

# Elektriske branner i lavspenningsanlegg

Undersøkelse av årsaker til variasjoner mellom kommuner og år

**Hilde Stangeland**

Master i energi og miljø

Oppgaven levert: Juni 2007

Hovedveileder: Hans Kristian Høidalen, ELKRAFT



### Oppgavetekst

I Norge er det mange elektriske branner. Gjensidige har utarbeidet en rapport som viser store forskjeller i brannfrekvens mellom kommuner. Det fremsettes en hypotese om at feil i høyspenningsnettet kan gi skader hos lavspenningsabonnenter ved mangler på jordingssystemet. Det påpekes også at mangler hos everk og installatører kan være en medvirkende årsak til forskjellene.

Det viser seg blant annet at det er en stor økning i antall forsikringsoppgjør rundt årtusenskiftet, at det er en økning i antall skader med elektrisk årsak i sommermånedene som sammenfaller med lynsesongen, og at måten statistikken behandles på virker inn på resultatet.

Oppgaven går ut på å drøfte hypotesene som Gjensidige presenterer i Høyspenningsrapporten for å vurdere i hvilken grad de er riktige, og undersøke årsaken til det høye antall forsikringsoppgjør med elektrisk årsak, og også den store variasjonen i brannfrekvens kommuner imellom.

Oppgaven gitt: 22. januar 2007

Hovedveileder: Hans Kristian Høidalen, ELKRAFT



## Sammendrag

Rapporten *Fører hendelser på høyspenningsnettet til brannskader i lavspenningsinstallasjoner?* som ble utarbeidet av Gjensidige i 2005, hadde som mål å belyse hvorvidt jordingsforhold i forsyningsnett og ved transformatorstasjoner kan ha innvirkning på hyppigheten av branner og branntilløp i elektriske installasjoner. Høyspenningsrapporten avdekket store variasjoner i brannfrekvens kommuner imellom i tillegg til lite tilfredsstillende jordingsforhold flere steder i nettet. Gjensidige jobbet etter en hypotese om at feilstrømmer ved jordfeil på HV- nettet kan overføres til LV- nettet, og derfra inn i bygningsinstallasjoner og føre til brannskader i TT- nett og i IT- nett der hvor gjennomslagsvernet er havarert. I tillegg mener de problemet vil være størst der overgangsmotstanden i/ved transformatoren er høyere enn hos abonnentene, og det ikke foreligger jordingsfelleskap mellom transformatorjord og abonnentjord.

Denne oppgaven går ut på å drøfte hvorvidt hypotesene i Gjensidiges rapport er riktige, og undersøke årsaker til det høye antall forsikringsoppgjør med elektrisk årsak og den store variasjonen i brannfrekvens kommuner imellom.

Den første delen av oppgaven er en teoretisk drøfting av Høyspenningsrapportens hypotese; overføring av høyspente feilstrømmer til lavspenningsnettet via potensialheving av transformatorboksen er sentralt, og virkningen av jordingsfelleskap mellom transformator og abonnenter diskuteres. Det ble funnet at jordingsfelleskap fungerer godt til å dempe påkjenninger fra temporære overspenninger siden feilstrømmene fordeler seg i hele jordingsssystemet. Gjensidiges hypotese er dermed riktig, men gir et noe snevert bilde av hvilke hendelser i nettet som kan forårsake brannskader. Ved høyfrekvente overspenninger som oppstår ved lynnedslag eller koblinger i nettet vil en ikke få det samme utbytte av jordingsfelleskap, siden impulsmodstanden i jordingsssystemet er mye større enn den stasjonære motstanden, og en risikerer dermed at de nærmeste abonnentene rammes hardest av transientene.

I rapportens andre del undersøkes andre aspekter som kan ha innvirkning for hva som forårsaker så stor forskjell i brannfrekvens fra kommune til kommune. Aust- Agder, Vest- Agder og Nord- Trøndelag skilte seg ut i Gjensidiges statistiske fremstilling ved at de hadde enkelte kommuner med svært høy brannfrekvens, samtidig som andre kommuner hadde svært lav brannfrekvens. Årsakene til de store forskjellene ble vurdert med bakgrunn i nettdata fra nettselskapene i fylkene, Agder Energi og NTE, og branndata fra FNH.

På bakgrunn av undersøkelser gjort i denne oppgaven kan det ikke slås fast at områder med stor andel kabelnett sjeldnere rammes av overspenningskader enn installasjoner i områder med mest luftnett, utenom for noen av innlandskommunene i Agder. Det er heller ikke fremtredende at installasjoner tilknyttet TT- system oftere rammes av elektriske branner enn installasjoner i IT- nett, selv om det er en del flere elektriske fenomenskader i Agder enn i Nord- Trøndelag. Det ser ut til at den store forskjellen i lynaktivitet mellom områdene som har størst innvirkning på brannfrekvensen. Det ble heller ikke avdekket store avvik i selve registreringen som kan forklare de store forskjellene kommunene imellom, men enkelte kommuner får høy brannfrekvens på grunn av enkelthendelser.

Kontroll og vedlikehold av nøytralpunktvern, nøye planlagte vernløsninger og utbedring av jordingsforhold medvirker til redusert brannfrekvens fra 2004 i Nord- Trøndelag. Agder- fylkene er svært utsatt for lynaktivitet, noe som ser ut til å ha stor innvirkning på hyppigheten av elektriske fenomenskader. I Agder- fylkene forekommer en økning i antall branner i 2006, muligens i forbindelse med det høye antallet overstrømshendelser i det høyspente fordelingsnettet. En svært stor del av disse hadde utløsende årsak tordenvær eller snø/is.



## Abstract

In 2005 the insurance company Gjensidige released a report regarding grounding conditions in the distribution grid, and their impact on the occurrence frequency of fires in electrical installations and equipment. The report revealed great variation between districts in how often fires occur, in addition to less than satisfactory grounding conditions in the grid.

Gjensidige based the report on a hypothesis saying that high- voltage earth fault currents flowing into low- voltage distribution systems can cause fires in low- voltage installations in TT- and IT- systems where the NPS<sup>1</sup> is damaged. They also claim that the problems are worse in areas where the transformer earth resistance is larger than the consumers' earth resistance, and where the transformer and the consumers have separate grounding systems.

The main aims of this thesis are to discuss the hypothesis in the Gjensidige report, to investigate why there is such a high number of insurance settlements on fires with electric cause, and why the fire rate differs from one municipality to another.

The first part of this thesis is a theoretical discussion of the Gjensidige hypothesis, and to what extent it is correct. High voltage fault currents may transfer into the low- voltage grid by means of transformer tank voltage elevation. A joint grounding system for transformer and electricity costumers can reduce this voltage elevation as long as the over- voltages are at low frequency. The hypothesis is thus correct, however, it gives a rather narrow perspective of which events can cause fires. At transient voltages, such as high- frequency over- voltages due to lightning strokes or grid switching, the benefits from a joint grounding system are lost. The large transient impedance of the ground conductor can lead to the customers closest to it being impressed with the greater impact of the transient over- voltages.

The second part of this thesis investigates additional reasons for the large inter- municipal difference in fire rates, for instance lightning activity, difference in grid systems, and share of underground cable and overhead lines. Three Norwegian provinces, Nord- Trøndelag, Aust- Agder and Vest- Agder, stood out in Gjensidige's statistical presentation. Within all of these provinces were areas of both very low and very high fire rates. Causes of such differences in fire rates were investigated on the basis of inquiries to the local grid companies, data supplied by the grid companies (Agder Energi and Nord- Trøndelag Elektrisitetsverk) and insurance companies (FNH)

Based on this work it can not be established that installations in cable grids suffer fewer fire incidents than those connected to overhead lines, except for a few inland areas in Agder. Nor does the investigation show that installations in TT- systems have higher fire rates than those in IT systems. In addition to difference in grid systems, Agder also has high lightning activity compared to Nord- Trøndelag. This suggests that the lightning activity, in fact, influences the fire rates more than the type of grid system does, as the differences in fire rate also exists within the counties with IT and TT systems. The investigation found no distinctive differences in how insurance companies report and categorize their statistics that could explain the different in municipal fire rates.

Measures taken in order to improve grounding conditions and protection techniques seem to have their desired effect, seeing as both the number of registered incidents of over- currents and the fire rates are reduced the latter years. The exception is Vest- Agder, in which there is an increased fire rate in 2006, possibly connected to a high number of over voltage incidents on the high voltage grid.

---

<sup>1</sup> NPS: Varistor in series with a fuse; connected to the LV- neutral point in IT- systems, in order to limit problems with over- voltages in the low- voltage grid





## Forord

Denne hovedoppgaven utgjør siste innspurt i sivilingeniørutdanningen Energi og Miljø ved NTNU, våren 2007. Det har vært utfordrende å jobbe med en todelt oppgave; å ha et teknisk-teoretisk aspekt i tillegg til å behandle store mengder data.

Jeg vil benytte denne anledningen til å takke for alle innspill, opplysninger og data jeg har mottatt i forbindelse med arbeidet.

En spesiell takk rettes til:

- Arne Petter Brede for tålmodig forklaring og diskusjon, for faglige innspill og for at det alltid passer å stikke innom
- Anders Myhr og Thomas Karlsen som sparte meg for mye leting og trykking ved å øse ut av sine matlab- kunnskaper
- Professor Hans Kristian Høidalen for innspill og støtte gjennom prosjekt- og diplomarbeidet

Takk også til Rolf Erlend Grundt i Agder Energi for data, diskusjon og synspunkter, Bjørn Rune Stubbe i NTE for kommentarer, og til Knut Iversen ved El- tjeneste for utførlig presentasjon av nøytralpunktsvern. Takk til Ove Røinesdal i Finansnæringens Hovedorganisasjon, FNH, for data om branner som har inntruffet i Agder og Nord- Trøndelag de siste 12 årene. Morten Lossius ved AE har bidratt med data om hendelser i AEs nett, Reidulf Herrmann har vært behjelpelig med kabel- og linjeandel i de ulike kommunene i Nord- Trøndelag.

Trondheim, 15. juni 2007

Hilde Stangeland



1	Innledning.....	1
2	Bakgrunn .....	2
2.1	Høyspenningsrapporten.....	2
2.1.1	Utgangspunkt og hypotese .....	2
2.1.2	Resultater.....	2
2.1.3	Gjensidiges forslag til tiltak .....	2
2.2	Tidligere arbeid: Prosjektoppgave høsten 2006.....	3
2.2.1	Hypoteser fra prosjektoppgaven.....	3
2.2.2	Resultater.....	3
2.3	Datagrunnlag .....	4
2.3.1	Bygningsdata .....	4
2.3.2	Lyndata.....	4
2.3.3	Nettdata .....	4
2.3.4	Branndata .....	4
2.3.5	Analyseperiode.....	5
2.3.6	Analyseområder .....	6
2.4	Forskrifter.....	6
3	Teori.....	7
3.1	Fordelingsnett.....	7
3.1.1	Lavspenningsnett.....	7
3.1.2	Høyspenningsnett .....	8
3.2	Nøytralpunktvern.....	8
3.2.1	Hensikt og virkemåte .....	8
3.2.2	Oppbygning av nullpunktvern .....	8
3.3	Spenningskvalitet .....	9
3.3.1	Generelt .....	9
3.3.2	Transiente overspenninger .....	10
3.3.3	Temporære overspenninger.....	10
3.3.4	Spenningskvalitet i luftnett og kabelnett.....	10
3.4	Skadebildet ved elektriske skader .....	11
3.5	Jording.....	11
3.5.1	Noen definisjoner .....	11
3.5.2	Hvorfor jorde.....	12
3.5.3	Jordline og jordleder.....	12
3.5.4	Jordelektrode .....	12
3.5.5	Jordingsresistans.....	13
3.5.6	Avledningsimpedans .....	14
4	Overføring av overspenninger fra høyspent- til lavspenningsnett.....	15
4.1	Overstrøms hendelser i høyspenningsnett.....	15
4.1.1	Enpolt jordfeil .....	15
4.1.2	Topolt jordfeil .....	15
4.1.3	Transiente overspenninger .....	15
4.2	Potensialheving av transformator-kassen .....	15
4.2.1	Hendelsesforløp og konsekvens av potensialheving.....	17
4.2.2	Atskilt jord.....	20
4.2.3	Kabelnett og jordingsfelleskap.....	21
5	Høyspenningsrapportens hypotese.....	23
5.1	Presentasjon av hypotesen.....	23
5.2	Rapportens slutninger.....	24
5.3	Kommentarer til og drøfting av Gjensidiges hypotese og påstander .....	24

5.4	Eksempel: Jordingsfellesskap .....	27
5.4.1	Bakgrunn for betraktningen .....	27
5.4.2	Overspenninger i nett uten jordingsfellesskap .....	27
5.4.3	Temporære overspenninger i nett med jordingsfellesskap .....	28
5.4.4	Transiente overspenninger i nett med og uten jordingsfellesskap .....	29
5.5	Alternative løsninger med jordingsfellesskap .....	29
5.6	Overspenningsvern .....	31
5.6.1	Vern av transformatorer og linjer .....	31
5.6.2	Lokal jording .....	32
5.6.3	Gjennomgående jordline .....	32
5.6.4	Jordfeilbryter .....	32
5.6.5	Vern i lavspenningsinstallasjoner .....	32
5.7	Oppsummering av teoretisk drøfting av hypotesen .....	34
6	Statistisk fremstilling .....	35
6.1	Tidligere statistiske undersøkelser .....	35
6.1.1	Bakgrunn for fremstillingen i Høyspenningsrapporten .....	35
6.1.2	Grunnlag for statistisk fremstilling fra prosjektoppgaven .....	35
6.2	Statistisk fremstilling i denne oppgaven .....	36
6.3	Fylkesvis vurdering .....	37
6.3.1	Brannfrekvens og brannkilder .....	37
6.3.2	Brannfrekvens og brannårsaker .....	37
6.3.3	Tendens over årene .....	38
6.3.4	Sesongtendens .....	39
6.3.5	Utbetalinger .....	41
6.3.6	Overstrømshendelser på høyspent fordelingsnett i Agder .....	42
6.4	Kommunevis vurdering .....	44
6.4.1	Fordeling av brannfrekvens og usikkerhet .....	44
6.4.2	Nord- Trøndelag .....	46
6.4.3	Aust- Agder .....	47
6.4.4	Vest- Agder .....	49
6.5	Oppsummering av statistiske undersøkelser .....	50
7	Diskusjon .....	52
7.1	Generelt .....	52
7.2	Drøfting av Gjensidiges hypotese .....	52
7.2.1	Overføring av overspenning fra HV til LV i IT og TT- nett .....	52
7.2.2	Nettsystem .....	53
7.2.3	Atskilt jord .....	53
7.2.4	Jordingsfellesskap .....	53
7.3	Statistiske vurderinger .....	54
7.3.1	Usikkerheter i fremstillingene .....	54
7.3.2	Tiltak som er gjennomført for å bedre forholdene .....	54
7.3.3	Fylkesvis sammenligning .....	55
7.3.4	Kommunevis vurdering .....	57
7.4	Andre forhold som kan ha innvirkning på brannfrekvensen .....	58
8	Konklusjon og anbefalinger .....	60
9	Referanser .....	62
10	Vedlegg .....	i

# 1 Innledning

Rapporten ”Fører hendelser på høyspenningsnettet til brannskader i lavspenningsinstallasjoner” [1] som ble utarbeidet av Gjensidige i 2005, hadde som mål å belyse hvorvidt jordingsforhold i forsyningsnett og ved transformatorstasjoner kan ha innvirkning på hyppigheten til branner og branttilløp i elektriske installasjoner og utstyr i bygninger. Rapporten avdekker store variasjoner i brannfrekvens kommuner imellom. I tillegg ble målinger av overgangsmotstand til jord utført, og det ble funnet at denne mange steder var urovekkende høy.

Høyspenningsrapporten setter fokus på jordingsproblematikk; hvilke konsekvenser høy overgangsmotstand til jord kan få. I tillegg legger rapporten frem en hypotese om hvordan forhold i høy- og lavspenningsnettet kan ha innvirkning på brannfrekvensen, og forskjellene kommunene imellom. I denne oppgavens første del skal høyspenningsrapportens hypotese drøftes, med mål om å belyse om en vil få den ønskede virkning av å følge de anbefalinger rapporten gir. Siden vil disse aspektene legges til grunn for videre diskusjon rundt hvilke nettsystemer og konfigurasjoner som innebærer lavest risiko for brannskader i lavspenningsanlegg.

Det er en utbredt oppfatning at fremført jord mellom nettstasjon og abonnenter hindrer overspenninger i å gjøre skade i installasjonene. Dette stemmer imidlertid ikke helt med erfaringer Arne Petter Brede ved Sintef Energiforskning har gjort seg. Dermed vil en åpne for diskusjon av aspekter som kan være aktuelle ved skader som følge av overspenninger.

Prosjektoppgaven som ble utført høsten 2006 [2] presenterte flere hypoteser til hva som kan være årsaken til de store ulikhetene kommunene imellom. Der ble også en alternativ normalisering presentert, som baserer seg på et mer representativt antall bygninger i hver kommune, og noen av fylkene ble undersøkt nærmere.

I denne oppgavens andre del skal statistiske data fra perioden 1995 til 2006 vurderes. Fylkene som undersøkes er Nord- Trøndelag, Aust- Agder og Vest- Agder. Antall branner i perioden normaliseres med hensyn på antall bygninger i kommunene for å gi et så reelt og nyansert bilde av brannfrekvensen som mulig. Den nye normaliseringen baseres på noen flere brannkilder enn tidligere, i tillegg til å ta høyde for ulike brannårsaker. Denne fremstillingen skal undersøkes med mål om å vurdere årsaker til de store ulikhetene kommunene imellom. Aktuelle problemstillinger er lyntetthet, andel kabelnett og luftnett, TT/IT- problematikk, i tillegg til at en prøver å ta hensyn til usikkerheten som følger med at svært små kommuner sammenlignes med store. Der undersøkes også om en finner overhyppighet av spesielle skadeårsaker eller skadekilder i enkeltkommuner, som kan avsløre tendenser i forhold til innrapportering og kategorisering av skader.

## 2 Bakgrunn

### 2.1 Høyspenningsrapporten

I Høyspenningsrapporten ”Fører hendelser på høyspenningsnettet til brannskader i lavspenningsinstallasjoner” tar Gjensidige sikte på å belyse om jordingsforhold i fordelingsnett og ved transformatorstasjoner kan føre til branner og branntilløp i elektriske installasjoner. Rapporten er å finne i sin helhet på Gjensidiges hjemmesider [1].

#### 2.1.1 Utgangspunkt og hypotese

Statistiske undersøkelser viste store variasjoner i brannfrekvens for ulike deler av landet. Rapporten påpeker at, på tross av lik bosetning og topografi, kunne en kommune ha dobbelt og tredobbelt så høy brannfrekvens som nabokommunen. Følgende hypotese ble lagt til grunn for undersøkelsen av om forhold i høy- og lavspenningsnettet kunne være årsaken til ulikhetene:

*”Feilstrømmer ved jordfeil på høyspenningsnettet kan overføres til lavspenningsnettet og derfra inn i bygningsinstallasjoner og føre til brannskader i TT- nett og i IT- nett der hvor gjennomslagsvernet er havarert. Størst vil dette problemet være der overgangsmotstanden i/ved transformatoren er høyere enn hos abonnentene, og det ikke foreligger jordingsfelleskap mellom transformatorjord og abonnentjord.”*

#### 2.1.2 Resultater

Hypotesen kunne ikke bevises i rapporten, men feltundersøkelser viste stor variasjon i transformatorers overgangsmotstand til jord, med verdier mellom 10 til 1000 ohm. De målte verdiene gjelder for 50 Hz, og impulsotstanden vil være atskillig høyere, noe som reduserer sikkerheten ved avledning av høyfrekvente overspenninger.

#### 2.1.3 Gjensidiges forslag til tiltak

Rapporten angir følgende forslag til tiltak:

- Bedring av nettselskapenes kompetanse om overspenningsproblematikk. Dette gjelder spesielt for etablering av jordingsanlegg med tilstrekkelig kapasitet for impulsstrømmer, kontroll og revisjon av gjennomslagsvern og skilleklemmeforbindelser med for høy motstand.
- Økt samarbeid mellom involverte parter slik at alle krav gitt i NEK 400- 442 kan oppfylles.(NEK 400 442 omhandler *Beskyttelse mot termiske virkninger*)
- Økt kompetanse om riktig bruk av måleinstrumenter og vurdering av måleresultater
- Tilstrebe så lav jordstrøm som mulig ved bruk av petersenspoler.
- En snarlig befaring av transformatorstasjoner som må innebære kontroll, utbedring og dokumentasjon av jordelektroder, skilleklemmer og gjennomslagsvern. I tillegg bør det etableres rutiner for årlig kontroll av trafostasjoner i henhold til myndighetenes krav.
- Utvikle vern som lettere kan bryte energirik strøm, slik at ikke vernet representerer brannfare. I tillegg må dagens vern kapsles inn for å hindre spredning av brann.
- Inkludere transformatorarrangement, og eventuelle høyspenningshendelser i omkringliggende høyspenningsnett, i brannetterforskningen i de tilfeller hvor det mistenkes at det elektriske anlegget er brannkilde. Dessuten må forsikringselskapenes etterforskning foretas av fagfolk med tilstrekkelig kompetanse.

- Utveksling av skadetall og statistikker mellom forsikringsselskaper og nettselskaper for at nettselskapene lettere kan få opplysninger om skadetilfeller som kan tilbakeføres til hendelser på høyspenningsnettet.

## **2.2 Tidligere arbeid: Prosjektoppgave høsten 2006**

### **2.2.1 Hypoteser fra prosjektoppgaven**

Prosjektoppgaven som ble utført høsten 2006 er bakgrunn for denne hovedoppgaven [2]. I oppgaven ble hypoteser til hva som kan være årsaken til den store variasjonen kommuner imellom lagt frem. Hypotesene gjengis her i korte trekk:

- Normalisering; en annen normaliseringsmetode kan vise seg å gi andre utslag av brannfrekvens kommunene imellom
- Lyn; overspenninger som følge av lynnedslag varierer fra sted til sted, og kan være med på å øke brannfrekvensen i enkelte områder
- Nettsystem; områder med utstrakt bruk av TN- system skal være mindre utsatt for brannskader med utgangspunkt i strømmettet enn områder med IT- og TT- system
- Systemjording; nett *uten* spolejording utsettes for flere skader som følge av høyspente jordfeil enn nett *med* spolejording på høyspenningssida
- Luftnett kontra kabel; områder med luftnett kan være mer utsatt for elektriske branner enn områder med kabelnett
- Jording; dersom nettstasjonen ikke er tilstrekkelig jordet, vil overspenninger i nettet lettere kunne videreføres til husinstallasjoner og føre til brannskader
- Vern; dersom vern ikke installeres på riktig sted eller med riktig vernnivå, kan påkjenningene for installasjoner bli store, og brannskader kan forekomme
- Vedlikehold; manglende eller slurv i vedlikehold av traseer og komponenter kan føre til at elektrisk brann inntreffer oftere i enkelte områder enn andre
- Kompetanse og kvalitetssikring; varierende rutiner for kvalitetssikring av arbeid, slurv og for dårlig kunnskap blant installatører kan føre til hyppigere branner i enkelte kommuner
- Naturen; enkelte kommuner har terreng og klima som skaper store utfordringer for nettdrift. Topologiske forhold kan vanskeliggjøre vedlikehold, salt- og industriforurensning kan føre til at komponenter som isolatorer får redusert holdfasthet, mye berggrunn gir vanskelige jordingsforhold. Slike ting kan gjøre at jordfeil inntreffer ofte, med overspenninger som konsekvens
- Andre mulige årsaker; installasjoners høye alder, skadedyr, valg av for dårlig isolasjonsmateriale og feil bruk av elektrisk utstyr er aspekter som kan gi varierende hyppighet av branner fra sted til sted

### **2.2.2 Resultater**

Alternative normaliseringsmetoder ble forsøkt for å vurdere hvordan en best normaliserer tallmaterialet og få frem en så virkelighetstro fremstilling som mulig. Både innbyggerantall, nettkunder og industri-, lager- og næringsbygg ble vurdert som normaliseringsgrunnlag. Konklusjonen ble at en bør inkludere så mange bygninger som mulig. Slik vil en redusere usikkerheten i det statistiske materialet, og industrikommuner vil ikke uriktig komme dårligere ut enn andre kommuner. Oversikt over total bygningsmasse i Norge ble presentert i 2006 (oppdatert 2007), og gjør det mulig å gi den ønskede fremstillingen. En tar ikke hensyn til at garasjer og fritidsboliger som ikke er tilkoblet strøm inngår i statistikken.

Det ble i prosjektoppgaven ikke funnet sannsynlig at lyntetthet alene skal være årsak til de store forskjellene kommunene imellom. Noen kommuner som ligger i typiske lynutsatte

områder har riktignok også høy brannfrekvens, mens andre kommuner med høy lyntetthet har forholdsvis lav brannfrekvens. Her ble imidlertid ikke lynstrømmens størrelse og polaritet vurdert.

## 2.3 Datagrunnlag

### 2.3.1 Bygningsdata

Statistisk sentralbyrå, SSB, fører statistikk på antall bygninger og boliger som finnes i Norge. Folke- og Boligtellingen fra (2001) [4] og statistikk over all eksisterende bygningsmasse (2007)[5] legges til grunn for normalisering av branndataene. Da Gjensidige ga ut sin rapport i 2005 hadde de ikke tilgang til tilsvarende bygningsmassetelling.

### 2.3.2 Lyndata

Lyndata er innhentet fra Sintef Energiforsknings database LIZ, som er utarbeidet i samarbeid med Statnett SF. Databasen som er brukt i denne oppgaven er basert på data registrert av 14 sensorer som er plassert rundt omkring i Norge. Disse sensorene registrerer det elektriske feltet som oppstår når et lyn slår ned. Dataene sendes så til en sentral registreringsdatabase hos Statnett i Oslo, hvor en ved hjelp av beregninger og GPS kan finne ut hvor og når lynnedslaget inntraff, i tillegg til dets strømstyrke og polaritet [3]. Data fra før 2001 er ifølge Frank Dahlslett i Sintef Energiforskning [16], noe usikre på grunn av oppstartsproblemer i registreringssystemet, i tillegg til overgangen til et nytt registreringssystem i 2000.

### 2.3.3 Nettdata

Nettselskapet Agder Energi Nett (AE) [6] har bidratt med data fra overstrømshendelser på høyspenningsnettet. Oversikten gjelder hovedsakelig tilfeller av overstrøm som er registrert i høyspent fordelingsnett fra 1996 til 2006. Hva som er utløsende årsak til overstrømshendelsene forsøkes registrert, men ofte blir det spekulasjoner fra nettselskapets side. Derfor har en ikke mulighet til å skille jordfeil fra lynoverspenninger her. Kabelandelene for kommunene er hentet fra Lokal Energiutredning 2006 for hver kommune [35]. Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE) hadde ikke mulighet til å skaffe tilsvarende data over hendelser i nettet, men har bidratt med oversikt over kabelandel for kommunene [7].

### 2.3.4 Branndata

Data for antall branner i de aktuelle fylkene er gitt av Finansnæringens Hovedorganisasjon FNH [8] og er fordelt på brannkilde, brannårsak, skadested og skademåned. Brannskader registreres med brannkildekoder og brannårsakskoder. Disse er gitt i Tabell 1 og Tabell 2.

Tabell 1. Brannårsakskoder fra FNH

Brannårsak	Brannårsakskoder brukt av FNH
Antatt påsatt	1
Selvantennelse	2
Dårlig vedlikehold	3
Annen uaktsomhet	4
Teknisk svikt	5
Lynskade	6
Elektrisk fenomenskade	7
Annen kjent årsak	9
Ukjent årsak	0



**Tabell 2. Brannkildedekoder fra FNH**

<b>Brannkilde</b>	<b>Brannkildedekoder brukt av FNH</b>
Kjøle- og fryseutstyr	33
Komfyr og elektrisk kokeplate	34
Ledning, kabel, skinne	41
Koblingsboks, sikring, bryter kontrollutstyr	42
Motor, dynamo, generator	43
Glødelampe, varmelampe	44
Ovn for vann- og romoppvarming	45
Industriovn og -panne, og bryter for produksjonsformål	46
Elektronisk utstyr og EDB- anlegg	47
Annet elektrisk utstyr	49

Brannkilder beskriver brannens konkrete opprinnelsessted, mens brannårsak defineres som ”den direkte påviselige eller sannsynlige grunn til at brann oppstår” [8]. I denne oppgaven inkluderes brannkilde 33, siden *kjøle- og fryseutstyr* står tilkoblet stort sett hele døgnet og ofte er plassert i kjøkken hvor jord er tilkoblet. Dessuten ser en på brannkilde 34, *elektriske komfyrer og kokeplater*. Det Lokale Eltilsyn, DLE, i NTE [9] uttalte i forbindelse med prosjektarbeidet at brannstatistikken ville kunne få en annen fordeling dersom en inkluderte disse brannkildene. Det må nevnes at branner i *elektriske komfyrer* oftest ikke er registrert med elektrisk årsak.

Elektrisk brannårsak deles inn i to kategorier: lynskade og elektriske fenomenskader. Her tas alle årsaker med, for å lettere kunne vurdere hvilke brannårsaker som gjør seg mest gjeldende, og om en finner sterke indikasjoner på registreringsmessige forskjeller fylker og kommuner imellom. *Lynskade* betegner hendelser hvor brannskadene er påført som følge av direkte lynnedslag i eller like ved anlegg og utstyr. *Elektrisk fenomenskade* betegner skader som følge av utenforstående elektriske fenomener som jordfeil og overspenninger.

En kommer i denne rapporten ikke til å skille mellom *varm* og *kald* brann. Mange skader som oppstår i elektriske anlegg resulterer ikke i varm brann, og fører kun til skade på elektrisk anlegg og utstyr. Når brannen ikke sprer seg utenfor selve brannkilden betegnes de som kald brann; slike skader er for eksempel gjennombrent isolasjon, overslag i sikringsskap eller lysbueskade i stikkontakter. Siden varme og kalde branner har så ulikt skadeomfang vil størrelsen på forsikringsutbetalinger i forbindelse med branner i elektriske anlegg i lavspenningsinstallasjoner variere mye. *Annen kjent årsak* er en samlepost for skader som har årsaker som ikke inkluderes av noen av de andre brannårsakspostene, likesom *annet elektrisk utstyr* er en samlepost for kilder som ikke inkluderes i de andre brannkildepostene. I den sistnevnte kategorien kommer for eksempel lader til mobiltelefon [8].

### 2.3.5 Analyseperiode

For å gi et så virkelighetstro bilde som mulig, og i tillegg se på de senere års variasjoner er det her valgt å se på data fra 1995 til 2006. I forbindelse med å vurdere en eventuell sammenheng mellom branner og lynaktivitet, er det naturlig å bruke nyere branndata, da innholdet i lydatabasen er noe usikkert før 2000.

### **2.3.6 Analyseområder**

De samme fylkene som ble undersøkt i prosjektoppgaven [2], Nord- Trøndelag, Aust- Agder og Vest- Agder, undersøkes også her. Begrunnelsen for dette er at det i Gjensidiges rapport [1] ble funnet store interkommunale forskjeller, og kommuner en skulle tro hadde samme forutsetninger geografisk, topologisk og i forhold til lyntetthet viste seg likevel å ha ulik brannfrekvens.

### **2.4 Forskrifter**

En ny versjon av Forskrift om Elektriske Forsyningsanlegg, FEF:2006 [10], trådte i kraft 1. januar 2006. Denne versjonen av forskriftene gjelder imidlertid kun det siste året i perioden vi ser på her. Den forrige versjonen gjaldt fra 1994, og ut 2005. Viktige endringer som er gjort er blant andre

- krav om risikovurdering i forbindelse med utføring av elektriske anlegg
- krav om samsvarserklæring og detaljert skriftlig dokumentasjon på at anlegget er utført i samsvar med forskriftskravene
- all betjening av nettstasjoner i mast skal kunne foregå fra bakken
- strengere krav til jordingsforhold
- nye lavspenningsinstallasjoner skal ha feilindikasjon eller utkobling ved jordfeil for å redusere forekomsten av topolte jordfeil
- sluttbrukers lavspenningsutstyr skal ikke utsettes for påkjenninger som følge av potensialheving i lavspenningsanleggets nøytralpunkt

Den nye forskriften setter strengere krav til kontroll av gjennomslagsvern for lavspenningsnøytralpunkt, overføring av overspenninger fra høy- til lavspenningsiden av transformatoren, tilstrekkelige jordingsforhold, detektering og varsling av jordfeil [11]. Det påpekes i veiledningen til FEF [10] (§ 2.6), at antall skader relatert til atmosfæriske utladninger kan være større i Norge enn resten av Europa, og at det dermed må tas spesielle hensyn.

Forskriften er ikke gitt tilbakevirkende kraft, og endringene gjelder kun anlegg som bygges, endres eller utvides etter 1. januar 2006.

## 3 Teori

### 3.1 Fordelingsnett

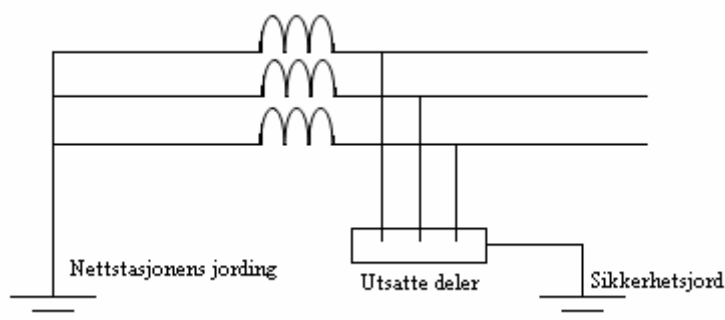
#### 3.1.1 Lavspenningsnett

Beskrivelsen av lavspenningssystemer er hentet fra kompendiet i faget Elektroinstallasjoner ved NTNU [12].

Indeksene som beskriver de ulike nettsystemene er:

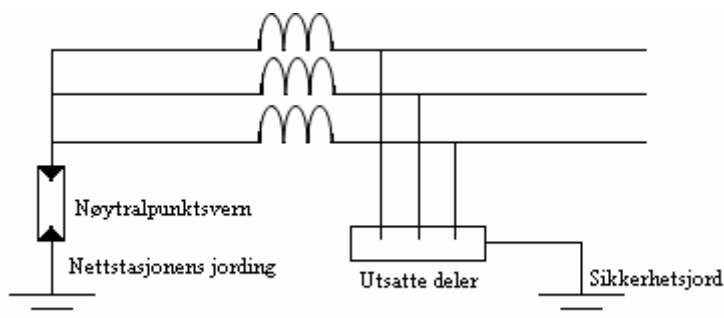
- I Isolert
- T Direkte forbindelse til jord
- N Utsatte anleggsdeler har direkte forbindelse til systemets jordingspunkt via beskyttelsesleder

I TT-systemet er ett punkt direkte forbundet til jord; dette punktet er oftest transformatorens nøytralpunkt på lavspenningssiden. Opprinnelig var TT-nettene bygd som IT-nett, men på grunn av vanskeligheter med gamle gjennomslagsvern ble det gitt dispensasjon til å drive med direkte jordet nullpunkt. Figur 1 viser TT-nett. Utsatte deler skal være jordet elektrisk uavhengig av fordelingssystemets jording. Jordfeilbryter er påkrevd i TT-nett, da feilstrømmen blir stor ved jordfeil. Det diskuteres hvorvidt slike nett skal totalforbys.



Figur 1. TT-system

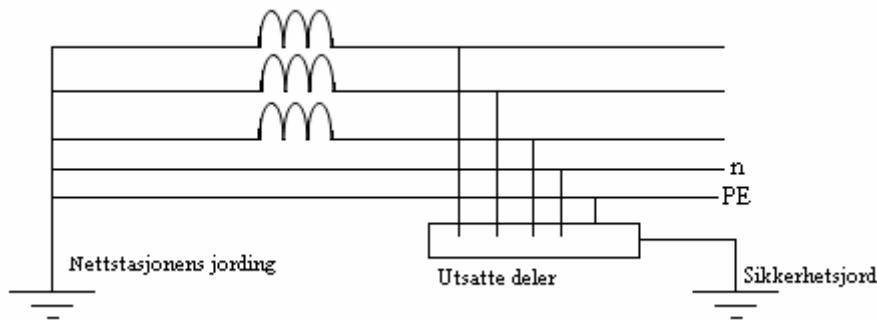
IT-systemets nøytralpunkt er isolert fra jord via et gjennomslagsvern. Slike systemer har ingen direkte forbindelse mellom spenningsførende deler og jord i nettstasjonen. Utsatte deler i den elektriske installasjonen er jordet separat. Enpolte jordfeilstrømmen blir små, siden strømmens returvei går gjennom nettets kapasitanser til jord. Figur 2 viser IT-systemet.



Figur 2. IT-system

Enpolt jordfeil i IT- nett bør varsles, men det er krav om dette bare i anlegg som omfattes av forskrifter fra og med 1991. Doble jordfeil skal umiddelbart kobles ut, men dersom impedansen mellom feilstedene blir stor kan strømmen bli for liten til at vern kobler ut. Dessuten kan nett med for lav kortslutningsytelse få problemer siden feilstrømmen blir for liten til at vern kobler ut linja.

I TN- systemer er ett punkt, vanligvis transformatorens nøytralpunkt, direkte forbundet til jord som vist i Figur 3. Utsatte deler er forbundet til jord i dette punktet, i tillegg til lokal sikkerhetsjord.



Figur 3. TN- system

TT- nett skal ifølge definisjonen ikke være koblet sammen med fordelingsystemets jord. Et TT- nett med elektrisk kobling mellom fordelingsystemets og abonnentens jording, altså jordingsfelleskap mellom transformator og abonnenter, kan sees som en avart av TN- system.

