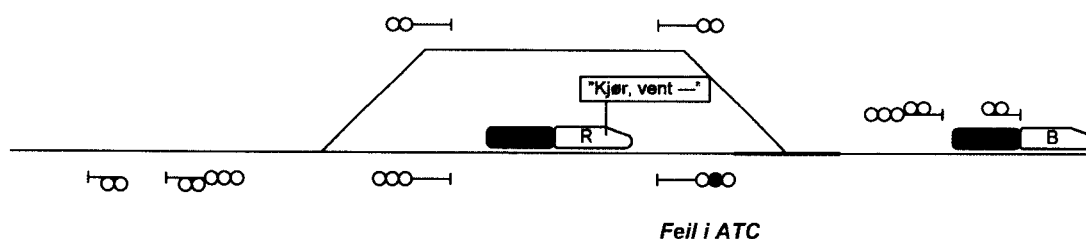
Scenariet er illustrert i Figur 38, og er identisk med scenario 133C med det unntak at rødt tog har gjennomkjør noe som medfører høyere hastighet og større konsekvenser.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 133C, dvs. $p_{134C}=0.8$, mens konsekvensen pga. større hastighet vurderes til $C_{134C}=10$ drepte. Også her reduseres sannsynligheten for sammenstøt

med en faktor 100 basert på at sannsynligheten for at lokfører passerer/overser restriktivt signal settes til $p=0.01$.

135C Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 39.



Figur 39 135C, 136C: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; enkeltspor

Rødt tog har stopp i utkjørssignal, men får feilaktig kjørbeskjed i ATC-panel og overser samtidig det utvendige signalet. Sammenstøt betinger at rødt tog tar igjen blått (forangående) tog. Dette kan enten skyldes at blått tog er et mer saktegående tog, eller det kan skyldes at blått tog stopper på linjen. Utilsiktet stopp samtidig med signalfeil er lite sannsynlig. Mer sannsynlig er det at blått tog har planlagt stopp ved holdeplass, men da vil blått tog ha passert et eller flere nye signal som vil falle i "Stopp" slik at rødt tog varsles. Sannsynligheten for sammenstøt front/ende er altså relativt liten og vurderes til $p_{135C}^0=0.05$. I tillegg er det 50% sannsynlig at rødt utkjørssignal (for rødt tog) skyldes motgående (blått) tog. Dette gir $p_{135C}=0.025$.

Som tidligere antar vi at sannsynligheten for at lokfører overser utvendig restriktivt signal er $p=0.01$, og vi reduserer sannsynligheten for sammenstøt tilsvarende (multipliserer med 0.01).

Konsekvensen i tilfellet med høy hastighet (relativ hastighet mellom togene) er vurdert til å tilsvare konsekvensene for scenario 132C og 134C, dvs. $C_{135C}=10$ drepte.

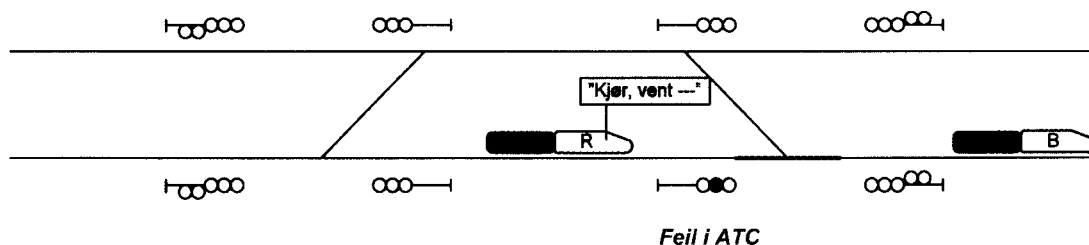
136C Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 39, og er identisk med scenario 135C med det unntak at vi her antar lav relativ hastighet mellom togene og dermed lavere hastighet i sammenstøtet.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 135C, mens konsekvensen pga. lavere relativ hastighet vurderes til $C_{136C}=1$ drept.

137C Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 40.



Figur 40 137C, 138C: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; dobbeltspor

Scenario 137C er identisk med scenario 135C for dobbeltspor. Blått tog er imidlertid overveiende sannsynlig et forangående tog, fordi et motgående tog må kjøre på uriktig spor. Sannsynligheten totalt vurderes derfor til $p_{137C}=0.05$. Som tidligere må dette multipliseres med 0.01 for å ta hensyn til at lokfører må overse utvendig signal for at scenariet skal kunne skje.

Konsekvensen blir som for scenario 135C, dvs. $C_{137C}=10$ drepte, pga høy relativ hastighet.

138C Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 40, og er identisk med scenario 137C med det unntak at vi her antar lav relativ hastighet mellom togene og dermed lavere hastighet i sammenstøtet.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 137C, mens konsekvensen pga. lavere relativ hastighet vurderes til $C_{138C}=1$ drept.

V4.1.1.3.4 Avsporing (14C)

Dette gjelder avsporing som skyldes overhastighet som følge av ATC-feil. Avsporing som skyldes falsk kontroll på sporveksel (etter at tog har passert innkjørssignal) utgjør ulykkestype 14B og 24.

Dersom ATC-panelet skulle vist "kjør til avvik" og viser feilaktig kjør til rettspor eller gjennomkjør, så kan hastigheten være så stor når sporveksel i avvik passerer at toget sporer av.

Kjør til avvik kan enten skyldes innkjør eller kryssing (med eller uten av- og påstigning), eller forbipassering (uvanlig i avviksspor). Den farligste situasjonen, med tanke på avsporing, vil være dersom lokfører tror at han skal foreta kryssing i avviksspor, men at ATC-panelet viser gjennomkjør (i rettspor). Hastigheten kan da bli så høy at toget vil spore av i vekselen som ligger til avvik. Ved kun innkjør for av- og påstigning i avviksspor vil lokfører forberede for stopp selv om dette er "flyttet" til rettspor, og hastigheten vil være lav.

NB! Vi gjør her en konservativ antakelse om at hastighetsbeskjeden fører til overhastighet og at selv om lokfører ser det utvendige signalet så passerer dette med mulighet for avsporing i vekselen som resultat. Scenariet krever altså ikke at lokfører overser det utvendige signalet, men det er klart at hastigheten ved sporveksel vil være lavere dersom lokfører oppdager det utvendige signalet sammenliknet med at han overser dette.

Representative scenarier for ulykkestypen avsporing som skyldes feilaktig kjørbeskjed er:

- 141C Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor
- 142C Dobbeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor (kjør på uriktig spor)

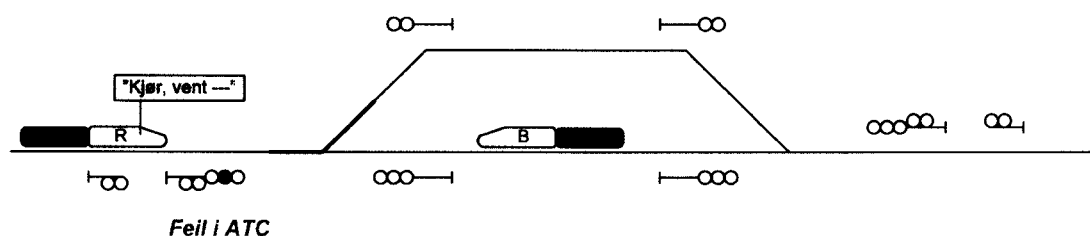
Vekting mellom scenariene baserer seg på forholdstallet mellom enkeltspor og dobbeltspor, dvs. 0.8 : 0.2, og blir som følger:

- Scenario 141C: $w_{141C}=0.8$
- Scenario 142C: $w_{142C}=0.2$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

141C Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor

Scenariet er illustrert i Figur 41.



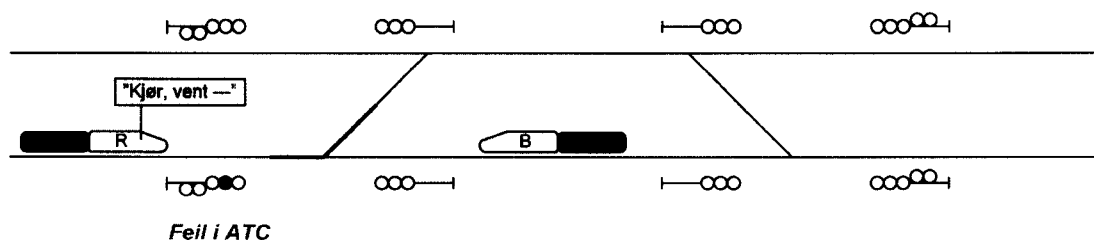
Figur 41 141C: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; enkeltspor

Lokfører på rødt tog forventer kryssing i avviksspor, men får feilaktig ATC-beskjed om gjennomkjør i rettspor. Lokfører vet at han skal ha planlagt kryssing i avviksspor og vil muligens redusere hastigheten selv om han får gjennomkjør. Sannsynligheten for avsporing settes til $p_{141C}^0=0.5$. Denne korrigeres for at kryssing gitt kjør til avvik utgjør 50 % av tilfellene med kjør til avvik. (De øvrige tilfellene skyldes av- og påstigning eller forbi-passering). Dette gir $p_{141C}=0.25$. (I dette tilfellet er det kun én sikkerhetskritisk feilmodi, i motsetning til scenario 131C.)

Konsekvensene av en avsporing er vurdert til $C_{141C}=1$ drept.

142C Dobbeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor (kjør på uriktig spor)

Scenariet er illustrert i Figur 42.



Figur 42 142C: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; dobbeltspor

Scenario 142C er identisk med scenario 141C for dobbeltspor. Kryssing på dobbeltspor innebærer imidlertid at blått tog kjører på uriktig spor, noe som reduserer sannsynligheten for scenariet vesentlig. Sannsynligheten totalt vurderes til $p_{142C}=0.025$.

Konsekvensen blir som for scenario 141C, dvs. $C_{142C}=1$ drept.

V4.1.2 Falsk kontroll av sporveksel (feil i Sporvekselsutrustning)

V4.1.2.1 Sammenstøt front/front (21)

Representative scenarier for ulykkestypen sammenstøt front/front er:

- 211 Enkeltspor; kryssing, sporveksel i feilstilling
- 212 Dobbeltspor; kryssing, sporveksel i feilstilling

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjøring”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 211-212 er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

$$2) \text{ Enkeltspor : dobbeltspor} = 0.8 : 0.2$$

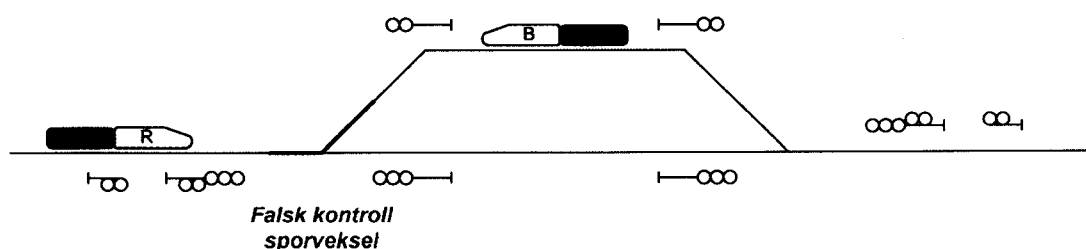
Vektene blir da:

- Scenario 211: $w_{211}=0.8$
- Scenario 212: $w_{212}=0.2$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

211 Enkeltspor; kryssing, sporveksel i feilstilling ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 43.

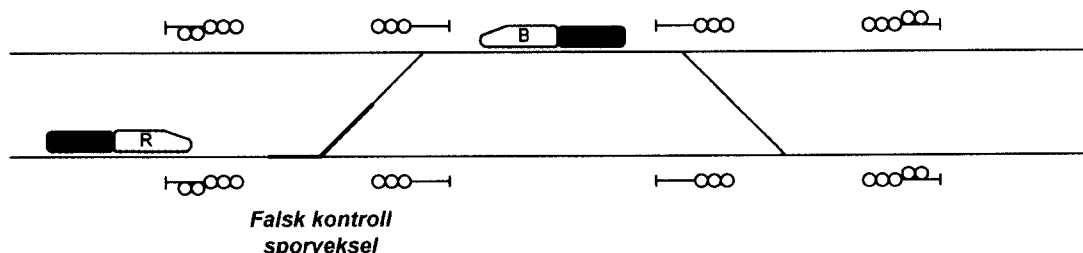


Figur 43 211: Kryssing, sporveksel i feilstilling; enkeltspor

Dette scenariet har nær kopling til scenario 245, og utgjør den andel av situasjonene hvor toget ikke sporer av, men holder seg på skinnene gjennom sporvekselen, og dermed (gitt kryssing og blått tog i avviksspor) kan medføre sammenstøt front/front. Sannsynligheten, avledet fra scenario 245, og korrigert for at blått tog befinner seg på avviksspor settes til $p_{211}=0.0001$. Konsekvensen settes til $C_{211}=10$ (i og med at blått tog står i ro).

212 Dobbeltspor; kryssing , sporveksel i feilstilling ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 44.



Figur 44 212: Kryssing, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor

Dette scenariet har nær kopling til scenario 247, og utgjør den andel av situasjonene hvor toget ikke sporer av, men holder seg på skinnene gjennom sporvekselen, og dermed (gitt kryssing og blått tog på stasjon) kan medføre sammenstøt front/front. Sannsynligheten, avledet fra scenario 247, og korrigert for at blått tog befinner seg på stasjon settes til $p_{211}=0.0001$. Konsekvensen settes til $C_{211}=15$ (i og med at blått tog enten står i ro eller er i fart).

V4.1.2.2 Sammenstøt front/flanke (22)

Vi har ikke funnet relevante scenarier som gir sammenstøt front/flanke som skyldes sporvekselseil alene.

V4.1.2.3 Sammenstøt front/ende (23)

Representative scenarier for ulykkestypen sammenstøt front/ende er:

- 231 Enkeltspor; forbipassering, sporveksel i feilstilling
- 232 Dobbeltspor; forbipassering, sporveksel i feilstilling

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjøring”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 231-232 er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

$$\text{Enkeltspor} : \text{dobbeltspor} = 0.8 : 0.2$$

Vektene blir da:

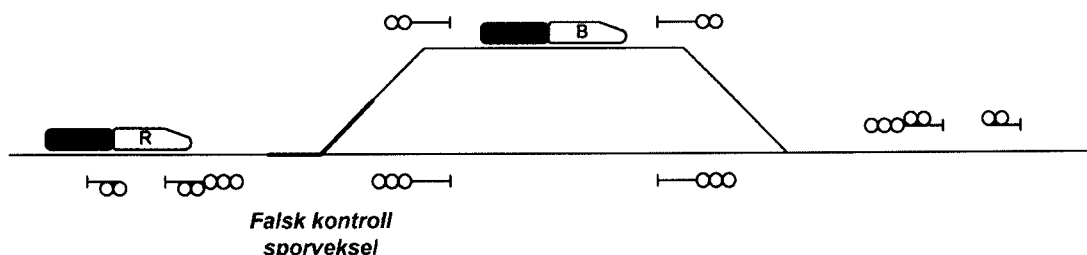
- Scenario 231: $w_{231}=0.8$

- Scenario 232: $w_{232}=0.2$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklede antakelser.

231 Enkeltspor; forbipassering, sporveksel i feilstilling ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 45.

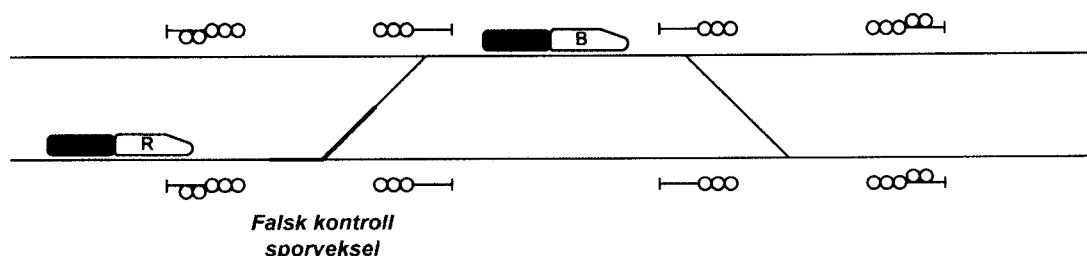


Figur 45 231: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; enkeltspor

Dette scenariet har nær kopling til scenario 249, og utgjør den andel av situasjonene hvor toget ikke sporer av, men holder seg på skinnene gjennom sporvekselen, og dermed (gitt forbipassering og blått tog i avviksspor) kan medføre sammenstøt front/ende. Sannsynligheten, avledet fra scenario 249, og korrigert for at blått tog befinner seg på avviksspor settes til $p_{231}=0.0001$. Konsekvensen settes til $C_{231}=10$ (i og med at blått tog står i ro).

232 Dobbeltspor; forbipassering, sporveksel i feilstilling ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 46.



Figur 46 232: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor

Dette scenariet har nær kopling til scenario 2411, og utgjør den andel av situasjonene hvor toget ikke sporer av, men holder seg på skinnene gjennom sporvekselen, og dermed (gitt forbipassering og blått tog på stasjon) kan medføre sammenstøt front/ende. Sannsynligheten, avledet fra scenario

2411, og korrigert for at blått tog befinner seg på stasjon settes til $p_{232}=0.0001$. Konsekvensen settes til $C_{232}=5$ (i og med at blått tog enten står i ro eller er i fart vekk fra rødt tog).

