



Analyse av nytt dekningsgivende objekt

2016-09-08

Terje Sivertsen, sjefingeniør

Jernbaneverket Teknologi Jernbaneteknikk Signal

Innhold

1	Innledning.....	1
2	Metode.....	3
3	Resultater	5
3.1	Sikkerhet	5
3.2	Integritet.....	5
4	Diskusjon.....	10
5	Oppsummering.....	10

Revisjonshistorikk

Rev.	Dato	Forfatter	Endring
0.1	2016-08-11	Terje Sivertsen	Utkast til analysemøte
0.2	2016-08-22	Terje Sivertsen	Oppdatert utkast etter analysemøte
0.3	2016-09-06	Terje Sivertsen	Oppdatert etter analysedeltakernes gjennomgang
1.0	2016-09-08	Terje Sivertsen	Ingen endringer fra Rev. 0.3 annet enn oppdatert versjonsinformasjon

1 Innledning

Jernbaneverket benytter i dag to typer dekningsgivende objekter for tilsiktet avsporing, nemlig sporsperrer og sporveksler. En tredje mulighet er det som på engelsk omtales som *catch points*, som gir avsporing ved hjelp av enkle eller doble tungeanordninger, omtalt henholdsvis som *single catch points* og *double catch points*. Løsningen er vanlig i bruk blant annet i Storbritannia og USA. Etersom Jernbaneverket foreløpig ikke har definert noen norskspråklig betegnelse for begrepet, benytter herværende notat den engelskspråklige betegnelsen *catch points*.



For å vurdere om løsningen skal tillates innført i Norge, er det nødvendig å etablere en god forståelse av eventuelle risikoforhold. Herværende notat bidrar til dette gjennom en fareidentifisering, gjennomført dels som en analyse av topphendelser og som en HazOp-studie.

På overordnet nivå må en analyse av catch points som dekningsgivende objekt innebære prinsipielt følgende tre forhold, nemlig effektivitet, sikkerhet og integritet:

- *Effektivitet:* Funksjonen er en effektiv måte å stanse rullende materiell på.
- *Sikkerhet:* Funksjonen introduserer ikke uakseptabel risiko.
- *Integritet:* Funksjonen har den nødvendige integritet mot farlig svikt.

Funksjonens effektivitet ligger utenfor det som kan håndteres i en risikoanalyse, og er derfor ikke håndtert i herværende notat. Funksjonens sikkerhet analyseres i gjennom en sammenlikning mot bruk av sporveksler for samme formål, mot definerte topphendelser og med identifisering av aktuelle tiltak. Funksjonens integritet analyseres gjennom en HazOp-studie som identifiserer farer og aktuelle tiltak.

Catch points kan benyttes for samme formål som sporsperrer, men er mer effektive med hensyn til å sikre faktisk avsporing, spesielt i høyere hastigheter. For materiell som beveger seg i meget lav hastighet, har sporsperrer den fordel sammenliknet med catch points at de kan stanse materiellet uten å avspore. Avveiningen mellom viktigheten av å stanse materiellet og samtidig hindre avsporing, har dermed betydning for valg av løsning. Det betyr også at det primære bruksområdet for catch points vil være å gi et alternativ til dagens bruk av sporveksler for formålet, som er en vesentlig dyrere og mer plasskrevende løsning enn bruk av catch points. Herværende notat har derfor valgt å analysere løsningens sikkerhet gjennom en sammenlikning mot bruk av sporveksler for samme formål. Samme tilnærming kan benyttes for analyse av løsningens effektivitet, men dette er som nevnt utenfor omfanget av notatet.

Catch points kan som nevnt benyttes med bruk av både enkel og dobbel tunge. Erfaring fra andre land indikerer at begge løsninger er effektive med hensyn til å sikre avsporing og dermed stanse rullende materiell. Herværende notat tar som utgangspunkt at dobbel catch point er like effektiv som en sporveksel for formålet, og analyserer ikke separat for enkle og doble catch points. Det tas utgangspunkt i at løsningen skal kunne benyttes som et alternativt tiltak basert på eksisterende regelverk for dekningsgivende objekter, i første omgang som erstatning for bruk av sporveksel.

Analysen av funksjonens sikkerhet avgrenses til der hvor det forventes å kunne finnes forskjeller fra bruk av sporveksel, nemlig hva som skjer etter at kjøretøy passerer stopp-punkt.

