

# OVERSPENNINGSBESKYTTELSE

## I

### JERNBANEVERKET



Jernbaneverket  
Hovedkontoret  
Teknisk avdeling

Juli 1998

## REFERANSESIDE

<b>Tittel:</b> Overspenningsbeskyttelse i Jernbaneverket	<b>Dato:</b> 03.07.98 <b>Saksnr:</b> <b>Antall sider:</b> 39	<b>Kategori:</b> Teknisk rapport <b>Arkivreferanse:</b> 76 <b>Elektronisk plassering (plassering og filnavn):</b> t:\stromfor\oversp\rapport.doc
<b>Saksbehandlere:</b> Magne Nordgård	<b>Utgitt av (avdeling):</b> JBV Hovedkontoret Teknisk avdeling (JDMT)	
<b>Emneord (maks. 6 stk.):</b> Overspenningsbeskyttelse	Jording	Isolasjonskoordinering
Lynnedslag		

### Kort sammendrag: (stikkordsform)

Registrerte feil i signal-, tele- og elekraftanlegg.  
Registrering av lynnedslag.

Beskrivelse av avsluttede og pågående prosjekter innen jording, isolasjonskoordinering, overspenningsbeskyttelse.

#### Anbefalte tiltak:

##### Kortsiktig:

- Overspenningsvern i kl-anlegget ved suge- og reservestrømstransformatorer
- Gjennomgang og vurdering av jordnettstrukturen i eltekniske hus (soneinndelinger)
- Utbedring og etablering av gode jordelektroder for avledning av høyfrekvente forstyrrelser
- Utprøving og evaluering av endret kobling av reservestrømstransformator (galvanisk skille)

##### Langsiktig:

- Enhetlig impulsholdespenning i kontaktledningsanlegget
- Langlinje parkabler erstattes av fiberoptisk transmisjonskabel
- Oppbygging og vedlikehold av tverrfaglig dokumentasjon
- Bedrede rutiner og verktøy for feilrapportering og oppfølging av feil
- Oppfølging og vurdering av testanlegg (Oggevatn st, Drammen - Hokksund)
- Vurdering av tiltak i signalanlegg
- Oppfølging og evaluering av Gardermobanens driftserfaringer
- Tverrfaglig opplæring og informasjon

## Sammendrag

Dokumentasjon over feil i Jernbaneverkets infrastruktur er best dokumentert for signalanlegg. Om lag 7% av alle feil i 1997 er relatert til overspenning pga. lynnedslag eller feil i kl-anlegget. De fleste av feilene inntreffer om sommeren, og har en tilnærmet lik fordeling over året som registrerte lynnedslag. Det er en viss forskjell mellom ulike geografiske områder, der Øst- og Sørlandet er mest utsatt.

For teleanlegg er feilrapporteringen dårligere, men erfaringene med feil pga. overspenninger synes å være gode. I kl-anlegg er det relativt lite feil pga. overspenninger, men de få feilene som forekommer fører gjerne til lengre driftstans. Det er stor sannsynlighet for mange av feilene i andre anlegg skyldes lynnedslag eller andre overspenninger i kl-anlegget, som ikke påvirkes, men forplantes over i andre anlegg der skadene oppstår.

Det er i tidligere arbeider skissert flere mulige tiltak for å forhindre skadene og omfanget av overspenninger. Felles for de ulike tiltakene er at det er svært viktig med en tverrfaglig koordinering av jordingsanlegg, overspenningsvern og vernenivå.

De anbefalte tiltakene er i stor grad rettet mot kl-anlegget og strømforsyningssiden til anleggene. Ved å avlede overspenningene i kl-anlegget tidligst mulig forhindres spredning over lengre avstander, og koblingen til øvrige installasjoner reduseres. Tiltak i forbindelse med jordingsstruktur ved eltekniske hus (relehus etc) er også sett på som et viktig tiltak. Spesielt kontroll av jordingsanleggene med eventuell forbedring av overgangsmotstanden til jord er viktig. Effekten av de ulike tiltakene kan best dokumenteres ved utprøving på testanlegg. Ved Oggevatn stasjon på Sørlandsbanen er det utført flere forbedringer i jordingsanlegget ved relehuset. Videre oppfølging av anlegget er svært interessant og viktig. Redesignprosjektet som er i gang med en ombygging av elektroanleggene mellom Drammen og Hokksund vil bl.a. også nytte mange av de foreslåtte tiltak, og en oppfølging av anlegget vil kunne gi mange svar på effekten av de ulike tiltakene.

Ett spørsmål som har vært diskutert i tidligere arbeider og som stadig viser seg vanskelig å løse er forholdet mellom jordingsanleggene i kl-anlegget og kravet til skinnebruddsdeteksjon.

Øvrige forhold som i prosjektet har vist seg viktig er tilgangen på enhetlig og tverrfaglig dokumentasjon. Jordingsanlegg og elektriske grensesnitt for alle de elektrotekniske anleggene bør samordnes og fremstilles på felles tegninger. Dette vil sikre en bedret oversikt og større mulighet for at det tas hensyn til øvrige anlegg og installasjoner ved endring av eksisterende eller bygging av nye anlegg.

Videre vil en økt fokusering på feilrapportering være viktig. Alle elektrofagene bør benytte samme mal for rapportering og oppfølging av feilene. Tverrfaglig samarbeid for vurdering feilstatistikker er nødvendig for å finne årsakene og finne de rette tiltakene mot oppståtte feil.

De tiltakene som vil være raskest og enklest å gjennomføre i eksisterende infrastruktur er:

- Overspenningsvern i kl-anlegget ved suge- og reservestromstransformatorer
- Gjennomgang og vurdering av jordnettstrukturen i eltekniske hus (soneinndelinger)
- Utbedring og etablering av gode jordelektroder for avledning av høyfrekvente forstyrrelser
- Utprøving og evaluering av endret kobling av reservestromstransformator (galvanisk skille)

På lengre sikt vil flere tiltak være aktuelle:

- Enhetlig impulsholdespenning i kontaktledningsanlegget
- Langlinje parkabler erstattes av fiberoptisk transmisjonskabel



- 
- Oppbygging og vedlikehold av tverrfaglig dokumentasjon
  - Bedrede rutiner og verktøy for feilrapportering og oppfølging av feil
  - Oppfølging og vurdering av testanlegg (Oggevatn st, Drammen - Hokksund)
  - Vurdering av tiltak i signalanlegg
  - Oppfølging og evaluering av Gardermobanens driftserfaringer
  - Tverrfaglig opplæring og informasjon

1.	INNLEDNING .....	3
1.1	BAKGRUNN.....	3
1.2	HENSIKT .....	3
1.3	MÅLSETNING.....	3
2.	FEILSTATISTIKK OG DRIFTSERFARINGER .....	5
2.1	SIGNALANLEGG .....	5
2.1.1	Årsaker til feil.....	5
2.1.2	Konsekvenser av feilene .....	6
2.2	TELEANLEGG .....	9
2.3	ELKRAFTANLEGG .....	9
2.3.1	Kontaktledning.....	9
2.3.2	Banestrømforsyning .....	10
2.3.3	Fjernstyringsanlegg .....	10
2.3.4	Lavspenningsanlegg.....	10
2.4	GEOGRAFISKE FORSKJELLER .....	11
2.4.1	Registrering av tordenvørsaktivitet og lynnedslag.....	11
2.4.2	Kobling mot tilgjengelig feilstatistikk .....	13
3.	BESKRIVELSE AV EKSISTERENDE ANLEGG .....	16
3.1	SIGNALANLEGG .....	16
3.2	TELEANLEGG.....	17
3.2.1	På ikke-elektrifiserte strekninger eksisterer det følgende anlegg: .....	17
3.2.2	Kabelanlegg i tunneler.....	18
3.2.3	Kabelanlegg over broer.....	18
3.2.4	Teleutstyr ute på linja.....	18
3.2.5	Annet .....	19
3.3	ELKRAFTANLEGG .....	19
3.3.1	Kontaktledning.....	19
3.3.2	Banestrømforsyning .....	20
3.3.3	Fjernstyringsanlegg .....	20
3.3.4	Lavspenningsanlegg.....	20
4.	AVSLUTTEDE OG PÅGÅENDE PROSJEKTER .....	22
4.1	STRATEGI FOR JORDING OG SKJERMING AV ELEKTROANLEGG (1994).....	22
4.2	ISOLASJONS- OG JORDINGSKOORDINERING I BANEREGION SØR (1997).....	23
4.2.1	Bakgrunn.....	23
4.2.2	Beregningsresultater .....	23
4.2.3	Forventede overspenninger på fri linje.....	24
4.2.4	Tunnelmunninger .....	25
4.2.5	Høyspenningskabler.....	25
4.2.6	Koblingsoverspenninger .....	26
4.3	REDESIGN STREKNINGEN DRAMMEN - HOKKSUND.....	26
4.4	GARDERMOBANEN.....	28
5.	ERFARINGER FRA OGGEVATN ST.....	29
5.1	UTFØRTE ARBEIDER.....	29
5.2	KOSTNADER MED UTFØRTE TILTAK .....	29
5.2.1	Erfaring med tiltakene.....	30
6.	ANBEFALINGER OM TILTAK .....	31
6.1	JORDING OG OVERSPENNINGSBESKYTTELSE I SIGNALANLEGG.....	31
6.1.1	Innkoblingsfelter .....	31
6.1.2	Sporfelter.....	32

6.1.3	Signaler og annet utstyr langs sporet.....	32
6.2	JORDING AV LANGLINJE TELEKABEL.....	32
6.2.1	Vurdering av tidligere foreslåtte tiltak .....	32
6.2.2	Forslag til kortsiktig løsning .....	33
6.3	SONEINDELINGER I ELTEKNISKE HUS.....	33
6.4	GALVANISK SKILLE VED RESERVESTRØMSFORSYNING FRA KONTAKTLEDNING .....	33
6.4.1	Forslag til tiltak .....	34
6.5	ENHETLIG IMPULSHOLDESPENNING I KONTAKTLEDNINGSANLEGGET .....	34
6.6	OVERSPENNINGSVERN I KONTAKTLEDNINGSANLEGGET .....	34
6.7	JORDELEKTRODEANLEGG .....	35
6.8	TVERRFAGLIG DOKUMENTASJON.....	35
6.8.1	Mal for oppbygging av dokumentasjon.....	36
6.9	FEILREGISTRERING OG OPPFØLGING .....	36
6.10	OPPLÆRING OG INFORMASJON.....	37
7.	LITTERATURFERANSER .....	38
8.	VEDLEGGSOVERSIKT.....	39



## 1. Innledning

Overspenninger påvirker de ulike elektroanleggene ved jernbanen på ulike måter. Både signal, tele- og strømforsyningsanlegg påvirkes av overspenninger pga. lynutladninger og koblingsoverspenninger i høyspenningsanleggene. Både induserte overspenninger fra lynutladninger mellom skyer eller nedslag i nærheten, og overspenninger som følge av direkte nedslag i ledninger eller skinner er mulig. En del beregninger er tidligere utført for hvilke overspenninger som kan forventes på ulike anleggsdeler, se avsnitt 4.2 og [1] og [4].

### 1.1 Bakgrunn

Signalanlegget er spesielt utsatt for feil pga. overspenninger. Anleggene har stor utstrekning, lange kabler, mange ytre objekter og mange koblinger til sporet. Grensesnittene mot andre anlegg er mange og mulighetene for overspenninger inn i anlegget er stor. Spesielt sikringer, releer og frekvensomformere (95/105Hz) er utsatt av innvendig utstyr. Mens sporfeltutstyr, signaler og veisikringsanlegg er utsatt i det ytre anlegget.

Antall feil i strømforsyningsanleggene pga. tordenvær er få, men konsekvensene for trafikken er ofte full driftsstans. Gjennomsnittlig nedetid for feil av denne typen er ca. 60 min.

Anleggsdeler som er utsatt for tordenvær er inngående og utgående linjer fra matestasjonene samt ulike transformatorer i kontaktledningsanlegget. Disse anleggene er delvis utstyrt med overspenningsavledere som normalt skal stå i mot de aller fleste spenningstopper i forbindelse med tordenvær. Men bruken av vern kan virke noe tilfeldig. Det finnes eksempler på at vern har blitt demontert pga. at de var for ofte defekte. Det er svært dårlig dokumentasjon over overspenningsvern og jording av anlegg, og derfor vanskelig å gi en god oversikt over dette. Arbeider er utført for å kartlegge forventede overspenninger, krav til vern og isolasjonsnivå i kontaktledningsanlegget [1, 3 og 4]. Mer om dette i avsnitt 4.2.

### 1.2 Hensikt

Hensikten med prosjektet er å gi en vurdering av den overspenningsbeskyttelsen som finnes i dagens anlegg, for deretter å se på mulige kostnadseffektive tiltak i eksisterende anlegg for å redusere materielle skader og sikkerhetsfeil.

### 1.3 Målsetning

- Det skal gis en vurdering av:
  - hvilke overspenninger som kan forventes i JBV's anlegg
  - hvordan overspenninger forhindres, hvordan de begrenses og hvordan konsekvensene kan reduseres
  - Jernbaneverkets behov for ulike typer overspenningsbeskyttelse
- Eksisterende overspenningsbeskyttelse skal beskrives og dokumenteres. Funksjonalitet til eksisterende beskyttelse skal vektlegges i beskrivelsen
- Det skal foreslås nye konkrete tiltak som er kostnadseffektive på eksisterende anlegg. I denne sammenheng skal det spesielt vektlegges at overspenningsbeskyttelsen skal være tverrfaglig koordinert

- Resultatene skal dokumenteres i en rapport som skal danne beslutningsgrunnlag for gjennomføringen av konkrete tiltak

Prosjektgruppen har bestått av medlemmer fra Hovedkontoret Teknisk avdeling og regionene.