### 3.1.2 Høyspenningsnett

Jordingen av nøytralpunktene i et kraftsystem betegnes *systemjording*. Følgende fire jordingsmetoder er i bruk: direktejording, impedansjording, spolejording, og isolert nullpunkt. Lav impedans mellom nøytralpunkt og systemjord medfører generelt sett lav overspenning ved jordfeil, men høy jordfeilstrøm. Det er blitt stadig mer vanlig å innføre spolejording for 1-22kV- nettet [13].

## 3.2 Nøytralpunktssvern

### 3.2.1 Hensikt og virkemåte

El- tjeneste [14] har en meget stor del av markedet på nøytralpunktssvern for transformatorer i Norge. De skal brukes i lavspenningsanlegg med isolert nøytralpunkt for å begrense problemene med overspenninger i lavspenningsnett ved indre feil i transformatoren. En ulempe er imidlertid at nullpunktssvernet, hvis det ikke er i orden, bidrar til overføring av overspenninger fra høyspent- til lavspenningsnett ved potensialheving av transformatoren.

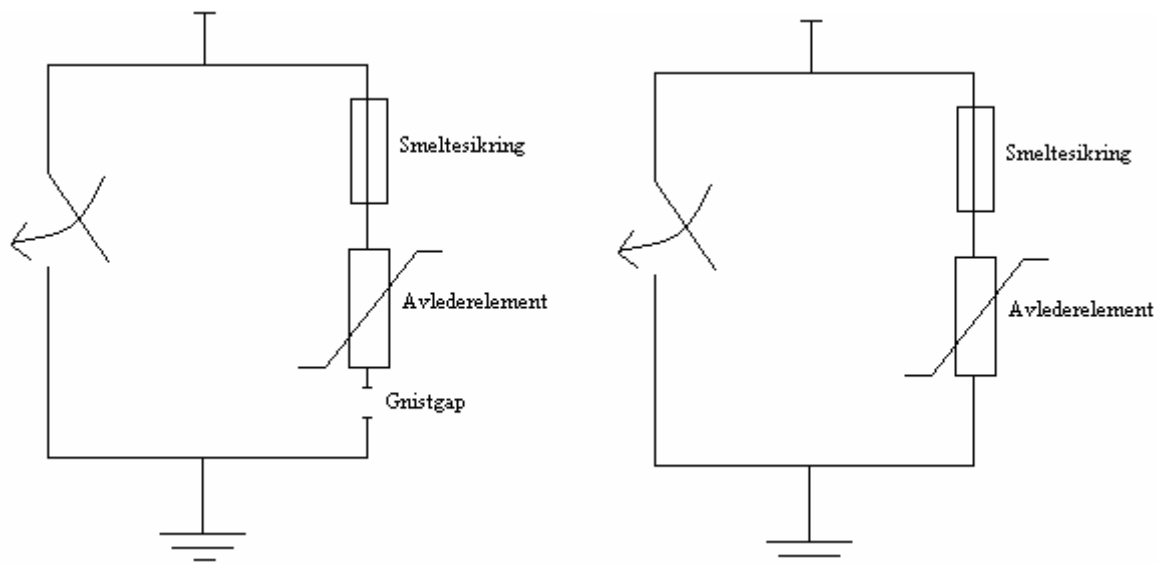
### 3.2.2 Oppbygning av nullpunktssvern

Det finnes to typer nullpunktssikring, den nyeste består av to avlederelementer med luftgap mellom, mens den tradisjonelle avlederen har glimmerisolasjon mellom avlederelementene [14]. Versjonen med luftgap er mest bestandig mot nedsatt holdfasthet, da avlederen ikke nødvendigvis tar varig skade av gjennomslag.

Nøytralpunktssvernet består av et avlederelement eller to avlederelementer med luftgap mellom i serie med en smeltesikring, som vist i Figur 4. Når spenningen over vernet

overstiger avlederens tennspenning vil feilstrømmen ledes til jord gjennom smeltesikringen. Når feilsituasjonen er forbi og spenningen reduseres, vil avlederen slukke og nøytralpunktet er igjen isolert fra jord.

Sikringen kan smelte på grunn av langvarige energirike temporære overspenninger. Når sikringen smelter legges nøytralpunktet mekanisk og permanent til jord. Etter at feilen er rettet opp skal sikringen erstattes og avlederelementet kontrolleres for å forsikre om at avlederen ikke er kortsluttet. Avlederen i vernet har tennspenning ved omtrent 600 V effektivverdi ved 50 Hz, og 1,2 kV ved lynimpuls [14].



Figur 4. Oppbygning av nullpunktsvern med sikring og avleder. Med (til venstre) og uten (til høyre) gnistgap

### 3.3 Spenningskvalitet

#### 3.3.1 Generelt

Når en snakker om spenningskvalitet er det tre områder som betraktes: spennings frekvens, effektivverdi og kurveform. Frekvensavvik, eller avvik fra grunnharmonisk frekvens, skyldes ubalanse mellom produksjon og forbruk, og er generelt ikke et problem i norske nett. De gangene det har oppstått problemer med frekvensen, har dette skjedd i små isolerte nett, samt der en kjører på aggregat. Langsomme spenningsvariasjoner er derimot meget vanlig i Norge, og skyldes vanligvis varierende belastning i fordelingsnettet. Store avvik fra den nominelle spennings effektivverdi kan føre til havari på enkelte typer elektrisk utstyr både ved for høy og for lav spenning [15]. Problemer med slike spenningsvariasjoner er vanligst i spredt bebygde områder, gjerne forsynt via luftnett. Overharmoniske spenninger fører til at spennings kurveform forvrenges, og forårsakes av ikke- lineær belastning i nettet.

Transiente overspenninger mellom fase og jord har varierende energiinnhold, avhengig av opprinnelsen som kan være lynnedslag og koblinger i nettet. Slike overspenninger kan forårsake havari på utstyr både hos nettselskapet og hos kunder, dessuten fremskynde aldring av isolasjon og materiale. Tiltak mot transiente overspenninger kan være overspenningsvern, impulsjording, vedlikehold, filtre og synkronkoblere.

Tilfeller av langvarige overharmoniske spenninger, og langvarig for høye eller for lave spenninger, kan medføre varmgang og brann.

Overspenninger i lavspenningsnettet er et problem som øker med den økende mengden elektrisk og elektronisk utstyr som er i bruk. Det skal ikke store overspenninger til før det overgår det datamaskiner og annet elektronisk utstyr er bygd for å tåle.

### **3.3.2 Transiente overspenninger**

Transiente overspenninger har høy frekvens og amplitude, og er sterkt dempet. Lynoverspenninger forårsakes av lyn som slår ned i eller i nærheten av faselinjer. De største påkjeningene kommer av direkte nedslag i linja, og jo nærmere lynutladningen skjer, jo større blir overspenningen som induseres. Lyn med positiv polaritet kan ha høyere amplitude og lengre halvverditid enn de negative. Disse lynene er ofte mer energirike enn de med negativ polaritet, og opptrer ofte som vinterlyn. [17].

Lynoverspenninger på 500 V er vanlig i lavspennings luftlinje med IT- system og overspenninger opp mot 5kV inntreffer årlig [18].

Koblinger i nettet følges av transiente spenningsforløp. Slike overspenninger kan ha lenger varighet enn ved lynimpuls, men har også høy frekvens og er sterkt dempet.

De største koblingsoverspenningene oppstår ved brytning av kapasitiv last der det forekommer tilbaketenning, og ved brytning av liten induktiv last hvor det kan forekomme strømklipping. Størrelsen på slike overspenninger er avhengig av nettets utstrekning og bryterens egenskaper. For å oppnå lavest mulig overspenninger, er det fordelaktig å koble bryteren inn og ut når spenningen over bryteren er minst mulig, helst ved spenningsens nullgjennomgang; dette kalles synkronkobling.

### **3.3.3 Temporære overspenninger**

Enpolte jordfeil og lastavslag er de vanligste årsakene til temporære jordfeil. Disse kjennetegnes ved at de svinger ved en frekvens nær nettfrekvens, og har liten eller ingen dempning. Temporære overspenninger har vanligvis så lav amplitude at det ikke er fare for gjennomslag i isolasjon.

Kraftfrekvente overspenninger som følge av for eksempel enpolte jordfeil, kan forårsake feil eller havari på utstyr, selv om dette sjelden er konstatert i Norge. Det har imidlertid vært problemer med havari på avledere uten gap [15].

### **3.3.4 Spenningskvalitet i luftnett og kabelnett**

I rene kabelnett, altså der både høyspentsida og lavspentsida er lagt i kabel, er det gjennomsnittlig færre forstyrrelser i spenningen enn i luftlinjenett. Antallet transienter er nesten 11 ganger høyere per år i luftnett kontra kabelnett, og gjennomsnittlig amplitude på transienter er målt til å være ca 2,4 ganger høyere i luftnett og blandede nett, enn i rene kabelnett [15]. Dette er naturlig med tanke på at kabelnett ligger bedre skjermet fra omgivelser, vær og vind, og har avledning til jord fordelt over hele ledere.

Lavspennings kabelnett skal være mer beskyttet mot feil som fremkalles av omgivelsene. I blandede nett, altså i de tilfeller hvor deler av fordelingsnettet er luftnett og noe er kabel, er det like høyt antall forstyrrelser som i rene luftnett. Dette kan indikere at overspenninger overføres via transformatorarrangementet uansett om det er kabel eller luftlinje på lavspentsida. Det er imidlertid generelt lavere amplitude på forstyrrelser i kabelnett. Dersom

lavspenningsnett består delvis av kabel- og luftnett, vil en gjerne måle noe høyere amplitude på transientene i luftnettet enn i kabelnettet [19].

Disse forskjellene er imidlertid mye mer fremtredende mellom homogene luft- og kabelnett, der både høyspent og lavspent er samme type nett. Det er her snakk om gjennomsnittsverdier, og unntakene finnes; i enkelte kabelnett kan man ha betydelig forekomst av til dels store transienter, mens man i enkelte luftnett har svært få transienter.

### **3.4 Skadebildet ved elektriske skader**

*Elektrisk fenomenskade* defineres som skade på grunn av et utenforstående elektrisk fenomen, som transienter og andre overspenninger i nettet. Denne kategorien skal i prinsippet ikke omfatte feil bruk, teknisk svikt, varmgang på grunn av overbelastning, kontaktsvikt og så videre. Varmgang på grunn av for lav spenning, eventuelt på grunn av overharmoniske spenninger kan nok også komme i denne kategorien skader.

*Lynskader* omfatter skader som følge av direkte nedslag i utstyr. Slike skader viser seg gjerne flere steder i installasjonen.

Skadebildet ved overspenningsskader er meget likt for alle transiente overspenninger mellom fase og jord:

- Overslag mellom fase og jord i installasjoner, serielysbue
- Overbelastning av komponenter og etterbrenning som følge av skade på isolasjon
- Avlederhavari; lav jordingsmotstand i installasjonen kan medføre avlederhavari hos abonnent, på grunn av meget stor følgestrøm etter den transiente strømmen

Lynskader og elektriske fenomenskader kan følgelig være vanskelig å skille fra hverandre. Selv om alle årsaker tas med er *lyn* og *elektriske fenomenskader* de største brannårsakene i samtlige kommuner som nevnes i denne oppgaven. En forutsetter at rapportering og registrering av skadene er riktig, eller i hvert fall gjort etter beste evne.

Dersom installasjonen er koblet til data og tele- nett, kan det oppstå spenningsdifferanser mot disse. Dersom en får potensialheving av faser og jord i fordelingsnettet, kan det oppstå overspenning i forhold til jord i data- og tele- nettet. Dermed kan spesielt datautstyr og tv-apparater rammes hardt av overspenninger. Dette kan være med å forklare hvorfor tv- og datautstyr så ofte rammes av skader.

## **3.5 Jording**

### **3.5.1 Noen definisjoner**

NEK 400 [20] definerer referansejord som den ”del av Jorden som betraktes som ledende, hvis elektriske potensial pr. definisjon blir betraktet som null, og som er utenfor påvirkningsområdet av alle jordingsanlegg”. Lokal jording defineres som ”del av jorden som er i elektrisk kontakt med en jordelektrode, og hvis potensial ikke nødvendigvis er null”. *Jordelektrode* er en ledende del som er i elektrisk kontakt med jordsmonnet. Separate jordelektroder skal plasseres i en slik avstand fra andre jordelektroder at dens elektriske potensial ikke blir merkbart påvirket av elektriske strømmer mellom jorden og de andre jordelektrodene.

### 3.5.2 Hvorfor jorde

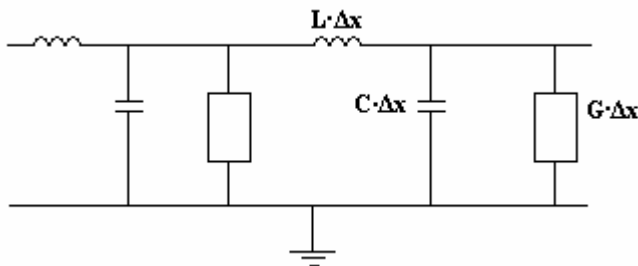
Jording er nødvendig for å beskytte folk og dyr mot farlige spenninger og for å beskytte utstyr og apparater mot overspenninger, forstyrrelser og skader. Personvern skal alltid komme først, og derfor skal ”beskyttelsesformål komme foran funksjonelle formål” (s. 251) [20].

Jordingssystemer skal kunne føre strømmer med varierende størrelse og frekvens til jord uten fare, spesielt med sikte på termiske, termomekaniske og elektromekaniske påkjenninger.

### 3.5.3 Jordline og jordleder

Overliggende jordlinje brukes for å hindre direkte nedslag i kraftledninger og dermed redusere påkjenningen for nettstasjonene. For at denne type beskyttelse skal være effektiv må en forhindre at det skjer et tilbakeslag fra jordlinja til faselinjene, og sørge for tilstrekkelig nedføring til jord. [17]

Ved nettfrekvente spenninger kan resistansen i en jordleder settes tilnærmet rent ohmsk. Ved transiente overspenninger blir modellen mer komplisert, og en må ta hensyn til frekvensavhengighet. Figur 5 viser en tilnærmet modell for jordleder ved transiente spenninger.



Figur 5. Tilnærmet ekvivalent for jordleder [17]

Jordlederen har en induktans, kapasitans og ohmsk avledning per lengdeenhet.

### 3.5.4 Jordelektrode

En etterstreber så lav overgangsmotstand som mulig, både for nettfrekvente og høyfrekvente formål. Jordelektrodens materialer og dimensjoner skal være valgt slik at den gir tilfredsstillende mekanisk styrke, samt er motstandsdyktig mot korrosjon [10]. Antall og type elektrode må velges ut ifra forholdene på stedet. Type, dimensjon og nedgravningsdybde skal være slik at uttørking eller frost ikke svekker beskyttelsestiltakene ved å øke overgangsmotstanden.

Ulike typer jordelektroder er:

- Spyd eller rør
- Bånd eller tråd
- Plater
- Elektroder eller elektrodenettverk i fundamenter
- Armering i betong som går ned i jorden
- Metallskjerner eller armering i kabler

Dypjording med vertikale spyd eller rør er hensiktsmessig i områder der jordresistiviteten reduseres med økende dybde, for eksempel i morenemasse og leire. Lavere overgangsmotstand oppnås når flere spyd kobles i parallell. Da må en ta hensyn til avstand, for å gjøre den gjensidige påvirkningen blir minst mulig. Avstanden mellom spydene bør

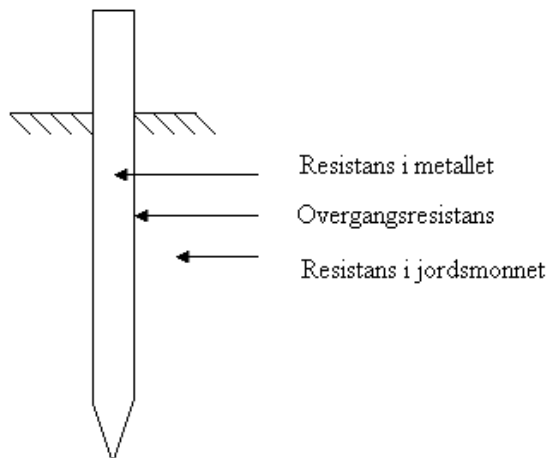


være minst 1,5 ganger lengden av spydet [21]. I forhold til impulsjord anses vertikale spyd å være gunstig, forutsatt at den stasjonære motstanden er lav nok.

Der hvor det ikke er mulig å slå ned jordspyd, er horisontale jordledere et godt alternativ. Horisontale jordledere legges enten som stråler ut fra et felles punkt eller i ring rundt et fundament. Ringelektroder består av en eller flere horisontale lukkede sløyfer som legges rundt bygningskonstruksjoner. Nedlegging av horisontale jordledere må koordineres med anleggs- og gravearbeider, og man må passe på at elektrodene legges i jordsmonn med god ledningsevne, og dypt nok til å unngå at ledningsevnen påvirkes av frost og uttørring. Fundamentet i bygningskonstruksjonen kan også brukes til jording, men dette medfører utfordringer i forhold til koordinering mellom ulike yrkesgrupper og fare for økt resistans ved uttørring.

### 3.5.5 Jordingsresistans

Med jordingsresistans mener en den totale resistansen mellom en installasjonens jordelektrode og sann jord ved lavfrekvent strøm eller likestrøm. Jordingsresistansen består av utbredelsesresistansen i jordmassen rundt jordelektroden og overgangsresistansen i sjiktet mellom elektrode og jordsmonn. De forskjellige elementene i jordingsresistansen er vist i Figur 6.



**Figur 6. Jordingsresistans**

Resistansen i selve elektroden kan som oftest neglisjeres når en har med lavfrekvent strøm og likestrøm å gjøre.

Resistivitet i jordsmonnet vil normalt ligge mellom 100 ohm meter og 3000 ohm meter, men er sannsynligvis høyere i mange tilfeller. Denne er avhengig av fuktighet, jordsmonn eller bergart, temperatur, saltinnhold, kjemisk sammensetning, tetthet, trykk og kornstørrelse. Uttørring og frost øker resistiviteten, noe som gjør at jordelektroder må graves ned til frostfri dybde i fuktig jordsmonn. Denne regnes i alminnelige tilfeller for å være 1,5 meter [21].

Jordresistivitet for ulike jordsmonn og vanntyper er gitt i Tabell 3.

**Tabell 3. Jordresistivitet [21] (s. 103- 104)**

Jordtype / vanntype	Typisk resistivitet [ $\Omega\text{m}$ ]	Grenseverdier [ $\Omega\text{m}$ ]
Sjøvann (saltvann)	2	0,1-10
Leire	40	8-70
Grunnvann	50	10-150
Leire og sandblanding	100	4-300
Skifer, sandstein etc.	120	10-1 000
Fuktig leirejord, torv	150	5-250
Ferskvann	250	100-400
Sand	2000	200-3 000
Morenegrus	3000	40-10 000
Granitt	25000	10 000- 50 000
Is	100 000	10 000- 100 000

### 3.5.6 Avledningsimpedans

For høyfrekvente strømmer er avledningsimpedansen, eller impulsmotstanden, avgjørende for jordelektrodens egenskaper. Denne består, i tillegg til jordingsresistansen, av en induktiv komponent gitt av induksjon i ledende deler, samt en kapasitiv komponent gitt av ladningen mellom jordelektrode og nærliggende ledende deler [21]. Ved avledning av høyfrekvente strømmer må derfor jordledninger være så korte og rette som mulig, samt ha færrest mulig skjøter og koblinger. Horisontale jordelektroder må ha liten utstrekning, lite tverrsnitt og ha så mange spisse kanter som mulig.

Impedansen i ei linje er gitt av

$$Z = R + j\omega X \quad (1)$$

der R er den reelle ohmske motstanden, X det induktive/ kapasitive leddet, og  $\omega$  er spenningens frekvens i radianer.

Ettersom spenningens frekvens stiger, vil det frekvensavhengige leddet gjøre seg mer og mer gjeldende, og impedansen øke. For impulsspenninger med kort front- og halvverditid vil det induktive leddet bli svært stort.

## **4 Overføring av overspenninger fra høyspent- til lavspenningsnett**

### **4.1 Overstrøms hendelser i høyspenningsnett**

Enpolte jordfeil eller lastavslag kan forårsake temporære overspenninger, som har frekvens nær nettfrekvens og svært liten demping. Størrelsen på amplituden til slike overspenninger er avhengig av nettets oppbygning og utstrekning, men amplituden er normalt så lav at slike overspenninger ikke vil utgjøre en fare for gjennomslag i isolasjon. Lynoverspenninger og koblingsoverspenninger betegnes som transiente overspenninger. Disse har ofte høy amplitude, høy frekvens og er sterkt dempet. Med overstrøm menes enhver strøm som overstiger merkeverdiene, fra overbelastning til kortslutning.

#### **4.1.1 Enpolt jordfeil**

Høyspentnett med isolert eller spolejordet nøytralpunkt kan drives med en stående jordfeil, siden strømmen ved slike jordfeil blir meget liten. Dette er forutsatt at nettet er av forholdsvis liten utstrekning, da strømmen bestemmes av kapasitansen til jord. Jordfeil på en av fasene vil medføre at potensialet på de andre to fasene heves med en faktor lik  $\sqrt{3}$ . Dersom jordfeilen er i nærheten av transformatoren, vil noe av jordfeilstrømmen gå til jord via transformatorens jordingsanlegg. I nett uten isolert nullpunkt kan strømmen bli meget stor også ved enpolte jordslutninger. I nett med direkte jordete nullpunkt er det påkrevd med utkobling ved første feil [10].

#### **4.1.2 Topolt jordfeil**

Dersom en får topolet jordfeil på høyspentnett vil potensialet som ligger mellom feilstedene være drivende spenning for feilstrømmen. Dersom jordlinja er ført frem til transformatoren, vil det også gå strøm i transformatorens jordingsanlegg. Hvis jordfeil nr to er nær transformatoren har en liten demping fra nettet, og strømmen i trafojord kan derfor bli stor. De største feilstrømmene vil forekomme dersom ett av feilstedene er på selve transformatoren. Topolt jordslutning gir store nettfrekvente strømmer, og krever øyeblikkelig utkobling av feilbefengt del [10]. Utkoblinger og gjeninnkoblinger kan medføre store transiente koblingsoverspenninger.

#### **4.1.3 Transiente overspenninger**

Ved farlige jordfeil kobles den feilbefengte delen ut, før den kobles inn etter kort tid. Dersom feilen ikke er forbi når gjeninnkobling skjer, vil bryteren koble ut på nytt. Ofte gjøres det tre forsøk på gjeninnkobling, i påvente av at feilen skal rette seg opp av seg selv (lysbuer slukker), før bryteren legges ut og manuell feilsøking foretas. Slike inn- og utkoblinger kan medføre store transiente koblingsoverspenninger.

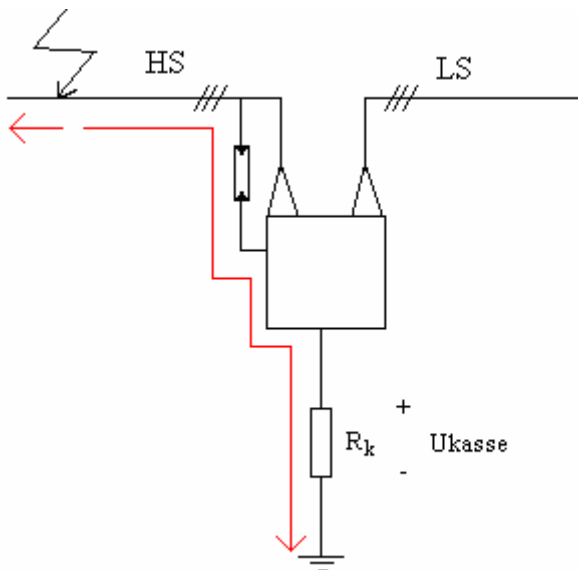
De største påkjenningene fra lynoverspenninger kommer dersom lynnedslaget treffer direkte i en luftlinje. Dette inntreffer imidlertid forholdsvis sjelden. De mest vanlige lynoverspenningene kommer av lynnedslag i nærheten av ei linje, og lynets elektriske felt inducerer spenning på linja. Lynnedslag så langt unna som 20 km [18] kan føre til slike induerte overspenninger i lavspennings luftnett.

### **4.2 Potensialheving av transformator-kassen**

En vanlig måte som overspenninger overføres fra høyspent- til lavspenningsnett er via potensialheving av transformatorjordingen. Dette forekommer når det går strøm i

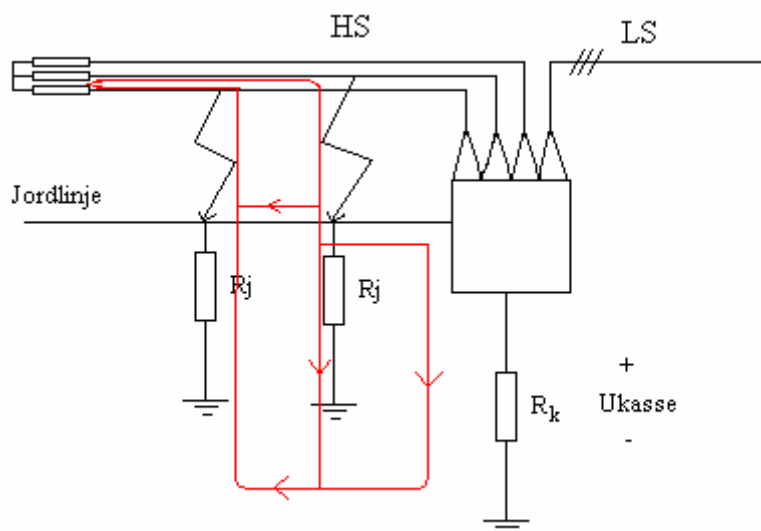
jordingssystemet til transformatoren, og en spenning settes opp over jordingsmotstanden. Dermed heves potensialet til transformator-kassen over 0V i forhold til referansejord. Bakgrunn for betraktningene rundt overføring av overspenninger fra høyspenningsnettet til lavspenningsnettet er hentet fra Sintef Info- Blad 7.4 [22].

Ved lynnedslag direkte i luftlinjer vil en spenningsimpuls følge linja. Strømmen fordeler seg i begge retninger; denne strømfordelingen bestemmes av impedansen som lynet ser ved nedslag. Ved lynnedslag i nærheten av linja induseres det en spenningsbølge med lavere amplitude enn ved direkte nedslag. Når spenningsimpulsen kommer inn til transformatoren fra høyspentsida skal vernet sørge for å lede strømmen til jord, enten via gnistgap eller avleder, eller det skjer et overslag over gjennomføringen til trafokassen. Strømmen ledes så til jord i transformatorarrangementets jordingssystem og setter opp spenning over jordingsmotstanden  $R_k$ . Figur 7 viser hvordan lynstrømmen ledes til jord.



**Figur 7. Potensialheving av transformator-kasse ved avledning av lynstrøm**

Potensialheving av trafokassen kan også skje i forbindelse med topolte jordfeil. Når en topolt jordfeil oppstår vil impedansen i linjene og overgangsmotstand til jord i feilstedet bestemme hvordan feilstrømmen fordeler seg i nettet. Noe strøm ledes til jord lokalt i feilstedene, mens noe vil følge jordlinja frem til transformatorens jording. Jo nærmere feilstedene er transformatoren, jo større vil strømmen i transformatorens jordingssystem være. Denne jordstrømmen gjør at transformator-kassens potensial heves i forhold til fjern jord, som vist i Figur 8. Med mindre det ene feilstedet er på selve transformatoren, er gjennomgående jordlinje på høyspenningssiden en forutsetning for dette feilforløpet.

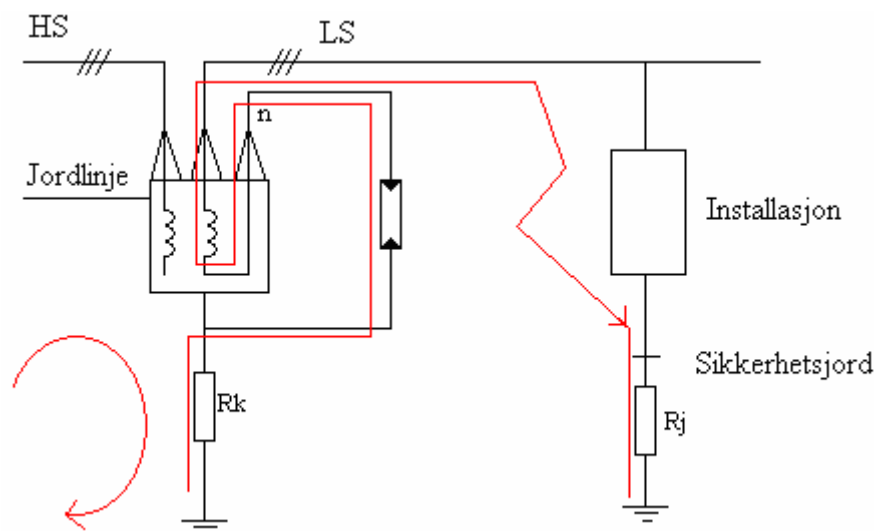


**Figur 8. Potensialheving av transformatorkasse ved dobbel jordslutning**

Størrelsen på potensialhevingen er avhengig av størrelsen på overspenningen og feilstrommen, transformatorens jordingsanlegg og jordsmonnets ledningsevne. Kassepotensialet ekvivaleres som  $U_{kasse}$ , og den påtrykte spenningen kan tilnærmes med en impuls ved lynoverspenning, eller som nettfrekvent spenning ved topolt jordfeil.

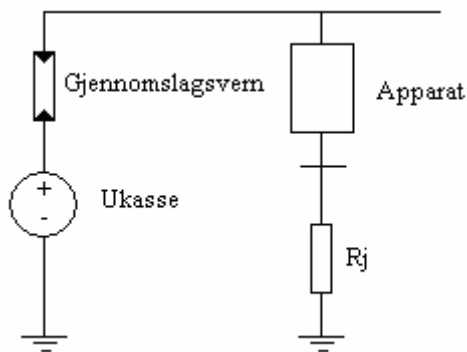
#### 4.2.1 Hendelsesforløp og konsekvens av potensialheving

IT- nett er det mest vanlige nettsystemet i Norge i dag. I slike nett skal transformatorens nøytralpunkt ha gjennomslagsvern mot jord på lavspentsida. Avlederens i gjennomslagsvernet tenner ved en viss spenning, og leder feilstrommen til jord. Ved potensialheving av transformator-kassen vil det legge seg spenning over nøytralpunktsvernet. Dersom spenningen stiger over avlederens tennspenning, øker spenningen på LV- fasene (kapasitivt for avledere med luftgap, direkte for avledere uten luftgap) i forhold til fjern jord. Dersom spenningen over installasjonen overstiger isolasjonsholdfastheten, vil en kunne få overslag mellom fase og jord i installasjonen. Følgestrømmen som deretter mates inn i lavspenningsnettet via nøytralpunktsvernet er avhengig av spenningens størrelse, og jordingsmotstanden hos abonnenten. Feilstrommens rute etter overslag er merket av i Figur 9.



**Figur 9. Rute for feilstrom i IT- luftnett med felles jording for høy- og lavspentside, gitt at avlederen er tent**

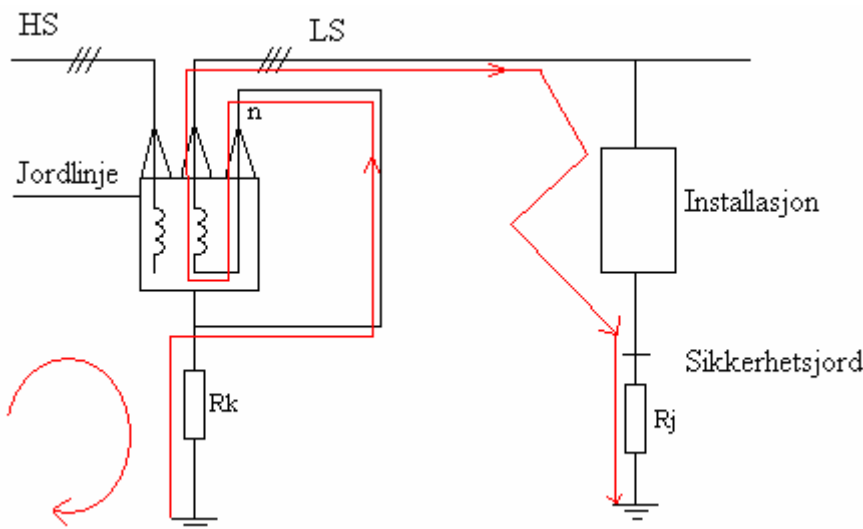
Figur 10 viser en omtrentlig ekvivalent for IT- systemet. En ser at kassepotensialet vil legge seg over gjennomslagsvernet, installasjonen og jordingsmotstanden i serie.



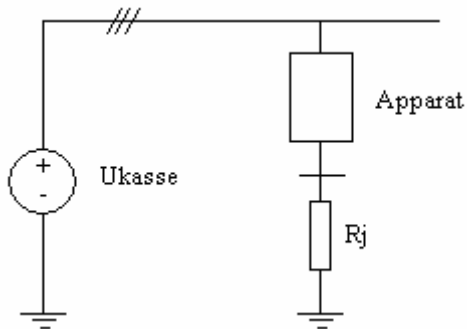
**Figur 10. Ekvivalenter for IT- nett**

Dersom sikringen i nøytralpunktetsvernet har smeltet, ligger nøytralpunktet varig forbundet til jord. Dersom overspenningen har vært av en slik størrelse og varighet at sikringen smelter, kan avlederelementet også være skadet. Nettet må klassifiseres som et TT- nett hvis sikringen er smeltet og ikke skiftet ut, eller avlederelementet er kortsluttet.

I TT- nett får en overføring av spenning direkte til faselederne i lavspennetnettet. En ser av Figur 11 og Figur 12 at hele kassepotensialet vil legge seg over apparat og jordingsmotstand i serie. TT- nett er ikke beskyttet av nøytralpunktetsavleder, og er derfor utsatt for flere overspenninger enn IT- nett.



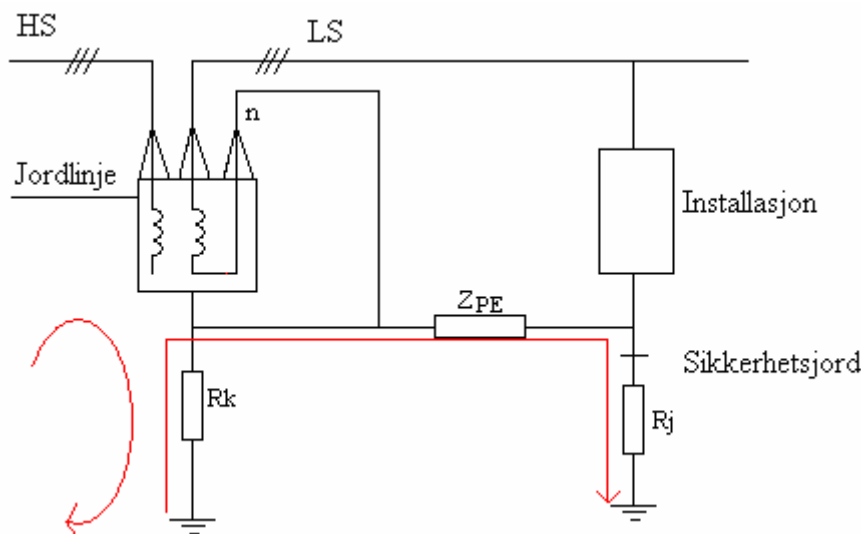
**Figur 11. Feilstrømmens rute i TT- nett ved potensialheving av transformatorboksen, uten atskilt jord**



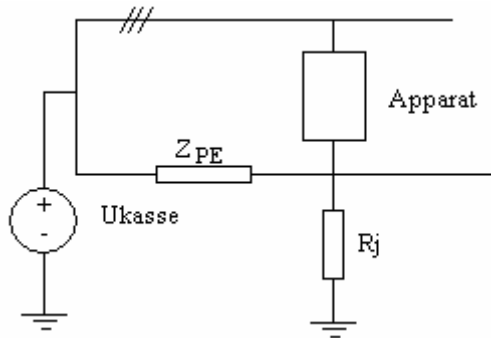
**Figur 12. Ekvivalent for TT- nett**

Når spenningen  $U_{kasse}$  overstiger installasjonens holdfasthet til jord får en overslag. Dette viser seg ofte som smeltespor i stikkontakter og lignende. Da vil jordingsmotstanden hos abonnenten være bestemmende for hvor store skadene blir. Dersom jordingen hos abonnenten er god, vil strømpåkjenningen for installasjonen kunne bli svært stor siden det eneste strømbegrensende ledd etter at overslag er inntruffet, er lokal jordingsmotstand. Dette gjelder både i IT og TT- nett.

I TN- nett er nøytralleder direkte jordet og ført frem fra transformator til abonnent. Siden belastningen ligger mellom fase og nøytralleder vil påkjenningene for apparatene dempes i forhold til IT- TT- system; ved potensialheving av transformatorokassen vil potensialet til nøytralleder heves like mye som potensialet til faseledere, og spenningsdifferansen mellom fase og nøytralleder vil være den samme som før potensialheving. En antar da samme potensial over  $R_k$  ( $U_{kasse}$ ) som for nøytralpunktet, altså neglisjerbar motstand i jordlederen. En slik antagelse medfører liten feil dersom avstandene er moderate, og overspenningen er nettfrekvent. Overspenninger mellom fase og jord vil i teorien dempes, siden lasten er koblet mellom faseledere og nøytralleder, dessuten har feilstrømmen ikke returvei gjennom apparater hos abonnenten. Å føre nøytralleder frem mellom transformator og abonnent skal dermed redusere muligheten for at installasjoner tilknyttet TN- system utsettes for høye påkjenninger. Figur 13 viser mulig rute for feilstrøm i TN- system, mens Figur 14 viser ekvivalenten for TN- systemet.



