



Jernbaneverket

Vurdering av detektorsystemer i sporet



Utgitt: 24.08.00

Jernbaneverket
Biblioteket

1. INNLEDNING	4
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Mandat.....	4
2. DETEKTORSYSTEMER.....	6
2.1 Systemer i bruk i Jernbaneverket	6
2.1.1 Rasvarslingsanlegg.....	6
2.1.2 Avsporingssindikator	8
2.2 Øvrige kjente detektorsystemer	8
2.2.1 Innledning	8
2.2.2 Skinnebrudd.....	8
2.2.3 Varmgang	9
2.2.4 Hjulslag	10
2.2.5 Overlast, skjevlast	10
2.2.6 Hjulskadedetektor.....	10
2.2.7 Avsporing og slep.....	10
2.2.8 Profiloverskridelse.....	10
2.2.9 Snoras, jordras.....	10
2.2.10 Utvasking av banelegemet.....	11
2.2.11 Høy vannstand	11
2.2.12 Jordskjelv.....	11
2.2.13 Vind.....	11
2.2.14 Broer ute av stilling.....	11
2.2.15 Kontaktledningens stramming og posisjon	11
2.2.16 Brann.....	11
2.2.17 Innbrudd	11
3. HENDELSER	12
3.1 Datagrunnlag.....	12
3.2 Presentasjon.....	12
4. NYTTE/KOST-ANALYSER.....	13
4.1 Risiko og konsekvens	13
4.2 Rasvarslingsanlegg	14
4.3 Avsporingssindikator	14
4.4 Brann langs linjen.....	15
4.5 Varmgangsdeteksjon	15
4.6 Hjulslagsdeteksjon.....	16
5. KONKLUSJONER/ANBEFALINGER.....	17
5.1 Plassering av rasvarslingsanlegg	17

5.2	Plassering av varmgangsdetektorer	17
5.3	Plassering av hjulslagsdetektorer	17
5.4	Plassering av lasteprofil-detektorer	18
6.	LITTERATURHENVISNING	19

Vedlegg:

- Kart over avsporinger med persontog 1990 – 1.7.1999
- Kart over avsporinger med godstog 1990 – 1.7.1999
- Kart over skinnebrudd 1998
- Kart over skinnenenes alder
- Kart over ras og rasvarslingsanlegg
- Kart over branner langs linjen

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Forskjellige typer detektorsystemer i sporet for vurdering av tilstanden på rullende materiell nyttes i en viss utstrekning i en del land i Europa. Blant annet har Sverige installert detektorsystemer i betydelig omfang.

Et detektorpunkt kan detektere flere typer hendelser avhengig av type detektorsystem. Slike hendelser kan være:

- varmgang
- hjulslag
- tjuvbrems
- vognvekt
- hastighet
- lasteprofiloverskridelser
- avsporing
- rasvarsling

I Jernbaneverket er det installert avspøringsindikatorer i forbindelse med stasjoner samt enkelte rasvarslingsanlegg. Øvrige detektor typer finnes kun på Ofotbanen der det er installert varmgangsdetektor. Region Sør, Øst og Nord vurderer imidlertid å etablere hjulslagsdetektorer på enkelte strekninger. Det er derfor nødvendig med en generell gjennomgang av behovet for innføring av ulike detektorsystemer ut fra den økonomiske gevinsten av slike systemer på de ulike strekninger.

Saken ble diskutert i Teknikksjefmøte nr. 04/98, hvor man ble enige om å oppnevne et prosjekt for å vurdere innføring av ulike detektorsystemer i Jernbaneverket.

Prosjektet ble organisert som følger:

Prosjektansvarlig:	Ingolv Pedersen, Hovedkontoret
Prosjektråd:	Tekniske sjefer
Prosjektleder:	Børre Kristiansen, Hovedkontoret
Prosjektlederassistent:	Jørgen Andersen, Ingeniørtjenesten
Prosjektmedarbeidere:	Geir Hansen, Region Sør
	Christopher Schive, Hovedkontoret
	Svein Gundersen, Hovedkontoret
	Per Anton Fevang, Hovedkontoret

Prosjektgruppen har avholdt 6 møter. Prosjektrådet har vært orientert om prosjektets gang i teknikksjefmøtene.

1.2 Mandat

Prosjektet ble gitt følgende mandat:

Prosjektet skal vurdere behov for innføring av detektorsystemer ut fra kost/nytte-betraktninger med utgangspunkt i følgende hendelser:

- Branner på grunn av tjuvbrems og varmgang

- Skinnebrudd på grunn av hjulslag
- Sammenstøt på grunn av ras og lastoverskridelser
- Avsporinger på grunn av varmgang og lastforskyvning
- Andre hendelser som kunne vært detektert

Sjansene for å oppdage og avverge hendelsene tas med i vurderingene. Likeledes må mulighetene for rutiner/krav overfor operatøren på egenkontroll av hjul, bremses og lasteprofil vurderes.

Eventuelle anbefalinger på innføring av detektorsystemer gis prioritet på banestrekning.

Prosjektet har avgrenset sitt mandat til å gjelde vurderinger av detektorsystemer som er tilgjengelig i markedet. Nye systemer skal således ikke utvikles i prosjektet. Videre har prosjektet, etter ønske fra prosjektrådet, omtalt og gitt en kort vurdering av de detektorsystemer som i dag er i bruk i Jernbaneverket for varsling av ras og avsporinger.

Uhell i tunneler som følge av lastforskyvninger m.v. vil bli ivaretatt av egne prosjekter i forbindelse med sikkerhetsdokumentasjonen for de ulike tunnelene. Prosjektgruppen har imidlertid foretatt en generell vurdering av behovet for lasteprofilkontroll og togvektkontroll.

2. DETEKTORSYSTEMER

2.1 Systemer i bruk i Jernbanelverket

2.1.1 Rasvarslingsanlegg

Slike anlegg settes opp på rasfarlige områder for å varsle forskjellige typer av ras/skred.

Rasområde dekkes av et rasgjerde, som bør bestå av minimum 8 tråder som har et mellomrom på ca. 200 mm. Hver tråd bør ha en helningskontakt/kvikksølvrele på hver 4'de stolpe. Stolpene har en innbyrdes avstand på ca. 2,5 meter.

Skal slike anlegg fortsatt settes opp bør/må man finne erstatninger til kvikksølvrele av miljømessige hensyn.

Rasvarslingssignal settes opp på bremseavstand til rasvarslingsstolpen som plasseres ved rasgjerdets begynnelse. Dersom hovedsignal er satt i avhengighet til rasvarslingsanlegget, kan rasvarslingssignal sløyfes.

Rasvarslingsanlegget skal ha et kort sporfelt foran rasvarslingsstolpen som omstiller signalene fra hvitt til gult lys når sporfeltet belegges.

