2014

# Delstrategi for tilstandsovervåkning av rullende materiell



Jernbaneverket

Versjon 1.0 01.10.2014

# Innhold

Innhold ..... 1
Figurliste ..... 3
Tabelliste ..... 3
Innledning ..... 4
Delstrategi for tilstandsovervåkning av rullende materiell ..... 5
Underlag for Delstrategi for tilstandsovervåkning av rullende materiell ..... 7
Situasjonsbeskrivelse ..... 8
1 Dagens tilstandsovervåkning av rullende materiell i Jernbaneverket ..... 8
1.1 Eksisterende detektorpark ..... 8
1.2 Gjenkjenning av materiell ..... 9
1.3 Erfaring med de ulike detektorene ..... 9
1.3.1 Varmgangsdetektor ..... 9
1.3.2 Hjulskade- og skeivlastdetektor ..... 9
1.3.3 Detektor for akustisk lagerovervåkning ..... 9
1.3.4 Målestasjon på Haugfjell ..... 9
1.3.5 Strømavtagerovervåkning ..... 10
1.3.6 Avsporingsindikator ..... 10
1.3.7 Ulike rutiner for drift og oppfølging av detektorer ..... 10
2 Krav fra lov og forskrift ..... 11
2.1 Varmgangsdeteksjon tilknyttet tunnel ..... 11
3 Ulykker og hendelser ..... 12
3.1 Ulykker og hendelser gransket av SHT ..... 12
3.2 Avsporing ..... 13
3.2.1 Varmgang ..... 13
3.2.2 Skinnebrudd ..... 14
3.2.3 Hjulskader ..... 14
3.3 Brann ..... 14
3.4 Sammenstøt og skade kontaktledning ..... 15
4 Trafikkbildet ..... 16
4.1 Transportkorridor ..... 16
4.2 Togtetthet ..... 17
4.3 Godstrafikk ..... 18
4.3.1 Hvor går de største volumene ..... 18
4.3.2 Typer gods ..... 19
4.4 Oppsummering trafikk ..... 20

5 Teknologi for tilstandsovervåkning av rullende materiell ..... 21
5.1 Ulike detektortyper ..... 21
5.1.1 Varmgangs- og tjuvbremsdetektor ..... 21
5.1.2 Hjulskade- og skeivlastdetektor ..... 21
5.1.3 Detektor for akustisk lagerovervåkning ..... 21
5.1.4 Boggistabilitetsdetektor ..... 22
5.1.5 Profil- og antennedetektor ..... 22
5.1.6 Brann- og kjemikaliedetektor ..... 22
5.1.7 Detektor for oppløft av strømavtager ..... 22
5.1.8 Strømavtagerovervåkning ..... 23
5.2 Identifisering av materiell ..... 23
5.2.1 «Pseudo-tagging» (pseudo: uekte eller begrenset) ..... 23
5.2.2 Merking med brikker («tags») ..... 23
5.3 Utbredelse og erfaringer fra andre land ..... 24
5.3.1 Utbredelse ..... 24
5.3.2 Nytte ..... 24
5.3.3 Pålitelighet og evaluering av detektordata ..... 26
Analyse ..... 27
6 Nyttekostnadsvurderinger ..... 27
6.1 Metodebeskrivelse ..... 27
6.2 Vurderinger ..... 27
6.2.1 Generelle betraktninger ..... 27
6.2.2 Varmgangs- og tjuvbremsedetektorer ..... 28
6.2.3 Brann- og kjemikaliedetektorer ..... 28
6.2.4 Hjulskade- og hjullastdetektor ..... 28
6.2.5 Akustisk lagerovervåkning ..... 29
6.2.6 Strømavtagerovervåkning ..... 30
6.2.7 Profilovervåkning ..... 31
Anbefaling ..... 32
7 Anbefalte detektortyper for Jernbaneverket ..... 32
7.1 Kriterier for anbefaling ..... 32
7.2 Anbefalte detektortyper ..... 32
7.3 Plassering av detektor ..... 33
7.3.1 Akustisk lagerovervåkning ..... 33
7.3.2 Hjulskade- og skeivlastdetektorer ..... 33
7.4 Tekniske krav til plassering av detektorer ..... 36

7.4.1 Generelt ved Prosjektering og bygging ..... 36
8 Krav til drift og vedlikehold ..... 37
8.1 Organisering ..... 37
8.2 Generiske arbeidsrutiner ..... 37
8.3 Kalibrering ..... 37
8.4 Serviceavtaler ..... 37
9 Anbefalingens gyldighet ..... 38
Vedlegg ..... 39
10 Vedlegg 1 – Årsaksfordeling av godstogavsporinger og sammenligning med Europa ..... 39
11 Vedlegg 2 – Ulykker og hendelser gransket av SHT ..... 43
12 Vedlegg 3 - Referanser ..... 47

## Figurliste

Figur 1 Anbefalt antall og plassering av detektorene ..... 6
Figur 2 Struktur for beslutningsgrunnlag ..... 7
Figur 3 Dagens plassering av detektorer hos Jernbaneverket ..... 8
Figur 4 - Antall detekter hjulskader ved Skatval og Høyseth i perioden 2008 til 2013 ..... 14
Figur 5 Transportkorridorer for Jernbanen i NTP [10] ..... 17
Figur 6 Togmengde (person og godstog) - antall tog per døgn (sum begge retninger) [2] ..... 18
Figur 7 Godsvolum (tonn) fraktet via Jernbaneverkets godsterminaler 2012 ..... 18
Figur 8 Antall tømmertog i 2010 på det norske jernbanenettet. Tykkelse på strek og tall vier antall tog per uke. [6] ..... 20
Figur 9 Anbefalt antall og plassering av detektorer ..... 35

## Tabelliste

Tabell 1 - Transportert mengde (i tonn) farlig gods med CargoNet i januar 2006. Fareklasser basert på definisjoner fra Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap ..... 19
Tabell 2 Oversikt over detektorinstallasjoner i en del land ..... 24
Tabell 3 Trafikknivå per banekilometer for noen utvalgte land ..... 25
Tabell 4 Oversikt over avsporingsårsaker for godstog og deres hyppighet i Europa (EU-27) og Norge (år 2000 til 2013) ..... 40
Tabell 5 Ulykker og alvorlige hendelse granskes av Statens havarikommisjon for transport (SHT) ..... 43

## Innledning

Første del av dokumentet presenterer Jernbaneverkets strategiske føringer for tilstandsovervåkning av rullende materiell. Andre del presenterer beslutningsunderlaget for strategien.

Delstrategi for tilstandsovervåkning av rullende materiell er en delstrategi underlagt Overordnet strategi for tilstandsovervåkning (Overordnet strategi for tilstandsovervåkning ble vedtatt i Jernbanedirektørens ledergruppe den 18.09.2014). Delstrategien gir retningslinjer for hvilke typer tilstandsovervåkning og plassering Jernbaneverket skal ha for tilstandsovervåkning av rullende materiell. Delstrategien har vært på høring og er oppdater basert på innspillene som kom.

Overordnet strategi for tilstandsovervåkning i Jernbaneverket har som hensikt å:

- Øke sikkerheten og tilgjengeligheten på Jernbaneverkets infrastruktur
- Legge til rette for et mer effektivt og tilstandsbasert vedlikehold
- Sikre at Jernbaneverket har en enhetlig tilnærming til tilstandsovervåkning under sunne nytte-kostnadsforhold

Når begrepene overvåkning, tilstandsovervåkning og detektorer heretter benyttes i dette dokumentet, henviser det spesielt til tilstandsovervåkning og detektorer for *rullende materiell*.

## Delstrategi for tilstandsovervåkning av rullende materiell

### *Typer overvåkning*

Jernbaneverket skal benytte følgende typer detektorer for tilstandsovervåkning av rullende materiell:

- Detektor for akustisk lagerovervåkning
- Hjulskade- og skeivlastdetektor

Anbefalt antall og plassering fremgår av figur 1.

Strategisk plassering av detektorer for akustisk lagerovervåkning skal benyttes til å svare ut krav i Teknisk spesifikasjon for interoperabilitet – Sikkerhet i jernbanetunneler (TSI SRT) om varmgangsdeteksjon. Eksisterende varmgangs- og tjuvbremsdetektorer skal derfor fases ut, med unntak av ved Ofotbanen hvor deteksjon av tjuvbremsing er ansett som viktig, grunnet stedlige og trafikale forhold.

Strømavtagerovervåkning er en ytterligere type tilstandsovervåkning av rullende materiell som potensielt kan innføres på sikt, hvis testing av denne typen detektor i andre land dokumenterer en tilfredsstillende løsning for automatisk bildegjenkjenning. En mer detaljert vurdering av egnet antall og plassering av denne typen detektor må da gjøres.

I følge Overordnet teknologisk strategi skal Jernbaneverket velge internasjonalt anerkjent og etablert teknologi. Ytterligere detektortyper skal derfor ikke innføres i stor skala før dokumenterte positive erfaringer foreligger.

### *Identifisering*

RFID-teknologi skal benyttes for å identifisere materiell som passerer detektorene, derfor skal alle detektorer for rullende materiell være utstyrt med RFID-leser. Togoperatørene må merke sitt rullende materiell i henhold til gjeldende standard (ISO 18000-6C/EPC GEN 2).

### *Organisering av apparat for tilstandsovervåkning*

Delstrategien forutsetter at organisering av tilstandsovervåkningen blir i henhold til retningslinjene i Overordnet strategi for tilstandsovervåkning. Dette innebærer at detektorene eies av en sentral enhet og at overvåkning gjennomføres av et senter med landsdekkende funksjon for den respektive overvåkningen. Alarmer som kan medføre driftsforstyrrelse eller har som hensikt at tog skal stanses umiddelbart, skal distribueres direkte via grensesnitt til trafikkstyringssentralene. Ansvaret for detaljerte rutiner for drift og vedlikehold av detektorene ligger hos den sentrale eierenhet, og kravene som presenteres i kapittel 8 er kun ment som veiledning til denne eierenheten. Det blir likeså viktig å utvikle hensiktsmessige rutiner for samhandling med trafikkstyringssentralene og beredskaps- og vedlikeholdsansvarlige.

### *Gyldighet av strategien*

Strategien er gjeldene fra XXX.

Behov for revidering av delstrategien bør vurderes ved vesentlig endringer i krav til tilstandsovervåkning i lov eller forskrift, endring i forekomst av ulykker og hendelser, større endringer i trafikkstrømmer, volum og sammensetning, uttalt behov for tilstandsdata fra togoperatører, tilstand på togpark som trafikkerer det norske jernbanenettet, teknologi for tilstandsovervåkning av rullende materiell og/eller Jernbaneverkets strategi for avregning av kjøreveisavgifter.

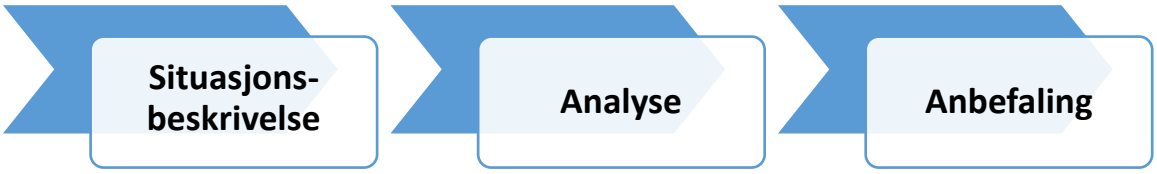
## *Plassering*




**Figur 1 Anbefalt antall og plassering av detektorene**

## Underlag for Delstrategi for tilstandsovervåkning av rullende materiell

I denne delen av dokumentet presenteres underlaget som Delstrategi for tilstandsovervåkning av rullende materiell er basert på. Figuren under gir en oversikt over strukturen på beslutningsgrunnlaget.




Figur 2 Struktur for beslutningsgrunnlag

Situasjonsbeskrivelsen presenterer dagens tilstandsovervåkning av rullende materiell i Jernbaneverket, gjeldende krav fra lov eller forskrift, statistikk rundt hendelser på det norske jernbanenettet, trafikkbildet, tilgjengelig teknologi for tilstandsovervåkning av rullende materiell og relaterte erfaringer.

Analysen består av nyttekostnadsvurderinger og vurderinger av egnet antall/plassering av detektorer.

I anbefalingen oppsummeres det hvilke detektorer for tilstandsovervåkning av rullende materiell som Jernbaneverket bør ha, samt plassering av disse. Organisering av tilstandsovervåkningen omtales bare kort i denne rapporten, da det forutsettes at en sentral (jfr. Jernbaneverkets Overordnende strategi for tilstandsovervåkning), får ansvaret for tilstandsovervåkningen. Og at denne enheten utarbeider rutiner for forvaltning, drift og vedlikehold av detektorene, deriblant oppfølgingsrutiner for håndtering av alarmer i tett samarbeid med brukere. En kort betraktning rundt anbefalingens gyldighet gjøres også.

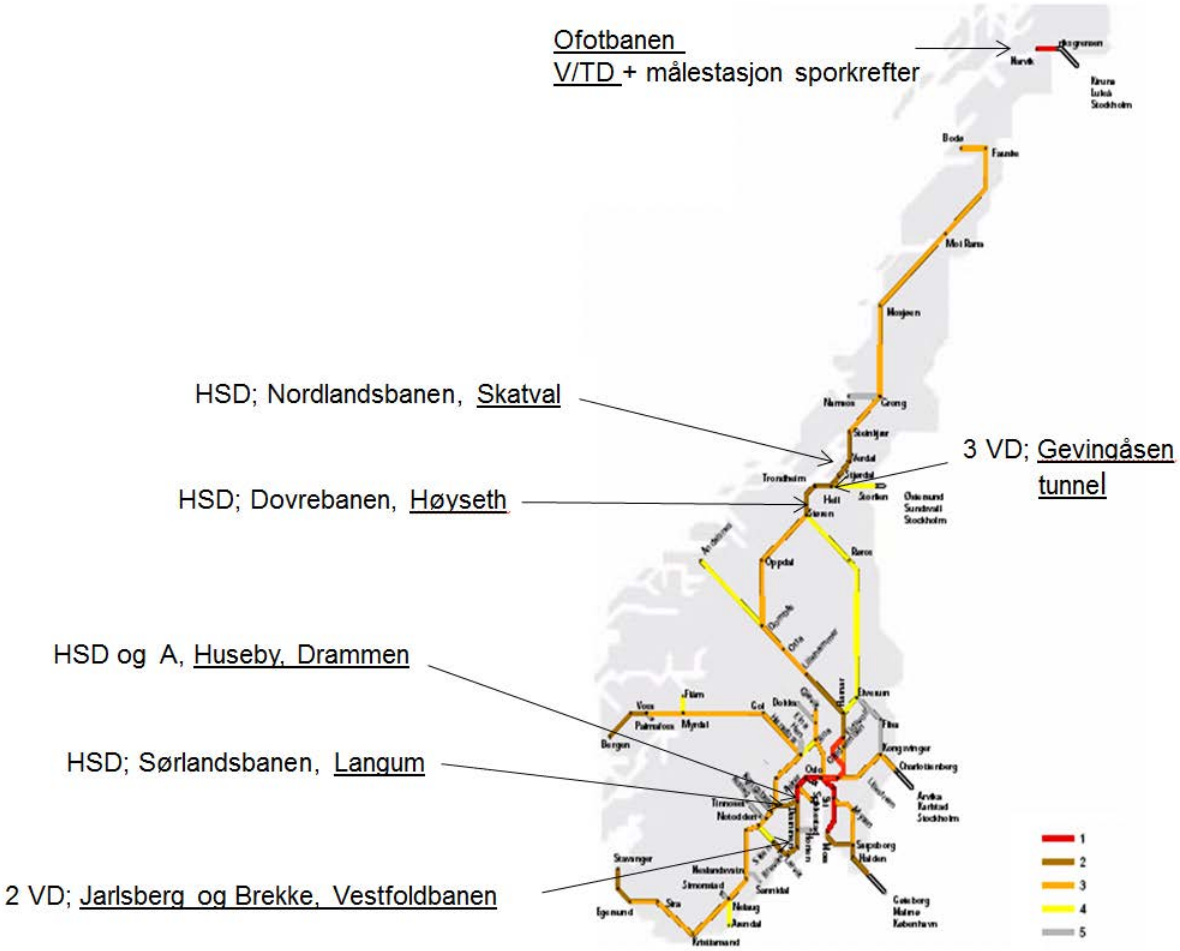
# 1 Dagens tilstandsovervåkning av rullende materiell i Jernbaneverket

## 1.1 Eksisterende detektorpark

Jernbaneverket har per juni 2014 følgende typer detektorer installert:

- 4 hjulskade - og skeivlastdetektorer (HSD) på henholdsvis Langum, Huseby, Høyseth og Skatval
- 5 varmgangsdetektorer (VD), henholdsvis 3 ved Gevingåsen tunnel og 2 i forbindelse med Jarlsberg tunnel (ved Jarlsberg og Brekke) på Vestfold banen (kun de 3 ved Gevingåsen er i drift)
- 1 varmgang- og tjuvbremsedetektor (V/TD) på Ofotbanen (ikke i drift)
- 1 akustisk lageroverv̊akning (A) ved Huseby
- 1 målestasjon for sporkrefter på Ofotbanen, inkludert hjulskade- og skeivlastdetektor
- 1 testinstallasjon av strømavtageroverv̊akning ved Oslo-tunnelen (ikke lengre i drift)

I forhold til andre europeiske land er dette en relativt begrenset installasjonsmengde.