V4.1.2.4 Avsporing (24)

Dette gjelder avsporing som skyldes falsk kontroll på sporveksel etter at tog har passert innkjørssignal. Sporveksel ute av kontroll vil resultere i at innkjørssignal går i Stopp, og ulykke vil forhindre dersom (rødt) tog ikke har passert innkjørssignal før sporveksel feil inntreffer. Feilen må altså inntreffe i et lite tidsvindu; etter at toget har passert innkjørssignal og før sporvekselen er passert, noe som påvirkes av togettheten. Dette innbefatter at sporveksel går ut av stilling i det toget passerer. Vi antar her, som en gjennomsnittsbetraktning, at sannsynligheten for at toget akkurat skal finne seg mellom innkjørssignal og sporveksel gitt at feilen inntreffer er 1 %.

Vi kan ha situasjoner med gjennomkjør, kryssing eller forbipassering på hhv. enkeltspor og dobbelspor. I tillegg må vi skille mellom hvorvidt mangelfull kontroll resulterer i at sporveksel går i midtstilling eller legges helt over i "feilstilling".

Sannsynlighet for avsporing dersom sporveksel er i midtstilling settes lik 1. Dersom sporvekselen går helt over (i "feilstilling") til avviksspor antas det med dagens sporveksler (hovedsaklig av type 1:9) at det er 90% sannsynlig at vi får avsporing. I de resterende 10% vil toget kjøre inn på avviksspor og kan forårsake sammenstøt front/front (ved kryssing), ref. situasjon 21, eller sammenstøt front/ende (ved forbipassering), ref. situasjon 23.

Relativ vektning mellom disse scenariene (241-2412) for ulykkestype m4 baserer seg på følgende antatte forholdstall:

1. Enkeltspor : dobbelspor	= 0.8 : 0.2
2. Gjennomkjør : kryssing/forbipassering	= 0.8 : 0.2
3. Kryssing : forbipassering	= 0.95:0.05
4. Midtstilling : feilstilling	= 0.95 : 0.05

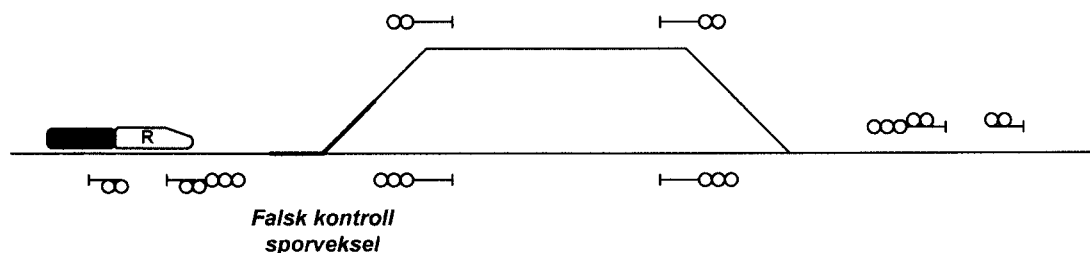
Vektene blir da:

• Scenario 241:	$w_{241}=0.8 \cdot 0.8 \cdot 0.05=0.032$
• Scenario 242:	$w_{242}=0.8 \cdot 0.8 \cdot 0.95=0.608$
• Scenario 243:	$w_{243}=0.2 \cdot 0.8 \cdot 0.05=0.008$
• Scenario 244:	$w_{244}=0.2 \cdot 0.8 \cdot 0.95=0.152$
• Scenario 245:	$w_{245}=0.8 \cdot 0.2 \cdot 0.95 \cdot 0.05=0.008$
• Scenario 246:	$w_{246}=0.8 \cdot 0.2 \cdot 0.95 \cdot 0.95=0.144$
• Scenario 247:	$w_{247}=0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.95 \cdot 0.05=0.002$
• Scenario 248:	$w_{248}=0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.95 \cdot 0.95=0.036$
• Scenario 249:	$w_{249}=0.8 \cdot 0.2 \cdot 0.05 \cdot 0.05=0.0004$
• Scenario 2410:	$w_{2410}=0.8 \cdot 0.2 \cdot 0.05 \cdot 0.95=0.008$
• Scenario 2411:	$w_{2411}=0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.05 \cdot 0.05=0.0001$
• Scenario 2412:	$w_{2412}=0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.05 \cdot 0.95=0.002$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

241 Enkeltspor; gjennomkjør, sporveksel i feilstilling

Scenariet er illustrert i Figur 47.



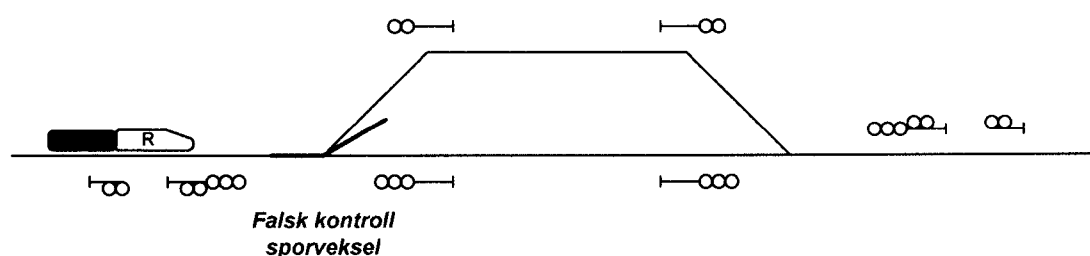
Figur 47 241: Gjennomkjør, sporveksel i feilstilling; enkeltspor

Falsk kontroll på sporveksel resulterer i at veksler går helt over i feilstilling (til avviksspor) etter at toget har passert innkjørssignal, men før toget har passert sporveksel. Lokfører forventer gjennomkjør og holder stor hastighet. Sannsynlighet for avsporing gitt at vekselen ligger i feilstilling er vurdert til $p_{241}^0=0.9$. Korrigert for sannsynlighet for at feilen skal inntreffe i det aktuelle tidsvindu ($p=0.01$) får vi $p_{241}=0.009$.

Konsekvensen av avsporing er vurdert til $C_{241}=3$ drepte.

242 Enkeltspor; gjennomkjør, sporveksel i midtstilling

Scenariet er illustrert i Figur 48.



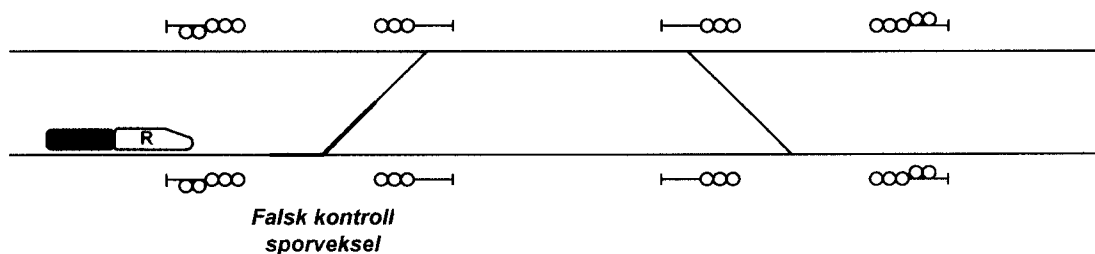
Figur 48 242: Gjennomkjør, sporveksel i midtstilling; enkeltspor

Scenario 242 er identisk med scenario 241, med unntak av at sporveksel ligger i midtstilling. Sannsynligheten for avsporing gitt feil vurderes nå å være $p_{242}^0=1$, og korrigert for sannsynligheten for at feilen inntreffer i "riktig" tidsvindu får vi $p_{242}=0.01$.

Konsekvensen er vurdert å være den samme som i scenario 241, dvs. $C_{242}=3$ drepte.

243 Dobbeltspor; gjennomkjør, sporveksel i feilstilling

Scenariet er illustrert i Figur 49.

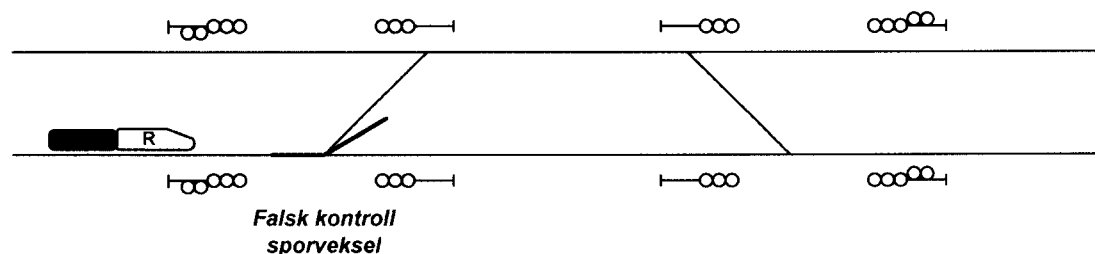


Figur 49 243: Gjennomkjør, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 241 for dobbeltspor, og vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{243}=0.009$ og $C_{243}=3$ drepte.

244 Dobbeltspor; gjennomkjør, sporveksel i midtstilling

Scenariet er illustrert i Figur 50.

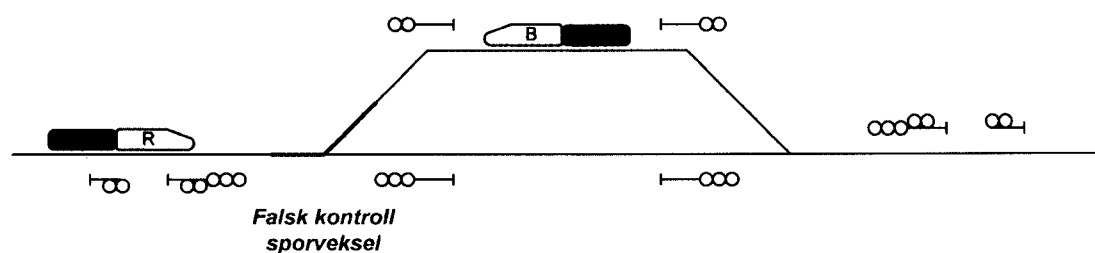


Figur 50 244: Gjennomkjør, sporveksel i midtstilling; dobbeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 242 for dobbeltspor, og vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{244}=0.01$ og $C_{244}=3$ drepte.

245 Enkeltspor; kryssing, sporveksel i feilstilling

Scenariet er illustrert i Figur 51.

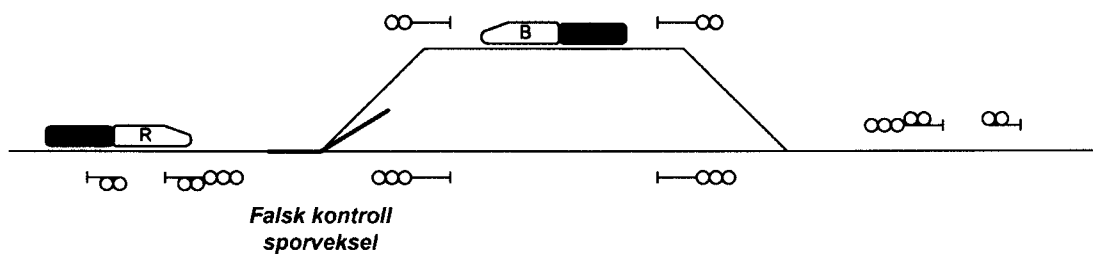


Figur 51 245: Kryssing, sporveksel i feilstilling; enkeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 241 med unntak av at vi har kryssing i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for kryssing versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{245}=0.009$ og $C_{245}=3$ drepte.

246 Enkeltspor; kryssing, sporveksel i midtstilling

Scenariet er illustrert i Figur 52.

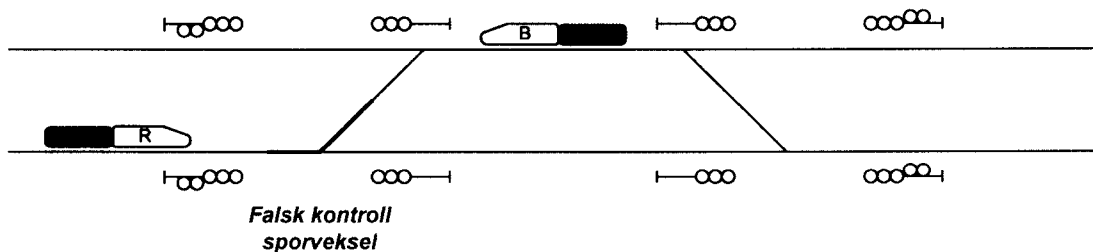


Figur 52 246: Kryssing, sporveksel i midtstilling; enkeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 242 med unntak av at vi har kryssing i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for kryssing versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{246}=0.01$ og $C_{246}=3$ drepte.

247 Dobbeltspor; kryssing, sporveksel i feilstilling

Scenariet er illustrert i Figur 53.

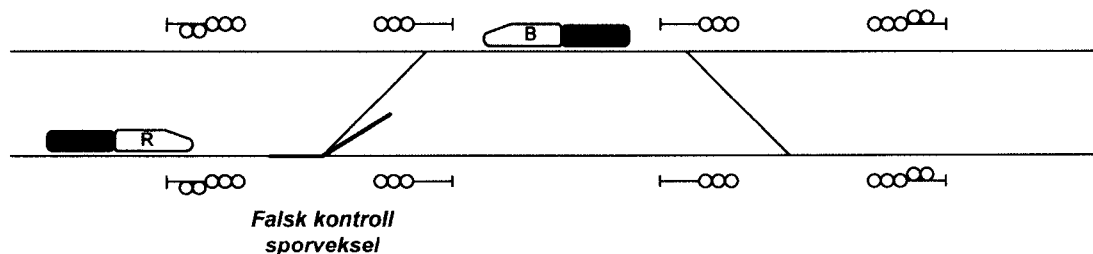


Figur 53 247: Kryssing, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 243 med unntak av at vi har kryssing i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for kryssing versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{247}=0.009$ og $C_{247}=3$ drepte.

248 Dobbeltspor; kryssing, sporveksel i midtstilling

Scenariet er illustrert i Figur 54.

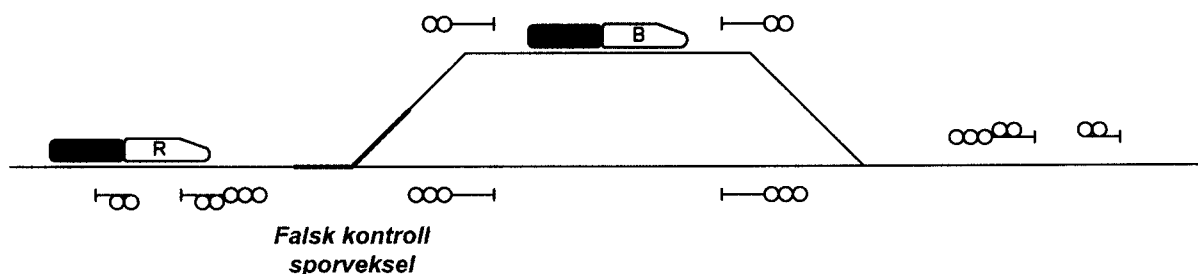


Figur 54 248: Kryssing, sporveksel i midtstilling; dobbeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 244 med unntak av at vi har kryssing i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for kryssing versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{248}=0.01$ og $C_{248}=3$ drepte.

249 Enkeltspor; forbipassering, sporveksel i feilstilling

Scenariet er illustrert i Figur 55.

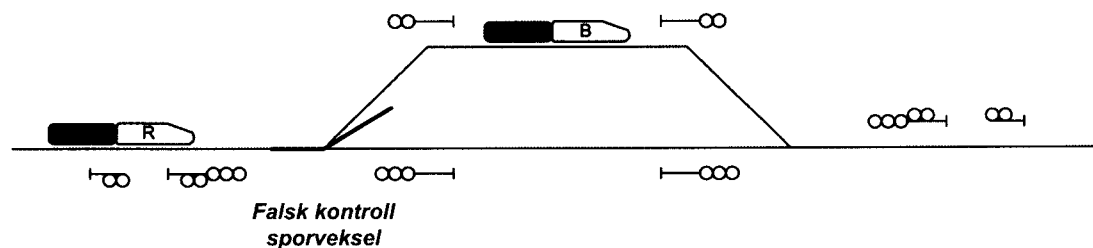


Figur 55 249: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; enkeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 241 med unntak av at vi har forbipassering i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for forbipassering versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{249}=0.009$ og $C_{249}=3$ drepte.

2410 Enkeltspor; forbipassering, sporveksel i midtstilling

Scenariet er illustrert i Figur 56.

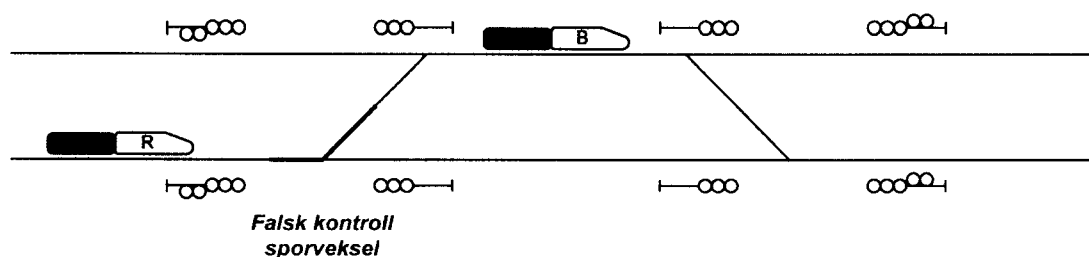


Figur 56 2410: Forbipassering, sporveksel i midtstilling; enkeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 242 med unntak av at vi har forbipassering i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for forbipassering versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{2410}=0.01$ og $C_{2410}=3$ drepte.

2411 Dobbeltspor; forbipassering, sporveksel i feilstilling

Scenariet er illustrert i Figur 57.