Prosjektansvarlig

Nils Martin Espegren, Hovedkontoret, Elkraft

Prosjektleder

Magne Nordgård, Hovedkontoret Elkraft

Prosjektmedarbeidere

Sverre B. O. Eriksen, Hovedkontoret, Signal

Hege Sveaas Fadum, Region Sør, Elkraft

Kjell Atle Gullbrå, Region Vest, Tele

Jan Hagen, Region Nord, Elkraft

Jan C. Johannessen, Hovedkontoret, Tele

John Karstein Tønnessen, Hovedkontoret, Signal



## 2. Feilstatistikk og driftserfaringer

### Signalanlegg

I 1993 var ca 3% av alle signalfeil (feil ved kjøreveien som hindrer signalanlegget å fungere som forutsatt) forårsaket av lynnedslag. Analyse av feilene for 1997 gir et anslag på at om lag 7% av signalfeilene skyldes overspenninger (både lynoverspenninger og overspenninger pga. kl-anlegget).

De mest vanlige konsekvensene er:

- Overspenningsvern aktiveres, som regel på grunn av induksjon. Overspenningsvern brukes for å beskytte kostbare og vitale komponenter, som er langt mer omfattende og tidkrevende å reparere. Aktivert overspenningsvern resulterer enten i at spenningen ledes til jord, eller at det går sikringer. Ved jordfeil skal signalanleggene settes i en sikker tilstand, ved at signalene settes i stopp. Ved sikringsbrudd berøres bare det enkelte objekt.
- Enkeltkomponenter ødelegges. Komponenter med lange tilførselsledninger er mest utsatt, på grunn av induksjon. Som regel berøres bare det enkelte objekt.
- Strømforsyningen svikter. Som reservestrom mates omformere for sikringsanlegg med 16 <sup>2</sup>/<sub>3</sub> Hz spenning fra kontaktledningsanlegget. Dette er ofte utsatt for direkte nedslag, og således vanskeligere å beskytte seg mot enn de ovenfor nevnte årsaker. Svikt i strømforsyningen er kritisk.
- Innkoblingsfelt for planoverganger ødelegges. Generatorer i innkoblingsfelt er sårbare på grunn av direkte tilkobling til skinnegangen. Ødelagt innkoblingsfelt fører til at planovergangen kobles inn.

### 2.1 Signalanlegg

Under følger en analyse av registrerte feil i signalanlegget i 1997. Underlag og utdypende diskusjon finnes i vedlegg 1.a.

#### 2.1.1 Årsaker til feil

I Tabell 2.1.1-1 er årsaksfordelingen for de årsaker som er diskutert i vedlegg 1.a og omfatter overspenninger gitt.

Årsak	Totalt	m/togforsinkelse	u/togforsinkelse	Ukjent
Overspenning ved lynnedslag	427	208	208	11
Overspenning ved KL-strøm	47	25	21	1
Elektrisk overbelastning	322	88	233	1
Årsak uspesifisert	2031	588	1407	36

Tabell 2.1.1-1 Utsnitt av årsaksfordelingen for signalfeil registrert i 1997

Med feilgruppen "Elektrisk feil" som grunnlag finner man av dette:

Årsak	Totalt	m/togforsinkelse	u/togforsinkelse	ukjent
Overspenning ved lynnedslag	344	172	163	9
Overspenning ved KL-strøm	33	20	12	1
Elektrisk overbelastning	279	73	205	1
Årsak uspesifisert	605	190	405	10

**Tabell 2.1.1-2 Utsnitt av årsaksfordelingen for signalfeil registrert i 1997 når "Elektrisk feil" legges til grunn.**

Antar man at det kun er de årsakene som gav "Elektrisk feil" som kan tilskrives overspenninger vil Tabell 2.1.1-2 danne grunnlaget for å tallfeste de signalfeil som skyldes overspenninger og som trolig kunne vært kraftig redusert ved tilstrekkelig overspenningsvern. Som vist i vedlegg 1.a er feilene registrert med årsaken "Elektrisk overbelastning" og "Årsak uspesifisert" i stor grad fordelt som "Overspenning ved lynnedslag" og "Overspenning ved KL-strøm" når "Elektrisk feil" legges til grunn. I alt  $344 + 33 = 377$  feil er registrert som overspenning ved "Elektrisk feil" ved de to sistnevnte årsaksgruppene. Dette utgjør i alt 10,1 % av de signalfeil i 1997 som var registrert med årsak ulik "Årsak uspesifisert" og "Elektrisk overbelastning". Det antas derfor at minimum 10,1 % av feil med feilkode "Elektrisk feil" registrert med "Elektrisk overbelastning" og "Årsak uspesifisert" som årsak kan tillegges overspenninger. I Tabell 2.1.1-3 er dette tatt hensyn til, samtidig som kolonnen ukjent i Tabell 2.1.1-2 er fordelt prosentvis på kolonnene for og uten togforsinkelse.

Årsak	Antatt totalt	m/togforsinkelse	u/togforsinkelse
Overspenning ved lynnedslag	344	177	168
Overspenning ved KL-strøm	33	21	12
Elektrisk overbelastning	28	7	21
Årsak uspesifisert	61	20	41
Sum overspenning	466	225	242
Totalt Signalfeil	6100	1849	4248

**Tabell 2.1.1-3 Antatt årsaksfordelingen for signalfeil registrert i 1997 med overspenning som reell årsak.**

### 2.1.2 Konsekvenser av feilene

Tar man utgangspunkt i den prosentvise fordelingen for "Overspenning ved lynnedslag" når man ser på hvilket utstyr som feiler ved overspenninger, finner man fra vedlegg 1.a.10 at

- ca. 53 % gir utslag i "Innvendig materiell",
  - herunder hovedsakelig "Sikring", "Periodeomformer statisk" og "Relè/tidsrelè-jordfeilrelè"
- ca. 45 % gir utslag i "Utvendig materiell",

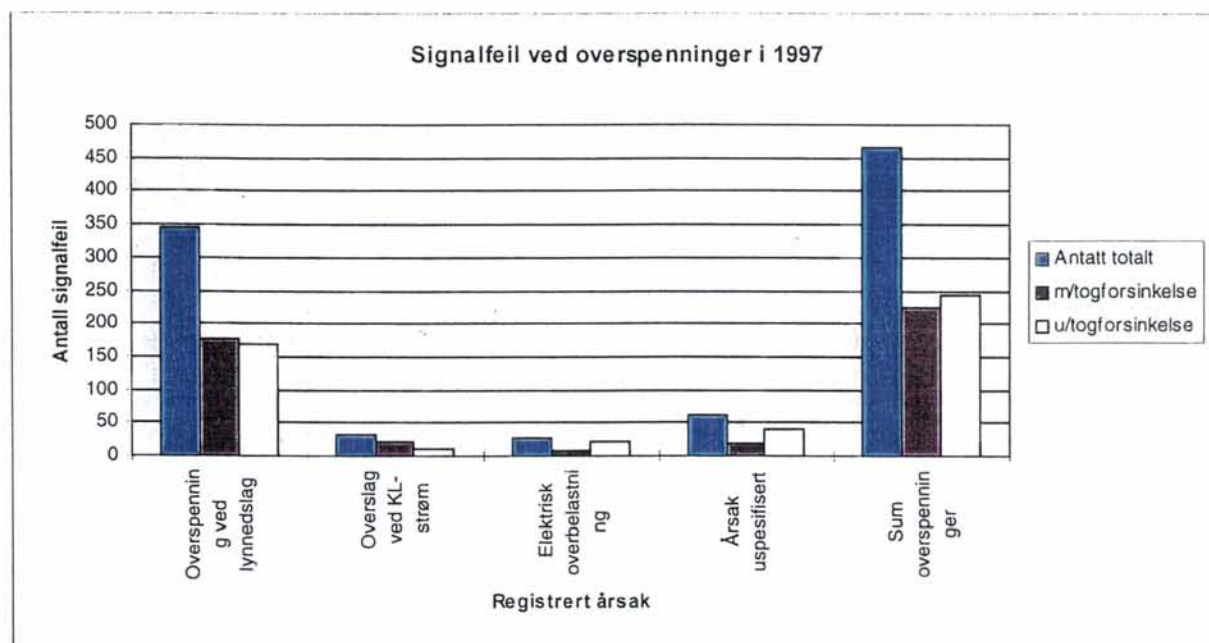
I vedlegg 1.a.10 ser man at ca. 80 % av disse feilene ikke resulterte i togforsinkelse.

Bruker man dette på summen i Tabell 2.1.1-3 finner man

- 229 feil i signalanleggenes innvendige del og
- 194 feil i signalanleggenes utvendige del

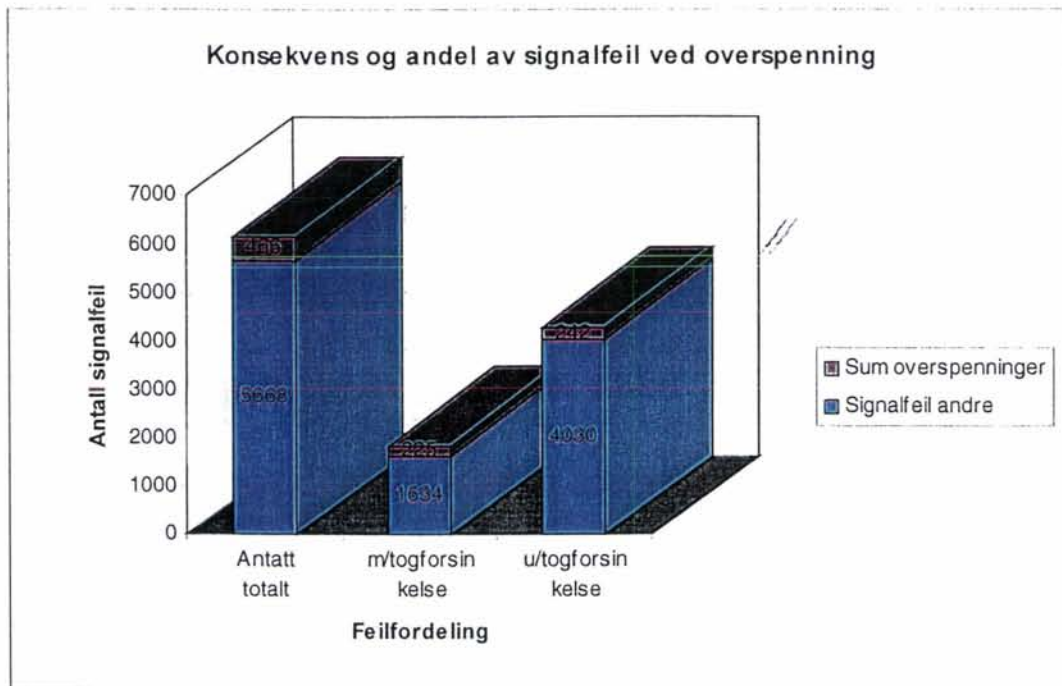
som følge av overspenning, hvorav

- 175 overspenninger resulterte i feil i veisikringsanlegg uten togforsinkelse.



Figur 2.1-1 Signalfeils konsekvens ved overspenninger





Figur 2.1-2 Overspenningers konsekvens og andel ved signalfeil.

## 2.2 Teleanlegg

Under arbeide med å samle inn data om oppståtte feil på grunn av overspenninger kom det fram at det generelt sett er det liten systematikk i registreringen av feil i teleanlegg. Det er derfor vanskelig med dagens feilregistreringssystem å finne årsak til oppståtte feil. I 1997 var det av de registrerte feil i regionene få som kunne tilbakeføres til overspenninger. Disse feilene er fordelt over alle de ulike teleanleggene.

Det syntes derfor som om at problemene med overspenninger er små innen teleanlegg.

## 2.3 Elkraftanlegg

### 2.3.1 Kontaktledning

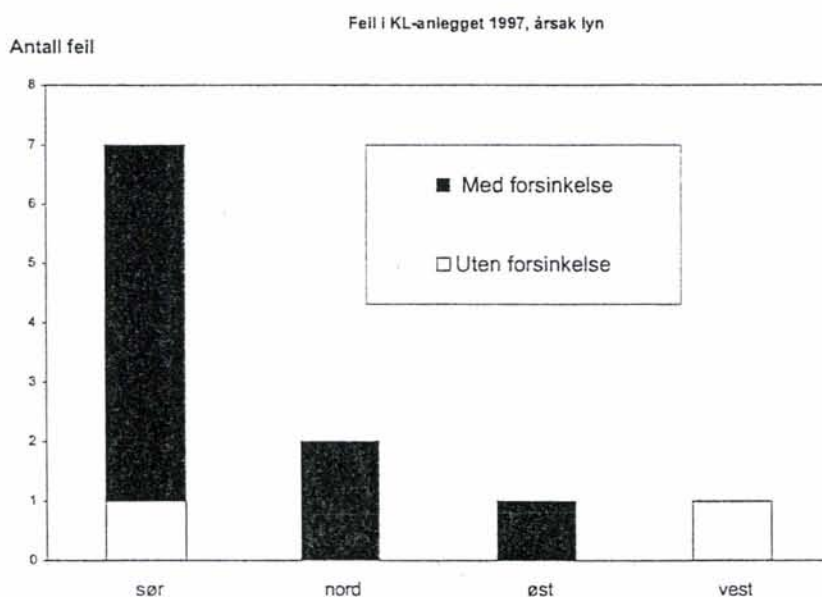
Det har vært registrert store forsinkelser i toggangen i perioder med tordenvær. Tordenværsaktiviteten er størst om sommeren, og det er store geografiske forskjeller på aktiviteten. Mest utsatt er Sørlandet og Østlandet. Registrering av tordenværs- og lynaktivitet er nærmere beskrevet i rapporten.

De komponenter som er mest utsatt ved feil med lynnedslag som årsak, er sugetransformator og piggisolatorer, og de fleste feilene på disse delene fører til lengre forsinkelser for toggangen.

I vedlegg 1.c er vist utdrag fra registrerte feil i Banedatabanken (BDB).

I 1997 var totalt 340 feil registrert i banedatabanken, der 155 ga togforsinkelse.

Feil registrert med årsak lynnedslag er svært få, se figuren under.



Figur 2.3-1 Feil i KL-anlegg med årsak lynnedslag.

Man kan anta at en større andel av feilene i KL-anlegget også skyldes lynnedslag, men er registrert under årsak annet eller ukjent.