Når det gjelder funksjonens integritet, er det i utgangspunktet ingen andre farer enn de som allerede finnes for sporveksler. For ordens skyld gjør likevel notatet en fareidentifisering som en del av analysen, ettersom dette bidrar til å sikre at nødvendige tiltak gjøres.

2 Metode

Analysen av catch points ble gjennomført på følgende måte:

1. Det ble utarbeidet et notat som basis for en integritetsvurdering av løsningen basert på en HazOp-studie (Rev. 0.1 av herværende notat).
2. Det ble gjennomført et analysemøte fredag 12. august 2016, der det etter en diskusjon rundt mulige tilnærminger ble besluttet at analysen skulle fokusere på sikkerheten av tiltaket sammenlignet med bruk av sporveksel for samme formål. Analysen ble gjennomført på samme møte.
3. På basis av resultatene fra analysemøtet ble notatet oppdatert, og i den forbindelse gjort et utkast til integritetsvurdering (Rev. 0.2).
4. Det oppdaterte notatet ble sendt til individuell gjennomgang hos samtlige deltakere på analysemøtet, og oppdatert på basis av tilbakemeldingene fra denne gjennomgangen (Rev. 0.3).
5. Endelig notat ble utarbeidet (Rev. 1.0).

Forfatter av notatet fungerte som prosessleder for analysemøtet, hvor følgende personer deltok (ordnet alfabetisk), samtlige fra Teknologi Jernbaneteknikk:

- Ronald Hortman
- Christopher Schive
- Terje Sivertsen
- Maria Kristine Skartsæterhagen
- Per Herman Sørлие
- Frode Teigen

Analysegruppens sammensetning bedømmes som adekvat for analysen.

Analysen fulgte følgende fremgangsmåte:



- Analysens omfang ble avgrenset til å identifisere og vurdere forskjeller fra bruk av sporveksler, og på basis av dette identifisere aktuelle tiltak.
- Aktuelle topphendelser ble identifisert, sammen med mulige årsaker.
- Risikoen knyttet til topphendelsene ble vurdert gjennom å sammenlikne bruken av catch point og sporveksel for samme formål.
- På basis av risikovurderingen ble det identifisert tiltak for å sikre at catch points kan aksepteres som alternativ til sporveksel for formålet.

Et utkast til analysen av funksjonens integritet ble gjort av forfatteren etter analysemøtet, og presentert i det oppdaterte notatet (Rev. 02). Analysen ble gjennomført som en HazOp-studie for å identifisere eventuelle farer assosiert med objektets ulike tilstander. På grunnlag av analyseresultatene, foreslås tiltak som gir barrierer mot farene identifisert gjennom analysen, knyttet til de ulike forholdene som kan forårsake disse.

Grunnleggende for gjennomføringen av en HAZOP-studie er anvendelsen av ledeord som et middel til å anspore identifiseringen av potensielle farer. I herværende analyse ble følgende generelle ledeord benyttet:

Ledeord	Mening
Ingen/ikke	Komplett negasjon av hensikten
Mer/flere	Kvantitativ økning
Mindre/færre	Kvantitativ nedgang
Så vel som	Kvalitativ modifisering/økning
Del av	Kvalitativ modifisering/ nedgang
Motsatt	Logisk motsatt av hensikten
Annen	Komplett erstatning
Tidlig	Tidligere i tid
Sen	Senere i tid
Før	Tidligere i rekkefølge/sekvens
Etter	Senere i rekkefølge/sekvens

Det ble ikke identifisert behov for ledeord spesifikke for det aktuelle objektet, da alle tenkelige avvik fra objektets spesifiserte tilstander syntes å være dekket av de generelle ledeordene.

3 Resultater

I dette avsnittet presenteres resultatene fra analysene av objektet.

3.1 Sikkerhet

Følgende tabell presenterer resultatene av analysen av relevante topphendelser ved bruk av catch points og sammenlikningen med bruk av sporveksler for samme formål.