**Figur 13. Feilstrømmens rute i TN- system**

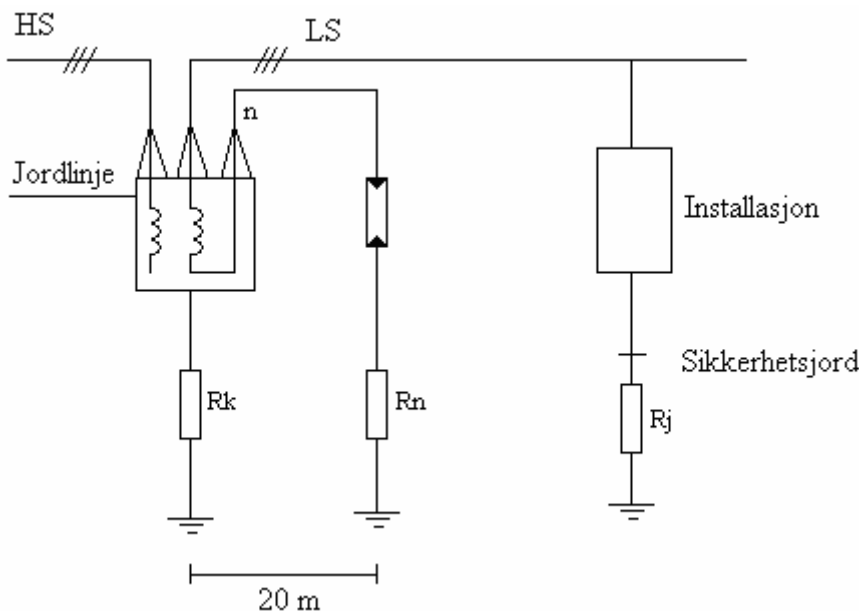


**Figur 14. Ekvivalent for TN- nett**

Dersom  $R_j$  i Figur 14 er liten vil nettfrekvent strøm sannsynligvis gå til jord uten å påføre anlegget skade. Hvis strømmen er stor skal det ikke stor motstand til i jordingsanlegget før spenningen i forhold til fjern jord blir høy. Ved transiente overspenninger med høy frekvens må en ta hensyn til fenomener som frekvensavhengig impedans i nøytralleder og jordledere.

#### 4.2.2 Atskilt jord

Ifølge gjeldende anbefalinger, i blant andre Forskrift om Elektriske Forsyningsanlegg, FEF, [10] og Sintef Info Blad [22], oppnår en å redusere faren for overføring av overspenning til lavspenningsnettet ved å separere jordingen for nøytralpunktet fra jordingen til høyspenningssida av transformator-kassen. Hvordan disse jordingsanleggene påvirker hverandre er avhengig av jordsmonn og størrelsen på strømmen, men den gjensidige innflytelsen antas å være neglisjerbar ved en minste avstand på 20 meter. Figur 15 viser dette prinsippet.



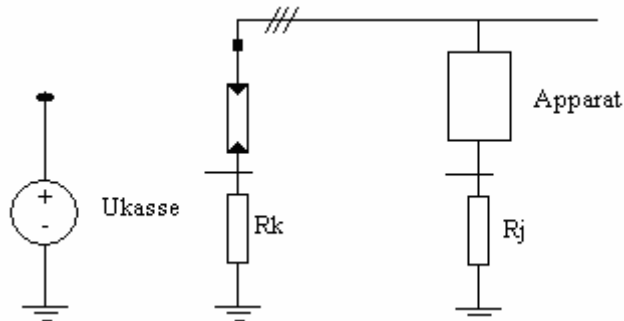
**Figur 15. IT- nett med atskilt jord**

Den nyeste utgaven av FEF fra 2006 krever, i tillegg til atskilte jordingsystem for høy- og lavspentsida av transformatoren der det er mulig, at det uansett skal beskyttes mot at skadelige overspenninger overføres til lavspenningssida av transformatoren.

Ved å skille de to jordingene oppnår en å heve holdfastheten for overføring av overspenninger fra HV- til LV- nettet. Det skal med andre ord høyere spenning til før overspenninger



overføre til lavspenningsnettet, og denne spenningen er lik holdfastheten til LV- gjennomføringa. Ekvivalenten til denne utformingen er vist i Figur 16. Dersom en får overslag over til fasene på lavspenningsnettet, vil avlederen i nøytralspunktet tenne og lede mesteparten av feilstømmen til jord.



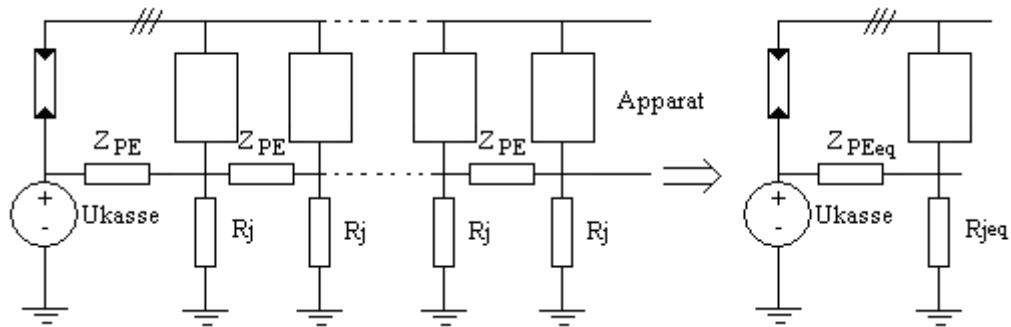
Figur 16. Ekvivalent for IT- nett med atskilt jord

Noen ganger vil imidlertid spenningene bli så store at en får overslag over gjennomføringa. Derfor kan en ikke si at dette er en fullgod løsning for å hindre overføringa av overspenninger, men en sørger for at færre overspenninger finner veien inn i lavspenningsnettet. De overspenningene med høyest amplitude vil fremdeles kunne overføres fra høy- til lavspenningsnettet av transformatoren.

### 4.2.3 Kabelnett og jordingsfelleskap

Begrepet *jordingsfelleskap* kan også brukes om lavspenningsinstallasjoner som har felles jordforbindelse, uten at den er tilkoblet transformatorens jordingsanlegg. I Høyspenningsrapporten [1] definerer Gjensidige jordingsfelleskap som elektrisk forbindelse mellom transformator og abonnentenes jording. En av konsulentene som var med på prosjektet var Jørn Holtan [24]. Ifølge ham utføres jordingsfelleskap ikke mellom nettkunde og transformator uten at nettkundene også har felles jord seg imellom. Dette gjøres ved at den jordete kabelskjermen i kabelnettet er koblet sammen med den lokale sikkerhetsjord hos alle abonnentene, eventuelt at en separat jordleder føres frem mellom transformator og abonnent. I denne rapporten omtales jordingsfelleskap i den betydning som brukt i Gjensidiges rapport, altså elektrisk forbindelse mellom jordingsystemene for nettkunde og kundens installasjon. Dette bør per definisjon behandles som en avart av TN- system.

Ved jordingsfelleskap kobler en i praksis mange abonnenter i parallell, som vist i Figur 17. Med dette oppnår en å senke den ekvivalente motstanden til jord. Dersom en for eksempel har ti abonnenter i parallell, som hver har ti ohm i jordingsmotstand, vil den ekvivalente motstanden være omtrent 1 ohm dersom en ser bort ifra motstanden i jordingsforbindelsen mellom abonnentene imellom. Dersom avstandene mellom abonnentene blir store vil impedansen i jordingen øke, og lange ledere mellom abonnentene fører til at jordingsanleggets ledningsevne for impulser svekkes.



**Figur 17. Parallellkobling av abonnenter i jordingsfelleskap**

Jordmotstanden er avhengig av lengden på kabelen, og øker med avstanden. Spesifikk motstand i kobber Cu er  $16,8 \times 10^{-9}$  [26]. Elektrisk resistivitet i en leder er gitt av

$$\rho = \frac{A \cdot R}{L} \quad (2)$$

Der A er ledertverrsnittet, R er spesifikk motstand i lederen og L er lengdeenhet. Den ohmske resistiviteten for  $25 \text{ mm}^2$ - Cu- leder blir da  $67,2 \times 10^{-5}$  ohm/ m for nettfrekvent spenning. Impedansen i jordlederen er gitt av

$$Z_{PE} = R + j\omega L \quad (3)$$

Impedansen er frekvensavhengig, og blir stor ved høfrekvente spenninger. Ved 50 Hz antas impedansen å være neglisjerbar i forhold til de andre motstandene i jordsystemet.

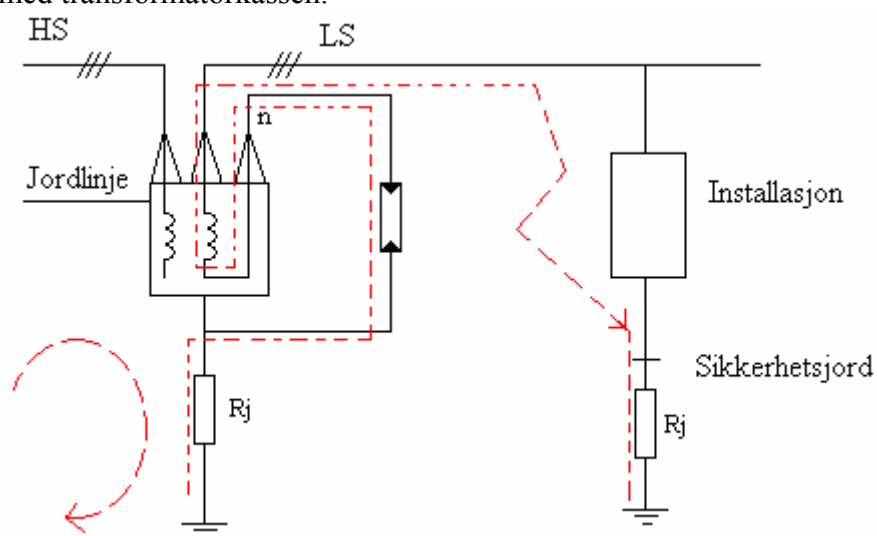
## 5 Høyspenningsrapportens hypotese

### 5.1 Presentasjon av hypotesen

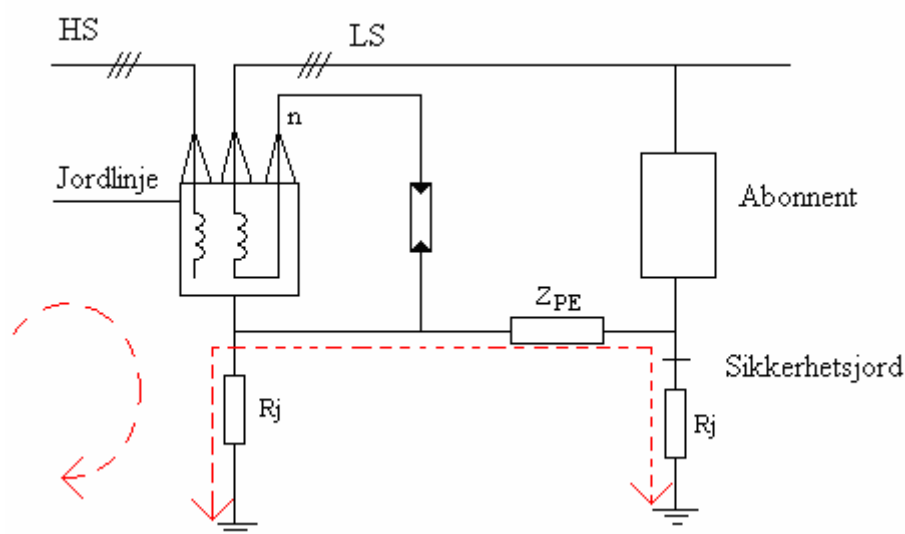
Hypotesen Gjensidige jobbet etter lyder som følger:

*”Feilstrømmer ved jordfeil på høyspenningsnettet kan overføres til lavspenningsnettet og derfra inn i bygningsinstallasjoner og føre til brannskader i TT- nett og i IT- nett der hvor gjennomslagsvernet er havarert. Størst vil dette problemet være der overgangsmotstanden i/ved transformatoren er høyere enn hos abonnentene, og det ikke foreligger jordingsfelleskap mellom transformatorjord og abonnentjord.”*

Scenarier tilsvarende det som er utgangspunktet for Gjensidiges vurdering, er gjengitt i Figur 18 for luftnett og Figur 19 for kabelnett. I begge tilfellene er nøytralfunktet jordet sammen med transformator-kassen.



Figur 18. Rute for feilstrøm i IT- luftnett med felles jordning for fordelingstransformatorens høy- og lavspentside



Figur 19. Rute for feilstrøm i IT- kabelnett med felles jordning for fordelingstransformatorens høy- og lavspentside.

## 5.2 Rapportens slutninger

To eksempler trekkes frem i Høyspenningsrapporten, for å illustrere hvordan hendelser på nettet kan føre til brannskader.

Det første eksemplet er en sikringstavle som ble skadet i tordenvær. Skaden ble forårsaket av en jordfeil etterfulgt av hele ni gjeninnkoblinger. Dette representerer uvanlig høy påkjenning, og er ikke helt representativ for forløpet etter en ”gjennomsnittlig” jordfeil.

Eksempel nummer to viser til en kirke som ble rammet av overføring av jordfeilstrom fra feil i høyspenningsnettet til lavspenningssiden, hvor overspenningsvernet havarerte. For å forebygge gjentakelse ble det lagt kabel mellom transformatoren og kirken, men svikt i installeringen - en uteglemt sammenkobling av jordlederne - gjorde at det også denne gangen måtte byttes sikringskap.

Disse to eksemplene danner noe av grunnlaget som Gjensidige legger for hypotesen sin. Det er viktig å påpeke at disse situasjonene ikke opptrer hyppig, og heller er unntaket enn regelen. Når det er sagt, inngår de absolutt i hendelser som ikke skal forekomme, og som krever oppmerksomhet, utredning og oppretting av feil.

Fra besøkene hos forskjellige nettselskaper har Gjensidige noen punkter som de mener er fellestrekk i de kommunene med høyest brannfrekvens; IT- eller TT- system, høy andel luftnett, stort sett isolert nøytralt punkt i høyspentnettet og ikke jordingsfelleskap mellom transformatorstasjon og abonnent. I tillegg påpekes det at jordingsmotstanden for masttransformatorer var urovekkende høy mange steder, og ”ingen av måleresultatene kunne sies å være tilfredsstillende” [1] (s. 13). Rapporten forteller også at kompetansen hos nettselskapene varierer sterkt, både når det gjelder tilstandskontroll av nøytralt punktsvern, måling av jordingsmotstand og utførelse av jordingsanlegg.

Det ser ut til å være en allment akseptert oppfatning i bransjen at en, ved å etablere jordingsfelleskap mellom transformator og abonnenter, hindrer overspenninger i å påkjenne lavspenninginstallasjoner. Dette begrunnes med at jord- og fasepotensialet heves like mye, og som medfører at installasjonen ikke opplever økt spenningsdifferanse mellom fase og jord. Ifølge erfaringene som Gjensidige og deres konsulenter har gjort seg, oppstår ikke skader som følge av potensialheving av transformatorer i nett med jordingsfelleskap:

*”Der hvor transformatorstasjonens jordelektrode er sammenkoblet med abonnentenes jordelektroder (jordingsfelleskap) viser erfaringer at det ikke oppstår skader som nevnt i hypotesen” [1] (s. 3), ”Erfaringer har vist at slike skader utelukkende skjer der hvor abonnentene har lavspennings forsyning via luftnett, og ellers der netteiers jordingsanlegg ikke er sammenkoblet med abonnentenes jordingsanlegg.” [1] (s. 7).*

## 5.3 Kommentarer til og drøfting av Gjensidiges hypotese og påstander

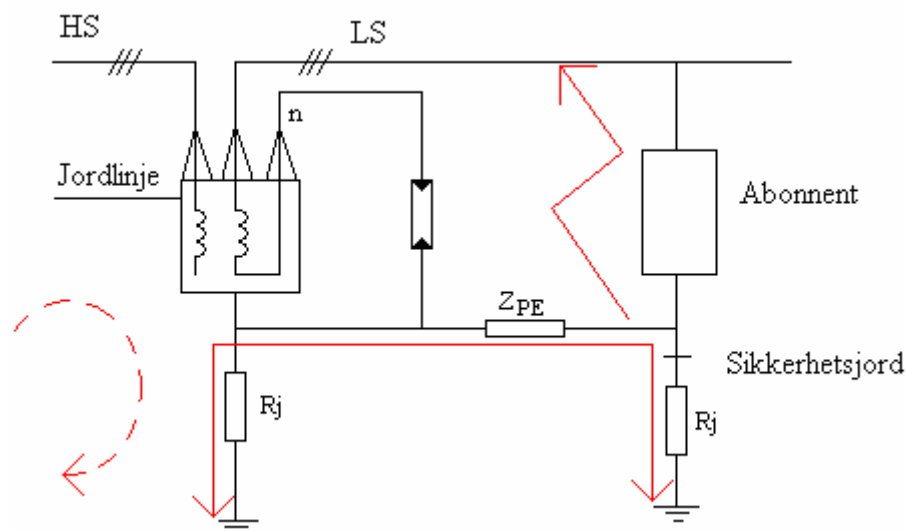
Hypotesens første del sier at ”feilstrommer og overspenninger kan overføres til lavspenningssida i TT- og IT- system hvor gjennomslagsvernet er havarert”. Dersom nøytralt punktet og transformatorstasjonen er jordet i samme punkt, vil overspenninger forholdsvis enkelt kunne overføres til lavspenningssida ved potensialheving av transformatorstasjonen. Holdfastheten til nullpunktavlederen i IT- nett bestemmer ved hvilken spenning avlederen tennes, og i nett der avlederelementet i vernet er defekt eller sikringen løst ut, vil lite eller ingenting hindre

overspenninger i å ta seg inn i lavspentnettet. Dermed må et IT- nett med sammenkoblet jord for høy- og lavspentsida av transformatoren anses å være TT- nett dersom sikringen i nøytralspunktetsvernet er smeltet.

Atskilt jording for nøytralspunktet på lavspentsida av transformatoren anbefales for å redusere antallet overførte overspenninger. Induserte spenninger over jordelektroden på lavspentsida og overslag over lavspenningsgjennomføringen er imidlertid mulig. Det antas at feilstrømmer til jord på høyspenningssida må være svært høye for at en skal få induisert signifikante overspenninger på nøytralspunktet. Flere beregninger må gjøres for å slå dette fast. [25]

Hypotesens del to består av en påstand om at problemet med høyspente feil som forplanter seg til lavspentnettet vil være ”størst der overgangsmotstanden i/ ved transformatoren er høyere enn hos abonnentene, og det ikke foreligger jordingsfellesskap mellom transformatorjord og abonnentjord”. Dersom jordingsmotstanden for transformatoren er stor, vil også kassepotensialet bli stort når feilstrøm ledes til jord ved transformatoren. Når kassepotensialet heves kan spenningen på fasene øke, og utstyr tilknyttet nettet påkjennes høyere spenning enn fasespenning. Slike påkjenninger kan føre til at utstyr ikke virker som det skal eller havarerer, i noen tilfeller kan en få overslag mellom fase og jord i installasjonen.

Rapporten [1] underbygger ikke påstandene om at transienter ikke forårsaker skader i nett med fremført jord godt nok. Arne Petter Brede i Sintef Energiforskning [25] har sett tilfeller hvor det å kutte forbindelsen mellom transformatorjord og abonnentenes jording faktisk har redusert skadene i et område. Dette kan muligens forklares ved at fenomener som vandrebolegrefleksjon kan føre til spenningsoppbygning over abonnentens jordingsanlegg. Teoretisk, ved bruk av konsentrerte kretsparametere, finner en ikke at spenningsdifferansen blir stor nok til at overslag inntreffer. Men dersom en tar hensyn til at en ikke har lineære modeller, at avledningen til jord skjer over hele lederen, i tillegg til at jordsmonnet strømmene flyter i ikke alltid er homogent, kan spenningen over abonnentens jordingsanlegg heves over referansejord. Slik blir spenningen som apparat og installasjon påkjennes større enn fasespenning. Selv om spenningsdifferansen i effektivverdi ikke nødvendigvis er særlig stor, kan faseopposisjon føre til stor spenning over installasjonen. Det er da mulighet for stor differanse mellom jord- og fasepotensial, og fare for overslag dersom isolasjonsholdfastheten til apparatet overskrides. Dette scenariet er vist i Figur 20.



Figur 20. Spenningsoppbygging i abonnents jordingsanlegg med påfølgende overslag fra jord til fase

Dersom en har et IT- nett med nøytralpunktvern som fungerer som det skal, har dette en holdfasthet på 1,2 kV for lynimpuls. Med en kassespenning som ligger under avlederens tennspenning, vil avlederen sannsynligvis ikke tenne. Dermed vil strømmen fordele seg i jordsystemet mellom transformatoren og abonnentene, og en får spenningsstigning over abonnentens jording, uten at fasespenningen opplever den samme stigningen. Potensialet mellom fase og jord er da endret.

Standard isolasjonsholdfasthet for lynimpuls (1,2/50) for 230 V anlegg er 6 kV ved installasjonens inntak, 4 kV ved ledningsopplegg og faste installasjoner, 2,5 kV ved apparater og utstyr, og 1,5 kV for spesielt beskyttet utstyr [22]. Datautstyr og elektronisk utstyr har ofte lavere isolasjonsnivå, og kan få problemer med langt lavere overspenninger enn de som er presentert over.

Uansett hvilke nettsystemer en har, vil potensialheving av abonnentens jordingssystem kunne medføre spenningsdifferanser mot tilknyttede tele- og datasystemer med egne jordsystem.

## 5.4 Eksempel: Jordingsfelleskap

### 5.4.1 Bakgrunn for betraktningen

For å illustrere problematikken ser en her på eksemplet hvor overspenninger etter jordfeil og flere gjeninnkoblinger forårsaket skade på en sikringstavle i tordenvær. Gjensidige kommenterer at abonnenten var tilkoblet luftnett, og ikke hadde jordingsfelleskap med fordelingstransformatoren.

Målingene ble gjort i forbindelse med utarbeiding av Gjensidiges rapport. Tallene som brukes her finnes på side 8 i Høyspenningsrapporten, i Eksempel 1.

- Overgangsmotstanden for nettkundens jordelektrode var omtrent 10 ohm
- Overgangsmotstand for lokal jordelektrode i nettstasjon var 38 ohm
- Jordfeilstømmen,  $I_f$ , på høyspentnettet var omtrent 95A

Det er usikkert om transientene som følge av jordfeilen var årsaken til skadene, eller om de påfølgende gjeninnkoblingene (GIK) også er en del av skadebildet. I forbindelse med inn- og utkobling av linja i søken etter feilen, oppstår gjerne koblingsoverspenninger. Disse er transiente, og har høyere frekvens enn 50Hz. I dette tilfellet ble det gjennomført hele ni gjeninnkoblinger før jordfeilen ble utbedret, noe som må ha medført ytterligere påkjenninger for installasjonen i det aktuelle tilfellet [1].

### 5.4.2 Overspenninger i nett uten jordingsfelleskap

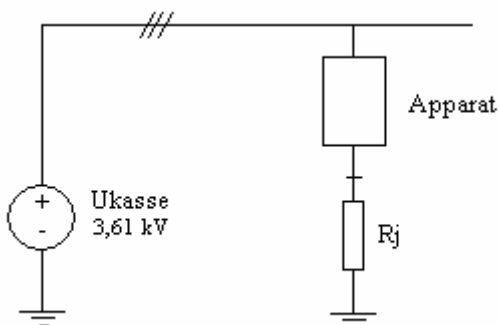
Størrelsen på kassepotensialet vil være avhengig av transformatorens overgangsmotstand til jord. I et nett uten jordingsfelleskap er kassepotensialet gitt av:

$$U_{\text{kasse}} = I_f \cdot R_k \quad (4)$$

Som her gir

$$U_{\text{kasse}} = 95\text{A} \cdot 38\ \Omega = 3610\text{V} \quad (5)$$

Dermed vil 3,61 kV legge seg over lavspenningsinstallasjonen. Scenariet er vist i Figur 21.



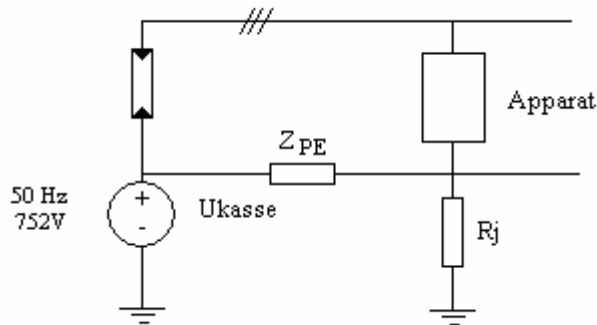
Figur 21. Overspenninger i LV- nett uten jordingsfelleskap

En kassespenning i denne størrelsesorden vil føre til at nullpunktavlederen tenner, og en stor feilstrom ledes inn i lavspenningsnettet, gitt at overslag inntreffer.

### 5.4.3 Temporære overspenninger i nett med jordingsfelleskap

I det følgende presenteres en teoretisk betraktning av forholdene dersom jordingsfelleskap mellom transformator og abonnent hadde vært etablert, og overspenningene var temporære; først betraktes situasjonen med en abonnent, så med ti abonnenter koblet i parallell. En ser her på jordfeilen alene, og tar i første omgang ikke hensyn til transientene som måtte komme som konsekvens av gjeninnkoblinger, GIK.

I en 50 Hz- feilsituasjon ville kassetenningen være avhengig både av motstanden i trafojord, jordkabelen (PE) og abonnentens jord, som vist i Figur 22.



Figur 22. Ekvivalent for i LV- nett med jordingsfelleskap mellom trafo og abonnent

Kassetensialet vil dermed reduseres for nettfrekvente overspenninger, i forhold til i nett hvor jordingsfelleskap ikke er etablert. Kassetensialet vil bli omtrent som følger:

$$U_{\text{kasse}} = 95\text{A} \cdot (38 \parallel Z_{\text{PE}} + 10) \Omega = 752\text{V} \quad (6)$$

Over nullpunktssvernet vil det da ligge

$$U_n = 752\text{V} - (230 / \sqrt{3})\text{V} = 619\text{V} \quad (7)$$

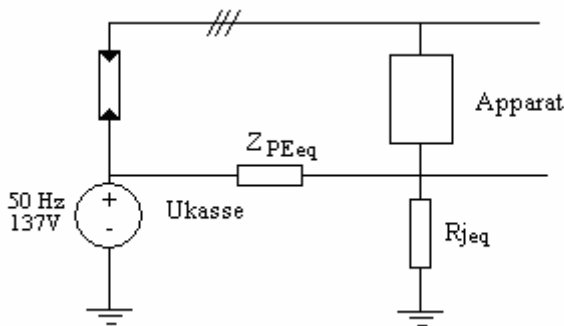
Dette er noe over avlederens tennspenning ved 50 Hz, og spenningen vil legge seg over installasjonen. Dersom en antar at motstanden i jordlederen er neglisjerbar, får en feilstrom i abonnentens jordingsystem lik

$$I_{\text{abjord}} \approx 752\text{V} / (Z_{\text{PE}} + 10) \Omega = 75,2\text{A} \quad (8)$$

Over installasjonen vil det nå legge seg  $619\text{V} - 752\text{V} = 133\text{V}$  i tillegg til fasespenninga. For dette feiltilfellet vil det ikke bli store problemer med overspenninger i installasjonen, spenningsdifferansen er lav i forhold til isolasjonsholdfastheten til det meste elektrisk utstyr, som er omtrent 1,5 kV. Også for datautstyr er holdfastheten høyere.

Når en har mange abonnenter koblet i parallell vil den samlede overgangsmotstanden til jord være lavere enn 10 ohm. Ekvivalent motstand er nå gitt av parallellkoblingen av jordingsmotstanden hos alle abonnenter, og en antar her at den er 1ohm, med forutsetning om at motstanden i jordlederen er neglisjerbar.





**Figur 23. Temporære overspenninger i nett med jordingsfelleskap med flere abonnenter i parallell**

Kassespenningen blir nå

$$U_{\text{kasse}} = 95\text{A} \cdot (38 \parallel 1,5) \Omega = 137\text{V} \quad (9)$$

Over nullpunktsvernet vil det da ligge

$$U_n = 137\text{V} - (230 / \sqrt{3})\text{V} = 4,3\text{V} \quad (10)$$

som er langt under avlederens tennspenning.

I tilfeller med nettfrekvente overspenninger, og hvor overgangsmotstanden til jord hos abonnentene er mye mindre enn transformatorens jordingsmotstand, vil det være fordelaktig med jordingsfelleskap. Dette kommer av at kasepotensialet reduseres på grunn av strømdeling mellom jordingsanleggene. Lav jordingsmotstand oppnås når mange abonnenter er koblet sammen.

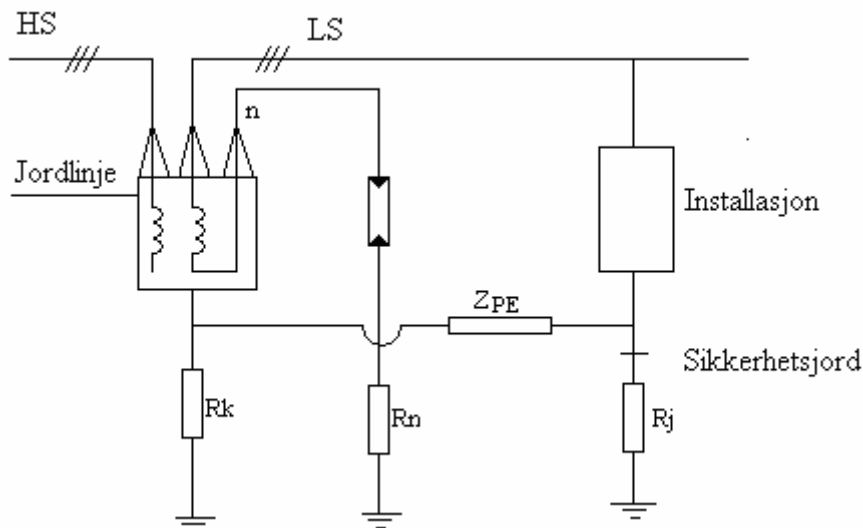
#### **5.4.4 Transiente overspenninger i nett med og uten jordingsfelleskap**

Forholdene i lavspenningsnettet ved transiente overspenninger kan være kompliserte. Ved jordingsfelleskap og nettfrekvente overspenninger er kasepotensialet gitt av kassens jordingsimpedans i parallell med seriekoblingen av jordlederens og abonnentenes jordingsimpedans. Ved transiente overspenninger vil situasjonen derimot være en annen. Siden frekvensen er mye høyere enn 50 Hz blir impedansen som strømmen ser svært stor. Dermed blir også kasepotensialet stort, og strømfordelingen mellom PE- lederen og det lokale jordingsanlegget i nettstasjonen ikke som ved nettfrekvens. De nærmeste abonnentene risikerer store påkjenninger.

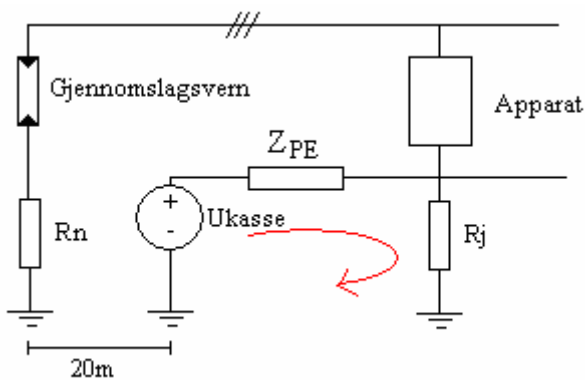
Ved transiente overspenninger betyr jordingsfelleskap lite på grunn av at impedansen i jordingen påvirkes av overspenningens frekvens, og blir svært stor ved transienter.

#### **5.5 Alternative løsninger med jordingsfelleskap**

I Høyspenningsrapporten tas det kun hensyn til transformatorer med felles jording for høy- og lavspentsida. Det kan være interessant å se hvilken effekt atskilt jording kan ha ved jordingsfelleskap. En løsning er å knytte abonnentene til nettstasjonens jordingsystem på høyspenningssida. Dette er vist i Figur 24 og Figur 25. I dette tilfellet vil kasepotensialet, ved nettfrekvente overspenninger, også legge seg over abonnentens jordingsmotstand, og slik føre til en spenningsoppbygning her, uten at fasespenningen heves tilsvarende. Dette vil ikke være spesielt heldig.

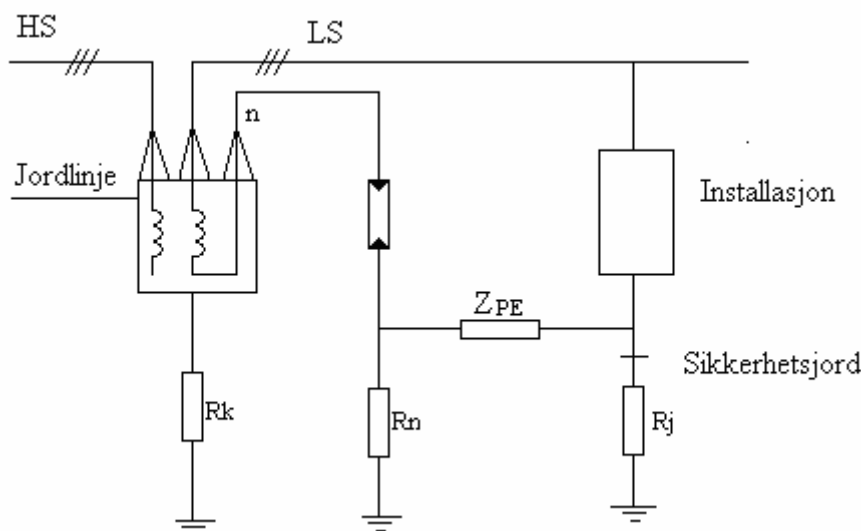


**Figur 24. Atskilt jording for nøytralpunktet, abonnenter har jordingsfellesskap med nettstasjonens jording**

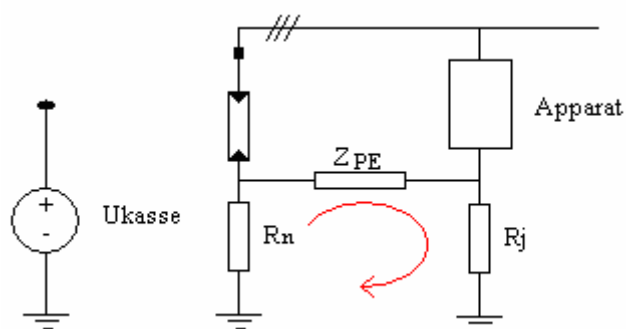


**Figur 25. Ekvivalent for jordingsfellesskap med transformatorboks, atskilt jording**

Ved å knytte abonnentene til nøytralpunktets jording på lavspenningsida vil en oppnå økt holdfasthet mellom nøytralpunkt og kasse, som ellers ved atskilt jord. Holdfastheten for overslag er da lik isolasjonsholdfastheten til lavspenningsgjennomføringen. Figur 26 og Figur 27 viser hvordan jordingsfellesskap mellom transformatorens atskilte nøytralpunkt og abonnentene vil se ut.



Figur 26. IT- nett med fremført atskilt jord



Figur 27. Ekvivalent IT- nett med fremført atskilt jord

I en slik konfigurasjon kan overspenninger overføres enten ved induksjon på jordingsanlegget til nøytralepunktet, eller ved overslag over LV- gjennomføringen. Avlederens tennspenning er lavere enn overslagsfastheten til gjennomføringen. Nøytralepunktets jordingsmotstand er nå bestemmende for hvilken potensialheving lavspenningsnettet får. Strømmen vil hovedsakelig gå i jordingsystemet, og fordele seg over jordingsmotstandene i nøytralepunkt og hos abonnent, som vist i Figur 27. Siden det ikke er galvanisk kontakt mellom høy- og lavspenningsjord skal det høy spenning til før overslag inntreffer og overspenninger overføres.

## 5.6 Overspenningsvern

### 5.6.1 Vern av transformatorer og linjer

Lynaktivitet er en avgjørende faktor ved valg av vern. En rekke skader på installasjoner og komponenter i nettet kan tilskrives tordenværsaktiviteten i området. Kostnader er også en viktig parameter når en skal velge vernnivå og -metoder, både for transformatorer og i nettet forøvrig. Når vurderingen skal gjøres må gevinsten av reduksjon av havarihyppighet og avbruddskostnader tas i betraktning. For områder som hyppig rammes av skader som følge av overspenninger i nettet må også disse kostnadene tas med, for å gi en mest mulig samfunnsøkonomisk riktig vurdering.

Om en skal benytte avledere eller gnistgap er avhengig av flere faktorer. Fugle- og dyreliv kan føre til at gnistgap tenner, og linjer kobles ut på grunn av overstrøm. For å hindre slike hendelser kan en skjerme og beskytte gnistgapene. Ved å benytte avledere i stedet for gnistgap oppnår en å redusere avbruddshyppigheten.

Å koble avledere mellom fasene på lavspenningsida og nøytralpunktsføringen, kan beskytte lavspenningsinstallasjoner mot store overspenninger som følge av overslag fra kassen over gjennomføringene [27]. Men slikt vern vil ikke hindre heving av kassepotensialet og induksjon over jordingsanleggene, siden avlederens jording ligger i eller ved trafojord.

Atskilt jording for nøytralpunktet vil verne lavspenningsnettet mot overspenninger med lavere amplitude enn holdfastheten til gjennomføringen til lavspentsida. Den nødvendige avstanden mellom trafo- og nøytralpunktsjording er avhengig av jordsmonn, forlegning og elektrodetype [28] (s. 2) og det er normalt ønskelig med minst 20 meter.

Avledere dimensjoneres ut ifra temporære overspenninger, siden disse ofte er mer energirike enn transiente overspenninger.

### **5.6.2 Lokal jording**

Det vil ofte være slik at den installasjonen med lavest jordingsmotstand blir hardest påkjent ved avledning, som et resultat av at overspenningen legger seg over selve installasjonen. Vern bør installeres der jordingsforholdene er best, for å begrense påkjeningen der. Effekten av jording langs linja og ved komponenten vil være sterkt avhengig av størrelsen på overgangsmotstanden til jord, og dermed er det viktig å ta jordsmonnet med i betraktningen av hvordan vernet skal plasseres. Dersom jording av transformatoren er god nok, unngås en stor del av problemet med overspenninger, da en unngår den kritiske potensialhevingen av transformator-kassen, og en vil få lavere risiko for overslag over gjennomføringene på transformatoren.