De komponenter som er utsatt ved lynnedslag er sugetransformatorer og filterimpedanser, og feilene fører oftest til togforsinkelse. Driftsforstyrrelsene er ofte store ved feil i kontaktledningsanlegget.

Fra [1] er isolatorer foran tunnelmunninger nevnt som spesielt utsatte komponenter. Dette kommer ikke fram av dagens feilstatistikk.

### **2.3.1.1 Kommentar**

Statistikker fra KL-anlegget er svært begrenset. Det er ikke godt nok grunnlag i banedatabanken for å bestemme årsaker og konsekvenser av overspenninger.

Lynnedslag i kontaktledningen vil sannsynligvis ofte føre til problemer for andre anlegg, som signal og teleanlegg, uten at det registreres feil i kl-anlegget. Det er derfor sannsynlig at mange overspenninger i kontaktledningsanlegget ikke er registrert, men konsekvensene av spenningene kan være store likevel. En nærmere analyse av feilene i signalanlegget og evt. i teleanlegget er det beste grunnlaget for å se nærmere på denne problemstillingen.

### **2.3.2 Banestrømforsyning**

Erfaringsmessig er det svært få feil ved banestrømforsyningen. Tilgjengelige feilstatistikker for 1997 (januar – desember) viser totalt 189 driftsforstyrrelser. Av disse har 10 feil ført til direkte forsinkelser i toggangen (totalt 36 t 48 min.). Årsaken til feilene er ikke fullt ut kjent. Hvor mange av disse feilene som skyldes lynoverspenninger er usikkert. Jernbaneverket Bane Energi er i ferd med å utarbeide bedre rutiner for registrering av feil ved banestrømforsyningen.

### **2.3.3 Fjernstyringsanlegg**

Ingen organisert feilregistrering finnes pr. i dag for feil i fjernstyring av elkraftanleggene. Erfaringer fra drift (JØ) er svært gode med fjernstyringsanlegget. De feilene som har vært med det eksisterende utstyret er svært begrenset, og fører i liten grad til driftsforstyrrelser i toggangen. Bryterene ute i anlegget betjenes i hovedsak ved arbeider i anlegget. Driftsforstyrrelser i toggangen oppstår først når evt. feil i fjernstyringsanlegget forhindrer innkobling av brytere når arbeid er avsluttet. Sannsynligheten for at dette skal skje regnes som svært liten. Feilene regnes derfor ikke som så kritiske med tanke på driftsforstyrrelser i toggangen.

### **2.3.4 Lavspenningsanlegg**

Driftserfaringene for lavspenningsanlegg er ikke lett å dokumentere opp mot overspenningsproblematikken da ingen statistikk forefinnes. Det finnes ingen feilstatistikk for lavspenningsanlegg i BDB. Videre finns ingen god statistikk på havariprosent av overspenningsvern i lavspenningsanlegg i landet forøvrig. Det må etableres bedre statistikk som mer nøyaktig dokumenterer hvilke komponenter som er utsatt, slik at tiltak til forbedringer kan gjøres og avvik minimaliseres.



Det er ikke usansynlig at den store feilprosent i signalanlegg kan ha sin årsak i dårlig kvalitet på foranstående vern i lavspenningsanleggene og at det er dårlig selektivitet i våre infrastrukturanlegg. Dette kan ikke dokumenteres, men kvalitet og selektivitet for forskjellige anlegg og vernnivåer er ikke godt nok dokumentert og kvalitetssikret.

## **2.4 Geografiske forskjeller**

Erfaringsmessig vet vi at lyn og torden som oftest oppstår ved værromslag, eller når kald- og varmluftsfronter møtes. Det er ulik hyppighet av lynnedslag i de ulike landsdeler.

I Østlandsområde er det lokale ettermiddagsbyger med torden et velkjent begrep, men det inntreffer også i Trøndelag. I Trøndelag er det mest vanlig at etter en periode med varmt og stabilt godvær og en for inn et kaldt og fuktig lavtrykk fra vest eller nord. Kaldfronten presser varmluften øst eller sørover, men på grunn av varmen som er magasinert i jordoverflaten vil den en stund strømme mot lavtrykket. Dette kan resultere til ett kort og intenst tordenvær.

Lynnedslag skjer hele året. Om sommeren er lynaktiviteten størst på Østlandet. Om høsten og vinteren er den størst på Sør og Vestlandet. Trøndelag er mest utsatt for lynnedslag om sommeren, men tordenvær forekommer også midtvinters.

Geografiske områder er dokumentert gjennom tilgjengelig geografiske data fra registreringer som Sintef og Meteorologiske Institutt utfører i Norge.

Dette bekreftes gjennom vedlagte statistikk utarbeidet av SINTEF (se vedlegg 3.b).

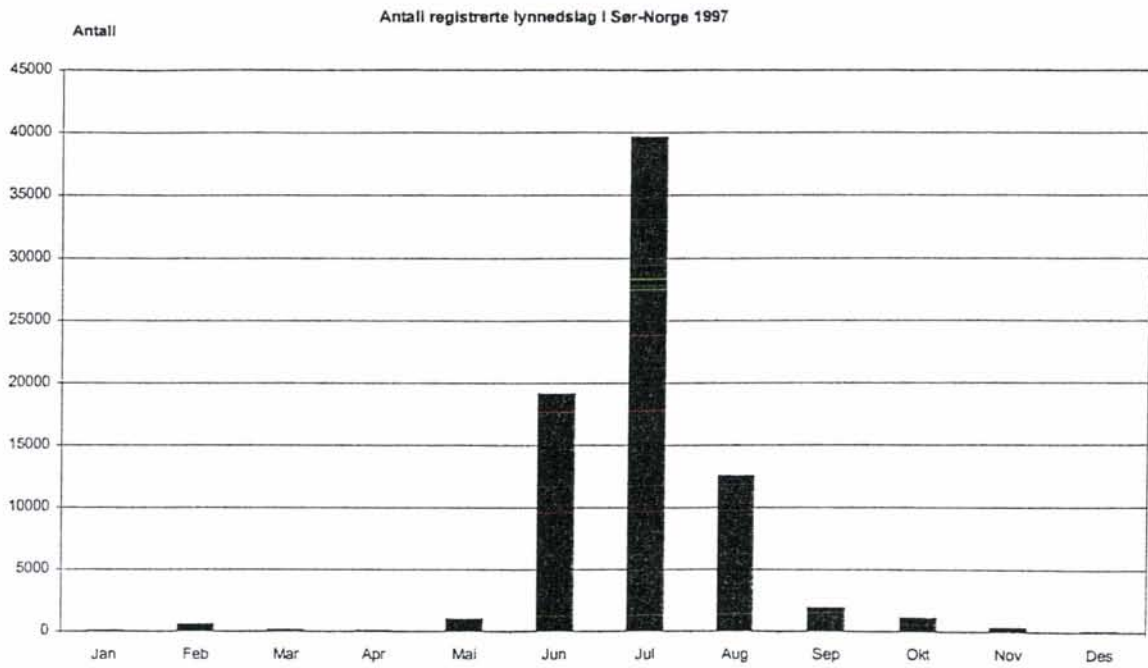
### **2.4.1 Registrering av tordenværsaktivitet og lynnedslag**

Meteorologisk Institutt har registrert antall dager med hørbar torden i en 30-års periode.

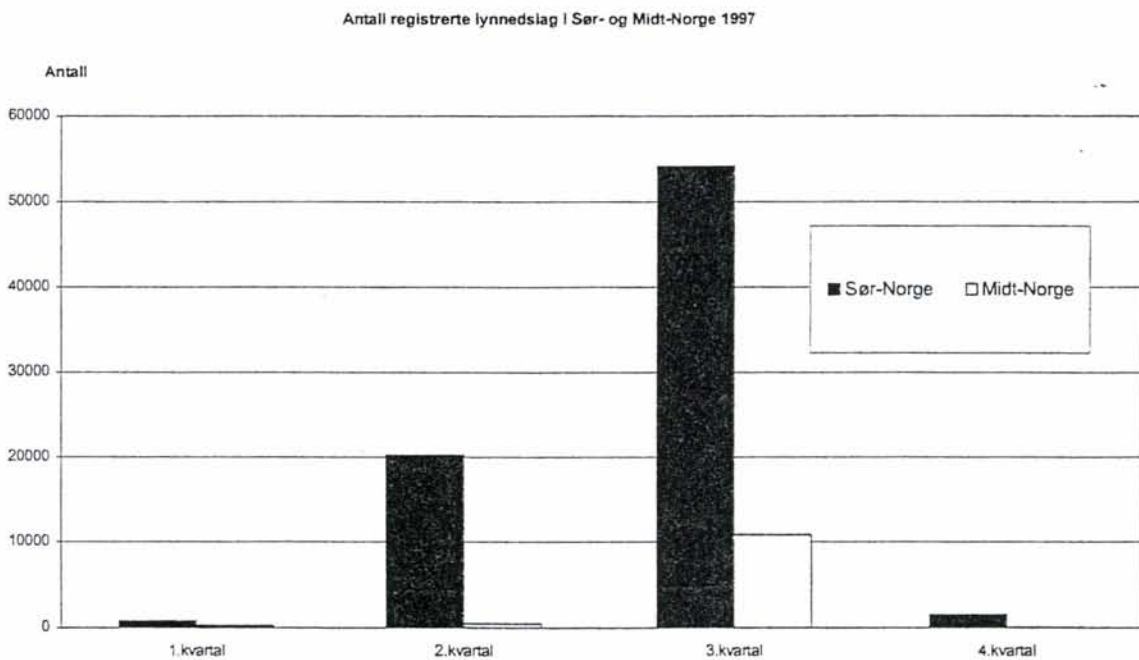
I Trøndelag er det i perioden registrert et snitt på 6 torden dager pr. år. Det tilsvarende tall for Øst og Vestlandet er henholdsvis 12 og 10.

Sikker varsling av tordenvær er viktig for å øke beredskapen, slik at en kan redusere risikoen for avbrudd i strømforsyningen. Slike varsler er gitt på forhånd, med den usikkerhet det innebærer. Sikre data om tordenvær er nødvendig for å kunne planlegge og dimensjonere beskyttelses tiltak for å minimalisere avbrudd i strømforsyningen og nedetid for våre infrastrukturanlegg.

Dette har medført at flere statsetater har gått sammen om å etablere et system for registrering av data for lynnedslag. Det har igjen ført til Nordisk samarbeid om registrering. Det er etablert en rekke stasjoner som registrerer og krysspeiler lynnedslag og som gjør de nødvendige beregninger for bestemmelse av nedslagssted.



Figur 2.4-1. Registrerte lynnedslag i Sør-Norge i 1997. Kilde: SINTEF Energiforskning (SEFAS). Se også vedlegg 3.b.



Figur 2.4-2. Registrerte lynnedslag i Sør- og Midt Norge i 1997. Kilde: SINTEF Energiforskning (SEFAS). Se også vedlegg 3.b.

SINTEF Energiforskning bearbeider det registrerte materiale og gjør den tilgjengelig og plottbar på geografiske kart. Vedlegg 3.b viser eksempler på kart for Sør-Norge og Midt-Norge, men mer detaljerte kart kan skaffes for den som ønsker grundigere vurdering av sitt område. Dette kan også tas ut på PC hos den enkelte bedrift, på kartbilder som er aktuelle for det geografiske område.

Denne statistikk blir viktig for å vurdere tiltak i våre elektrotekniske miljøer, dette for å beskytte elektriske komponenter og for å minske avvik. Det sier også hvilke regioner er mest utsatt, hvilke områder i regionene er mest utsatt. Dette kan igjen vise hvilken baneprioritet som er over-representert og hvor tiltak skal settes inn for å bedre aviksstatistikken.

En usikkerhet er at vår feilstatistikk tar for seg alle feil, både koblingsspenninger og direkte lynnedslag. Disse målingene kan være forskjellige og geografisk betinget avhengig av anleggenes størrelse og bruk.

#### **2.4.2 Kobling mot tilgjengelig feilstatistikk**

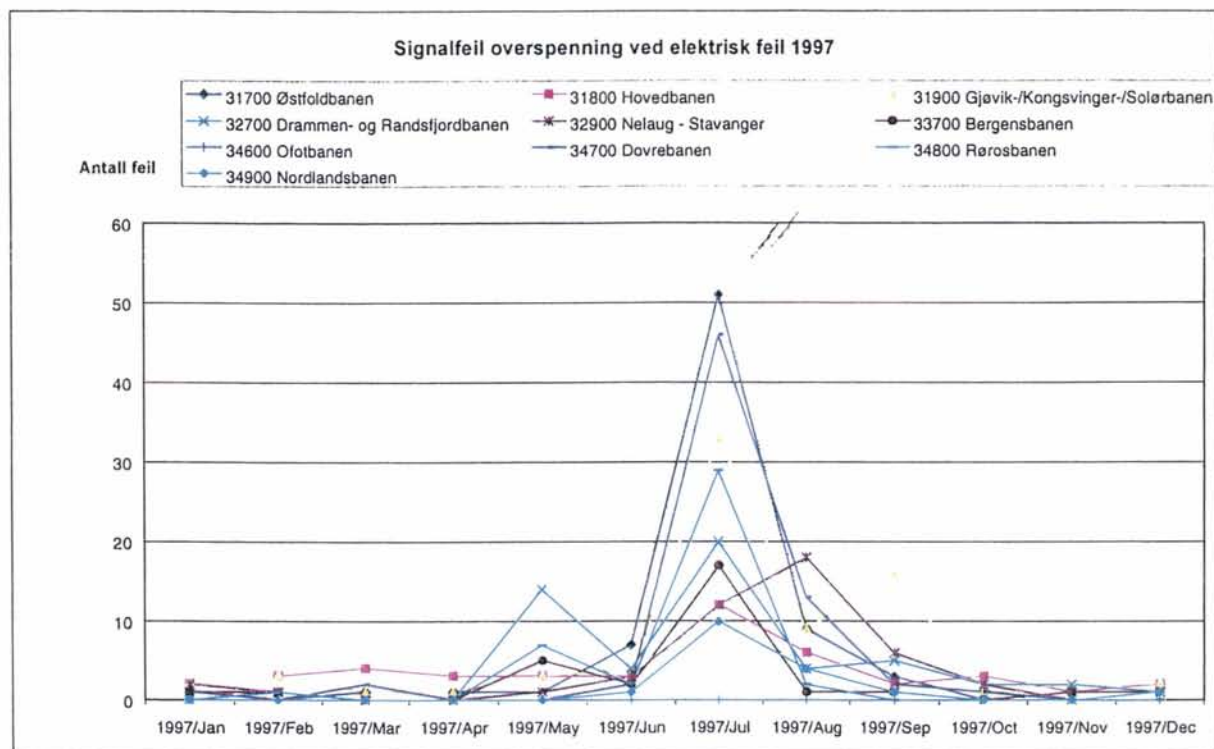
Registreringene av lynnedslag er vurdert opp mot vår feilstatistikk i signalanleggene. Det er en del sammenfattende registreringer av feil i signalanleggene og lynnedslag i samme område. Det er også en klar forståelse i fagmiljøene om at senvirkninger av lynnedslag kan påvirke anleggene, registreringene og feilstatistikken vår.