Figur 3 Dagens plassering av detektorer hos Jernbaneverket

## 1.2 Gjenkjenning av materiell

For den eldre delen av Jernbaneverkets detektorpark benyttes manuell gjenkjenning av materiell. Det vil si at når detektoren oppdager et avvik så må feilen spores til riktig materiell ved hjelp av en kombinasjon av manuell sammenstilling av ulike data: gjenkjenning av vogntype basert på akselavstand og antall akslinger, i kombinasjon med data fra vognopptak. Prosessen er tidkrevende og representerer en potensiell feilkilde. I de nyeste detektorene er det valgt å benytte integrerte RFID-lesere som gjenkjenner RFID-merket materiell. Jernbaneverket har pålagt togoperatørene å merke sitt materiell med RFID og dette er i stor grad gjennomført av togoperatørene.

## 1.3 Erfaring med de ulike detektorene

### 1.3.1 Varmgangsdetektor

Varmgangsdetektorene er i varierende grad operative i dag.

En av de to varmgangsdetektorene i forbindelse med Jarlsbergtunnel (Brekke) er montert og fungerer lokalt, men mangler foreløpig transmisjon av data. Dette jobbes det med. Den andre varmgangsdetektoren ved Jarlsberg er besluttet installert, med det ventes på å få tillatelse til å sette opp nødvendig infrastruktur siden lokasjonen er i et naturvernområde.

Varmgangsdetektorene ved Gevingåsen tunnel er i drift og fungerer som tiltenkt. Alarmer fra detektorene kommer opp toglederes skjermer på Trafikkstyringssentralen på Marienborg. Varmgangs- og tjuvbremsdetektor på Ofotbanen ble installert etter initiativ fra malmselskapet LKAB som frakter malm på banen. Detektoren ble imidlertid ikke fulgt opp, og ble etter hvert satt ut av drift grunnet administrative forhold. Data fra varmgangsdetektorene er ikke tilgjengelig på web for togoperatører.

### 1.3.2 Hjulskade- og skeivlastdetektor

Hjulskade- og skeivlastdetektorene ved Høyseth og Skatval fungerer som tiltenkt, og har vært i drift siden henholdsvis 2002 og 2003. Alarmer fra detektorene sendes til toglederne ved Trafikkstyringssentralen på Marienborg, og kommer opp på deres skjermer. Togoperatørene har tilgang til dataene fra hjulskadedetektorene via en webløsning. Alarmer fra detektorene på Østlandet kan ikke vises i trafikkstyringssystemet VICOS som benyttes av togledersentral (dette pga. tekniske utfordringer med hensyn til integrasjon mot trafikkstyringssystemet ), men dette arbeides det med.

### 1.3.3 Detektor for akustisk lagerovervåkning

Detektor for akustisk lagerovervåkning ble installert i august 2013 ved Huseby blokkpost ved Drammen. System fungerer som tiltenkt. Like ved den den akustiske detektoren er det også installert en hjulskade- og skeivlastdetektor. Det har vært diskutert om detektor for akustisk lagerovervåkning også er i stand til å "høre" hjulskader, men dette er foreløpig ikke dokumentert eller noe leverandøren garanterer.  Sammenligning av data fra de to detektorene kan gi informasjon om dette faktisk er en reell mulighet, og kan på sikt ha en påvirkning på behovet for hjulskade- og skeivlastdetektorer.

Begge de to nye detektorene har integrert RFID-leser, og data fra detektorene er tilgjengelig for togoperatører via webløsning.

### 1.3.4 Målestasjon på Haugfjell

Målestasjonen har vært i drift siden desember 2012. Dataene brukes aktivt av Jernbaneverket, deriblant til å overvåke om faktisk aksellast overskrider tillatt aksellast, noe som er ekstra kritisk for høye aksellaster som medfører høyere slitasje enn på øvrige jernbanestrekninger i Norge. Foruten å kontrollere aksellaster, kan også laterale og longitudinale krefter i sporet måles på Haugfjell målestasjonen.

### 1.3.5 Strømavtagerovervåkning

Strømavtagerovervåkning har vært testet ved Oslotunnelen. Teknologien baserte seg på fotografering av strømavtager. Avvik ble ikke detektert automatisk, men ved manuell gjenkjenning av feil. I testperioden ble Trafikverkets database benyttet for lagring og mottak av måledataene, i mangel på en tilsvarende løsning hos Jernbaneverket. Erfaringen fra testingen viser at utstyret for fotografering fungerer godt, men at manuell oppfølging av bildene ble en for omfattende, manuell og ineffektiv prosess til at Jernbaneverket ønsker å benytte denne teknologien videre. Driftsavtalen med leverandøren ble sagt opp ved utgangen av 2012, men utstyret står fortsatt tilgjengelig. Involverte beskriver også at noe av utfordringen beror på at det ikke har vært identifisert ansvarlige for å motta data fra detektoren eller egnet infrastruktur for dette.

I ettertid har leverandør informert om at andre har utviklet software for automatisk bildegjenkjenning av feil, som deres hardware kan kombineres med, og som da kan støtte Jernbaneverkets behov bedre. Ny software og strømavtagerovervåkning testes per i dag av våre naboland Sverige, Finland og Danmark, samt i England og Sveits. Erfaring fra disse installasjonen vil danne grunnlag for eventuelle installasjoner i Norge.

### 1.3.6 Avsporingsindikator

Jernbaneverket benytter per i dag avsporingsindikatorer som et element/forrigling i sikringsanlegget, i tilknytning til stasjoner og tunneler av en viss lengde. Dersom det detekteres en avsporing , viser innkjørings-/utkjøringssignal at toget skal stoppe. Da disse detektorene er en del av sikringsanlegget, behandles ikke denne detektortypen videre i dette dokumentet.

### 1.3.7 Ulike rutiner for drift og oppfølging av detektorer

Jernbaneverket har ikke felles rutiner og metoder for drift og oppfølging av de ulike detektorene. For noen banestrekninger kommer alarmer direkte til Trafikkstyringssentraler på toglederes skjermer, mens på andre steder har det av ulike grunner ikke blitt linket mot toglederes skjermer, og alarmer kommer dermed opp på en egen pc på trafikkstyringssentralen, som dermed får en mindre hyppig oppfølging og av varierende art.

Ved installasjoner av nye detektorer har det vært utfordrende å få klarhet i rollefordeling og eierskap til detektorene, det vil si hvem som skal stille kravene til detektorene, hvem som skal drifte og vedlikeholde dem, hvordan alarmer skal håndteres og hvem som skal eie og ha budsjettansvar for detektorene.

# 2 Krav fra lov og forskrift

Her presenteres relevant krav fra lov og forskrift.

## 2.1 Varmgangsdeteksjon tilknyttet tunnel

Dagens krav til tilstandsovervåkning av rullende materiell er avledet av TSI SRT[1] 4.2.4.1. Varmgangsdetektorer. Konsekvensen av ordlyden i TSI SRT 4.2.4.1 er at alle nye tunnelprosjekter lengre enn 1 km må anskaffe egne varmgangsdetektorer som monteres i relativt kort (5-30 km) avstand før tunnelportalen, *eller* utstyr for forebygging av varmgang langs sporet installert på strategiske posisjoner i jernbanenett med tunnel. Kravet i TSI-en vil være oppfylt dersom prosjektene kan dokumentere at installerte detektorer sikrer at risikoen for tunnelulykker pga. varmgang er tilstrekkelig lav.

TSI-kravene vil gjelde for de utbyggingsprosjektene som pågår nå. Dette innebærer at et utpekt organ (NOBO) skal verifisere at kravene i TSI-en er oppfylt.

Den eksisterende TSI LOC&PAS[2] krever at det skal tilrettelegges for overvåkning av hjullager, enten med ombordutstyr eller detektor langs sporet. Når detektor langs sporet benyttes er det krav til at det rullende materiellet skal kunne gjenkjennes iht. standarden EN 15437-1:2009 clauses 5.1 and 5.2.

[1] Technical specification of interoperability relating to safety in railway tunnels/ Tekniske spesifikasjon for samtrafikkevne angående sikkerhet i jernbanetunneler.
[2] Technical specification of interoperability concerning Locomotives and passenger rolling stock/ Teknisk spesifikasjon for samtrafikkevne vedrørende rullende materiell - lokomotiver og rullende materiell for passasjertrafikk.

# 3 Ulykker og hendelser

Her presenteres relevante hendelser tilknyttet rullende materiell på det norske jernbanenettet. Dataene er hovedsaklig basert på hendelser som er gransket av Statens havarikommisjon for transport (SHT), samt data fra Jernbaneverkets interne system Banedata. Dataene er fra tidsrommet 2002 til 2013 (SHT har siden 2002 hatt mandat til å undersøke ulykker og alvorlige hendelser i jernbanesektoren, og deres rapporter ligger tilgjengelig på SHT sine nettsider). Følgende hendelser anses som relevante i denne sammenhengen:

- Avsporing som følge av
    - Varmgang
    - Hjulskade/skeivlast/lastforskyvning
    - Skinnebrudd
- Branner som følge av
    - Tjuvbrems og varmgang
    - Lasteprofiloverskridelser
- Skinnebrudd på grunn av hjulskader
- Sammenstøt eller skader på kontaktledning som følge av
    - Lasteprofiloverskridelse
    - Feil på strømavtager på tog

(Relevansen tilskrives at det eksisterer kjent detektorteknologi som potensielt kan avdekke disse feilene på rullende materiell.)

Generelt er det enklere å finne data om sikkerhetskritiske hendelser som skinnebrudd, brann og avsporing, fremfor skade eller nedriving av kontaktledning, varmgangshendelser, hjulskader, profiloverskridelser med mer som ikke har fått brann eller avsporing som konsekvens. En må derfor ta høyde for en usikkerhet assosiert med tallmaterialet.

## 3.1 Ulykker og hendelser gransket av SHT

Alle ulykker og alvorlige hendelser granskes av SHT. Siden sommeren 2002 har SHT gransket 91 uønskede hendelser og ulykker på Jernbaneverkets spor (inkludert 3 hendelser hvor granskningsrapporten enda ikke er ferdigstilt). Granskningsrapportene har blitt analysert i forbindelse med dette arbeidet, for å se om ulykken eller hendelsen kan anses som relevant jfr. definisjonen innledningsvis i dette kapittelet, og dermed kan vurderes til potensielt å kunne ha vært forhindret av en eller flere typer detektorinstallasjoner. (Se Vedlegg 2 – Ulykker og hendelser gransket av SHT.) Av disse 91 uønskede hendelsene og ulykkene er det 8 vi har vurdert potensielt kunne vært avverget ved hjelp av en eller flere typer detektorer.

- 5 ulykker eller hendelser som potensielt kunne vært avverget med varmgangsdetektor eller akustisk detektor[3]
- 1 ulykke eller hendelse som potensielt kunne vært avverget med tjuvbremsdetektor
- 2 ulykker eller hendelser som potensielt kunne vært avverget med hjulskade- og skeivlastdetektor
- 1 ulykke eller hendelse som potensielt kunne vært avverget med profildetektor

[3] Detaljeringen av dataene har ikke gjort det mulig å vurdere om hendelsene potensielt kunne vært avverget med hjulskade- og skeivlastdetektor. Dette kan dog ha vært tilfelle da varmgang og lagerskader kan ha sitt opphav i hjulskader.

I tillegg har vi gjennomgått granskningsrapporter fra Jernbaneverkets interne uhellskommisjon, for å se om vi fikk avdekket ytterligere relevante hendelser som ikke var blitt gransket av SHT. 3 interne granskningsrapporter hadde en tittel som kunne indikere at en detektorinstallasjon kunne forhindret hendelsen, men en gjennomlesning av de respektive rapportene viser at årsaken lå i infrastrukturen. (Jernbaneverkets interne granskningsrapport 02/2007, 03/2005 og 02/2004.)

Sett i et perspektiv på 12 år er denne forekomsten av ulykker og hendelser lav. De ulike hendelsestypene blir diskutert mer inngående under.

## 3.2 Avsporing

Avsporinger kan ha mange årsaker. I denne sammenhengen sees det på avsporinger som kan være knyttet til hjulskader, varmgang eller skinnebrudd. Generelt kan påpekes at analysen viser at feil på rullende materiell er en mindre representert årsak til godstog-avsporinger i Norge enn i mange andre europeiske land. I Norge tilskrives om lag 20% av godstog-avsporinger feil på rullende materiell, til motsetning til om lag 40% i gjennomsnitt i Europa (Se Vedlegg 1 – Årsaksfordeling av godstogavsporinger og sammenligning med Europa).

### 3.2.1 Varmgang

Varmgangshendelser kan ha ulike opphav, de kan eksempelvis starte som en hjulskade eller skeivlast å utvikle seg til en skade i hjullagrene og derav varmgang.

De siste 10 årene har det vært to avsporinger i Norge, som følge av varmgangshendelser i godstog (Rapport SHT 2006,10 og SHT 2010,09). I persontog har det vært 3 (muligens 4) varmgangshendelser, men ingen har ført til avsporing (eller brann).

Før 2002 anslo NSB 1 til 2 varmgangshendelser i året, men kun et lite antall forårsaket avsporing. Fra 1992 til 2002 var det registrert 2 tilfeller av varmgang i akselboks som førte til avsporing. (Informasjon mottatt på epost fra fagsjef materiell i NSB, datert 11.10.13).

Den relativt lave og minkende andelen varmgangshendelser og avsporinger som følge av varmgang i Norge sammenlignet med Europa, kan være et resultat av at aksellager på tog som trafikker i Norge, er oppgradert med rullebur av polyamid.

Rullebur av polyamid er funnet mindre utsatt for varmeutvikling enn tradisjonelle rullebur [1]. NSB Gods (senere CargoNet AS) hadde en større utskiftning av rullebur i messing til rullebur av polyamid på slutten av 90-tallet. Dette fordi en studie av forekomsten av varmgang i aksellagre på togparken som trafikkerte det norske jernbanetnett i tidsrommet 01.04.94 – 09.04.99 blant annet konkluderte med at rullebur av messing hadde en forhøyet havarifrekvens og relativ kort løpstid fra initiert havari til total nedsmelting av lager/akseltapp (antydet ned mot 30 km). Studien omfattet i alt 35 tilfeller, hvorav 28 var i godstog fordelt på 14 norske og 14 svenske godsvogner. Man forventet at lagre med rullebur av polyamid var mer robuste samtidig som løpslengde fra initiert havari til nedsmelting av lager/akseltapp ble forventet å være lengre enn for de eldre lagrene. [11] Av SHT sine granskninger fremgår 5 registrerte tilfeller av varmgang i perioden 2002 til 2013. Dette innebærer en betydelig reduksjon av tilfeller sammenlignet med 35 stykker i tidsrommet 1994 til 1999.

En noe lavere godstoghastighet i Norge enn i andre deler av Europa kan også være medvirkende til lavere andel varmgangshendelser og avsporinger som følge av varmgang i Norge.