Nr.	Topphendelse	Årsak	Sammenlikning	Kommentar	Tiltak
1	Sammenstøt tog-tog	Toget kommer utilsiktet inn i middel til nabospor, hvor det er eller ankommer rullende materiell	Noe større sannsynlighet for sammenstøt enn med sporveksel, grunnet noe større sannsynlighet for at avsporet materiell ikke ledes bort fra farepunkt	Togdeteksjon forhindrer annet tog i nabosporet, forutsatt at dette ikke allerede har passert signal eller allerede befinner seg i nabosporet Tilstedeværende personell vil kunne oppdage at det er fare for sammenstøt og varsle om dette	Prosjektore tilstrekkelig sporavstand mellom catch point og farepunkt
2	Sammenstøt tog-objekt	Prosjekteringsfeil eller tilfeldige objekter	For faste eller hensatte objekter vil det være større sannsynlighet for sammenstøt enn med sporveksel, ettersom bruk av sporveksel gir bedre kontroll på toget For tilfeldige objekter uavhengig av spor, eksempelvis dyr, vil sannsynligheten for sammenstøt være omtrent den samme som for sporveksler	Topphendelsen kan medføre brann eller miljøskader, i tillegg til skade på tog og objekt Manglende kontroll på toget skyldes blant annet fare for velt (avhenger av måten den kinetiske energien fra toget tas opp på)	Prosjektore tilstrekkelig avstand mellom catch point og faste objekter eller områder for hensetting av objekter Etablere gode analysemetoder for å understøtte prosjekteringen
3	Avsporing	Avsporing av kjøretøy som passerer stopp-punktet	Kjøretøy som passerer stopp-punktet vil spore av tidligere enn med en sporveksel, ettersom en komplett sporveksel gir kontroll over en lengre strekning og dermed bedre muligheter for å stoppe kjøretøyet før det sporer av		

3.2 Integritet

Det dekningsgivende objektets forventede oppførsel kan beskrives med en enkel tilstandsmaskin bestående av følgende fire tilstander, hvor tilstandsovergangene går i rekkefølgen 1-2-3-4-1, osv.:

1. Objektet holdes i avspøringsposisjon (normalstilling)



2. Objektet omlegges til passeringsposisjon
3. Objektet holdes i passeringsposisjon
4. Objektet omlegges til avspøringsposisjon

Tilstandsovergangen fra 1 til 2 og fra 3 til 4 skjer som respons på ytre stimuli, mens tilstandsovergangen fra 2 til 3 og fra 4 til 1 kan betraktes som en del av systemets egenkontroll. Avhengig av løsning, vil tilstandsovergangen fra 3 til 4 kunne skje automatisk for å sikre at objektet omlegges til normalsituasjonen så snart betingelsene for at objektet holdes i passeringsposisjon opphører.

Resultatene fra HazOp-studien er gitt i følgende tabell:

Nr.	Ledeord	Avvik	Mulige årsaker	Mulige konsekvenser	Sikringsmekanismer	Kommentar	Tiltak
1 Objektet holdes i avspøringsposisjon (normalstilling)							
1.1	Ingen/ikke	Objektet holdes ikke i avspøringsposisjon	Fysiske motkrefter tvinger tungene ut av avspøringsposisjon	Sammenstøt på grunn av manglende avsporing	Låsning av tungene i avspøringsposisjon	Fysiske motkrefter kan være f.eks. ekspanderende materiale	Verifisere at låsningen i avspøringsposisjon er like effektiv som for sporveksler
			Feilaktig ordre om omlegging		-	Det må være mulig å legge om tungene fra avspøringsposisjon	Ingen
			Teknisk feil i styring av objektet		Integriteten av signalsystemet	-	Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som for styring av sporveksler
1.2	Mer/flere	Ikke relevant					
1.3	Mindre/færre	Ikke relevant					
1.4	Så vel som	Ikke relevant					
1.5	Del av	Kun en av tungene holdes i avspøringsposisjon	Fysiske motkrefter tvinger en av tungene ut av avspøringsposisjon	Ingen	-	Det er tilstrekkelig at en av tungene ligger i avspøringsposisjon	Ingen
1.6	Motsatt	Objektet holdes i passeringsposisjon	Teknisk feil i styring av objektet	Sammenstøt på grunn av manglende avsporing	Integriteten av signalsystemet	-	Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som for styring av sporveksler
1.7	Annen	Ikke relevant					
1.8	Tidlig	Ikke relevant					