Følgende banestrekninger har rasvarslingsanlegg:

Strekning	Fra km	Til km	Anleggets navn	Lengde
0721 (Vinstra) - Dombås	305,00	305,65	Baksida	650
0721 (Vinstra) - Dombås	338,04	338,35	Hagejordet	310
0800 (Dombås) - Åndalsnes	411,05	411,35	Gjershaug	300
1330 (Mosjøen) - Mo i Rana	459,89	460,10	Mellomura	215
1340 (Mo i Rana) - Lønsdal	548,11	548,33	Messingen	230
1341 (Lønsdal) - Fauske	625,22	625,44	Stammelmofloget	220
1610 (Hokksund) - Hønefoss	85,37	85,37	Åmot st	70
2130 (Kristiansand) - Egersund	479,45	479,60	Drangsdalen anl. nr 3	150
2130 (Kristiansand) - Egersund	480,91	480,93	Drangsdalen anl. nr 1	27
2130 (Kristiansand) - Egersund	483,03	483,09	Drangsdalen anl. nr 2	62
2130 (Kristiansand) - Egersund	508,94	509,00	Åmot	55
2312 (Myrdal) - Reimegrend	363,53	363,87	Reimegrend	300
2320 (Reimegrend) - Voss	365,54	365,92	Skiple	381
2320 (Reimegrend) - Voss	367,90	368,72	Kvålsurane	825
2330 (Voss) – Dale	398,60	399,26	Saghaug, seksjon 1	-
2330 (Voss) – Dale	399,90	400,50	Saghaug seksjon 2	1330
2330 (Voss) – Dale	401,45	402,18	Evanger seksjon 1	-
2330 (Voss) – Dale	402,30	402,73	Evanger seksjon 2	-
2330 (Voss) – Dale	403,00	403,27	Evanger seksjon 3	1430
2330 (Voss) – Dale	409,43	409,43	Kattagjeldet rasvarslingsanlegg	215
2330 (Voss) – Dale	411,91	412,06	Nagelskjæret	200
2340 (Dale) – Bergen	427,27	427,68	Dalegården	422
2340 (Dale) – Bergen	432,80	432,87	Stanghelle	70
2340 (Dale) – Bergen	437,50	437,80	Skreien seksjon 1	-
2340 (Dale) – Bergen	438,03	438,28	Skreien seksjon 2	-
2340 (Dale) – Bergen	438,99	439,02	Skreien seksjon 3	480
2340 (Dale) – Bergen	439,68	439,88	Vaksdal	123

2400 Narvik havn - Vassijaure	10,46	10,53	Tøtta seksjon 1	-
2400 Narvik havn - Vassijaure	10,68	10,72	Tøtta seksjon 2	-
2400 Narvik havn - Vassijaure	11,15	11,35	Tøtta seksjon 3	-
2400 Narvik havn - Vassijaure	11,58	11,63	Tøtta seksjon 4	359
2400 Narvik havn - Vassijaure	31,77	31,87	Nordalen seksjon 1	-
2400 Narvik havn - Vassijaure	32,01	32,17	Nordalen seksjon 2a	-
2400 Narvik havn - Vassijaure	32,17	32,55	Nordalen seksjon 2b	-
2400 Narvik havn - Vassijaure	33,03	33,10	Nordalen seksjon 3	-
2400 Narvik havn - Vassijaure	33,70	33,93	Nordalen seksjon 4	-
2400 Narvik havn - Vassijaure	34,35	34,46	Nordalen seksjon 5	1051

Totalt finnes det 37 anlegg med total lengde ca. 10 km.

2.1.2 Avspøringsindikator

Avspøringsindikator benyttes for å unngå skader på sporveksler som følge av at vogner med avsporet hjulsats trekkes inn i og over sporveksler som medfører store skader med dertil store kostnader.

Avspøringsindikatoren er et rør hvor det er innstøpt en tynn ledning (0,45 vikletråd) i polyestermasse. Denne seriekobles med en diode og et likestrømsrelé i sikringsanlegget, som normalt ligger tiltrukket og som inngår i forriglingen til innkjørhovedsignalene. Avspøringsindikatoren legges i sporet, mellom skinnene og den skal plasseres 200 meter utenfor innkjørhovedsignalets forsignal.

Dersom et avsporet toghjul trekkes over røret, vil dette knekke og strømkretsen blir brutt. Dermed vil dette medføre "Stopp" i innkjørhovedsignalet .

Avspøringsindikatorer er allerede installert på de fleste stasjoner. Tidligere, før midten på 80-tallet, var det en del feil på avspøringsindikatoren. De ble rette ved å støpe inn ledningen i røret. Etter dette er det lite feil og få driftsforstyrrelser forbundet med den og nytteverdien anses å være meget stor, da slike systemer er enkle og rimelige å installere. Installasjonskostnadene er stort sett forbundet med å legge kabel. De har en oppdagelsesprosent på tilnærmet 100% dersom flere aksler er avsporet. Ved en aksel avsporet antas oppdagelsesprosenten å være ca. 50 %.

2.2 Øvrige kjente detektorsystemer

2.2.1 Innledning

Denne oppstillingen av kjente detektorsystemer er fremkommet ved gjennomgang av:

- Detektorer som har vært forsøkt i svenske og norske jernbaneadministrasjoner
- Kjente leverandørers tilbud
- Oppslagsverket "AREA manual for Railway Engineering" (American Railway Engineering Association , 1996)

En del av disse detektorsystemene er av liten verdi i Norge, men er tatt med for fullstendighets skyld. Det er ikke verifisert at alle detektortypene kan kjøpes. Utvikling av nye detektortyper i Jernbaneverkets regi er utenfor omfanget av dette prosjektet.

2.2.2 Skinnebrudd

Det har vært vedtatt praksis i Norge hovedsaklig å basere skinnebruddsdeteksjon på sporfelte. Ved tverrsnittsbrudd brytes den elektriske kretsen i sporfeltet, og sporfeltreleet faller. Denne metoden gir tidskontinuerlig og stedskontinuerlig skinnebruddsdeteksjon. Det er verdifulle fordeler som ikke oppnås med alle skinnebruddsdetektorer. Umiddelbart etter et eventuelt skinnebrudd (et eller annet sted hvor der er sporfelt) faller et sporfeltrele. Dessuten får man skinnebruddsdeteksjon på kjøpet der hvor man installerer sporfelte.

Manglene ved sporfelte til skinnebruddsdeteksjon er :

- Detekterer ikke tilløp til brudd
- Detekterer bare tverrsnittsbrudd

Andre metoder for skinnebruddsdeteksjon

Skinnebrudd deles inn etter bruddtype og gis kode etter et kodesystem utarbeidet av UIC (UIC kodex 712). Bruddene klassifiseres etter en 4-sifret kode hvor kodene bl.a. angir plassering, orientering og utbredelse av feilen. Sprekker som utløser brudd kan generelt være orientert i tre retninger: tverrsprekker, vannrette og loddrette langsgående sprekker. Langsgående sprekker kan medføre brudd hvor deler av skinneprofilet faller ut over en lengde og medfører fare for avsporing. Sporfelter vil ikke registrere denne type brudd fordi vi har elektrisk forbindelse over bruddet. Av totalt 954 registrerte og kodifiserte skinnebrudd ved JBV var 245 brudd forårsaket av langsgående sprekker (26%). (Av disse var 206 horisontale sprekker i Thermit-sveiser). Skinnebruddsregisteret sier imidlertid ikke noe om hvorvidt disse bruddene endte opp i totale brudd eller ikke, eller m.a.o. hvorvidt sporfeltene kunne registrere bruddene eller ikke.

Metoder for skinnefeildeteksjon

Undersøkelse av ultralyd gir en god diagnose av mange typer skinnefeil. Ultralyd kan detektere de fleste sprekker før de utvikler seg til brudd. Ultralydkontrollen slik den anvendes i dag har imidlertid en del begrensninger som gjør at man ikke fanger opp alle feil. Banenettet kontrolleres med jevne mellomrom for å holde feilutviklingen under kontroll. Testintervallene er avhengig av trafikkbelastning/strekningshastighet og hvorvidt det er sporfelter med skinnebruddindikasjon eller ikke. Strekninger uten skinnebruddindikasjon kontrolleres dobbelt så hyppig som strekninger med skinnebruddindikasjon. Tabellen under viser hvilke testintervaller som gjelder i Jernbaneverket (JD 532).