Figuren under viser fordelingen av de overspenninger som gav elektrisk feil i signalanleggene i 1997 slik som det framkom under avsnitt 2.1. Som figuren viser er det sommermånedene som er mest utsatt for overspenninger, og dette stemmer godt med figurene over.

For de fleste områdene av Jernbaneverkets infrastruktur viser figuren et betydelig høyere antall relaterte feil i Juli måned enn resten av året. Flest registreringer ble foretatt på Østfoldbanen hvor det denne måneden ble registrert over 50 feil som her er forsøkt forklart med overspenninger. Dovrebanen viser i figuren også en relativt høy forekomst av samme type feil i denne perioden. Det som ellers er verd å merke seg er at i tillegg til et stort antall slike feil i Juli så hadde Drammen og Randsfjordbanen også et stort antall slike feil i Mai og September, Gjøvik-/Kongsvinger-/Solørbanen et stort antall slike feil i September og strekningen Nelaug-Stavanger et stort antall slike feil i August.

Ellers er det et relativt lavt antall feil som tilskrives overspenninger. Av dette kan man se en klar sammenheng mellom overspenninger som gav elektrisk feil og forekomst av tordenvær.





Figur 2.4-3 Overspenning ved Elektrisk feil i signalanlegg

For sammenligning mellom de ulike banestrekningene kan man for signalfeil benytte to-spørsekvivalenten (definert i JD 550) for hver enkelt banestrekning, slik at antall feil pr. to-spørsekvivalent sammenlignes, se figuren under.



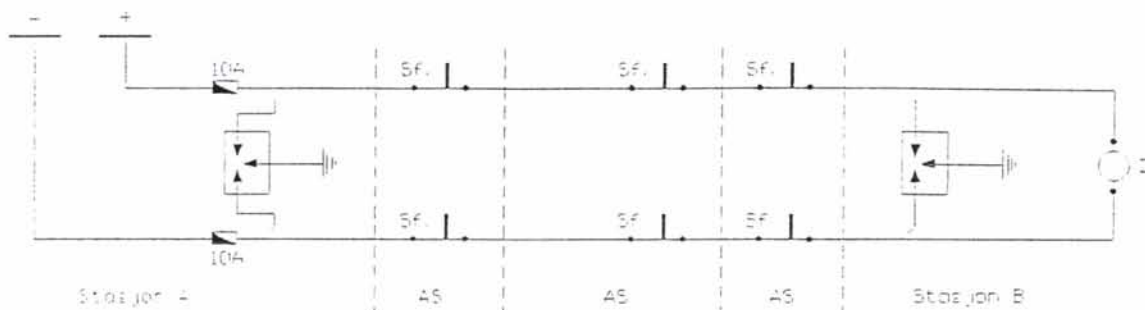
### 3. Beskrivelse av eksisterende anlegg

Her er forsøkt beskrevet oppbyggingen av de enkelte elektroanleggene med tanke på beskyttelse mot overspenning.

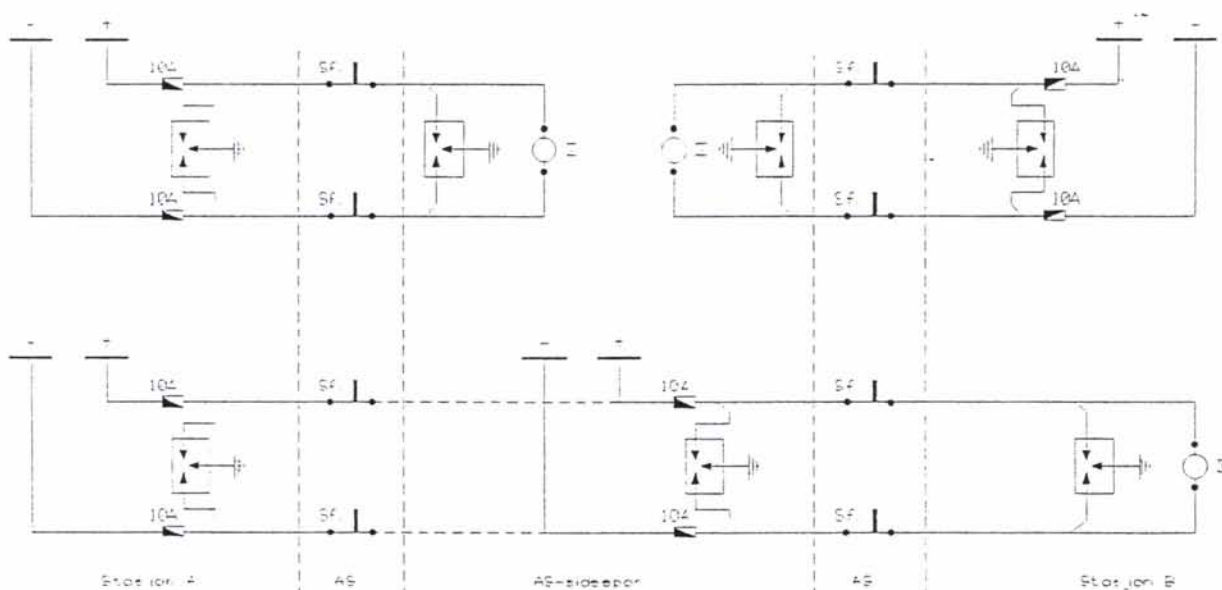
#### 3.1 Signalanlegg

Ved eldre anlegg (NSI 63) er det beskjedent med overspenningsvern. Noen få releer har innebygd overspenningsvern såsom tidsreleer og jordfeilreleer. Likeså har en del strømleveringsutstyr og utstyr for linjeblokk innebygde overspenningsvern. De fleste hovedkablene er sikret ved overspenningsvern.

Figurene under viser de alternativene som er brukt.

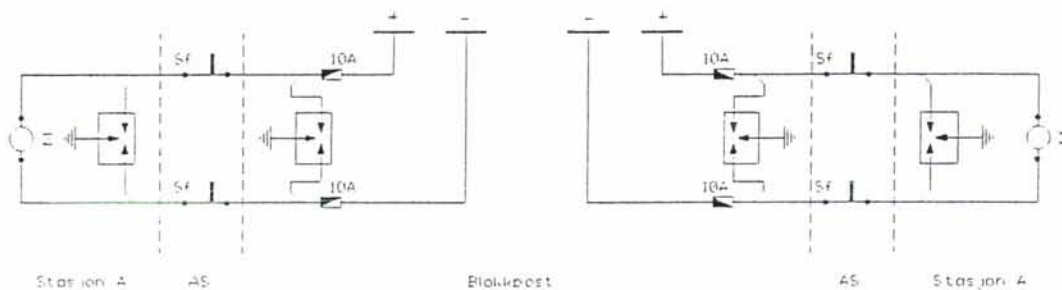


Figur 3.1-1 Innkobling av overspenningsavledere, alternativ 1.



Figur 3.1-2 Innkobling av overspenningsavledere, alternativ 2.





Figur 3.1-3 Innkobling av overspenningsavledere, alternativ 3

RCTC er sikret på linjespenningen. Denne har alltid fungert meget godt.

Nyere typer anlegg er sikret med overspenningsvern på alle hovedkabler og har innebygde overspenningsvern i alt elektronisk utstyr.

Statiske omformere har innebygd overspenningsvern mellom lederne, men per i dag ikke mot jord/chassis. Dette arbeides det for øvrig med.

Generelt kan man si om signalanlegg at det ved kraftige utladninger er vanskelig å sikre seg mot driftsstans, da det blir store spenningsforskjeller og at anleggene har (små strømmer kombinert med) lange kabler til objektene. Alle kabelinnganger/utganger er sikret med sikringer (2-4-6-10 amp. eller mindre) disse vil ved kraftig tordenvær kunne slå seg ut med den følge at driftsstans er uunngåelig. I tillegg er ømfintlig utstyr gjerne ødelagt selv om sikringene har gått, som følge av de spenninger og strømmer som oppstår.

Ved veisikringsanlegg er man godt sikret på inntak fra bygdestrøm, men også her er det som regel sikringene som går med den følge at driftsstans uunngåelig. Problemet har av erfaring vært innkoblingsfeltene, med de tilhørende frekvensgeneratorene.

Sporfelter er ikke utstyrt med overspenningsvern, selv om det forekommer indirekte vern som en følge av vern på hovedkablene.

## 3.2 Teleanlegg

### 3.2.1 På ikke-elektrifiserte strekninger eksisterer det følgende anlegg:

- Kabler med isolert ytterkappe (MEBE eller tilsvarende) forlagt i kabelkanal eller i bakken. Ingen jording under veis eller i endene.
- Armert fiberkabel forlagt i kabelkanal eller i bakken. Ingen jording under veis eller i endene.
- Uarmert fiberkabel forlagt i kabelkanal. Denne har ikke behov for jording.

### **3.2.2 Kabelanlegg i tunneler.**

Tidligere ble all kable ployd ned i bakken også i tunneler. Det ble god jord kontinuerlig langs hele strekningen. Nå er det vanlig å bygge kabelkanaler både inne i tunneler og utenfor, og jordingen blir dårlig. For å oppveie den dårlige jordforbindelsen blir det da ofte lagt med en ekstra jordledning som blir koblet til et dypjordanlegg utenfor hver ende av tunnelen . Kabelens mantel er ved hver skjøl koplet til denne jordledningen.

### **3.2.3 Kabelanlegg over broer.**

Over bruer blir kablene lagt i trerenner for å bli isolert vekk fra brokonstruksjonen.

### **3.2.4 Teleutstyr ute på linja**

#### ***3.2.4.1 Blokktelefonapparater***

Stativet (U-jern) som blokktelefoner, koplingsboks og hupe er festet til, er jordet til skinnegangen. Noen steder er selve blokktelefonapparatet isolert med gummiforinger fra bakplata og U-jernet, mens andre steder er apparatet montert rett på U-jernet. Det er også ulik praksis når det gjelder jording av kablen ut til blokktelefonapparatet.

#### ***3.2.4.2 Infosystemer***

Høytalere og toganviser-tavler monteres i master ved stasjoner og holdeplasser. Disse skinnjordes ved plassering innefor slyngfeltet, men selve det innvendige utstyret er ikke skinnjordnet. Styringen skjer fra ett par i langlinjekablen, som har kabeljord/skjermjord i kappen. Denne isoleres vekk og føres ikke inn til utstyret. Toganviser tavler har, som blokktelefonen, også 220V forsyningsspennning og følger antakelig samme praksis mht. jording av denne.

#### ***3.2.4.3 Regeneratorer***

Regeneratorer står på treplater langs linje, ofte mindre enn 5 meter fra spormidt. Utstyret befinner seg inne i en metallboks, som tilkoples kabeljord. Selve utstyret kan også tilkobles kabeljord, men det er ingen gjennomført praksis for det.

#### ***3.2.4.4 Radiostasjoner***

- Antennemaster er jordet.
- Antennekabler er overspenningsbeskyttet.
- Alle radiostasjonens enheter er jordet til en felles jordingsskinne.
- Inngående kabler for 220 Volt og telekabler er jordet til den felles jordingsskinne.
- Radiostasjonens 220 Volts nett er overspenningsbeskyttet.
- Radiostasjonens styringslinjer i telekablen er overspenningsbeskyttet.
- Radioanleggets driftsspennning er 12 volt med minus til jord og må derfor isoleres bort fra de øvrige anlegg med pluss til jord.



### 3.2.5 Annet

- Det enkelte anleggs/systems 220V nett er overspenningsbeskyttet
- Spesielt viktige systemer som blokktelefon, KL-brytere etc. har egen overspenningsbeskyttelse.

## 3.3 Elkraftanlegg

De ulike anleggene har i dag mange forskjellige former for overspenningsbeskyttelse, og det er vanskelig å gi en samlet beskrivelse av anleggene. Elkraftanleggene omfatter banestrømforsyning (omformere, koblingsanlegg, sonegrensebrytere, kondensatorbatterier og fjernstyringsanlegg), kontaktledningsanlegget og lavspenningsanlegg langs jernbanen.

### 3.3.1 Kontaktledning

I kontaktledningsanlegget skal det i følge dagens regelverk og tidligere retningslinjer være overspenningsvern ved overgang til høyspenningskabler (under bruer etc.), ved sugetransformatorer og ved filterimpedanser i enden av stasjoner der returledningen er koblet til sporet.

#### 3.3.1.1 Kabler

Ingen oversikt over type vern og data for disse er tilgjengelig.

#### 3.3.1.2 Sugetransformator

Overspenningsvern er koblet mellom fasene på primærsiden av transformatoren. Tennspenning skal være max 1500 Volt i følge FEJ 92. Avlederen er plassert parallelt med kontaktledningen, og leder overspenningen forbi sugetransformatoren. Ved nytt regelverk er det tatt hensyn til anbefalinger gjort i [1], der overspenningsvern ved sugetransformator kobles på til jord på hver side og avleder overspenningen ved transformatoren. Mer om dette i kapittel 6.6.