### **5.6.3 Gjennomgående jordline**

Ved lynnedslag i stor avstand fra transformatoren vil det være fordelaktig med gjennomgående jordline, fordi den reduserer overslagsspenningen mot jord, og gir flere parallelle jordforbindelser. Ved nedslag i eller i nærheten av transformatoren vil strømmen ledes til jord i transformatorens jording, og slik føre til heving av kassepotensialet. Dette gjelder spesielt dersom overgangsmotstanden til jord er lavere ved transformatoren enn ved avledningene langs linja [27].

### **5.6.4 Jordfeilbryter**

Jordfeilbrytere er laget for å koble inn, føre og bryte strømmer under normale driftsforhold, og sørge for åpning av kontaktene når summen av strømmene i fasene når en gitt verdi. De brukes for å beskytte mennesker mot indirekte berøring, og bygninger mot brannfare som følge av vedvarende jordfeilstrøm er for liten til å kobles ut av overstrømvern [12].

### **5.6.5 Vern i lavspenningsinstallasjoner**

Overspenningsvern i sikringskap gir vanligvis god beskyttelse for hele installasjonen. Om ytterligere vern i eller ved utstyret er nødvendig, er opp til hver enkelt abonnent å avgjøre. Aspekter som er viktig å ta i betraktning ved slike vurderinger er lynaktivitet, krav til sikkerhet, om en har mye følsomt utstyr, og om en er tilknyttet kabel- eller luftnett.

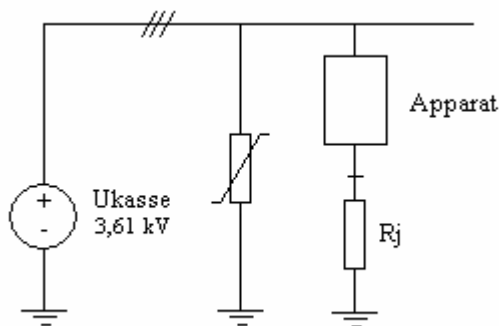
Det er følgende tre kategorier av beskyttelsesnivå for vern i lavspenningsinstallasjoner

**Tabell 4. Beskyttelsesnivå for vern i lavspenningsinstallasjoner**

Type	Plassering	Testspenningsimpuls (Fronttid / Halvverditid)	Beskyttelsesnivå $U_p$
Grovvern	Inntak til installasjonen	10/350 $\mu$ s	4 kV
Mellomvern	Sikringsskap	8/20 $\mu$ s	2,5 kV
Finvern	Umiddelbart foran utstyr	1,2/50 $\mu$ s	< 1 – 1,5 kV

Moderne elektronikk og datautstyr har ofte lavere isolasjonsnivå enn dette, og overspenningsvern for slikt utstyr har tennspenning på omtrent 400 V fase- jord [32]. Det er viktig å være klar over at potensialheving av abonnentens jordingssystem kan føre til spenningsdifferanser mot tilknyttede tele- og datasystemer med eget jordsystem [22].

Avledere monteres i parallell med lasten for å avverge at utstyr utsettes for høye påkjenninger, og lede overspenninger fase- jord til jord før det ødelegger utstyret. Dette er vist i Figur 28.



**Figur 28. Avleder i parallell med lasten**

Overspenningsvern har lavere holdfasthet enn det utstyret det er ment å beskytte, for å hindre at overspenningen når frem til installasjonen og apparatet. Dessverre kan vernet dermed føre til at overstrøm ”dras” inn i nettet, og føre til spenningsheving av jordingssystem. Slik kan installasjoner utsettes for spenningsendringer. Dersom en i tillegg er uheldig og har faseopposisjon, kan spenningsdifferansen over installasjonen bli stor nok til å forårsake skade [25].

Utstyr kan beskyttes ekstra ved å plassere vern i de enkelte stikkontakter. Å installere grovvern med høyt vernnivå, i tillegg til finvern med lavere nivå for vern av utstyr inne i anlegget frarådes [12]. Et slikt finvern tåler relativt liten strømpåkjenning, samtidig som det som regel vil måtte ta størstedelen av påkjenningene. Dette medfører risiko for at finvernet havarerer. Pluggvern trenger forankoblet både mellomvern og grovvern da de selv ikke er dimensjonert for store energimengder. En må i tillegg sørge for at vernet er tilpasset det nettsystemet det installeres i.

## 5.7 Oppsummering av teoretisk drøfting av hypotesen

Det er her drøftet og forsøkt belyst i hvilken grad hypotesen som fremsettes i Gjensidiges rapport ”Fører hendelser på høyspenningsnettet til brannskader i bygningsinstallasjoner?” [1] er riktig. Hypotesen lyder som følger:

*”Feilstrømmer ved jordfeil på høyspenningsnettet kan overføres til lavspenningsnettet og derfra inn i bygningsinstallasjoner og føre til brannskader i TT- nett og IT- nett der hvor gjennomslagsvernet er havarert. Størst vil dette problemet være der overgangsmotstanden i / ved transformatoren er høyere enn hos abonnentene, og det ikke foreligger jordingsfelleskap mellom transformatorjord og abonnentjord”.*

Det er helt riktig at feilstrømmer kan overføres til lavspenningsnettet i TT- nett og IT- nett i de tilfeller at gjennomslagsvernet er havarert. Den vanligste måten dette skjer på er ved potensialheving av transformator-kassen; at kassens potensial heves over referansejord ved at det går strøm i transformatorens jordingsanlegg.

Dersom transformator-kassens overgangsmotstand mot jord,  $R_k$ , er liten vil en i stor grad forhindre stor potensialheving av transformator-kassen. I tilfeller hvor jordingsmotstanden,  $R_j$ , hos abonnentene er liten i forhold til  $R_k$  for transformatoren, kan problemene ved heving av kassepotensial ved temporære overspenninger begrenses – og løses – ved å etablere jordingsfelleskap mellom nettstasjon og abonnenter. Når forbindelsen mellom nettstasjon og abonnent er lagt i kabel, vil størrelsen på potensialhevingen av transformatoren være avhengig av parallellkoblingen av nettstasjonens og abonnentenes jording ved temporære overspenninger. I tettbygde strøk vil en oppnå lav overgangsmotstand ved at mange abonnenter kobles sammen i parallell. Områder med spredt bebyggelse, hvor abonnentene ligger langt fra hverandre, vil ikke ha like stort utbytte av jordingsfelleskap, siden det her vil være vanskeligere å oppnå tilstrekkelig liten jordingsmotstand. Dersom overgangsmotstanden hos abonnentene er svært liten vil det kunne bli store skader ved overslag siden følgestrømmen ikke begrenses. Ved transiente overspenninger betyr jordingsfelleskap lite på grunn av at impedansen i jordingen påvirkes av overspenningens frekvens, og blir svært stor ved transienter.

At en oppnår å redusere brannfrekvensen ved å legge LV- nettet i kabel er en godt innarbeidet oppfatning i bransjen. Arne Petter Brede i Sintef [25] har imidlertid gjort seg erfaringer som indikerer at dette ikke helt stemmer, i og med at skadeantallet ble redusert da en kuttet forbindelsen mellom abonnenter og transformator. Galvanisk forbindelse mellom transformatorens og abonnentens jordingsystemer kan ifølge Brede føre til at potensialhevingen av nettstasjonens jordingsanlegg overføres til abonnentens jordingsanlegg. I slike tilfeller er det fare for at spenningsoppbyggingen i forhold til fjern jord over abonnentenes jordingsystem blir stor, noe som kan føre til at overspenninger legger seg over installasjonen, og at holdfastheten til apparater i installasjonen overstiges. Slik spenningsoppbygging kan forekomme ved transiente overspenninger; som følge av topolte jordlutninger, koblingsoverspenninger og lynoverspenninger. Fenomener som vandreboelger og spenningsoppbygging kan være sentrale begreper her.

Dersom en har IT- nett med fremført jord, vil potensialhevingen av transformator-kassen ikke nødvendigvis fordeles jevnt mellom fase og jord, og dermed føre til en spenningsdifferanse over installasjonen. Siden en del EDB- og elektronisk utstyr har forholdsvis lav holdfasthet, er slikt utstyr spesielt utsatt for skade, og kanskje spesielt følsom overfor spenningsdifferanse mellom elektrisitetsnettet og data-/telenett.

## 6 Statistisk fremstilling

### 6.1 Tidligere statistiske undersøkelser

#### 6.1.1 Bakgrunn for fremstillingen i Høyspenningsrapporten

Gjensidige gjennomførte i sin rapport en statistisk vurdering basert på antall branner i kommunene i Norge fra 1985 til 2003. Det kom frem en markant forskjell i brannfrekvens kommunene imellom. Oversikt over branndata ble gitt av FNH, normaliseringen ble gjennomført ved bruk av tallmateriale fra SSB som angir antall boliger, landbruksbygg og fritidsboliger per kommune, fra henholdsvis 2000, 1999 og 2003. Brannfrekvensen ble beregnet etter følgende formel:

$$\frac{\text{Antall branner}}{\text{Antall boliger, driftsbygg og fritidsbygg}} * 100 = \text{Brannfrekvens [\%]} \quad (11)$$

Det er i høyspenningsrapporten valgt å se på branner som har opprinnelse i det faste elektriske anlegget i bygninger, for å vurdere en eventuell sammenheng mellom skader på installasjoner og hendelser på elektrisitetsnettet. Innskrenkningen medfører at husholdningsapparater som strykejern, oppvask- og vaskemaskiner, komfyrer, kjøleskap og TV- apparater kom ikke med i statistikken.

Følgende brannkilder er tatt med i høyspenningsrapportens fremstilling:

- Ledning, kabel, skinne
- Koblingsboks, sikring, bryter, kontrollutstyr
- Motor, dynamo, generator
- Glødelampe, varmelampe
- Ovn for vann- og romoppvarming
- Industrioavn og -panne, samt bryter for produksjonsformål
- Elektronisk utstyr og EDB- anlegg
- Annet elektrisk utstyr

#### 6.1.2 Grunnlag for statistisk fremstilling fra prosjektoppgaven

I prosjektoppgaven høsten 2006 [2] ble det blant annet sett på hvilke svakheter som kan ligge i Gjensidiges fremstilling, og hvordan måten en normaliserer dataene på kan virke inn på resultatet.

Svakheter ved fremstillingen i Høyspenningsrapporten ble funnet å være at kun et visst antall bygninger ble inkludert i normaliseringen. Dermed vil områder med mye industri komme dårlig ut i forhold til andre kommuner. I tillegg utelukkes en del skader ved at kun et begrenset antall brannkilder tas med. Dessuten inkluderes alle brannårsaker, alt ifra teknisk svikt til feil bruk av elektrisk utstyr, noe som muligens kan medvirke til at enkelte kommuner kommer dårlig ut.

Flere alternative normaliseringsmåter ble presentert i prosjektoppgaven, og en fant at normalisering med hensyn på total bygningsmasse ga den mest nyanserte fremstillingen. Oversikt over næringsbygg, lager og produksjonsbygninger ble laget SSB i 2006, og var dermed ikke tilgjengelig da Gjensidige presenterte Høyspenningsrapporten. Denne metoden gjorde at brannfrekvensen for kommunene i Nord- Trøndelag og Vest- Agder ble omrokkert,

mens i Aust- Agder kom dette ikke like tydelig frem. I tillegg jevnet brannfrekvensen seg ut på et mye lavere nivå enn i Høy spenningsrapportens fremstilling. Det var fremdeles ulikheter mellom kommunene, men forskjellene var ikke lenger like store.

Den kommunen med høyest brannfrekvens blant de tre fylkene var Froland i Aust- Agder. I denne kommunen kunne det se ut til at enkelthendelser medvirker til den høye brannfrekvensen. I 2000 inntraff nemlig dobbelt så mange branner enn årene før og etter. De aller fleste av disse skadene skjedde i november. Det ble anbefalt å undersøke dette nærmere.

## 6.2 Statistisk fremstilling i denne oppgaven

En skal her gjennomføre en ny statistisk fremstilling basert på noen flere brannkilder enn tidligere, nyere branndata fra årene 1995 til 2006, med oppdeling på brannårsaker og skademåned, og statistikker fra Statistisk Sentralbyrå [4][5] over all eksisterende bygningsmasse fra 2006. Hensikten med dette er å gi en mer helhetlig og reell fremstilling av hvordan branntilfeller fordeler seg mellom kommunene, ta hensyn til usikkerheten som størrelsesforskjeller representerer, vurdere variasjoner over år og årstid, og forsøke å finne ut hva som gjør at enkelte kommuner kommer så dårlig ut i forhold til andre.

Gjennom en slik statistisk fremstilling kan en se hvordan de enkelte brannårsaker og brannkilder gir utslag på brannfrekvensen i kommunene. Dersom noen kommuner er spesielt disponert for enkelte brannårsaker eller brannkilder skal dette komme frem. Ved å avdekke slike tilfeller kan en vurdere om det finnes noen form for systematiske avvik, som eventuelt kan forklares ut ifra de tidligere presenterte hypotesene.

Noen av de store kommunene som en her ser på har nærmere 2000 branner i perioden fra 1995 til 2006, mens mindre kommuner kan ha så få som 80 brannskader i samme periode. Dette forsøker en å ta høyde for i den nye fremstillingen, ved å uttrykke usikkerheten som størrelsesforskjellene representerer, og å unngå sammenligning av svært store kommuner med svært små.

En ser på tidsvariasjoner for å vurdere om enkelte år eller måneder skiller seg ut, og hva som kan være årsaken til dette. Det er blant annet naturlig å anta at perioder med høy tordenværsaktivitet virker negativt inn på brannfrekvensen. I tillegg legges data fra Agder Energi Nett, AE, til grunn for en vurdering av hvorvidt inn- og utkoblinger i nettet – og de ulemper dette kan medføre – virker inn på brannfrekvensen.

Det er vanskelig å sammenligne nettsystemer og kabel/luftlinje- problematikken statistisk, siden dataene generaliseres, og en kun ser på andeler. Forhold som kundesammensetning og i hvilken del av nettet i kommunen skadene faktisk inntreffer blir ikke tatt godt nok hensyn til her. En håper likevel å få frem den generelle tendensen.

Fremgangsmåten for normaliseringen er å fordele antall branner over de 12 årene på antall bygninger i området, etter følgende formel:

$$\frac{\text{Antall branner (1995-2006)}}{12 \text{ år}} \cdot 1000 = \text{Brannfrekvens [\%]} \quad (12)$$

Total bygningsmasse (2006)

Dette gir en brannfrekvens med fordeling av antall branner per bygning per år, med benevnelse promille. I total bygningsmasse inngår næringsbygg, industri- og lagerbygg, fritidsbygg,



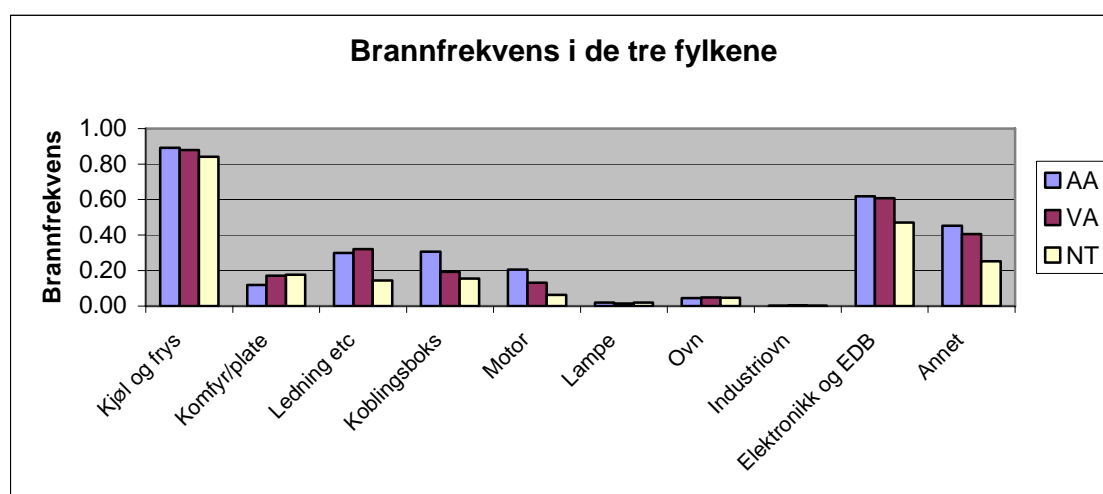
fiskeri- og landbruksbygg, boliger, kontor- og forretningsbygg, hotell-, restaurant-, undervisnings-, forsknings- og kulturbygg. Når det gjelder boliger, tas alle boenheter med.

### 6.3 Fylkesvis vurdering

I den fylkesvise fordelingen er antall branner i fylket fordelt på det totale antall bygninger, for å vurdere brannfrekvens på tvers av fylkene. Mer detaljerte betraktninger følger i Vedlegg 1 om Nord- Trøndelag, Vedlegg 2 for Aust- Agder og Vedlegg 3 for Vest- Agder.

#### 6.3.1 Brannfrekvens og brannkilder

Figur 29 viser fordeling av brannfrekvens for Aust- Agder (AA), Vest- Agder (VA) og Nord- Trøndelag (NT) med hensyn på brannkilder. En ser at Agder- fylkene stort sett har noe høyere brannfrekvens enn Nord- Trøndelag for alle kilder, utenom *komfyr*, *lampe* og *ovn*, hvor det er lite som skiller de tre fylkene fra hverandre.



Figur 29. Brannfrekvens for de tre fylkene, Aust- Agder (AA), Vest- Agder (VA) og Nord- Trøndelag (NT) for 1995- 2006 fordelt på brannkilder

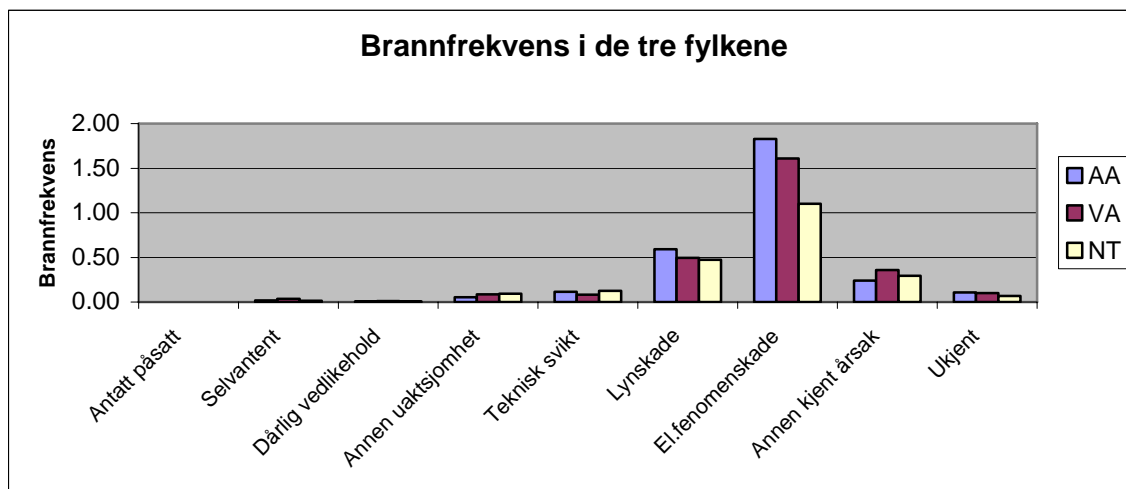
En ser av Figur 29 at Agder- fylkene er høyt representert i de tilfellene hvor *koblingsboks*, *ledninger* og *motorer* er brannkilder. Aust- Agder har høyest andel av skadene på *koblingsbokser* og *motorer*. Brannkilde *ledning og skinne* har dobbelt så høy brannfrekvens i Agder- fylkene som i Nord- Trøndelag. *Elektronikk og EDB- utstyr* har høyest brannfrekvens i Agder- fylkene. Det samme gjelder brannkilden *annet elektrisk utstyr*, som omfatter øvrige brannkilder enn de som nevnes her. *Kjøle- og fryseutstyr* er høyt representert i alle tre fylker, og sammen med *elektronikk og EDB- utstyr* og *annet* utgjør disse kildene den største delen av totalt antall skader.

Det er *kjøle og frys*, *elektronikk og EDB* og *ledning og koblingsboks* som oftest er registrert med elektrisk årsak, og som er mest følsomme for skader som følge av hendelser på strømmettet. Store steile overspenninger rammer typisk sikringsskap og strøminntak i bygninger, ledninger og isolasjon. Asynkronmotorer og enkelte typer lysstoffrør kan overopphetes på grunn av for lav spenning over tid og overharmoniske spenninger i nettet. Elektronikk og EDB- utstyr er spesielt følsomme for spenningsvariasjoner.

#### 6.3.2 Brannfrekvens og brannårsaker

Hypptigheten av *ukjent årsak*, årsakskode 0, er meget sjelden i alle tre fylker. Dette indikerer at betegnelsen *ukjent årsak* ikke brukes ukritisk. Ingen av brannene denne oppgaven omfatter

kommer i kategorien *antatt påsatt*, svært få er registrert som *selvøntent* og *dårlig vedlikehold*. *Teknisk svikt* og *Annen uaktsomhet*, som feil bruk av elektrisk utstyr, forekommer noe hyppigere i Nord- Trøndelag enn de andre fylkene, og er fordelt jevnt over alle månedene. *Annen kjent årsak* er den tredje hyppigste brannårsak etter elektriske fenomen og lyn, og forekommer spesielt i juli 2003 i Nord- Trøndelag.

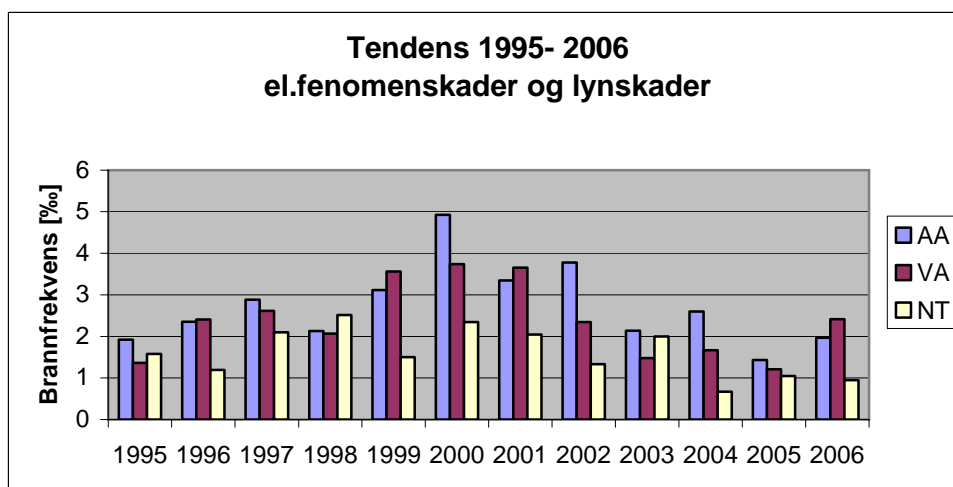


Figur 30. Brannfrekvens for de tre fylkene for 1995- 2006 fordelt på brannårsaker

Figur 30 viser brannfrekvensen for de tre fylkene for tidsrommet 1995 til 2006 med hensyn på brannårsaker, fordelt på antall bygninger totalt i fylket. Figuren bekrefter at det er *lyn*, *elektrisk fenomen* og *annen kjent årsak* som er registrert årsak i de fleste branner for de aktuelle brannkildene. Agder- fylkene har større andel skader registrert som elektrisk fenomenskade enn Nord-Trøndelag, men Nord- Trøndelag har omtrent like høy andel lynskader som Agder- fylkene. 2003 bidrar meget til dette, da det inntraff uvanlig mange lynskader i Nord- Trøndelag dette året.

### 6.3.3 Tendens over årene

Av Figur 31 ser man at Agder- fylkene jevnt over har noe høyere brannfrekvens enn Nord-Trøndelag, med unntak av 1998 og 2003. I 2000 var det forhøyet brannfrekvens i alle fylker.



Figur 31. Tendensen fra år til år for elektriske fenomenskader og lynskader, fordelt på fylke

I Nord- Trøndelag skiller 1998, 2000 og 2003 seg ut med høy brannfrekvens. Fylket får en kraftig nedgang fra 2002, med unntak av 2003 som var preget av mange lynskader. Fra 2003 til 2004 er det hovedsakelig lynskader og de øvrige årsaker som reduseres, men en ser også noe reduksjon i elektriske fenomenskader. Årsaken til nedgangen i 2002 kan være utbedring av jordingsforhold for mastetransformatorer ved Flatanger i 2002. I 2004 og 2005 ble tilsvarende tiltak iverksatt nord for Steinkjer. Dette antas å bidra til å redusere påkjenninger i forbindelse med lynaktivitet. Det er også fokus på å kontrollere gjennomslagsvern årlig, og i forbindelse med tordenværsaktivitet i hele Nord- Trøndelag [29].

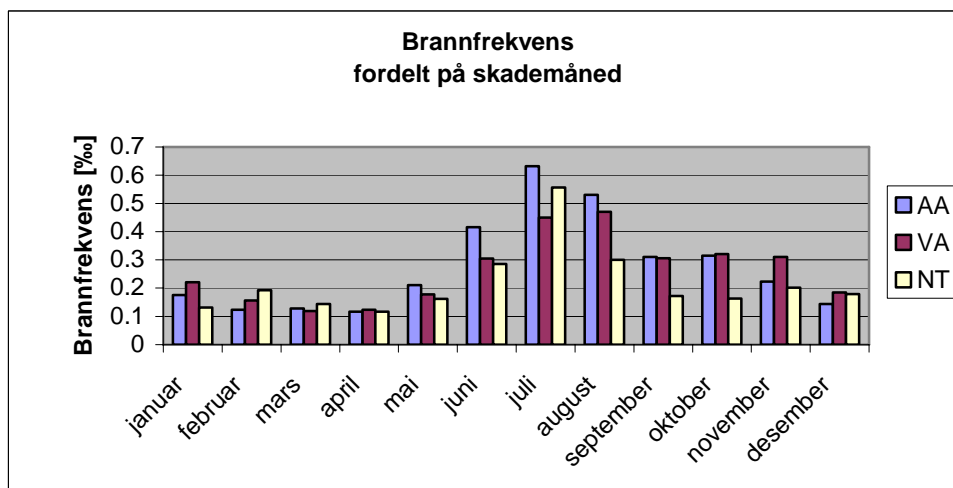
Aust- Agder har forhøyet brannfrekvens mellom 1999 og 2002. I de to siste årene reduseres brannfrekvensen; *elektriske fenomenskader* reduseres noe, men den største reduksjonen skjer for *lynskader* og de *øvrige årsakene*. I 2006 er det økning i *lynskader* og *elektriske fenomenskader*. Hyppige brannkilder dette året er *kjøl- og frys, ledning og koblingsboks*, men de fleste skadene oppsto i *elektronikk og EDB- utstyr*.

Vest- Agder har høyest brannfrekvens mellom 1999 og 2001. Fra 2002 får en kraftig nedgang i brannfrekvensen, men i 2006 øker skadeantallet for *elektriske fenomenskader* igjen. Elektriske fenomenskader og lynskader varierer noe mellom 2004 og 2006, mens de øvrige skadeårsakene holder seg konstant. Det er mange tilfeller av overstrøm i Vest- Agder i 2006, og det ser ut til at tordenvær er utløsende årsak i de fleste tilfeller.

### 6.3.4 Sesongtendens

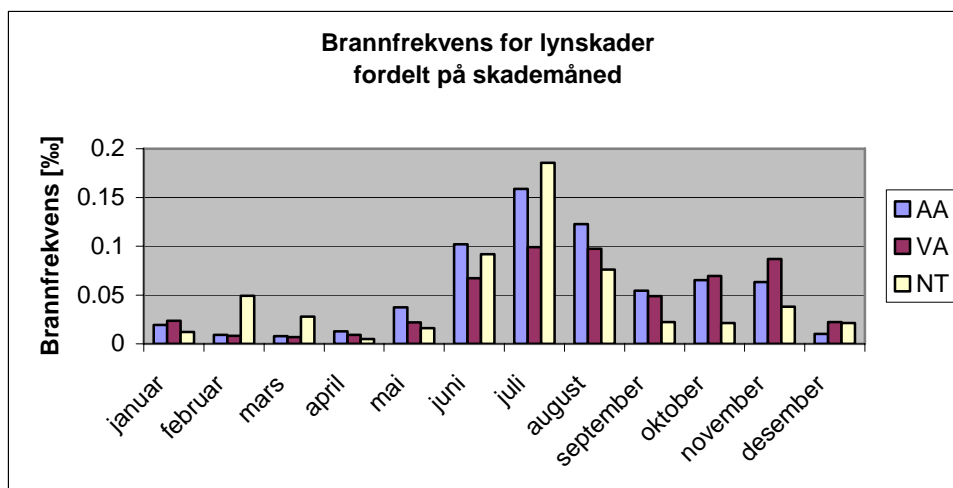
Brannfrekvensen per måned ble beregnet på følgende måte:

$$\text{Månedlig brannfrekvens} = \frac{\text{Antall branner i aktuell måned i 12 år}}{12 \text{ år} * \text{Antall bygninger}} \cdot 1000 \quad (13)$$



Figur 32. Brannfrekvens per måned

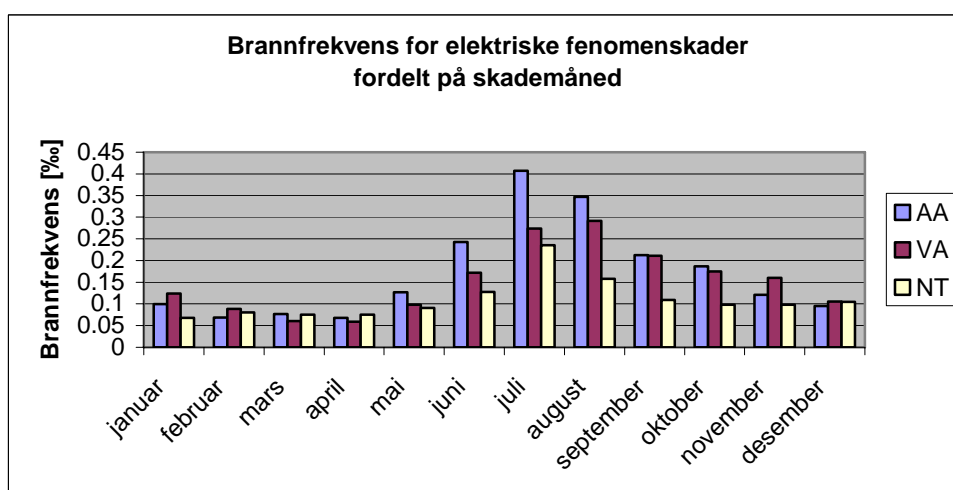
Figur 32 viser fordelingen av total brannfrekvens etter hvilken måned skadene oppsto. Det er tydelig at sommermånedene har høyest antall skader. Den samme tendensen viser seg i alle tre fylkene, men det ser ut til at Agder- fylkene har flere branner enn Nord- Trøndelag i høstmånedene august, september og oktober. Vårmånedene er forholdsvis like for alle tre fylker.



Figur 33. Fordeling av brannfrekvens per måned for lynskader

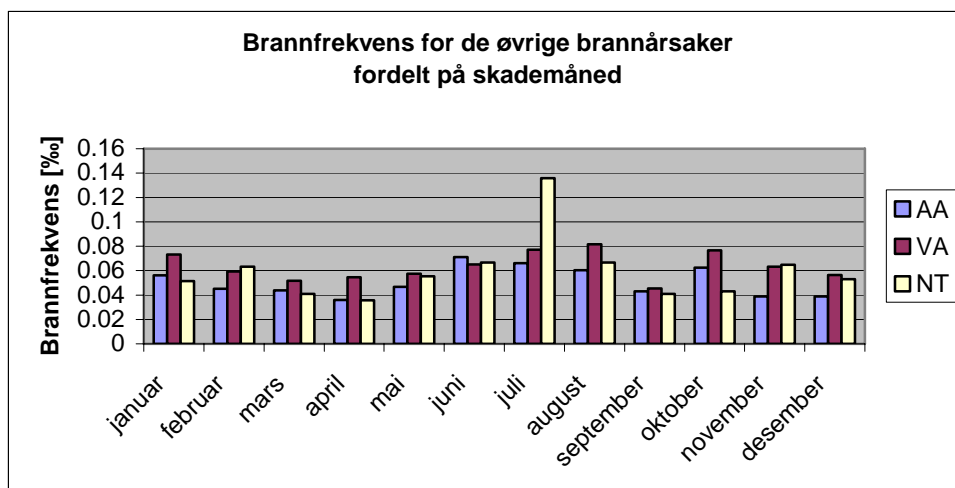
En ser i Figur 33 at skader registrert som lynskader har en markant økning i sommermånedene juni, juli og august. Dette faller sammen med lynsesongen, og en kan ikke se bort ifra at lynaktivitet er en viktig del av forklaringen til hvorfor det brenner mer i enkelte kommuner enn andre. Nord- Trøndelag har uventet høy brannfrekvens for lynskader i forhold til de andre fylkene, med tanke på at Agder- fylkene har såpass mye høyere lynaktivitet. Det er riktignok i 2003 at mange av lynskadene i dette fylket inntreffer, når Nord- Trøndelag har uvanlig høy lynaktivitet.

Ut over høsten er det i Agder- fylkene at størst andel skader med lyn som årsak inntreffer. Nord- Trøndelag har hatt en del skader i februar måned. Det er overraskende at brannfrekvensen for lynskader er så stor i Nord- Trøndelag i forhold til Agder, siden Agder- fylkene har betydelig høyere lynaktivitet enn Nord- Trøndelag. Det er meget mulig at Agder er generelt bedre vernet mot lynskader.



Figur 34. Fordeling av brannfrekvens per måned for elektriske fenomenskader

Fordelingen av branner med hensyn på elektriske fenomenskader er gitt i Figur 34. En ser at også disse skadene øker i omfang i sommermånedene, samtidig med lynsesongen. Dette kan ha sammenheng med overstrømstilfeller utløst av blant annet trekkfugler og andre dyr, men det er nærliggende å anta at tordenvær er en stor medvirkende utløsende årsak.

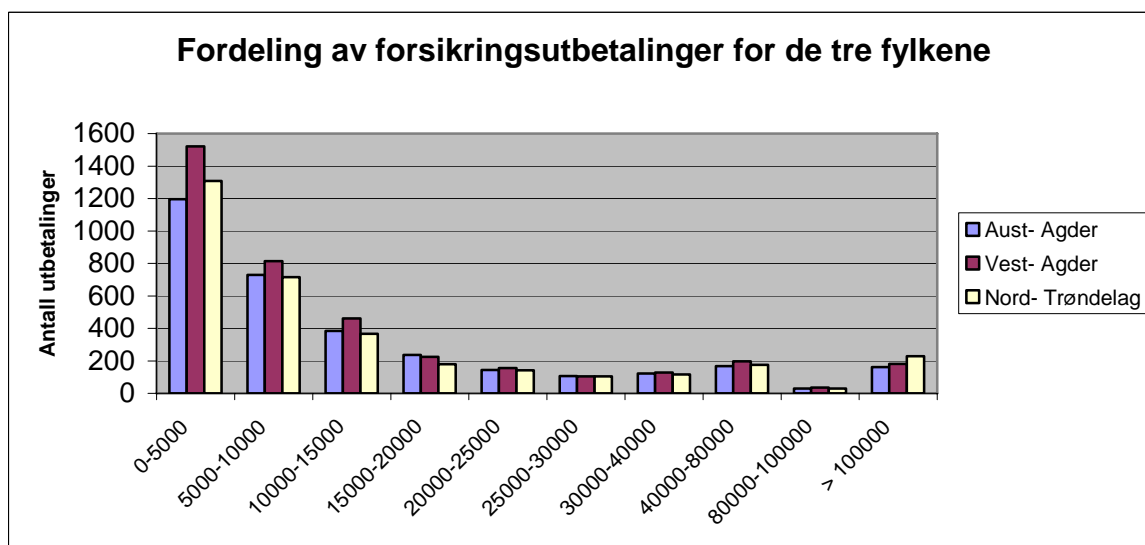


Figur 35. Fordeling av brannfrekvens per måned for øvrige årsaker, utenom elektriske fenomen og lyn

Figuren viser fordelingen av branner med andre årsaker enn *elektriske fenomen* og *lyn* over året. Fordelingen av branner med de øvrige årsakene ser ut til å være jevnere fordelt over året enn de to første. Den store toppen i NT for juli, kommer i stor grad av det store antallet skader i juli 2003. De aller fleste av disse brannene hadde *annen kjent årsak*.

### 6.3.5 Utbetalinger

Figur 36 viser fordelingen av størrelsen på forsikringsutbetalingene i det aktuelle tidsrommet.

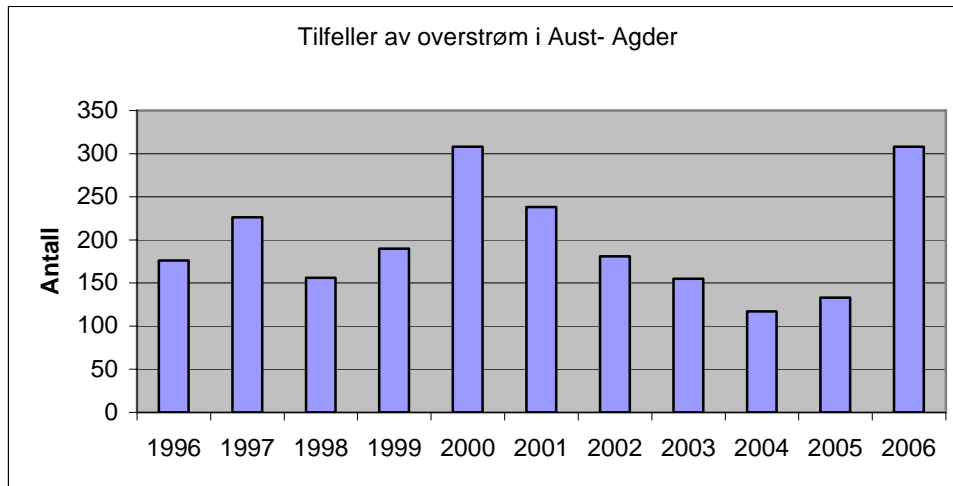


Figur 36. Fordeling forsikringsutbetalinger

En ser at det helt klart er flest utbetalinger i de laveste kostnadskategoriene, opp til 15 000 kr. Kategoriene for skader med kostnad større enn 40 000 er bredere enn de øvrige. Kald brann fører til at kun brannkilden skades, mens varm brann betegner branner som gjør større skade utover selve brannkilden. Dette medfører at kostnadene ved kald brann naturlig nok er noe lavere enn i de tilfeller hvor det oppstår varm brann. Størrelsen på utbetalingene kommer i tillegg til eventuell egenandel som forsikringstakeren betaler selv.