Sth	Trafikkbelastning	Strekninger med skinnebrudds-indikasjon	Strekninger uten skinnebrudds-indikasjon
< 160 km/h	> 15 Mbrt./år	1 g/år	2 g/år
	2 - 15 Mbrt./år	1 g/2 år	1 g/år
	< 2 Mbrt./år	1 g/3 år	1 g/2 år
≥160 km/h		1 g/år	2 g/år

Periodisk ultralydkontroll av skinner i spor kan utføres automatisk med målevogn eller manuelt med ultralydtralle. Med målevogn er kontrollhastigheten 40-50 km/h. Denne målemetoden krever manuell etterkontroll av alle feilregistreringer. Med manuell tralle er kontrollhastigheten ca. 5-8 km/dag.

2.2.3 Varmgang

Lytefrie kulelager løper med lav friksjon. Ved den minste lagerskade øker friksjonen og dermed temperaturen i lageret. Skadde lager ender før eller siden til havari. Ofte kjører det seg fast, og akselen eller lagerboksen vrir av.

Av driftsmessige årsaker foretrekkes temperaturmålere som står fastmontert ved sporet i stedet for temperaturmålere montert på rullende materiell. Varmefølsomt kamera blir brukt til dette formålet. Tidligere stod slike kamera på fundament i høyde med lagerboksen, og pekte mot denne (derav navnet "hot box detector"). Nyere modeller er ofte montert inn i en sville, og måler vertikalt opp på akselen der den kommer ut av lagerboksen. Ofte er detektor for varme lager kombinert i en sville med tjuvbremsdetektor. Banverket vurderer varmgang som så farlig at de vil montere varmgangdetektorer for hver 35 km på hele det svenske jernbanenettet. De har kost/nytte- analyser som viser at det er svært lønnsomt. "AREA Manual for Railway Engineering" anbefaler 24 – 32 km mellom hver varmgangdetektor. Samme kilde hevder at varmgangsdetektorer ikke er økonomisk på høyhastighetsbaner, fordi de må monteres så tett.

Akustisk detektor for defekte lager

Defekte og slitte lager forårsaker karakteristiske lyder, som lett gjenkjennes av et trent øre. Det tilbys også akustiske detektorer for lagerskade. Det er basert på mikrofoner ved sporet, og digital signalbehandling. Prøver med dette i Sverige har gitt mye falske alarmer.

Varme bremseser, tjuvbremser

Det hender ikke sjelden at klossbremser ikke løsner etter bruk. Når bremseser blir liggende på over lang strekning, blir de så varme at det medfører gnistdannelse og branner. Dersom bremsene er låst så kraftig at hjulet ikke roterer, vil hjulet få flate slittepartier, som fører til kraftig hjulslag. Varmefølsomme kamera som måler på det sted hvor hjulet berører skinnetoppen detekterer slike tilfeller. Det finnes systemer hvor slike kamera er montert i sviller sammen med detektor for varme lager. Andre systemer er montert i kiosk, og måler på dette området gjennom et rør.

2.2.4 Hjulslag

Hjulslag kan forårsake både lagerskade og skinnesbrudd. For å detektere hjulslag monteres en rekke aksellerometerceller eller veieceller på skinnen og forbindes i et datastyrt system. Hjulslagdetektor tilbys fra flere etablerte fabrikkenter. Hjulslagdetektoren opplyser om togets tid for passasje, retning og fart, vekt og urundheter på hjul, hvilket hjul som måles, og den gir alarm ved hjulslag over en viss grense. En rekke biprodukter kan utledes av målingene fra en hjulslagdetektor.

2.2.5 Overlast, skjevlast

Deteksjon av overlast og skjevlast kan man få som biprodukt av hjulslagdetektor basert på veiecelle. Overlast er en fare for banelegemet, og skjevlast kan føre til avsporing. Spesielt når fremmede jernbaneselskaper trafikkerer norske baner vil slike detektorer bli nyttige.

2.2.6 Hjulskadedetektor

Hjulslagdetektor detekterer de typer hjulskade som forårsaker hjulslag. Men det finnes andre typer hjulskade som ikke fanges opp av hjulslagdetektor. Derfor er det utviklet spesielle hjulskadedetektorer. De er basert på lasermåling, og måler alle parametre i hjulets geometri ved passering.

2.2.7 Avsporing og slep

I utkanten av stasjoner er det vanlig å finne avsporingssindikator som en del av sikringsanlegget. Den er norskbygget, og meget enkel og effektiv. Slike detektorer kunne vurderes installert flere steder og kombineres med andre detektorer. Det kan tenkes å redusere fare ved broer o. l..

2.2.8 Profiloverskridelse

Profiloverskridelse kan føre til fare og ødeleggelser. Det tilbys optiske detektorer for profiloverskridelse. De består av optiske sendere og mottakere ved sporet, hvor deres stråler følger ytterkantene av lasteprofilen. Vognen som ikke overskrider lasteprofilen passerer detektoren uten å bryte noen av strålene. Men enhver gjenstand som rager utenfor lasteprofilen vil bryte en av strålene når vognen kjører forbi detektoren. Derved gis det alarm. Vanlige steder å montere slike detektorer er foran tunneller og broer, og etter godsterminaler.

2.2.9 Snøras, jordras

I Norge finnes det gjerder på rasfarlige steder, hvor trådene fører strøm. Brytes trådene av et ras, gis det alarm. Til alpinanlegg tilbys seismiske rasdetektorer. Det består av seismiske detektorer montert i et system over det rasfarlige området. Dette utstyret gir nøyaktig posisjon for raset, hvor bredt og langt raset er, og hvor mange tonn som beveget på seg. I samme forbindelse monteres også utstyr hvor en gassladning blir detonert for å utløse ras til kontrollerte tider.

2.2.10 Utvasking av banelegemet

Aksellerometer montert på lagerboksen har vært foreslått for presisjonsmåling av kjørt distanse og fart med autokorrelasjon, og for gjenkjenning av hvor toget er i landet fra en database over vibrasjonsmønstre. En slik innretning ville også kunne gi alarm dersom vibrasjonsmønsteret på det geografiske stedet har forandret seg vesentlig som følge av at underbygningen er vasket bort eller er rast ut.

2.2.11 Høy vannstand

Det har vært eksempler på faretruende høy vannstand på enkelte steder i de seneste årene. Der hvor høy vannstand kan komme uventet på lokførere kan det enkelt monteres en flottørkontakt i forbindelse med et stoppsignal. Der hvor høy vannstand kan true jernbaneinstallasjoner kan det også monteres flottørkontakt som varsler rette personale.

2.2.12 Jordskjelv

I Norge er jordskjelv så sjeldne at seismiske jordskjelvdetektorer neppe er relevante.

2.2.13 Vind

De vindstyrker som kan forekomme på norske jernbanestrekninger er neppe noen trussel for jernbane.

2.2.14 Broer ute av stilling

Det er ikke lenger hverken svingbroer, jernbaneferger eller dreieskiver i bruk i Norge i dag. Slike innretninger er derfor ikke aktuelle.

2.2.15 Kontaktledningens stramming og posisjon

Det har vært foreslått detektorer som måler posisjonen på de loddene som holder kjøretråden stram. Forslaget falt, fordi manglende stramming oftest skyldes at loddet har hengt seg opp, hindres av snø og liknende.

2.2.16 Brann

Brann om bord i tog

Det kan vanskelig tenkes at branner om bord i tog kan detekteres med detektorer fastmontert i infrastrukturen. Det er mer naturlig å montere vanlige branndetektorsystemer ombord i vognene, og knytte det til alarm hos ombord-personalet.

Brann langs linjen

Deteksjon av brann langs linjen med detektorer i infrastrukturen er ikke enkelt, og vil måtte ha meget stor utstrekning.

2.2.17 Innbrudd

Innbrudd som kan sette sikkerheten i fare har hittil ikke vært noe stort problem i Norge. I den senere tid blir det i utlandet fokusert sterkere på dette feltet. Det er godt utvalg av konvensjonelle innbruddsdetektorer på markedet som kan installeres dersom problemet øker.