#### 3.3.1.3 Filterimpedanser

Det skal være montert overspenningsvern (dineuter) ved filterimpedanser ved nedføring av returledning på stasjoner. Filterimpedansens midtuttak som er koblet til returledningen innover på stasjoner skal ha en disneuter som er koblet over den isolerte skinneskjøten til den uisolerte skinnen på stasjonen. Ved et eventuelt brudd i returledningen på stasjonen, vil disneuteren tenne og lede strømmen inn på og over stasjonen, gjennom skinnen slik at den ikke ødelegger isolerte skinneskjøter og/eller finner veien gjennom utstyr og kabler tilkoblet skinnene. Disneuter skal og må være i begge ender av stasjonen for at hensikten med komponenten skal være oppfylt.

#### 3.3.1.4 Jording av kl-master og utsatte anleggsdeler

Kontaktledningsmaster og alle andre utsatte anleggsdeler skal ha utjevningsforbindelse til skinnene, eventuelle overslag fra kontaktledning til mast avledes til sporet. Skinnene er isolert fra underlaget, og har ikke konsekvent samme potensiale som "sann jord", avhengig av mastefundamentenes overgangsmotstand til jord.

Jording av alle utsatte deler er spesielt viktig for å hindre at høyspenning spres til andre anleggsdeler, med fare for høye berøringsspenninger og skade på utstyr, ved evt. nedfall av spenningsatt kontaktledning. Måten utisolerte jordledere er avsluttet i utstyr vil være viktig for å hindre spredningen av høyspenning fra kl-anlegget og/eller for å begrense returstrømmer i kabler og



konstruksjoner langs sporet. Utisolerte leder bør behandles som spenningsførende og avsluttes i solid isolerte klemme med mulighet for å kunne utføre målinger.

### 3.3.2 Banestromforsyning

Overspenningsbeskyttelse finnes både mot 3-fase (matesida) og 1-fase sida (lastsida) i omformerstasjoner. Det fokuseres i dette avsnittet kun på 1-fase sida av anlegget. Det er her overspenningsvern i begge ender av kablene som mater fra omformerstasjonen og ut til kl-anlegget.

### 3.3.3 Fjernstyringsanlegg

Elkraftanleggene er styrt og overvåket fra elkraftsentralene. Det finnes 6 elkraftsentraler i landet (Oslo, Asker, Kristiansand, Fron, Dale og Narvik). Anleggene overvåker og gjør koblinger i kontaktledningsnett eid av regionene og styrer omformerstasjonene eid av Bane Energi.

Undersøkelser er gjort ved elkraftsentralen på Oslo S. Av anlegg som er av interesse med tanke på overspenninger er anleggene ute ved sporet som drivmaskiner og undersentraler i fjernstyringsanlegget (RTU). For overføring av signalene benyttes telekablene, og driftssikkerheten er derfor avhengig av påliteligheten i telenettet.

RTU enhetene er forsynt lokalt fra everk via nærmeste reléhus eller over eget abonnement. Drivmaskiner er matet direkte uten noen form for overspenningsbeskyttelse. Se vedlegg 2.a.2.

RTUen er beskyttet ved alle inn- og utgående kabler:

#### 1. 230V strømforsyning

Mot strømforsyningen er montert en isolasjonstransformator TYPE OSB-N4 med skillenivå 10 kV, utstyrt med overspenningsbeskyttelse på sekundærsiden. Se vedlegg 2.a.1 og 2.a.2.

#### 2. Sambandslinje

Mot sambandslinje er benyttet isolasjonstransformator TYPE ETV 1833 – 12kV, og pluggbart overspenningsvern fra PHOENIX type UFBK 2-PE 24AC-ST. Se vedlegg 2.a.3.

#### 3. Kabler til drivmaskiner

Mot drivmaskiner er benyttet relémodul for utgående kabler til indikering av bryterposisjon, og mot signaler for manøver av maskin. Reléene benyttet er PHOENIX REL-KSR med spenning avhengig av manøvermaskin (220, 110 og 24V). Strømforsyningen til selve drivmaskinen er ikke beskyttet på noen måte, men går direkte utenom RTU-enheten. Se vedlegg 2.a.4.

### 3.3.4 Lavspenningsanlegg

Våre lavspenningsanlegg forsyner de fleste infrastrukturanlegg som: sikringsanlegg, teleanlegg, sporvekselvarmeanlegg, togvarmeanlegg, tomtelysanlegg og enkelte deler av KL-anleggene (fjernstyrte kl-brytere, RTU, etc.).

Infrastrukturanleggene får strømforsyning fra everkenes høyspente- og lavspente forsyningsnett gjennom luftlinjer og kabelnett. Ved strømmbrudd på elforsyningen forsynes infrastrukturanleggene fra reservestrøm fra KL-anlegget eller gjennom reservestrømsaggregat.

Dette tilsier mange grensesnitt, mange vern nivåer og mange forskjellige ømfintlige komponenter som blir utsatt for overspenninger.

I dag har vi forskjellige typer vern i infrastrukturanleggene, vern typene varierer også i like typer anlegg med samme strømforsyning og utstrekning.

Anleggene har varierende alder, og dermed er det installert nye typer vern etter hvert som produktene er blitt utviklet og erfaringsmessige driftsforhold har gitt noen svar på typer av vern som er egnet. De vern som er montert etter hvert har bedret avledningen av overspenningene, men det finnes dårlig dokumentasjon på hvilke vern som er koblet opp i anleggene, og om de forskjellige vern utfyller hverandre i de forskjellige vernnivåer.

## 4. Avsluttede og pågående prosjekter

I dette kapittelet beskrives tidligere prosjekter og pågående arbeider innenfor emnet jording, skjerming og overspenningsbeskyttelse, som belyser mange langsiktige tiltak.

### 4.1 Strategi for jording og skjerming av elektroanlegg (1994)

Dette dokumentet er utgitt av Ingeniørtjenesten i 1994, på oppdrag fra Hovedkontoret. Bakgrunn er at NSB så et klart behov for felles jordingsstrategi for alle elektroanlegg i infrastrukturen. Utover dette var det behov for å se på den totale sameksistens (EMC) mellom elektrotekniske utstyr/systemer i NSB's infrastruktur.

Tradisjonelt har det ved NSB vært praktisert uavhengige jordingsfilosofier innen de ulike elektrotekniske fagområdene. Dette har ført til delvis motstridende utførelse av jordingsanlegg, som i sin tur har forårsaket feilsituasjoner og uakseptable farespenninger.

Prosjektet samlet folk fra alle fagområder innen elektro og utarbeidet en strategi på bagrunn av følgende:

- beskyttelse av personer mot farlige berøringsspenninger
- elektromagnetisk sameksistens mellom anlegg, systemer og utstyr
- driftsjordkretser (returforbindelser).

(Overspenningsbeskyttelse var ikke spesielt i fokus i dette prosjektet.)

- Strategidokumentet gir en topologisk/strukturell beskrivelse av jordingsystemer, separasjon av systemer/anlegg og isolasjonsnivåer.
- I den grad det er praktisk mulig er strategien forsøkt å ikke beskrive spesifikke anlegg/systemer. Det ønskes å åpne for at ny teknologi og nye systemer kan dekket av strategidokumentet. Imidlertid møter denne målsettingen sin begrensning ved enkelte jernbanespesifikke systemer som ikke kan beskrives uten konkret henvisning til anleggets utforming. (Eksempelvis sporfelter)
- Strategidokumentet gir en funksjonell og strukturell beskrivelse av skjerming- og jordingstiltak. Dette betyr at konkrete verdier og detaljerte beskrivelser av utforming ikke kommer inn under strategien.
- Strategidokumentet beskriver utførelse av anlegg. Det tas ikke hensyn til rutiner for montasje, måling og drift av anlegg. Videre inngår ikke beskrivelse av oppbevaring og lagring av utstyr/komponenter i dette dokumentet.
- Strategidokumentet omfatter ikke beskrivelse av feltpåvirkninger på mennesker, og hvordan dette eventuelt kan begrenses.
- Strategidokumentet omfatter ikke beskyttelse mot korrosjon i jordingsanlegg.
- Anlegg/områder som det er et begrenset antall av ved NSB, og som er spesielle, vil ikke beskrives på samme detaljeringsnivå som øvrige anlegg/områder. (Eksempelvis eksplosjonsfarlige områder og lynavledeanlegg.)
- Strategidokumentet er utarbeidet med tanke på at leseren har god elektroteknisk kompetanse.

Det fremkom i prosjektet at hensyn til bruk av sporfelter til skinnbruksdeteksjon er uforenelig med hensyn til sikkerhet mot berøringspenning, og det ble anbefalt å vurdere om det finnes noen systemer som kan ivareta skinnbruksindikering minst like godt som sporfeltene. Før et slikt system er tilgjengelig og godkjent, vil det ikke være mulig å fastsette praktiske og holdbare retningslinjer for



utførelse av jordingsanlegget som fullt ut ivaretar krav til sikkerhet mot berøring og deteksjon av skinnebrudd.

For å ivareta forskriftenes krav til berøringsikkerhet og, som det fremkommer videre i denne rapporten, for å oppnå god beskyttelse mot lynoverspenninger, det av vesentlig betydning at skinnestrengene jordes til "sann jord" med jevne mellomrom (og tilstrekkelig hyppig). Dette er idag ikke praktisert på en fullgod måte, på grunn av at det kan redusere sporfeltens evne til å detektere skinnebrudd.

## 4.2 Isolasjons- og jordingskoordinering i Baneregion Sør (1997)

### 4.2.1 Bakgrunn

"Designforbedring" er fellesbetegnelsen på flere utviklingsprosjekter som har utspring i Region Sørs visjon, "Feilfritt til Stavanger". Det ble observert at mange av feilene som oppstår ved jernbanen skyldes svikt i elektroanleggene, på grunn av alder eller manglende sameksistens. Prosjektet "Isolasjons- og jordingskoordinering" kom igang etter initiativ fra Sone 3 i Region Sør. Jernbanestrekningen i denne sonen er spesielt utsatt for atmosfæriske overspenninger.

Elektroanleggene i infrastrukturen består av flere ulike systemer, som opererer med ulike frekvenser og spenningsnivå, og som har ulik immunitet overfor elektromagnetisk støy. Overspenningsfeil i elektroanleggene medfører unødvendige driftsforstyrrelser. Feilstatistikk viser at det er spesielt signal- og teleanleggene som er utsatt. Erfaringer tilsier dessuten at isolatorer i kontaktledningsanlegget er utsatt. Det har vært behov for en totalvurdering, for å komme frem til løsninger innen beskyttelsesjording, isolasjonsnivå og overspenningsbeskyttelse som er fordelaktig for alle anlegg.

### 4.2.2 Beregningsresultater

Firmaet TransiNor ble engasjert for å gjøre beregninger på hvor i anlegget det kan forventes overspenninger.

Det er sett på hvilke overspenninger som kan forventes ved induserte overspenninger fra everkets nett, direkte lynnedslag i everkets nett og direkte lynnedslag i kl-anlegget/skinnene. Forutsetningene for beregningene er gitt i detalj i [4], men hovedtrekkene er:

- 1,0/200  $\mu$ s-støt. Ekstrem kurveform på spenningsbølge. 99% sannsynlighet for at overspenningen har en lengre frontid og en kortere halveringstid, som betyr lavere spenningsoppssving enn for det gitte 1,0/200  $\mu$ s-støtet.
- Kobling av jordnett, plassering av overspenningsvern som vist på vedlegg 3.a.1; Prinsippskjema for jording, men noe tilpasset forholdene ved Oggevatn (avstander, overgangsmotstand). Dette regnes som en typisk oppbygging av reléhus.

Grenseverdier for holfasthet er forutsatt i henhold til IEC 664-1 (1,2/50  $\mu$ s og 8/20  $\mu$ s støt):

Strøminntak, inkludert måler	6,0 kV
Fast opplegg, ledninger og stikkontakter	4,5 kV
Vanlig utstyr	2,5 kV (ønsket grenseverdi i hovedfordeling)
Elektronikk	1,5 kV (ønsket grenseverdi i tele- og signalrom)

#### **4.2.2.1 Induserte overspenninger i everkets 230V nett**

Forutsatt indusert overspenning med maksimal amplitudeverdi 300kV. Spenningspåkjenninger vist i vedlegg 3.a.2. Nummerering viser til vedlegg 3.a.1.

Inntakskabelens holdfasthet forutsettes 6kV. Størst spenningspåkjenning for kabel i overgang fra luftlinje 4,4 kV mellom åpen kabelskjerm og faseleder. Ved å øke overgangsmotstanden for jording ved inntaksstolpe til 40Ω økes påkjenningen mellom faseleder til 9,15kV, med fare for overslag.

Øvrige potensial er funnet å ligge under kritiske verdier.

- Telerom: Beregnet 1,28kV
- Signalrom: Beregnet 1,8kV, vern begrenser spenning til 1,2kV
- Hovedfordeling og omformerrom: Beregnet 1,7kV og 1,2 kV

#### **4.2.2.2 Direkte lynnedslag i everkts 230V luftlinje**

Antatt overspenning på ca 5000kV inn mot inntaksstolpe. Spenningspåkjenninger vist i vedlegg 3.a.3.

Størst påkjenning for inntakskabel mellom leder og åpen skjerm, 27 kV. Behov for vern. Nivået i tele- og signalrom begrenses av vernene til under 1,5 kV.

#### **4.2.2.3 Direkte lynnedslag i kontaktledning/skinner**

Påkjenningen i anlegget er gitt i vedlegg 3.a.4. Størst påkjenning her vil bli for sikringsskap ved reservestrømstransformator; 13,8 kV mellom leder og åpen kabelskjerm. Det er også betydelige spenningsoppsving mellom leder og skjerm i reléhuset, men påkjenninger på vern er små og overspenningen begrenses til ufarlig nivå så lenge vernene er intakt.