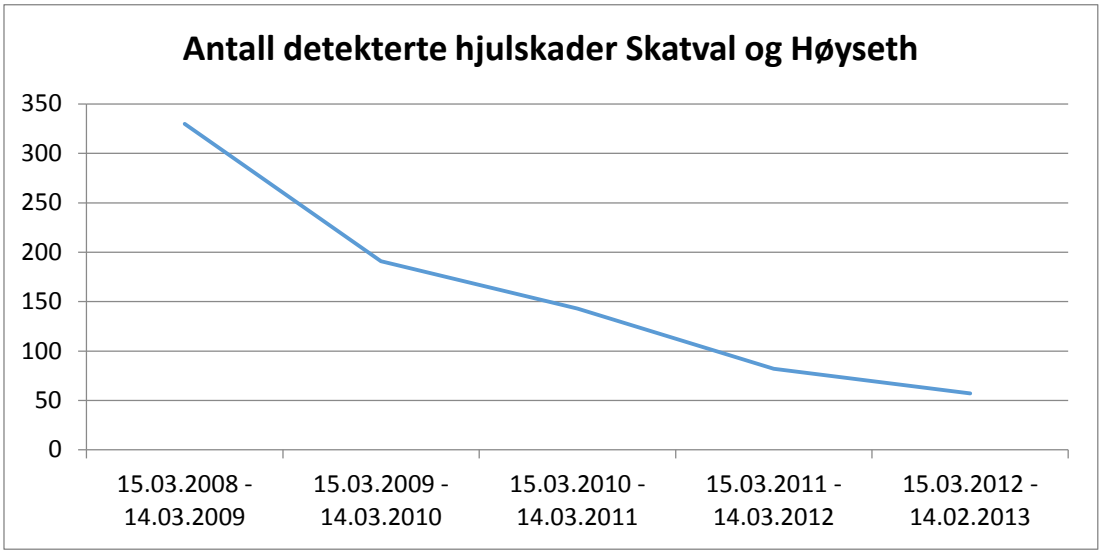
### 3.2.2 Skinnebrudd

Hjulskader kan medføre skade på skinner og initiere skinnebrudd, med en dertil potensiell risiko for avsporing. I perioden 1990 til 2013 har Jernbaneverket om lag 40 skinnebrudd i året. Omtrent 20 % av disse (8 hendelser per år) er vurdert å kunne være forårsaket av hjulskader.[4] Avsporinger pga. skinnebrudd er meget sjeldne. Basert på tallene over kan om lag ett av tusen skinnebrudd forventes å gi avsporing. Ingen avsporinger som følge av skinnebrudd, skal ha forekommet i Norge den siste 10-årsperioden.

### 3.2.3 Hjulskader

Hjulskader kan ha flere årsaker, og kan føre til skade på skinnen, hjulaksel/hjullager og derav varmgang. Data over den totale forekomsten av hjulskader på det norske jernbanenettet er ikke tilgjengelig.

Tallene som presenteres i figur 4 under er måledata fra detektorstasjonene ved Høyseth og Skatval. Den viser en bratt reduksjon i antall detekterte hjulskader. Dette kan ha flere årsaker, deriblant antar vi at økt fokus på vedlikehold av hjul som følge av hjulskadedetektorene har hatt en betydelig påvirkning.




**Figur 4 - Antall detekter hjulskader ved Skatval og Høyseth i perioden 2008 til 2013**

## 3.3 Brann

Brannhendelser kan forekomme ved at last kommer i kontakt med kontaktledning eller tjuvbrems og varmgang.

Siden 2002 er det ingen kjente hendelser av brann som følge av varmgang, tjuvbremsing eller profiloverskridelser. Til sammenligning ble det i en intern rapport fra Jernbaneverket i 1999 [D], funnet å være 19 branner som følge av tjuvbremsing eller varmgang over en periode på 2,5 år(1996-juli 1998).

[4] Data er hentet fra Jernbaneverket infrastrukturregister Banedata, data er fra perioden 1990 til og med 2013. Man må ta høyde for noe feilmargin her, da feilkoder kan være brukt feil i Banedata. Tallene er også basert på at sprøbrudd(feilkode 200) skylles hjulskade.

## 3.4 Sammenstøt og skade kontaktledning

Skader og deformasjoner på anleggsdeler i kontaktledningsanlegget (ledninger og utliggere) kan gi skader på passerende strømavtakere. Samtidig vil også skader og feil på strømavtakere (oppløft, skader på eller manglede kullstykke) kunne skade kontaktledningsanlegget. En feil kan slike forplante seg. I enkelte tilfeller vil feil på i kontaktledningsanlegget og/eller strømavtakeren være så omfattende at den fører til nedrivning av kontaktledningen.

Nedrivning av kontaktledning er et alvorlig driftsavbrudd som umiddelbart stanser all trafikk på strekningen. Driftsavdelingens fokus er å gjenopprette trafikken så raskt som mulig. I mange sammenhenger er det derfor i ettertid vanskelig å fastslå om den utløsende årsaken var feil i kontaktledningsanlegget eller feil på strømavtakeren. I forbindelse med denne rapporten er det forsøkt å kartlegge omfanget av nedrivninger og årsaken til disse – spesielt med hensikt å identifisere kostnader forbundet med skader forårsaket av skadede strømavtakere. Grunnet ulik kategorisering i Banedata, ulik detaljering i fritekstfelter og generelt at det i sin natur er vanskelig å konstatere den direkte årsaken på nedrivningsstedet har kartleggingen blitt avsluttet uten en entydig konklusjon.

Tentative anslag tilsier at nedrivninger grunnet feil på strømavtaker skjer 1-2 ganger pr år. En hyppigere konsekvens er at strømavtakeren gjør mindre (men alvorlig) skade på kontaktledningsanleggsdeler (primært ledninger og utliggere). Ut fra erfaring vet vi at nedrivninger og andre skader på kontaktledning er kostbare og forårsaker store trafikale problemer.

Skader på kontaktledning kan også forekomme ved at last eller løse gjenstander på toget tar bort i kontaktledningen. Dette omtales som profiloverskridelse. Av skader forårsaket av profiloverskridelse finnes siden 2002 kun 1 kjent hendelse (SHT-rapport 2007/08).

- Kontainer i tog fra Sverige slår i stykker kl-utligger i tunnel ved Ingedal (SHT-rapport 2007/08).

# 4 Trafikkbildet

Detaljerte data for godstransport på norsk jernbane er ikke lett tilgjengelig, (da dette i stor grad er den enkelte transportørs eiendom). Datagrunnlaget blir dermed noe begrenset. Ideelt sett skulle man hatt data om hvor de største mengdene av gods går, i form av tonn gods per banekilometer (altså på hvilke deler av den respektive banestrekningen transporteres den største mengden gods). Denne informasjonen er ikke tilgjengelig, så i dette arbeidet er det benyttet tilgjengelig informasjonen om togmengde (antall tog) per banestrekning, hvilke terminaler som betjener de største mengdene gods og data om hvor det transporteres større mengder av eksempelvis tømmer og farlig gods som innebærer henholdsvis tunge transporter og transporter som ved avsporing o.l. kan ha større konsekvenser i form av utslipp, brann, eksplosjon o.l.

Følgende faktorer for trafikkbildet er relevant informasjon som bør hensyntas når plassering og nytte av detektorer vurderes.

- Togtetthet – hvor går det flest tog
- Godstrafikk
    - Hvor transporteres de største volumene
    - Typer gods - Eventuelle spesielle egenskaper ved last
    - Passering av områder på infrastrukturen med særskilt risiko. Med særskilt risiko menes for eksempel tunneler eller tettbebygde strøk, hvor avsporing og brann er forbundet med en større risiko enn andre steder langs infrastrukturen.
- Togparkens geografisk bruksområde (hvordan sikre at et tog faktisk passerer en detektor)

Vurdering av områder med særskilt risiko ble ikke ansett som nødvendig i dette strategiarbeidet, siden data om relevante hendelser ikke tyder på at dette er kritisk, grunnet det lave omfanget av ulykker og hendelser.

Detaljert vurdering av togparkens geografiske bruksområde ble ikke vurdert, da informasjon om dette er lite tilgjengelig og fordi det vurderes at informasjon om hvor de største person- og godstogmengdene transporteres er tilstrekkelig til foreslå en plassering av detektorer som sikrer at majoriteten av materialet vil passere, og at togoperatørenes turnering av materiell vil sikre at ytterligere tog passerer en detektor med jevne mellomrom.

## 4.1 Transportkorridor

I Nasjonal transportplan er det definert åtte nasjonale transportkorridorer, der jernbanen er representert i syv av dem. [10] Disse korridorene fremgår av Figur 2.

Disse områdene er vurdert som de strategisk viktigste områdene for transport på jernbane i Norge, og representerer dermed en strategisk føring som bør tas med i vurdering tilknyttet plassering av detektorer.

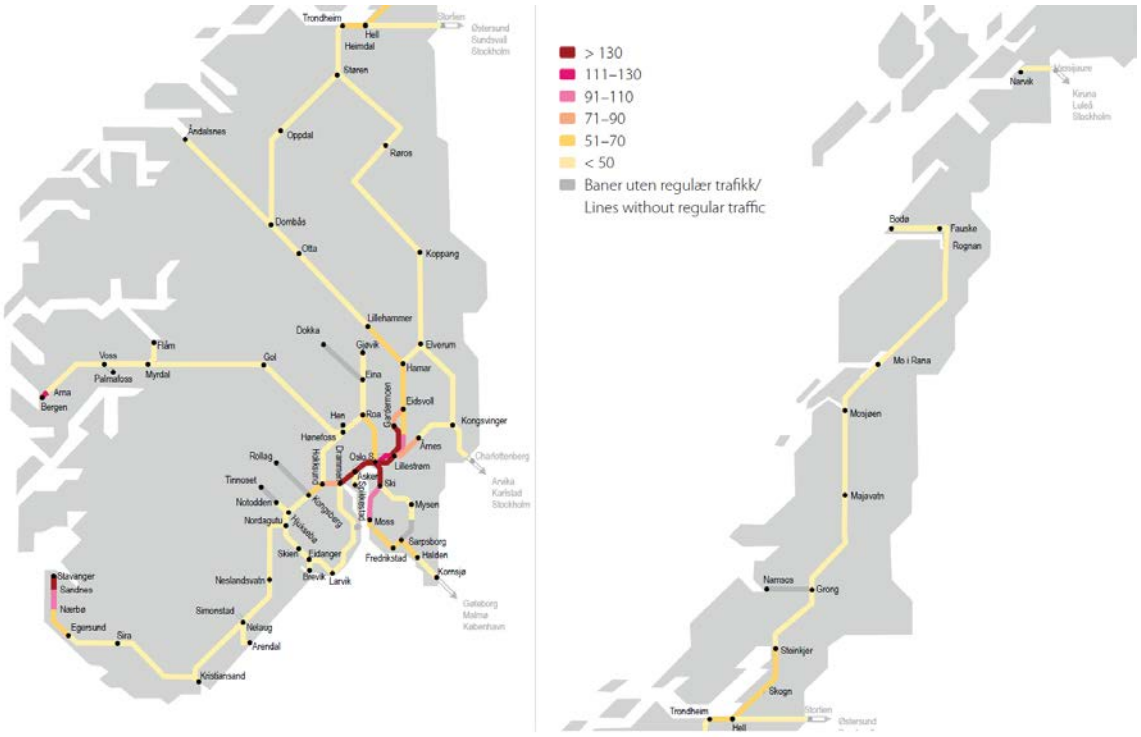



Figur 5 Transportkorridorer for Jernbanen i NTP [10]

## 4.2 Togtetthet

Figur 3 Togmengde (person og godstog) - antall tog per døgn (sum begge retninger), viser togtettheten på det norske jernbanenettet [2].

Av figuren ser man at de hyppigst trafikkerte linjene er ut fra Oslo til områdene Gardermoen, Lillehammer, Årnes, Halden og Kongsberg, samt fra Stavanger til Egersund, fra Bergen til Arna, og fra Trondheim til Steinkjer.




Figur 6 Togmengde (person og godstog) - antall tog per døgn (sum begge retninger) [2]

## 4.3 Godstrafikk

Her fremstilles de mest relevante dataene som er tilgjengelig fra Jernbanestatistikken som utgis årlig, samt data fra større analyser som er gjort av godstrafikken for noen år tilbake.

### 4.3.1 Hvor går de største volumene

Tabellen under er hentet fra Jernbanestatistikken 2012 og viser godsvolum fraktet via Jernbaneverkets godsterminaler i 2012. [2] Av den ser man at det største godsvolumet passerer via Alnabru (Oslo), Mo i Rana, Nygårdstangen (Bergen) og Brattøra (Trondheim).

**Godsvolum (tonn) fraktet via Jernbaneverkets godsterminaler i 2012/**
**Freight volum (tonne) transported via Jernbaneverket's freight terminals in 2012**

| Terminal | Alternativt navn/ Alternative name | Cargolink | CargoNet | Green Cargo | Grenland Rail | Tågåkeriet | Totalt/ In total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oslo | Alnabru | 548 910 | 3 308 415 | 36 908 | 0 | 0 | 3 894 233 |
| Drammen | Nybyen | | 470 345 | 98 997 | 0 | 0 | 569 342 |
| | Sundland | | 0 | 0 | 0 | 14 500 | 14 500 |
| | Holmen | 31 304 | 0 | 0 | 26 400 | 0 | 57 704 |
| Kristiansand | Langemyr | | 217 519 | 0 | 0 | 0 | 217 519 |
| Stavanger | Ganddal | 6 260 | 711 311 | 0 | 0 | 0 | 717 571 |
| Bergen | Nygårdstangen | 166 456 | 1 072 604 | 0 | 0 | 0 | 1 239 060 |
| Trondheim | Brattøra | 236 875 | 779 978 | 0 | 0 | 0 | 1 016 853 |
| Bodø | | 7 102 | 264 110 | 0 | 0 | 0 | 271 212 |
| Narvik | Fagernes | | 455 970 | 21 819 | 0 | 0 | 477 789 |
| Åndalsnes | | | 179 214 | 0 | 0 | 0 | 179 214 |
| Mo i Rana | | 310 9502 | 122 602 | 0 | 0 | 0 | 3 232 104 |
| Fauske | | | 80 634 | 0 | 0 | 0 | 80 634 |
| **Totalt på JBVs terminaler/In total at JBV's terminals** | | **410 6409** | **7 662 702** | **157 724** | **26 400** | **14 500** | **11 967 735** |

Figur7 Godsvolum (tonn) fraktet via Jernbaneverkets godsterminaler 2012

### 4.3.2 Typer gods

Nyere kilder om mengde og type gods på jernbane er vanskelig å finne, dataene er derfor noe gamle og fragmenterte.

Godstransport på jernbane på lengre distanser (>500 km) er dominert av CargoNets containertogtilbud mellom de store byene, med Oslo som nav, men også noe vognlast av nye biler til de store byene med Drammen som nav. For transport av stykkgods er Oslo-Bergen og Oslo - Trondheim de to tyngste jernbanerelasjonene i Norge. [3]

Data fra 2006 viser at det ble fraktet ca 44 500 tonn farlig gods på norsk jernbane i løpet av januar. 50% av dette var flydrivstoff som ble transportert daglig fra Sjursøya i Oslo til Gardermoen lufthavn. Transportmengde (i tonn) farlig gods med CargoNet i januar 2006 er presentert i Tabell 1. [8]

**Tabell 1 Transportert mengde (i tonn) farlig gods med CargoNet i januar 2006. Fareklasser basert på definisjoner fra Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap**

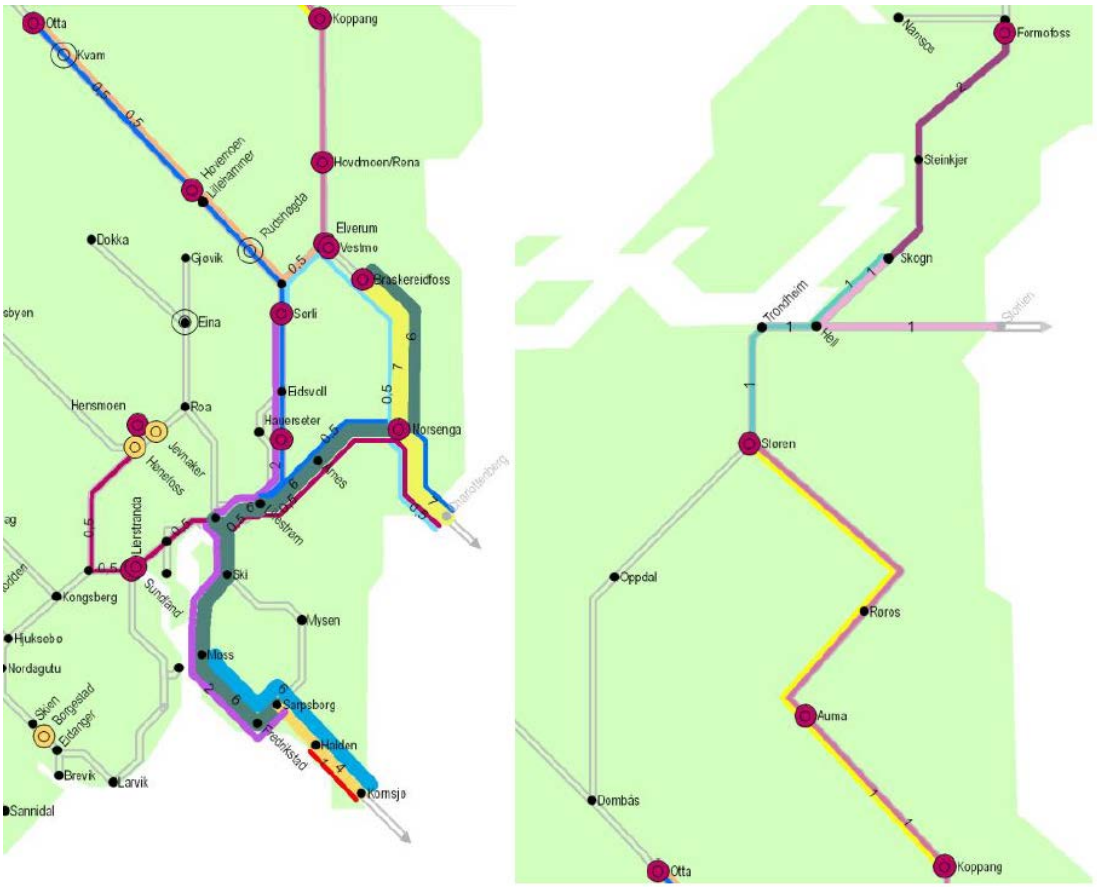
| Relasjon | Fareklasse 2 | Fareklasse 3 | Fareklasse 5 | Fareklasse 8 |
|---|---|---|---|---|
| Oslo-sørøst | 0 | 94 | 1.500 | 252 |
| Oslo-øst | 1.828 | 218 | 1 | 21 |
| Oslo-Gardermoen | 0 | 22.132 | 0 | 0 |
| Oslo-Trondheim | 1.445 | 107 | 0 | 525 |
| Oslo-Åndalsnes | 948 | 86 | 2.774 | 157 |
| Oslo-Bergen | 477 | 578 | 0 | 53 |
| Oslo-sørvest | 1.266 | 107 | 0 | 4.134 |
| Trondheim-nord | 216 | 6 | 6.480 | 231 |

Størst andel av assosierte ulykker med farlig gods er håndteringsuhell, hvor Borregaard fabrikker og godsterminalen Alnabru har desidert flest uhell. I tillegg er det noen uhell tilknyttet transporten, i form av avsporing, kollisjon, lekkasje og velt, disse er disponert for brannutvikling i tillegg. [8]

Transporten av flydrivstoff passerer ingen tunneler (hvor risikoen er ansett å være høyere). Et annet heltog med kjemikalier, det såkalte syretoget som transporterer saltsyre fra Borrgård i Sarpsborg til Falconbridge i Kristiansand, går kun ukentlig. Dette toget passerer flere lange tunneler på ruten, inkludert Oslotunnelen og Lieråsen tunnel.