3. HENDELSER

3.1 Datagrunnlag

Data er hentet fra Banedatabanken, SYNERGI, Uhellsregisteret og rapporter fra Teknisk Avdeling "Brann langs linjen", Juli 1998 og "Kartlegging av kjente rasfarlige områder", Mars 1998.

Banedatabanken (BDB) er den mest voluminøse av kildene og har gitt grunnlag for kart over skinnebrudd og skinne alder, ras og rasvarsling, samt sporets stigning. 935 skinnebrudd fra perioden 1992-1998 er analysert mht. årsaker og plassert på en serie kart. Fra BDB er tatt ut 382 ras fra perioden 1980-89 som er plassert på kart sammen med de eksisterende rasvarslingsanlegg.

SYNERGI og Uhellsregisteret har gitt data for avsporinger og brann langs linjen. 40 avsporinger i perioden 1980-1992 er plassert og klassifisert mht. de detekterbare årsaker varmgang, skinnebrudd, lastforkyvning og ras/gjenstand i sporet. 86 registrerte branner fra 1996-1998 er plassert langs linjen og vist sammen med indikator for stigning. Vi finner da noen grad av sammenfall som tyder på at branner blant annet oppstår der tog bremser ved større fall.

3.2 Presentasjon

Diagrammer og kart er fremstilt for å visualisere og lokalisere problemområder. Sammenfallende punkter vil i enkelte situasjoner kunne skjule hverandre, en kartografisk feilkilde som er søkt minimert ved differensierende valg av symboler og uttegningsrekkefølge, f.eks. i kart over avsporinger. Det knytter seg noe usikkerhet og mangler til datagrunnlaget, bl.a. som følge av bevisst og ubevisst underrapportering fra regionene. Datagrunnlaget har videre gjennomgått en viss komplettering og kvalitetssikring gjennom at banenavn og kilometer er kryssjekket mot numeriske banenummer. I feiltilfeller er banenummer rettet til å stemme med banenavn. De mønstre og sammenhenger som gjenspeiles i kartene er videre grunnlag for kvalifiserte vurderinger og anbefalinger mht. nytten og plassering av detektorer.

4. NYTTE/KOST-ANALYSER

Grunnlaget for ulykkesfrekvenser, avsporingårsaker og risikotall er følgende:

- avsporinger ved togfremføring i perioden 1990 – 1.7.1999
- branner og branntilløp i perioden 1976 – 1992 (risikotall) og i perioden 1994 –98 (årsaker)

Basisrisikotall for avsporing og brann er som følger:

Hendelse	Ulykkesfrekvens, Persontog [pr. togkm]	Antall drepte pr. ulykke	Antall alvorlige skadde pr. ulykke	Ulykkesfrekvens, Godstog [pr. togkm]
Avsporing	$1,6 * 10^{-7}$	0,05	0,37	$11,5 * 10^{-7}$
Brann	$1,0 * 10^{-7}$	0,05	0,05	$1,0 * 10^{-7}$

Avsporing:

Totalt har det vært 41 avsporinger med persontog og 108 avsporinger med godstog i perioden. Årsaker til avsporing fordeler seg som følger:

Årsak	Andel persontog	Andel Godstog
Varmgang	7,3 %	7,4 %
Annen feil ved rullende materiell	24,4 %	18,5 %
Skjevlasting		2,8 %
Skinnebrudd	4,9 %	
Annen feil i spor/sporveksel	17,1 %	22,2 %
Ras	12,2 %	2,8 %
Snø/is i sporet	14,6 %	5,6 %
Stor fart		1,9 %
Dyrepåkjørsel		3,7 %
Annen fastslått årsak	17,1 %	17,6 %
Ukjent	2,4 %	17,6 %

Brann:

Årsaker til branner fordeler seg som følger (stat. grunnlag er 30 branner):

Årsak	Andel
Varmgang	3,3 %
Andre årsaker/ukjent	96,7 %

Kostnadstall:

Hendelse	Kr
Dødsfall	20.000.000
Alvorlig personskade	2.000.000
Materiellkostnad ved brann i rullende materiell	75.000
Brann langs linjen	Ikke anslått

Kostnadstall for dødsfall og alvorlig personskade er gitt av TØI. Materiellskade ved brann er estimert ut fra brannstatistikk.

Kostnader for avsporing med godstog:

Hendelse	Kr
Materiellkostnad ved avsporing pga. varmgang og skinnebrudd	12.500.000
Materiellkostnad ved avsporing pga. skjevlast og ras	2.000.000

Materiellkostnader ved avsporing pga. varmgang og skinnebrudd er estimert ut fra egen statistikk samt sammenhold med verdier anvendt i andre land. En slik avsporing medfører gjerne at toget går avsporet over en viss lengde før lokfører blir klar over avsporingen. Avsporinger pga skjevlast og ras fører gjerne til at toget stanser/vogner velter og får normalt ikke store kostnader for infrastrukturen.

Materiellkostnad ved avsporing med persontog vil være klart lavere enn for godstog da avsporingen vil registreres med en gang den har inntruffet. De materielle kostnadene er estimert til 1.000.000 kr. for alle typer detekterbare avsporinger.

4.1 Rasvarslingsanlegg

Kostnadene for montering av rasvarslingsanlegg er estimert til:

- | | |
|---|-----------|
| • Sikringsteknisk del, inkl. montasje | 275.000,- |
| • Kabelutgifter (kabel 1000 m ut til signaler samt kabel til nærmeste stasjon, maks 5 km) | 220.000,- |
| • Totalt pr. anlegg | 495.000,- |
| • Oppsetting av rasgjerde pr. meter | 1.500,- |
| • Årlige driftskostnader pr. meter | 0.050,- |

For den totale anleggsmasse får vi

- | | |
|--|---------------------|
| • Sikringsteknisk del + kabelutgifter (26 stk * 575.000,-) | 12.870.000,- |
| • Rasgjerde (9090 * 1.500,-) | 13.635.000,- |
| • <u>Driftskostnader (9090 * 50 * 19 år)</u> | <u>8.635.500,-</u> |
| Totalsum | 35.140.500,- |

I perioden 1980 til 1998 har det gått i alt 382 ras eller gjennomsnittlig ca. 33 ras pr. år. Av disse har gjennomsnittlig ca. 2,5 ras pr. år medført driftsuhell jevnt fordelt på sammenstøt og avsporing. Av alle de registrerte rasene har 17 skjedd på strekninger det er satt opp rasvarslingsanlegg. Dette gir en oppdagelsesprosent på ca. 4,5 %.

7,5 % av rasene har i perioden ført til sammenstøt eller avsporing.

Nytte-/kostforhold for rasvarslingsanlegg vil være svært varierende avhengig av rasfrekvens og trafikk mønster på stedet. Det bør derfor gjennomføres særskilte beregninger for de ulike steder der rasvarslingsgjerder kan være et aktuelt tiltak.

4.2 Avspøringsindikator

Kostnader for en stasjon (2 avspøringsindikatorer) antas å bli kr 20.000,-. Ettersyn og feilretting er satt til 5 % av anleggskostnadene pr. år = kr 1.000,- pr. år.

Steder der det skal installeres avsporingssindikatorer er angitt i JD 550, kap. 6, avsn. 11 og JD 520, kap. 12, avsn. 10.2.1.

4.3 Brann langs linjen

I perioden 1996 – juli 1998 var det registrert 86 branner langs linjen tilsvarende 35 branner pr. år.

35 av 86 branner har oppgitt at brannen er/antakelig er antent av tog. 19 av disse har oppgitt tjuvbremsering/gnist fra tog som brannårsak .