Ved å koble reservestrømstransformatoren slik at det oppnås galvanisk skille mellom kontaktledningsanlegget og reléhuset reduseres sannsynligheten for de store påkjenningen i reléhuset. Det er ikke utført beregninger som viser hvilken virkning denne koblingen av transformatoren har for overspenningsnivået i reléhuset. Se for øvrig avsnitt 6.4.

### **4.2.3 Forventede overspenninger på fri linje**

I [4] er det gjort beregninger på fri linje med lynnedslag til enkelt spor og dobbeltspor.

Beregningene viser at forskjellen mellom enkel- og dobbeltspor er liten, og behovet for overspenningsvern er tilnærmet det samme.

Beregninger er gjort for spenningsoppsving mellom skinner og "sann" jord, telekabler og "sann" jord, signalkabel og "sann" jord og for kontaktledning og "sann" jord ved ulike punkter på strekningen Oggevattn – Grovane (enkeltspor) og Brakerøya – Eriksrud (dobbeltspor). Maksimalverdier for de beregnede spenningspåkjenningene er vist i vedleggene 3.a.5 til 3.a.9.

Det er forutsatt lynnedslag (10kA 14/250 μs) til kontaktledningen ved Vatnestraumen. Det er vist hvordan betydningen av overspenningsvern ved bare reservestrømstransformator og ved både reservestrømstransformator og sugetransformatorene påvirker spenningsoppsvinget. Det er også vist hvordan ulike overgangsmotstander (impulsmotstand) ved overspenningsvernene påvirker resultatene.



#### **4.2.3.1 Spenning mellom skinner og "sann" jord**

Spenningsoppsvinget vil være betydelig, se vedlegg 3.a.5. Avledningen fra skinner til jord er en stor usikkerhets faktor som vil ha betydning for spenningsoppsvinget. Spenningen påvirker alt utstyr tilkoblet skinnegangen. For å begrense nivået er det behov for utstrakt bruk av overspenningsvern for utjevning av potensialet mot komponenter og utstyr.

For dobbeltsporet strekningen er nivået noe lavere, men det anbefales og benytte overspenningsvern på samme måte som ved enkeltspor.

#### **4.2.3.2 Spenning mellom telekabler og "sann" jord**

Se vedlegg 3.a.6. Det er forutsatt at kabel er punktjordet for hver 700 meter. Spenningsoppsvinget skyldes elektromagnetisk kobling mellom telekabler og kontaktledningsanlegget. Potensialet påvirkes i liten grad av om det er overspenningsvern i kontaktledningsanlegget. Men telekabler kan bli utsatt for overspenninger som følge av direkte overslag fra skinner og utstyr tilkoblet skinnejord.

Det anbefales å ikke jorde kabelen om lag 300 – 400 meter fra overspenningsavledere (sugetransformatorer, reservestrømstransformatorer, tunnelmunnings og reléhus).

#### **4.2.3.3 Spenning mellom signalkabler og "sann" jord**

Se vedlegg 3.a.7. Den elektromagnetiske koblingen er dominerende. Spenningsnivå påvirkes i liten grad av overspenningsvern og jordingsforhold. Betydelig overspenninger kan forventes.

#### **4.2.3.4 Spenning mellom kontaktledning og "sann" jord**

Se vedlegg 3.a.8. Påvirkes bare i en viss grad av overspenningsvern og jordingsforhold ved suge- og reservestrømstransformatorer.

### **4.2.4 Tunnelmunnings**

Ved tunnelmunnings vil kontaktledningens bølgeimpedans endres og det vil oppstå et refleksjonspunkt for vandrebølger med fare for spenningsoppsving tilsvarende som ved overgang mellom luftlinjer og kabler. Dette vises gjennom at isolatorer foran tunnelmunnings er mer utsatt for overspenninger enn andre isolatorer. Det er ikke gjort beregninger som viser dette, men det anbefales bruk av overspenningsvern ved isolatorer før tunnelmunnings. Det er også mulig at spesiell beskyttelse av sugetransformator i tunneler er nødvendig, avhengig av avstand fra tunnelmunnings.

### **4.2.5 Høyspenningskabler**

Ved overgang fra luftlinjer til kabler oppstår refleksjonspunkter for vandrebølger, med fare for spenningsoppsving og overslag i kabel. Bruk av overspenningsvern er nødvendig.



#### 4.2.6 Koblingsoverspenninger

Et form for overspenninger som ikke er studert så mye er koblingsoverspenninger i kontaktledningsanlegget. Koblingsoverspenninger oppstår ved kobling av brytere (bryting av strøm, eller innkobling av linjer i tomgang) og ved feilssituasjoner som jord- og kortslutning. Generelt er koblingsspenningsens amplitude og form gitt av systemets oppbygging i koblingsøyeblikket og hvor på sinuskurven koblingen skjer (tidspunktet i perioden). I motsetning til lynoverspenninger som ligger i mikrosekund-området, vil koblingsoverspenninger ligge i millisekund-området. Normalt vil koblingsoverspenninger ikke ha noen betydning for isolasjonsnivået i anlegg med lavere systemspenninger, da dette vil være gitt av nivået på lynoverspenninger [2].

Det er sannsynlig at strømvtageren på toget er årsak til denne type overspenninger ved for eksempel passering av seksjonsisolator, sugetransformator, ved fraslag mellom strømvtager og kontaktledning og ved utkobling av effektbryter i lokomotivet/togsettet.

I [4] er det sett på koblingsoverspenninger ved passering av sonegrensebryter. Ulike driftssituasjoner er analysert med tanke på å finne verste situasjon; ulike kortslutningsytelser i omformerstasjonene, varierende faseforskyvning mellom omformerstasjonene. Utfra de resultatene som er framkommet av et begrenset antall simuleringer, viser maksimal påkjenning mellom signal- og telekabler og skinnegangen å være 5kV. Signalkablene vil være mest utsatt. Det vil derfor kunne være et behov for beskyttelse av signalkabler ved sonegrensebrytere.

Normal driftssituasjon for sonegrensebryteren er at den er lukket, dvs. at to omformere er sammenkoblet på 15kV-nivå, men ved arbeid og utkoblinger vil det være et skille i nettet. Situasjonen vil være mest kritisk dersom et tog kortslutter fra en spenningsløs til en spenningsatt seksjon.

Her bør gjøres en grundigere studie av forholdene som oppstår ved tog passering av ulike punkter i kl-anlegget.

#### 4.3 Redesign strekningen Drammen - Hokksund

“Redesign Drammen-Hokksund” er et prosjekt som går ut på detaljprosjektering og ombygging innenfor fagområdene strømforsyning, signal-, lavspennings- og teleanlegg. Prosjektet startet i 1997, og fase A (strekningen Gulskogen-Ryggkollen) skal være ferdig bygget i 1998.

Prosjektet er inndelt i følgende delprosjekter:

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Strømforsyning</b>      | <ul style="list-style-type: none"><li>- Returledning.</li><li>- Isolasjons- og jordingskoordinering</li></ul>   |
| <b>Elektroinstallasjon</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>- El. installasjoner, bestående av tomtelys og vekselvarme.</li><li>- KL-brytere.</li></ul>   |
| <b>Tele</b>                | <ul style="list-style-type: none"><li>- Teletekniske anlegg, hvor omgjøring av telerom inngår.</li><li>- Telekabel, blokktelefonkabler og fiberkabel samt telekabler for eksterne brukere</li></ul> |
| <b>Signal / sikring</b>    | <ul style="list-style-type: none"><li>- Kabelanlegg.</li><li>- Skjøteløse sporfelt.</li><li>- Skjøteløse sporfelt og veisikringsanlegg.</li></ul>   |

- Overvåkingsanlegg** - Overvåking av signalanlegg.  
- Overvåking av strømtilførsel til telefonanlegg
- Hjulslagsdetektering** - Hjulslagsdetektor.  
- Varmegangsdetektor.

Det er forventet at ombyggingen av banestrekningen vil gi følgende gevinster:

1. Reduserte drifts - og vedlikeholdsutgifter.
2. Redusert risiko for berøringsfare.
3. Et kabelanlegg utenfor kabelfritt profil.
4. En mer veldefinert returstrømkrets
5. Bedre elektromagnetisk miljø
6. Et bedre jordingsanlegg.
7. Bedre beskyttelse mot atmosfæriske overspenninger
8. Et belysningsanlegg som tilfredsstiller miljø og sikkerhet.
9. Mindre feil på veksler, med oppdatering av sporvekselvarmen.
10. Høyere driftssikkerhet på KL-anlegget.
11. Økt kapasitet på telenettet.
12. Økt driftssikkerhet og tilgjengelighet ved å innføre overvåkingsanlegg i signalanlegget og telefonanleggene.
13. Tilfredsstillende kabelanlegg hvor feilkildene vil bli minimale.
14. Reduksjon av isolerte skjøter.
15. Færre tilkoblinger til skinnegangen
16. Hindre at hjulslag skaper skinnebrudd.
17. Hindre at vogner med varmegang og tjuvbremser starter brann langs linjen

Delprosjektet "isolasjons-og jordingskoordinering", som er mest interessant i denne sammenhengen, består blant annet i å legge langsgående seksjonert jordleder for tilknytning av objekter som er innenfor kontaktledningens slyngfelt til skinnegangen. På grunn av at legging av kabelkanal ble utført som et eget prosjekt i 1996, før det ble snakk om innføring av langsgående seksjonert jordleder, har kabelkanalen havnet på motsatt side av sporet i forhold til kontaktledningsmastene. Det er vurdert alternativ forlegning av jordlederen (lagt i rør i bakken eller opphengt i kl-mastene), men slik anlegget nå er prosjektert, vil den legges som gul/grønn PN i kabelkanal. Jordingsforbindelser vil krysse sporet der det er nødvendig.

Inkludert i delprosjektet inngår også å opprette veldefinerte jordingsforbindelser (elektroder) mellom skinnegangen og "sann jord". Videre skal det monteres overspenningsvern (metalloksiddavledere) i kontaktledningsanlegget ved de steder som er anbefalt i ovennevnte designforbedringsprosjekt. I senere faser av prosjektet er det planlagt å "redesigne" reléhus på strekningen med tanke på jordingsanlegg, og overspenningsvern.

Med tanke på koordinering mellom de ulike fagområdene møter prosjektet mange utfordringer underveis. Spesielt krevende er oppgaven med å ivareta gjeldende krav til skinnebruddsdeteksjon sammen med kravet til berøringspenning. Det pågår et nært samarbeid med leverandør av skjøteløse sporfelter for å få alle de nødvendige kriterier på plass.

For å kunne bruke det valgte sporfeltkonseptet til å detektere skinnebrudd, har det vist seg å være nødvendig med svært lang avstand mellom jordlederens tilkoblingspunkter til skinnegangen (ca. 1200 m.). For å unngå at disse lange avstandene skal gå på bekostning av berøringspenningen, har det vært nødvendig med kraftig tverrsnitt på jordlederen (2x95 mm<sup>2</sup>). Det arbeides videre med å utvikle et



bedre grensesnitt mellom jordingsanlegg og sporfeltkretser, slik at det i senere faser av prosjektet kan bli mulig å redusere avstanden mellom tilkoblingspunktene, og dermed også redusere tverrsnittet.

Dersom et veldefinert grensesnitt er realiserbart i form av en komponent som virker høyohmig for høyere frekvenser, og lavohmig for banestrømsfrekvensen, vil man oppnå betydelig prosjekteringsfrihet, både for sporfeltanlegget og for jordingsanlegget. En ytterligere gevinst vil være at lynoverspenninger i kontaktledning, kl-master, mv, vanskeligere kan forplante seg langs skinnestrengene, slik at risikoen for induksjon i nærliggende parallelle anlegg blir redusert. Dette er selvfølgelig under forutsetning at jordingsanlegget har god forbindelse til sann jord.

I redesignprosjektet inngår også utarbeidelse av kriterier for prosjektering av skjøteløse sporfelter som skal fungere i sameksistens med eksisterende vegsikringsanlegg. Resultatene herfra har gitt begrensninger til sporfeltlengder og plassering.

Byggefasen i redesign-prosjektet er pr i dag (juni 1998) i startgroppen, og det vil gå noe tid før det blir mulig å si noe om driftserfaringene med anlegget. Det kan også bli gjort noen forandringer før bygging som får konsekvenser for jordledertverrsnitt og avstander mellom tilkoblingspunkter.

#### **4.4 Gardermobanen**

Gardermobanen (GMB) er snart ferdigstilt og går inn i driftsfasen. GMBs elektroanlegg har flere ulikheter i forhold til eksisterende anlegg ved Jernbanelverket. Ulikhetene kan kort nevnes som:

- Gjennomgående langsgående jordleder
- Langsgående høyspentforsyning som erstatter både lokal mating fra everk og reservestrøm fra kl-anlegget
- Skjøteløse høyfrekvente sporfelt med skinnebruddsdeteksjon i kun den ene skinnestrengen

Driftserfaringene fra anlegget vil være svært interessante for Jernbanelverket videre. Hovedkontoret deltar i 1998 og 99 i et SINTEF-prosjekt for oppfølging av jordings- og returkretssystemet til Gardermobanen.



## 5. Erfaringer fra Oggevatn st.

### 5.1 Utførte arbeider

Reléhuset på Oggevatn stasjon består av 4 rom: Omformerrom, relérom, telerom og stillverksrom. Det er tilstrebet et radielt jordingsnettverk (trestruktur), og at soneteorien beskrevet i vedlegg 6 blir ivarettatt. Soneteorien er ikke 100% gjennomført. Dette er ikke så enkelt ved eksisterende reléhus, på grunn av at kabler inn til huset har forskjellige inntakspunkter.

Alle rommene unntatt stillverksrommet har en egen jordsamleskinne, og alle objekter i et rom er jordet til sin respektive jordssamleskinne. Hovedjordsamleskinnen er lokalisert i omformerrommet i "hovedskapet" (det skapet som inneholder husets strømforsyning fra everk). De lokale jordsamleskinnene har utjevningsforbindelse til hovedjordsamleskinne. Alle tilkoblinger til jordsamleskinner er merket. Mange av jordingsforbindelsene er skiftet ut til gul/grønn PN.