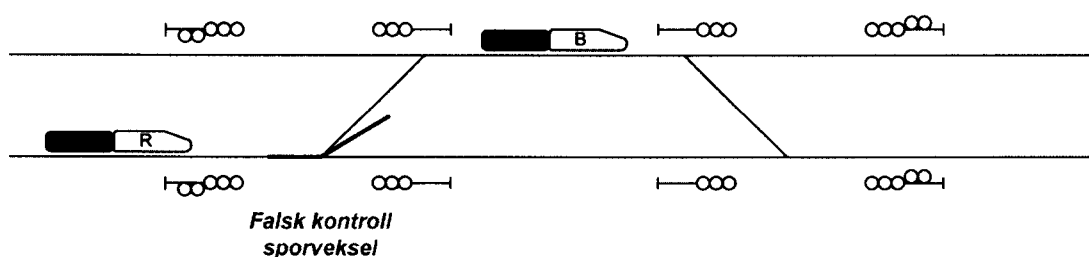


Figur 57 2411: Forbipassering, sporveksel i feilstilling; dobbeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 243 med unntak av at vi har forbipassering i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for forbipassering versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{2411}=0.009$ og $C_{2411}=3$ drepte.

2412 Dobbeltspor; forbipassering, sporveksel i midtstilling

Scenariet er illustrert i Figur 58.



Figur 58 2412: Forbipassering, sporveksel i midtstilling; dobbeltspor

Situasjonen er identisk med scenario 244 med unntak av at vi har forbipassering i stedet for gjennomkjør. Sannsynligheten for forbipassering versus gjennomkjør er tatt hensyn til i vektingen. Vi får tilsvarende sannsynlighet og konsekvens, dvs. $p_{2412}=0.01$ og $C_{2412}=3$ drepte.

V4.1.3 Ingen deteksjon av besatt sporavsnitt (feil i Togdeteksjon)

Sporfeltfeil (ingen deteksjon av besatt sporavsnitt) kan gi feilaktig kjørsignal, men dette avhenger av det enkelte scenario. Gjentakelsessperre gjør at det i de fleste tilfeller er en "sekvensbetingelse" til stede som gjør at manglende deteksjon av besatt sporfelt ikke medfører feilaktig kjørsignal.

V4.1.3.1 Sammenstøt front/front (31)

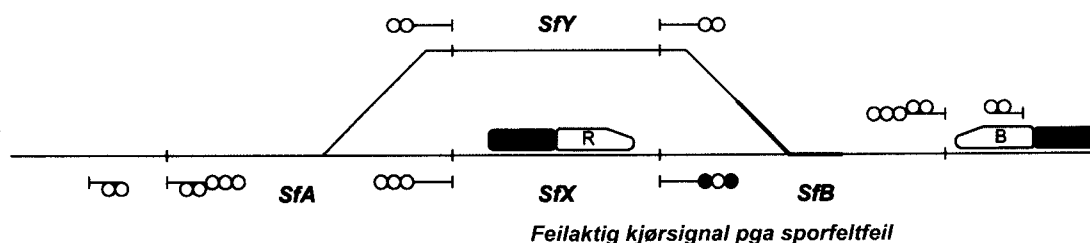
Sporfeltscenariene 311-314 er i utgangspunktet lik scenariene 111A-114A (se kap. V4.1.1.1), og vi tar utgangspunkt i disse, men vi tar ikke med scenariene 311 og 312 i den videre diskusjonen / presentasjonen fordi sannsynligheten for disse (som for 111A og 112A) er svært lav.

De scenariene som inngår er:

- 313 Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset
- 314 Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset (kjør på uriktig spor)

313 Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset

Scenariet er illustrert i Figur 59.

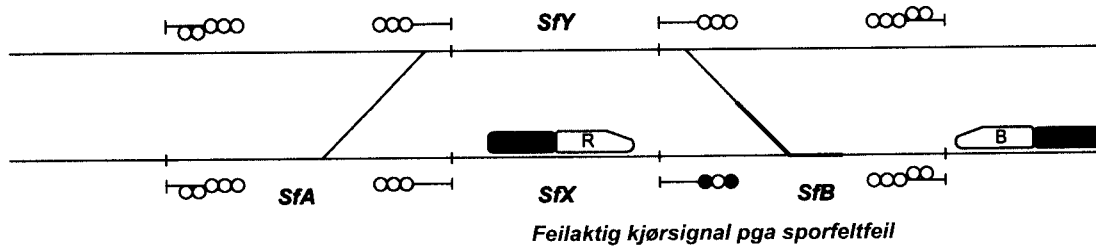


Figur 59 313: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor

Vi tar utgangspunkt i de samme parameterverdiene som for scenario 113A, men justerer for effekten av gjentakelsessperre. Sannsynligheten for svikt i gjentakelsessperre gitt at en sporfeltfeil har inntruffet er satt til $p=0.01$, og p_{313} er redusert tilsvarende (2 dekader). Dette er nok en konservativ verdi, men det har ingen stor betydning fordi risikobildet domineres av innkjørsscenarier som kan resultere i sammenstøt front/ende, hvor det ikke er gjentakelsessperre. Betydningen av scenariene 313 (og 314) blir dermed marginale sammenliknet med scenariene 331-338 (som vi kommer tilbake til).

314 Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset (kjør på uriktig spor)

Scenariet er illustrert i Figur 60.



Figur 60 314: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor

Tilsvarende som for scenario 313 har vi tatt utgangspunkt i parameterverdiene for scenario 114A og justert sannsynligheten pga gjentakelsessperre, dvs. sannsynligheten er redusert med 2 dekadere.

Scenariene som bidrar til sammenstøt front/front gitt feilaktig kjørsignal som følge av feil i sporfelt (og gjentakelsessperre) bidrar totalt sett lite til risikoen sammenliknet med sammenstøt front/ende.

Det finnes i tillegg til scenariene 311-314 noen spesielle sporfeltfeilscenarier som kan gi sammenstøt front/front. Noen av disse er enkelt- og dobbeltkryssing, men [NSI-63] viser at sannsynligheten for disse scenariene er vesentlig lavere enn for innkjørsscenarioer som kan føre til sammenstøt front/ende. Vi går derfor ikke nærmere inn på disse scenariene her.

V4.1.3.2 Sammenstøt front/flanke (32)

Sammenstøt front/flanke som skyldes feilaktig kjørsignal som følge av sporfeltfeil er i likhet med sammenstøt front/flanke som skyldes feilaktig kjørsignal av andre årsaker (12A, 12C, 42 og 52) lite sannsynlig og bidrar marginalt til risikoen. Scenariene 321-324 er derfor utelatt og er her heller ikke presentert.

V4.1.3.3 Sammenstøt front/ende (33)

Sporfeltscenariene 331-338 er i utgangspunktet lik scenariene 131A-138A (se kap. V4.1.1.1.3), og vi tar utgangspunkt i disse.

De scenariene som inngår er:

- 331 Enkeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp
- 332 Enkeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør
- 333 Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp
- 334 Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør
- 335 Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet
- 336 Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet
- 337 Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet
- 338 Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Vi tar utgangspunkt i de samme vektene som for scenario 131A-138A.

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjøør”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 331-338 er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

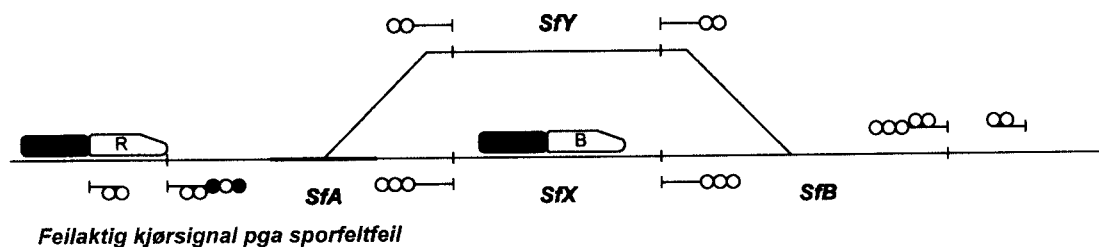
- 1) Enkeltspor : dobbeltspor = 0.8 : 0.2
- 2) Innkjør : utkjør = 0.5 : 0.5
- 3) Stopp : gjennomkjør = 0.5 : 0.5

Vektene blir da:

- Scenario 331: $w_{331}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 332: $w_{332}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 333: $w_{333}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 334: $w_{334}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 335: $w_{335}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 336: $w_{336}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 337: $w_{337}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 338: $w_{338}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$

331 Enkeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp

Scenariet er illustrert i Figur 61.



Figur 61 331, 332: Innkjør etter forangående tog m/stopp; enkeltspor

Rødt tog venter på at innkjørssignal skal vise kjøør til rettspor etter at blått tog har forlatt blokkstrekningen. Rødt tog forventer altså innkjør til rettspor. Rødt tog får feilaktig kjøør før blått tog har forlatt blokkstrekningen og vil med stor sannsynlighet kjøre inn i blått tog. Sammenliknet med utkjørsscenario 323 (123A) vil det være mindre tid til rådighet for togleder å gripe inn, og sannsynligheten vurderes derfor å være noe høyere, dvs. $p_{331}^0=0.8$, og justert for 50 % sannsynlighet for forangående tog (versus motgående tog) gir dette $p_{331}=0.4$.

I tillegg antar vi 2 mulige sikkerhetskritiske feilmodi i dette scenariet; ”feilaktig kjøør til rettspor” og ”feilaktig kjøør til avviksspor”. Vi antar like stor sannsynlighet for begge, dvs. en fordeling 0.5:0.5. Vi reduserer derfor sannsynligheten for dette scenariet med 50 % og får $p_{331}=0.2$.

I tilfellet med "feilaktig kjør til avviksspor" vil hastigheten være langt lavere og vi antar at dette ikke medfører sammenstøt med fataliteter. (Vi beskriver derfor ikke dette som et eget scenario.)

Konsekvensen avhenger av hastigheten, og i dette scenariet antar vi at rødt tog har stopp i rettspor for av- og påstigning noe som medfører lav hastighet. Forventet antall drepte er vurdert til $C_{331}=1$.

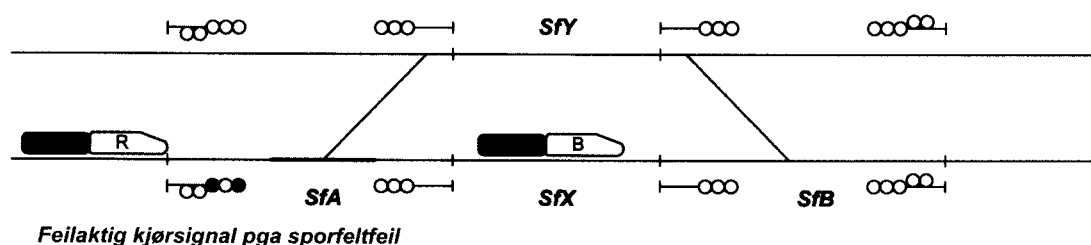
332 Enkeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør

Scenariet er illustrert i Figur 61, og er identisk med scenario 331 med det unntak at rødt tog har gjennomkjør noe som medfører høyere hastighet og større konsekvenser.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 331, dvs. $p_{332}=0.2$, mens konsekvensen pga. større hastighet vurderes til $C_{332}=10$ drepte.

333 Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp

Scenariet er illustrert i Figur 62.



Figur 62 333, 334: Innkjør etter forangående tog m/stopp; dobbeltspor

Scenario 333 er identisk med scenario 331 for dobbeltspor. Blått tog er imidlertid overveiende sannsynlig et forangående tog, fordi et motgående tog må kjøre på uriktig spor. Sannsynligheten totalt vurderes derfor til $p_{333}=0.8$.

Som for scenario 331 og 332 antar vi 2 mulige sikkerhetskritiske feilmodi i dette scenariet; "feilaktig kjør til rettspor" og "feilaktig kjør til avviksspor". Men, fordi det her er dobbeltsporet strekning antar vi at en sporfeltfeil i sporfelt SfX medfører at feilaktig kjør blir gitt til rettspor. Sannsynligheten forblir derfor $p_{333}=0.8$.

Konsekvensen blir som for scenario 331, dvs. $C_{333}=1$ drept, pga lav hastighet.

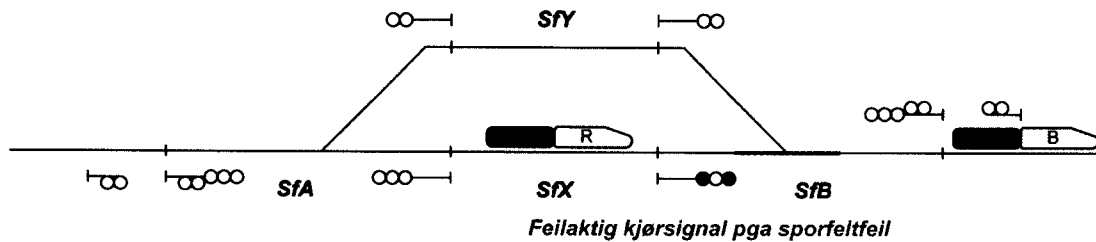
334 Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør

Scenariet er illustrert i Figur 62, og er identisk med scenario 333 med det unntak at rødt tog har gjennomkjør noe som medfører høyere hastighet og større konsekvenser.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 333, dvs. $p_{334}=0.8$, mens konsekvensen pga. større hastighet vurderes til $C_{334}=10$ drepte.

335 Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 63.



Figur 63 335, 336: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; enkeltspor

Rødt tog får feilaktig kjørbeskjed i utkjør etter forangående (blått) tog. Sammenstøt betinger at rødt tog tar igjen blått tog. Dette kan enten skyldes at blått tog er et mer saktegående tog, eller det kan skyldes at blått tog stopper på linjen. Utilsiktet stopp samtidig med signalfeil er lite sannsynlig. Mer sannsynlig er det at blått tog har planlagt stopp ved holdeplass, men da vil blått tog ha passert et eller flere nye signal som vil falle i "Stopp" slik at rødt tog varsles. Sannsynligheten for sammenstøt front/ende er altså relativt liten og vurderes til $p_{335}^0 = 0.05$. I tillegg er det 50% sannsynlig at rødt utkjørssignal (for rødt tog) skyldes motgående (blått) tog. Dette gir $p_{335} = 0.025$.

Feilaktig utkjør betinger også at gjentakelsessperren svikter, noe vi tidligere har satt til en sannsynlighet på $p = 0.01$. Den totale sannsynligheten for scenariet blir dermed 2 dekaner lavere, dvs. $p_{335} = 0.00025$. Heller ikke her vil et konservativt anslag for svikt i gjentakelsessperre ha noen stor betydning, i og med at scenariene 331-334 vil dominere totalt over scenariene 335-338.

Konsekvensen i tilfellet med høy hastighet (relativ hastighet mellom togene) er vurdert til å tilsvare konsekvensene for scenario 332 og 334, dvs. $C_{335} = 10$ drepte.

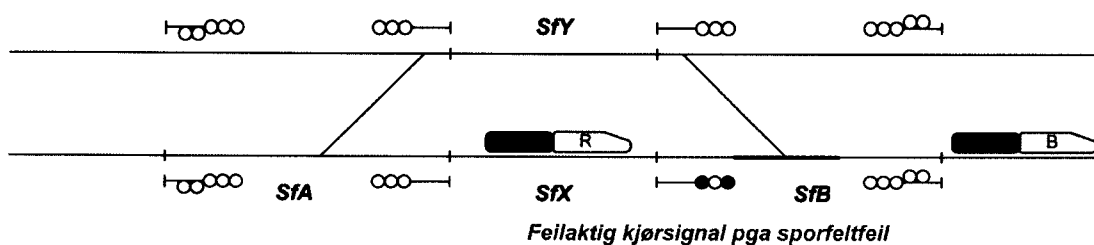
336 Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 63, og er identisk med scenario 335 med det unntak at vi her antar lav relativ hastighet mellom togene og dermed lavere hastighet i sammenstøtet.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 335, dvs. $p_{336} = 0.00025$, mens konsekvensen pga. lavere relativ hastighet vurderes til $C_{336} = 1$ drept.

337 Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 64.



Figur 64 337, 338: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; dobbeltspor

Scenario 337 er identisk med scenario 335 for dobbeltspor. Blått tog er imidlertid overveiende sannsynlig et forangående tog, fordi et motgående tog må kjøre på uriktig spor. Sannsynligheten totalt vurderes derfor til $p_{337}=0.05$. Med gjentakelsessperre (betinget sannsynlighet $p=0.01$) blir total sannsynlighet $p_{337}=0.0005$.

Konsekvensen blir som for scenario 335, dvs. $C_{337}=10$ drepte, pga høy relativ hastighet.

338 Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 64, og er identisk med scenario 337 med det unntak at vi her antar lav relativ hastighet mellom togene og dermed lavere hastighet i sammenstøtet.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 337, dvs. $p_{338}=0.0005$, mens konsekvensen pga. lavere relativ hastighet vurderes til $C_{338}=1$ drept.

V4.1.3.4 Avsporing (34)

Avsporing som skyldes feilaktig kjørsignal som følge av sporfeltfeil vil i likhet med avsporing som skyldes feilaktig kjørsignal av andre årsaker (14A, 14C, 44 og 54) bidra lite til risikoen pga liten konsekvens. Scenariene 341-342 er derfor utelatt og er her heller ikke presentert.