13 av 86 branner har oppgitt skader som følge av brannen.

33 av 86 branner har oppgitt driftsforstyrrelser som følge av brannen.

4.4 Varmgangsdeteksjon

Uhellstatistikken for det norske jernbanenettet viser at 7,3 % av alle persontogavsporinger og 7,4 % av alle godstogavsporinger og 3,3 % av alle branner i rullende materiell skyldes varmgang i hjullager. Ved å forutsette en avstand på 50 km mellom hvert deteksjonspunkt antas en deteksjonsprosent på 80.

Dette medfører at frekvensen for avsporinger reduseres til 5,8 % for persontog, 5,9 % for godstog og for branner til 2,6 %.

Anleggskostnaden for en varmgangsdetektor settes til 1,2 mill. kr.

Driftskostnadene anslås til 30.000 kr/pkt/år.

Levetiden for anleggene settes til 15 år.

Ved å betrakte hele nettet får vi:

- Anleggskostnader: $(4000 \text{ km}/50 \text{ km}) * 1,2 \text{ mill. kr} = 96 \text{ mill. kr}$.
- Driftskostnader: $30.000 \text{ kr/pkt/år} * 80 \text{ pkt} * 15 \text{ år} = 36 \text{ mill. kr}$.
- Totale kostnader hele nettet: $96 \text{ mill. kr} + 36 \text{ mill. kr} = 132 \text{ mill. kr}$.
- Antall avsporinger pr. 15 år = 62 p-tog og 162 g-tog
- Antall branner i tog pr. 15 år = 75
- Antall avsporinger med p-tog som forhindres av varmgangsdetektorer blir da: $0,058 * 62 = 3,6$
- Antall avsporinger med g-tog som forhindres av varmgangsdetektorer blir da: $0,059 * 162 = 9,6$
- Antall branner som forhindres av varmgangsdetektorer blir: $0,026 * 75 = 1,95$
- Kostnader ved p-togavsporinger blir: $3,6 (0,05 * 20.000 + 0,37 * 2.000 + 1.000) = 9,86 \text{ mill. kr}$.
- Kostnader ved g-togavsporinger blir: $9,6 * 12.500 = 120 \text{ mill. kr}$.
- Kostnader ved brann blir: $1,95 * 75 = 0,15 \text{ mill. kr}$.

$$\text{Nytte/kostnadsforhold} : \frac{9,86 + 120 + 0,15}{132} = 1,0$$

Nytteforhold som kommer i tillegg ved varmgangsdeteksjon:

- reduksjon av branner langs linjen
- reduksjon av vognskader (hjul- og lagerskader)

Nytte/kostnadsforholdet over er beregnet som et gjennomsnittstall for hele nettet. Strekninger med høy trafikk og høy andel av godstrafikk vil ha de høyeste nytte/kostnadsforholdene (1,5 eller høyere).

4.5 Hjulslagsdeteksjon

Av totalt 100 skinnebrudd pr. år antas ca. 30 % å være forårsaket direkte eller indirekte av tog som har kjørt med hjulslag. 5 % av alle avsporinger skyldes skinnebrudd. Deteksjonsprosenten for en enkelt detektor antas å være 75 for både hjulslagsdeteksjon og skjevlastdeteksjon.

Anleggskostnaden for en hjulslagsdetektor settes til 2,0 mill. kr.
Driftskostnadene anslås til 25.000 kr/pkt/år.
Levetiden for anleggene settes til 15 år.

Gjennomsnittlig nedetid pga. skinnebrudd er 70 min (1 av 3 skinnebrudd detekteres av signalanlegget).

Strekningen Trondheim – Bodø/Storlien gr. betraktes:

- Estimert antall skinnebrudd over en 15-års periode: $15 \cdot 15 = 225$ [Antall skinnebrudd/år = 15 (estimat)]
- Skinnebrudd som skyldes hjulslag: $0,3 \cdot 225 = 67,5$
- Risiko for å spore av pga. skinnebrudd: $2 \text{ avsp.} / (10 \text{ år} \cdot 100 \text{ skinnebrudd/år}) = 0,002$
- Antall reduserte skinnebrudd ved hjulslagsdeteksjon: $0,75 \cdot 67,5 \cdot 2/3 = 33,75 \text{ sk.br.}$ [2/3 av akslene passerer detektoren (estimat)]
- Antall reduserte avsporinger ved hjulslagsdeteksjon: $33,75 \text{ sk.br} \cdot 0,002 = 0,07$
- Strekningen utgjør 20 % av jernbanenettet og har gjennomsnittlig trafikkbelastning. Dette gir antall reduserte avsporinger pga. skjevlast: $15 \text{ år} \cdot (3 \text{ avsporinger} / 10 \text{ år}) \cdot 0,20 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,7 = 0,38$ [80 % antas skjevlastet fra utgangspunktet, 70 % av de skjevlastede vognene passerer detektoren]
- Det antas videre at avsporinger pga. skinnebrudd har like stor sannsynlighet for å ramme godstog som persontog, mens avsporinger pga. skjevlast kun rammer godstog.
- Kostnader for avsporinger med persontog pga. skinnebrudd: $0,07/2 \cdot (0,05 \cdot 20.000 + 0,37 \cdot 2.000 + 1.000) = 0,096 \text{ mill. kr.}$
- Kostnader for avsporinger med godstog pga. skinnebrudd: $0,07/2 \cdot 12.500 = 0,44 \text{ mill. kr.}$
- Kostnader for avsporinger med godstog pga. skjevlast: $0,38 \cdot 2.000 = 0,76 \text{ mill. kr.}$

$$\text{Nytte/kostnadsforhold} : \frac{0,096 + 0,44 + 0,76}{2.375} = 0,5$$

Nytteforhold som kommer i tillegg ved hjulslagsdeteksjon:

- reduksjon av vognvedlikehold
- reduksjon av sporvedlikehold
- høyere tilgjengelighet
- reduksjon av overlast

5. KONKLUSJONER/ANBEFALINGER

De nytte/kostnadsforhold som er beregnet for hjulslag- og lasteprofil-detektorer i kapittel 4 er bl.a. basert på enkelte antakelser som har relativt stor usikkerhet. Nytte/kostforholdet er likevel av en slik størrelse at man bør iverksette pilotforsøk for å få mer erfaring knyttet til bruk av slike detektorer. Det er på denne bakgrunn anbefalingene i dette kapitlet må sees.

5.1 Plassering av rasvarslingsanlegg

Rasvarslingsanlegg settes opp på svært rasfalle steder. En nærmere kartlegging av slike steder skjer i forbindelse med "Raskartleggingsprosjektet".

5.2 Plassering av varmgangsdetektorer

Risikoen for varmgang øker med avstand fra utgangsstasjonen og konsekvensen er klart høyere for godstog enn for persontog (5 ganger så høy). Detektoren blir dermed mest effektiv på enkeltsporede strekninger med høyest trafikkbelastning og høyest andel gods. Strekningene Drammen – Dalane, Hønefoss – Bergen og Eidsvoll – Trondheim er også de strekningene som er mest utsatt for brann langs linjen. Risiko for økt driftforstyrrelse som følge av feildeteksjon er også mindre utenfor nærtrafikkområdene.