### 6.3.6 Overstrømshendelser på høyspent fordelingsnett i Agder

Agder Energi har levert data over overstrømshendelser som har ført til koblinger på høyspentnettet i Agder- fylkene. En vil her vurdere om det finnes en sammenheng mellom hendelser av overstrøm i høyspent fordelingsnett og skadeantall i lavspenningsinstallasjoner.

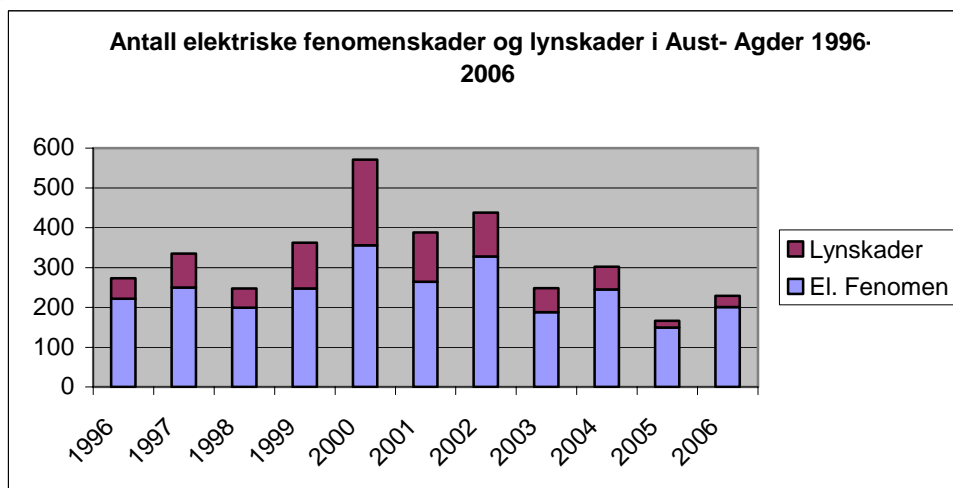


Figur 37. Tilfeller av overstrøm i Aust- Agder 1996-2006

Figur 37 viser totalt antall overstrømshendelser på høyspent fordelingsnett i Aust- Agder i perioden fra 1996 til 2006 [6]. Det er ikke mulig å skille ut doble jordfeil i denne oversikten, siden dette ikke registreres i hvert enkelt tilfelle. Oversikten inkluderer alle gjeninnkoblinger og varige utkoblinger etter overstrøm som følge av lynoverspenninger, kortslutninger og jordslutninger. Svært mange av disse har tordenvær som utløsende årsak, i en del tilfeller er det snakk om vegetasjon og vind, og noen har teknisk svikt som årsak.

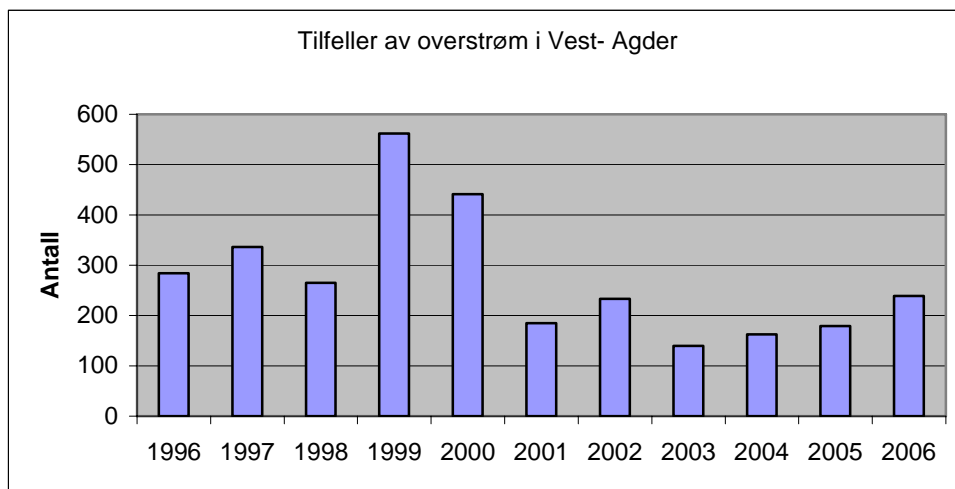
2000 og 2006 har flest overstrømshendelser på fordelingsnettet. I 2000 er utløsende årsak i stor grad tordenvær, men også noe vind på begynnelsen av året. I begynnelsen av 2006 inntraff en del overstrømshendelser med vegetasjon som utløsende årsak, men det er også dette året tordenvær som er den absolutt viktigste årsak til overstrøm. Det er også en hel del hendelser hvor utløsende årsak ikke er klarlagt.

For å vurdere i hvilken grad overstrømshendelsene har sammenheng med brannskader, ser en på antall skader i samme tidsrom.



Figur 38. Antall elektriske fenomenskader og lynskader i Aust- Agder 1996-2006

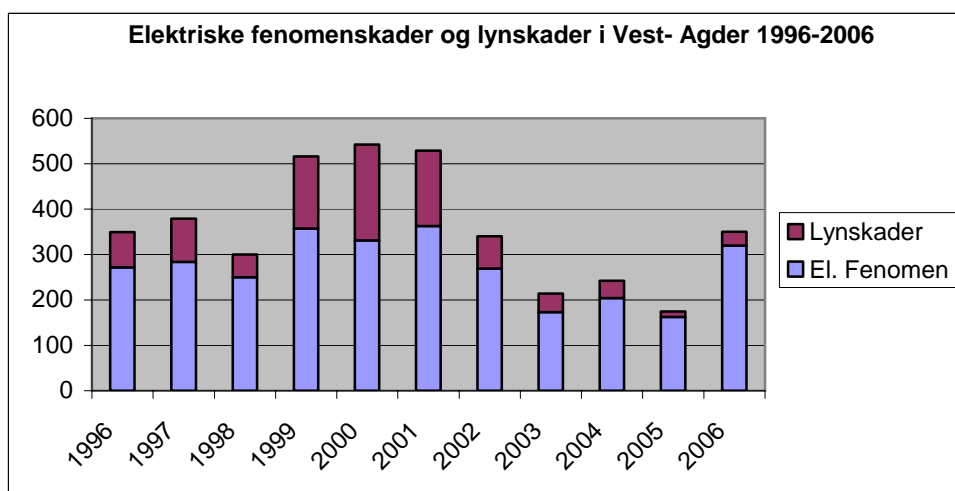
Som en ser av Figur 37 og Figur 38 følger overstrømshendelsene og skadetendensen hverandre godt, spesielt i første del av perioden. Sammenhengen er ikke like tydelig mot slutten av perioden. Dette kan kanskje tyde på at nettet er bedre rustet nå enn i begynnelsen av 2000- årene.



**Figur 39. Tilfeller av overstrøm i høyspent fordelingsnett i Vest- Agder**

Figur 39 viser antall tilfeller av overstrøm i høyspent fordelingsnett i Vest- Agder i perioden fra 1996 til 2006. 1999 har høyest antall overstrømshendelser, og utløsende årsak er i stor grad snø og is i vintermånedene, mens torden er hyppig årsak til overstrøm i sommer- og høstmånedene. Januar og november 2000 har mange koblingstilfeller som følge av tordenvær, men januar har også noen tilfeller hvor vind er registrert som utløsende årsak. November og desember 2006 er det mange tordenværshendelser på nettet.

Elektriske fenomenskader og lynskader i samme tidsrom er vist i Figur 40. En ser at 2001 skiller seg kraftig ut, i og med at skadeantallet er stort, mens antall overstrømshendelser reduseres kraftig.



**Figur 40. Elektriske fenomenskader og lynskader i Vest- Agder i 1996-2006**

De første årene ser ut til å følge hverandre godt, men etter 1999 er ikke dette like tydelig.

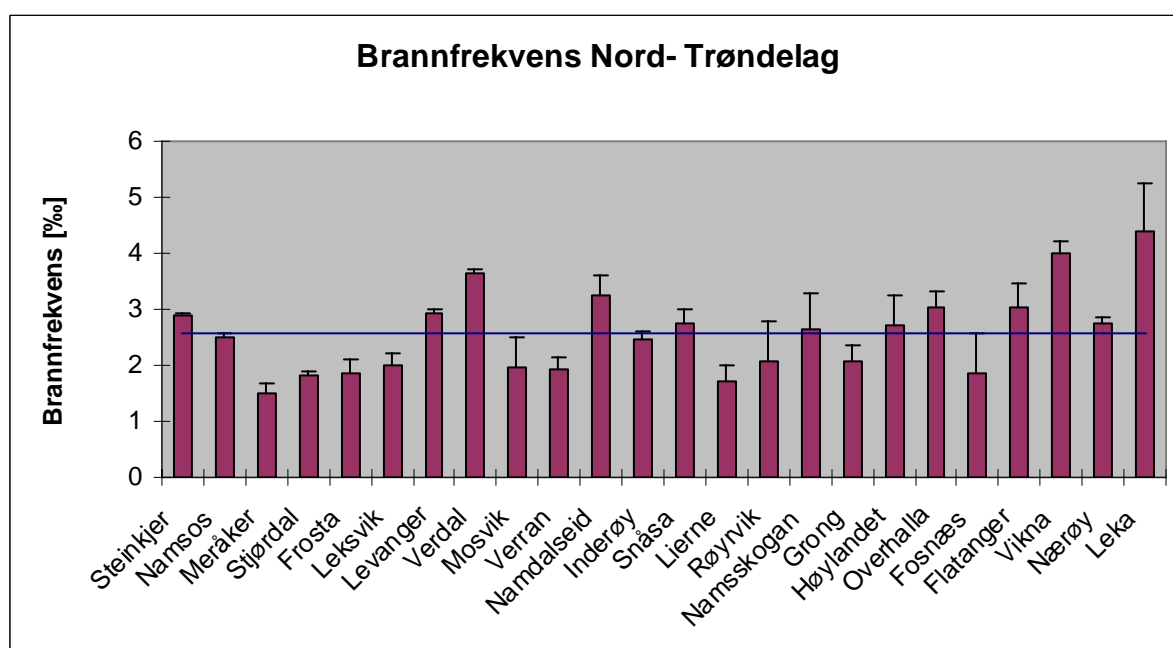
## 6.4 Kommunevis vurdering

I Vedlegg 1, Vedlegg 2 og Vedlegg 3 er brannfrekvensen for fylkene studert nærmere med hensyn på tendens over tid, brannårsaker, brannkilder, kabelandel, geografi og lynaktivitet.

### 6.4.1 Fordeling av brannfrekvens og usikkerhet

Å sammenligne kommuner med hele 2000 branner over tolv år med en kommune med bare 80 branner vil være uheldig, siden datagrunnlaget er så ulikt. Ulik datamengde kommunene imellom representerer en usikkerhet i fremstillingen av brannfrekvensen. Denne usikkerheten vises her ved dataenes sensitivitet i forhold til at ytterligere en brann inntreffer per år i analyseperioden, etter følgende formel:

$$\text{Usikkerhet} = \frac{\frac{\text{Antall branner}}{12 \text{ år}} \pm 1}{\text{Antall bygninger}} \cdot 1000 \text{ [\%]} \quad (14)$$

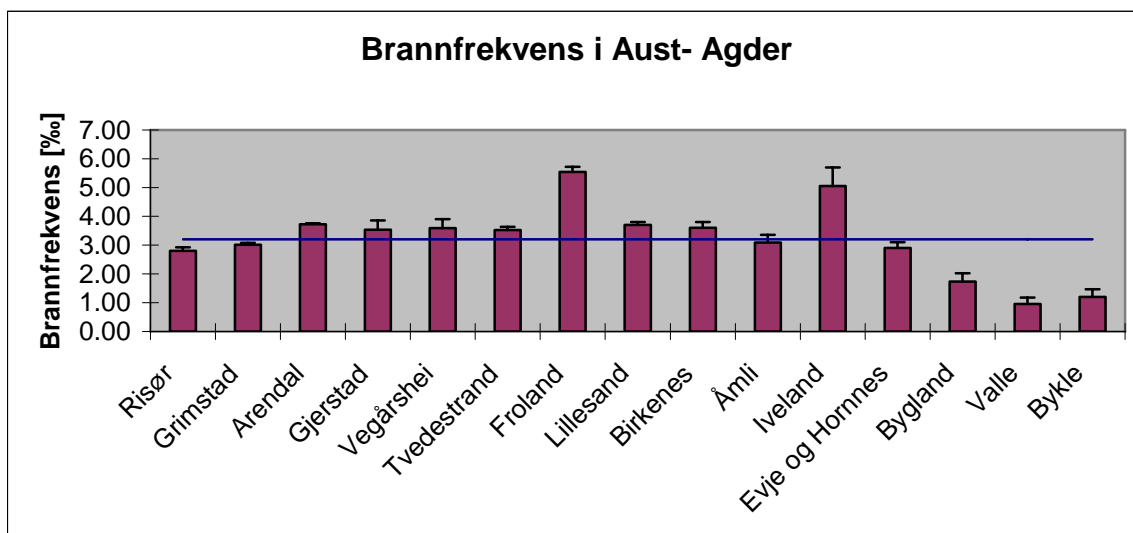


Figur 41. Brannfrekvens for Nord- Trøndelag. Den blå linja representerer gjennomsnittlig brannfrekvens for fylket

En ser i Figur 41 at mange kommuner i Nord- Trøndelag har stor følsomhet i forhold til størrelse, spesielt i den nordlige delen av fylket (mot høyre i figuren). Disse omfatter blant annet kystkommunene Leka, Flatanger og Fosnæs, og innlandskommunene Høylandet, Namsskogan og Røyrvik.

12 av 24 kommuner i dette fylket har brannfrekvens under gjennomsnittet, på 2,75 %, men dette er også fylket med høyest gjennomsnittlig usikkerhet, på 0,32 %, altså mange kommuner med lavt antall bygninger.

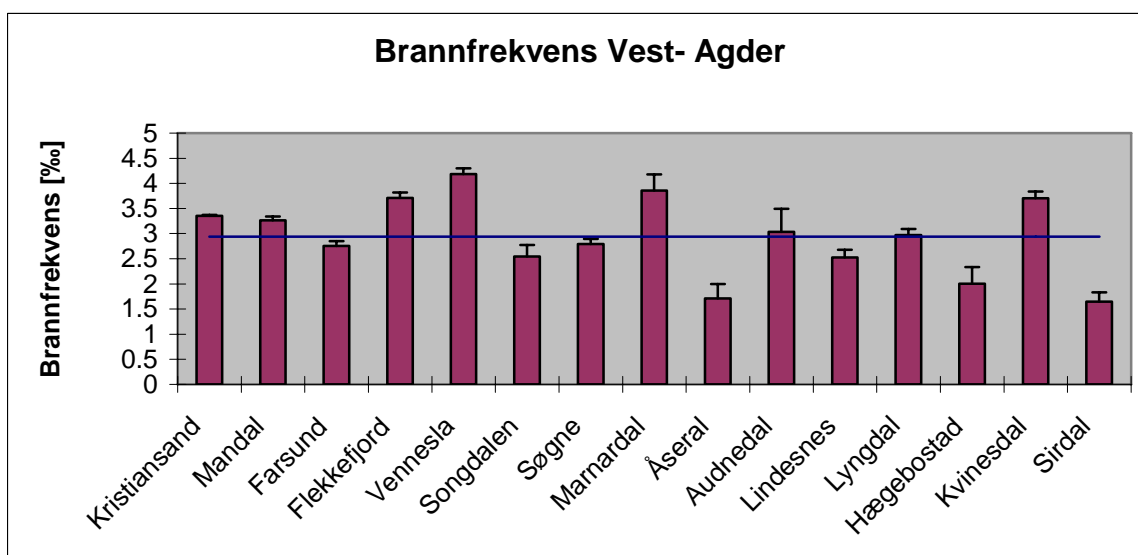




Figur 42. Brannfrekvens for Aust- Agder

Brannfrekvensen for de ulike kommunene i Aust- Agder er gitt i Figur 42. 7 av 15 kommuner ligger under gjennomsnittlig brannfrekvens, som for dette fylket er 3,2 %, og gjennomsnittlig usikkerhet er 0,22 %. Brannfrekvensen for Aust- Agder er ganske jevn, med unntak av Froland og Iveland som ligger på topp, og Bygland, Valle og Bykle som har svært lav brannfrekvens.

Det er ifølge figuren ikke mange kommuner med stor følsomhet i forhold til størrelse i dette fylket. Unntakene er Iveland, og til en viss grad Gjerstad, Vegårshei, Birkenes, Åmli, Bygland og Bykle. Arendal, Lillesand, Grimstad og Risør har lav usikkerhet i forhold til datamengde, men likevel forholdsvis høy brannfrekvens.



Figur 43. Brannfrekvens for Vest- Agder

Figur 43 viser fordelingen av brannfrekvens for Vest- Agder. Gjennomsnittlig brannfrekvens er for dette fylket 2,94 %, og gjennomsnittlig usikkerhet i forhold til datamengde er 0,18 %. 7 av 15 kommuner har brannfrekvens lavere enn gjennomsnittet.

Usikkerheten i dataene viser seg tydelig i kommunene med færrest bygninger, altså Songdalen, Marnardal, Åseral, Audnedal og Sirdal. Hægebostad, Sirdal og Åseral er store innlandskommuner med svært lav brannfrekvens. Kommunene Kristiansand, Flekkefjord, Vennesla og Kvinesdal, har høy brannfrekvens og lav usikkerhet knyttet til bygningsantall.

#### 6.4.2 Nord- Trøndelag

Vedlegg 1 gir en mer detaljert fremstilling av data fra Nord- Trøndelag

Stjørdal og Meråker er de sørligste kommunene i Nord- Trøndelag, og har forholdsvis lav usikkerhet og lav brannfrekvens. Nord for disse ligger Verdal, Levanger og Steinkjer; kommuner med lav usikkerhet i forhold til datamengde, men likevel høyere brannfrekvens enn gjennomsnittet. Namdalseid har høy brannfrekvens, og kommunen er følsom for å bli utsatt for ytterligere en brann per år. Vikna har høy brannfrekvens, men moderat usikkerhet.

I dette fylket er det Leka, Verdal og Vikna som kommer ut med høyest brannfrekvens for elektriske fenomenskader. Leka og Vikna har i tillegg høy brannfrekvens for lynskader, og betydelig usikkerhet forbundet med datamengde. De kommunene som har lavest usikkerhet i dataene, Steinkjer, Stjørdal, Levanger og Verdal, har også svært lik fordeling av brannkilder. Unntaket er Levanger hvor andelen brannskader med opprinnelse i *elektronikk og EDB- utstyr* er litt større enn i de tre andre. De kommunene med stor følsomhet for ytterligere brannskader, har også noe større spredning i hvilke brannkilder som opptrer hyppigst.

Leka har fylkets høyeste usikkerhet i forhold til datamengde, ettersom det er få bygninger i denne kommunen. Økt antall lynskader i 2001 bidrar sterkt til den høye brannfrekvensen. Vikna har spesielt god korrelasjon mellom lynskader og elektriske fenomenskader. Fra 2004 ser det ut til at antall branner jevner seg ut på et lavt nivå, men det er da elektriske fenomenskader som er hovedårsak til brannskader.

En viktig årsak til at Leka og Vikna kommer dårlig ut av statistikken er at de er kystkommuner med mye berggrunn. Dette fører til vanskelige jordingsforhold, og større fare for at overspenninger finner veien ut til installasjoner via fordelingsnettet. Mastetransformatorer har tradisjonelt blitt plassert utenfor jorder og dyrket mark, og dermed i områder med vanskelige jordingsforhold. Dette er med på å øke faren for at overspenninger og feil i høyspenningsnettet fører til skader i bygningsinstallasjoner. Ifølge Bjørn Rune Stubbe i NTE Nett [29], er det hovedsakelig IT luftnett i begge disse kommunene.

I Flatanger ble jordingsforholdene for ti mastetransformatorer utbedret i løpet av 2002. Dette er, i likhet med Leka og Vikna, en kystkommune med mye berggrunn, og en baserer seg i stor grad på avledning i fjell. Det er usikkerhet knyttet til dataene fra denne kommunen, som gjør det vanskelig å si om tiltakene har direkte innflytelse på brannfrekvensen i kommunen. Nord for Steinkjer ble vern- og jordingsforhold for nettstasjoner bedret i løpet av 2004-05.

Fra 2004 er det en markant nedgang i antall brannskader for fylket. Alle brannårsaker reduseres, men den største reduksjonen gjelder *lynskader* og de *øvrige* årsakene, *elektriske fenomenskader* reduseres noe.

Verdal har liten usikkerhet i forhold til datamengde. 1999 og 2003 skiller seg ut med høyt antall branner, og det ser ut til at lynskader bidrar til variasjonene. Elektrisk fenomenskade er dominerende av de registrerte skadeårsakene i denne kommunen.

Kabelandelen for kommunene i Nord- Trøndelag er gitt i Vedlegg 1. En finner ingen klar sammenheng mellom stor kabelandel og lav brannfrekvens; Leka har svært liten kabelandel, både for høy- og lavspentnettet, og stor brannfrekvens. Verdal har hele 70 % HV- kabel, og 30 % LV- kabel, men likevel høy brannfrekvens.

Det er ingen kommuner i Nord- Trøndelag som har svært mye større brannfrekvens enn nabokommunene.

Det er de sørligste kommunene som har høyest lyntetthet for perioden fra 2001 til 2006, med opp mot 40 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år; Verdal, Steinkjer, Meråker og Stjørdal.

### 6.4.3 Aust- Agder

Vedlegg 2 gir en mer detaljert fremstilling av data fra Aust- Agder.

Antall brannskader i Aust- Agder øker forholdsvis jevnt i perioden fra 1995 til 2000, og antallet mer enn dobles i denne perioden. Deretter reduseres antallet igjen utover 2000- tallet. Det ser ut til at det er lynskader og de øvrige årsakene som reduseres i størst grad, og at elektriske fenomener er den mest fremtredende brannårsaken for de brannkildene som er aktuelle her. I 2006 inntreffer mange hendelser av overstrøm på det høyspente fordelingsnettet. Disse er i stor grad registrert med omgivelser som utløsende årsak; tordenvær og vegetasjon er hyppigste årsak til overstrøm dette året.

I Aust- Agder har en større del av skadene kilde *ledning* og *koblingsboks* enn i Nord- Trøndelag, og en lavere andel av skadene er *kjøle-* og *fryseutstyr*. I Arendal, som har 48 % HV- kabelnett og 32 % LV- kabelnett, oppstår ca 20 % av brannene i *koblingsboks* eller *ledning*.

Froland og Iveland kommer ut med høy brannfrekvens både for elektriske fenomenskader og lynskader. Iveland har fylkets største usikkerhet knyttet til antall bygninger, og nest høyest brannfrekvens. Gjerstad, Vegårshei, Birkenes, Åmli, Bygland og Bykle er noe følsom overfor at ytterligere en brann inntreffer. Arendal, Lillesand, Grimstad og Risør har lav usikkerhet i forhold til datamengde, men likevel forholdsvis høy brannfrekvens.

Bykle, Valle og Bygland er innlandskommuner med stort areal, og det er disse som kommer best ut av statistikken med lav brannfrekvens. Evje og Hornnes, Bygland, Valle og Bykle ligger i Setesdal. Iveland er en innlandskommune med mye fjell, skog, myr og vann. Kommunen har svært spredt bosetting. Denne kommunen har en lyntetthet på litt over 40 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år, som er blant de laveste i fylket. Det er viktig å påpeke at det er perioden fra 1998 til 2001 flest skader inntraff i Iveland, og siden lyntettheten kun gjelder fra 2001 til 2006, vil det være vanskelig å konkludere med hvorvidt lyn har innvirkning på brannfrekvensen eller ikke.

Det er i Aust- Agder en tendens til at de kommunene som ligger nærmest kysten har jevn og forholdsvis høy brannfrekvens. Dette kan blant annet forklares ut ifra at det her er høyest lynaktivitet. De kommunene som har svært lav brannfrekvens har også lav lyntetthet; Bygland, Valle og Bykle kommer ut av fremstillingen med svært lav brannfrekvens. Av disse er det Valle som har lavest usikkerhet knyttet til datamengde.

Froland har høy brannfrekvens og forholdsvis liten usikkerhet knyttet til antall bygninger. Lyntettheten i denne kommunen er ca 80 lyn per 100km<sup>2</sup>/år for perioden mellom 2001 til

2006. Det er generelt høy skadefrekvens for elektriske fenomenskader i denne kommunen. I 2000 fører et uvanlig høyt antall lynskader til en dobling av skadeantallet. Dette året skiller seg ut ved at det inntraff mange lynskader i november, og det er spesielt *elektronikk og EDB-utstyr* og *annet elektrisk utstyr* som rammes. Dette skjer i samme måned som et svært energirikt lyn ble registrert, med amplitude på hele -96 kA. Det er også rapportert om noe tordenvørsaktivitet på fordelingsnettet mot slutten av måneden, uten at det er registrert lyn i området.

Det er likevel ikke bare det høye antallet branner i 2000 som gjør at brannfrekvensen i Froland blir høy. Gjennomsnittlig lyntetthet i Froland er noe høyere enn gjennomsnittet for fylket, men gjennomsnittlig lynstrøm ligger rundt 11-12 kA, som er lavere enn gjennomsnittet for fylket. Etter 2002 har antall branner i Froland gått betydelig ned.

Arendal har for det meste IT- nett på lavspenningssida, og 30 % av dette er kabelnett. Omtrent halvparten av 10kV- nettet utenfor byen er også lagt i kabel. Likevel har kommunen brannfrekvens for lynskader som ligger på linje med de fleste andre kommunen i fylket. Brannfrekvensen for elektriske fenomenskader er på nivå med Tvedestrand, Vegårshei og Birkenes. Dette taler for at andel IT- kabelnett ikke er av overordnet betydning for omfanget av elektriske skader.

Det bør nevnes at Froland og Arendal har forekomst av jernmalm i grunnen. Dette kan komplisere jordingsforhold og føre til at jordingsanlegg uforutsett påvirker hverandre.

Iveland og Evje og Hornnes, og Froland og Grimstad er nabokommuner samtidig som de har ganske stor forskjell i brannfrekvens; Iveland har nesten dobbelt så høy brannfrekvens som Evje og Hornnes, og Froland har nesten dobbelt så høy brannfrekvens som Grimstad.

Lyntettheten i dette fylket er generelt høy i forhold til både Nord- Trøndelag og Vest- Agder. Froland, Vegårshei, Tvedestrand, Gjerstad og Arendal har alle over 80 lyn per 100km<sup>2</sup>/år i perioden mellom 2001 og 2006. Bygland, Valle og Bykle har lavest lyntetthet med rundt 20 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år.

#### 6.4.4 Vest- Agder

Kommunene i Vest- Agder sine brannfrekvenser vurderes nærmere i Vedlegg 3.

Antall branner i Vest- Agder har variert en del fra år til år. Det største spranget skjer mellom 1998 og 1999, og det holder seg høyt frem til 2001. Alle brannårsaker får en økning, spesielt lynskader. Etter 2001 reduseres antall brannskader betraktelig, lynskader og de øvrige skadeårsakene reduseres mest, men også antallet elektriske fenomenskader går ned. I 2006 øker antall elektriske fenomenskader igjen. Samme år er det en liten økning i tilfeller av overstrøm i det høyspente fordelingsnett i Vest- Agder, spesielt i november og desember. De fleste overstrømstilfellene har utløsende årsak snø / is og tordenvær.

Marnardal og Audnedal er de kommunene som skiller seg ut med hensyn på brannkilde. Begge har forholdsvis lav andel *kjøle- og fryseutstyr*, Audnedal har noe høyere andel *koblingsboks*, mens Marnardal har høy andel *elektronikk og EDB*.

Vennesla er nabokommune med Iveland i Aust- Agder i øst, og Kristiansand i sør. Flekkefjord og Kvinesdal er nabokommuner vest i Vest- Agder. Flekkefjord har hovedsakelig berggrunn, og lite dyrkbar jord. Kvinesdal strekker seg fra sjø til fjells gjennom hele fylket, og har dermed store variasjoner innad i kommunen, både når det gjelder topologi og tordenværsaktivitet.

Marnardal, Audnedal, Hægebostad, Åseral, Songdalen og Sirdal er kommunene med høyest følsomhet overfor at ytterligere en brann inntreffer per år. Kristiansand, Mandal, Flekkefjord, Vennesla og Lyngdal har lavest usikkerhet. De kommunene med lavest brannfrekvens er Sirdal, Åseral og Hægebostad. Vennesla, Marnardal, Kvinesdal Flekkefjord har de høyeste brannfrekvensene for Vest- Agder, men Kristiansand og Mandal ligger også over gjennomsnittet.

Kristiansand har den høyeste kabelandelen i fylket, både for høyspennings- og lavspenningsnett. I denne kommunen oppstår omtrent 20 % av brannskadene i *koblingsboks* eller *ledning*. I tillegg har denne kommunen fylkets fjerde høyeste brannfrekvens med årsak *elektrisk fenomenskade*. Brannfrekvensen for *lynskader* er ikke høy, til tross for at Kristiansand har fylkets høyeste lyntetthet.

Sirdal og Kvinesdal er nabokommuner med stor ulikhet i brannfrekvens; Kvinesdal har over dobbelt så høy brannfrekvens som nabokommunen.. Mulige årsaker til dette kan være at Kvinesdal har større variasjon i geografi og topologi enn Sirdal, noe høyere lyntetthet, og noe høyere gjennomsnittlig lyntetthet. De har lik andel positive lyn, med ca 30 %. Sirdal har noe større usikkerhet i forhold til antall bygninger enn Kvinesdal.

Lyntettheten i Vest- Agder er ikke like høy som i Aust- Agder, men høyere enn Nord-Trøndelag. Kristiansand har fylkets høyeste lyntetthet, med over 70 lyn per 100km<sup>2</sup>/år. Vennesla og Kvinesdal har de høyeste brannfrekvensene for lynskader, og Vennesla, Flekkefjord og Marnardal har de høyeste frekvensene for elektriske fenomenskader.

Vennesla har fylkets høyeste brannfrekvens for alle brannårsaker. Lyntettheten i denne kommunen er nesten 50 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år. Fra 1998 til 1999 mer enn dobles antall branner i kommunen, og dette gir stort utslag for brannfrekvensen. Fra 2002 reduseres antall branner igjen.

## 6.5 Oppsummering av statistiske undersøkelser

Elektronikk og EDB- utstyr og koblingsboks er svært vanlige brannkilder for skader med elektriske fenomener som årsak. Disse brannkildene er noe hyppigere i Agder- fylkene enn i Nord- Trøndelag. Det er ikke funnet noen typisk rapporteringsvariasjon kommunene imellom, på bakgrunn av dataene i denne oppgaven.

*Elektrisk fenomenskade, lynskade og annen kjent årsak* er de hyppigst registrerte brannårsakene. Det er overraskende at brannfrekvensen for lynskader er omtrent like høy i Nord- Trøndelag som i Agder- fylkene, til tross for at lynaktiviteten er mye høyere i Agder. Antall lynskader reduseres mot slutten av perioden, i alle tre fylker.

I Agder- fylkene utgjør lynskade omtrent 20 %, og elektrisk fenomen omtrent 60 % av alle brannskadene som registreres. Denne tendensen er svært lik for alle kommunene i Agder. Nord- Trøndelag har mye av den samme tendensen, men det er mer spredt; andelen lynskade ligger mellom 10 % og 40 %, mens for elektriske fenomenskader ligger andelen mellom 40 % og 60 %. Brannårsaks- fordelingen er gitt i Vedlegg 4

Usikkerheten i dataene er et mål på følsomheten i forhold til at ytterligere en brann inntreffer per år. Dersom det er høy følsomhet i brannfrekvensen overfor en så liten endring, vil dette være med på å gjøre den statistiske fremstillingen usikker. Brannfrekvensen for kommuner med stor usikkerhet er svært følsom overfor enkelthendelser.

Agder- fylkene rammes av flest brannskader i perioden mellom 1999 og 2001. Spesielt Aust- Agder skiller seg ut med høyt antall skader i 2000. De fleste av disse er registrert med elektrisk årsak. En del overstrømshendelser i fordelingsnettene kommer som følge av snø/is og vegetasjon. Froland rammes spesielt hardt i november 2000, muligens på grunn av svært energirik lynaktivitet. Vinterfrost kan bidra til at jordingsforholdene forringes betraktelig, og dersom dette er tilfelle i Froland bør tiltak settes inn.

I 2000 gikk Sintef og Statnett over til et nytt lynregistreringssystem, noe som førte til en del tekniske problemer, som kommunikasjonssvikt mellom sensorer og sentralenhetene i Oslo og Trondheim. Disse problemene førte til at en hel del data gikk tapt, spesielt fra siste del av 2000 [16].

Tendensen over tid viser at det er økt skadeantall i sommermånedene når lynaktiviteten er størst, spesielt fra juni til september. Både lynskader og elektriske fenomenskader er hyppigst i lynsesongen. Den sterke korrelasjonen mellom lynskader og elektriske fenomenskader støtter opp om at bedre vern mot lynoverspenninger i nettet er nødvendig. I tillegg kan disse skadeårsakene være vanskelig å skille fra hverandre under befaring, og dermed kan noe feilregistrering forekomme. Andre forhold som virker inn på overstrømshendelser, og dermed kan påvirke brannfrekvensen er:

- fugle- og dyreliv som blant annet kan føre til at gnistgap kortsluttes og fører til overstrøm og transienter
- vegetasjon som vokser eller blåser borti faselinjene og fører til jordslutning med påfølgende utkobling
- komponentsvikt
- snø og is kan føre til redusert holdfasthet over isolatorer, og at vegetasjon blir tynget ned mot linjer
- systemjording; spolejording kan redusere antallet koblingstilfeller siden feilstrømmer reduseres, og dermed blir det også færre koblingstransienter

Det er vanskelig å sammenligne nettyper på bakgrunn av statistikk, spesielt siden en ikke vet hvilken del av nettet skaden oppsto i, hvor gammelt nettet er, hva slags installasjoner som er tilknyttet, jordingsforhold, samt hvor utsatt området er for lynoverspenninger. En ser her ingen klar sammenheng mellom høy kabelandel og lav brannfrekvens. Det er likevel noe usikkert, siden de kommunene med høy kabelandel også har høy lyntetthet. Det er da vanskelig å si om det er nettsystem eller lynaktivitet som utgjør forskjellen.

Hendelser av overstrøm i høyspent fordelingsnett ser ut til å endre seg med tendensen for brannskader fra år til år. I Vedlegg 6 er lyn og brannskader plottet sammen. De første årene ser en svært liten korrelasjon mellom antall lynnedslag som er registrert i LIZ 3 [3] og antall brannskader, men de tre- fire siste årene endres de to noenlunde i takt. Det er her viktig å være klar over at antall lyn ikke nødvendigvis har noe å si for brannfrekvensen; noen få energirike lyn kan gjøre større skade enn mange lyn med liten amplitude. Direkte lynnedslag i linjer vil også gi større påkjenning for komponenter og installasjoner enn induserte overspenninger.

Aust- Agder har høyest gjennomsnittlig brannfrekvens. Nord- Trøndelag har høyest gjennomsnittlig følsomhet i forhold til å bli utsatt for ytterligere en brann per år. De kommunene som kommer ut av normaliseringen med høyest brannfrekvens er Leka, Vikna og Verdal i Nord- Trøndelag, Froland og Iveland i Aust- Agder og Vennesla, Marnardal og Flekkefjord i Vest- Agder.

Ifølge blant annet Gjensidiges rapport [1], skal overspenninger som følge av feil i høyspent fordelingsnett erfaringsmessig ikke forekomme i lavspennings kabelnett. En kan her ikke finne en tendens til at kabelnett begrenser brannfrekvensen, men siden hyppigheten av tordenvær er stor i de områdene som har størst kabelandel, og siden detaljeringsnivået her ikke stort nok, kan en ikke si dette sikkert. Ifølge Seljeseth [15] finnes det nesten like mange transienter i blandede nett som i rene luftnett, selv om amplituden på forstyrrelsene gjennomsnittlig er noe lavere. Dette kan indikere at forstyrrelser i spenningen kommer inn i lavspenningsnettet via transformatorarrangementet, uavhengig om det er kabelnett eller luftnett på lavspentsida.