1.9	Sen	Objektet holdes i avsporingsposisjon for lenge	Menneskelig feil Teknisk feil i styring av objektet	Utsiktet avsporing	Integriteten av signalsystemet	Ingen forskjell fra sporveksler -	Ingen Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som for styring av sporveksler
1.10	Før	Ikke relevant					
1.11	Etter	Ikke relevant					
2	Objektet omlegges til passeringsposisjon						
2.1	Ingen/ikke	Objektet omlegges ikke til passeringsposisjon	Manglende ordregiving Teknisk feil i styring av objektet	Utsiktet avsporing	Førrigling Integriteten av signalsystemet	Ingen forskjell fra sporveksler -	Ingen Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som for styring av sporveksler
2.2	Mer/flere	Ikke relevant					
2.3	Mindre/færre	Objektet legges ikke helt over i passeringsposisjon	Fysiske motkrefter hindrer omleggingen Teknisk feil i styring av objektet	Utsiktet avsporing	Førrigling Integriteten av signalsystemet	Fysiske motkrefter kan være f.eks. pukk i skinnegangen -	Verifisere at omleggingen er like effektiv som for sporveksler Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som for styring av sporveksler
2.4	Så vel som	Ikke relevant					
2.5	Del av	Kun en av tungene legges over i passeringsposisjon	Se 2.3				
2.6	Motsatt	Objektet omlegges til avsporingsposisjon	Teknisk feil i styring av objektet	Utsiktet avsporing	Førrigling Integriteten av signalsystemet	-	Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som for styring av sporveksler
2.7	Annen	Ikke relevant					
2.8	Tidlig	Objektet omlegges til passeringsposisjon for tidlig	Menneskelig feil Teknisk feil i styring av objektet	Sammenstøt på grunn av manglende avsporing	- Integriteten av signalsystemet	Ingen forskjell fra sporveksler -	Ingen Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som for styring av sporveksler
2.9	Sen	Objektet omlegges til	Menneskelig feil	Utsiktet avsporing	-	Ingen forskjell fra sporveksler	Ingen



		passeringsposisjon for sent	Teknisk feil i styring av objektet		Integriteten av signalsystemet	-	Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som for styring av sporveksler
2.10	Før	Ikke relevant					
2.11	Etter	Ikke relevant					
3 Objektet holdes i passeringsposisjon							
3.1	Ingen/ikke	Objektet holdes ikke i passeringsposisjon	Fysiske motkrefter tvinger tungene ut av passeringsposisjon	Utilsiktet avsporing	Låsing av tungene i passeringsposisjon	Fysiske motkrefter kan være f.eks. ekspanderende materiale	Verifisere at låsingen i passeringsposisjon er like effektiv som for sporveksler
			Feilaktig ordre om omlegging		Forrigling	Det må være mulig å legge om tungene fra passeringsposisjon, så sant det ikke er i konflikt med fastlagte tog-/skifteveier	Verifisere at forriglingen er like sikker og har samme integritet som for sporveksler
			Teknisk feil i styring av objektet		Integriteten av signalsystemet	-	Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som for styring av sporveksler
3.2	Mer/flere	Ikke relevant					
3.3	Mindre/færre	Ikke relevant					
3.4	Så vel som	Ikke relevant					
3.5	Del av	Kun en av tungene holdes i passeringsposisjon	Fysiske motkrefter tvinger en av tungene ut av passeringsposisjon	Utilsiktet avsporing	Låsing av tungene i passeringsposisjon	-	Verifisere at låsingen i passeringsposisjon er like effektiv som for sporveksler
3.6	Motsatt	Objektet holdes i avsporingposisjon	Teknisk feil i styring av objektet	Utilsiktet avsporing	Integriteten av signalsystemet	-	Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som for styring av sporveksler
3.7	Annen	Ikke relevant					
3.8	Tidlig	Ikke relevant					
3.9	Sen	Objektet holdes i passeringsposisjon for lenge	Menneskelig feil	Sammenstøt på grunn av manglende avsporing	Integriteten av signalsystemet	Ingen forskjell fra sporveksler	Ingen
			Teknisk feil i styring av objektet			-	Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som