Det utplasseres detektorer på følgende strekninger:

Strekning	Trafikkbelastning [mill. bruttotonnkm/km]	Andel gods [%]	Lengde [km]	Antall detektorer
Moss – Kornsjø	4 – 5	50 – 60	110	2
Lillestrøm – Charlottenberg gr.	2,5 – 5	65 – 80	115	2
Drammen – Dalane	3 – 7,5	50 – 65	309	6
Hønefoss – Bergen	3,5 – 4,5	45 – 55	376	7
Eidsvoll – Trondheim	3,5 – 7,5	50 – 65	485	10
Trondheim – Fauske	2,5 – 4,5	55 – 70	674	13

5.3 Plassering av hjulslagsdetektorer

Hjulslagsdeteksjon kombinert med deteksjon av vognlast og skjevlast er mest effektiv for godstog. Risikoen for hjulslag, vektoverskridelse og skjevlast er i liten grad avhengig av avstand fra utgangsstasjon. Effekten blir dermed størst, hovedsaklig gjennom reduksjon av konsekvenser, ved å plassere detektorer nærmest utgangsstasjonen. På de anbefalte strekninger vil evt. feildeteksjoner få relativt små driftforstyrrelser. Skinnebrudd opptrer i hovedsak i skinner som har ligget lenge i sporet og opptrer hyppigst på banestrekninger med kombinasjon av høy trafikk og høy alder på skinnene.

Det utplasseres detektorer på følgende strekninger:

Strekning	Trafikkbelastning [mill. bruttotonnkm/km]	Andel gods [%]	Antall detektorer
Alnabru – Loenga	5	100	1
Alnabru – Grefsen	2	100	1
Alnabru – Lillestrøm	9	45	1
Drammen – Hokksund	7,5	50	1
Støren – Stavne	5	60	1
Leangen – Hell	5	55	1

5.4 Plassering av lastprofil-detektorer

Lastprofil-detektoren detekterer overskridelser som følge av feil opplasting og feil som følge av lastforskyvning. Det oppnås høyest effekt ved å plassere detektorer nærmest utgangsstasjonen.

Det utplasseres detektorer på følgende strekninger:

Strekning	Antall detektorer
Alnabru – Loenga	1
Alnabru – Grefsen	1
Alnabru – Lillestrøm	1
Drammen – Hokksund	1
Trondheim	1

En slik plassering vil imidlertid i liten grad fange opp lastforskyvninger som skjer underveis.

6. LITTERATURHENVISNING

AREA Manual for Railway Engineering (American Railway Engineering Association 1996)

Datablad "WheelSpec" (E.H. Reees+Associates,Inc., Chicago, USA)

Brosjyre "LaserWheel-Awis" (E.H. Reees+Associates,Inc., Chicago, USA)

Brosjyre "Varmgångs-ock tjuvbromsdetektor" (Adtranz)

Foredragsmanus "Varmgång, Tjuvbroms, Hjulskada, Lastprofil,, Snedlast, Överlast, Urspåring" (Banverket, Borlänge)

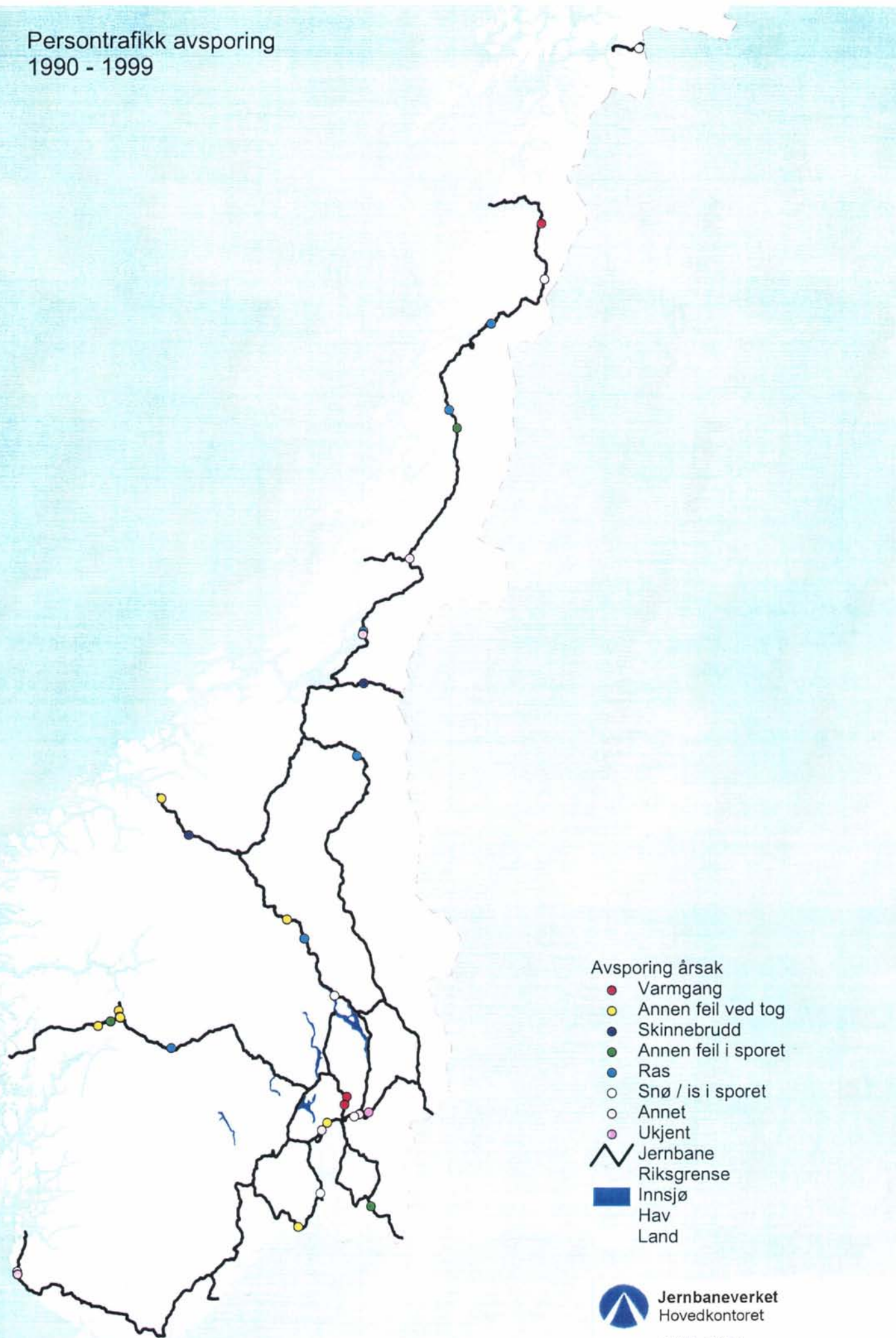
Tilbud og brosjyre Lagerskadedetektor, varmgangdetektor (Harmon industries, NRS)

Datablad "RDSD Seies Profile System" (Honeywell Control Systems, Scotland)