## 7 Diskusjon

### 7.1 Generelt

Gjensidiges rapport *Fører hendelser på høyspenningsnettet til brannskader i bygningsinstallasjoner?* [1] ble presentert i 2005. En del av bakgrunnen for rapporten var statistikker som viste store forskjeller i brannfrekvens i bygningsinstallasjoner i ulike deler av landet. Kunnskap om overføring av overspenninger fra høyspennings- til lavspenningsnettet via transformatorarrangementet danner grunnlaget for å se på om ulikheter i nettsystemer på høy- og lavspenningsnettet kunne forklare forskjellene. Rapporten ble basert på en hypotese om at feilstrømmer ved jordfeil på høyspenningsnettet vil kunne overføres til bygninger tilknyttet lavspenningsnettet og føre til brannskader i TT- nett og IT- nett hvor gjennomslagsvernet er havarert. Rapporten hevder at problemet vil være størst der overgangsmotstanden til jordelektroden i transformatoren er lik eller høyere enn hos abonnentene og det ikke foreligger jordingsfelleskap mellom transformator og abonnent. I tillegg sier rapporten at ”Erfaringene har vist at slike skader utelukkende skjer der hvor abonnentene har lavspennings forsyning via luftnett, og ellers der netteiers jordingsanlegg ikke er sammenkoblet med abonnentenes jordingsanlegg”. Disse påstandene er her blitt drøftet teoretisk, med mål om å teoretisk belyse i hvilken grad de er realistiske

Prosjektoppgaven [2] presenterte flere hypoteser til hva som kan medvirke til de store forskjellene kommunene imellom, og datamaterialet ble normalisert på nytt for å forsøke å fremstille brannfrekvensen på en så realistisk måte som mulig. Ved å benytte bygningstillingen [4] [5] fra Statistisk Sentralbyrå (SSB 2006) i normaliseringen fant en at fremstillingen ble mest nyansert. Ulikhetene kommunene imellom mistenkes å være noe mer komplekse enn at bare nettsystem skal være tilstrekkelig forklaring, og andre mulige årsaker er her blitt undersøkt.

### 7.2 Drøfting av Gjensidiges hypotese

#### 7.2.1 Overføring av overspenning fra HV til LV i IT og TT- nett

Når det går strøm til jord i transformatorarrangementet settes det opp en spenning over jordingsanlegget, og transformator-kassens potensial heves over fjern jord. Den største potensialhevingen inntreffer når strømmen i jordingsanlegget til transformatoren er stor, for eksempel ved doble jordfeil eller transiente overspenninger. Dersom en har TT- system på lavspennings-sida av transformatoren, i tillegg til at det er felles jord for høy- og lavspennings-sida av transformatoren, vil potensialhevingen av transformator-kassen overføres direkte til lavspenningsnettet.

Nøytralpunktet i IT- system skal være koblet til jord via en nøytralpunktsavleder, som først og fremst skal beskytte lavspenningsnettet mot store strømmer som følge av feil i selve transformatoren. Ved potensialheving av transformator-kassen øker potensialet over nøytralpunktsvernet. Dersom spenningen stiger over avlederens tennspenning, øker spenningen på LV- fasene i forhold til fjern jord.

Dersom nullpunktsvernet er løst ut via sikringen eller havarert vil tennspenningen for avlederen være svært redusert, og overspenninger vil lettere kunne overføres til lavspenningsnettet. Slike nett må ansees å være en avart av TT- system.



## 7.2.2 Nettsystem

I TT- nett er det påkrevd med utkobling ved første jordfeil siden strømmen til jord blir svært stor ved direkte jordet nullpunkt. Det er ikke krav om slike sikkerhetstiltak i IT- nett, noe som kan gi store konsekvenser også ved enpolte jordfeil, dersom nøytralpunktet er tilnærmet direkte jordet via et defekt nøytralpunktvern. Det er en kjent sak at mange nettselskap tidligere ikke har vært flinke til å følge anbefalingene for kontroll og vedlikehold av nøytralpunktvern; skifte av sikring og måling av avlederelementet.

Både i Agder- fylkene og i Nord- Trøndelag er det både isolerte og spolejordete fordelingsnett i drift. Fordelingsnettene i Nord- Trøndelag drives normalt med isolert nøytralpunkt, med hurtig automatisk utkobling ved feil i nettet. Etter å ha mottatt klager fra nettkunder pga. kortvarige utkoblinger ved jordfeil, har NTE installert spolejording kombinert med selektiv automatisk utkobling på fordelingsnettet i 15 stasjoner. NTE Nett AS har planer om å installere slikt utstyr i flere stasjoner [33].

## 7.2.3 Atskilt jord

For å redusere faren for overføring av overspenninger fra høy- til lavspenningsnettet skal jordingen for nøytralpunktet, ifølge gjeldende anbefalinger, separeres fra transformatorens jording med minimum 20 meter. Det er imidlertid fremdeles arbeid som gjenstår for å finne gode løsninger på jordingsproblematikk i forhold til transiente overspenninger. Spørsmål rundt hvordan transiente og driftsfrekvente spenninger kan føre til brannskader i elektriske anlegg skal tas opp i et nytt FoU- prosjekt som EBL (Energibedriftenes Landsforening), SefAS (Sintef Energiforskning AS) og REN (Rasjonell Elektrisk Nettvirksomhet) har utviklet sammen. Prosjektet skal *”framskaffe nødvendig kunnskap om elektroteknisk korrekt og kostnadseffektiv utforming av jordingsanlegg for å oppnå lavest mulig overgangsmotstand for lynstrømmer. I tillegg skal det utarbeides anbefalinger for sammenkobling av transformatorjording med sluttbrukeres sikkerhetsjording”*[36].

## 7.2.4 Jordingsfelleskap

Det viktigste når en vil hindre overspenninger fra å overføres via potensialheving av transformatorboksen er det lokale jordingsystemet i nettstasjonen. Dersom en sørger for at potensialhevingen blir liten, vil også faren for at spenning overføres på denne måten bli liten.

Jordingsfelleskap vil bidra til å redusere potensialhevingen ved nettfrekvente overspenninger, som for eksempel ved jordfeil. Ved slike overspenninger ”ser” overspenningen hele jordingsanlegget, og potensialhevingen blir lavere siden den ekvivalente motstanden ved parallellkobling av flere jordingsanlegg, blir lavere enn den laveste jordingsmotstanden i parallellkoblingen.

At jordforbindelse mellom transformator og abonnenter hindrer overspenninger i å overføres fra HV- til LV- sida av nettet er en godt innarbeidet oppfatning i bransjen. Arne Petter Brede i Sintef [25] har imidlertid gjort seg erfaringer som indikerer at dette ikke helt stemmer; å kutte forbindelsen mellom nettstasjonens og abonnentenes jording har i enkelte tilfeller nemlig redusert skadeantallet.

For transiente overspenninger vil impedansen i jordlederen være mye større enn for temporære overspenninger, og de abonnentene som ligger nærmest transformatoren blir hardest rammet av spenningshevingen. Når det gjelder transienter som inntreffer i kjølvannet av utkobling og gjeninnkobling ved overstrømstilfeller, for ikke å snakke om overspenninger

som oppstår i forbindelse med tordenvørsaktivitet, vil ikke jordingsfellesskap ha tiltenkt virkning.

Transienter opptrer hyppigst i luftnett, siden disse er mest utsatt for påvirkning fra omgivelsene. I blandede nett, altså der deler av fordelingsnettet består av luftlinje og delvis kabelnett, er transientene omtrent like hyppige, men med noe lavere amplitude. På dette grunnlaget kan det være rimelig å anta at mange av transientene kommer inn i nettet via transformatorarrangementet. For å få best mulig effekt av kabel, bør derfor både høyspennings- og lavspenningsnettet være kabelnett [15].

## **7.3 Statistiske vurderinger**

### **7.3.1 Usikkerheter i fremstillingene**

Usikkerhet kommer av flere aspekter.

- Lite datagrunnlag i små kommuner medfører til dels stor følsomhet for enkelthendelser.
- Branndata fra flere år tilbake normaliseres med nyere bygningsstatistikk. En tar da ikke hensyn til nybygg og rivninger.
- I noen tilfeller er det vanskelig å fastsette brannårsak, enten på grunn av de like skadebildene ved overspenningsskader mellom fase og jord, og lav kompetanse blant de som registrerer skaden kan gjøre at skader fastsettes med gal brannårsak.
- Detaljeringsgrad; at en baserer vurderingen på tendenser gjør at det er mye data som ikke kommer med her. Forhold som natur, nettkonfigurasjon, vern, vedlikeholdspraksis og installasjonsforhold gir kun grunnlag til spekulasjon. En må gå dypere inn i jordingsforhold og lokale forhold i enkeltbranner dersom en skal kunne fastslå hendelsesforløp og årsaker med sikkerhet. Dessuten er tidsaspektet et usikkerhetsmoment, siden en kun ser på tendenser, og ikke detaljerte oversikter for hvert tilfelle. Dette kan føre til at hendelser antas å ha sammenheng på grunn av har sammenfallende tidspunkt, slett ikke har noe med hverandre å gjøre.
- Nettselskapene er sammensatt av flere tidligere nettselskaper. Disse har hatt ulik praksis på registrering, jording og så videre. Dermed er det til tider vanskelig å få tak i realistiske data.
- Lyndataene fra før 2000 er noe usikre på grunn av problemer i oppstartfasen av registreringssystemet.
- Ulikheter mellom land og by i forhold til mengde elektronisk utstyr? En ser stadig større mengde EDB og elektronikk i norske hjem. Slikt utstyr er særdeles sårbart overfor forstyrrelser i nettet og spesielt overspenninger.

### **7.3.2 Tiltak som er gjennomført for å bedre forholdene**

En ny versjon av Forskrift om elektriske forsyningsanlegg (FEF) [10] trådte i kraft 1. januar 2006. Denne forskriften setter strengere krav til overføring av overspenninger fra høyspent- til lavspenningsnettet, jordingsforhold, risikovurdering og dokumentasjon i forhold til at anlegget er utført i samsvar med forskriftene. Tidsperioden som her er analysert er imidlertid 1995 til 2006, og det dermed er kun det siste året som omfattes av den nye FEF.

Jordingsforholdene ved utsatte mastetransformatorer har blitt rustet opp i Flatanger og et område nord for Steinkjer de siste årene. I tillegg har NTE hatt økt fokus på bedre tilpassede vern- løsninger I Agder har det vært fokus på å bedre jordingsforholdene ved mastetransformatorer, spesielt ved etablering av impulsjord. Dette har vært gjort siden midten av 1990- årene i Aust- Agder, og fra ca 2000 i Vest- Agder. Det er i begge nettselskaper (AE

og NTE) blitt mye større fokus de siste årene på å vedlikeholde og tilstandskontrollere nøytralpunktssvern etter uvær og i forbindelse med årlige inspeksjoner.

Det har vært stor grad av fusjonering av små nettselskaper, spesielt i Agder- fylkene og noe i Nord- Trøndelag, noe som har ført til variabel oversikt over tilstanden i nettet. Oversikten blir imidlertid stadig bedre, og nettselskapene jobber for å utbedre kvaliteten og sette inn de rette tiltakene på riktig sted til rett tid.

Atskilt jord for høy- og lavspentsida av transformatoren er ingen garanti for å hindre overførte overspenninger, men det reduserer mengden; holdfastheten til gjennomføringen til lavspenningsnettet er dimensjonerende for hvor store spenninger som skal til for at overslag inntreffer. I Agder er det etablert atskilt jord for masttransformatorer der dette er mulig. Grundt i AE [30] forteller at de har fokus på å etablere impuls- jord for nøytralpunktssida av transformatorene. I NTE [29] det også fokus på å bedre jordingsanlegg, og etablere bedre beskyttelse mot overspenninger, spesielt i lynutsatte områder. På de steder det er mulig, er atskilt jord med minimum 20 meter avstand etablert.

### 7.3.3 Fylkesvis sammenligning

De største ulikhetene mellom Agder og Nord- Trøndelag er i denne sammenhengen lynaktivitet og nettsystem i lavspenningsnettet. Topologi og værforhold kan ha noe innvirkning på brannfrekvensen, og lokale jordingsforhold ser ut til å ha mye å si.

Det er vanskelig å sammenligne nettyper på bakgrunn av statistikk, siden statistikkene sier lite om hvor gamle nettene er, hva slags installasjoner som er tilknyttet, hvor i nettet brannskader inntreffer, samt hvor utsatt området er for lynoverspenninger. Sammensetningen av kunder, kundegrupper og dermed også bruksmønster kan ha mye å si for hva slags spenningskvalitet som er i området, og dermed også ha innvirkning på resultatet. Agder har nesten hundre prosent TT- system [30], med unntak av Kristiansand og Arendal som har IT- system. Nord- Trøndelag har i all hovedsak IT- nett. Siden det er svært stor forskjell i brannfrekvensen også for kommuner i samme fylke – med samme nettsystem– er det rimelig å anta at flere forhold er med på å bestemme hvilke kommuner som kommer dårligst ut av brannstatistikken.

Det er helt klart elektriske fenomenskader som har størst innvirkning på resultatene, og samtlige kommuner i de tre aktuelle fylkene har flest elektriske fenomenskader, og også en hel del lynskader. Fordelingen av andelen brannårsakene er forholdsvis like.

Lynskader og elektriske fenomenskader registreres ofte i samme måned. Lynnedslag fører til overspenninger i nettet, og en kan heller ikke utelukke at jordfeil inntreffer som følge av tordenværsaktivitet. Om sommeren er det også en del problemer med fugler og dyr som fører til at gnistgap tenner, med påfølgende overstrøm. Dersom det har vært lynaktivitet i et område samtidig som brannskade har inntruffet, kan det være nærliggende å anta at det er snakk om lynskade. Det er viktig å påpeke at registrering av skader også kan bære preg av holdninger. Når det er kjent at nettselskapet eller kunden selv har innført tiltak for å hindre lynskader, er det lett for den som analyserer skaden å anta at lyn ikke er årsak. Likeså vil en ikke umiddelbart anta at elektriske fenomen er brannårsak i områder med LV- kabelnett, siden oppfatningen av at dette omtrent ikke skal være mulig er allment akseptert i bransjen. Slike vanskeligheter med registreringen medfører noe usikkerhet i materialet for de to skadeårsakene. Videre har det ikke vært vanlig å undersøke forhold i nettet ved alle typer branner, noe som medfører ytterligere usikkerhet i forbindelse med registreringen foretatt tidligere år.

Det er stor korrelasjon mellom lynskader og elektriske fenomenskader, noe som tyder på at lynaktivitet er et sentralt tema i forbindelse med elektriske fenomenskader. Det er viktig å påpeke at forhøyet lynaktivitet ikke trenger å bety forhøyet brannaktivitet, siden dette er avhengig av flere aspekter, som hvor lynnedslaget skjer, sårbarheten til nettet i det aktuelle området og hvor godt abonnentene er beskyttet mot slike overspenninger. Dessuten har det vært en del problemer rundt registreringen av lynaktivitet i LIZ [3], blant annet i forbindelse med omlegging til et nytt system [16].

Høy andel av brannkildene *ledning, kabel* eller *skinne*, kan tyde på etterbrenning; brannskader som oppstår etter påkjening av steil overspenning. Disse brannkildene er ofte ført med elektrisk årsak, enten som fenomenskade eller som lynskade. Ikke overraskende er det *EDB og elektronisk utstyr* som er den hyppigste brannårsaken etter *kjøl- og fryseutstyr*. *Kjøl og frys* har størst andel skadene siden disse apparatene er tilkoblet nettet hele sin brukstid, og vil dermed utsettes for det som er av transienter som måtte komme. Datautstyr, tv- apparater og elektronikk har lavere holdfasthet mot overspenninger, og er dermed mer utsatt for brannskader enn annet, mer robust, elektrisk utstyr.

Det er ingen fremtredende tendens til forskjeller mellom kommuner i forhold til skaderapportering. Ukjent årsak brukes meget sjelden for de aktuelle brannkildene, noe som tyder på at denne ikke brukes ukritisk.

Agder- fylkene har høyere andel elektriske fenomenskader enn Nord- Trøndelag, noe som både kan tyde på at der er mye lynaktivitet, og at nettsystemet i området er svært utsatt for overspenninger som følge av potensialheving av transformorkassen (TT- system). Innad i Agder- fylkene ser det ut til at de kommunene med svært lav lynaktivitet også har svært lav brannfrekvens, men blant de kommunene som har høy lynaktivitet er det større spredning i brannfrekvensen.

Brannfrekvensen for branner med lynårsak er omtrent lik i Nord- Trøndelag og Agder- fylkene, til tross for at lyntettheten er mye større i de to sørligste fylkene. Dette kan ha sammenheng med at en i de mest lynrike fylkene er bedre rustet for å motstå påkjenninger fra lynnedslag, i form av vern, og det dermed skal mer til for å føre til skade, enn i NT hvor det ikke er lynaktivitet like ofte. Det ser også ut til at midlere lynstrøm er noe høyere i Nord- Trøndelag enn i Agder- fylkene. Utover høsten, september til november, er det i Agder- fylkene flest skader inntreffer, både med lyn og elektrisk fenomen som registrert årsak.

I 1996, 1999, 2001 og 2006 har Vest- Agder høyest brannfrekvens. I 7 av 12 år har Aust- Agder høyest brannfrekvens, mens Nord- Trøndelag har høyest brannfrekvens kun i 1998. I 2003 er brannfrekvensen for Nord- Trøndelag på høyde med den i Aust- Agder. Perioden mellom 1999 til 2001 er preget av høy brannfrekvens i Agder- fylkene. Brannfrekvensen ser ut til å reduseres de siste årene.

Agder- fylkene har nesten hundre prosent TT- system. Dette er i teorien med på å gjøre Agder mer utsatt for brann enn for eksempel Nord- Trøndelag som har IT- nett. Fordelingen av hvilke brannårsaker og brannkilder som er involvert i branner og skader er meget lik i de tre fylkene. Dermed kan en neppe si at de to nettypene utgjør noen stor forskjell i selve brannstatistikken, men en kan antyde at den lille forskjellen mellom de to fylkene være basert på forskjellen i lynaktivitet og nettsystem. Dessuten har verken Agder- fylkene eller Nord-

Trøndelag kommuner med høy andel TN- system, slik at en her ikke får vurdert virkningen av å ha full TN- dekning.

### **7.3.4 Kommunevis vurdering**

#### **Nord- Trøndelag**

Leka har høy usikkerhet i tillegg til fylkets høyeste brannfrekvens. Vikna og Verdal har også forholdsvis høy brannfrekvens, men ikke like stor usikkerhet. I Leka og Vikna, jordbrukskommuner ved kysten av Nord- Trøndelag, kan den høye brannfrekvensen delvis forklares med berggrunn og vanskelige jordingsforhold. Begge kommunene har lav lyntetthet, men høy midlere lynstrøm. Ifølge Bjørn Rune Stubbe i NTE [29] har mastertransformatorer tradisjonelt blitt plassert på utsatte steder utenfor jordene i jordbrukskommunene, på høyder og i områder med vanskelige jordingsforhold. Bedring av jordingsforholdene er gjennomført i Flatanger etter 2002 [29]. I 2005 gjennomførte NTE bedring av jordingsforhold og vern i transformatorer nord for Steinkjer, i et område som har en del lynaktivitet. Det kan se ut til at disse tiltakene har hatt effekt, siden brannfrekvensen reduseres.

Verdal har høy brannfrekvens, i stor grad på grunn av økt antall lyn- og elektriske fenomenskader i forbindelse med økt lynaktivitet i 2003. Nabokommunene Steinkjer, Levanger og Inderøy har tilsvarende økninger i brannfrekvens samme år, noe som gjør det nærliggende å anta at den voldsomme lynaktiviteten dette året er årsak. Fra 2004 reduseres antall skader dramatisk.

#### **Aust- Agder**

Iveland har svært liten datamengde, og dermed stor usikkerhet. Kommunen har høy lyntetthet og over halvparten av lynnedslagene i perioden mellom 2001 og 2006 har vært positive. Mellom 2002 og 2005 reduseres antall elektriske fenomenskader i Iveland veldig, men i 2006 øker antallet igjen.

I Froland er det få skader om sommeren i forhold til vinteren. November 2000 skiller seg spesielt ut med svært høyt antall branner. De fleste av disse skadene er ført som lynskader, men omtrent en tredjedel er registrert som elektriske fenomenskader. Det var noe lynaktivitet i området denne vinteren, og det kan tenkes at vinterfrost har forringet jordingsforholdene i nettstasjonene og fører til store potensialhevinger. Eventuelt kan jordfeil fremprovosert av snø og is være en medvirkende årsak. Det er generelt høy midlere lynstrøm i Froland, noe som kan være med på å gjøre at lyn forårsaker skade. Det er ikke mulig å kryssjekke lynaktiviteten med lyndatabasen, siden denne er svært usikker i dette tidsrommet.

Lyn kan medføre overspenninger mellom fase og jord. I tillegg kan lynnedslag føre til jordfeil i nettet, som også kan resultere temporære og transiente overspenninger i lavspenningsnettet. De ulike nettsystemene har ulik grad av sårbarhet i forhold til overspenninger. I tillegg reduserer vinterfrost jordsmonnets ledningsevne, og kan forringe jordingsanleggets evne til å lede unna overspenninger. Dersom transformatorens jording forringes økes faren for potensialheving av transformatoren, og dermed også faren for brannskader. Om vinteren forekommer et høyere antall positive lyn, som har større amplitude enn negative ”sommerlyn”, som kan medføre ytterligere påkjenning. Disse forholdene kan være medvirkende årsaker til det uvanlig store antall skader i Froland november 2000.

#### **Vest- Agder**

Av kommunene i Vest- Agder er det Flekkefjord, Vennesla og Marnardal som har høyest brannfrekvens. 1 av 3 branner i Marnardal har brannkilde *EDB og elektronikk*, usikkerheten

for denne kommunen er stor. Vennesla har stort antall lynskader. Økningen i 1999 gjør at antall brannskader mer enn dobles fra året før. Overstrømshendelser på høyspent fordelingsnett øker også betraktelig i 1999, og det inntreffer mange koblinger med *snø/is* og *vind* som utløsende årsak i desember dette året.

Brannfrekvensen i Flekkefjord er svært avhengig av elektriske fenomenskader, og har svært lite lynskader. Midlere lynstrøm er ganske høy for dette fylket, og kan føre til at lynoverspenninger påvirker nettet i stor grad. Brannfrekvensen i Kvinesdal reduseres veldig fra ca 2000.

### **Kabelnett og nettsystem**

Arendal, Kristiansand, Steinkjer har de høyeste kabelandelene i fylkene, men alle kommer ut med brannfrekvens meget lik andre kommuner som er mindre i størrelse, men som ikke har like stor andel kabelnett. Dermed finner en her ingen entydig forklaring som støtter at kabelnett er bedre enn luftlinje. Med mindre både HV og LV er kabel vil det finnes like mye forstyrrelser i LV- nettet [15]. Det kan dermed tyde på at forstyrrelsene kommer inn via transformatorarrangementet, og vern, filtre og avledere på transformatoren vil være vel så viktig å fokusere på, som å få nettet lagt i jord. I innlandskommunene med lav lynaktivitet antydes det imidlertid en sammenheng mellom høy lavspennings kabelandel og lav brannfrekvens, da de kommunene med høy andel LV- kabelnett også har lav brannfrekvens.

En ser her ingen klar sammenheng mellom IT og TT- system og brannfrekvens, men det kan hende datagrunnlaget i denne oppgaven er for lite til det. I tillegg er det store variasjoner i lynaktivitet for kommunene som vurderes her, slik at det blir vanskelig å bestemme hva som egentlig er årsaken til ulikhetene.

### **7.4 Andre forhold som kan ha innvirkning på brannfrekvensen**

Gjensidiges rapport setter fokus på jordingsforhold i nettet; de påpeker at jordingen ofte ikke er god nok, og at det finnes mange halvveis- løsninger i nettet i dag. Forhold som gjør jordsmonnet inhomogent, som jernrør i forlegning i bakken, kan føre til utilsiktet gjensidig påvirkning mellom jordingsanlegg. I Froland og Arendal er grunnen rik på jernmalm, noe som også kan komplisere jordingsforholdene ytterligere.

Dersom nettet har for lav kortslutningsytelse, kan feilstømmer bli stående uten av vernet reagerer. Dette kan representere svært store belastninger for installasjoner, og medfører fare for brann.

En annen viktig brannkilde som hyppig rammes av skader er TV- apparater. Denne brannkilden er ikke tatt med i denne oppgavens vurderinger. TV- apparater kobles ofte til antenner, som i mange tilfeller kan virke som lynavledere, og følgelig kan TV- apparater være meget utsatt for lynskader. Etter hvert som flere tilkobles kabelnett, kan skadeantallet fra lynskader bli mindre. En må imidlertid være klar over muligheten for at spenningsdifferanse mellom tele- og datanett og elektrisitetsnettet.

Håkon Rosenvinge i Pronic [31], leverandør av overspenningsvern for lavspenningsinstallasjoner, hevder at vern for bruk i bygninger ikke er tilpasset norske forhold, og ikke har kraftige nok frakoblingsmekanisme. Ifølge [17] er det ikke enighet rundt dimensjonering av vern. Norge har meget utstrakt bruk av IT- nett, noe som internasjonale standarder og praksis ikke er tilpasset.

Det er også viktig å sette fokus på installatørens rolle. Det at for eksempel lynoverspenninger gjør større skade i enkelte områder enn andre kan ha mange årsaker, men dersom det slurves med installasjonen, at elektrikerer kanskje har det for travelt, ikke bruker riktig utstyr og så videre, kan installasjonen få redusert holdfasthet mot nettrelaterte skader. Det kan da hende at skader inntreffer av påkjenninger som installasjonen egentlig skal tåle. DLE fant ved *Aksjon boligbrann* [37] en hel del feil og mangler i norske hjem, til og med i nye installasjoner. Det er eier som er ansvarlig for at alt er i orden, og da er det meget viktig at en kan stole på at installatørene gjør jobben godt nok. Ofte kontroll av elektriske anlegg, i tillegg til bedre informasjon til forbrukerne er noen av virkemidlene som Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB), Det Lokale Eltilsyn (DLE), Norges Brannvernforbund (NBF) og forsikringsselskapene tror vil være med på å redusere skadeantallet. Flere prosjekter er satt i gang for å bedre kontrollen med installatører og installasjoner i bygninger, og for å forbrukerne mer obs på hvilke faresignaler en må se etter for å ivareta brann- og el-sikkerheten [23]:

- Aksjon boligbrann (DSB, NBF, Gjensidige)
- Null Feil- prosjektet (DSB, NELFO, EBL/DLE)
- Mer informasjon direkte til forbrukerne, fra DLE og forsikringsselskapene

Ved å utvide brannetterforskningen til også å gjelde omkringliggende nett og hendelser på høyspenningsnettet, vil en utvide og gjøre det statistiske grunnlaget bedre. I tillegg kan en få nyttig kunnskap om hvordan en kan bedre forholdene, hvilke områder som er mest utsatt for skader, og slik gjøre elektrisitetsnettet sikrere. Dersom en skal kunne finne ut om årsaken til en brann er elektrisk fenomen må en gjennomføre undersøkelser i nett og omgivelser ved befaring og analyse av nettdata, og gjerne kryssjekke med lyndatabasen for å vurdere årsak og konsekvens. En er da avhengig av at data fra lyndatabasen er mest mulig nøyaktige.

## 8 Konklusjon og anbefalinger

Hypotesen som Gjensidige legger frem stemmer i og med at jordingsfelleskap fungerer godt til å dempe nettfrekvente påkjenninger, da feilstrømmer ved jordfeil fordeler seg i hele jordingsssystemet. Det hypotesen derimot ikke tar høyde for er de transiente forløpene i kjølvannet av bortkobling og gjeninnkobling av topolte jordfeil, i tillegg til transienter som oppstår i forbindelse med lynaktivitet. Siden impulsstanden i jordingsssystemet er mye større enn den stasjonære motstanden risikerer en at de nærmeste abonnentene rammes hardt av transientene. Ved å skille nøytralpunktjordingen fra kassejordingen oppnår en å heve holdfastheten for overføring av overspenning fra høyspent- til lavspentnett. Atskilt jording for nøytralpunktet i transformatoren bidrar til å redusere antall skader, siden det skal høye overspenninger til for å slå over lavspenningsgjennomføringen. Forskriftene setter krav til atskilt jord i nye anlegg, og ved ombygging av gamle.

I henhold til FEF [10] skal farlige overspenninger hindres i å overføres fra HV- til LV- nettet. Dette påbudet kan bli vanskelig å oppfylle dersom en har jordingsfelleskap med den utforming som Gjensidige presenterer i sin rapport [1], siden det da er galvanisk forbindelse mellom transformatorens og abonnentens jording, og spesielt transiente spenninger vil kunne forårsake skade.

Undersøkelsene i denne oppgaven viser at kommuner med høy lynaktivitet har ofte også høy brannfrekvens. Nord- Trøndelag viser en tydelig nedgang i antall branner som faller sammen med tiltak i form av bedring av jordingsanlegg i og rundt Steinkjer. Også i Flatanger finner man en rimelig sammenheng mellom lynaktivitet og brannfrekvens. Dog er datagrunnlaget for denne kommunen lavt, og det gjør resultatet usikkert.

Sammenheng mellom lynskader og lynaktivitet er vanskelig å stadfeste siden så mye er tilfeldig, og aspekter som nedslagssted, nettkonfigurasjon, topologi i områder, jordingsforhold, gjensidig påvirkning mellom jordingsanlegg må tas hensyn til. Registreringssystemet som Statnett har utviklet i samarbeid med Sintef Energiforskning. De er i ferd med å utvikle programmet videre, og linjetraseer skal blant annet legges inn. Dette kan bli et viktig verktøy for å lette arbeidet med å vurdere hvordan nettet påvirkes av tordenvær.

I Agder- fylkene finner en at innlandskommunene med lav lynaktivitet også har lav brannfrekvens, og dessuten har innlandskommunene med høyest kabelandel på lavspenningssida også lavest brannfrekvens. Det ser ut til at brannfrekvensen er høyest ved kysten, og faller etter hvert som en kommer innover i fylket. Overstrømshendelser med påfølgende utkobling og gjeninnkobling i høyspent fordelingsnett ser ut til å korrelere forholdsvis godt med branntendensen fra år til år, men denne sammenhengen blir mindre tydelig mot slutten av perioden. Aust- Agder opplever en hel del overstrømstilfeller i 2006 som følge av snø/ is og tordenvær. Dette kan ha innvirkning på økt brannfrekvensen samme år, både i Aust- Agder og Vest- Agder.

Nettsystem har i teorien mye å si for hvor utsatt installasjonene er for brannskader, men denne tendensen er ikke lett å finne i statistikkene, siden flere faktorer spiller inn på brannfrekvensen. Lynaktivitet ser ut til å være viktig, både i forhold til direkte nedslag, og som utløsende årsak til overstrømshendelser i nettet. Kabelnett vil i større grad enn luftlinjer være skjernet mot påvirkning fra omgivelsene, men en stor del av transientene i nettet kan



likevel komme inn via transformatorarrangementet, spesielt dersom høyspennings fordelingsnett er luftlinje.

Det anbefales å se nærmere på hvordan spenningsoppbygning over jordingssystemer kan forekomme, og føre til overslag fra jord til fase, og i hvilken grad slik spenningsoppbygning kan være til skade for apparater og installasjoner. I tillegg kan det være interessant å se på hvordan spenningsdifferanse mellom tele- og datanett kan ha innvirkning på skadefrekvens i datautstyr.

## 9 Referanser

- [1] Rød, O., Fører hendelser på høyspenningsnettet til brannskader i bygningsinstallasjoner? [online], Gjensidige, 2005. Tilgjengelig fra <http://www.gjensidige.no/forsikring/internet/binary?id=5162&download=true> [sist besøkt 9. juni 2007 ]
- [2] Stangeland, H., *Elektriske branner i lavspenningsinstallasjoner* (Prosjektoppgave ved institutt for elkraftteknikk, NTNU, 2006)
- [3] Lyndatabasen, LIZ 3, Sintef Energiforskning, SefAS <http://energy.sintef.no> v/ Dahlslett, F., e- post: [frank.dahlslett@sintef.no](mailto:frank.dahlslett@sintef.no)
- [4] Statistisk Sentralbyrå, SSB [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/fobbolig>, [sist besøkt: 20. april 2007]
- [5] Statistisk Sentralbyrå, SSB [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/vis/emner/10/09/bygningsmasse/main.html> [Sist besøkt: 20. april 2007]
- [6] Lossius, M. ([Morten.Lossius@ae.no](mailto:Morten.Lossius@ae.no)), *Overstrømshendelser i Agder 1996-2006*, Agder Energi, personlig kontakt i perioden april- juni 2007, e-post til Hilde Stangeland ([hildesta@stud.ntnu.no](mailto:hildesta@stud.ntnu.no))
- [7] Herrmann, R., ([reidulf.herrmann@nte.no](mailto:reidulf.herrmann@nte.no)), Nord- Trøndelags Elektrisitetsverk, personlig kontakt våren 2007, e- post til Hilde Stangeland ([hildesta@stud.ntnu.no](mailto:hildesta@stud.ntnu.no))
- [8] Røynesdal, O., ([Ove.Roinesdal@fnh.no](mailto:Ove.Roinesdal@fnh.no)) Finansnæringens hovedorganisasjon FNH, personlig kontakt våren 2007, e- post til Hilde Stangeland ([hildesta@stud.ntnu.no](mailto:hildesta@stud.ntnu.no))
- [9] Hammerhaug, K., ([Kjell.Hammerhaug@nte.no](mailto:Kjell.Hammerhaug@nte.no)) Det lokale Eltilsyn ved Nord- Trøndelag Elektrisitetsverk, november- desember 2006, e- post til Hilde Stangeland ([hildesta@stud.ntnu.no](mailto:hildesta@stud.ntnu.no))
- [10] Forskrift om Elektriske Forsyningsanlegg med veiledning, FEF, [online] Tilgjengelig fra <http://www.dsb.no/File.asp?File=Publikasjoner/forskriftelektriskeforsyanlegg.pdf> [Sist besøkt 31. mai 2007]
- [11] Andreassen, J. C., Hafslund [online] [http://ekstranett.hafslund.no/arkiv/ekstranettarkiv/xtranett\\_les/Fagforum\\_Nettkrav/Underlag/Ny\\_FEF\\_innhold\\_konsekvenser.ppt#280,1,Høringsforslag\\_til\\_ny\\_forskrift\\_om\\_elektriske\\_forsyningsanlegg\\_\(FEF\)](http://ekstranett.hafslund.no/arkiv/ekstranettarkiv/xtranett_les/Fagforum_Nettkrav/Underlag/Ny_FEF_innhold_konsekvenser.ppt#280,1,Høringsforslag_til_ny_forskrift_om_elektriske_forsyningsanlegg_(FEF))
- [12] Hansen, E. H., *Elektroinstallasjoner*, utgave 2003, 2. opplag. Classica Forlag AS, 2004
- [13] Solvang, E., *Kompendium i emnet TET 4115 Elektriske kraftsystemer ved NTNU*, 2005
- [14] El- tjeneste, *Revisjon og vedlikehold av nullpunktssikring* [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.el-tjeneste.no/cms/dokumenter/Datablad-NPS.pdf>[sist besøkt 9. juni 2007]

- [15] Seljeseth, H., *Spenningskvalitet og kortvarige avbrudd i Norge. Riktes tilstand 1993-2003* (2004) SINTEF Teknisk rapport TR A5883.
- [16] Dahlslett, F., Sintef Energiforskning, Personlig kontakt i perioden september 2006 – juni 2007, e- post: [frank.dahlslett@sintef.no](mailto:frank.dahlslett@sintef.no)
- [17] Høidalen, H. K., *Overspenninger og overspenningsvern*, kompendium i faget TET 4130 ved NTNU, 2003
- [18] Høidalen, H. K., Lightning- induced Overvoltages in Rural Isolated Neutral Low voltage Systems, Proc. ICLP 2006, III-6, s. 485- 490, Sept. 18- 21, 2006, Kanazawa- Japan
- [19] Seljeseth, H., personlig kommunikasjon 3. mai 2007, e- post: [helge.seljeseth@sintef.no](mailto:helge.seljeseth@sintef.no), e- post til Hilde Stangeland ([hildesta@stud.ntnu.no](mailto:hildesta@stud.ntnu.no))
- [20] NEK 400: 2006, Norsk Elektroteknisk Norm, Elektriske lavspenningsinstallasjoner, 3. utgave.
- [21] Korneliussen, T., *Jordingshåndboka*, Elforlaget, Norges Elektroentreprenørforbund, 1. utgave, 1. opplag, 1996
- [22] Sintef Energiforskning AS, *Overspenninger og vern*, Info- blad 7.4, 1999
- [23] Gjensidige.no [online], *Brannseminar 2006*, Tilgjengelig fra: <https://www.gjensidige.no/forsikring/internett/side?id=c373e90975a529effcf400096ba3ef3a&DocID=14730> [Sist besøkt 12.juni 2007]
- [24] Holtan, J., Personlig kontakt februar/mars 2007, e-post: [joern@jnholtan.no](mailto:joern@jnholtan.no), e- post til Hilde Stangeland ([hildesta@stud.ntnu.no](mailto:hildesta@stud.ntnu.no))
- [25] Brede, A. P., Sivilingeniør/ Forsker ved Sintef Energiforskning AS. Personlig kontakt i perioden mellom januar og juni 2007. E- post. [Arne.petter.brede@sintef.no](mailto:Arne.petter.brede@sintef.no)
- [26] Store Norske Leksikon [online] Tilgjengelig fra <http://www.snø.no/article.html?id=10360850&menu=733655> [Sist besøkt 9. juni 2007]
- [27] Sintef Energiforskning AS (Tidligere EFI, Energiforsyningens forskningsinstitutt), *Overspenninger og vern*, Infoblad 7.1, 1995
- [28] Sintef Energiforskning AS (Tidligere EFI, Energiforsyningens forskningsinstitutt), *Overspenninger og vern*, Infoblad 7.3, 1990
- [29] Stubbe, B. R., ([Bjorn.Rune.Stubbe@nte.no](mailto:Bjorn.Rune.Stubbe@nte.no)), Nord- Trøndelag Elektrisitetsverk, personlig kontakt våren 2007, e- post til Hilde Stangeland ([hildesta@stud.ntnu.no](mailto:hildesta@stud.ntnu.no))
- [30] Grundt, R. E. ([Rolf.Erlend.Grundt@ae.no](mailto:Rolf.Erlend.Grundt@ae.no)), Agder Energi Nett, personlig kontakt høsten 2006 og våren 2007

- [31] Rosenvinge, H. ([protection@pronic.no](mailto:protection@pronic.no)), Pronic Overspenningsbeskyttelse
- [32] Trygg og sikker overspenningsvern, Tilgjengelig fra: <http://www.tryggogsikker.no/html/250.html> [Sist besøkt 13. juni 2007]
- [33] Regional Kraftsystemutredning Nord- Trøndelag [http://www.nte.no/Vedlegg/Publisering/Filer/KSU-2006\\_N-T.pdf](http://www.nte.no/Vedlegg/Publisering/Filer/KSU-2006_N-T.pdf)
- [34] Norge.no [online], Tilgjengelig fra: <http://www.norge.no/kart> [Sist besøkt: 10. juni 2007]
- [35] Lokal energiutredning i 2006, [online] Tilgjengelig fra: <http://www.aenett.no/nett/> [Sist besøkt 12. juni 2007]
- [36] EBL Nytt nr 20, [online] 25. mai 2007 Tilgjengelig fra: <http://www.ebl.no/getfile.php/Filer/EBL-nytt%202007/Nr%2020> [sist besøkt 12. juni 2007]
- [37] Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.nelfo.no/Elsikkerhet/bergen06/dokumenter/Elsikkerhetskonferansen%20i%20Bgn%202006.pdf>. [Sist besøkt 13. juni 2007]

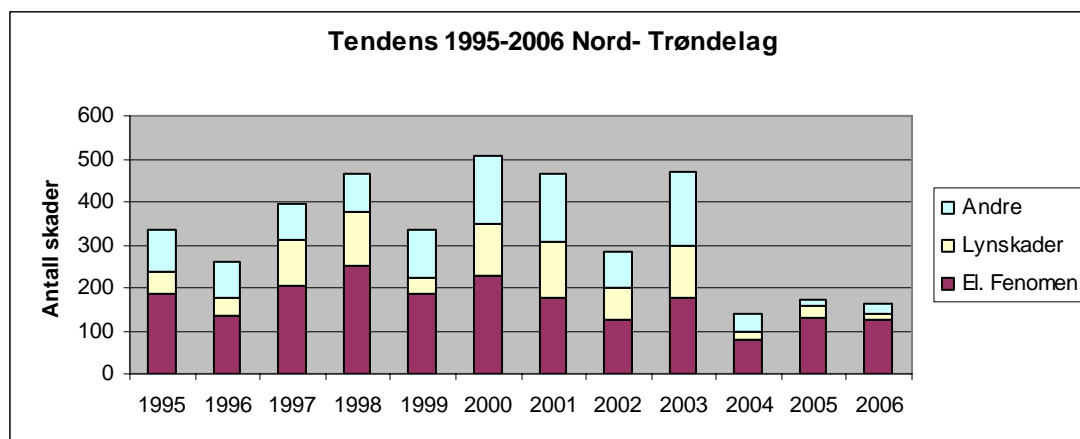
## 10 Vedlegg

Vedlegg	1:	Nord- Trøndelag
Vedlegg	2:	Aust- Agder
Vedlegg	3:	Vest- Agder
Vedlegg	4:	Brannårsak, andel
Vedlegg	5:	Lyndata
Vedlegg	6:	Lyn vs. brann

# Vedlegg 1      **NORD- TRØNDELAG**

## Tendens over tid

Antall brannskader i Nord- Trøndelag for tolvårsperioden er vist i Figur 44. Det er her fokus på å skille det en kan kalle elektriske skader, lynskader og elektriske fenomenskader, fra øvrige brannårsaker, altså branner på grunn av feil bruk, dårlig vedlikehold og lignende. 1998, 2000, 2001 og 2003 har det høyeste antall skader, både totalt og de med elektrisk årsak.