--- ■■ ---

Med den vurdering vi her har gjort er det like sannsynlig at et sammenstøt front/ende inntreffer på en enkeltsporet strekning som en dobbeltsporet strekning, fordi vi antar at det er 4 ganger så mange enkeltsporete strekninger som dobbeltsporete strekninger (og vi tar ikke høyde for eventuelle forskjeller i trafikk tetthet – vi antar altså lik trafikk tetthet i gjennomsnitt). Dette gjelder når vi betrakter hele linjenettet (hele Norge) under ett. For en bestemt sporstrekning vil det være 4 ganger mer sannsynlig med et sammenstøt front/ende på en dobbeltsporet strekning sammenliknet med en enkeltsporet strekning. Dette samsvarer ikke helt med [NSI-63] hvor det framkommer at det er cirka 10 ganger så sannsynlig at dette skjer på dobbeltsporet strekning sammenliknet med enkeltsporet strekning, fordi det argumenteres med at etterfølgende kjøring er langt mer vanlig på dobbeltsporet strekning.

Feilen vi eventuelt gjør er ikke dramatisk (en faktor på 2.5).

V4.1.4 Feilaktig kjørsignal (feil i Signaler)

V4.1.4.1 Sammenstøt front/front (41)

Representative scenarier for ulykkestypen sammenstøt front/front er:

- 411 Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor
- 412 Dobbeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor (kjør på uriktig spor)
- 413 Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset
- 414 Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset (kjør på uriktig spor)

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjøør”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 411-414 er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

- 3) Enkeltspor: dobbeltspor = 0.8 : 0.2
- 4) Innkjør: utkjør = 0.5 : 0.5

Vektene blir da:

- Scenario 411: $w_{411}=0.8 \cdot 0.5=0.4$
- Scenario 412: $w_{412}=0.2 \cdot 0.5=0.1$
- Scenario 413: $w_{413}=0.8 \cdot 0.5=0.4$
- Scenario 414: $w_{414}=0.2 \cdot 0.5=0.1$

Vektene summerer seg til 1, og representerer kun en relativ sannsynlighet for de ulike situasjonene som kan gi ulykke. Forhold som påvirker den absolutte sannsynligheten for hvert enkelt scenario inngår i sannsynligheten (p_{41k}). Dette inkluderer også sannsynligheten for at hhv. rødt og blått tog er til stede.

Her gjør vi tilsvarende forenklete antakelser som for feilaktig kjøør av andre årsaker enn signalfeil:

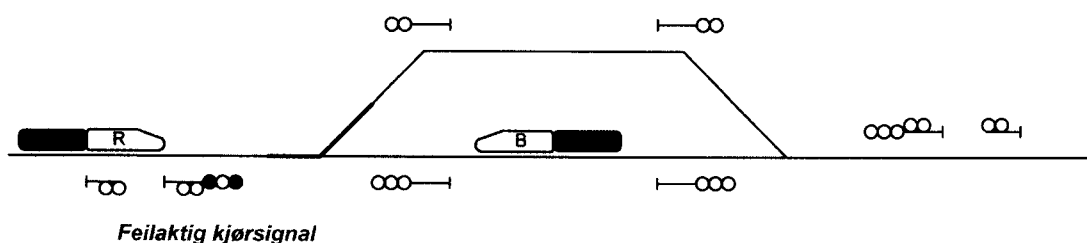
- A. Rødt tog er alltid til stede, dvs. en signalfeil antas å vedvare inntil et (rødt) tog passerer signalet uten at dette oppdages og rettes. Vi antar altså at et (rødt) tog vil passere det feilaktige kjørsignalet i 100 % av tilfellene hvor feilaktig kjøør inntreffer. Dette er en konservativ antakelse som kan diskuteres. Denne antakelsen gjelder generelt for alle ulykkestypene knyttet til feilaktig kjøør.
- B. Hvorvidt blått tog er til stede kan variere i de ulike situasjonene. For situasjonene som er representative for sammenstøt front/front gjelder følgende:
 1. Situasjonen med innkjør til avviksspor, hvor det gis feilaktig kjøør til rettspor, behøver ikke å innebære kryssing. Det kan også være for av- og påstigning ved plattform ved avviksspor. Vi antar her at kryssing inntreffer i 50 % av tilfellene hvor rødt tog skal inn i avviksspor, dvs. at blått tog er til stede i 50 % av tilfellene.
 2. Situasjonen med utkjør, hvor det gis feilaktig kjøør, antas alltid (100 %) å skyldes at det befinner seg tog på neste strekning, men det kan være enten motgående eller

forangående tog. Vi antar her en fordeling 50/50 mellom motgående og forangående tog.

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

411 Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor \otimes

Scenariet er illustrert i Figur 65.



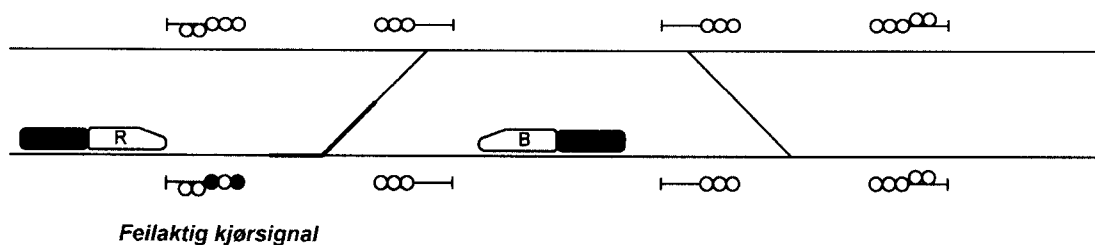
Figur 65 411: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; enkeltspor

Rødt tog får feilaktig kjørsignal til rettspor i stedet for til avviksspor, men vekselen ligger til avviksspor, hvilket krever at det også må være en samtidig feil i sporveksel for å få sammenstøt front/front. I tillegg vet lokfører at han skal til avvik, og vil kunne sette ned hastigheten selv om signalet viser innkjør til rettspor. (Muligheten for avsporing i denne situasjonen er behandlet i scenario 441.)

Sannsynligheten for at det samtidig med feilaktig kjørsignal skal være feil på sporveksel anses så liten at vi her setter sannsynligheten for sammenstøt front/front tilnærmet lik null ($p_{411} \approx 0$). Vi vurderer derfor ikke konsekvensene av dette scenariet.

412 Dobbeltspor, innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor (kjør på uriktig spor) \otimes

Scenariet er illustrert i Figur 66.



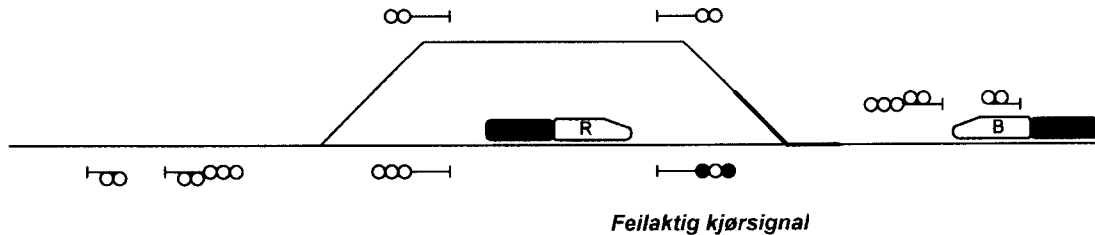
Figur 66 412: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; dobbeltspor

Scenario 412 er identisk med scenario 411 med unntak av at blått tog i scenario 412 i tillegg kjører på uriktig spor, og det må være ytterligere en feil som forårsaker dette. Dette gjør scenario

412 ennå mindre sannsynlig enn 411, og vi setter sannsynligheten tilnærmet lik null ($p_{412} \approx 0$). Heller ikke her er det grunn til å beregne konsekvensene.

413 Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset

Scenariet er illustrert i Figur 67.



Figur 67 413: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor

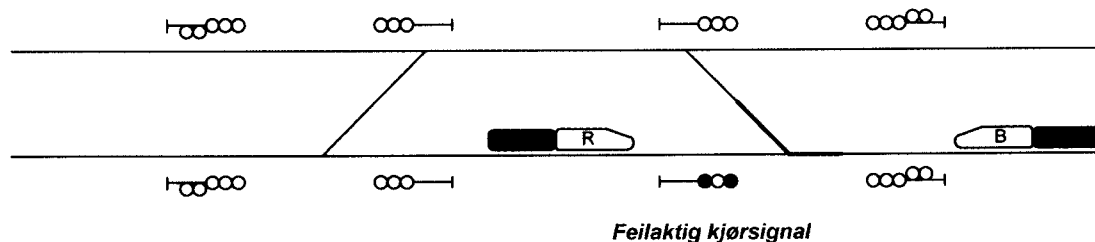
Vi antar her at utkjørssignalet skulle vist "Stopp" fordi det befinner seg tog på neste blokkstrekning. (Vi antar altså at stoppsignal ikke er gitt uten at det befinner seg tog på strekningen). Toget på neste blokkstrekning kan enten være forangående tog eller møtende tog, og vi antar at det er 50% sannsynlighet for møtende tog gitt at signalet skulle vært i "Stopp".

Dersom rødt tog får feilaktig kjørsignal er det stor sannsynlighet for sammenstøt med møtende tog. Forhold som kan forhindre sammenstøt er bl.a. togleders mulighet for å bryte kjørestrømmen (dersom det er elektrisk drift) eller varsle lokførerne gitt at togleder oppdager situasjonen. Et problem her er at akustisk alarm er knyttet til informasjon i det indre sikringsanlegget, slik at en feil i ytre signal som ikke skyldes forriglingsfeil ikke vil gi alarm. Det er også en rekke andre forhold som hastighet, sikt, kurvatur og lignende som vil innvirke, men sannsynligheten antas allikevel å være betydelig og er vurdert til $p_{413}^0 = 0.7$. Vi inkluderer nå $p_{\text{blått tog}} = 0.5$, som gir $p_{413} = p_{413}^0 \cdot p_{\text{blått tog}} = 0.7 \cdot 0.5 = 0.35$.

Konsekvensen gitt at ulykken inntreffer er vurdert til $C_{413} = 18$ drepte.

414 Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset (kjør på uriktig spor)

Scenariet er illustrert i Figur 68.



Figur 68 414: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor

Scenario 414 er identisk med scenario 413 med unntak av at blått tog i scenario 414 i tillegg kjører på uriktig spor, og det må være ytterligere en feil som forårsaker dette. Dette gjør scenario

414 mindre sannsynlig enn 413. Sannsynligheten for ulykke, inkludert sannsynligheten for at blått tog kjører på uriktig spor, er vurdert til $p_{414}^0=0.01$. Justert for 50 % sannsynlighet for motgående tog gir dette en sannsynlighet $p_{414}=0.005$.

Konsekvensen gitt ulykke vil bli den samme som for scenario 413, men fordi sannsynligheten er mye lavere og også den relative vekten er mindre blir scenario 414 neglisjerbar sammenliknet med scenario 413.

Det er scenario 413 som er det helt dominerende scenario for sammenstøt front/front gitt feilaktig kjørsignal.

V4.1.4.2 Sammenstøt front/flanke (42)

Representative scenarier for ulykkestypen sammenstøt front/flanke er:

- 421 Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset
- 422 Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset
- 423 Enkeltspor; utkjør etter forbipassering
- 424 Dobbeltspor; utkjør etter forbipassering

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjør”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 421-424 er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

Enkeltspor: dobbeltspor = 0.8 : 0.2

Kryssing: forbipassering = 0.95 : 0.05

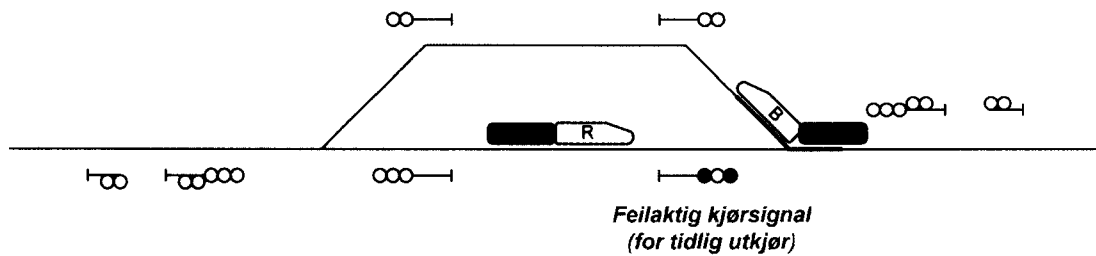
Vektene blir da:

- Scenario 421: $w_{421}=0.8 \cdot 0.95=0.76$
- Scenario 422: $w_{422}=0.2 \cdot 0.95=0.19$
- Scenario 423: $w_{423}=0.8 \cdot 0.05=0.04$
- Scenario 424: $w_{424}=0.2 \cdot 0.05=0.01$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

421 Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 69.



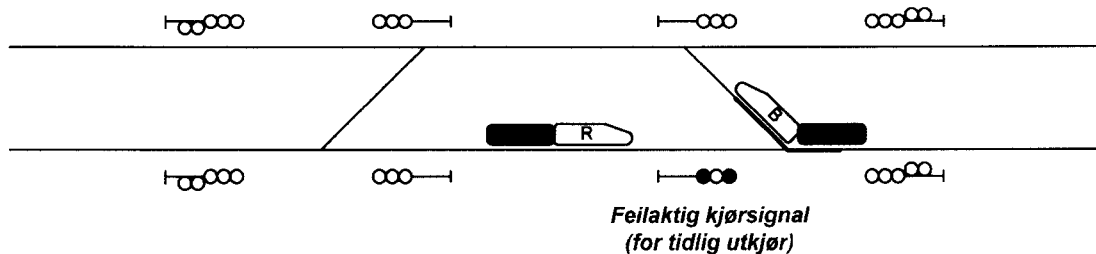
Figur 69 421: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor

Dette scenariet er lite sannsynlig fordi det må inntreffe i et forholdsvis lite tidsvindu. Blått tog må ha passert innkjørssignal, men ikke kommet forbi veksler til avviksspor. Dersom rødt tog passerer feilaktig kjørsignal før blått tog kommer til innkjørssignal vil rødt tog belegge sporfeltet slik at innkjørssignal til blått tog faller (går i "Stopp"). Dersom blått tog har passert innkjørssignal og nærmer seg sporveksel til avviksspor vil rødt tog også kunne se blått tog. Sannsynligheten er vurdert til $p_{421}=0.005$. Dette inkluderer sannsynligheten for blått tog befinner seg over sporveksel (noe som nok innebærer at dette er et konservativt estimat).

Konsekvensene vil ikke bli dramatiske pga. forholdsvis lav hastighet (rødt tog starter, men kan se blått tog, og blått tog kjører i avvik). Forventet antall drepte er vurdert til $C_{421}=1$.

422 *Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset (kjør på uriktig spor)* ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 70.



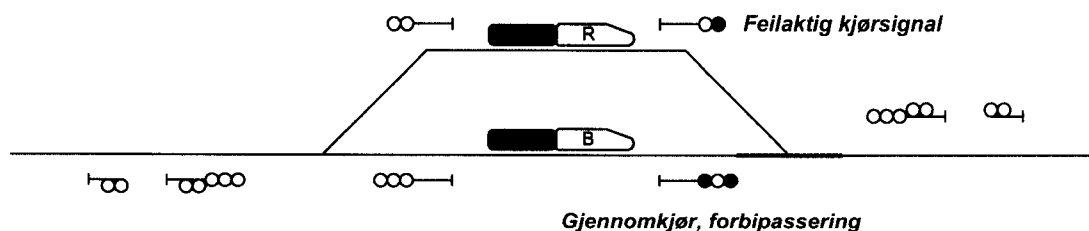
Figur 70 422: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor

Scenario 422 er identisk med scenario 421 med unntak av at blått tog i scenario 422 i tillegg kjører på uriktig spor, og det må være ytterligere en feil som forårsaker dette. Dette gjør scenario 422 mindre sannsynlig enn 421. Sannsynligheten for ulykke, inkludert sannsynligheten for at blått tog kjører på uriktig spor, er vurdert til $p_{422}=0.0005$. (Det vil si 1/10-part av sannsynligheten for scenario 421, noe som er konservativt fordi kjør på uriktig spor på dobbeltsporet strekning antakelig er langt sjeldnere).

Konsekvensen gitt ulykke vil bli den samme som for scenario 421, dvs. $C_{422}=1$.

423 Enkeltspor; utkjør etter forbipassering ☒

Scenariet er illustrert i Figur 71.



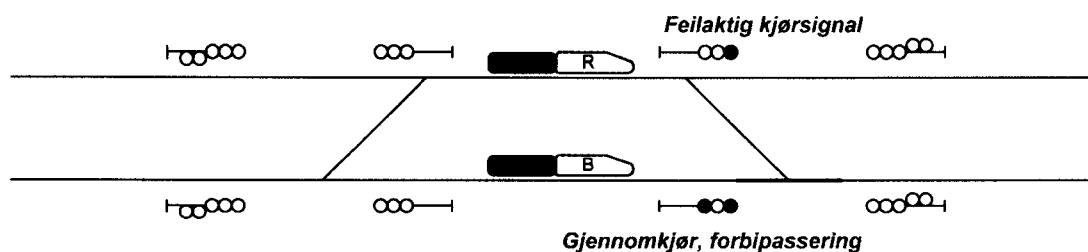
Figur 71 423: Utkjør etter forbipassering; enkeltspor

Rødt tog får feilaktig kjørsignal i påvente av forbipasserende blått tog. Sannsynligheten er liten bl.a. fordi blått tog må ha passert innkjørssignal før rødt tog belegger sporfelt mellom utkjørssignal og sporveksel. Videre så vil blått togs utkjørssignal falle (gå i Stopp) når rødt tog belegger sporfeltet, men blått tog kan da være så nært utkjørssignalet at det ikke rekker å stoppe. Lokfører i rødt tog kan se at utkjørssignal i rettspor (for blått tog) ligger i kjø, at sporveksel ligger til rettspor, og kan muligens også se blått tog i speilet. Sannsynligheten er anslått å være i samme størrelsesorden som for scenario 421, dvs. $p_{423}=0.005$.