Det er laget nye underfordelinger (220V) i relé- og telerom, inkl. nye skap og sikringer. Forsyningskabelen til underfordelingene er jordet i hovedskapet (hovedjordsamleskinne) og isolert i underfordelingene. Det er egne jordingsforbindelser mellom hovedjord.

Mange av overspenningsvernene er skiftet ut for reléhusets innkommende linjer. Det er valgt ut vern ut i fra en selektivitetstankegang, dvs grovern "ytterst" (ved inntak), og finere vern innover i anlegget. Grovern har lavere vernnivå (Ures) og høyere energiopptaksevne enn finvern.

Utvendig er det opprettet flere elektroder. Nær reservestromstransformatoren er det slått ned tre jordspyd i trekant som er sammenkoblet med termittsveis i midten. Ved inntak av everksforsyningen, rett utenfor vegg av reléhuset, er det laget en tilsvarende elektrode med 4 jordspyd, som er koblet til hovedjordsamleskinnen. Disse to elektrodene er i noen dokumenter omtalt som "høyfrekvent-elektroder". Ytterligere en elektrode (4 stråler) er lagt ut ca 100 m fra reléhuset, denne er omtalt som "lavfrekventelektroden" og er også koblet til hovedjordsamleskinnen.

Det er ikke satt opp ny reservestromstransformator med galvanisk skille ved Oggevatn. Regelverkets anbefalte jordingsprinsipp for antennemasten er ikke fullt ut gjennomført.

Det gjenstår å foreta inspeksjon, evt. tiltak i anlegget, blant annet med hensyn på vern i masten til everket og jording av telekabel og lokal jord i de respektive rom.

### 5.2 Kostnader med utførte tiltak

De utførte tiltakene ved Oggevatn har kostet om lag 131.000,-, fordelt på:

Prosjektering og planlegging: 16.000,-

*Innvendig anlegg:*

Materiell: 42.000,-

Arbeid: 25.000,-

*Utvendig anlegg:*

Materiell: 37.000,-

Arbeid: 11.000,-

Nærmere spesifisering i vedlegg 3.e.

### 5.2.1 Erfaring med tiltakene

Siste arbeider i forbindelse med prosjektet ved Oggevatn st. ble utført juni 1997. Under er oppsummert feil som er registrert i BDB (signalfeil) samt registrerte feil i teleanleggene der overspenninger/lyn er angitt som årsak. For elkraftanlegg er det ikke registrert feil i BDB ved Oggevatn st.

År	Tele	Signal
1998:		2
1997:		1
1996:		2
1995:	1	4
1994:	5	2
1993:	1	1
1992:		
1991:		1
1990:		

For signalanlegg er komponenter som sikringer, releer og statiske omformere utstatt. Utskrift fra feilrapporter finnes i vedlegg 3.d.

Fordelingen mellom komponentene er som følger:

År	Omformer 95Hz	Sikring	Vern	ATC- baliser	Rele
1998:		2			
1997:	1			5	
1996:		1			1
1995:	3		1		
1994:		2			
1993:		1			
1992:					
1991:		1			
1990:					

Bare to av disse feilene har gitt togforsinkelser.

Sikringer er i seg selv et vern, og sikringsbrudd er tegn på at vernet fungerer. Riktig dimensjonering og koordinering av sikringer (selektivitet) er viktig slik at minst mulig del av anlegget berøres ved utkobling.

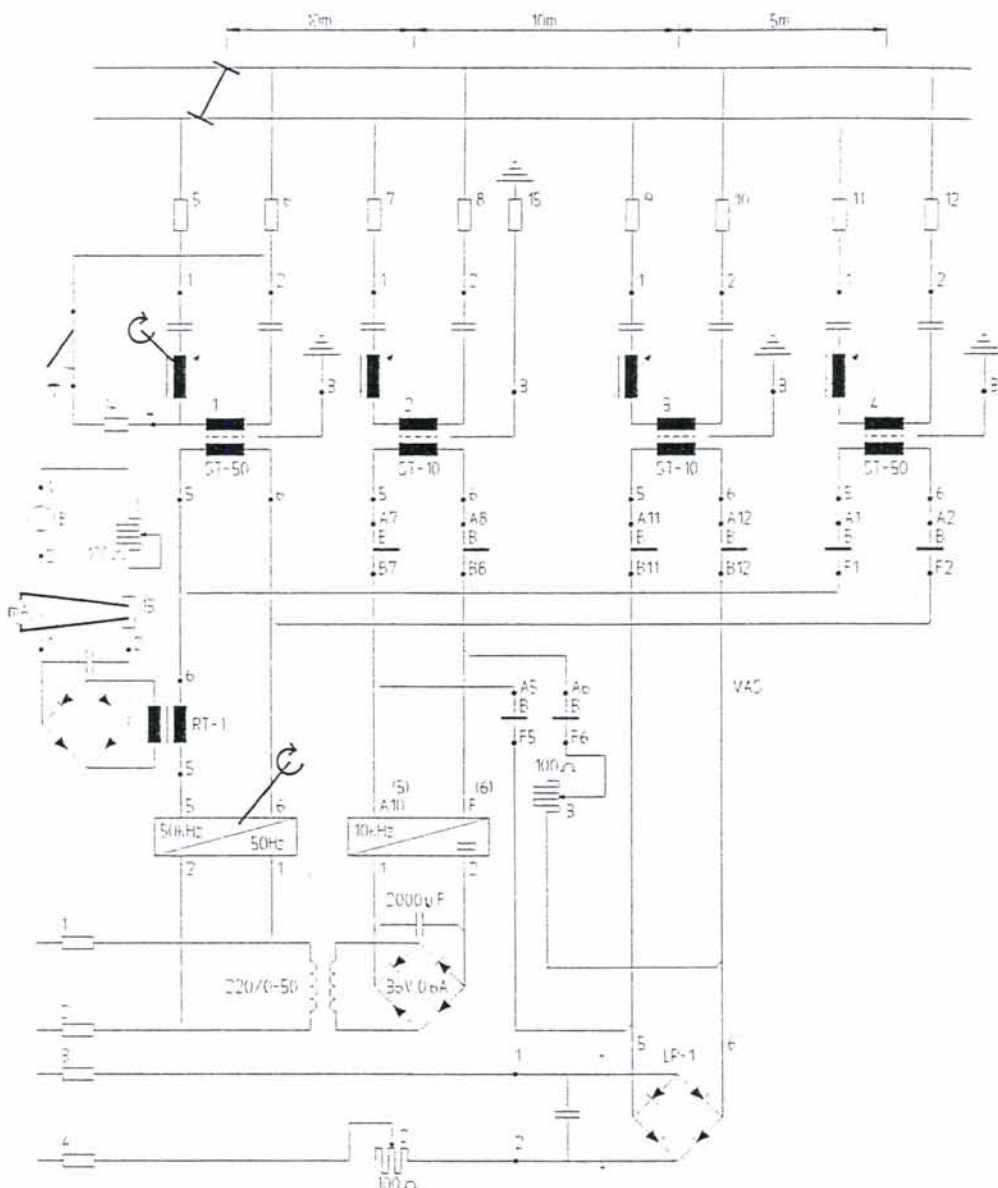
Begge feilene hittil i 1998 gjelder sikringer for 16 2/3 Hz matingen til statisk omformer. Mulig overspenning i kl er angitt som årsak. Dette bør følges opp nærmere. Denne type feil er ikke registrert tidligere. Kan dette skyldes den endringen som er utført i jordingsanlegget i relehuset? Et uavklart spørsmål er også koblingen av reservestrømstransformatoren, se avsnitt 6.4.

## 6. Anbefalinger om tiltak

### 6.1 Jording og overspenningsbeskyttelse i signalanlegg

#### 6.1.1 Innkoblingsfelter

Som omtalt i avsnitt 2.1.1 og 3.1 er de statiske frekvensomformerne i Jernbaneverkets infrastruktur særlig utsatt for overspenninger, hvor frekvensgeneratorene i innkoblingsfeltene for veisikringsanlegg viser seg å være svært utsatt. I Figur 6.1-1 under er et typisk skjema for innkoblingsfelt vist.



Figur 6.1-1 Innkoblingsfelt.



For å redusere antall feil ved 50 kHz/50 Hz og 10 kHz/= frekvensgeneratorene foreslås det at man vurderer å innføre overspenningsvern på alle fasene i strømforsyningen fra det lokale e-verk. Samtidig vil det være aktuelt å innføre overspenningsvern mellom alle tilkoblinger til sporet og det jordede midtpunkt på skilletransformatorene. Størrelse, type og detaljer omkring vernene må vurderes videre for å sikre at feltenes sikkerhet og funksjon ikke rokkes ved.

### 6.1.2 Sporfelter

Som for frekvensgeneratorene vises det i avsnitt 2.1.1 og 3.1 at sporfeltene er svært utsatt for overspenninger. Sporfeletene har som innkoblingsfeltene hvor frekvensgeneratorene var utsatt, direkte tilkobling til sporet. De indirekte vernene som følge av vern på hovedkablene synes derfor her ikke å være tilstrekkelige til å sikre utstyret for overspenninger. Det bør derfor videre vurderes også for sporfeltene å innføre overspenningsvern mellom tilkoblingene til sporet og eventuelt jord. Med fare for å kunne danne "falsk vei" for sporfeltstrømmen må slike tiltak vurderes veldig nøye for ikke å redusere sikkerheten i sporfeltkretsen.

### 6.1.3 Signaler og annet utstyr langs sporet

De samme vurderingene som må foretas for sporfeltkretsen bør også foretas for signaler og annet utstyr som har lange forsyningskabler langs skinnegangen. Dette vil i mange tilfeller også være utstyr som vil ha direkte innvirkning på sikkerheten i togfremføringen. Med andre ord vil det kunne være aktuelt å introdusere overspenningsvern mellom kabeltrådene både i utstyrsenden for å verne utstyret, samt i forsyningsiden for å verne den bakenforliggende forriglingen dersom dette ikke allerede er foretatt.

## 6.2 Jording av langlinje telekabel

Langlinje telekabel baserer seg på balanserte overføringer og gjennomgående skjerm som er jorda undervegs for å oppnå reduksjonsfaktor. Reduksjonsfaktoren har en funksjon i forhold til støynivå i kabelen, men er først og fremst dimensjonert ut fra personsikkerhet. I grøft legges kabel med halvledende kappe for å oppnå kontinuerlig jording. I kanaler legges kabel med isolert kappe og man jorder for hver skjøt dvs hver 700m. Det er imidlertid lagt store mengder kabel i kanal som har halvledende kappe og som ikke er jordnet med jevne mellomrom.

### 6.2.1 Vurdering av tidligere foreslåtte tiltak

Det har tidligere blitt foreslått å gjennomføre punktvis jording av alle telekabler som ligger i kanal. Dette er et kostbart tiltak og i forhold til overspenning i andre anlegg er det neppe det som gir mest igjen for investeringene. På kort sikt er det derfor ikke en aktuell løsning. På lenger sikt bør en gjennomføre et fullt optisk transmisjonsnett der alle tjenester som i dag går i langlinje parkabel blir overført til fiberkabel. Når dette er gjennomført trenger man parkablene kun som lokalkabel og man trenger ikke lenger ha gjennomgående jording.

Det er også forslag om å ha gjennomgående jording, men ikke la denne kabeljordingen bli ført inn i installasjoner undervegs. Denne metoden er i dag i drift i Finsetunnelen. Erfaring med disse forsøkene tilsier at dette er en metode som fungerer greit der man opererer med balanserte grensesnitt som ikke

har lavfrekvent jordreferanse. Med andre ord; det er en metode som ikke fungerer bra på steder med telefonsentraler.

### 6.2.2 Forslag til kortsiktig løsning

På steder der man har grunn til å tro at overspenninger følger telekabelen inn i relehus og er årsak til feil, etableres jordelektrode for telekabelen på hver side av relehuset. Denne jordingen må ha stor nok avstand til relehuset til at det blir et separat jordingsanlegg, samtidig så nær som mulig slik at det ikke oppstår overspenninger mellom elektroden og relehuset. På denne måten oppnår man at overspenning langs kabelen får et termineringspunkt utenom elektroden i relehuset. Metoden er kun aktuell der det er kanalanlegg.

Etablering av jording på eksisterende kabler er kostbart og må kun vurderes der man mener at forbedret jording av relehus og overspenningsvern ikke fører fram.

## 6.3 Soneinndelinger i eltekniske hus

Som beskrevet under avsnitt 5.1 er en gjennomgang av installasjonene i eltekniske hus, med bakgrunn soneteori som beskrevet i vedlegg 6, utført ved Oggevatn stasjon. Det anbefales at det for spesielt overspenningsutsatte anlegg utføres tiltak som her beskrevet.

En kort oppsummering av aktuelle aktiviteter:

Kartlegging/inspeksjon	Tiltak
Jordnettstruktur (radielt eller maskenett)	Ombygging av jordnettstruktur
Jordelektroder lokalisering og målinger	Bygge bedre elektrode anlegg
Kartlegge overspenningsvern m.h.p. selektivitet	Skifte ut vern, nye vern
Hovedjord	Opprettes/flyttes -- merking!
Føringsveier / forlegning	Så korte ledninger som mulig / ingen skarpe vinkler på ledningene
Generell orden og oversikt	Opprydding, lage dokumentasjon, kvitte seg med anlegg som er tatt ut av bruk
Utsatte/kritiske komponenter	Innføre overvåkning?

## 6.4 Galvanisk skille ved reservestrømsforsyning fra kontaktledning

Fra prosjektet Isolasjons- og jordingskoordinering er det vist at nåværende kobling av reservestrømtransformatoren (også kalt biforbrukstransformator) er uheldig. Det er galvanisk forbindelse mellom returkretsen (skinne og/eller returledning) på primærsiden til den ene fasen på sekundærsiden. Dette gjør at overspenninger i kl og skinner forplantes rett inn til utstyr på lavspenningssiden. Frekvensomformerer for signalanlegget er tilkoblet denne transformatoren i relehus (el-tekniske hus) og er en komponent som det er mange feil på. Enkelte stasjoner er spesielt utsatt.