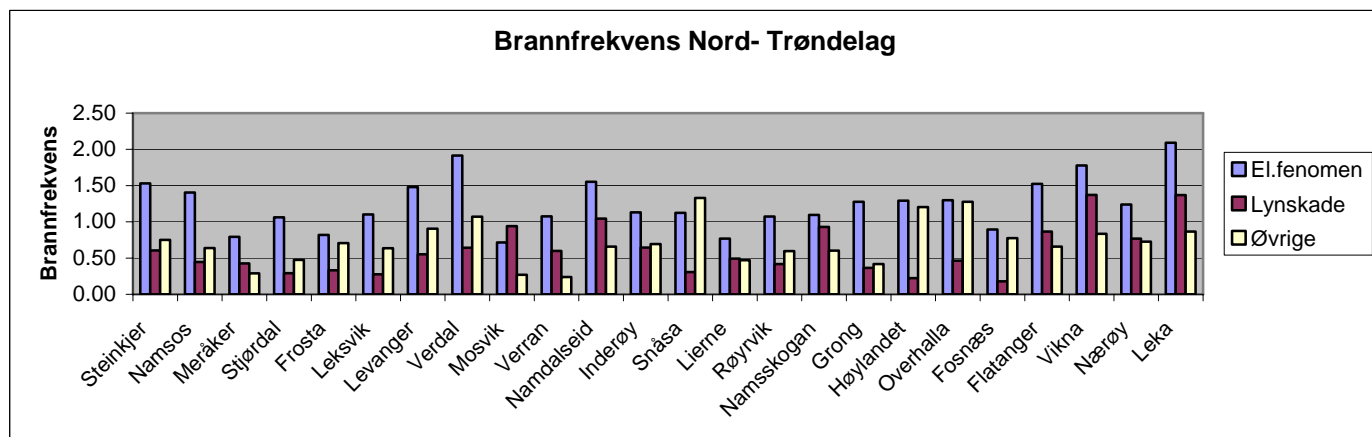


Figur 44. Tendens fra 1995-2006 i Nord- Trøndelag

Fra 2004 kan en se en markant nedgang i antall brannskader for fylket. Alle brannårsaker reduseres, men den største reduksjonen gjelder *lynskader* og de øvrige årsakene. Elektriske fenomenskader reduseres noe. I Flatanger ble jordingsforholdene for ti mastetransformatorer forbedret i 2002. Et område nord for Steinkjer som er spesielt utsatt for lynpåkjenninger, fikk utbedret jordingsforhold i løpet av 2004- 2005 [29]. I tillegg har nettselskapet jobbet med bedre løsninger i forhold til overspenningsvern i nettet [25][29].

## Brannårsaker

Figur 45 viser fordelingen av brannfrekvens per kommune i Nord- Trøndelag, fordelt på brannårsak.

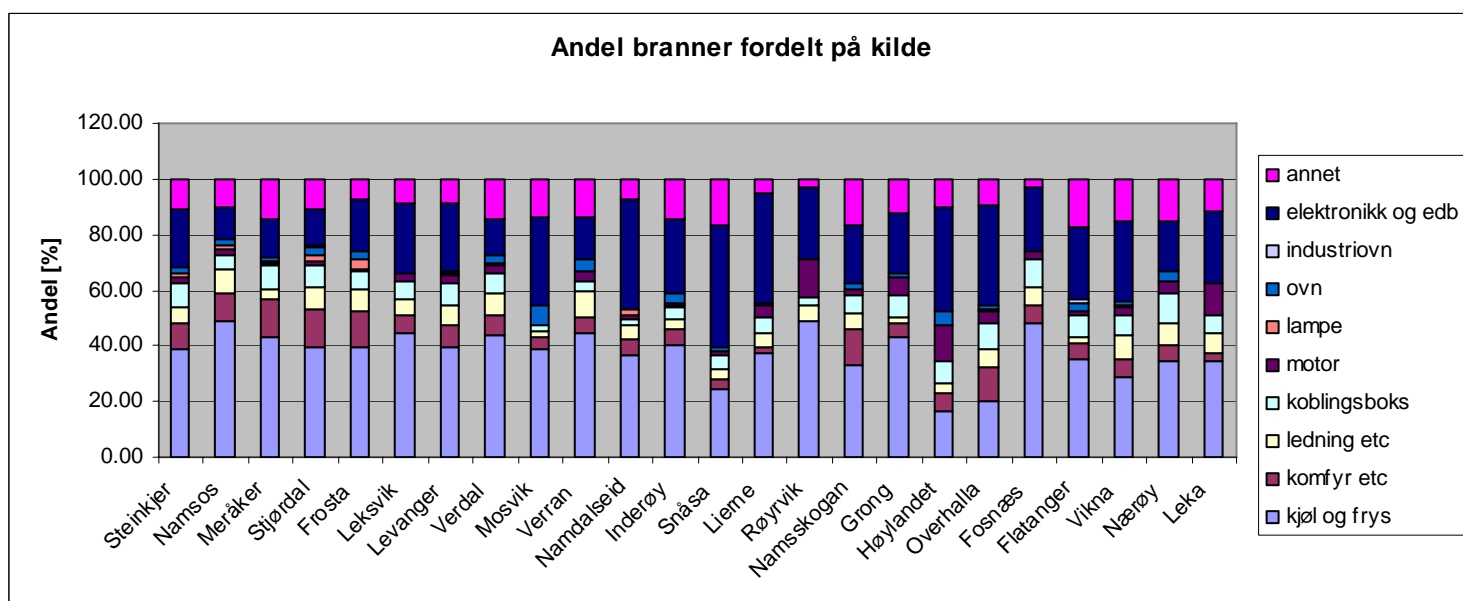


Figur 45. Kommunevis brannfrekvens i Nord- Trøndelag

Av figuren ser en at det er Leka, Verdal og Vikna som har høyest brannfrekvens der elektriske fenomenskader er registrert årsak. Leka og Vikna har høyest brannfrekvens for de skader som er registrert som lynskader, men også Namdalseid, Mosvik og Namsskogan har høy brannfrekvens for lynskader. Snåsa, Overhalla og Høylandet er de kommunene med høyest andel av de øvrige brannårsakene, som inkluderer *feil bruk av utstyr, teknisk svikt, selvantennelse* og så videre.

## Brannkilder

Figur 46 viser hvordan de ulike brannkildene fordeler seg i kommunene i Nord- Trøndelag. Selv om det er noen individuelle forskjeller mellom kommunene, er det stort sett det samme forholdet mellom brannkildene. Dette gjelder særlig de kommunene som har stor datamengde, som blant annet Namsos, Steinkjer, Stjørdal og Levanger. Namsos har noe høyere andel *kjøl og frys*, og lavere andel *elektronikk og EDB* enn de andre tre kommunene.



Figur 46. Andel branner i Nord- Trøndelag fordelt på brannkilder

En ser at *kjøle- og fryseutstyr* utgjør en stor del av skadeomfanget i alle kommuner, med rundt 40 prosent i 2/3 av kommunene og mellom 20 og 40 prosent i de øvrige. *Elektronikk og EDB-utstyr* har rundt 40 prosent i Snåsa, Namdalseid og Høylandet, og mellom 10 og 20 prosent i de øvrige kommunene. Brannkildene *ledning og koblingsskinne* har høyest andel i Vikna, Verran og Namsos, og utgjør opp mot ti prosent av alle brannene i kommunene over de 12 årene som her er aktuelle. *Koblingsboks* utgjør omtrent ti prosent av alle branner i Nærøy, Fosnæs og Overhalla. I Leka, Høylandet og Røyrvik oppstår mellom ti og femten prosent av brannene i motorer. De brannkildene som ikke omfattes av kategoriene over, kommer i kategorien *annet*. Denne betegnelsen er rimelig hyppig brukt i alle kommuner utenom Lierne, Røyrvik og Fosnæs, hvor under fem prosent av brannene er registrert i kategorien *annet*. Med noen unntak ser det ut til at kommunene har noenlunde lik fordeling med hensyn på brannkilder.

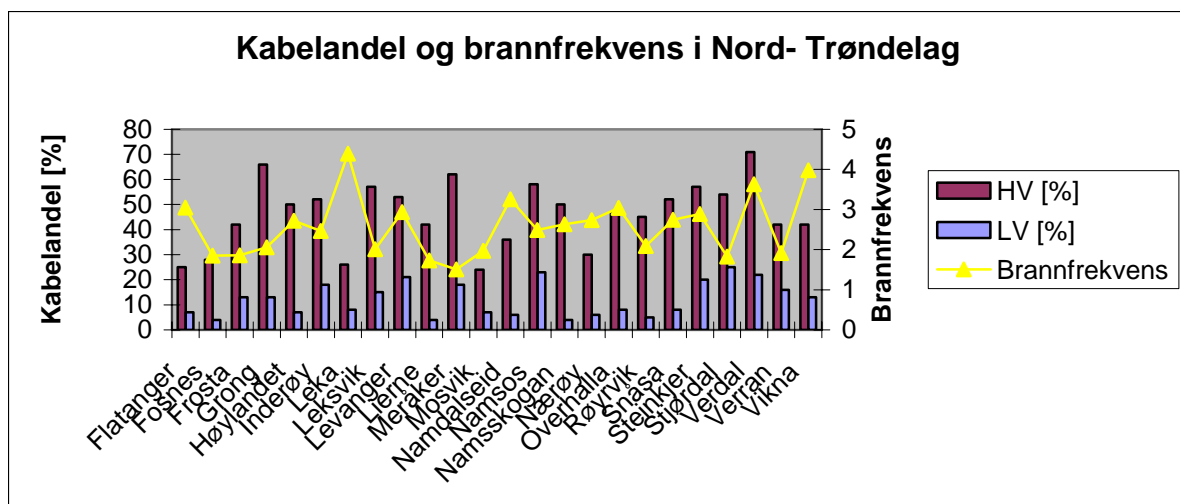
Dersom en ser bort ifra brannkilde *elektronikk og EDB* er det Verdal som kommer dårligst ut av statistikken, tett fulgt av Leka og Vikna. Ser en bort fra *kjøle- og fryseutstyr* kommer Verdal lavere ut, mens Leka og Vikna igjen har høyest brannfrekvens. I Nord- Trøndelag er det dermed *Elektronikk og EDB* som er den brannkilden med størst innvirkning på resultatet.

## Kabelandel

Tabell 5 viser kabelandelen for Nord- Trøndelag, både for høyspenning og lavspenning fordelingsnett.

Tabell 5. Kabelandel for Nord- Trøndelag

Kommune	HV fordeling [km]		LV fordeling [km]		Andel kabel av totalt antall km	
	Kabel	linje	Kabel	linje	HV [%]	LV [%]
FLATANGER	37.424	109.992	11.913	154.295	25	7
FOSNES	21.705	55.880	3.392	78.663	28	4
FROSTA	78.126	105.942	13.880	90.261	42	13
GRONG	126.335	65.518	20.164	129.656	66	13
HØYLANDET	50.333	51.073	6.984	88.369	50	7
INDERØY	167.086	154.931	29.119	135.836	52	18
LEKA	20.203	58.450	3.543	42.739	26	8
LEKSVIK	125.467	96.560	21.399	123.860	57	15
LEVANGER	450.565	392.527	100.777	370.009	53	21
LIERNE	82.219	113.631	10.300	283.837	42	4
MERÅKER	157.861	96.767	27.664	129.294	62	18
MOSVIK	24.963	80.070	5.642	72.956	24	7
NAMDALSEID	44.466	80.439	10.039	149.416	36	6
NAMSOS	273.698	195.221	68.132	226.194	58	23
NAMSSKOGAN	56.747	57.634	5.926	146.382	50	4
NÆRØY	139.421	325.107	25.512	429.680	30	6
OVERHALLA	84.567	96.000	12.712	138.338	47	8
RØYRVIK	27.039	32.581	6.245	117.621	45	5
SNÅSA	90.959	82.656	14.701	166.515	52	8
STEINKJER	486.464	372.093	119.379	488.365	57	20
STJØRDAL	374.223	313.243	100.097	307.763	54	25
VERDAL	422.719	176.490	76.777	268.158	71	22
VERRAN	68.051	92.107	23.076	123.388	42	16
VIKNA	91.189	124.157	26.407	179.302	42	13



Figur 47. Kabelandel og brannfrekvens i Nord- Trøndelag

Figur 47 viser kabelandel for høyspent- og lavspent fordelingsnett, og brannfrekvens for de ulike kommunene i Nord- Trøndelag. Leka, Vikna og Flatanger har lave kabelandeler og høye



brannfrekvenser. Verdal har imidlertid fylkets høyeste kabelandel for høyspent fordelingsnett, og likevel svært høy brannfrekvens. Meråker har høy kabelandel og lav brannfrekvens.

## Geografi

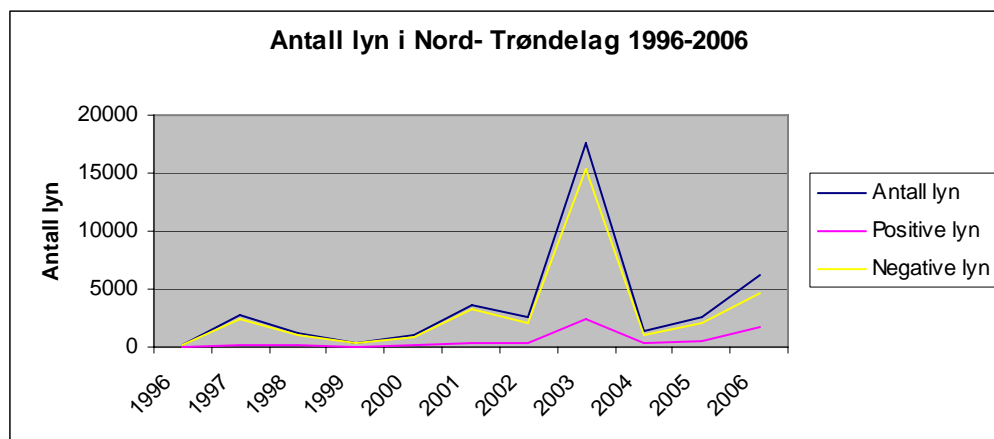


Figur 48. Kart over Nord- Trøndelag [34]

Figur 48 viser kart over Nord- Trøndelag, og en ser hvordan de ulike kommunene er plassert i forhold til hverandre. Slik er det lettere å vurdere de ulike kommunene mot hverandre, spesielt når det gjelder geografisk avhengige forhold.

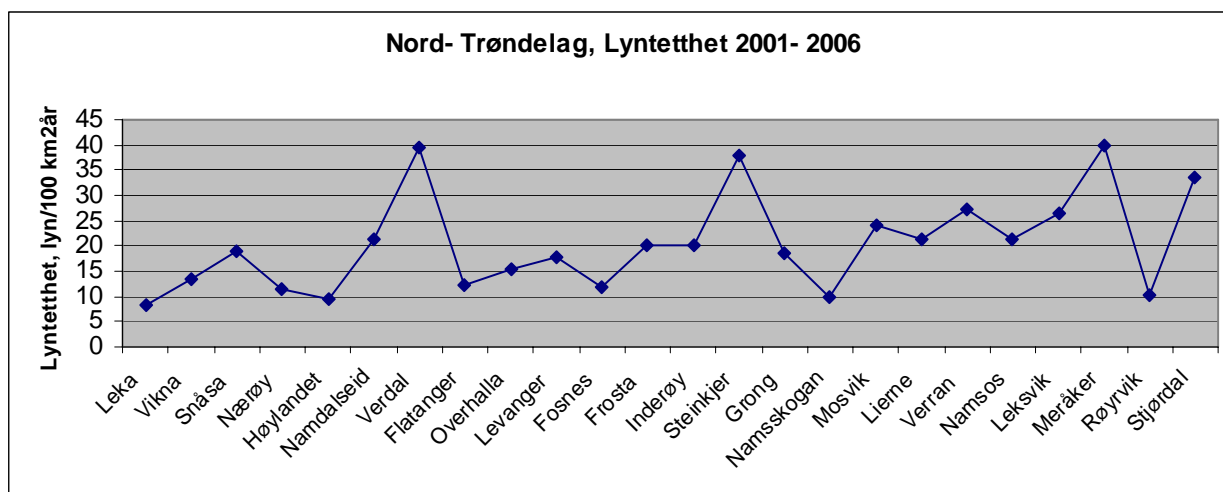
## Lynaktivitet i Nord- Trøndelag

Antall lyn for hele Nord- Trøndelag fra perioden fra 1996 til 2006 er vist i Figur 49. Endringen fra år til år er ganske tydelig. 2001 har bortimot 4000 lyn, og 2003 skiller seg spesielt ut med en voldsom økning; over 16 000 lyn. I 2006 øker antall lyn igjen. Dataene fra før 2000 er noe usikre.



Figur 49. Antall lyn i Nord- Trøndelag 1996 - 2006

Lyntettheten for Nord- Trøndelag er plottet i Figur 50 og viser at Verdal, Steinkjer, Meråker og Stjørdal har høyest lyntetthet. Meråker har, til tross for høy lyntetthet, en av de laveste brannfrekvensene av kommunene i fylket.



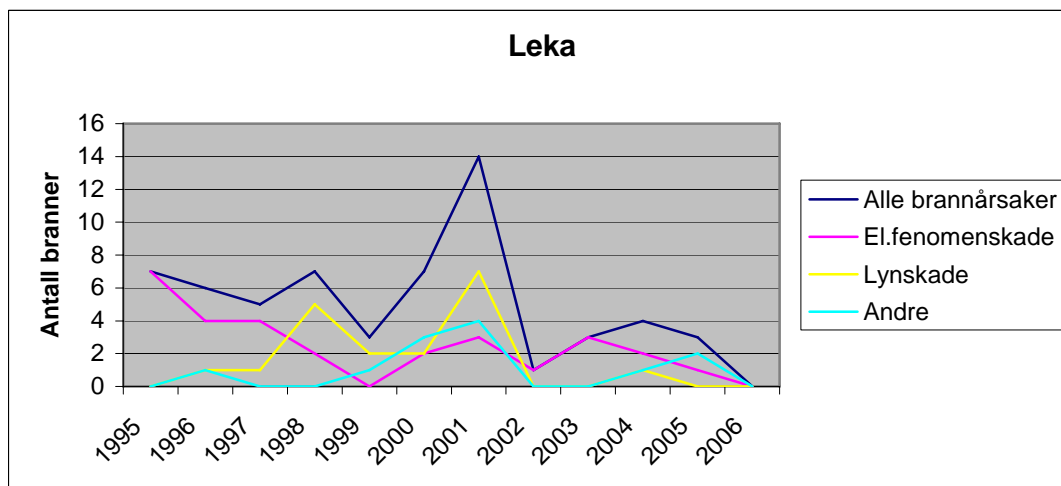
Figur 50. Lyntetthet for Nord- Trøndelag 2001 – 2006

Lyntettheten i Nord- Trøndelag er beregnet på grunnlag av lyndata fra perioden mellom 1. januar 2001 til 31. desember 2006. Fylkets høyeste lyntetthet forekommer i Verdal, Steinkjer, Stjørdal og Meråker. De aller fleste kommunene i fylket har lavere lyntetthet enn 25 lyn per 100km<sup>2</sup>/år.

## Et nærmere blikk på noen av kommunene

### Leka

Leka er en kystkommune med mye berggrunn, som grenser til Vikna og Nærøy. Som en ser i Figur 51 har Leka en økning i antall branner i 2001. Elektriske fenomenskader øker også dette året, men det er lynskader som utgjør størsteparten av brannskadene. 2001 var forholdsvis lynrik, og Leka opplevde økt lynaktivitet, noe som sannsynligvis medvirker til at akkurat dette året skiller seg ut.

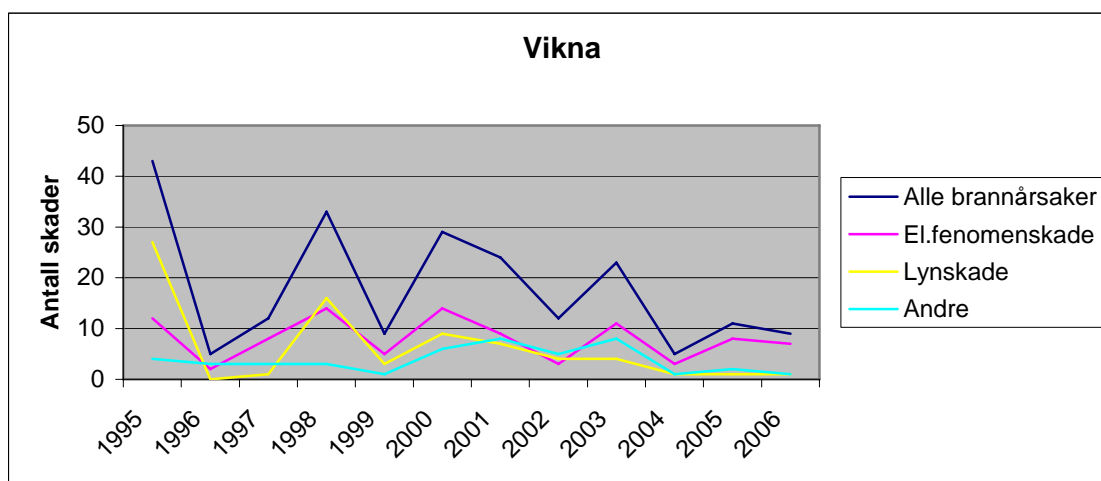


Figur 51. Utviklingen i Leka 1995-2006

Siden Leka har forholdsvis stor usikkerhet knyttet til liten bygningsmasse, skal det ikke stor endring i parametrene til før brannfrekvensen endres. Dette indikerer at enkelthendelser kan spille inn på brannfrekvensen. *Elektriske fenomenskader* og *lynskader* viser tendens til nedgang, og det ser ut til at det totale antall branner reduseres, i tidsrommet fra 2002 til 2006. Leka har en gjennomsnittlig lyntetthet på bare 8,46 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år (2001-2006). Midlere lynstrøm er 26,1kA for positive lyn, og -21,9kA for negative.

## Vikna

Antall brannskader mellom 1995 og 2006 for kystkommunen Vikna er vist i Figur 52. En ser at skadeantallet har en generell reduksjon mot slutten av perioden. Også her stikker noen år seg ut; 1998, 2000 og 2003.

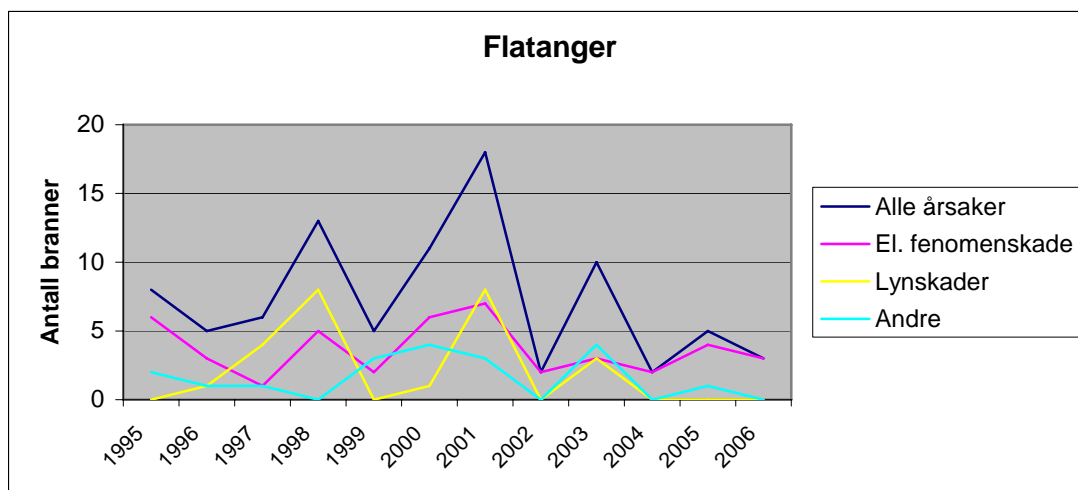


Figur 52. Utviklingen i Vikna 1995-2006

Antall brannskader og bygninger for Vikna er betydelig større enn for Leka, noe som gjør statistikken her mindre usikker. Denne kommunen ligger også ved kysten av Nord-Trøndelag. Den generelle tendensen for Vikna er at antall branner stabiliserer seg på et rimelig lavt nivå etter 2004, men som i Leka kan det se ut til at den brannårsaken som har minst reduksjon i perioden er *elektriske fenomenskader*. Vikna har en gjennomsnittlig lyntetthet på 13,3 lyn per 100 km<sup>2</sup>/ år (2001-2006). Midlere lynstrøm for denne kommunen er 22,7 kA og -22,3 kA.

## Flatanger

Av Figur 53 ser en at lynårene 2001 og 2003 faller sammen med økning i antall branner. Det er noe elektrisk fenomenskade etter 2002, men ingen skader registreres som lynskader etter 2004. Elektriske fenomenskader har lite nedgang over årene. Figuren viser at det totale antall branner reduseres fra 1995 til 2006.

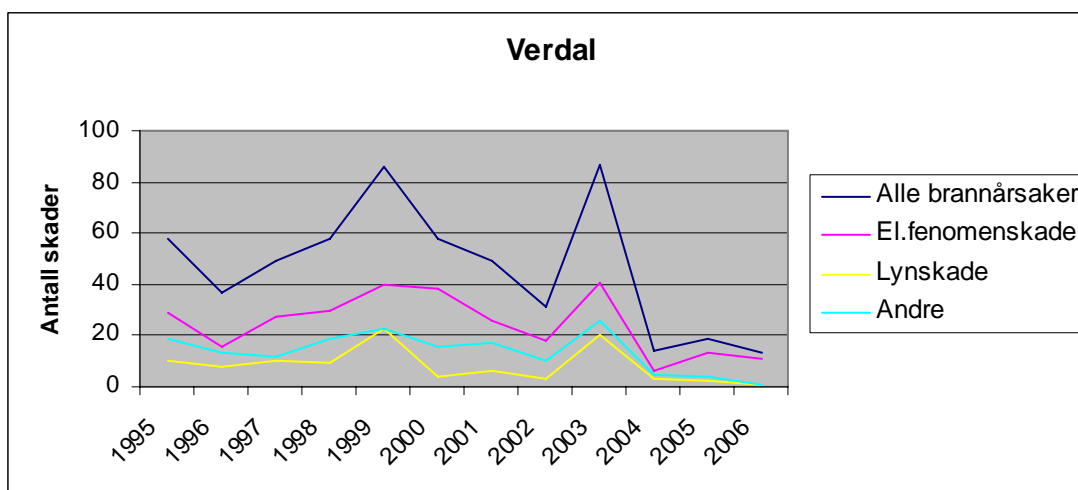


Figur 53. Utviklingen i Flatanger fra 1995-2006

Datagrunnlaget for denne kommunen er nokså spinkelt, med gjennomsnittlig sju branner per år i tolvårsperioden, og antall branner reduseres etter 2002. Flatanger har en gjennomsnittlig lyntetthet på 12,18 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år (2001-2006). Midlere lynstrøm er 18,5 kA for positive lyn, og -20 kA for negative.

### Verdal

Verdal er en innlandskommune som grenser til Sverige i øst, Meråker i sør, Levanger, Inderøy, Steinkjer og Snåsa. Figur 54 viser tendensen i antall skader i Verdal fra 1995 til 2006. En ser at 1999 og 2003 er år som skiller seg ut med uvanlig høyt antall branner. I 2003 ble Nord- Trøndelag rammet av høy lynaktivitet, og dette ser ut til å gi utslag i brannskadestatistikken for Verdal.

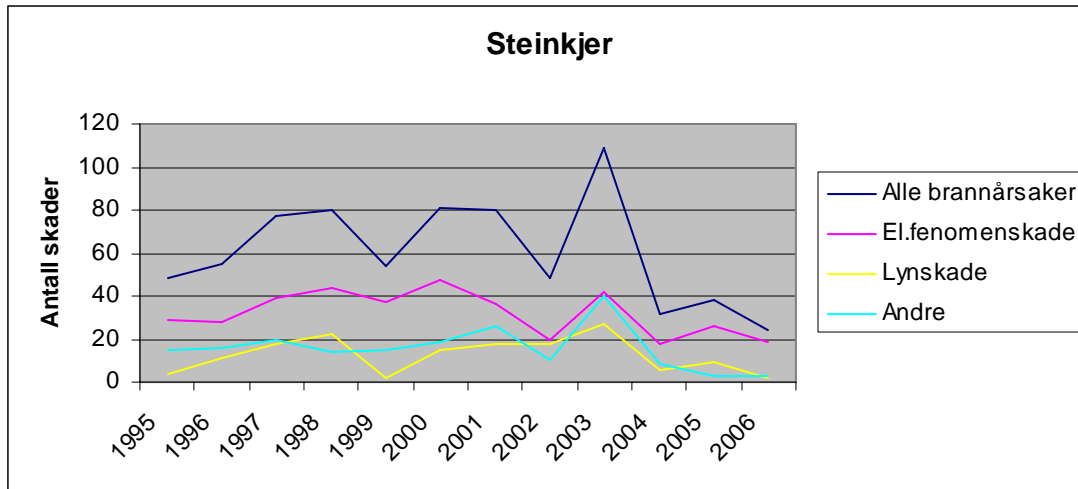


Figur 54. Antall skader i Verdal fra 1995 til 2006

Antall branner i Verdal reduseres kraftig fra 2003 til 2004 og holder seg rimelig lavt de neste årene. Elektriske fenomenskader er dominerende skadeårsak også i denne kommunen. Utslag tilsvarende toppen i 2003 er også å finne i nabokommunene Steinkjer, Levanger og Inderøy. Meråker og Snåsa har begge topp i 2001. Verdal har en gjennomsnittlig lyntetthet på 39,52 lyn per 100 km<sup>2</sup>/ år (2001- 2006). Midlere lynstrøm er 10,3 kA for positive lyn, og -12,9 kA for negative.

## Steinkjer

Av grafen i Figur 55 ser en utviklingen av brannskader i Steinkjer fra 1995 til 2006. Antallet branner ser ut til å ha jevnlig svingninger, med høyeste verdier i 1997-98, 2000-01 og i 2003.

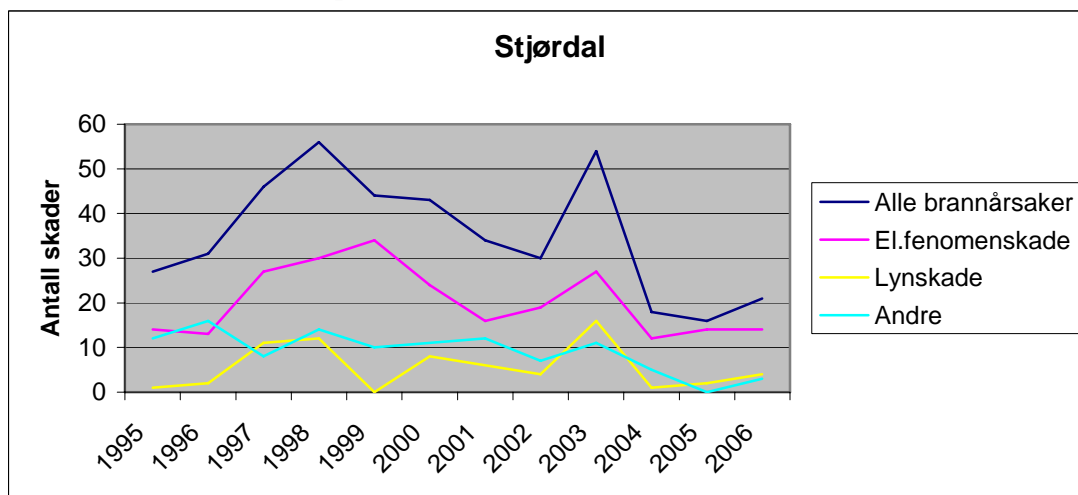


Figur 55. Antall skader i Steinkjer fra 1995 til 2006

Elektriske fenomenskader er den mest dominerende brannårsaken i denne kommunen. Datagrunnlaget for Steinkjer er stort nok til at usikkerheten blir minimal. Steinkjer har en gjennomsnittlig lyntetthet på 37,98 lyn per 100 km<sup>2</sup>/ år (2001- 2006). Midlere lynstrøm er 12,9 kA for positive lyn, og -14,5kA for negative.

## Stjørdal

Antall branner i Stjørdal i perioden mellom 1995 og 2006 er vist i Figur 56.

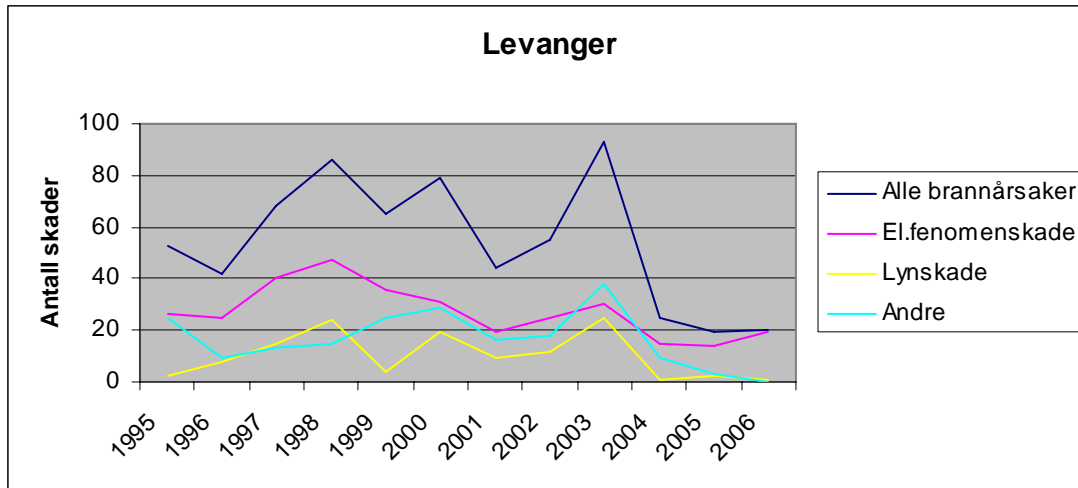


Figur 56. Antall skader i Stjørdal fra 1995 til 2006

En ser at 1998 og 2003 er de årene med flest skader i denne kommunen. Elektriske fenomenskader er den mest dominerende skadeårsaken, og utgjør nesten samtlige skader etter 2004. Stjørdal har en gjennomsnittlig lyntetthet på 33,58 lyn per 100 km<sup>2</sup>/ år (2001- 2006). Midlere lynstrøm er 14,5 kA for positive lyn, og -13,7 kA for negative.

## Levanger

Fra grafen i Figur 57 ser en at antall skader varierer mye over perioden, og det totale antall branner reduseres de tre siste årene. Elektrisk fenomenskade har vært en meget dominerende brannårsak i flere av årene, og utgjør flesteparten av skadene etter 2004.