Konsekvensen vurderes imidlertid til å være større i og med at hastigheten til blått tog kan være forholdsvis stor. Forventet antall drepte er derfor vurdert til $C_{423}=10$.

424 Dobbeltspor; utkjør etter forbipassering (kjør på uriktig spor) ☒

Scenariet er illustrert i Figur 72.



Figur 72 424: Utkjør etter forbipassering; dobbeltspor

Scenario 424 tilsvarende scenario 423 for dobbeltspor, men inkluderer det forhold at rødt tog har kjørt på uriktig spor, noe som gjør dette scenariet mindre sannsynlig enn scenario 423. Et konservativt estimat er at sannsynligheten er 1/10-part av sannsynligheten for scenario 423, dvs. $p_{424}=0.0005$.

Konsekvensen antas å være den samme, dvs. $C_{424}=10$.

V4.1.4.3 Sammenstøt front/ende (43)

Representative scenarier for ulykkestypen sammenstøt front/ende er:

- 431 Enkeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp
- 432 Enkeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør
- 433 Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp
- 434 Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør
- 435 Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet
- 436 Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet
- 437 Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet
- 438 Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjøring”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 431-438 er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

- 1) Enkeltspor : dobbeltspor = 0.8 : 0.2
- 2) Innkjør : utkjør = 0.5 : 0.5
- 3) Stopp : gjennomkjør = 0.5 : 0.5

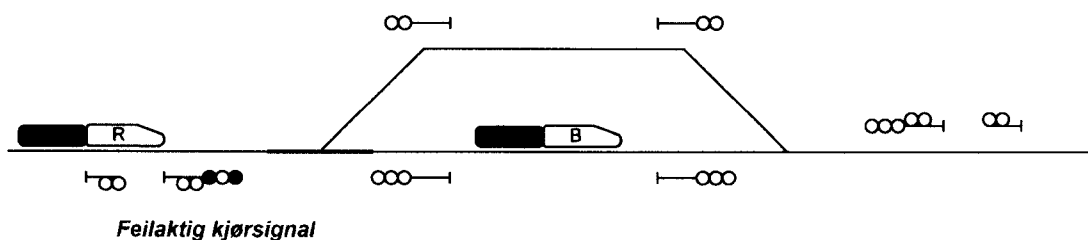
Vektene blir da:

- Scenario 431: $w_{431}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 432: $w_{432}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 433: $w_{433}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 434: $w_{434}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 435: $w_{435}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 436: $w_{436}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 437: $w_{437}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 438: $w_{438}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklede antakelser.

431 Enkeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp

Scenariet er illustrert i Figur 73.



Figur 73 431, 432: Innkjør etter forangående tog m/stopp; enkeltspor

Rødt tog venter på at innkjørssignal skal vise kjør til rettspor etter at blått tog har forlatt blokkstrekningen. Rødt tog forventer altså innkjør til rettspor. Rødt tog får feilaktig kjør før blått tog har forlatt blokkstrekningen og vil med stor sannsynlighet kjøre inn i blått tog. Sammenliknet med utkjørsscenario 423 vil det være mindre tid til rådighet for togleder å gripe inn, og sannsynligheten vurderes derfor å være noe høyere, dvs. $p_{431}^0=0.8$, og justert for 50 % sannsynlighet for forangående tog (versus motgående tog) gir dette $p_{431}=0.4$.

I tillegg antar vi 2 mulige sikkerhetskritiske feilmodi i dette scenariet; ”feilaktig kjør til rettspor” og ”feilaktig kjør til avviksspor”. Vi antar like stor sannsynlighet for begge, dvs. en fordeling 0.5:0.5. Vi reduserer derfor sannsynligheten for dette scenariet med 50 % og får $p_{431}=0.2$.

I tilfellet med ”feilaktig kjør til avviksspor” vil hastigheten være langt lavere og vi antar at dette ikke medfører sammenstøt med fataliteter. (Vi beskriver derfor ikke dette som et eget scenario.)

Konsekvensen avhenger av hastigheten, og i dette scenariet antar vi at rødt tog har stopp i rettspor for av- og påstigning noe som medfører lav hastighet. Forventet antall drepte er vurdert til $C_{431}=1$.

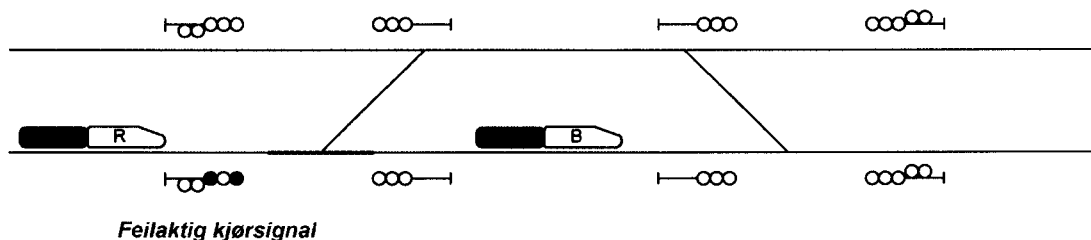
432 Enkeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør

Scenariet er illustrert i Figur 73, og er identisk med scenario 431 med det unntak at rødt tog har gjennomkjør noe som medfører høyere hastighet og større konsekvenser.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 431, dvs. $p_{432}=0.2$, mens konsekvensen pga. større hastighet vurderes til $C_{432}=10$ drepte.

433 Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp

Scenariet er illustrert i Figur 74.



Figur 74 433, 434: Innkjør etter forangående tog m/stopp; dobbeltspor

Scenario 433 er identisk med scenario 431 for dobbeltspor. Blått tog er imidlertid overveiende sannsynlig et forangående tog, fordi et motgående tog må kjøre på uriktig spor. Sannsynligheten totalt vurderes derfor til $p_{433}=0.8$.

I tillegg antar vi 2 mulige sikkerhetskritiske feilmodi i dette scenariet; ”feilaktig kjør til rettspor” og ”feilaktig kjør til avviksspor”. Vi antar like stor sannsynlighet for begge, dvs. en fordeling 0.5:0.5. Vi reduserer derfor sannsynligheten for dette scenariet med 50 % og får $p_{433}=0.4$.

I tilfellet med ”feilaktig kjør til avviksspor” vil hastigheten være langt lavere og vi antar at dette ikke medfører sammenstøt med fataliteter. Dessuten vil lokfører være mer ”mistenksom” overfor kjør til avvik for dobbeltsporet strekning – uriktig spor – enn for enkeltsporet strekning. (Vi beskriver derfor ikke dette som et eget scenario.)

Konsekvensen blir som for scenario 431, dvs. $C_{433}=1$ drept, pga lav hastighet.

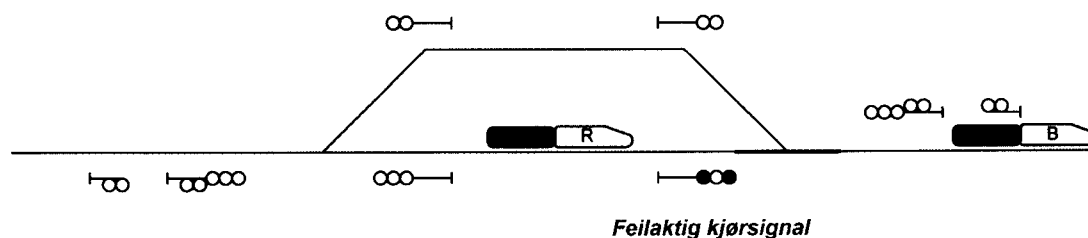
434 Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør

Scenariet er illustrert i Figur 74, og er identisk med scenario 433 med det unntak at rødt tog har gjennomkjør noe som medfører høyere hastighet og større konsekvenser.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 433, dvs. $p_{434}=0.4$, mens konsekvensen pga. større hastighet vurderes til $C_{434}=10$ drepte.

435 Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 75.



Figur 75 435, 436: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; enkeltspor

Rødt tog får feilaktig kjør i utkjør etter forangående (blått) tog. Sammenstøt betinger at rødt tog tar igjen blått tog. Dette kan enten skyldes at blått tog er et mer saktegående tog, eller det kan skyldes at blått tog stopper på linjen. Utsiktet stopp samtidig med signalfeil er lite sannsynlig. Mer sannsynlig er det at blått tog har planlagt stopp ved holdeplass, men da vil blått tog ha passert et eller flere nye signal som vil falle i ”Stopp” slik at rødt tog varsles. Sannsynligheten for sammenstøt front/ende er altså relativt liten og vurderes til $p_{435}^0=0.05$. I tillegg er det 50% sannsynlig at rødt utkjørssignal (for rødt tog) skyldes motgående (blått) tog. Dette gir $p_{435}=0.025$.

Konsekvensen i tilfellet med høy hastighet (relativ hastighet mellom togene) er vurdert til å tilsvare konsekvensene for scenario 432 og 434, dvs. $C_{435}=10$ drepte.

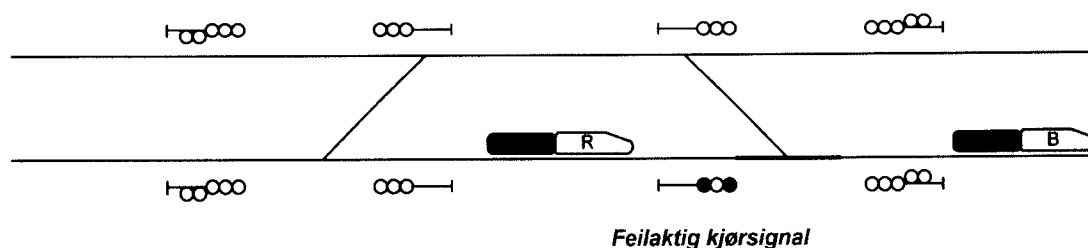
436 Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 75, og er identisk med scenario 435 med det unntak at vi her antar lav relativ hastighet mellom togene og dermed lavere hastighet i sammenstøtet.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 435, dvs. $p_{436}=0.025$, mens konsekvensen pga. lavere relativ hastighet vurderes til $C_{436}=1$ drept.

437 Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 76.



Figur 76 437, 438: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; dobbeltspor

Scenario 437 er identisk med scenario 435 for dobbeltspor. Blått tog er imidlertid overveiende sannsynlig et forangående tog, fordi et motgående tog må kjøre på uriktig spor. Sannsynligheten totalt vurderes derfor til $p_{437}=0.05$.

Konsekvensen blir som for scenario 435, dvs. $C_{437}=10$ drepte, pga høy relativ hastighet.

438 Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 76, og er identisk med scenario 437 med det unntak at vi her antar lav relativ hastighet mellom togene og dermed lavere hastighet i sammenstøtet.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 437, dvs. $p_{438}=0.05$, mens konsekvensen pga. lavere relativ hastighet vurderes til $C_{438}=1$ drept.

V4.1.4.4 Avsporing (44)

Dette gjelder avsporing som skyldes feilaktig kjørsignal. Avsporing som skyldes falsk kontroll på sporveksel (etter at tog har passert innkjørssignal) utgjør ulykkestype 14B og 24.

Dersom innkjørssignal skulle vist "kjør til avvik" og viser feilaktig kjør til rettspor eller gjennomkjør, så kan hastigheten være så stor når sporveksel i avvik passerer at toget sporer av.

Kjør til avvik kan enten skyldes innkjør eller kryssing (med eller uten av- og påstigning), eller forbipassering (uvanlig i avviksspor). Den farligste situasjonen, med tanke på avsporing, vil være dersom lokfører tror at han skal foreta kryssing i avviksspor, men at innkjørssignalet viser gjennomkjør (i rettspor). Hastigheten kan da bli så høy at toget vil spore av i vekselen som ligger til avvik. Ved kun innkjør for av- og påstigning i avviksspor vil lokfører forberede for stopp selv om dette er "flyttet" til rettspor, og hastigheten vil være lav.

Representative scenarier for ulykkestypen avsporing som skyldes feilaktig kjørsignal er:

- 441 Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor
- 442 Dobbeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor (kjør på uriktig spor)

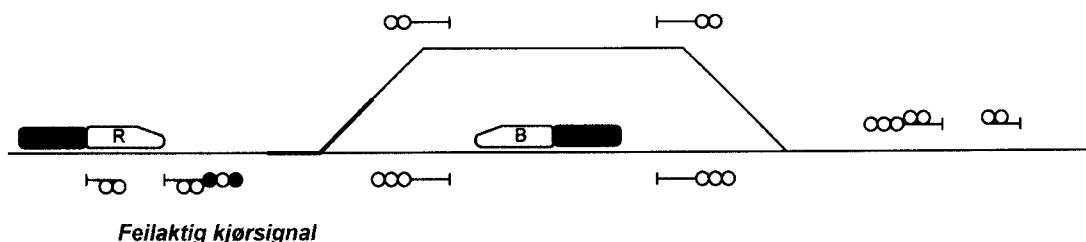
Vekting mellom scenariene baserer seg på forholdstallet mellom enkeltspor og dobbeltpor, dvs. 0.8 : 0.2, og blir som følger:

- Scenario 441: $w_{441}=0.8$
- Scenario 442: $w_{442}=0.2$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

441 Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 77.



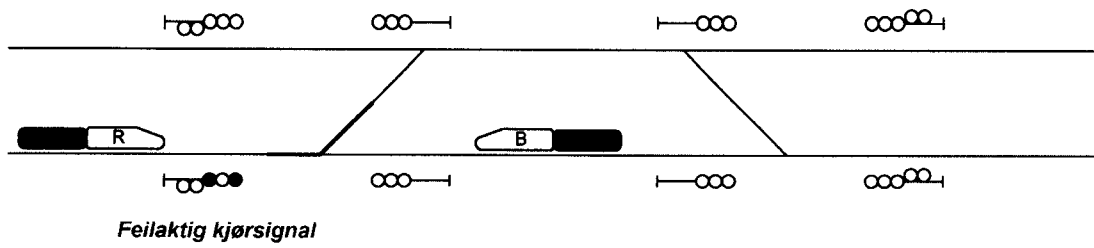
Figur 77 441: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; enkeltspor

Lokfører på rødt tog forventer kryssing i avviksspor, men får feilaktig gjennomkjør i rettspor. Lokfører vet at han skal ha planlagt kryssing i avviksspor og vil muligens redusere hastigheten selv om han får gjennomkjør. Sannsynligheten for avsporing settes til $p_{441}^0=0.5$. Denne korrigeres for at kryssing gitt kjør til avvik utgjør 50 % av tilfellene med kjør til avvik. (De øvrige tilfellene skyldes av- og påstigning eller forbipassering). Dette gir $p_{441}=0.25$. (I dette tilfellet er det kun én sikkerhetskritisk feilmodi, i motsetning til scenario 431.)

Konsekvensene av en avsporing er vurdert til $C_{441}=1$ drept.

442 Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor (kjør på uriktig spor) ⊗

Scenariet er illustrert i Figur 78.



Figur 78 442: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; dobbeltspor

Scenario 442 er identisk med scenario 441 for dobbeltspor. Kryssing på dobbeltspor innebærer imidlertid at blått tog kjører på uriktig spor, noe som reduserer sannsynligheten for scenariet vesentlig. Sannsynligheten totalt vurderes til $p_{442}=0.025$.

Konsekvensen blir som for scenario 441, dvs. $C_{442}=1$ drept.

V4.1.5 Feilaktig kjørsignal/overhastighet (feil i ATC-infrastrukturutrustning)

Feil i ATC (enten pga feil i ATC-infrastrukturutrustning eller pga. feil i ATC-beskjed fra Forriglingsutrustning) kan gi feilaktig kjørsignal eller mindre restriktiv hastighetsbeskjed (med overhastighet som resultat). Risikoen forbundet med feilaktig kjørsignal er hovedsakelig knyttet til muligheten for sammenstøt tog-tog, mens overhastighet gir mulighet for avsporing.

Feilaktig ”kjør” i ATC-panelet antas her å skje uten at de ytre signalene påvirkes. Det innebærer at lokfører i tillegg må overse ytre signal for at sammenstøt tog-tog skal kunne inntreffe. Når det gjelder overhastighet så vil et ytre signal antas å ”komme for sent” i forhold til tilgjengelig bremsestrekning og signalet vil kunne passeres (”sklis forbi”) med mulighet for avsporing i sporveksel.

Modelleringsmessig tar vi utgangspunkt i de samme scenariene (og parameterestimaten) som for sikkerhetskritisk feil 1A, 3 og 4 (dvs. feil som resulterer i ”feilaktig kjørsignal”), men for sammenstøt tog-tog (passering av hovedinnkjørs- eller hovedutkjørssignal) antar vi at lokfører overser det utvendige signalet i 1 av 100 tilfeller og reduserer dermed sannsynlighetene med en faktor 100. Overhastighet håndterer vi gjennom mulighet for avsporing (54) uten at vi reduserer sannsynligheten for passering av signal, fordi ved overhastighet vil man uansett kunne passere et restriktivt signal (”skli forbi”).