En utredning fra 2010 viser at det ukentlig ble kjørt mellom 30 og 40 tog med skogsvirke på det norske jernbanenettet, og at de største og fleste transportene på bane skjer på Østlandet og i Trøndelag. Figuren under er hentet fra denne rapporten[6] Fra 2010 til 2013 skal det ha vært en tredobling av trevirke som transporteres på bane. [12] Antall tømmertog i uken må derfor antas å være høyere enn figuren viser, men vi antar samtidig at majoriteten av transporten skjer på de samme strekningene. De mest trafikkerte strekningene er:

- Moss/Sarpsborg via Kornsjø til Sverige
- Braskereidfoss via Charlottenberg til Sverige
- Braskereidfoss via Ski til Sarpsborg




Figur 8 Antall tømmertog i 2010 på det norske jernbanenettet. Tykkelse på strek og tall vier antall tog per uke. [6]

I tilknytning til godstransport kan ytterlige disse strekkene nevnes spesielt; Ofotbanen er den banestrekningen med mest godstrafikk i Norge, hvor majoriteten skriver seg fra malmtog fra Kiruna til Narvik. Betydelige mengder malm transporters også mellom Ørtfjell og Mo i Rana. For godstog til Bergen forutsettes det at godstog vil gå via Roa. [5]

## 4.4 Oppsummering trafikk

De mest trafikkerte strekningene er ut fra Oslo som nav og ut fra Alnabru. Ofotbanen frakter den største mengden av tonn gods på norsk jernbane. Omfanget av farlig gods som fraktes med jernbanen ansees som lav. Betydelig mengde tømmer og trevirke fraktes på Østlandet.

# 5 Teknologi for tilstandsovervåkning av rullende materiell

Jernbaneverkets Overordnede teknologiske strategi sier at Jernbaneverket skal anvende internasjonalt anerkjent og etablert teknologi. Kartleggingen av relevante detektortyper har dermed dette som en forutsetning, og eventuelle nye detektortyper under utvikling som ikke allerede er tatt i bruk er ikke vurdert. For de fleste detektortypene benyttes det ulike teknologier. Her ser vi kun på detektortyper og gjør ingen vurdering av hvilken teknologi de ulike detektortypene baserer seg på. Kostnadstallene her er grove estimat og vil kunne variere ut fra markedssituasjonen.

## 5.1 Ulike detektortyper

### 5.1.1 Varmgangs- og tjuvbremsdetektor

Detekterer varmeutvikling i akselboksen. En og samme detektor har ofte funksjonalitet for både varmgangsdeteksjon og tjuvbremsdeteksjon, da de delvis er basert på samme teknologi, hvor ulike varmedetektorer overvåker temperaturen på ulike punkter på hjulsatsen. Detektoren måler bl.a. temperaturdifferanse mot omgivelsestemperatur for hjullageret samt differansetemperatur mot motsatt lager på akslingen.

Investering inkl. montering: NOK 1 100 000 (Grovt estimat)

Estimert årlig driftskostnad: NOK 50 000

Forventet levetid: 20 år

Vanlig engelsk navn: Hot box detector and Hot Wheel Detector

### 5.1.2 Hjulskade- og skeivlastdetektor

Detekterer skader på hjul deriblant hjulslag, materialutfall, rubb og annen urundhet, og overlast og skeivlast. Flere teknologier benyttes i denne typen detektor, noen er basert på strekklapper og/eller veieceller som måler slagkreftene mellom hjul og skinne, noen benytter akselerometer og måler bevegelsen av sporet, mens andre benytter fiberoptisk målesystem.

Hjulskade- og hjullastdetektorer er primært av interesse for godstrafikken, fordi personvogner oftest er underlagt et strengere kontrollregime enn godsvogner, og ombordpersonale i vognene vil kunne registrere hjulslag o.l. Årsaker til skeivlast eller hjulskade kan være mange, som feil lasting og lossing, forskyving av last, fastlåste bremser eller skade på vogn eller selve hjulet.

Hjulskader eller hjulfeil er også viktig årsaker til lagerskader som er starten til en varmgangs-hendelse.

Investering inkl. montering: NOK 1 500 000 (Grovt estimat)

Estimert årlig driftskostnad: NOK 235 000

Forventet levetid: 20 år

Vanlig engelsk navn: Wheel impact load detector

### 5.1.3 Detektor for akustisk lagerovervåkning

Akustisk lagerovervåkning lytter på utvikling av lagersignaturens lydbilde for å kunne detektere utvikling av lagerets tilstand og eventuelt detektere en begynnende lagerskade som kan medføre akselbrudd eller annen form for lagerhavari. Detektoren kan anses som et forebyggende tiltak, da den detekterer avvik på lager over 60 000 km før avviket utvikles til en akutt feil. Dette betyr at

detektorene ikke behøver å installeres tett, og at tog med detekterte avvik ikke umiddelbart trenger å tas ut av trafikk.

For å kunne følge opp et spesifikt lager på en vogn behøver systemet informasjon om lagertype. Dette gjør at systemet egner seg best for bruk på et banesystem med en relativt lukket vognpark.

Investering inkl. montering: NOK 2 600 000 (Grovt estimat)

Estimert årlig driftskostnad: NOK 200 000

Forventet levetid: 20 år

Vanlig engelsk navn: Acoustic Bearing Monitor

### 5.1.4 Boggistabilitetsdetektor

Boggi «hunting» detektor måler laterale sporkrefter fra ulike akslinger i kurver og på rettspor, for å oppdage skjevheter og feil i boggi og senterpanne for boggi. Denne type detektor er en del brukt i USA, men vi kjenner ikke til bruk i Europa. Detektoren er i første omgang rettet mot å finne feil i løpeverk på godsvogner. Denne detektortypen ansees ikke som relevant for Norge, da amerikanske godsvognboggi-konstruksjoner er av en enklere type enn hva som benyttes i Europa, og da det er tettere oppfølging av godsvognboggier her.

Investering: NOK 3 000 000

Estimert årlig driftskostnad: NOK 250 000

Forventet levetid: 15 år

Vanlig engelsk navn: Boggi hunting detector

### 5.1.5 Profil- og antennedetektor

Dette er et sett detektorer som overvåker at toget ikke overskrider tillatt lasteprofil, med spesielt fokus på overskridelse av høyde-begrensninger. Også for denne detektortypen benyttes det ulike teknologier, deriblant laser som detekterer eventuelle overskridelser av et predefinert profiltverrsnitt. Formålet er primært å begrense fare for sammenstøt mellom tog og installasjoner med trangt profil, samt overslag fra kontaktledning.

Investering inkl. montering: NOK 700 000

Estimert årlig driftskostnad: ukjent

Forventet levetid: ukjent

Vanlig engelsk navn: Guage Control

### 5.1.6 Brann- og kjemikaliedetektor

Dette er detektorer for å oppdage brann eller kjemikalieutslipp, hovedsakelig fra godstog og spesielt godstog med farlig gods. Sannsynligvis ikke særlig aktuell i Norge, med dagens lave transportvolum av farlig gods. Kostnad for denne typen detektor er derfor ikke innhentet eller vurdert.

### 5.1.7 Detektor for oppløft av strømavtager

Oppløftdetektor måler kontaktledningens oppløft i ett punkt når den passeres av en strømavtager. Den måler om strømavtageren har riktig kontakttrykk eller om elastisiteten i kontaktledningen er korrekt. Denne typen detektor har ingen stor utbredelse og vurderes derfor ikke videre i denne rapporten.

### 5.1.8 Strømavtageroverv˚akning

En fast montert detektor (kamera med radar) fotograferer strømavtageren når den passerer. Hardwaredelen (kameraet) er tilnærmet likt det som benyttes i automatiske trafikkontroller, og gir skarpe bilder. Flere infrastruktureiere, også Jernbaneverket, har testet denne detektoren med gode resultater og deretter gjennomført manuell kontroll av bildene. Flere benytter nå denne detektortypen, men manuell bildegjenkjenning av feil er imidlertid en svært tidkrevende prosess, og system for automatisk bildegjenkjenning av skadede strømavtagere utvikles og testes derfor. Dette gjøres blant annet i Sverige, Danmark, Finland, Sveits og England.

Investering inkl. montering: NOK 1 800 000*

Forventet levetid: Ukjent

Estimert årlig driftskostnad: ukjent

Vanlig engelsk navn: Pantograph monitoring

*Det antas at investeringskostnaden blir betraktelig lavere når det etableres et større marked for denne typen detektor.

## 5.2 Identifisering av materiell

Identifikasjon av togmateriellet er en forutsetning for sikker sporing og identifikasjon av skade (hjul, akselboks o.a.) ved detektoralarmer, og for å utnytte potensialet av detektorer i vedlikeholdsplanlegging.

Det er i hovedsak to metoder for identifikasjon av rullende materiell:

- Identifikasjon ved gjenkjenning av vogntype basert på akselavstand og antall akslinger, i kombinasjon med data fra vognopptak ofte kalt “pseudo-tagging”.
- Anvendelse av merker/«tags» programmert med unikt vognnummer som leses når materiellet passerer detektor

### 5.2.1 «Pseudo-tagging» (pseudo: uekte eller begrenset)

En del detektorsystemer er utstyrt med sensorer som bl.a. registrerer akselavstander og antall akslinger. Dette gjør det mulig å bestemme vogntyper og antall vogner i det enkelte tog.

Dersom man kombinerer denne informasjonen med data om vognsammensetningen av toget (vognopptaket), er det mulig både å plukke ut skadet materiell og å lage systemer for å følge utviklingen av en skade.

Metoden er en del benyttet, men i Norge har man kun brukt den til å følge opp enkelte alarmer og aldri i «sanntid». Per i dag leverer ikke alle operatørene vognopptak til Jernbaneverket, og de vognopptak som mottas, er ofte beheftet med feil.

For detektorer som ikke er utstyrt med hjulsensorer/akseltellere er det ikke mulig å identifisere materiellet med pseudo-metoden.

### 5.2.2 Merking med brikker («tags»)

Ved å merke togmateriellet med brikker, eksempelvis Radio Frequency Identification-brikker (RFID), og benytte RFID-lesere i de ulike detektorene kan togmateriell som passerer leseren automatisk identifiseres. En fordel med RFID-merking er at dette gjør det enkelt å filtrere og distribuere data til det enkelte togselskap, slik at selskapet kan følge opp eget rullende materiell og foreta tiltak før stopp-alarmer inntreffer.

Jernbaneverket gjennomførte i 2010 et prøveprosjekt med RFID-merking av materiell fra NSB og CargoNet. Prosjektet var vellykket, med 99 % gjenkjenning av merkede vogner. Jernbaneverket har også deltatt i RFID-prosjektet «Smartrack» som er delfinansiert av Norges Forskingsråd. I prosjektet inngår bl.a. oppsett av RFID-lesere på Alnabru.

Det eksisterer per dato ingen felles europeisk RFID-standard for merking av jernbanemateriell, men Sverige og Norge arbeider med en felles tilnærming.

Jernbaneverket påla i april 2013 alle norske togselskaper om å RFID-merke sitt materiell . Det er utarbeidet nøyaktige beskrivelser for programmering av brikkene og til plassering av disse på materiellet.  Selskapene fikk frist for merking til utgang september 2013. Ny, akustisk detektor for lagerskader på Drammenbanen er utstyrt med RFID-leser og vil gi erfaring med oppfølging av alarmer og trendanalyser.

Momentene ovenfor tilsier at Jernbaneverket i fremtiden må stille krav om at alle detektorer for rullende materiell er utstyrt med RFID-leser og at man benytter seg av RFID-merkingen til å identifisere materiell som passerer detektorene.

## 5.3 Utbredelse og erfaringer fra andre land

### 5.3.1 Utbredelse

Andre land har en betydelig større mengde av sporinstallerte feildetektorer både sett i forhold til omfanget av jernbanenettet og trafikknivået. Tallene er hentet fra ulike kilder (noen direkte oversendt fra jernbaneforvaltningene, presentasjoner på messer, Network statement, mm) og er dermed ikke nødvendigvis komplette og oppdaterte.

**Tabell 2 Oversikt over antall installerte detektorer i en del land**

| Land og antall detektorer | Antall km jernbane | Varmgang og tjuvbrems | Hjulskade og skeivlast | Profil | Strøm-avtager | Brann og kjemikalie | Akustisk lageroverv åking |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sverige | 11 022 | 134 | 22 | 0 | 22 + 2 | 0 | |
| Finland | 5 919 | 83 | 12 | 0 | 4 | 0 | |
| UK | 16 218 | 206 | 27 | 0 | 13 | 0 | 4 |
| Østerrike | 5 700 | 232 | 5 | ? | ? | ? | |
| Sveits | 3 000 | 86 | 17 | 2 | 2 | 7 | |
| Tyskland | 33 900 | 450 | 23 | ? | ? | ? | |
| Italia | 16 700 | >200 | ? | ? | ? | ? | |
| Frankrike | 29 000 | 390 | 0 | | | | 5 (7 i 2014) |

Varmgangs- og tjuvbremsingsdetektorer er den mest vanlige detektortypen, men selv de land som har installert flest av disse, som f.eks. Tyskland, har til tross for dette mange avsporinger pga. varmgangshendelser.