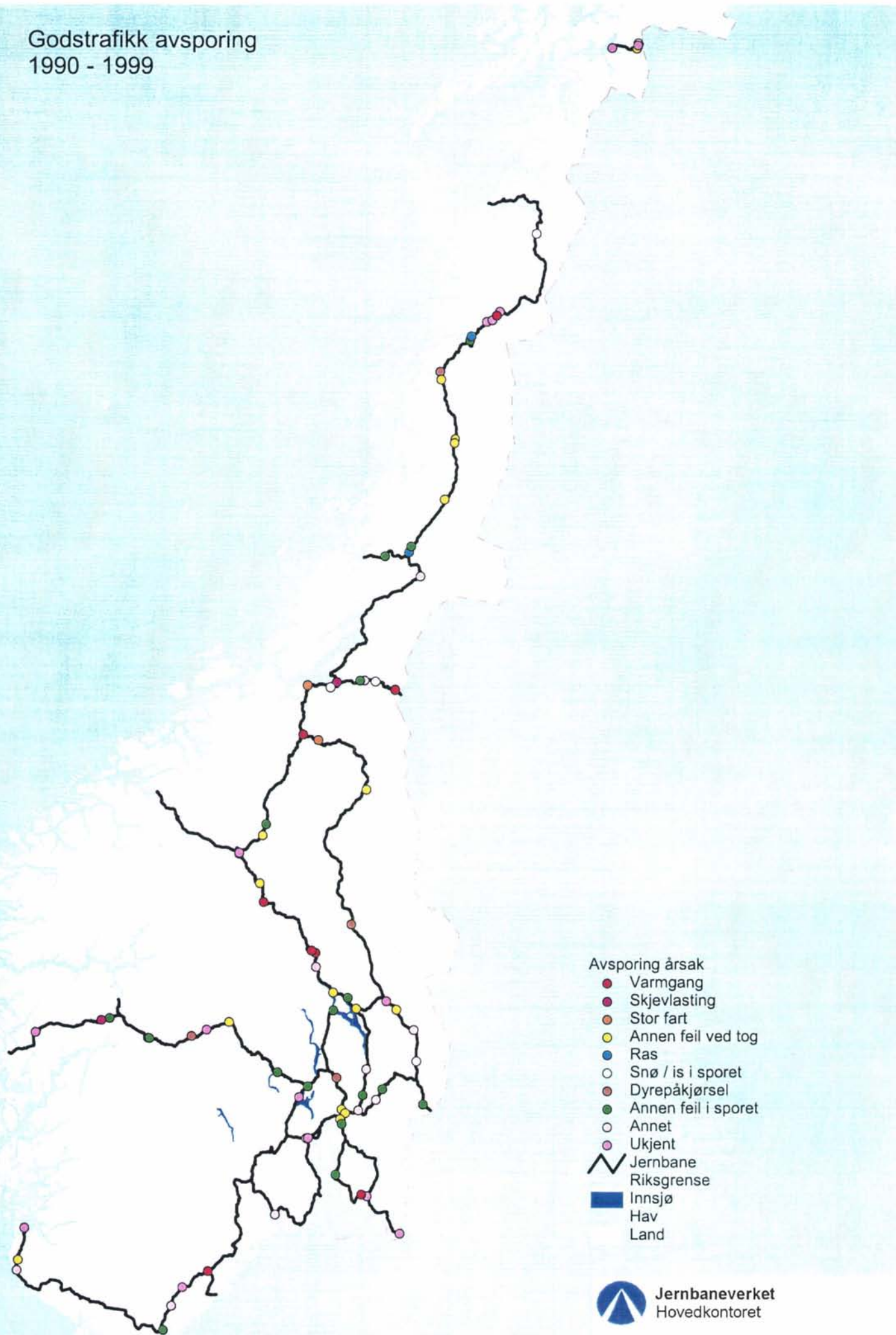
Rapport "Practical use of the CALTRONIC Wheel MONITORING System" (DSB)

Brosjyre "Hot Box Detection System" (GE Harris, Florida USA)