V4.1.5.1 Sammenstøt front/front (51)

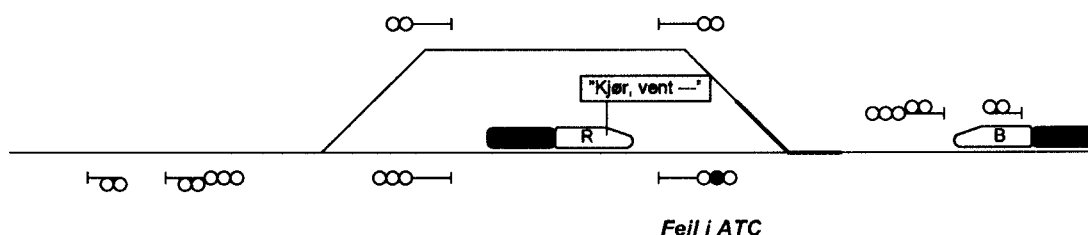
ATC-scenariene 511-514 er i utgangspunktet lik scenariene 111A-114A (se kap. V4.1.1.1), og vi tar utgangspunkt i disse, men vi tar ikke med scenariene 511 og 512 i den videre diskusjonen / presentasjonen fordi sannsynligheten for disse (som for 111A og 112A) er svært lav.

De scenariene som inngår er:

- 513 Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset
- 514 Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset (kjør på uriktig spor)

513 Enkeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset

Scenariet er illustrert i Figur 79.



Figur 79 513: Utkjør etter at motgående tog har krysset; enkeltspor

Vi antar her at ukjørssignalet viser "Stopp", men at det gis kjør-beskjed i ATC-panelet. For at et mulig sammenstøt-scenario skal inntreffe må lokfører i tillegg overse det ytre signalet. For enkelthets skyld gjør vi først en antakelse om at lokfører har oversett det ytre signalet og ser på sannsynlighet og konsekvens for sammenstøt front/front. Deretter reduserer vi sannsynligheten ved å ta hensyn til sannsynligheten for at lokfører overser det utvendige signalet. Vi starter altså med samme betraktning som for scenario 113A.

Vi antar at utkjørssignalet viser "Stopp" fordi det befinner seg tog på neste blokkstrekning. (Vi antar altså at stoppsignal ikke er gitt uten at det befinner seg tog på strekningen). Toget på neste blokkstrekning kan enten være forangående tog eller møtende tog, og vi antar at det er 50% sannsynlighet for møtende tog gitt at signalet skulle vært i "Stopp".

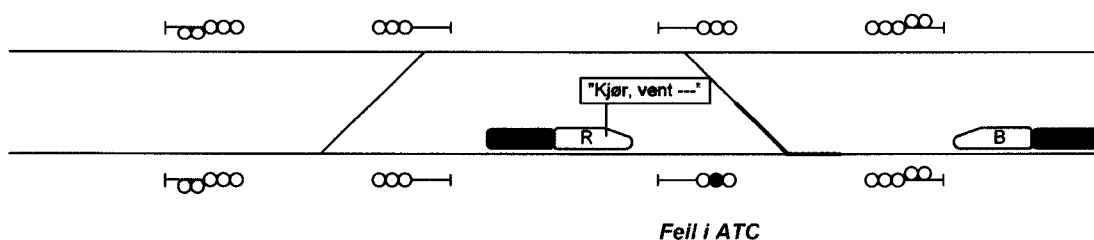
Dersom rødt tog feilaktig passerer utkjørssignal er det stor sannsynlighet for sammenstøt med møtende tog. Forhold som kan forhindre sammenstøt er bl.a. togleders mulighet for å bryte kjørestrømmen (dersom det er elektrisk drift) eller varsle lokførerne gitt at togleder oppdager situasjonen. Det er også en rekke andre forhold som hastighet, sikt, kurvatur og lignende som vil innvirke, men sannsynligheten antas allikevel å være betydelig og er vurdert til $p_{513}^0 = 0.7$. Vi inkluderer nå $p_{\text{blått tog}} = 0.5$, som gir $p_{513} = p_{513}^0 \cdot p_{\text{blått tog}} = 0.7 \cdot 0.5 = 0.35$.

Konsekvensen gitt at ulykken inntreffer er vurdert til $C_{513} = 18$ drepte.

Vi gjør nå en forenklet antakelse om at lokfører passerer/overser restriktivt signal i 1 av 100 tilfeller og reduserer sannsynligheten for sammenstøt med en faktor på 100. I gjennomsnitt er nok dette tallet muligens realistisk, men for utkjør (og spesielt dersom toget starter fra stillstand) er sannsynligheten for at lokfører skal overse signalet mindre enn når toget kommer i høy hastighet. Ved høy hastighet vil det være mindre tid til rådighet for å observere signalbildet. Riktigheten av denne antakelsen er imidlertid ikke kritisk fordi ATC-scenariene bidrar lite til den totale risikoen. Dessuten er risikoen forbundet med overhastighet og avsporing av større betydning enn risikoen for sammenstøt (som jo krever en samtidig feil av lokfører).

514 Dobbeltspor; utkjør etter at motgående tog har krysset (kjør på uriktig spor)

Scenariet er illustrert i Figur 80.



Figur 80 514: Utkjør etter at motgående tog har krysset; dobbeltspor

Scenario 514 er identisk med scenario 513 med unntak av at blått tog i scenario 514 i tillegg kjører på uriktig spor, og det må være ytterligere en feil som forårsaker dette. Dette gjør scenario 514 mindre sannsynlig enn 513. Sannsynligheten for ulykke, inkludert sannsynligheten for at blått tog kjører på uriktig spor, er vurdert til $p_{514}^0 = 0.01$. Justert for 50 % sannsynlighet for motgående tog gir dette en sannsynlighet $p_{514} = 0.005$.

Konsekvensen gitt ulykke vil bli den samme som for scenario 513, men fordi sannsynligheten er mye lavere og også den relative vekten er mindre blir scenario 514 neglisjerbar sammenliknet med scenario 513.

Sannsynligheten blir også her ytterligere redusert ved at lokfører må overse det ytre signalet. Vi benytter her i likhet med scenario 513 en reduksjonsfaktor på 100, dvs lokfører overser restriktivt signal i 1 av 100 tilfeller.

V4.1.5.2 Sammenstøt front/flanke (52)

Sammenstøt front/flanke som skyldes feilaktig kjørsignal som følge av ATC-feil er i likhet med sammenstøt front/flanke som skyldes feilaktig kjørsignal av andre årsaker (12A, 12C, 32 og 42) lite sannsynlig og bidrar marginalt til risikoen. Scenariene 521-524 er derfor utelatt og er her heller ikke presentert.

V4.1.5.3 Sammenstøt front/ende (53)

ATC-scenariene 531-538 er i utgangspunktet lik scenariene 131A-138A (se kap. V4.1.1.1.3), og vi tar utgangspunkt i disse.

De scenariene som inngår er:

- 531 Enkeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp
- 532 Enkeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør
- 533 Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp
- 534 Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør
- 535 Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet
- 536 Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet
- 537 Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet
- 538 Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Vi tar utgangspunkt i de samme vektene som for scenario 131A-138A.

Den relative sannsynligheten for at trafikksituasjonen skal inntreffe (ubetinget på hvorvidt det inntreffer signalfeil – ”feilaktig kjør”) benyttes for å vekte de ulike scenariene. Vektene for scenariene 531-538 er framkommet gjennom følgende antatte forholdstall:

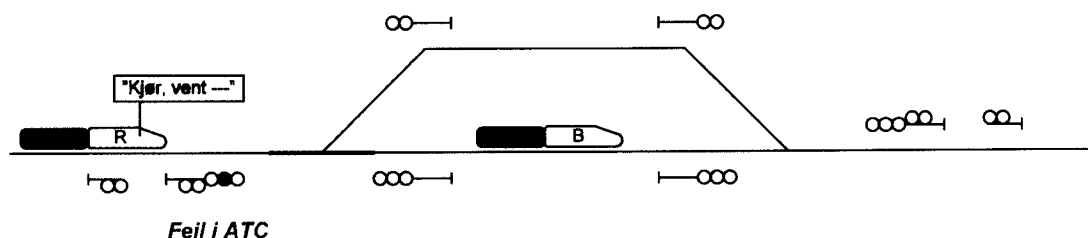
- 1) Enkeltspor : dobbeltspor = 0.8 : 0.2
- 2) Innkjør : utkjør = 0.5 : 0.5
- 3) Stopp : gjennomkjør = 0.5 : 0.5

Vektene blir da:

- Scenario 531: $w_{531}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 532: $w_{532}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 533: $w_{533}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 534: $w_{534}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 535: $w_{535}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 536: $w_{536}=0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.2$
- Scenario 537: $w_{537}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$
- Scenario 538: $w_{538}=0.2 \cdot 0.5 \cdot 0.5=0.05$

531 Enkeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp

Scenariet er illustrert i Figur 81.



Figur 81 531, 532: Innkjør etter forangående tog m/stopp; enkeltspor

Rødt tog har stopp i innkjørssignal, men får feilaktig kjørbeskjed i ATC-panel og overser samtidig det utvendige signalet⁹. Rødt tog vil da med stor sannsynlighet kjøre inn i blått tog. Sammenliknet med utkjørsscenario 523 (123A) vil det være mindre tid til rådighet for togleder å gripe inn, og sannsynligheten vurderes derfor å være noe høyere, dvs. $p_{531}^0=0.8$, og justert for 50 % sannsynlighet for forangående tog (versus motgående tog) gir dette $p_{531}=0.4$.

I tillegg antar vi 2 mulige sikkerhetskritiske feilmodi i dette scenariet; ”feilaktig kjørbeskjed til rettspor” og ”feilaktig kjørbeskjed til avviksspor”. Vi antar like stor sannsynlighet for begge, dvs. en fordeling 0.5:0.5. Vi reduserer derfor sannsynligheten for dette scenariet med 50 % og får $p_{531}=0.2$.

Vi gjør nå en forenklet antakelse om at lokfører passerer/overser restriktivt signal i 1 av 100 tilfeller og reduserer sannsynligheten for sammenstøt med en faktor på 100.

I tilfellet med ”feilaktig kjørbeskjed til avviksspor” vil hastigheten være langt lavere og vi antar at dette ikke medfører sammenstøt med fataliteter. (Vi beskriver derfor ikke dette som et eget scenario.)

Konsekvensen avhenger av hastigheten, og i dette scenariet antar vi at rødt tog har stopp i rettspor for av- og påstigning noe som medfører lav hastighet. Forventet antall drepte er vurdert til $C_{531}=1$.

⁹ Som for sammenstøt front/front tar vi hensyn til dette til slutt (ved at vi reduserer sannsynligheten med en faktor 100).

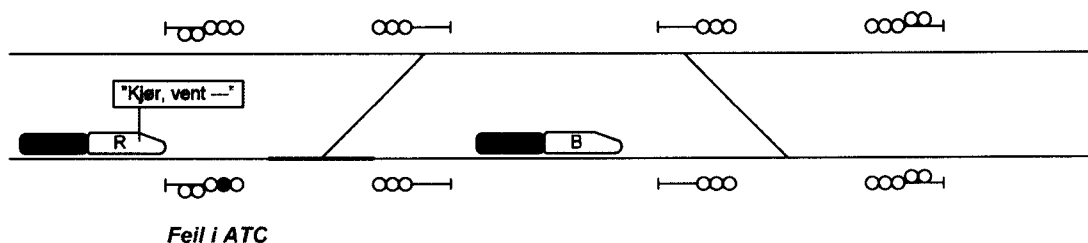
532 Enkeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør

Scenariet er illustrert i Figur 81, og er identisk med scenario 531 med det unntak at rødt tog har gjennomkjør noe som medfører høyere hastighet og større konsekvenser.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 531, dvs. $p_{532}=0.2$, mens konsekvensen pga. større hastighet vurderes til $C_{532}=10$ drepte.

533 Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog m/stopp

Scenariet er illustrert i Figur 82.



Figur 82 533, 534: Innkjør etter forangående tog m/stopp; dobbeltspor

Scenario 533 er identisk med scenario 531 for dobbeltspor. Blått tog er imidlertid overveiende sannsynlig et forangående tog, fordi et motgående tog må kjøre på uriktig spor. Sannsynligheten totalt vurderes derfor til $p_{533}=0.8$.

Som for scenario 531 og 532 antar vi 2 mulige sikkerhetskritiske feilmodi i dette scenariet; "feilaktig kjørbeskjed til rettspor" og "feilaktig kjørbeskjed til avviksspor". Vi antar like stor sannsynlighet for begge, dvs. en fordeling 0.5:0.5. Vi reduserer derfor sannsynligheten for dette scenariet med 50 % og får $p_{533}=0.4$.

Vi gjør nå, som for de øvrige ATC-scenariene, en forenklet antakelse om at lokfører passerer/overser restriktivt signal i 1 av 100 tilfeller og reduserer sannsynligheten for sammenstøt med en faktor på 100.

Konsekvensen blir som for scenario 531, dvs. $C_{533}=1$ drept, pga. lav hastighet.

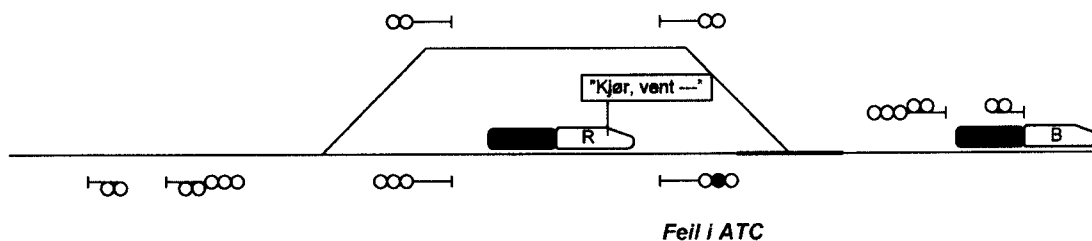
534 Dobbeltspor; innkjør etter forangående tog, gjennomkjør

Scenariet er illustrert i Figur 82, og er identisk med scenario 533 med det unntak at rødt tog har gjennomkjør noe som medfører høyere hastighet og større konsekvenser.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 533, dvs. $p_{334}=0.8$, mens konsekvensen pga. større hastighet vurderes til $C_{334}=10$ drepte. Også her reduseres sannsynligheten for sammenstøt med en faktor 100 basert på at sannsynligheten for at lokfører passerer/overser restriktivt signal settes til $p=0.01$.

535 Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 83.



Figur 83 535, 536: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; enkeltspor

Rødt tog har stopp i utkjørssignal, men får feilaktig kjørbeskjed i ATC-panel og overser samtidig det utvendige signalet. Sammenstøt betinger at rødt tog tar igjen blått (forangående) tog. Dette kan enten skyldes at blått tog er et mer saktegående tog, eller det kan skyldes at blått tog stopper på linjen. Utisiktet stopp samtidig med signalfeil er lite sannsynlig. Mer sannsynlig er det at blått tog har planlagt stopp ved holdeplass, men da vil blått tog ha passert et eller flere nye signal som vil falle i "Stopp" slik at rødt tog varsles. Sannsynligheten for sammenstøt front/ende er altså relativt liten og vurderes til $p_{535}^0 = 0.05$. I tillegg er det 50% sannsynlig at rødt utkjørssignal (for rødt tog) skyldes motgående (blått) tog. Dette gir $p_{535} = 0.025$.

Som tidligere antar vi at sannsynligheten for at lokfører overser utvendig restriktivt signal er $p = 0.01$, og vi reduserer sannsynligheten for sammenstøt tilsvarende (multipliserer med 0.01).

Konsekvensen i tilfellet med høy hastighet (relativ hastighet mellom togene) er vurdert til å tilsvare konsekvensene for scenario 532 og 534, dvs. $C_{535} = 10$ drepte.

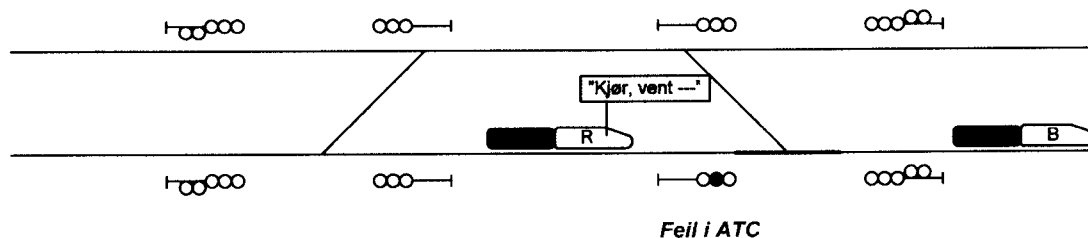
536 Enkeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 83, og er identisk med scenario 535 med det unntak at vi her antar lav relativ hastighet mellom togene og dermed lavere hastighet i sammenstøtet.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 535, mens konsekvensen pga. lavere relativ hastighet vurderes til $C_{336} = 1$ drept.

537 Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, høy hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 84.



Figur 84 537, 538: Utkjør etter forangående tog, høy hastighet; dobbeltspor

Scenario 537 er identisk med scenario 535 for dobbeltspor. Blått tog er imidlertid overveiende sannsynlig et forangående tog, fordi et motgående tog må kjøre på uriktig spor. Sannsynligheten totalt vurderes derfor til $p_{537}=0.05$. Som tidligere må dette multipliseres med 0.01 for å ta hensyn til at lokfører må overse utvendig signal for at scenariet skal kunne skje.

Konsekvensen blir som for scenario 535, dvs. $C_{537}=10$ drepte, pga høy relativ hastighet.

538 Dobbeltspor; utkjør etter forangående tog, lav hastighet

Scenariet er illustrert i Figur 84, og er identisk med scenario 537 med det unntak at vi her antar lav relativ hastighet mellom togene og dermed lavere hastighet i sammenstøtet.

Sannsynligheten er den samme som i scenario 537, mens konsekvensen pga. lavere relativ hastighet vurderes til $C_{538}=1$ drept.

V4.1.5.4 Avsporing (54)

Dette gjelder avsporing som skyldes overhastighet som følge av ATC-feil. Avsporing som skyldes falsk kontroll på sporveksel (etter at tog har passert innkjørssignal) utgjør ulykkestype 14B og 24.