### 5.3.2 Nytte

Det Norske Veritas identifiserer følgende 4 forebyggende (tekniske) tiltak mot godstogavsporinger som hensiktsmessige i et kostnadsnytte perspektiv i sin rapport [1]:

- Hjulskade/hjullastdetektor (for å unngå avsporing som følge av eksempelvis feil på hjul, skjevlasting mm.)
- Endre material i rullebur fra messing til polyamid (fører til reduksjon av varmgang i lager)

- Boggistabilitetsdetektor (detektere avvik tilknyttet sideveis bevegelse)
- Akustisk lagerovervåkning

Rapporten påpeker at innføringen av ett tiltak vil påvirke nytteeffekten av et annet tiltak når de har til hensikt å minske risiko for det samme faremomentet. [1] Den positive kostnadsnytteforholdet for disse tiltakene er basert på et gjennomsnitt av ulike parametre. Det norske jernbanenettet har i gjennomsnitt lav belastning mht. godstransport per linjekm:

- Europeisk gjennomsnitt: 2,08 mill tonnkm/km
- Norge: 0,88 mill tonnkm/km
- Østerrike: 3,87 mill tonnkm/km
- Tyskland: 3,42 mill tonnkm/km

Hvis man sammenligner trafikkbelastningen for godstog per banekm for en del europeiske land er det ikke overraskende at det er vanskelig å få et positivt nyttekostnadsforhold for enkelte detektortyper i Norge. Dette er naturligvis et gjennomsnittstall og nytteverdien for en enkelt detektorinstallasjon på en lokasjon med høy trafikk kan likevel forsvares. Tabellen under gir noen tall for tonnkm gods og persomkm per år per banekm for en del land:

**Tabell 3 Trafikknivå per banekilometer for noen utvalgte land**

| 1<br>**Land** | 2<br>**Nettverks-lengde (km)** | 3<br>**Mill tonnkm/ år** | 4=3/2<br>**Mill tonn gods/år per banekm** | 5<br>**Mill personkm/ år** | 6=5/2<br>**Mill personkm/år per banekm** | 7 = 4+6<br>**Person + Gods enheter /banekm** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Norge | 4114 | 3489 | 0,85 | 3186 | 0,77 | 1,62 |
| Sverige | 11022 | 22043 | 2,00 | 11792 | 1,07 | 3,07 |
| Finland | 5919 | 9275 | 1,57 | 3882 | 0,66 | 2,23 |
| Nederland | 2896 | 6157 | 2,12 | 16000 | 5,73 | 7,85 |
| Østerrike | 5664 | 19499 | 3,45 | 10248 | 1,81 | 5,26 |
| Sveits | 3557 | 11526 | 3,24 | 18115 | 5,09 | 8,33 |
| Tyskland | 33855 | 110065 | 3,25 | 93918 | 2,77 | 6,02 |
| Frankrike | 29901 | 32552 | 1,09 | 91205 | 3,05 | 4,14 |
| UK | 16 218 | 21444 | 1,32 | 60964 | 3,76 | 5,08 |
| US Class 1 | 153498 | 1553691 | 10,1 | - | - | 10,1 |

Lengden av jernbanenettet er i tabellen uttrykt som banekm. Det norske nettet består i hovedsak av enkeltsporet nett, mens det for andre land er vesentlig større andeler av dobbeltsporet nett. Trafikkarbeidet fordelt på sporkm (kolonne 4, 6 og 7 i tabell over) i de ulike land ville vist mindre variasjon enn tallene i tabellen over, som baserer seg på nettverkslengde ikke antall sporkm. Basert på tallene i tabellen kan man dog avlede at det er vanskeligere å få et positivt nyttekostnadsforhold ved investering i detektorer langs sporet i Norge enn i de fleste andre europeiske land, fordi mengden gods- og persontog som passerer en detektorinstallasjon i Norge vil være betraktelig lavere enn i eksempelvis Frankrike, Sveits og England.

Noen land benytter data fra detektorer til tilstandsovervåkning for å beregne kjøreveisavgifter til de ulike operatørene, ved for eksempel å benytte vektdata fra hjullastdetektoren til å bestemme mengden gods som er fraktet. En slik bruk av detektordataene vil også gi andre vurderingsparametre til en nyttekostnadsanalyse. Dette forholdet er i midlertid ikke vurdert da det ansees som utenfor

omfanget til dette strategiarbeidet, og som en strategisk beslutning som eventuelt må vurderes separat.

### 5.3.3 Pålitelighet og evaluering av detektordata

For å få mest mulig nytte av detektordata og minske unødvendige stopp av tog på bakgrunn av disse, går alle detektordata i Sveits til en felles sentral som i de fleste tilfeller evaluerer dataene før det tas stilling til eventuell ordre om stopp av tog. Introduksjonen av dette systemet har redusert antall tog som er stoppet til under en tredjedel (32 %) av det som ellers hadde vært nødvendig, og antall forsinkelsesminutter er redusert til under en fjerdedel (23,5 %) av hva som ellers hadde vært resultatet. Tall fra Sveits viser at det er en stor mengde alarmer (detektordata som overskrider en definert terskelverdi) som skal håndteres: fra de 86 varmgangs- og tjuvbremsedetektorene er et 7000 alarmer per år, fra de 17 hjulskade- og skeivlastdetektorene 600 alarmer per år, 200 alarmer per år fra de to profil- og antennedetektorene og 1 alarm per år fra de 7 brann- og kjemikaliedetektorene. [14]

I tillegg til å luke vekk unødige stopp av tog gir den sentrale evalueringen også mulighet til å trekke ut merinformasjon som ikke er tilgjengelig fra separate detektordata.

Data fra Sverige viser også at andelen falske alarmer fra de ulike detektortypene er meget høye, med varmgangsdetektorer som den med størst andel feilalarmer [13]:

- Varmgang: 74,5%
- Tjuvbrems: 68,2%
- Hjulskade: 54,2%
- Gjennomsnitt: 66,4%

Disse tallene korresponderer med erfaringen fra Sveits hvor alarmsentralen reduserer antall alarmer som går ut til togene til om lag 30% av den opprinnelige antallet alarmer.

Konsekvensen av mengden alarmer og feilalarmer er viktig å vurdere, det kan kreve togstopp og visitering av tog for å avkrefte eller bekrefte feil. Hvis man ikke skal stoppe all trafikk betyr dette at toget må tas inn på et sidespor like etter detektorinstallasjonen, hvilket kanskje vil kreve nye kryssingsspor/sidespor.

I tillegg til at teknologien bør bli mer pålitelig, ser man behovet for en kompetent evaluering av alarmene for å hindre lavere oppetid på infrastrukturen.

# Analyse

# 6 Nyttekostnadsvurderinger

Nyttekostnadsberegningen som gjøres er relativt grove og er assosiert med stor usikkerhet. For å styrke vurderingene av detektortypene tas erfaringer fra andre land med i betraktningene og er forsøkt vurdert ut fra norske forhold.

Generelt er det viktig å være bevisst at innføringen av tiltak vil minske den marginale nytteverdien av relaterte tiltak.

## 6.1 Metodebeskrivelse

Faktorer som må hensyntas når kostnad og nytte relatert til tilstandsovervåkning av rullende materiell skal vurderes er:

Kostnadselementer:

- Anskaffelseskostnad for ulike typer detektorer
- Installasjonskostnad
- Drifts- og vedlikeholdskostnad per detektor med eventuelle stordriftsfordeler ved flere detektorer enten i samme installasjon eller i nærhet
- Apparat for alarmhåndtering
- Levetid (avskrivningsperiode)
- Togstopp og tog tatt ut av trafikk pga. falske alarmer

Nytteelementer:

- Reduksjon i ulykker og hendelser
- Reduksjon i nedetid på infrastruktur og relaterte forsinkelser. (Disse er vanskelig å kvantifisere og blir her kun vurder kvalitativt)
- Levetid, som bestemmer nytteperiode
- Innføring av tilstandsbasert vedlikehold for visse sikkerhetskritiske komponenter på tog som aksellager og hjul
- Spesifikke nytteaspekt tilknyttet ulike detektortyper

## 6.2 Vurderinger

### 6.2.1 Generelle betraktninger

Ut fra antall ulykker og hendelser i Norge de siste 10 årene er det lite grunnlag for å tro at installasjon av detektorer med ensidig formål å unngå sikkerhetskritisk havari av rullende materiell vil ha et positivt nyttekostnadsforhold. Norge har også langt lavere trafikkbelastningen per banekm enn andre europeiske land, som også medfører at det er vanskelig å få et positivt nyttekostnadsforhold for detektorinstallasjoner i Norge.

Det europeiske jernbanekontoret ERA har utført en studie med hensyn til nyttekostnadsvurderinger for tiltak for å unngå avsporing av godstog. [1] Et av de mest nyttige tiltakene som ble identifisert var å bytte ut metall rullebur i aksellager med polyamid rullebur. Dette er i stor grad allerede innført i Norge. Av installasjoner i spor var det hjulskade- og skeivlastdetektor som ble vurdert å ha best nyttekostnadsforhold.

### 6.2.2 Varmgangs- og tjuvbremsedetektorer

Disse detektorene må plasseres så tett at det kreves 100 detektorer for å dekke alle norske jernbanestrekninger (forutsetter at varmgangsdetektorer må plasseres hver 40 km). Å dekke opp alle hovedstrekninger i Norge som har godstrafikk med varmgangsdetektorer vil kreve 60 stk.

Det forutsettes en levetid på 20 år, og 2 avsporinger per 10 år. For enkelthets skyld forutsettes 100% deteksjonsgrad (det vil si at installasjon vil forhindre avsporing, dette trenger nødvendigvis ikke å være tilfelle). Kostnader forbundet med eventuelle feilaktige alarmer og relaterte trafikkforstyrrelser er heller ikke nevnt her. Det forventes ikke å avverge noen branner ved hjelp av detektorene.

- Investeringskostnad: 60 stk * 1,1 MNOK= 66 MNOK
- Avskrivning per år basert på lineær avskriving: 66 MNOK/20 år=3,3 MNOK/år
- Årlig driftskostnad: 60 stk* 50 000 NOK= 3 MNOK
- Antall avsporinger per 10 år: 2
- Anslått kostnad relatert til avsporing: 5 MNOK. (Tall noe oppjustert fra anbefalt gjennomsnittstall i europeisk sammenheng. Inkluderer også indirekte kostnader som forsinkelser og lignende.[9])
- Nytte relatert til avverget ulykkeskostnad per år: (2 * 5 MNOK)/10 år = 1MNOK/år
- Sum årlige kostnader: 6,3MNOK
- Sum årlig nytte: 1 MNOK
- Nytte dividert med kostnad: 1/6,6= 0,15

Basert på disse tallene vil ikke varmgangs- og tjuvbremsedetektorer ha et positivt nyttekostnadsforhold. Alternative risikoreduserende tiltak for å oppfylle krav fra TSI SRT bør vurderes.

Installasjon av hjulskade- og hjullastdetektorer og akustisk lagerovervåkning vil forebygge forekomst av varmgangshendelser.

### 6.2.3 Brann- og kjemikaliedetektorer

I Sveits finnes en del av disse detektorene installert før eller etter innkjøring i lengre dobbeltsporede tunneler. Det er først og fremst i forbindelse med transport av farlig gods at dette er aktuelt. Både omfanget av farlig godstransporter på Jernbaneverkets spor i dag, samt forekomsten av relaterte ulykker og hendelser er så begrenset at det ikke gir noe grunnlag for nærmere analyse av nyttekostnadsforhold for denne detektortypen, da de ikke ansees å kunne være nyttekostnadseffektive under norske forhold.

### 6.2.4 Hjulskade- og hjullastdetektor

Detektortypen ansees ikke å ha stort nyttepotensial for persontog. Lastbildet er relativt stabilt hos persontogene, og de er utrustet med utstyr for å unngå fastbremsing. Hvis det uansett blir hjulslag vil det relativt raskt oppdages av ombordpersonale i toget. Derimot er det flere nytteaspekt for godstog. En mulig nytte av hjulskadedetektorer er å detektere hjulslag og rubb på godsvogner som er så alvorlig at det kan medføre skinnebrudd.

Med 8 til 9 hjulskade- og hjullastdetektorer ansees majoriteten av godstransporten som dekket. Denne type detektor er anslått å koste NOK 1 500 000 kr i investering inkludert montering, med en årlig driftskostnad på NOK 235 000. Forventet levetid er 20 år.

- Investeringskostnader: 8stk * 1,5 MNOK= 12 MNOK
- Avskrivning per år basert på lineær avskriving: 12 MNOK/20 år=0,6 MNOK/år
- Årlig driftskostnader: 8 stk* 235 000NOK= 1,88 MNOK

- Antall skinnebrudd vurdert forårsaket av hjulskader per år: 8
- Anslått kostnad per skinnebrudd: 50 000 NOK. (Tallet er basert på en intern vurdering, og tar ikke høyde for eventuelle kostander tilknyttet trafikkforstyrrelser)
- Nytte relatert til avverget skinnebrudd per år: 8 * 50 000 NOK = 0,4 MNOK/år
- Avsporing som følge av skinnebrudd er meget sjeldne, anslått til 1 av 1000. Med 40 skinnebrudd forårsaket av hjulskade per år tilsvarer det en relatert avsporing hver 25ende år. (1000/40=25)
- Anslått kostnad relatert til avsporing: 5 MNOK. (Tall noe oppjustert fra anbefaling gjennomsnittstall i europeisk sammenheng. Inkluderer også indirekte kostnader som forsinkelser og lignende.[9])
- Nytte relatert til avverget ulykkeskostnad per år: (5 MNOK)/25 år = 0,2 MNOK/år)
- Sum årlige kostnader: 2,48 MNOK
- Sum årlige nytte: 0,6 MNOK
- Nytte dividert med kostnad: 0,6/2,48= 0,24

Nyttekostnadsbrøken er ikke større enn 1, men noe høyere enn for varmgangs- og tjuvbremsedetektorene. Likeså kan man tenke at i fravær av varmgangsdetektorer vil også hjulskade- og skeivlastdetektorer føre til en lavere andel varmgang og at deler av nytteeffekten tillagt varmgangs- og tjuvbremsedetektorene (1 MNOK/år) kan overføres til hjulskade- og hjullastdetektorene og slik gjøre brøken nærmere 1.

Erfaringer fra Nederland viste 90 % reduksjon i varmgangshendelsene etter at man installerte 45 hjulskadedetektorer. [20]

Togoperatørene vil også ha en betydelig nytteverdi av hjulskade- og hjullastdetektor i vedlikeholds-øyemed. Det foreligger ingen uttalelse fra togoperatørene om størrelsesorden av nytteverdien, men hjulskadedetektorene vil i større grad gjøre dem vil i stand til å benytte dataene inn i vedlikeholdsplanleggingen når hjulskadedetektorene kombineres med RFID for identifisering av materiell [17]. Erfaringstallene fra detektorene på Høyseth og Skatval sannsynliggjør at hjulskadedetektorene fører til færre hjul med skader i drift.

Noen av feilene man søker med en hjulskade og hjullastdetektor kan oppstå underveis oframføringen f.eks. hjulslag og rubb på løpebanen. Andre feil som f.eks. overlast, skeivlast og urunde hjul vil mest sannsynlig være tilstede fra utgangsstasjonen. Best nytte kan man dermed anta og få om man plasserer detektorene et stykke etter utkjøring mot de mest trafikkerte fjernstrekningene fra de største godsterminalene.

### 6.2.5 Akustisk lageroverv̊akning

Akustisk lageroverv̊aking er ingen akuttskadedetektor, men en detektor som kan overv̊ake tilstanden av aksellager på rullende materiell. Benyttet på en lukket flåte kan man basert på måling av akustisk lagersignatur overv̊ake utviklingen av tilstanden til aksiallagrene. Med 2-3 installasjoner er det mulig å overv̊ake en stor andel av det rullende materiell som benyttes i Norge.

Denne type detektor er anslått å koste NOK 2 600 000 kr i investering inkludert montering, med en årlig driftskostnad på NOK 200 000. Forventet levetid er 20 år. NSB har indikert at ved en 10 % forlengelse av intervallene mellom vedlikehold av aksellager kan de spare NOK 3 mill. per år (informasjon mottatt på epost fra NSB 19.11.13). I tillegg kommer innsparinger i vedlikeholdskostnadene for aksellager for Flytoget samt ulike godstogoperatører. Forsiktig beregnet bør det minst beløp seg til NOK 1 mill./år.

- Investeringskostnader: 3stk * 2,6 MNOK= 7,8 MNOK
- Avskrivning per år basert på lineær avskriving: 7,8 MNOK/20 år=0,39 MNOK/år
- Årlig driftskostnad: 3 stk* 200 000NOK= 0,6 MNOK
- Anslått årlig besparelse for NSB pga. forlenget lagervedlikeholds-intervall: 3 MNOK
- Anslått årlig besparelse for Flytoget og godstogoperatører pga. forlenget lagervedlikeholds-intervall: 1 MNOK
- Sum årlig kostnader: om lag 1 MNOK
- Sum årlig nytte: 4 MNOK
- Nytte dividert med kostnad: 4/1= 4

I tillegg vil akustisk lageroverv̊aking tilrettelegge for at lagrene tas ut for vedlikehold før de resulterer i en varmgangssituasjon med fare for avsporing. Deler av nytteeffekten tilskrevet varmgangs- og tjuvbremsedetektorene (1 MNOK/år) kan dermed overføres til akustisk lagerdeteksjon, noe som vil øke brøken til nærmere 5.

Uavhengig av nyttebidrag fra redusert varmgang ser man at nyttekostnadsforholdet er langt større enn 1, og dette vurderes å være en lønnsom investering i et kostnadsnytte-perspektiv. Dog skal man merke seg at det positive nyttekostnadsforholdet tilskrives togoperatørene og ikke direkte til Jernbaneverket.

### 6.2.6 Strømavtageroverv̊akning

Nytten av strømavtagerkontroll antas å være proporsjonal med antall togkm. I Norge kjøres mer enn 3 ganger så mange persontogkm som godstogkm. Sammenligning av km-løp for elektriske materiell-enheter ville vist ytterligere dominans av persontog. Hensiktsmessig plassering vil primært være diktert av togtetthet og eventuell svakhet i kontaktledningsanlegget.