							for styring av sporveksler
3.10	Før	Ikke relevant					
3.11	Etter	Ikke relevant					
4	Objektet omlegges til avspøringsposisjon						
4.1	Ingen/ikke	Objektet omlegges ikke til avspøringsposisjon	Manglende ordregiving	Sammenstøt på grunn av manglende avsporing	Førrigling	Ingen forskjell fra sporveksler	Ingen
			Teknisk feil i styring av objektet		Integriteten av signalsystemet		-
4.2	Mer/flere	Ikke relevant					
4.3	Mindre/færre	Objektet legges ikke helt over i avspøringsposisjon	Fysiske motkrefter hindrer omleggingen	Sammenstøt på grunn av manglende avsporing	Førrigling	Fysiske motkrefter kan være f.eks. pukk i skinnegangen	Verifisere at omleggingen er like effektiv som for sporveksler
			Teknisk feil i styring av objektet		Integriteten av signalsystemet		-
4.4	Så vel som	Ikke relevant					
4.5	Del av	Kun en av tungene legges over i avspøringsposisjon	Fysiske motkrefter hindrer omleggingen	Ingen	-	Det er tilstrekkelig at en av tungene ligger i avspøringsposisjon	Ingen
			Teknisk feil i styring av objektet				
4.6	Motsatt	Objektet omlegges til passeringsposisjon	Teknisk feil i styring av objektet	Sammenstøt på grunn av manglende avsporing	Integriteten av signalsystemet	-	Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som for styring av sporveksler
4.7	Annen	Ikke relevant					
4.8	Tidlig	Objektet omlegges til avspøringsposisjon for tidlig	Menneskelig feil	Utilsiktet avsporing	-	Ingen forskjell fra sporveksler	Ingen
			Teknisk feil i styring av objektet		Førrigling		
4.9	Sen	Objektet omlegges til avspøringsposisjon for sent	Menneskelig feil	Sammenstøt på grunn av manglende avsporing	-	Ingen forskjell fra sporveksler	Ingen
			Teknisk feil i styring av objektet		Integriteten av signalsystemet		



							integritet som for styring av sporveksler
4.10	Før	Ikke relevant					
4.11	Etter	Ikke relevant					

4 Diskusjon

Analyseresultatene viser at bruk av catch points har noe høyere risiko enn bruk av sporveksler for samme formål. For å kompensere for den økte risikoen, bør følgende tiltak gjøres:

- Prosjekttere tilstrekkelig sporavstand mellom catch point og farepunkt.
- Prosjekttere tilstrekkelig avstand mellom catch point og faste objekter eller områder for hensetting av objekter.
- Etablere gode analysemetoder for å understøtte prosjekteringen.

Det forutsettes at reglene for bruk av catch points formuleres slik at det kreves en spesifikk analyse i hvert enkelt tilfelle.

For å sikre at catch points har like høy sikkerhetsintegritet som sporveksler, bør følgende tiltak gjøres:

- Verifisere at låsingen i avsporingssposisjon er like effektiv som for sporveksler.
- Verifisere at styring av objektet har like høy integritet som for styring av sporveksler.
- Verifisere at omleggingen er like effektiv som for sporveksler.
- Verifisere at låsingen i passeringssposisjon er like effektiv som for sporveksler.
- Verifisere at forriglingen er like sikker og har samme integritet som for sporveksler.

Disse tiltakene knyttet til sikkerhetsintegritet ivaretas ved å benytte standard sporvekseldrivmaskin i catch points, hvilket må anses som både ønskelig og hensiktsmessig.

5 Oppsummering

Dette notatet dokumenterer en analyse av bruk av catch points for tilsiktet avsporing som alternativ til bruk av sporveksler for samme formål. Analyseresultatene viser at risikoen ved bruk av catch points er noe høyere enn ved bruk av sporveksler for dette formålet, men indikerer samtidig at den økte risikoen langt på vei kan

kompenseres for gjennom prosjekteringen. Analyseresultatene viser også hvilke forhold som må verifiseres for å demonstrere at catch points har samme sikkerhetsintegritet som sporveksler.

Hvorvidt catch points avsporer like effektivt som sporveksler, faller utenfor herværende analyse, og er derfor i denne sammenheng en forutsetning som må verifiseres i egen analyse. Det samme gjelder hvorvidt bruken av enkle catch points er like effektive som doble catch points, og hvilke kriterier som eventuelt skal ligge til grunn for valget mellom de to. En nærmere analyse og prosjekteringsveiledning bør kunne tas frem f.eks. gjennom en bachelor-/masteroppgave der det innhentes krav fra andre infrastrukturforvaltninger og utføres de analyser og vurderinger som ikke dekkes av herværende analyse.

Dersom catch points skal tas i bruk i Norge, bør det så snart som mulig innføres et norsk ord for begrepet. En mulighet er «avsporingstunge», eventuelt med avledningene «enkel avsporingstunge» og «dobbel avsporingstunge» for henholdsvis enkle og doble catch points.