Dersom ATC-panelet skulle vist "kjør til avvik" og viser feilaktig kjør til rettspor eller gjennomkjør, så kan hastigheten være så stor når sporveksel i avvik passerer at toget sporer av.

Kjør til avvik kan enten skyldes innkjør eller kryssing (med eller uten av- og påstigning), eller forbipassering (uvanlig i avviksspor). Den farligste situasjonen, med tanke på avsporing, vil være dersom lokfører tror at han skal foreta kryssing i avviksspor, men at ATC-panelet viser gjennomkjør (i rettspor). Hastigheten kan da bli så høy at toget vil spore av i vekselen som ligger til avvik. Ved kun innkjør for av- og påstigning i avviksspor vil lokfører forberede for stopp selv om dette er "flyttet" til rettspor, og hastigheten vil være lav.

NB! Vi gjør her en konservativ antakelse om at hastighetsbeskjeden fører til overhastighet og at selv om lokfører ser det utvendige signalet så passerer dette med mulighet for avsporing i veksel som resultat. Scenariet krever altså ikke at lokfører overser det utvendige signalet, men det er klart at hastigheten ved sporveksel vil være lavere dersom lokfører oppdager det utvendige signalet sammenliknet med at han overser dette.

Representative scenarier for ulykkestypen avsporing som skyldes feilaktig kjørbeskjed er:

- 541 Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor
- 542 Dobbeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor (kjør på uriktig spor)

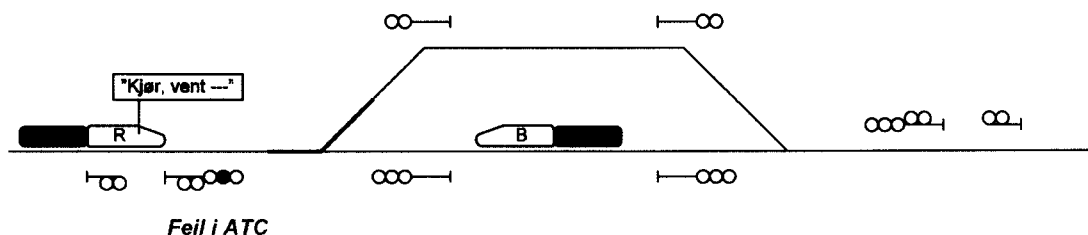
Vekting mellom scenariene baserer seg på forholdstallet mellom enkeltspor og dobbeltspor, dvs. 0.8 : 0.2, og blir som følger:

- Scenario 541: $w_{541}=0.8$
- Scenario 542: $w_{542}=0.2$

I det følgende er hvert enkelt scenario beskrevet og illustrert hver for seg, og estimater for parametrene er gitt basert på ekspertvurderinger og forenklete antakelser.

541 Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor

Scenariet er illustrert i Figur 85.



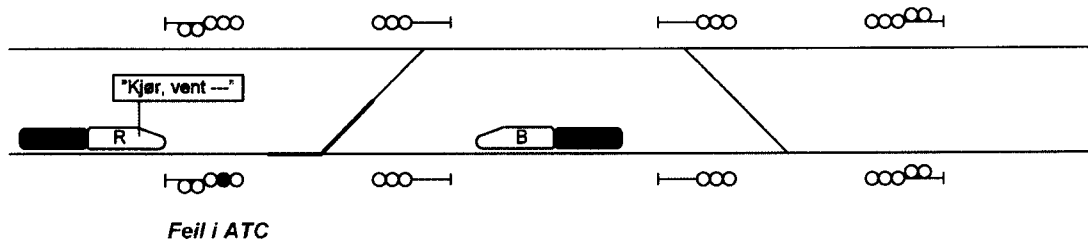
Figur 85 541: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; enkeltspor

Lokfører på rødt tog forventer kryssing i avviksspor, men får feilaktig ATC-beskjed om gjennomkjør i rettspor. Lokfører vet at han skal ha planlagt kryssing i avviksspor og vil muligens redusere hastigheten selv om han får gjennomkjør. Sannsynligheten for avsporing settes til $p_{541}^0=0.5$. Denne korrigeres for at kryssing gitt kjør til avvik utgjør 50 % av tilfellene med kjør til avvik. (De øvrige tilfellene skyldes av- og påstigning eller forbipassering). Dette gir $p_{541}=0.25$. (I dette tilfellet er det kun én sikkerhetskritisk feilmodi, i motsetning til scenario 531.)

Konsekvensene av en avsporing er vurdert til $C_{541}=1$ drept.

542 Enkeltspor; innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor (kjør på uriktig spor)

Scenariet er illustrert i Figur 86.



Figur 86 542: Innkjør for kryssing på stasjon eller kryssingsspor; dobbeltspor

Scenario 542 er identisk med scenario 541 for dobbeltspor. Kryssing på dobbeltspor innebærer imidlertid at blått tog kjører på uriktig spor, noe som reduserer sannsynligheten for scenariet vesentlig. Sannsynligheten totalt vurderes til $p_{542}=0.025$.

Konsekvensen blir som for scenario 541, dvs. $C_{542}=1$ drept.

V4.1.6 Beregning av vektorer

Som nevnt innledningsvis i tilknytning til den overordnede risikomodellen (Figur 2), så er det i tillegg til sannsynlighets- og konsekvensparametrene også nødvendig å fastsette vektorer både internt mellom de enkelte scenariene for en gitt ulykkestype (w_{ijk}), men også mellom ulykkestypene (V_{ij}). Disse vektene er et uttrykk for den relative sannsynligheten for hver av de trafikksituasjonene som inngår i de representative scenariene.

De interne vektene (w_{ijk}) er fastlagt fortløpende som en del av gjennomgangen av hvert enkelt scenario i de foregående kapitlene.

Når det gjelder vektning mellom ulykkestypene (V_{ij}) så er de fastsatt ut fra følgende resonnement:

1. Vektene for samme ulykkestype j er lik fordi samme ulykkestype krever samme trafikksituasjon uavhengig av hvilken sikkerhetskritisk feil som er årsaken, dvs.
 - a. $V_{1jA} = V_{1jC} = V_{3j} = V_{4j} = V_{5j}$, for $j=1, 2, 3, 4$
 - b. $V_{1jB} = V_{2j}$ for $j=1, 2, 3, 4$
2. Scenariene for ulykkestypene front/front ($j=1$) og front/ende ($j=3$) er tilsvarende mht. trafikksituasjon fordi forholdet mellom motgående og forangående tog er 50:50, dvs.
 - a. $V_{i1}/V_{i3}=1$ for $i=1A, 1B, 1C, 2, 3, 4, 5$
3. Enkeltspor versus dobbelspor = 0.8:0.2 innebærer at
 - a. $(S_{i11}+S_{i13}+S_{i31}+S_{i32}+S_{i35}+S_{i36}) : (S_{i12}+S_{i14}+S_{i33}+S_{i34}+S_{i37}+S_{i38}) = 0.8:0.2$
4. Innkjør versus utkjør = 0.5:0.5 innebærer at
 - a. $(S_{i11}+S_{i31}+S_{i32}) : (S_{i13}+S_{i35}+S_{i36}) = 0.5:0.5$
 - b. $(S_{i12}+S_{i33}+S_{i34}) : (S_{i14}+S_{i37}+S_{i38}) = 0.5:0.5$
5. Motgående versus forangående = 0.5:0.5 innebærer at
 - a. $S_{i11} : (S_{i31}+S_{i32}) = 0.5:0.5$
 - b. $S_{i13} : (S_{i35}+S_{i36}) = 0.5:0.5$
6. Innkjør for kryssing på dobbelspor (uvanlig pga. kjøring på uriktig spor) versus innkjør etter forangående tog på dobbeltspor = 0.01:0.99 innebærer at
 - a. $S_{i12} : (S_{i33}+S_{i34}) = 0.01:0.99$
 - b. $S_{i14} : (S_{i37}+S_{i38}) = 0.01:0.99$
7. Betingelsene 1 – 6 gir følgende individuelle scenarivekting for front/front:
 - a. $S_{i11}=0.2$
 - b. $S_{i12}=0.001$
 - c. $S_{i13}=0.2$
 - d. $S_{i14}=0.001$
 - e. (Totalt $S_{i1} \approx 0.4$)
8. For relasjonene mellom front/front og front/flanke scenarier gjelder følgende mht. trafikksituasjon:

- a. $S_{i21}=S_{i11}=0.2$
- b. $S_{i22}=0.25 \times S_{i21}=0.05$ (pga dobbeltspor versus enkeltspor)
- c. $S_{i23}=0.05 \times S_{i21}=0.01$ (pga forbipassering versus kryssing)
- d. $S_{i24}=0.25 \times S_{i22}=0.0025$ (pga dobbeltspor versus enkeltspor)
- e. Totalt gir dette: $S_{i2} \approx 25\%$ av en totalvekt på 1.0.

Basert på relasjonene og betingelsene ovenfor, samt at ulykkestypene som inngår i sammenstøt tog-tog er disjunkte får vi følgende tilnærmede fordeling/vektning:

- Front/front: $V_{i1}=0.4$
- Front/flanke: $V_{i2}=0.2$
- Front/ende: $V_{i3}=0.4$

Dette gjelder for $i=1A, 1C, 3, 4, 5$.

I og med at front/flanke bidrar forholdsvis lite til totalrisikoen (basert på de scenariene vi har lagt til grunn) er det ikke kritisk hvilken vekt front/flanke gis. Det som betyr noe er vektene for front/front og front/ende. De utgjør altså 80% og fordeler seg likt mellom de to ulykkestypene.

Avsporing som følge av feilaktig kjørsignal er ikke disjunkt fra sammenstøt tog-tog. Samme trafikksituasjon kan enten føre til sammenstøt eller avsporing. Trafikksituasjonen for S_{i41} er lik S_{i11} og S_{i42} er lik S_{i12} , noe som innebærer at vekten for avsporing er tilnærmet lik 0.2, altså:

- Avsporing pga feilaktig kjørsignal: $V_{i4}=0.2$

For sikkerhetskritiske feil 1B og 2 er det avsporing som dominerer risikobildet. Vi kan se bort fra bidrag fra sammenstøt tog-tog, og setter derfor vekten lik 1, dvs:

- Avsporing pga falsk kontroll av sporveksel: $V_{m4}=1.0$, for $m=1B, 2$.

Kommentar

Beregning av vektene er forholdsvis kompleks, og en alternativ tilnærming er å estimere/anslå vektene direkte. Vurderingene som er gjort ovenfor med en fordeling 40:20:40 mellom front/front, front/flanke og front/ende innebærer at dette er de prosentvise andelene av trafikksituasjoner som muliggjør de respektive ulykkestypene ved *signalfeil*. En vurdering av disse andelene kan ikke baseres på antall erfarte ulykker av de respektive typene, fordi dette både påvirkes av godheten av eventuelle barrierer, samt at erfarte hendelser kan skyldes andre årsaker enn signalfeil (noe de mest sannsynlig gjør).

V4.2 Parameterestimer - oversikt

V4.2.1 SKF1

Parameterestimatene for SKF1 (sikkerhetskritisk feil 1A, 1B og 1C) er vist i Tabell 20, Tabell 21 og Tabell 22, med unntak av HR-verdiene som er estimert under hver tabell.

Tabell 20 Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 1A

				0,141	0,40	
Sammenstøt tog-tog; Front/front (11A)				0,141	0,40	
111A	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,40	-
112A	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,10	-
113A	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,350	0,40	18
114A	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,005	0,10	18
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (12A)				0,004	0,20	
121A	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,005	0,76	1
122A	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,001	0,19	1
123A	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,005	0,04	10
124A	Dobbeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,001	0,01	10
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (13A)				0,135	0,40	
131A	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,200	0,20	1
132A	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,200	0,20	10
133A	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,400	0,05	1
134A	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,400	0,05	10
135A	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,025	0,20	10
136A	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,025	0,20	1
137A	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,050	0,05	10
138A	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,050	0,05	1
Avsporing (14A)				0,205	0,20	
141A	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,250	0,80	1
142A	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,025	0,20	1

Skjuggelagte (gule) scenarier inngår ikke i kvantifiseringen pga liten betydning for risikoen.

Hasardraten for sikkerhetskritisk feil 1A (HR_{1A}) er:

$$HR_{1A} = \frac{N}{T \cdot 8760 \cdot n_S} = \frac{5}{10 \cdot 8760 \cdot 10000} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ feil per time per sikringsanleggsenhet}$$

Her er

N = antall feil registrert i tidsperioden T (basert på JBV-data for perioden 1995-2004)

T = tidsperioden det er samlet feildata for

n_S = antall signalanleggsenheter (i dette tilfellet sikringsanleggsenheter¹⁰)

¹⁰ Feilene er per "signalutgang", for eksempel feil i signalrele. Vi benytter derfor antall signaler = 10000 i stedet for antall sikringsanlegg = 250.

Tabell 21 Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 1B

Sammenstøt tog-tog; Front/front (11B)						
				0,0001	?	
111B	Enkeltsporet	Kryssing	Feilstilling	0,0001	0,80	10
112B	Dobbeltsporet	"Kryssing"	Feilstilling	0,0001	0,20	15
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (12B)						
Ingen relevante scenarier som skyldes sporvekselsefeil alene						
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (13B)						
				0,0001	?	
131B	Enkeltsporet	Forbipassering	Feilstilling	0,0001	0,80	10
132B	Dobbeltsporet	Forbipassering	Feilstilling	0,0001	0,20	5
Avsporing (14B) NB! Sporvekselsefeil etter at tog har passert innkjøringsignal						
				0,010	1,000	
141B	Enkeltsporet	Gjennomkjør	Feilstilling	0,009	0,032	3
142B	Enkeltsporet	Gjennomkjør	Midstilling	0,010	0,608	3
143B	Dobbeltsporet	Gjennomkjør	Feilstilling	0,009	0,008	3
144B	Dobbeltsporet	Gjennomkjør	Midstilling	0,010	0,152	3
145B	Enkeltsporet	Kryssing	Feilstilling	0,009	0,008	3
146B	Enkeltsporet	Kryssing	Midstilling	0,010	0,144	3
147B	Dobbeltsporet	"Kryssing"	Feilstilling	0,009	0,002	3
148B	Dobbeltsporet	"Kryssing"	Midstilling	0,010	0,036	3
149B	Enkeltsporet	Forbipassering	Feilstilling	0,009	0,000	3
1410B	Enkeltsporet	Forbipassering	Midstilling	0,010	0,008	3
1411B	Dobbeltsporet	Forbipassering	Feilstilling	0,009	0,000	3
1412B	Dobbeltsporet	Forbipassering	Midstilling	0,010	0,002	3

Hasardraten for sikkerhetskritisk feil 1B (HR_{1B}) er:

$$HR_{1B} = \frac{N}{2T \cdot 8760 \cdot n_s} = \frac{1}{2 \cdot 10 \cdot 8760 \cdot 4000} = 1,0 \cdot 10^{-9} \text{ feil per time per sikringsanlegg}$$

Her er

N = antall feil registrert i tidsperioden T (basert på JBV-data for perioden 1995-2004)

T = tidsperioden det er samlet feildata for

n_s = antall signalanleggsenheter (i dette tilfellet antall sikringsanleggsenheter¹¹)

Fordi det ikke er registrert noen feil i tidsperioden T estimeres HR_{1B} ut fra en antakelse om 1 feil i løpet av den doble tidsperioden ($2T$). (Vanlig fremgangsmåte.)

I Tabell 21 (og også noen av de etterfølgende tabellene) er det satt spørsmålsteget (?) for noen av vektene. Det er gjort fordi disse ulykkestypene bidrar lite til risikoen og derfor er tatt ut. Det er da ikke behov for å anslå disse vektene.

¹¹ Feilene er per "sporvekselutgang". Vi benytter derfor antall sporveksler = 4000 i stedet for antall sikringsanlegg = 250.

Tabell 22 Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 1C

				0,001	0,40	
Sammenstøt tog-tog; Front/front (11C)						
111C	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,40	-
112C	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,10	-
113C	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,350	0,40	18
114C	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,005	0,10	18
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (12C)				0,00004	0,20	
121C	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,00500	0,76	1
122C	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,00050	0,19	1
123C	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,00500	0,04	10
124C	Dobbeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,00050	0,01	10
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (13C)				0,001	0,40	
131C	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,200	0,20	1
132C	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,200	0,20	10
133C	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,400	0,05	1
134C	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,400	0,05	10
135C	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,025	0,20	10
136C	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,025	0,20	1
137C	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,050	0,05	10
138C	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,050	0,05	1
Avsporing (14C) - Hovedsakelig pga. overhastighet				0,205	0,20	
141C	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,250	0,80	1
142C	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,025	0,20	1

NB! Samtlige sannsynligheter unntatt for avsporing (14C) er redusert med en faktor 100, men dette fremkommer ikke av Tabell 22 for verdiene for hvert enkelt scenario, kun på totalsannsynlighetene for hver ulykkestype (11C, 12C og 13C). Disse er markert med grønn farge i tabellen.

Hasardraten for sikkerhetskritisk feil 1C (HR_{1C}) er:

$$HR_{1C} = \frac{N}{2T \cdot 8760 \cdot n_s} = \frac{1}{2 \cdot 6 \cdot 8760 \cdot 36} = 2,6 \cdot 10^{-7} \text{ feil per time per sikringsanlegg}$$

Her er

N = antall feil registrert i tidsperioden T (basert på JBV-data for perioden 1999-2004)

T = tidsperioden det er samlet feildata for

n_s = antall signalanleggsenheter (i dette tilfellet antall sikringsanlegg – kun aktuelt for GMB)

Fordi det ikke er registrert noen feil i tidsperioden T estimeres HR_{1C} ut fra en antakelse om 1 feil i løpet av den doble tidsperioden (2T). (Vanlig fremgangsmåte.)