Skade på kontaktledning kan være årsak til feil på strømavtager og vica versa. Strømavtageroverv̊akning på flere lokasjoner vil gi tilleggsinformasjon i forhold til hvor man bør starte å feilsøke i kontaktledningsanlegget etter feil som gir skader på strømavtakere.

Data om feil på kontaktledning som følge av skader fra defekt strømavtager, eller data om antall tog som må stoppe av denne årsaken er vanskelig tilgjengelig og er ikke blitt kartlagt. Det anslås at nedrivninger grunnet feil på strømavtaker skjer 1-2 ganger pr år. En hyppigere konsekvens er at strømavtakeren gjør mindre (men alvorlig) skade på kontaktledningsanleggsdeler (primært ledninger og utliggere), feil som anslagsvis har en kostnad pr tilfelle i størrelsesorden 200 000 – 300 000 NOK. Basert på dette kan det argumenteres for at nytteverdien av et automatisk system for å avverge slike feil, er stor.

Erfaringene vi hittil har fått referert fra Trafikverket er imidlertid ikke gode hva angår automatisk billedbehandling av strømavtagerne. Det er et stort antall falske alarmer og mange feil oppdages ikke. Trafikverket rapporterer likevel god nytte av bildene dersom disse gjennomgås manuelt. De jobber derfor fortsatt videre med utvikling/uttesting av bedre egnet programvare.

Basert på erfaringer fra egen testing og fra Sverige anbefales det at innføring av denne typen deteksjon bør vurderes først etter at løsninger for automatisk billedgjenkjenning er utviklet med dokumenterte gode resultater.

### 6.2.7 Profilovervåkning

Profilovervåkning er et tiltak som er entydig til nytte for godstrafikken. Feil som oppdages ved profilkontroll er forskjøvet last, antenner som stikker ut over profilet, løst nedbindingsutstyr, feillastede kontainere med mer. Bedre profilkontroll kan redusere skader på jernbaneinstallasjoner i tunnel og redusere faren for brann i last i godstog pga. overslag fra kontaktledning til antenner, presenninger og lignende. Mest nytte av slike installasjoner kan forventes foran tunneler med redusert frittromsprofil i forhold til linjen ellers.

Gjennomgang av SHTs granskninger av hendelser og ulykker siden 2002 viser bare 1 relevant hendelse tilknyttet profiloverskridelse. Dette antallet hendelser er så lavt at nærmere nyttekostandsberegninger ikke synes nødvendig.

# 7 Anbefalte detektortyper for Jernbaneverket

## 7.1 Kriterier for anbefaling

En grov vurdering av nytteforholdene tilknyttet detektorene for tilstandsovervåkning av rullende materiell tilsier at de ikke får et positivt nyttekostnadsforhold hvis en kun ser det fra Jernbaneverkets perspektiv. Dette fordi antall relaterte hendelser er få, og trafikktettheten er lav. Derimot kan det argumenteres med at tilstandsovervåkningen er samfunnsnyttig da den muliggjør et mer ressurseffektivt vedlikehold av togene, basert på deres faktiske tilstand. Likeså er flere av detektortypene med å bygge opp under et høyt sikkerhetsnivå på norsk jernbane.

I de tilfeller hvor lov og forskrift tilsier at vi skal tilstandsovervåke eller gjennomføre andre egnede risikoreduserende tiltak, er tilnærmingen basert på en vurdering av om det er en detektor eller et annet tiltak som er å foretrekke.

Anbefaling av detektortyper gjøres dermed basert på følgende;

- Typer som er dokumentert som mest nyttig
- Typer som på en mest hensiktsmessig måte svarer ut krav i lov og forskrift
- Typer som kan antas å ha størst samfunnsnytte

## 7.2 Anbefalte detektortyper

Detektorer for akustisk lageroverv̊akning samt hjulskade- og hjullastdetektorer er vurdert som mest nyttige i forbindelse med tilstandsovervåkning av rullende materiell. Akustisk lageroverv̊akning er relevant for både person- og godstog, og størst nytteverdi tilskrives utvidede vedlikeholds-intervall hos togoperatørene.

Varmgangsdetektorer krever svært tett installasjon for å være effektive, og blir dermed ikke et kostnadseffektivt tiltak. Detektorer for akustisk lageroverv̊akning og hjulskade- og hjullastdetektorer vil også ha en gunstig effekt på forekomsten av varmgangshendelser og dermed redusere behovet for varmgangsdetektorer. Rullende materiell på Jernbaneverkets infrastruktur benytter i stor grad polyamid som rulleburmateriale i aksellagerne, og dette er en ytterligere faktor som reduserer forekomsten av varmgangshendelser.

Profiloverv̊akning ansees ikke som relevant grunnet det lave antallet relaterte hendelser. Strømavtageroverv̊akning utføres det heller ikke nyttekostnadsanalyser for, da ytterlige testing og dokumenterte positive erfaringer fra andre land bør foreligge for å sannsynliggjøre teknologiens egnethet.

Følgende detektortyper anbefales derfor for Jernbaneverket:

- Detektor for akustisk lageroverv̊akning. Denne har meget stor nytteverdi for togoperatører i forbindelse med vedlikehold. Den er ikke en akuttdetektor og kan dermed forventes å luke ut feil lenge før de oppstår, noe som er meget positivt i forhold til oppetid på jernbanenettet. Akustisk lageroverv̊akning ansees også som et mer egnet risikoreduserende tiltak for varmgang enn varmgangs- og tjuvbremsdetektorer og kan derfor benyttes til å svare ut krav i TSI SRT.

- Hjulskade- og skeivlastdetektor. Disse er med på å forhindre skinnebrudd og varmgang. Togoperatørene kan benytte dataene i sin vedlikeholdsplanlegging. Data fra Jernbaneverkets hjulskade- og skeivlastdetektor viser nedgang av hjulskader etter innføring av hjulskadedetektorer.
- Innføring av strømavtageroverv˚akning bør vurderes først etter at løsninger for automatisk billedgjenkjenning er utviklet med dokumenterte gode resultater.

## 7.3 Plassering av detektor

Plassering av detektorer baseres i hovedsak på parametre som man antar maksimerer detektorens nytte. Det vil i stor grad være basert på hvor den største trafikk- og godsmengden er.

I tillegg må det tas hensyn til hva som er hensiktsmessig plassering med tanke på drift og vedlikehold, samt til hva som er egnede lokale topografiske forhold. Slike krav og hensyn presenteres i kapitel 7.3.

### 7.3.1 Akustisk lageroverv˚akning

For å dekke materiellparken med dieseldrevet materiell anbefales en detektor på Skatval. Denne bør samlokaliseres med eksisterende hjulskade- og skeivlastdetektor. Detektoren vil dekke ikke-elektrifisert materiell på Nordlandsbanen og nordgående godstog som kommer fra Sverige via Meråker.

Den allerede installerte akustiske detektoren ved Huseby beholdes. Den vil dekke majoriteten av elektrisk drevet materiell i normal trafikk, eller at de ytterligere kan turneres forbi på vei til vedlikeholdsbase ved Sunnland. Eksisterende plassering for denne skal beholdes.

Akustisk lageroverv˚akning på Jærbanen nær Stavanger ble vurdert men ikke funnet nødvendig. Det forventes at også disse togene med jevne mellomrom turneres forbi detektoren ved Huseby.

Akustisk detektor er på Ofotbanen anbefales. Ofotbanen har høyakslelast og stor slitasje på togparken som trafikkerer banen. Akustisk lageroverv˚akning kan i så måte vare meget egnet av vedlikeholdshensyn for togoperatøren. Detektoren kan plasseres på enten norsk eller svensk side. NorJets har på oppdrag fra togoperatøren LKAB gjort en forstudie om mulig installasjon av akustisk detektor på Ofotbanen, og funnet meget gode nyttekostnadsforhold for en slik installasjon. Varmgang- og tjuvbremsdetektoren på Ofotbanen er lokalisert på Ornes, og er nevnt som en mulig lokasjon for akustisk detektor. [15] Delfinansieringer av LKAB kan være en mulighet.

### 7.3.2 Hjulskade- og skeivlastdetektorer

Det er først og fremst godstog som har nytte av disse, og hovedkriteriet for lokalisering har vært å sjekke godstogene så snart som mulig etter avgang fra store/viktige avgangsstasjoner for godstog. Dette blir da i hovedsak godstoglinjer ut fra Alnabru. I tillegg er det hensiktsmessig å tenke at plassering skal ivareta tømmertog fra Hedmark og Mjøsområdet mot Østfold eller Sverige og tilsvarende fra Buskerud og Telemark mot Sverige.

Godstog sørover og nordover fra Trondheim dekkes av dagens hjulskade- og skeivlastdetektor ved henholdsvis Høyseth og Skatval. Godstog mellom Oslo og Rogaland/Agder dekkes av hjulskadedetektorene ved Huseby og Langum. Trafikk på Ofotbanen er dekket av hjulskadedetektor ved Haugfjell nær Bjørnfjell.

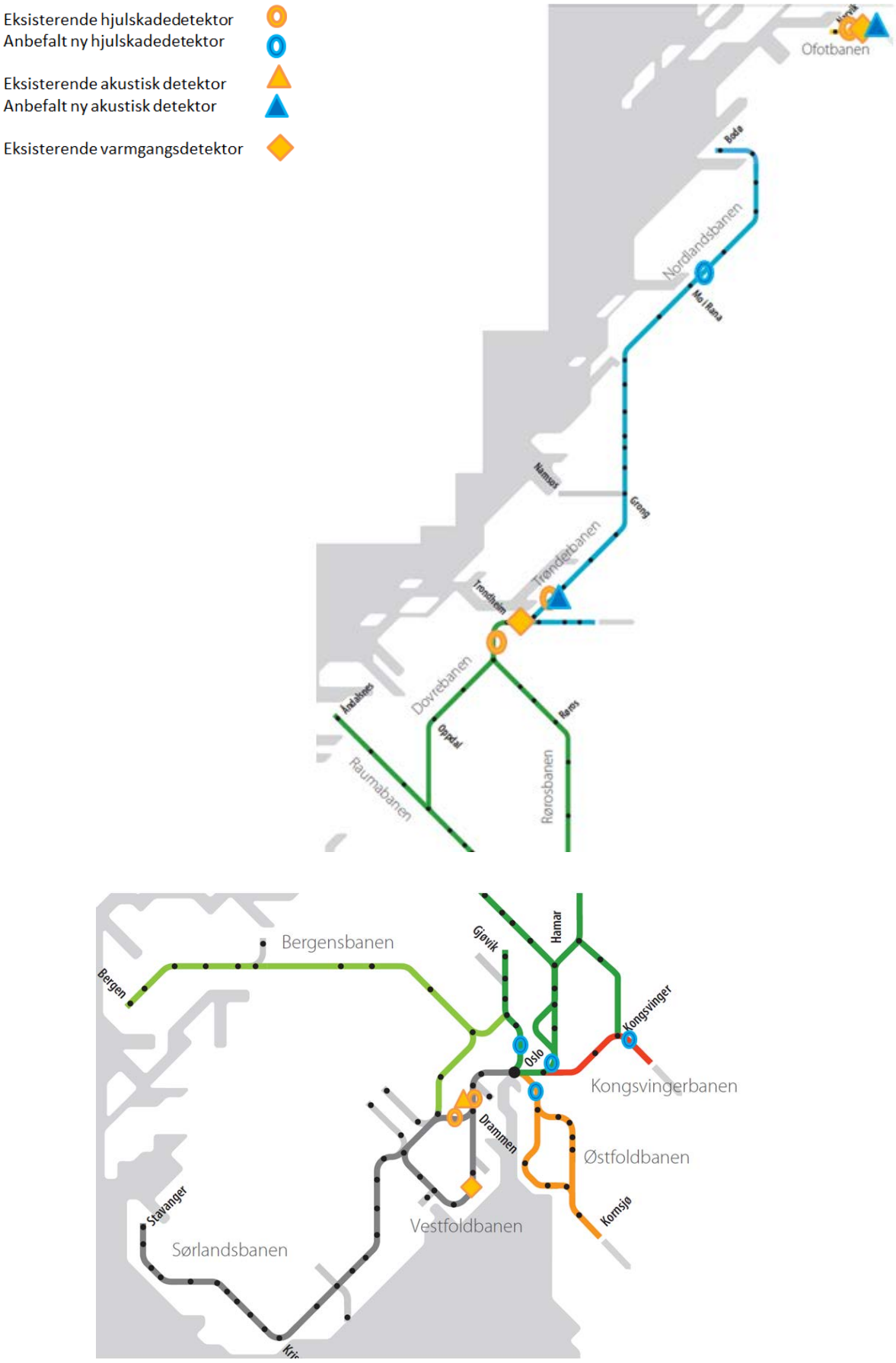
Udekket er da følgende godstransportstrømmer:

- Tømmertransport fra Østerdalen, samt fra Sørli (Sør for Hamar) og Hove (nord for Lillehammer) på Dovrebanen

- Intermodale godstog og vognlastgodstog fra utlandet til Alnabru over Charlottenberg samt Kornsjø.
- Tømmer- og flistransport fra Østlandsområdet mot Sverige, over Charlottenberg og Kornsjø.
- Intermodale godstog og godstog fra Alnabru til Bergensområdet via Roa.
- Malmtransport for Rana Gruber

Det meste av ovennevnte trafikk kan dekkes med nye hjulskade- og skeivlastdetektorer på følgende steder:

- Hovedbanen mellom Alnabru og Eidsvoll: hvis den kan plasseres mellom Alnabru og Lillestrøm kan den også dekke trafikk til Kongsvingerbanen og over Charlottenberg. Hvis detektor på Hovedbanen kommer nord for Lillestrøm må Kongsvingerbanen få egen detektor mellom Lillestrøm og Kongsvinger.
    - I en tidligere intern utredning i Jernbaneverket [A] er det blitt kartlagt at for trafikken nordover fra Alnabru er svært vanskelig å finne en egnet detektorplassering før man har passert Lillestrøm. Dette medfører behov for 2 detektorer for å dekke trafikken på både Dovrebanen og Kongsvingerbanen. Anbefalt plassering er dermed:
        - Dovrebanen (Hovedbanen) km 24,000 jfr. [A]
        - Kongsvingerbanen, mellom Kongsvinger og Charlottenberg. (Her vurderes ikke anbefalingen fra strateginotatet [A] som det mest egnede da en plassering av detektoren mellom Lillestrøm og Kongsvinger ikke vil ivareta godstog som går mellom Hamar og Sverige.)
- På Østfoldbanen nær Oslo. (Her vil det være dobbeltspor, men detektor i spor for sørgående tog ansees som tilstrekkelig.) Anbefalt plassering:
    - Nær Oslo, på Østfoldbanen km 10,620
- For å dekke godstog til Bergen som kjøres over Roa bør det plasseres en detektor på Gjøvikbanen mellom Grefsen og Roa. Alternativt er en plassering mellom Hønefoss og Sokna vurdert, men en plassering mellom Grefsen og Roa i kombinasjon med detektorene på Langum og Huseby fremstår som mest hensiktsmessige da den vurderes til å passeres av flest godstog. Anbefalt plassering:
    - Gjøvikbanen (Bergensbane km 43,300) [A]
- Hvis tillatt akseltrykk i malmtransportene for Rana Gruber økes til 30 tonn anbefales det å installere en hjulskade- og skeivlastdetektor på denne strekningen.




Figur 9 Anbefalt antall og plassering av detektorer

## 7.4 Tekniske krav til plassering av detektorer

Her presenteres hvilke tekniske hensyn som må ivaretas i forbindelse med plassering av detektorer i en utbyggingsfase, samt hensyn som må ivaretas i forbindelse med vedlikehold av detektorer

### 7.4.1 Generelt ved Prosjektering og bygging

Når sted for plassering av en detektor skal bestemmes, må det normalt tas hensyn til de fleste av følgende punkter:

- sporgeometri
- hastighetsavsnitt
- signalplassering
- transmisjon/samband
- strøm fra E-verk
- terrengformasjoner
- atkomst
- mulighet for vognuttak
- andre omstendigheter

#### *7.4.1.1 Detektorer for hjulslag og varmgang*

Et særlig viktig kriterium for plassering av denne type detektorer er at monteringsstedet skal ligge på en rettlinjet og mest mulig horisontal strekning. Dessuten skal toget helst ha jevn hastighet uten akselerasjon eller retardasjon. Disse kriteriene er ofte vanskelig å tilfredsstille fullt ut.

#### *7.4.1.2 Akustisk detektor*

Plassering må være på et sted hvor tog antas å ikke bremse, da bremsing vil kunne forstyrre lydbildet.

#### *7.4.1.3 Detektor for strømavtaker*

Detektorene må plasseres slik at flest mulig togsett passerer, og at det er mulig å stoppe toget snarest etter passering hvis avvik registreres.

Detektorene bør i tillegg plasseres slik at vedlikehold og drift ikke påvirker togdriften.