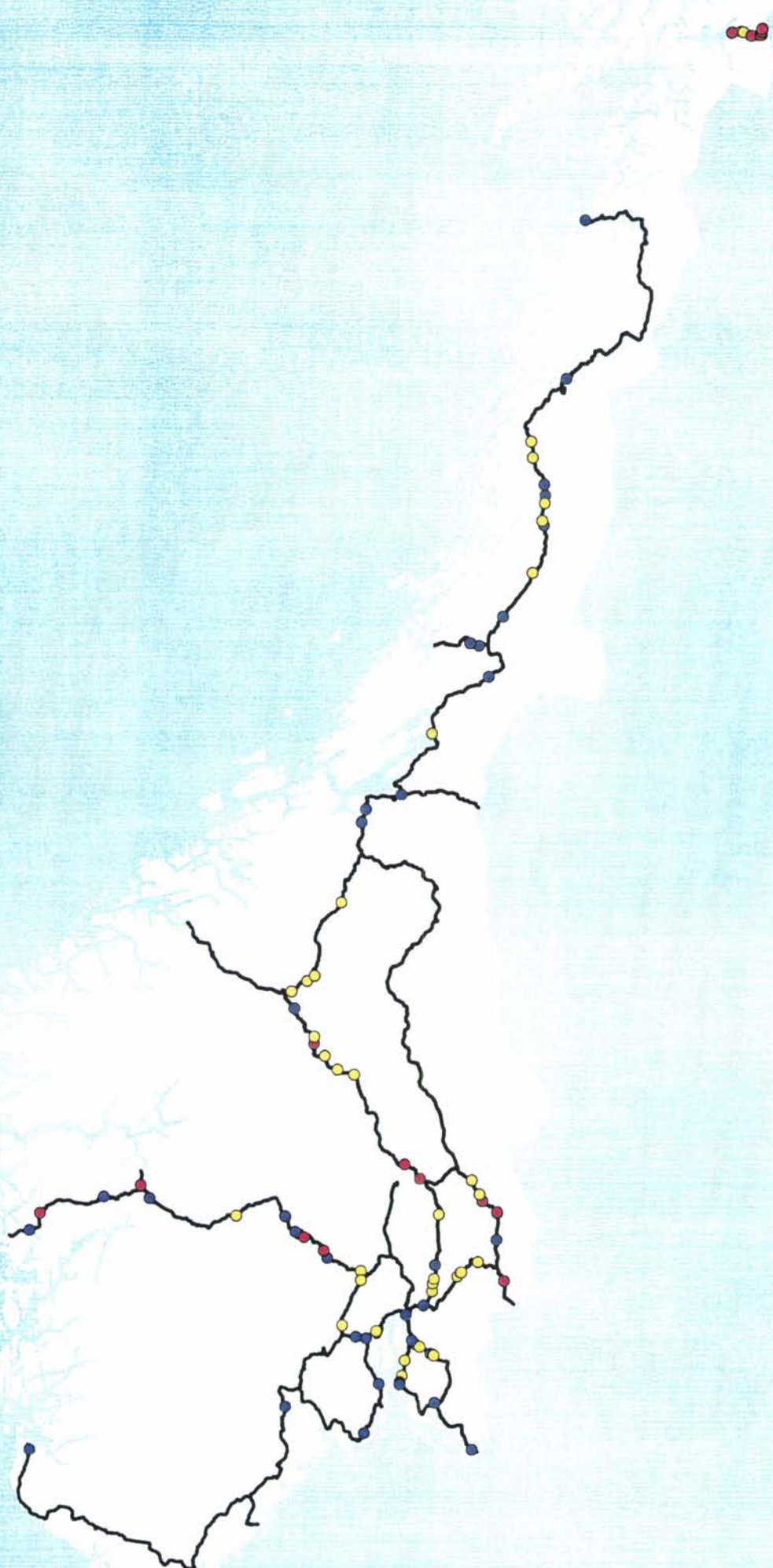
Persontrafikk avsporing
1990 - 1999



Godstrafikk avsporing
1990 - 1999

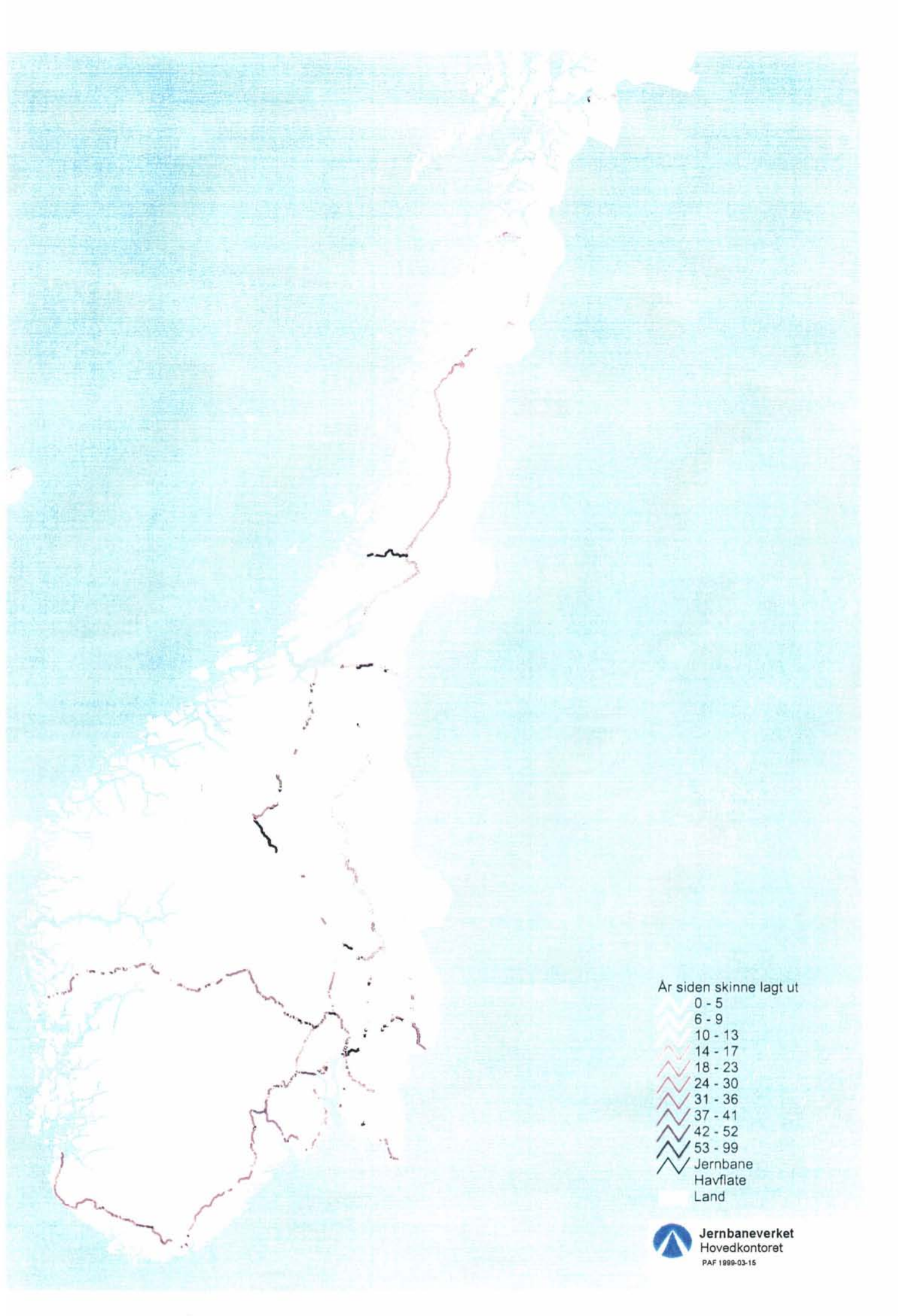


- Avsporing årsak
- Varmgang
 - Skjevlasting
 - Stor fart
 - Annen feil ved tog
 - Ras
 - Snø / is i sporet
 - Dyrepåkjørsel
 - Annen feil i sporet
 - Annet
 - Ukjent
- ⚡ Jernbane
- - - Riksgrense
■ Innsjø
Hav
Land



Skinnebrudd 1998

- Sprøbrudd 1998
- Tverrbrudd 1998
- Andre skinnebrudd 1998
- Jernbane
- Havflate
- Land



År siden skinne lagt ut

- 0 - 5
- 6 - 9
- 10 - 13
- 14 - 17
- 18 - 23
- 24 - 30
- 31 - 36
- 37 - 41
- 42 - 52
- 53 - 99

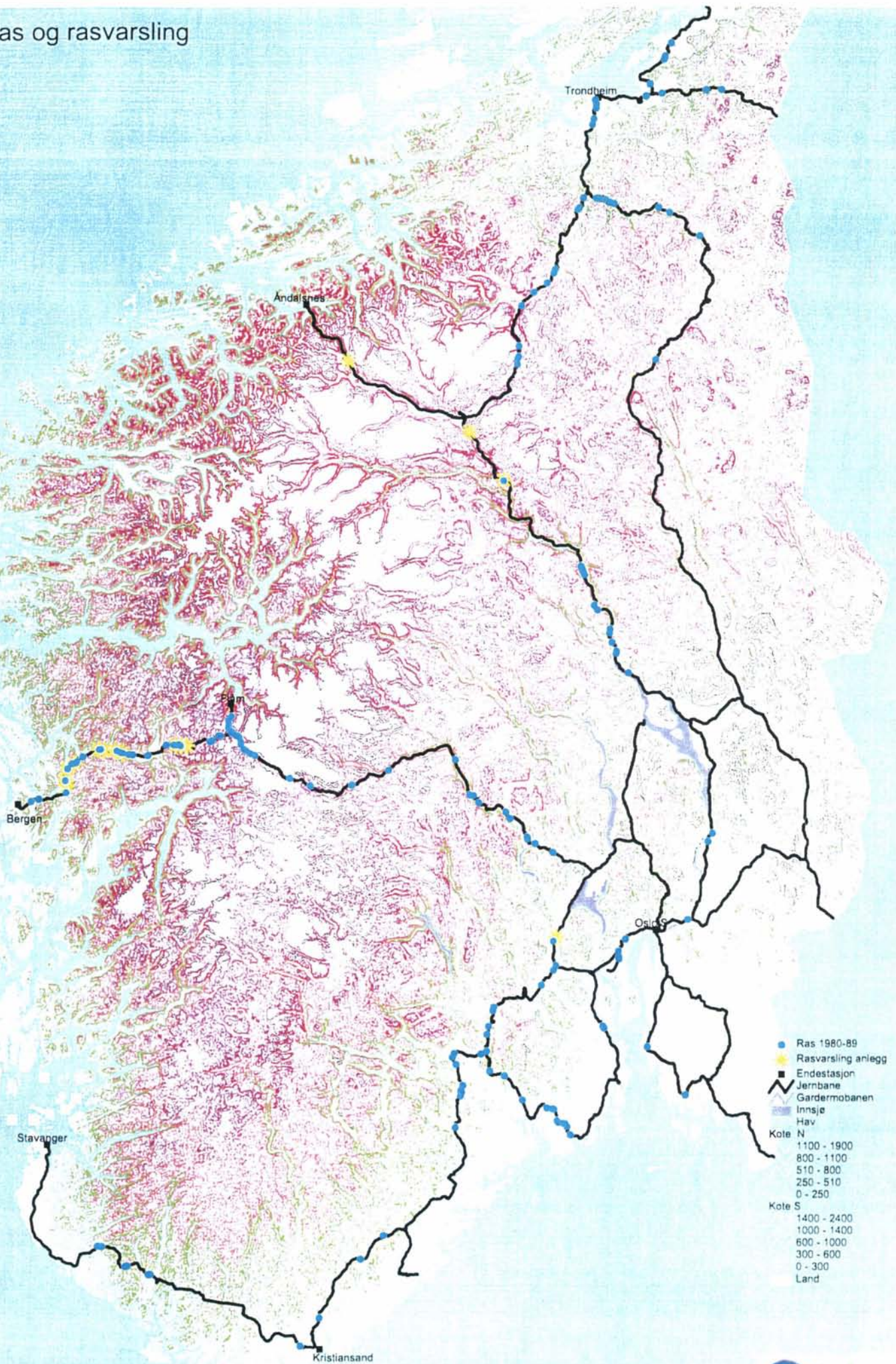
- Jernbane
- Havflate
- Land



Jernbaneverket
Hovedkontoret

PAF 1989-03-15

Ras og rasvarsling



Brann langs linjen relatert stigning