V4.2.2 SKF2

Parameterestimaterne for SKF2 (med unntak av HR₂) er vist i Tabell 23. HR₂ er estimert under tabellen.

Tabell 23 Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 2

Sammenstøt tog-tog; Front/front (21)				0,0001	?	
211	Enkeltsporet	Kryssing	Feilstilling	0,0001	0,80	10
212	Dobbeltporet	"Kryssing"	Feilstilling	0,0001	0,20	15
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (22)					?	
	Ingen relevante scenarier som skyldes sporvekselseil alene					
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (23)				0,0001	?	
231	Enkeltsporet	Forbipassering	Feilstilling	0,0001	0,80	10
232	Dobbeltporet	Forbipassering	Feilstilling	0,0001	0,20	5
Avsporing (24) NB! Sporvekselseil etter at tog har passert innkjørssignal				0,010	1,000	
241	Enkeltsporet	Gjennomkjør	Feilstilling	0,009	0,032	3
242	Enkeltsporet	Gjennomkjør	Midtstilling	0,010	0,608	3
243	Dobbeltporet	Gjennomkjør	Feilstilling	0,009	0,008	3
244	Dobbeltporet	Gjennomkjør	Midtstilling	0,010	0,152	3
245	Enkeltsporet	Kryssing	Feilstilling	0,009	0,008	3
246	Enkeltsporet	Kryssing	Midtstilling	0,010	0,144	3
247	Dobbeltporet	"Kryssing"	Feilstilling	0,009	0,002	3
248	Dobbeltporet	"Kryssing"	Midtstilling	0,010	0,036	3
249	Enkeltsporet	Forbipassering	Feilstilling	0,009	0,000	3
2410	Enkeltsporet	Forbipassering	Midtstilling	0,010	0,008	3
2411	Dobbeltporet	Forbipassering	Feilstilling	0,009	0,000	3
2412	Dobbeltporet	Forbipassering	Midtstilling	0,010	0,002	3

Hasardraten for sikkerhetskritisk feil 2 (HR₂) er:

$$HR_2 = \frac{N}{T \cdot 8760 \cdot n_s} = \frac{5}{10 \cdot 8760 \cdot 4000} = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ feil per time per sporveksel}$$

Her er

N = antall feil registrert i tidsperioden T (basert på JBV-data for perioden 1995-2004)

T = tidsperioden det er samlet feildata for

n_s = antall signalanleggsheter (i dette tilfellet antall sporveksler)

V4.2.3 SKF3

Parameterestimaterne for SKF3 (med unntak av HR_3) er vist i Tabell 24. HR_3 er estimert under tabellen.

Tabell 24 Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 3

				P	V ₂₅	C
Sammenstøt tog-tog; Front/front (31)				0,0014	0,40	
311	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,0000	0,40	-
312	Dobbeltporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,0000	0,10	-
313	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,0035	0,40	18
314	Dobbeltporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,0001	0,10	18
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (32)				0,00004	0,20	
321	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,00005	0,76	1
322	Dobbeltporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,00001	0,19	1
323	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,00005	0,04	10
324	Dobbeltporet	Utkjør etter forbipassering		0,00001	0,01	10
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (33)				0,1602	0,40	
331	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,2000	0,20	1
332	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,2000	0,20	10
333	Dobbeltporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,8000	0,05	1
334	Dobbeltporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,8000	0,05	10
335	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,0003	0,20	10
336	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,0003	0,20	1
337	Dobbeltporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,0005	0,05	10
338	Dobbeltporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,0005	0,05	1
Avsporing (34)				0,205	0,20	
341	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,250	0,80	1
342	Dobbeltporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,025	0,20	1

Hasardraten for sikkerhetskritisk feil 3 (HR_3) er:

$$HR_3 = \frac{N}{T \cdot 8760 \cdot n_s} = \frac{30}{10 \cdot 8760 \cdot 5000} = 4,5 \cdot 10^{-8} \text{ feil per time per sporavsnitt}$$

Her er

N = antall feil registrert i tidsperioden T (basert på JBV-data for perioden 1995-2004)

T = tidsperioden det er samlet feildata for

n_s = antall signalanleggsenheter (i dette tilfellet antall sporavsnitt)

V4.2.4 SKF4

Parameterestimaterne for SKF4 (med unntak av HR₄) er vist i Tabell 25. HR₄ er estimert under tabellen.

Tabell 25 Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 4

Sammenstøt tog-tog; Front/front (41)				0,141	0,40	
411	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,40	-
412	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,10	-
413	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,350	0,40	18
414	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,005	0,10	18
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (42)				0,004	0,20	
421	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,005	0,76	1
422	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,001	0,19	1
423	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,005	0,04	10
424	Dobbeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,001	0,01	10
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (43)				0,135	0,40	
431	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,200	0,20	1
432	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,200	0,20	10
433	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,400	0,05	1
434	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,400	0,05	10
435	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,025	0,20	10
436	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,025	0,20	1
437	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,050	0,05	10
438	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,050	0,05	1
Avsporing (44)				0,205	0,20	
441	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,250	0,80	1
442	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,025	0,20	1

Hasardraten for sikkerhetskritisk feil 4 (HR₄) er:

$$HR_4 = \frac{N}{T \cdot 8760 \cdot n_s} = \frac{2}{10 \cdot 8760 \cdot 10000} = 2,3 \cdot 10^{-9} \text{ feil per time per signal}$$

Her er

N = antall feil registrert i tidsperioden T (basert på JBV-data for perioden 1995-2004)

T = tidsperioden det er samlet feildata for

n_s = antall signalanleggsheter (i dette tilfellet antall signal)

V4.2.5 SKF5

Parameterestimatene for SKF5 (med unntak av HR_5) er vist i Tabell 26. HR_5 er estimert under tabellen.

Tabell 26 Parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 5

				P	Q	C
Sammenstøt tog-tog; Front/front (51)				0,001	0,40	
511	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,40	-
512	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,10	-
513	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,350	0,40	18
514	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,005	0,10	18
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (52)				0,00004	0,20	
521	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,00500	0,76	1
522	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,00050	0,19	1
523	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,00500	0,04	10
524	Dobbeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,00050	0,01	10
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (53)				0,001	0,40	
531	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,200	0,20	1
532	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,200	0,20	10
533	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,400	0,05	1
534	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,400	0,05	10
535	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,025	0,20	10
536	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,025	0,20	1
537	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,050	0,05	10
538	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,050	0,05	1
Avsporing (54) - Hovedsakelig pga. overhastighet				0,205	0,20	
541	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,250	0,80	1
542	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,025	0,20	1

NB! Samtlige sannsynligheter unntatt for avsporing (54) er redusert med en faktor 100, men dette fremkommer ikke av Tabell 26 for verdiene for hvert enkelt scenario, kun på totalsannsynlighetene for hver ulykkestype (51, 52 og 53). Disse er markert med grønn farge i tabellen.

Hasardraten for sikkerhetskritisk feil 5 (HR_5) er:

$$HR_5 = \frac{N}{2T \cdot 8760 \cdot n_s} = \frac{1}{2 \cdot 10 \cdot 8760 \cdot 10000} = 5,7 \cdot 10^{-10} \text{ feil per time per ATC-enhet}$$

Her er

N = antall feil registrert i tidsperioden T (basert på JBV-data for perioden 1995-2004)

T = tidsperioden det er samlet feildata for

n_s = antall signalanleggsenheter (i dette tilfellet antall sikringsanlegg – kun aktuelt for GMB)

Fordi det ikke er registrert noen feil i tidsperioden T estimeres HR_5 ut fra en antakelse om 1 feil i løpet av den doble tidsperioden ($2T$). (Vanlig fremgangsmåte.)

Alle hasardratene er angitt i Tabell 13 i kapittel 5.5.1.

V4.3 Nye parameterestimater

V4.3.1 SKF1

De nye parameterestimaterne for SKF1 (sikkerhetskritisk feil 1A, 1B og 1C) er vist i Tabell 27, Tabell 28 og Tabell 29. HR-verdiene er ikke endret.

Tabell 27 Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 1A

				P	Var	C
Sammenstøt tog-tog; Front/front (11A)				0,0705	0,40	
111A	Enkeltporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,0000	0,40	-
112A	Dobbeltporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,0000	0,10	-
113A	Enkeltporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,1750	0,40	10
114A	Dobbeltporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,0050	0,10	10
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (12A)				0,0041	0,20	
121A	Enkeltporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,0050	0,76	1
122A	Dobbeltporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,0005	0,19	1
123A	Enkeltporet	Utkjør etter forbipassering		0,0050	0,04	5
124A	Dobbeltporet	Utkjør etter forbipassering		0,0005	0,01	5
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (13A)				0,0675	0,40	
131A	Enkeltporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,1000	0,20	1
132A	Enkeltporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,1000	0,20	5
133A	Dobbeltporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,2000	0,05	1
134A	Dobbeltporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,2000	0,05	5
135A	Enkeltporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,0125	0,20	5
136A	Enkeltporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,0125	0,20	1
137A	Dobbeltporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,0250	0,05	5
138A	Dobbeltporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,0250	0,05	1
Avsporing (14A)				0,1025	0,20	
141A	Enkeltporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,1250	0,80	1
142A	Dobbeltporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,0125	0,20	1

Tabell 28 Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 1B

Sammenstøt tog-tog; Front/front (11B)				0,0001	?	
111B	Enkeltsporet	Kryssing	Feilstilling	0,0001	0,80	5
112B	Dobbeltsporet	"Kryssing"	Feilstilling	0,0001	0,20	8
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (12B)					?	
	Ingen relevante scenarier som skyldes sporveksselfeil alene					
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (13B)				0,0001	?	
131B	Enkeltsporet	Forbipassering	Feilstilling	0,0001	0,80	5
132B	Dobbeltsporet	Forbipassering	Feilstilling	0,0001	0,20	3
Avsporing (14B) NB! Sporveksselfeil etter at tog har passert innkjørssignal				0,010	1,000	
141B	Enkeltsporet	Gjennomkjør	Feilstilling	0,009	0,032	2
142B	Enkeltsporet	Gjennomkjør	Midtstilling	0,010	0,608	2
143B	Dobbeltsporet	Gjennomkjør	Feilstilling	0,009	0,008	2
144B	Dobbeltsporet	Gjennomkjør	Midtstilling	0,010	0,152	2
145B	Enkeltsporet	Kryssing	Feilstilling	0,009	0,008	2
146B	Enkeltsporet	Kryssing	Midtstilling	0,010	0,144	2
147B	Dobbeltsporet	"Kryssing"	Feilstilling	0,009	0,002	2
148B	Dobbeltsporet	"Kryssing"	Midtstilling	0,010	0,036	2
149B	Enkeltsporet	Forbipassering	Feilstilling	0,009	0,000	2
1410B	Enkeltsporet	Forbipassering	Midtstilling	0,010	0,008	2
1411B	Dobbeltsporet	Forbipassering	Feilstilling	0,009	0,000	2
1412B	Dobbeltsporet	Forbipassering	Midtstilling	0,010	0,002	2

Tabell 29 Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 1C

				P	Q	C
Sammenstøt tog-tog; Front/front (11C)				0,001	0,40	
111C	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,40	-
112C	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,10	-
113C	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,175	0,40	10
114C	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,005	0,10	10
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (12C)				0,00004	0,20	
121C	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,00500	0,76	1
122C	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,00050	0,19	1
123C	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,00500	0,04	5
124C	Dobbeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,00050	0,01	5
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (13C)				0,0007	0,40	
131C	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,1000	0,20	1
132C	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,1000	0,20	5
133C	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,2000	0,05	1
134C	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,2000	0,05	5
135C	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,0125	0,20	5
136C	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,0125	0,20	1
137C	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,0250	0,05	5
138C	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,0250	0,05	1
Avsporing (14C) - Hovedsakelig pga. overhastighet				0,1025	0,20	
141C	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,1250	0,80	1
142C	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,0125	0,20	1

V4.3.2 SKF2

De nye parameterestimaterne for SKF2 er vist i Tabell 30. HR-verdien er ikke endret.

Tabell 30 Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 2

Sammenstøt tog-tog; Front/front (21)				0,0001	?	
211	Enkeltsporet	Kryssing	Feilstilling	0,0001	0,80	5
212	Dobbeltporet	"Kryssing"	Feilstilling	0,0001	0,20	8
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (22)					?	
	Ingen relevante scenarier som skyldes sporvekselsefeil alene					
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (23)				0,0001	?	
231	Enkeltsporet	Forbipassering	Feilstilling	0,0001	0,80	5
232	Dobbeltporet	Forbipassering	Feilstilling	0,0001	0,20	3
Avsporing (24) NB! Sporvekselsefeil etter at tog har passert innkjørssignal				0,010	1,000	
241	Enkeltsporet	Gjennomkjør	Feilstilling	0,009	0,032	2
242	Enkeltsporet	Gjennomkjør	Midtstilling	0,010	0,608	2
243	Dobbeltporet	Gjennomkjør	Feilstilling	0,009	0,008	2
244	Dobbeltporet	Gjennomkjør	Midtstilling	0,010	0,152	2
245	Enkeltsporet	Kryssing	Feilstilling	0,009	0,008	2
246	Enkeltsporet	Kryssing	Midtstilling	0,010	0,144	2
247	Dobbeltporet	"Kryssing"	Feilstilling	0,009	0,002	2
248	Dobbeltporet	"Kryssing"	Midtstilling	0,010	0,036	2
249	Enkeltsporet	Forbipassering	Feilstilling	0,009	0,000	2
2410	Enkeltsporet	Forbipassering	Midtstilling	0,010	0,008	2
2411	Dobbeltporet	Forbipassering	Feilstilling	0,009	0,000	2
2412	Dobbeltporet	Forbipassering	Midtstilling	0,010	0,002	2

V4.3.3 SKF3

De nye parameterestimaterne for SKF3 er vist i Tabell 31. HR-verdien er ikke endret.

Tabell 31 Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 3

Sammenstøt tog-tog; Front/front (31)				0,0007	0,40	
311	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,0000	0,40	-
312	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,0000	0,10	-
313	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,0018	0,40	10
314	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,0001	0,10	10
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (32)				0,00004	0,20	
321	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,00005	0,76	1
322	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,00001	0,19	1
323	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,00005	0,04	5
324	Dobbeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,00001	0,01	5
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (33)				0,08008	0,40	
331	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,10000	0,20	1
332	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,10000	0,20	5
333	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,40000	0,05	1
334	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,40000	0,05	5
335	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,00013	0,20	5
336	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,00013	0,20	1
337	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,00025	0,05	5
338	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,00025	0,05	1
Avsporing (34)				0,00205	0,20	
341	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,00250	0,80	1
342	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,00025	0,20	1

V4.3.4 SKF4

De nye parameterestimaterne for SKF4 er vist i Tabell 32. HR-verdien er ikke endret.

Tabell 32 Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 4

				P	V _{HR}	C
Sammenstøt tog-tog; Front/front (41)				0,071	0,40	
411	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,40	-
412	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,10	-
413	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,175	0,40	10
414	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,005	0,10	10
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (42)				0,004	0,20	
421	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,005	0,76	1
422	Dobbeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,001	0,19	1
423	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,005	0,04	5
424	Dobbeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,001	0,01	5
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (43)				0,068	0,40	
431	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,100	0,20	1
432	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,100	0,20	5
433	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,200	0,05	1
434	Dobbeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,200	0,05	5
435	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,013	0,20	5
436	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,013	0,20	1
437	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,025	0,05	5
438	Dobbeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,025	0,05	1
Avsporing (44)				0,205	0,20	
441	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,250	0,80	1
442	Dobbeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,025	0,20	1

V4.3.5 SKF5

De nye parameterestimaterne for SKF5 er vist i Tabell 33. HR-verdien er ikke endret.

Tabell 33 Justerte parameterverdier for sikkerhetskritisk feil 5

				0,001	0,40	
Sammenstøt tog-tog; Front/front (51)						
511	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,40	-
512	Dobbeltporet	Innkjør for kryssing	Kjør rettspor	0,000	0,10	-
513	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,175	0,40	10
514	Dobbeltporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,005	0,10	10
Sammenstøt tog-tog; Front/flanke (52)				0,00004	0,20	
521	Enkeltsporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,00500	0,76	1
522	Dobbeltporet	Utkjør etter motgående tog har krysset		0,00050	0,19	1
523	Enkeltsporet	Utkjør etter forbipassering		0,00500	0,04	5
524	Dobbeltporet	Utkjør etter forbipassering		0,00050	0,01	5
Sammenstøt tog-tog; Front/ende (53)				0,0007	0,40	
531	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,1000	0,20	1
532	Enkeltsporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,1000	0,20	5
533	Dobbeltporet	Innkjør etter forangående tog, stopp	Kjør rettspor	0,2000	0,05	1
534	Dobbeltporet	Innkjør etter forangående tog, gj.kjør	Kjør rettspor	0,2000	0,05	5
535	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,0125	0,20	5
536	Enkeltsporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,0125	0,20	1
537	Dobbeltporet	Utkjør etter forangående tog, høy hast.		0,0250	0,05	5
538	Dobbeltporet	Utkjør etter forangående tog, lav hast.		0,0250	0,05	1
Avsporing (54) - Hovedsakelig pga. overhastighet				0,1025	0,20	
541	Enkeltsporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,1250	0,80	1
542	Dobbeltporet	Innkjør for kryssing i avviksspor	Kjør avvik	0,0125	0,20	1