# 8 Krav til drift og vedlikehold

## 8.1 Organisering

Et viktig suksesskriterium for å få realisert nytten assosiert med de ulike detektorene er gode rutiner for oppfølging og drift av detektorene, gode rutiner for håndtering av alarmer, klare ansvars- og rolleforhold samt aktiv bruk av detektordataene i vedlikeholdsøyemed.

I dette arbeidet baserer vi oss på at organisering blir i henhold til retningslinjene i den Overordnede strategien for tilstandsovervåkning. Dette innebærer at detektorene eies av en sentral enhet og at overvåkning gjennomføres av et landsdekkende senter. Ansvaret for detaljerte rutiner for drift og vedlikehold av detektorene ligger hos den sentrale eierenhet, og kravene som presenteres her er kun ment som veiledning til denne eierenheten. Det blir likeså viktig å utvikle hensiktsmessige rutiner for samhandling mot trafikkstyringssentralene og beredskaps- og vedlikeholdsapparatet.

Erfaringene fra andre land som England og Sveits med tilstandsovervåkning for rullende materiell, bygger opp under at det bør være en sentralisert oppfølging av detektorer. Det samme gjør erfaringer fra Jernbaneverket.  De ulike detektortypene er påvist å ha en relativt stor andel feilalarmer og riktig håndtering av disse vil i tillegg til gode data verktøy også kreve riktig kompetanse for å sikre at detektorene ikke medfører store, unødvendige trafikkforstyrrelser og dermed resulterer i en lavere opptid på infrastrukture.

## 8.2 Generiske arbeidsrutiner

Rutiner for vedlikeholdet av de ulike detektorene skal dokumenteres og ivaretas i Jernbaneverkets Generiske arbeidsrutiner. Jernbaneverket bør selv ta hånd om 1. linje vedlikehold i form av generiske kontroller og feilretting/beredskap av detektorene som befinner seg i og ved sporene.

## 8.3 Kalibrering

Alle detektorer har behov for kalibrering og kontroll av målesystemene sine. System og rutiner for kalibrering må spesifiseres for hver enkelt detektortype.

## 8.4 Serviceavtaler

Nødvendige avtaler for å ivareta drift og vedlikehold av detektorene skal inngås og ivaretas av den sentrale eierenheten.

# 9 Anbefalingens gyldighet

Behov for revidering av strategien bør vurderes ved vesentlig endringer i:

- Krav til tilstandsovervåkning i lov og forskrift
- Endring i forekomst av ulykker og hendelser
- Større endringer i trafikkstrømmer, volum og sammensetning
- Utalt behov for tilstandsdata fra togoperatører
- Tilstand på togpark som trafikkerer det norske jernbanenettet (for eksempel større andel utenlandske vogner)
- Teknologi for tilstandsovervåkning av rullende materiell
- Jernbaneverkets strategi for avregning av kjøreveisavgifter

# Vedlegg

## 10 Vedlegg 1 – Årsaksfordeling av godstogavsporinger og sammenligning med Europa

Det europeiske jernbanekontoret ERA har utført en studie med hensyn til nyttekostvurderinger av tiltak for å unngå avsporing av godstog. Med basis i 20 års kommersiell levetid er det 9 tiltak som gir positive nyttekostnadsforhold basert på gjennomsnittssituasjonen i Europa. [1] I dette vedlegget sammenlignes tallmaterialet brukt i ERA-rapporten med tall for Norge, og forskjellene analyseres. Dataene er basert på tidsrommet 2000 til 2013 og hentet fra de ulike lands etterforskningsorgan for jernbaneulykker. Sammenligningen er gjort av Terje Andersen, i perioden han var innleid i Jernbaneverket.

Norge har et lavere trafikknivå mht godstrafikk (0,88 mill tonn per år per linjekm) enn gjennomsnittet i Europa (EU27) (2,08 mill tonn per år per linjekm), og ikke minst lavere trafikknivå enn de normal-sporede land med størst godstrafikk per linjekm (2008/2009):

- Østerrike: 3,87 mill tonn
- Tyskland: 3,45 mill tonn
- Sveits: 3,47 mill tonn

For de fleste strekninger i Norge vil det derfor være vesentlig lavere trafikk som kan få nytte av installasjonen enn gjennomsnittet i Europa. Basert på tallene over vil en gjennomsnittsinstallasjon i Norge få halvparten av nytte-kostnads-gjennomsnittet for Europa.

Et av de nyttigste tiltakene som ble identifisert i ERA-studien var å bytte ut metall rullebur i aksellager med polyamid rullebur. Dette er i stor grad allerede innført i Norge.

Av installasjoner i spor var det hjulskade- og skeivlastdetektor (WLID= wheel load impact detector) som ble vurdert å ha best nyttekostnadsforhold.

I Tabell X er årsakene under hver gruppe strukturert i et visst hierarki. I tillegg er det oppgitt antall hendelsesårsaker og prosentandel av totalt antall ulykker angitt for Europa totalt (EU27 + Norge og Sveits) og Norge separat. Antall hendelsesårsaker på laveste nivå er summert opp på det overordnede nivå.

Årsakene er delt i 3 grupper som følger:

- Feil på infrastruktur
  Avsporingen skyldes en feil på infrastrukturen, dvs underbygning, overbygning, sporgeometri, signalanlegg m.m.
- Feil på rullende materiell
  Avsporingen skyldes en feil på det rullende materiellet, dvs hjulsatser, boggi, vognkasse/ramme, bremser, dragutrustning m.m.
- Operasjonelle forhold: klargjøring, visitering, framføring & trafikkstyring
  Avsporingen skyldes feil ved opplasting av vogner, togsammensetning, visitasjon og klargjøring av tog, togframføring og trafikkstyring

Spesielt på infrastruktursiden er det en stor grad av sammenheng mellom flere av årsakskategoriene. Setninger og feil på ballast (plaskespor) gir opphav til sporgeometrifeil som så forårsaker avsporinger. Tilsvarende med hensyn til befestigelse og sammenføynings-komponenter for spor og sporveksler.

Feil på disse kan gi opphav til feil sporgeometri som kan gi avsporing. I den grad granskningsrapporten gir svar på slike sammenhenger har vi prøvd å henføre feilen til grunnårsaken.

Ofte er det også slik at forutsetningene for avsporing ligger i en kombinasjon av avvik eller nestenavvik fra 2 eller 3 av hovedkategoriene. Det kan også være slik at man finner 2 avvik fra ønsket tilstand hvorav ingen er avvik over sikkerhetsgrense, men at disse tilsammen kan bidra til å utløse avsporing. I slike tilfeller er begge normalt angitt.

Den angitte prosentandel av avsporingene må brukes med stor forsiktighet når det er få hendelser i årsaksgruppen.

**Tabell 4 Oversikt over avsporingsårsaker for godstog og deres hyppighet i Europa (EU-27) og Norge (år 2000 til 2013)**

| Geografisk område > | | | **Hendelsesårsaker i Europa** | | **Hendelsesårsaker i Norge** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Avsporingsårsaker (nedover) | | | Antall | % | Antall | % |
| **Totalantall feilårsaker** | | | **354** | **100** | **24** | **100** |
| **Feil på infrastruktur:** | | | **140** | **39.5** | **14** | **58,3** |
| | Underbygningsfeil | | 14 | 4,0 | 2 | 8,3 |
| | | Setninger | 7 | 2,0 | | |
| | | Steinsprang og jordras | 3 | 0,85 | 2 | 8,3 |
| | | Flom og utvasking | 2 | 0,56 | | |
| | | Brusvikt | 1 | 0,28 | | |
| | | Drenering, teleløsning, telehiv | 1 | 0,28 | | |
| | Overbygningsfeil | | 36 | 10,2 | 0 | |
| | | Skinnebrudd | 8 | 2.3 | | |
| | | Feil på lasker, skjøter og innstikk | 1 | 0.28 | | |
| | | Sporvekselfeil | 11 | 3.1 | | |
| | | Feil på skinnefester | 8 | 2.3 | | |
| | | Ballastfeil (plaskesviller etc) | 3 | 0.85 | | |
| | | Annet og uspesifisert | 5 | 1.4 | | |
| | Sporgeometrifeil | | 85 | 24,0 | 10 | 41,7 |
| | | Sporviddefeil | 15 | 4,2 | 2 | 8,3 |
| | | Stor vindskjevhet | 30 | 8,5 | 3 | 12,5 |
| | | Høydefeil/overhøyde | 9 | 2.5 | 1 | 4,2 |
| | | Pilhøyde/Sidefeil | 1 | 0,28 | | |
| | | Solslyng (track buckle) | 18 | 5,1 | 4 | 16,7 |
| | | Feil sporvekselgeometri | 4 | 1,1 | | |
| | | Annet og uspesifisert | 8 | 2.3 | | |
| | Signalfeil | | 5 | 1,4 | 2 | |
| | | Signal-/forriglingsfeil | 4 | 1,1 | 1 | 4,2 |
| | | Feil signalutrustning | 1 | 0,28 | 1 | 4,2 |
| | | | | | | |
| **Feil på rullende materiell:** | | | **134** | **37,9** | **5** | **20,8** |
| | Feil på hjulsatser (aksler, hjul og lager) | | 88 | 24,9 | 3 | 12,5 |
| | | Akselbrudd | 58 | 16,4 | 3 | 12,5 |
| | | Varmgangsbrudd | 41 | 11,6 | 2 | 8,3 |
| | | Utmatningsbrudd | 16 | 4,5 | 1 | 4,2 |
| | | Uspesifisert | 1 | 0,28 | | |
| | | Hjulbrudd/feil | 28 | 7,9 | 0 | 0 |
| | | Feil på helhjul | 7 | 2,0 | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Feil på hjulring | 13 | 3,8 | | |
| | | Feil hjulgeometri | 6 | 1,7 | | |
| | | Ulik diam. på hjul | 2 | 0,56 | | |
| | Hjul forskjøvet på aksling | | 2 | 0,56 | 0 | 0 |
| | Feil på boggi, hjuloppheng og fjærer | | 27 | 7,6 | 1 | 4,2 |
| | Feil på boggi og laststøtter | | 6 | 1,7 | | |
| | Feil på fjærer og hjuloppheng | | 18 | 5,1 | 1 | 4,2 |
| | Annet vedrørende boggi | | 3 | 0,85 | | |
| | Strukturfeil/skjevhet av vognkasse/ramme | | 3 | 0,85 | | |
| | For høy torsjonsstivhet (kasse og fjæring) | | 1 | 0,28 | | |
| | Strukturell feil på bremsekomponent | | 6 | 1,7 | | |
| | Feil på buffer og dragutrustning | | 4 | 1,1 | | |
| | Annen eller uspesifisert materiellfeil | | 4 | 1,4 | 1 | 4,2 |
| | | | | | | |
| **Klargjøring av tog, trafikk & drift** | | | **80** | **22,6** | **5** | **20,8** |
| | Uheldig togsammensetning | | 8 | 2,26 | | |
| | Feil vedrørende lasting og lossing | | 24 | 6,8 | 2 | 8,3 |
| | Overlast | | 1 | 0,28 | | |
| | Skjevlast | | 14 | 4,0 | 1 | 4,2 |
| | | Feilaktig lasting | 12 | 3,4 | 1 | 4,2 |
| | | Feilaktig dellosset | 2 | 0,56 | | |
| | Utilstrekkelig lastsikring | | 9 | 2,54 | 1 | 4,2 |
| | Feil ved togvisitering og bremseprøve | | 17 | 4,8 | | |
| | Bremser ikke korrekt satt i forhold til last m.m. | | 2 | 0,56 | | |
| | Bremseprøve ikke korrekt utført | | 5 | 1,4 | | |
| | Bremsesko ikke fjernet før avgang, eller brukt feil | | 9 | 2,54 | | |
| | Utilstrekkelig visitering etter detektoralarm | | 1 | 0,28 | | |
| | Trafikkstyringsfeil | | 15 | 4,2 | 1 | 4,2 |
| | Sporveksel usikret eller i feil posisjon når kjøretillatelse gis | | 5 | 1,4 | 1 | 4,2 |
| | Belagt sporveksel omlegges når belagt av tog | | 6 | 1,7 | | |
| | Trafikktillatelse skulle ikke vært gitt (bane eller tog ikke kjørbar) | | 4 | 1,1 | | |
| | Feil ved framføring av tog | | 12 | 3,4 | 2 | 8,3 |
| | For høy hastighet | | 7 | 2,0 | | |
| | | Over sporveksel i avvik | 3 | 0,85 | | |
| | | Ellers på linjen | 4 | 1,1 | | |
| | Annen førerfeil f.eks. passhendelse m.m. | | 5 | 1,4 | 2 | 8,3 |
| | Annen feil ved trafikkavvikling | | 3 | 0,85 | | |

Tabllen viser at feil på rullende materiell en mye mindre viktig årsak til godstog-avsporinger i Norge enn i mange andre land i Europa. I Norge er infrastrukturfeil klart viktigste avsporingsårsak og spesielt er det vindskjevheter og solslyng som bidrar relativt høyt.

Profilovervåkning og strømavtagerkontroll er ikke dekket i nytte-/kostnadstallene fra ERA siden de ikke påvirker avsporing, men har et annet nyttepotensiale som inkluderer andre sider av godstogsikkerhet samt persontrafikk.

Nyttebidrag fra passasjertransport er heller ikke med i ERA-tallen.

# 11 Vedlegg 2 – Ulykker og hendelser gransket av SHT

Ulykker og alvorlige hendelse granskes av Statens havarikommisjon for transport (SHT). Inkludert 3 hendelser hvor rapporter som ikke er ferdigstilt har SHT gransket 91 uønskede hendelser/ulykker på Jernbaneverkets spor siden sommeren 2002. Disse har vi gjennomgått og vurdert om ulykken/hendelsen kunne ha vært forhindret av en eller flere typer detektorinstallasjoner.

Av disse 91 uønskede hendelsene/ulykkene er det 9 som er vi har vurdert til å potensielt kunne vært avverget ved hjelp av en sporinstallerte detektorer, hvorav kun 3 av disse 9 har forkommet de siste 7 årene, dvs. etter 2006.

Følgende forkortelser er brukt om de ulike detektortypene:

VD=varmgangsdetektor

FOA= tjuvbremsdetektor

HSD= hjulskade- og skeivlastdetektor

Profil=profilovervåking

A =Akustisk lagerovervåkning

**Tabell 5 Ulykker og alvorlige hendelse granskes av Statens havarikommisjon for transport (SHT)**

| Rapport nr | Dato | Sted | Tog involvert | Hendelsesbeskrivning | Mulig hindret |
|---|---|---|---|---|---|
| Under etterfor-skning. Rapport ikke utgitt | 04.11.2013 | Dovre - Dombås | 5910 | Sydgående godstog 5910 sporet av med en aksel på første vogn i toget ved km 333,816. Ingen feil på rullende materiell. | N |
| | 01.08.2013 | Enebekk | 123 | Personbil som befant seg i bilkø på planovergang ved Enebekk ble påkjørt av tog. | N |
| | 22.07.2013 | Kvam - Sjoa | 41631 | Godstog 41631 med tomme tømmervogner i transport til Otta sporet av mellom Kvam og Sjoa pga solslyng | N |
| 2014/01 | 09.01.2013 | Alnabru | 5509/skift | For høy hastighet under skifting medførte sammenstøt med tog | N |
| 2013/09 | 01.01.2010 | Generelt | diverse | Temarapport om passering av signal i stopp | N |
| 2013/08 | 26.09.2012 | Dal | 1680/5704 | Fare for sammenstøt mellom to tog | N |
| 2013/07 | 07.10.2012 | OSL/Gm | 3560 | Branntilløp pga elektrisk feil i tog ved plattform på Gardermoen | N |
| 2013/06 | 14.09.2012 | Alnabru | Skift-skift | Sammenstøt mellom skifteaktiviteter på Alnabru | N |
| 2013/05 | 21.08.2012 | Evja plo | 521 | Person nesten påkjørt ved passering av plo. | N |
| 2013/04 | 31.05.2012 | Godlia | Oslo T-bane | | |
| 2013/03 | 27.02.2012 | Oslo S | 2810 | Passering av signal i stopp; sammenstøtfare | N |
| 2013/02 | 15.02.2012 | Nykirke | 12926 | Avsporing pga for stor hastighet | N |
| 2013/01 | 13.01.2012 | Dombås | 5701 | Avsporing pga traksjonsmotor falt ned i sporet | N |
| 2012/09 | 14.02.2012 | Voss | 1813 | Sammenstøt mellom tog og løpsk vogn | N |
| 2012/08 | 28.10.2011 | Bjørnfjell | 4045 GC | Avsporing med uklar årsak | N |
| 2012/07 | 22.10.2011 | Bjørge-seter | 233 | Branntilløp i elektrisk utrustning Type 69, røykutv passasjertog | N |
| 2012/06 | 05.09.2011 | Opphus | 2378 | Avsporing pga utgliding under spor; stor nedbør | N |
| 2012/05 | 15.06.2011 | Halling-skeid | 62 | Brann i snøoverbygg pga arbeid i spor; smittet til tog. Togsett totalskadet | N |
| 2012/04 | 03.06.2011 | Hokk-sund | 8314 | Person påkjørt på fotgjengerovergang, plo på Rfb nord for Hokksund | N |
| 2012/03 | 04.04.2011 | Asper | 5077 | Brann i 2. forspannlok Type Di8 i tog m. flydrivstoff | N |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2012/02 | 20.06.2011 | Rombak | 59007/09 | Sammenstøt mellom arbeidsmaskiner på arbeids-område. | N |
| 2012/01 | 25.08.2011 | Hakadal | 252 | Uregelmessighet ved signalbilder | N |
| 2011/10 | 01.12.2010 | Tøyen | Oslo T-bane | | |
| 2011/09 | 01.01.2010 | Temarap | Oslo T-bane | | |
| 2011/08 | 01.10.2010 | Skotte-rud | 55/846 | Avsporing av persontog pga hjulbrudd i svensk personvogn | N |
| 2011/07 | 19.09.2010 | Slemdal | Oslo T-bane | | |
| 2011/06 | 09.09.2010 | Valeseter | 2573 | Brann i tog type Y-1 pga lekkasje i oljeslange | N |
| 2011/05 | 26.04.2010 | Kr. sand | 705 | Avsporing av Pt ved innkjøring til Kristiansand stasjon pga sammenfallende årsaker | N |
| 2011/04 | 01.04.2010 | Bryns-bakken | 1677 | Avsporing pga lav sporkvalitet med råte i sviller | N |
| 2011/03 | 24.03.2010 | Alnabru - Sydhavn | Løpske vogner | En vognstamme kom i drift på alnabruk og fortsatte ned til Sydhavna hvor skade skjedde | N |
| 2011/02 | 28.01.2010 | Brattøra, Tr.heim | 5701 - skift | Feil i bremsefunksjon hos skiftemaskin tap av togkontroll, kollisjon med endebutt og avsporing | N |
| 2011/01 | 05.11.2009 | Kongens | Trikkeulykke i Kongens gt i Trondheim | | |
| 2010/09 | 22.12.2009 | Fjell-hamar | 8264 | Varmgang i lager medførte akselbrudd og tapt akselkasse. Årsak hjulskade | J, VD/ HSD/A |
| 2010/08 | 17.12.2009 | Koppang | 2387/5741 | To tog startet samtidig fra Koppang stasjon og det kom til flankekollisjon | N |
| 2010/07 | 10.09.2009 | Sinsen T | Oslo T-bane | | |
| 2010/06 | 12.10.2009 | Halden | 4957 | Avsporing av 3 godsvogner i spv 2 pga feil på skinnegang | N |
| 2010/05 | 31.01.2010 | Dalane | 5828 | Avsporing etter påkjøring av endebutt pga. signalmisforståelse | N |
| 2010/04 | 20.08.2009 | Strøm-men | 1507 | Ved en feil ble lokaltog tatt inn i spor 2 og de reisende tillatt avstigning. Godstog kom i spor 1. | N |
| 2010/03 | 15.07.2009 | Gjøvik Viken plo | 210 | En gående ble påkjørt ved kryssing av spor ved plo. | N |
| 2010/02 | 07.06.2009 | National theatret | 3744 | Brann i informasjonssøyle i flytog ved midlertidig hensetting på Nationaltheatret stasjon | N |
| 2010/01 | 12.02.2009 | Stryken | 233 | Signalfeil ved Stryken pga ikke detektert togbelegg | N |
| 2009/11 | 25.05.2009 | Ørtfjell | 5960 | Avsporing av lastet malmtog pga sporveksel i feil posisjon i forhold til kjøreordre | N |
| 2009/10 | 25.02.2009 | Katterat | 59007/ 9909 | Front-hale Kollisjon mellom arbeidstog og tomt malmtog på Katterat stasjon pga menneskelig feil | N |
| 2009/09 | 01.01.2008 | Generelt | diverse | Temarapport om passering av signal i stopp | N |
| 2009/08 | 31.08.2008 | Romeriks -porten | 3734 | Flytog kjørte over skinnebrudd på ca 20 cm i Romeriksporten. | N |
| 2009/07 | 29.08.2008 | Parkvn | Ulykke med trikk hos Oslo Sporveier i Parkveien | | |
| 2009/06 | 27.07.2008 | Stjørdal km 37,7 | 449 | Det oppsto røykutvikling og brann i tog 449 etter avgang fra Stjørdal | N |
| 2009/05 | 25.07.2008 | Hval - Hønefoss | 5505 | Avsporing pga sporfeil pga dårlige sviller og varmt vær | N |
| 2009/04 | 29.04.2008 | Skogn | 5795 | Avsporing pga feil i signalanlegg | N |
| 2009/03 | 01.01.2006 | Plo | generelt | Temarapport planoverganger | |
| 2009/02 | | Dalane | 13210 | Avsporing etter påkjøring av endebutt pga signalmisforståelse | N |
| 2009/01 | 01.01.2006 | T-bane | Brann og røyk Oslo T-bane; Temarapport | | N |
| 2008/09 | 01.01.2005 | Generelt | Flytog | Temarapport vedrørende lagerskade flytog | J, VD/A |
| 2008/08 | 07.03.2008 | Strøm-men | 41941 | Feil på bremser i tog 41941 medførte redusert bremseeffekt | N |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2008/07 | 21.11.2007 | Sæter | Ulykke med trikk hos Oslo Sporveier ved Sæter bru | | |
| 2008/06 | 05.09.2007 | Strømmen - Fjellham. | 66024/ 5722 | Sammenstøt og avsporing pga feillasting | N |
| 2008/05 | 21.02.2007 | Store-kleven | 62 | Tog 62 sporet av ved Storekleven pga hardpakket snø | N |
| 2008/04 | 02.10.2006 | Lille-strøm | 1606 | Avsporing av tog 606 i dobbel kryssveksel på Lillestrøm pga tungebrudd i sporveksel. | N |
| 2008/03 | 12.12.2006 | Dombås | 5709 | Avsporing på Dombås pga feil i spor og feil på vogn | N |
| 2008/02 | 15.08.2006 | Sjoa | 45 & 47 | Feilindikasjoner i signalanlegget | N |
| 2008/01 | 06.11.2006 | Flå | 605 | Nattog på Bergensbanen kjørte på steinsprang | N |
| 2007/13 | 31.10.2006 | Molykkja | 319 | Uregelmessigheter ved trafikkstopp og evakuering av reisende fra tog 319 på Molykkja stasjon | N |
| 2007/12 | 09.11.2006 | Tomsbak ken plo | 816 | Nestenulykke ved sikret plo pga utkobling for testing, og manglende innkobling etter arbeid. | N |
| 2007/11 | 06.07.2006 | Ved Råde | 45955 | Avsporing pga solslyng | N |
| 2007/10 | 26.07.2006 | Dovre - Dombås | 5718 | Avsporing pga solslyng | N |
| 2007/09 | 16.02.2006 | Asker | 3805 | Avsporing i sporveksel ved Asker stasjon. Avgang uten utkjørsignal | |
| 2007/08 | 21.06.2006 | Ingedal | 41950 | Feillastet kontainer tok bort i tunnelvegg | J, Profil |
| 2007/07 | 29.11.3005 | Slemdal | Oslo T-bane mellom Slemdal og Ris | | |
| 2007/06 | 16.05.2006 | Bekke-laget | 4957 | Brann i El-16 lokomotiv i godstog | N |
| 2007/05 | 22.06.2006 | Kornsjø | 41982 | Brann i El-16 lokomotiv i godstog | N |
| 2007/04 | 26.04.2007 | Os st | 1252 | Sammenstøt med plattform på Os stasjon | N |
| 2007/03 | 06.08.2006 | Sæter EB | Trikk hos Oslo Sporveier. Avsporing ved Sæter hlp på EB | | |
| 2007/02 | 20.04.2005 | Slep-enden | 13905/ 12207 | Signalfeil ved Slependen blokkpost, nestenulykke | N |
| 2007/01 | 23.12.2005 | Saghaug | 5505 | Påkjøring av steinras og avsporing | N |
| 2006/11 | 31.08.2005 | Plo Sem - Stokke | 873 | Påkjøring av lastebil på planovergang mellom Sem og Stokke på Vestfoldbanen | N |
| 2006/10 | 04.12.2005 | Sandbukt | 4963 | Avsporing pga varmgang i lager og akselbrudd | J, VD/A |
| 2006/09 | 01.02.2004 | Røabane | Oslo T-bane ved Makrellbekken stasjon | | N |
| 2006/08 | 12.05.2005 | Middags-elv | 9906 | Avsporing på Ofotbanen pga vindskjevhet i sporet pga telehiv. | N |
| 2006/07 | 07.03.2006 | Steinsrud | 5722 | Eksplosjon i spenningsregulator, brann og røykutv. I lok type El14 i godstog. | N |
| 2006/06 | 17.02.2006 | Alnabru | Skift | Sammenstøt mellom skift på Alnabru skiftestasjon | N |
| 2006/05 | 22.11.2005 | Jar | Oslo T-bane ved Jar | | |
| 2006/04 | 05.08.2004 | Asker | 2155/64 | Feilfunksjon til signalanlegg medførte omlegging av sporveksel i lagt og ibruktatt togvei | N |
| 2006/03 | 12.10.2004 | Raufoss | 210 | Sammenstøt med bil på plo ved Raufoss | N |
| 2006/02 | 02.09.2005 | Ofotbane | Arb.maskin | Avsporing av arbeidsmaskin Narvik - Straumsnes | N |
| 2006/01 | 26.12.2004 | Hallingsk | Arb.maskin | Avsporing av arbeidsmaskin på Hallingskeid | N |
| 2005/07 | 25.02.2003 | Jbtgt T | Oslo T-bane, brann og røykutvikling ved Jernbanetorget | | N |
| 2005/06 | 08.07.2004 | | Oslo T-bane | | N |
| 2005/05 | 25.01.2004 | Vestby | 396 | Påkjøring av traktor som drev med snørydding på plattform. | N |
| 2005/04 | Jan 2005 | Sokndal | 405 | Noen tilfelle av tjuvbremsing i svensk sovevogn pga mye snø langs sporet. | J, TD |
| 2005/03 | 21.09.2004 | Asker | 5809 | Eksplosjon i spenningsregulator med etterfølgende brann og røykutvikling i Lok type El | N |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 14 i godstog. | |
| 2005/02 | 04.05.2004 | Embrets-foss | 694 | Tog 694 kjørte på en traktor ved Embretsfoss plo | N |
| 2005/01 | 06.07.2004 | Mo - Skonseng | 5945 | Avsporing av godstog pga akselbrudd. | N |
| 2004/15 | 08.07.2004 | Storgt | Trikk Oslo Sporveier | | |
| 2004/14 | 30.11.2003 | Lieråsen | 1626/2296 /62 | Passering av signal i stopp under arbeider i Lieråsen | N |
| 2004/13 | 20.08.2003 | Leirsund | 3564 | Røykutvikling fra aksellager på Flytog ved Leirsund. Toget stoppet ved Lillestrøm uten ytterligere skade | J, VD/A |
| 2004/12 | 06.08.2002 | Hovin | 46 | Røykutvikling fra aksellager på tog Type 73 nord for Hovin. Toget stoppet ved Hovin med havarert lager | J, VD/A |
| 2004/11 | 14.10.2003 | Dombås | 5708/5701 | Sammenstøt mellom 2 godstog, uheldig signalfunksjonalitet. | N |
| 2004/10 | 17.02.2003 | Sjursøya | Skift | Skift på Sjursøya kolliderte med tankbil. Alvorlig brann | N |
| 2004/09 | 17.09.2003 | Bodø | 30-36-5041 | Robel skinnetraktor med 2 godsvogner kjørte i butt på Bodø stasjon pga utilstrekkelig bremsevirkning | N |
| 2004/08 | 12.02.2003 | Halden | 42511 | Avsporing av 3 lette vogner i godstog ved Halden stasjon pga for sterk skyving fra hjelpelok. | N |
| 2004/07 | 10.09.2003 | Økern | Oslo T-bane | | |
| 2004/06 | 06.12.2002 | Jessheim | 1657 | Rapport om sikkerhetsfeil på signalanlegg | N |
| 2004/05 | 09.08.2002 | NT | 5807 | Eksplosjon i spenningsregulator med etterfølgende brann og røykutvikling i Lok type El 14 i godstog. | N |
| 2004/04 | 09.06.2003 | Skullerud | Oslo T-bane | | |
| 2004/03 | 03.07.2003 | Nelaug | 85 | Dør i togsett av type 73 åpnet under fart | N |
| 2004/02 | 17.05.2003 | Jbtgt | Oslo T-bane | | |
| 2004/01 | 25.05.2003 | Ganddal | 781 | Brann og røykutvikling i tog ved Ganddal, reisende overført til annen vogn. Tog kjørt til Stavanger | N |
| 2003/03 | 18.07.2002 | Fetsund | 4661 | Avsporing i godstog pga feillasting og vindskjevt spor | J, HSD |
| 2003/02 | 29.06.2003 | Skogn | 446 | Brann i liten diesellekkasje i tog type 92 ved Skogn | N |
| 2003/01 | 18.10.2002 | Heggedal | 1129 | Fare for sammenstøt mellom 2 tog | N |

# 12 Vedlegg 3 - Referanser

[1] Assessment of freight train derailment risk reduction measures: Part B Final Report. Report for European Railway Agency Report No: BA000777/09 Rev: 02, 20 October 2011. Det Norske Veritas Ltd.

[2] Jernbanestatistikk 2012.

[3] Konkurranseflater i godstransport. TØI rapport 1125/2011. Inger Beate Hovi og Stein Erik Grønland.

[4] Jernbaneverkets godsstrategi, utgitt 2007.

[5] Mer på skinner fram mot 2040. Jernbaneverkets stamnettutredning. Oktober 2006.

[6] Økt virketransport på jernbane. Utredning til Landsbruks- og matdepartementet og Samferdselsdepartementet. Utgitt av Statens landbruksforvaltning og Jernbaneverket, 2010.

[7] Farlig gods i det norske veg- og jernbanenett. TØI rapport 700/2004. Anne Madslien, Ingar Kjetil Larsen og Berit Grue.

[8] Kartlegging av transport av farlig gods med bil og jernbane. RISIT Notat. Jørgen Rødseth, Tor Nicolaisen og Dag Bertelsen. 2008-10-31.

[9] Holistic Overview of Freight Train Derailments in Europe: Casual and Impact Analysis. Gordana Vasić, Cristian Ulianov, Grigory Kozyr og Mark Robinson. 2013.

[10] Handlingsprogram 2014-2023. Jernbaneverket, februar 2014.

[11] Statens havarikommisjon for transport. Rapport JB 2010/09. Utgitt desember 2009.

[12] Nye behov åpner gamle spor. 09.09.2013 .Sak på Jernbaneverket hjemmeside.

[13] Kan detektorer forebygga urspårning? Kandidatarbete i Tillampad mekanik 2012. Helena Almegius, Jonatan Berg, Alexander Karkkainen, Susanna Lindberg.

[14] Presentasjon: Zugkontrolleinrichtungen ZKE, Keine Kompromisse bei der Sicherheit. Urs Nietlispach, Leiter Zugkontrolleinrichtungen SBB, 03.04.2012.

[15] Akustisk hjullagerdetektor – Ofotbanen – Videreføring Versjon 13.03.2014. NorJETS.

[16] Informasjon mottatt på epost fra fagsjef materiell i NSB, datert 11.10.13.

[17] Informasjon mottatt på epost fra Teknisk avdeling i CargoNet, datert 02.12.13 og 09.04.14.

[18] Informasjon mottatt på epost fra Trafikverket, Avdeling driftsstøtte, datert 28.04.14.

[19] Årsrapport Järnväg 2013, Trafikkverket 24.01.2014.

[20] Using Gotcha to obtain real-time data gathered from wayside monitoring systems the LCC. Ilse Vermej, Daan Venekamp og Peter Boom. RTR Special, Wayside Train Monitoring Systems, 2011.

### *Tidligere relaterte utredninger gjort internt i Jernbaneverket*

[A] Notat detektorer i BRØ. Internt dokument Jernbaneverket. 20.01.2010.

[B] Notat: Detektorstrategi for Jernbaneverket. Utarbeidet av BT. 09.09.2011

[C] Notat: Detektorsystemer, tillegg til rapporten “Vurdering av detektorsystemer i sportet” utgitt 10.11.99. Notat lagt frem på I-møte 21.03.2007

[D] Rapport: Vurdering av detektorsystemet i sporet: 10.11.99