Ved Oggevatn st. er tiltaket med galvanisk skille ikke gjennomført. For å få bekreftet virkningen av en slik endring av koblingen bør dette testes ut på steder der andre tiltak ikke er utført. Steder hvor signalanleggets frekvensomformer er spesielt utsatt bør velges ut. Det bør være gode bakgrunnsdata for hva slags feil som har vært, og hvor ofte de har oppstått i dette anlegget.

Reservestrømtransformatoren skiftes ut/kobles om, og en plan for oppfølging av anlegget må utarbeides for å finne virkningen av tiltaket.



#### 6.4.1 Forslag til tiltak

- Finne spesielt utsatte steder med ofte opptredende feil på frekvensomformer i signalanlegget
- Gå gjennom tilgjengelige feilrapporter og om mulig nærmere gransking av ødelagte komponenter for å kartlegge årsaken til feilene
- Koble om eksisterende eller montere ny transformator med galvanisk skille
- Utarbeide plan for oppfølging av anlegget. Jevnlige inspeksjoner, alternativt med automatisk måling/kontroll av driftssituasjon
- Evaluering av tiltaket

#### 6.5 Enhetlig impulsholdespenning i kontaktledningsanlegget

Parametre/komponenter som bestemmer holdespenningen i kontaktledningsanlegget er blant annet isolatorer, høyspenningskabler, avstander i luft mv.

I regelverket for kontaktledningsanlegg (JD540) er kravet til grenseverdi for holdespenning (1,2/50  $\mu$ s-støt) for isolatorer 170 kV. Dette gjelder ved bruk av nye isolatorer. Holdespenningen er en konsekvens av at man må for nytt kl-anlegg (system 20 eller 25) velge isolatorer med merkespenning 36 kV for å ivareta mekaniske krav.

På en eksisterende strekning vil det stå flere ulike generasjoner av isolatorer, og dermed har ikke kontaktledningsanlegget enhetlig impulsholdespenning, med mindre alle isolatorene systematisk blir skiftet ut. Eksempelvis er det tidligere ofte brukt 24 kV isolatorer, og disse har en holdespenning på 125 kV.

#### 6.6 Overspenningsvern i kontaktledningsanlegget

Ved bruk av overspenningsvern i kontaktledningsanlegget, må de dimensjoneres slik at de vil opptre som anleggets svakeste punkt. Viktige parametre som må bestemmes er vernnivå og energiopptaksevne. Vernnivå, eller restspenning, ( $U_{res}$ ) er definert i UIC 99-4. I redesignprosjektet "Isolasjons- og jordingskoordinering" er det uttrykt to "tommelfinger-regler" for definisjon av  $U_{res,max}$  og  $U_{res,min}$ : Laveste vernnivå bør være 20% høyere enn toppverdien av den maksimale driftsfrekvente spenningen som kan forekomme (17,25 kV). Høyeste vernnivå settes til ca. halparten av anleggets impulsholdespenning. Mer om krav til overspenningsvern i kontaktledningsanlegget fremkommer i rapporten "Isolasjons- og jordingskoordinering", og i teknisk regelverk for kl-anlegg.

Ut i fra det ovennevnte, ser vi at det er viktig å velge riktig overspenningsvern, og at dette blir en prosjekteringsjobb i hvert enkelt tilfelle.

I rapporten "isolasjons og jordingskoordinering" [3] kommer det frem anbefalinger om utvidet bruk av vern i kontaktledningsanlegget. Det kan synes overflødig, siden det er de øvrige elektroanleggene som ofte er utsatt for skader på grunn av overspenninger, mens kl-anlegget klarer seg bedre, men ut i fra beregningene til TransiNor, går det frem at lynnedslag i eller nær kl-anlegget kan medføre at lynspenningen "vandrer" i kontaktledningen og skinnegangen, og at dette vil forårsake spenningsøkning i øvrig elektroanlegg i nærheten. Derfor er det anbefalt at det settes opp overspenningsvern (metalloksidavleder) med jevne mellomrom langs kontaktledningen, f.eks et på hver side av sugetransformatorene, slik som anbefalt i designforbedringsprosjektet.



Forutsetninger for at vernene skal fungere etter hensikten, er at de kobles mellom kontaktledningen og jord, og at det er god tilgang (kråkefotelektrode) til sann jord like ved vernet. Dersom dette ikke er tilfelle, vil en lynoverspenning i kontaktledningen føres videre til skinnestrengene, dvs at feilen flyttes nærmere det sårbare anlegget. (sporfelter, telekabler mv.). Er ledningsføringen mellom vernet og elektroden lang, medfører det at lynoverspenningen "ser" høy impedans til jord, og vernet kan fungere som et refleksjonspunkt i stedet for et avledningspunkt. (Ledninger representerer stor induktivitet for høyfrekvente påkjenninger, [2]).

### **6.7 Jordelektrodeanlegg**

Jordelektrodenes kvalitet og utforming har stor betydning for overspenningsvernets funksjon når det gjelder avledning av overspenninger. I våre infrastrukturanlegg er det tilkoblet overspenningsvern til jordelektroder med varierende kvalitet, dvs at strukturen og utstrekningen av jordingsanlegg er forskjellige og i enkelte tilfeller mangler den helt.

I Region Sør er utført kontroll og målinger av jordingsanlegget på Sørlandsbanen (Sone 1 og sone 2). Rapport fra dette [5] viser stor variasjon i kvaliteten på jordingsanleggene, og på flere steder alarmerende høye overgangsmotstander mot jord. For flere anlegg tyder målinger også på at skinnegangspotensialet er til stede inne i anlegget, med fare for skadelige påvirkning fra returstrømmer. Rapporten viser tydelig behov for gjennomgang og kontroll av jordingsanleggene.

Et annet moment som også har vært påpekt i forbindelse med flere tidligere arbeider er ulike egenskaper for jordingsanlegget ved avledning av lave frekvenser (16 2/3 og 50Hz) og høye frekvenser (lynoverspenninger og transienter med frekvenser opp i kilo eller megahertz). Jordelektrodeanlegg må bygges slik at også de høyfrekvente egenskapene er tilfredsstillt. Det anbefales at det for alle steder hvor overspenningsvern er montert etableres jordelektroder (kråkefot, med gode høyfrekvente egenskaper) i umiddelbar nærhet av vernet.

### **6.8 Tverrfaglig dokumentasjon**

Under arbeidet med å dokumentere og beskrive de ulike elektroanleggene ved JBV viser dokumentasjonen av anleggene og komponenter seg å være svært mangelfull.

Mye dokumentasjon finnes ikke tilgjengelig

Dokumentasjon felles for alle anleggene er spredd på mange ulike tegninger for hvert fagfelt.

Lite eller ingen samordning av format på dokumentasjon.

Eksempel: Jording av utsatte anleggsdeler, returledninger, jording av kabelskjermer, alle tilkoblinger til sporet og alle jordelektroder burde finnes på felles tegning. Dette utgjør det totale jordingsnettet for et område. For å kunne ha kontroll med returstrømskretsen, berøringsspenninger og sporfeltens funksjon er det absolutt nødvendig å ha denne totale oversikten. Data om de ulike komponenter montert i anlegg må finnes tilgjengelig/henvises til i denne felles dokumentasjonen. Dette burde være en felles dokumentasjon som var overordnet alle fagområdene, og all annen dokumentasjon måtte organiseres/bygges opp i henhold til denne.

Ved å ha denne felles dokumentasjonen ville man sikre at alle fagområder var inneforstått med og måtte ta hensyn til de øvrige anleggene ved planlegging av nye anlegg eller endringer i eksisterende anlegg.

I forbindelse med utarbeidelse av nytt teknisk regelverk "Felles elektro", vil retningslinjer for dokumentasjon være ett av temaene. Generelt vil også her berøres flere ulike områder som er av interesse for overspenningsbeskyttelse av anleggene, og stille krav som alle fagområdene må forholde seg til. På lang sikt vil dette bidra til økt forståelse og koordinering mellom de ulike fagene, og bedret kvalitet på de tekniske anleggene.

### 6.8.1 Mal for oppbygging av dokumentasjon

I forbindelse med utførte tiltak ved Oggevatn stasjon (reléhus og anlegg tilknyttet reléhuset) arbeides det med å lage dokumentasjon for anlegget. Det forsøkes å opprette en perm der alle relevante opplysninger er oppgitt, eventuelt med henvisning til tilgjengelige dokumenter. For å dekke både historikken, "som bygget"-situasjonen og fortløpende oppfølging bør en slik perm inneholde:

- Oversikt over anlegget og strekningen
  - Henvisninger til /utdrag fra regelverk, forskrifter, relevante rapporter, tidligere målinger, tidligere feilstatistikk
  - Planlegging: Vurderinger/beregninger, arbeidsbeskrivelser, kostnadsoverslag
  - Som bygget dokumentasjon: Tegninger, materiell/komponentlister, faktiske kostnader, oppfølgingsskjemaer for kontroll, målinger og feilregistrering
  - Datablad: Produktspesifikasjoner for alle komponenter som er tatt i bruk
- Forslag til strukturering i permene er gitt i vedlegg 5.

Dokumentasjonen bør være brukervennlig, slik at alle vedlikeholdsarbeider, målinger feilregistreringer mv. blir tatt inn fortløpende.

### 6.9 Feilregistrering og oppfølging

Registrering av feil i våre elektroanlegg er i dag mangelfulle. Unntaket er registrering av feil i signalanlegg. I de regioner hvor feil blir registrert er det ofte basert på manuelle systemer.

Statistikk for å underbygge behovet for fremtidige investeringer i anlegg og for planlegging av vedlikeholdsbudsjettene er i dag ikke mulig å fremskaffe. En statistikk vil også være til nytting for å få vite hvilke menneskelige ressurser det bør være til stede under perioder med høye utladning intensitet.

Dagens system for feilrapportering er mangelfull og følges dårlig opp fordi motivasjonen hos vedlikeholdspersonalet er for dårlig av forskjellige årsaker så som:

- feilregistreringsskjema er for tungvinte
- feilregistreringsskjema mangler
- feilregistreringsrutinene som er beskrevet i vårt regelverk er for omstendelige. Region Sør har utarbeidet et dokument som samlet beskriver regelverkets krav til feilregistrering.
- dårlig oppfølging og tilbakemelding

Et feilregistreringssystem bygget på samme lest for alle elektroanlegg innen JBV kan være en brukbar vei å gå for å forenkle arbeidet med å finne eventuelle årsakssammenheng mellom feil som oppstår i de forskjellige elektroanlegg.

For å få feilregistreringssystemet bedre kan det være nødvendig å gjennomføre en systematisk registrering av alle oppståtte elektrofeil i en uke på en strekning hvor det på forhånd er meldt en forventet høy lynnedslag aktivitet. Punkter som ville være viktig å fokusere på ved en slik registrering ville være:

- Hva skjer med våre komponenter ?



- Hvordan registreres det i dag ?
- Hva koster utrykningen til reparasjon av feilen ?
- Hvor raskt ble feilen rettet etter feilmelding ?

En slik konsentrert registrering vil vise hvilke punkter som er viktig å fokusere på i en feilmelding og om det er grunnlag for et samarbeid mellom de forskjellige faggrupper ved utbedring av de oppståtte feilene.

Videre bør registreringen av feil og avvik i BDB baseres på rene tekniske forhold. For å kunne følge opp de tekniske anleggene må alle feil være registrert. Ved at feil ikke registreres i BDB vil det bl.a. ikke være mulig å dokumentere det reelle behov for vedlikehold og investeringer i eksisterende infrastruktur.

### **6.10 Opplæring og informasjon**

Rapporten peker på en rekke tiltak som er nødvendige for å bedre beskyttelsen av anleggene mot overspenninger. Denne rapporten og mange tidligere arbeider viser at problemet betinger tverrfaglig forståelse og samarbeid. Det er vanskelig å dokumentere og framstille alle forhold som er viktige, i en rapport på en slik måte at tiltak kan iverksettes straks. Det anbefales derfor at det utarbeides tverrfaglige opplæringsplaner med fokus på overspenningsbeskyttelse, jording- og isolasjonskoordinering i forbindelse med obligatorisk opplæring av alle som arbeider innenfor elektrofagene ved Jernbaneverket.



## 7. Litteraturreferanser

- 1 H. Johansen, V. Larsen, A. Schei  
Overspenningsbeskyttelse i NSB Banes faste tekniske anlegg,  
Del 2 Fri linje  
TransiNor AS, Teknisk rapport nr. 504.450.02  
Trondheim, 1996
- 2 M. U. Anker, J. Sletbak  
Kompendium i faget Høyspenningsteknikk 1  
NTH  
Trondheim 1995
- 3 H. Fadum m.fl.  
Isolasjons- og jordingskoordinering  
Jernbaneverket Region Sør  
Drammen 1997
- 4 H. Johansen, V. Larsen, A. Schei  
Overspenningsbeskyttelse i NSB Banes faste tekniske anlegg,  
Del 1 Stasjoner  
TransiNor AS, Teknisk rapport nr. 504.450.01  
Trondheim, 1996
- 5 W. A. Romkes  
Jordmålinger for Togrado i Drammen Togleder område  
Jernbaneverket Region Sør, Produksjonsenheten El.Installasjon  
Drammen, 1998.

## 8. Vedleggsoversikt

Vedlegg 1:	Feilstatistikker
	A Signal
	B Tele
	C Elkraft
Vedlegg 2:	Dokumentasjon eksisterende anlegg
	A Elkraft
Vedlegg 3:	Diverse dokumentasjon
	A Forventede overspenninger (fra Isolasjons- og jordingskoordinering [1])
	B Registrering av lyn- og tordenvørsaktivitet
	C Baneprioriteter i det norske jernbanenettet
	D Registrerte feil ved Oggevatn st.
	E Kostnader ved utførte tiltak Oggevatn st.
Vedlegg 4:	Kost/nytte beregninger
Vedlegg 5:	Forslag til strukturering av tverrfaglig dokumentasjon
Vedlegg 6:	Generelt om soneteori

Jernbaneverket  
Biblioteket

JBV



10TU00695