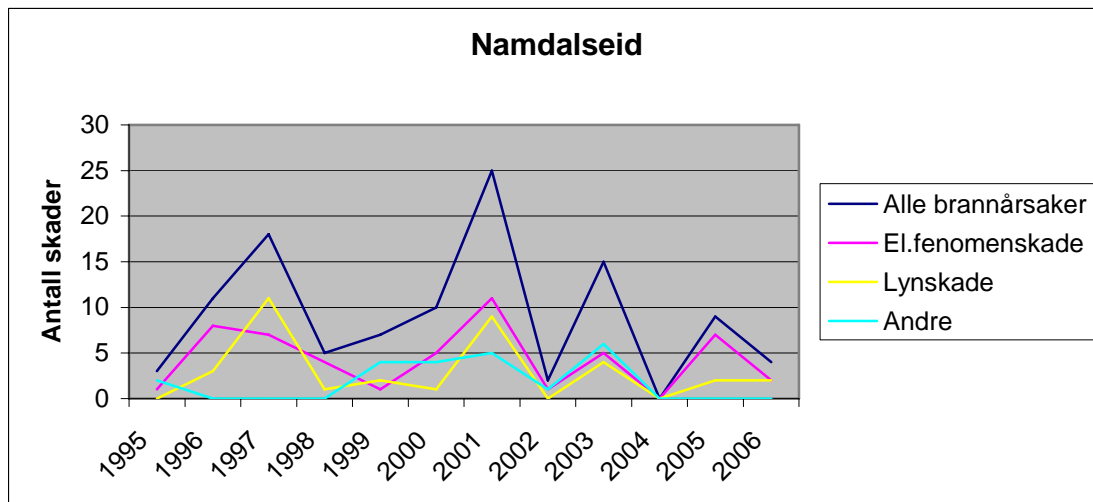


Figur 57. Antall brannskader i Levanger

Usikkerheten i dataene for Levanger er liten. Kommunen har en gjennomsnittlig lyntetthet på 17,94 lyn per 100 km<sup>2</sup>/ år (2001- 2006). Midlere lynstrøm er 14,4 kA for positive lyn, og - 13,6 kA for negative.

## Namdalseid

I denne kommunen varierer antall branner svært mye, fra 0 til 25 i henholdsvis 2001 og 2004. En ser at lynskader og elektriske fenomenskader korrelerer godt. Etter 2004 er det elektriske fenomenskader som dominerer, og en aner en generell reduksjon i antall branner.



Figur 58. Antall brannskader i Namdalseid

Med så få branner blir usikkerheten betydelig. Namdalseid har en gjennomsnittlig lyntetthet på 21,24 lyn per 100 km<sup>2</sup>/ år (2001- 2006). Midlere lynstrøm er 13,5 kA for positive lyn, og - 16,2 kA for negative.

## Oppsummering Nord- Trøndelag

Leka og Vikna er lystkommuner med mye berggrunn og stedvis tynt jordsmonn, og dermed vanskelige jordingsforhold. Mastetransformatorer er tradisjonelt blitt satt utenfor den dyrkbare marka, noe som gjør at de plasseres der jordingsforholdene er dårlige. Kommunene ligger ikke i et typisk lynutsatt område, men det ser ut til at midlere lynstrøm er noe høyere her enn i kommunene lenger inn i landet. Siden nettet er sårbart med lite tilfredsstillende jordingsforhold, vil området være utsatt for overspenninger som følge av doble jordfeil og lynoverspenninger. IT luftnett og grisgrendt strøk er fellesnevnerne for disse kommunene. Vikna har en kabelandel på 42 % i sitt lavspennings fordelingsnett, og 13 % for høyspent fordelingsnett. Leka har henholdsvis 26 % i LV og 8 % for HV. I Leka er det spesielt lite datagrunnlag. Kun 60 branner og litt over tusen bygninger gjør statistikken usikker. Et så spinkelt datamateriale kan føre til at enkelthendelser legger grunnlaget for at denne kommunen kommer ut med høy brannfrekvens.

Verdal, Steinkjer, Meråker og Stjørdal har høy lyntetthet i forhold til de fleste andre kommuner i fylket. Verdal og Stjørdal har stor differanse i brannfrekvens, samtidig som at usikkerheten i dataene er lav, de ligger forholdsvis langt sør i Nord- Trøndelag, har lik andel innbyggere bosatt i tettbygde strøk, og har ca 20 % av høyspennings fordelingsnett i kabel. Verdal har 70 % av lavspenningsnettet i kabel, mens Stjørdal har omtrent 50 %. Begge kommuner produserer noe småkraft, men har ikke større kraftproduksjon. Begge kommuner har litt kystlinje, men størsteparten er innland. Midlere lynstrøm er svært lik for de to kommunene, på ca 13- 14 kA.

Distribusjonsnettet i Verdal er bygget sammen mellom transformatorstasjonen Østerås i Steinkjer, Vuku og Verdal transformatorstasjon, det samme mellom transformatorstasjonene Heir i Levanger og Ørin. Distribusjonsnettet i Stjørdal forsynes direkte fra sentral- og regionalnettet.

Når det gjelder skader registrert som lynskader er det Mosvik, Namdalseid, Namsskogan, Flatanger, Nærøy, Vikna og Leka som kommer ut med høyest brannfrekvens i Nord- Trøndelag.

NTE har de siste årene hatt sterkt fokus på å undersøke avleder og sikring i alle gjennomslagsvern i forbindelse med årlige inspeksjoner, og etter tordenværsaktivitet. NTE er slått sammen av mange små nettselskaper, og det har derfor tatt tid å få oversikt, og bestemme hvor tiltak skal settes inn.

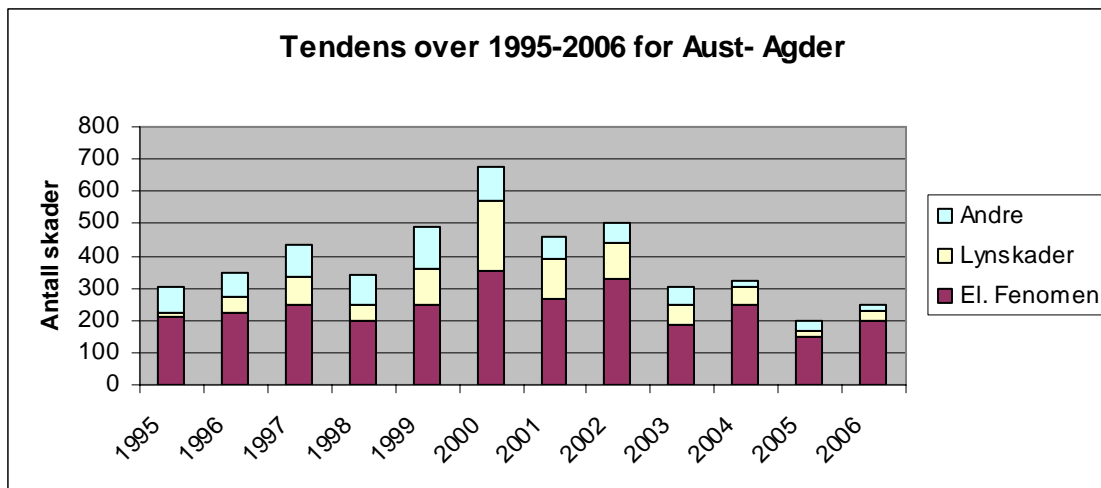
Brannfrekvensen for samtlige kommuner i Nord- Trøndelag går ned i 2004. Tordenværsaktiviteten i 2003 ser ut til å gi utslag på brannfrekvensen i mange kommuner.

I Flatanger ble jordingsforholdene for ti mastetransformatorer bedret i løpet av 2002. Dette er også en kystkommune med mye berggrunn, og en baserer seg i stor grad på avledning i fjell. Det er usikkerhet knyttet til dataene fra denne kommunen, som gjør det vanskelig å si om tiltakene har direkte innflytelse på brannfrekvensen i kommunen. Nord for Steinkjer ble jordingsforholdene for nettstasjoner bedret i løpet av 2004-05.

## Vedlegg 2 AUST- AGDER

### Tendens over tid

I Aust- Agder ser en at *lynskader* og *elektriske fenomenskader* øker fra periodens begynnelse i 1995 til 2000, og reduseres igjen fra 2003 til 2006. Dette er vist i Figur 59. Det er spesielt *lynskader* og skader med *øvrige* årsaker som reduseres, mens *elektriske fenomenskader* ikke reduseres i like stor grad.



Figur 59. Tendens i brannskader fra 1995 til 2006 i Aust- Agder

Fra midten av 90- tallet ble det satt inn ressurser på å bedre jordingsforholdene i transformatorer i Aust- Agder [30], hovedsakelig i form av impulsjord for nøytralpunktet. Disse tiltakene kan være medvirkende til at brannfrekvensen reduseres utover på 2000- tallet.

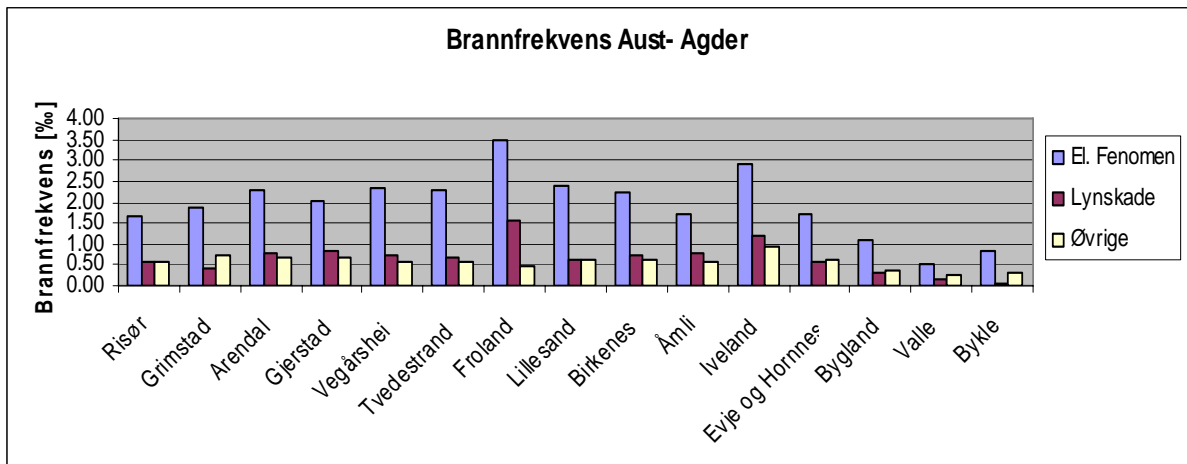
De fleste av skadene som inntreffer i perioden fra 2003 til 2006 har brannkilde *elektronikk og EDB*. En må poengtere at denne brannkilden har lavere holdfasthet mot overspenninger enn øvrig elektrisk utstyr.

Nøytralpunkt på lavspenningssida av mastetransformatorer har tradisjonelt vært atskilt fra høyspenningjord.

### Brannårsaker

I Figur 60 ser en brannfrekvensen for kommunene i Aust- Agder. De kommunene som kommer dårligst ut er Froland og Iveland. Disse kommunene skiller seg dessuten ut fra de andre i fylket, med svært høy andel *elektriske fenomenskader* og høy andel *lynskader*. De øvrige brannårsakene fordeler seg stort sett jevnt mellom kommunene, men Bygland, Valle og Bykle har svært lav brannfrekvens for alle årsaker.



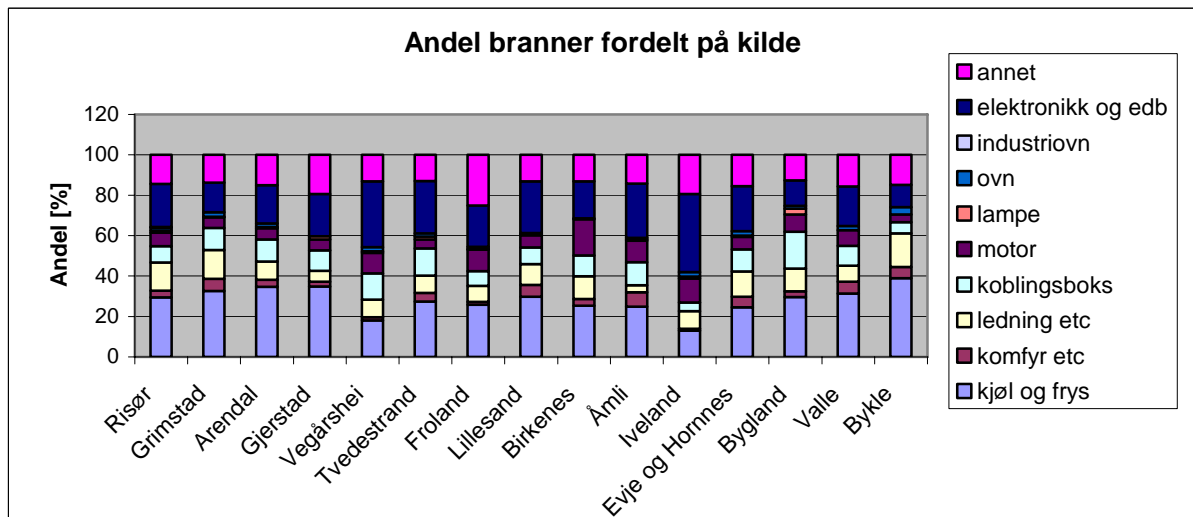


Figur 60. Brannfrekvens for Aust- Agder [%]

Aust- Agder har til dels svært mye høyere brannfrekvens enn Nord- Trøndelag når det gjelder elektriske fenomenskader, og til en viss grad også når det gjelder lynskader. De øvrige brannårsakene ser ut til å ligge på omtrent samme nivå for de to fylkene, med unntak av Froland som ligger litt over i Aust- Agder, og Høylandet, Overhalla og Snåsa i Nord- Trøndelag.

## Brannkilder

Figur 61 viser hvor stor andel de ulike brannkildene utgjør av det totale antall branner. *Kjøle- og fryseutstyr* og *elektronikk og EDB* er også her de vanligste brannkildene i alle kommuner. Kjøle og frys utgjør her en mindre andel av skadene enn i Nord- Trøndelag, likeså *komfyr og kokeplate*.



Figur 61. Andel branner i Aust- Agder fordelt på brannkilde

*Komfyr* er brannkilde i rundt fem prosent av alle brannene som inntreffer i tolvårsperioden, men flesteparten av disse er ikke av elektrisk årsak. Dessuten er andelen så liten og jevn for alle kommunene at denne brannkilden ikke har innvirkning på den statistiske fordelingen.

*Ledning og koblingsboks* er kilde til brann i rundt 20 prosent av alle skader som inntreffer i perioden, og i Bygland har hele 30 prosent av alle branner opprinnelse i disse brannkildene, hvorav 2/3 i koblingsboks og 1/3 i ledning.

*Motorer* ligger stort sett under ti prosent, men i Froland, Birkenes, Åmli og Iveland utgjør motorer over ti prosent, og i Birkenes hele 18 prosent av brannene. *Elektronikk og EDB* ligger rundt 20 prosent, utenom i Iveland og Vegårshei hvor denne brannkilden utgjør henholdsvis hele 32,6 og 38,7 prosent av brannene. I Froland kommer 25 prosent av alle branner i kategorien *annet*, Gjerstad og Iveland kommer like under 20, mens de øvrige kommunene ligger rundt 15 prosent. Bykle, Iveland og Froland kommer ut med forholdsvis liten andel skader på *koblingsboks*, mens *ledning* er brannkilde i nesten 20 prosent av brannene i Bykle.

Iveland og Vegårshei har begge lav andel av brannkilden *kjøl og fryseutstyr komfyr*, men høy andel av skader med opprinnelse i *elektronikk og EDB- utstyr*.

De brannkildene med størst variasjon og innvirkning på brannfrekvensen er her *elektronikk og EDB, kjøle- og fryseutstyr og annet*. Selv om en fjerner disse kildene etter tur, får en samme fordeling av brannfrekvens kommunene imellom, og Iveland og Froland kommer ut med høyest brannfrekvens.

## Geografi



Figur 62. Kart over Aust- Agder [34]

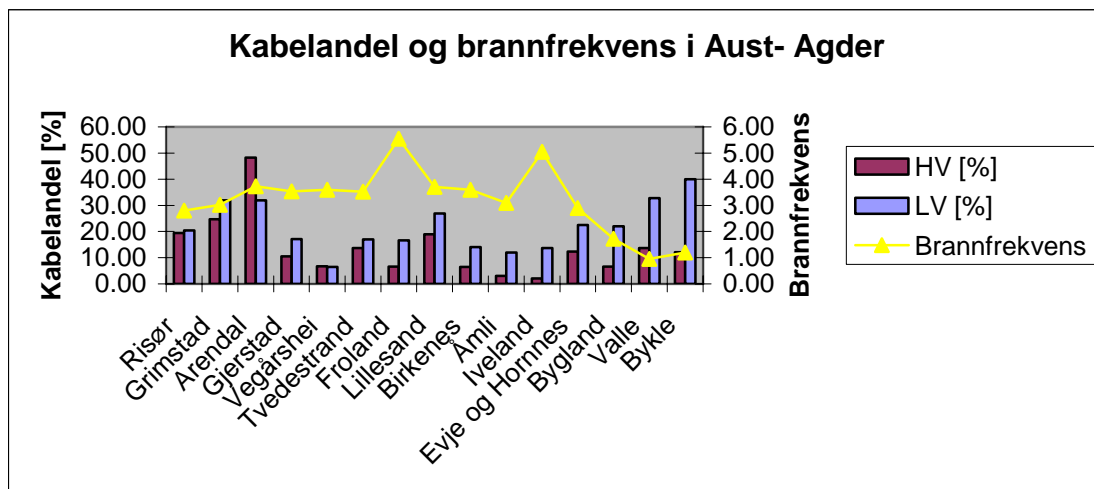
Figur 62 viser hvordan kommunene i Aust- Agder ligger geografisk i forhold til hverandre. Ved å benytte kart blir det enklere å vurdere geografisk avhengige forhold.

## Kabelandel

Kabelandelen for de ulike kommunene i Aust- Agder er gitt i Tabell 6. De fleste kommunene i Aust- Agder har TT- system, med unntak av Arendal som har IT- system.

Tabell 6. Kabelandel for kommunene i Aust- Agder

Kommuner	HV fordeling [km]		LV fordeling [km]		Andel kabel av totalt antall km	
	Kabel	linje	Kabel	linje	HV [%]	LV [%]
Risør	26.2	108.5	92.3	359.5	19.45	20.43
Grimstad	56.2	171.9	248.4	531.5	24.64	31.85
Arendal	211.5	226.4	461.7	983.2	48.30	31.95
Gjerstad	7	59.3	32.4	157.2	10.56	17.09
Vegårshei	6.3	87.9	22.2	320.3	6.69	6.48
Tvedestrand	20.9	132	77.3	377.9	13.67	16.98
Froland	13	184.5	53.9	271.6	6.58	16.56
Lillesand	29.1	124.7	139	378.7	18.92	26.85
Birkenes	13.6	195.5	47	286.4	6.50	14.10
Åmli	6.4	204.6	25.9	191.2	3.03	11.93
Iveland	1.8	86.2	16.2	102.4	2.05	13.66
Evje og Hornnes	18	128.5	67.7	233.9	12.29	22.45
Bygland	7	98.8	33.1	117.1	6.62	22.04
Valle	8.5	53.8	41.2	84.6	13.64	32.75
Bykle	13.1	95.4	89.4	134.5	12.07	39.93

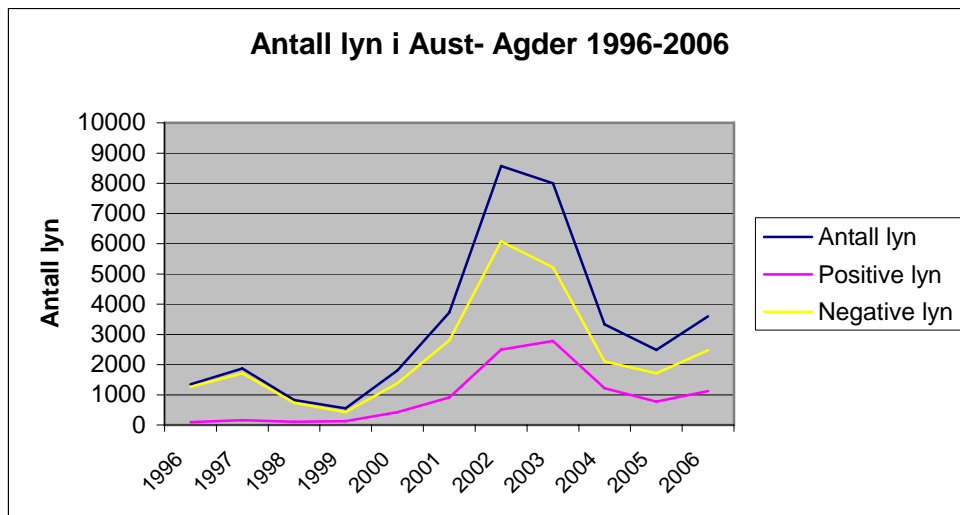


Figur 63. Kabelandel og brannfrekvens i Aust- Agder

Figur 63 viser brannfrekvens og kabelandel både for høyspenning og lavspenning fordelingsnett i Aust- Agder. En finner ikke direkte sammenheng mellom brannfrekvens og kabelandel i Aust- Agder, slik at en kan slå fast at brannfrekvensen reduseres med økende kabelandel. For innlandskommunene til høyre i figuren er denne sammenhengen imidlertid fremtredende for lavspennings fordelingsnett. Arendal, som har stor andel både høyspent og lavspent fordelingsnett, har svært lik brannfrekvens som de andre kommunene som ligger langs kysten.

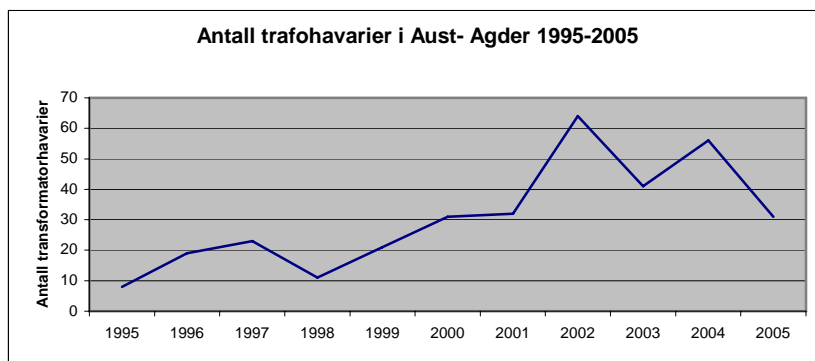
## Lynaktivitet i Aust- Agder

Fra databasen LIZ 3 [3] er antall lyn i Aust- Agder hentet. Figur 64 viser lynaktiviteten fra 1996 til 2006. En ser at antall lyn øker i perioden fra 2001 til 2004, og er størst i 2002 og 2003.



Figur 64. Lynaktivitet i Aust- Agder fra 1996 til 2006

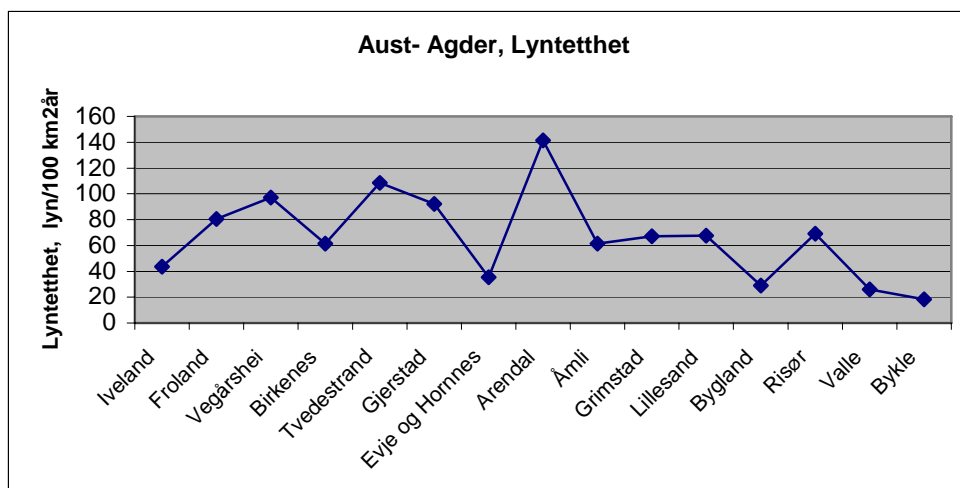
Oversikt over antall transformatorhavarier i Aust- i perioden fra 1995 til 2005 [30], er vist i Figur 65.



Figur 65. Antall transformatorhavarier i Aust- Agder

Toppene i 1997 og 2002 faller sammen med økt lynaktivitet. Både antall lyn og antall trafohavarier reduseres fra 1997 til 1998. Antall trafohavarier øker fra 2003 til 2004, men antall lyn reduseres kraftig.

Figur 66 viser gjennomsnittlig lyntetthet for Aust- Agder for perioden 2001 til 2006. Jfr. Figur 64 har lynaktiviteten vært størst disse årene, men det er viktig å påpeke at dataene i lyn databasen er mest usikre før 2000.



Figur 66. Gjennomsnittlig lyntetthet i Aust- Agder for årene 2001 – 2006

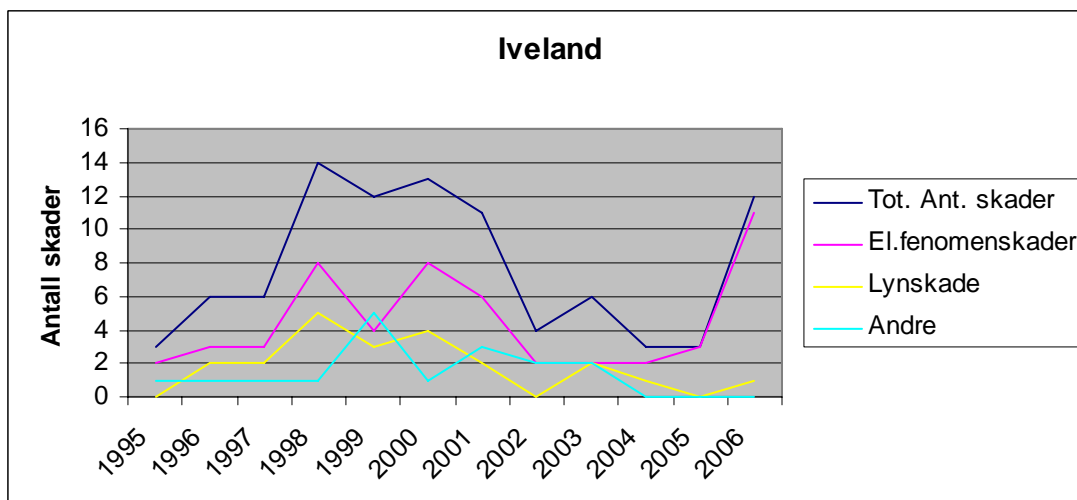
Arendal har den høyeste lyntettheten i fylket, med over 140 lyn per 100km<sup>2</sup>/år. Tvedestrand, Vegårshei, Gjerstad og Froland har alle over 80 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år. Iveland, Evje og Hornnes, Bygland, Valle og Bykle har alle lav lyntetthet, med mellom 20 og 40 lyn per 100km<sup>2</sup>/år. Bygland, Valle og Bykle har de laveste brannfrekvensene.

## Et nærmere blikk på noen av kommunene

I det følgende ser en nærmere på noen av kommunene i fylket. Legg merke til hvordan endringen i antall *lynskader* og *elektriske fenomenskader* ofte korrelerer.

### Iveland

Iveland har svært få branner i forhold til andre kommuner; kun 93 branner er registrert i denne kommunen i løpet av 12 år. Over halvparten av disse er registrert som *elektriske fenomenskader*. Datagrunnlaget er sågar noe lavt til å kunne si noe bestemt om hva som er hovedårsaken til den høye brannfrekvensen., men spredt bebyggelse og luftnett er noen av aspektene som kan være av betydning. I tillegg har kommunen nesten hundre prosent TT- nett [30], noe som fører til at lavspenningsinstallasjoner er spesielt utsatt for overspenninger som følge av potensialheving av transformatorboksen etter hendelser på høyspenningsnettet.

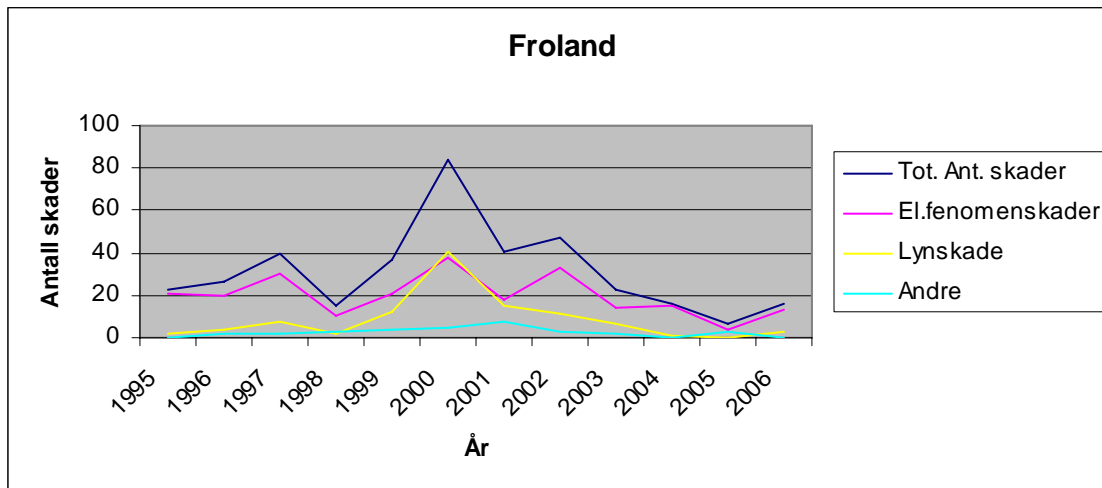


Figur 67. Antall skader i Iveland fra 1995-2006

I Figur 67 ser en hvordan skadeantallet endrer seg fra år til år i Iveland. Perioden fra 1998 til 2001 skiller seg ut med høyt antall elektriske fenomenskader og lynskader. Iveland har en gjennomsnittlig lyntetthet på 43,61 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år (2001-2006). Midlere lynstrøm er 14,7 kA for positive lyn, og -15,1 for negative.

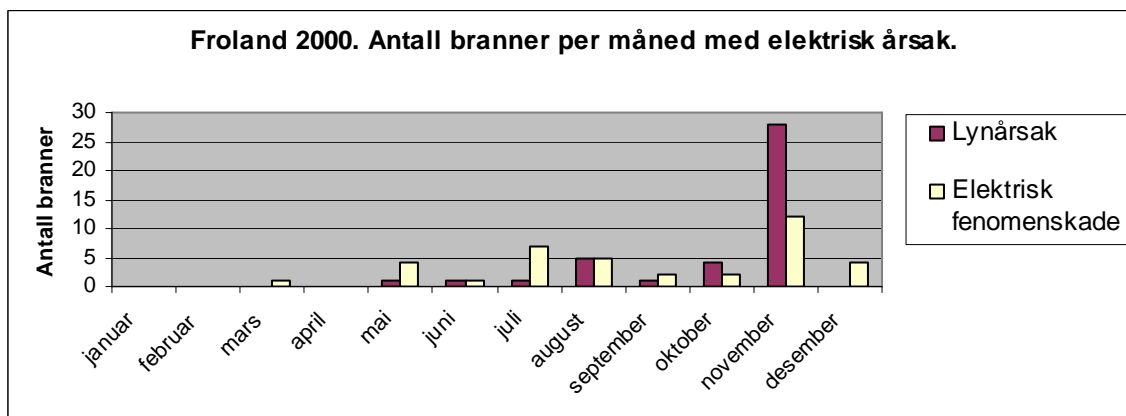
### Froland

Froland har spesielt høy brannfrekvens, i tillegg til at uvanlig mange skader er registrert som lynskader. Dette gjør det interessant å se spesielt grundig på denne kommunen. Brannkilden *annet elektrisk utstyr* har høy andel av skadene. Figur 68 viser antall skader som er registrert i Froland fra 1995 til 2006, fordelt på årsak.



Figur 68. Antall skader i Froland fra 1995-2006

Brannene i Froland er oftest registrert med elektrisk årsak, enten elektrisk fenomen eller lynskade. Det er jevnt over mange branner med årsak *elektrisk fenomen*, spesielt i årene frem til 2003. I 2005 og 2006 har Froland lavere brannfrekvens enn tidligere år. 2000 skiller seg ut med en dobling av antall branner fra årene før og etter. Hovedårsaken til den store økningen dette året er forhøyet antall *lynskader* i forhold til årene før og etter. I tillegg ser en noe økning i antall *elektriske fenomenskader*. Jfr. Figur 69 inntreffer de fleste av skadene dette året i november, og det største antall branner forekommer som følge av lyn eller elektrisk fenomen.

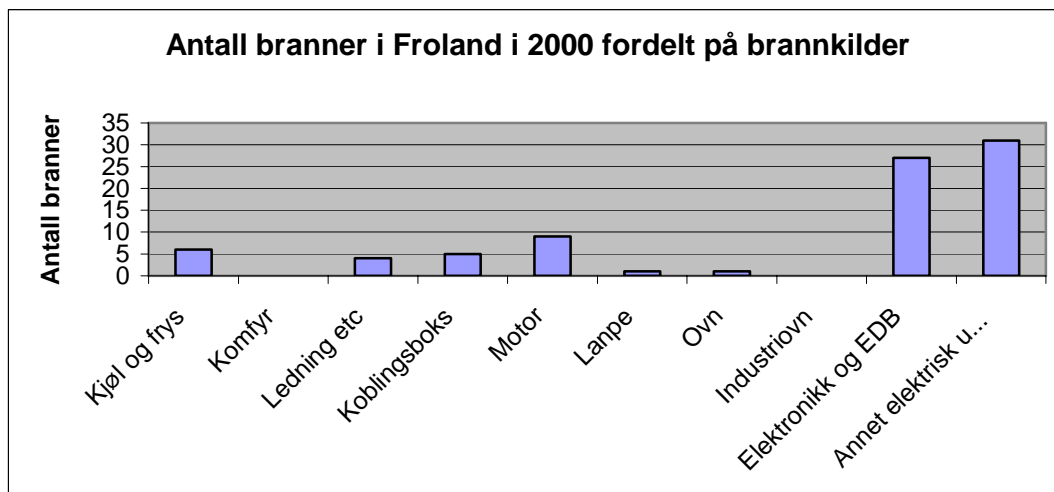


Figur 69. Antall branner med elektrisk årsak i Froland i 2000, per måned

I november 2000 er det registrert ett svært energirikt negativt lyn, med amplitude på hele -96kA [3]. Lynstrøm i en slik størrelsesorden kan medvirke til at lyn gjør stor skade. I tillegg er det kaldt om vinteren, slik at jordingsforhold kan forringes. Det er ikke registrert like store lyn eller tilsvarende skadeantall i Froland i andre vintermånedene i tolvårsperioden. Hvorvidt hendelser på nettet kan virke inn på brannfrekvensen både i Froland og Tvedestrand er avhengig av nettets konfigurasjon.

November 2000 er det registrert flere tilfeller av overstrøm i høyspent fordelingsnett i tilknytning til Froland. Tordenvær er utløsende årsak i nesten alle tilfeller hvor årsaken er funnet. 21. november er det registrert flest skader; både brannskader og hendelser i nettet. Men denne dagen er det ifølge lyndatabasen ikke registrert lyn i Aust- Agder. Dette indikerer feilregistrering, enten i lyndatabasen, eller at skadetilfellene og hendelsene på nettet har annen årsak.

Figur 70 viser hvilke brannkilder som er registrert for brannene i Froland i 2000, fordelt på hvilken måned skaden oppsto. Antall skader med utgangspunkt i *ledning*, *koblingsboks* og *motor* er mer enn doblet fra året før. I 1999 var det kun en skade med kilde *EDB* og *elektronikk*, og en av type *annet elektrisk utstyr*. I 2000 var det rundt 30 skader for begge kildene.



Figur 70. Antall branner i Froland i 2000 fordelt på registrert brannkilde

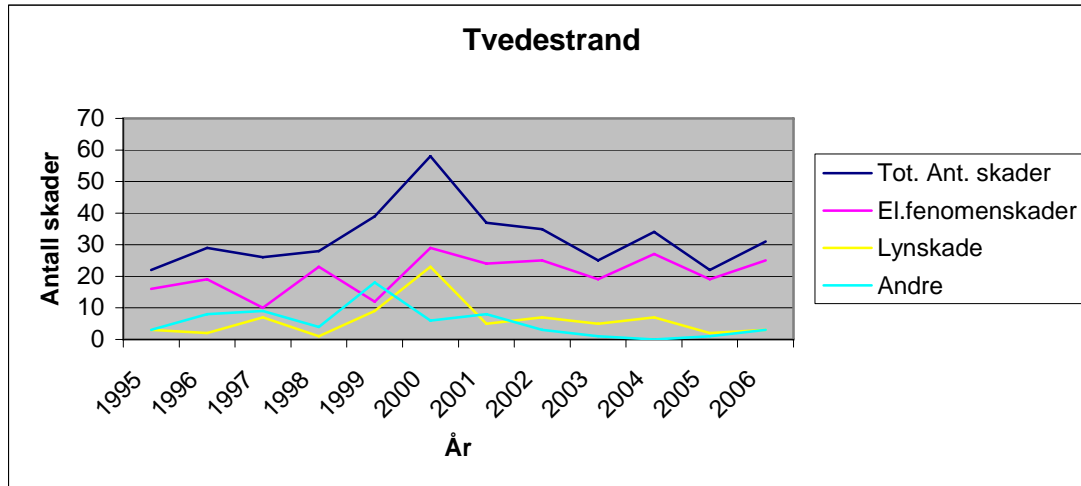
En kan ikke se at enkelthendelsen i november 2000 er årsak til den høye brannfrekvensen. Det er imidlertid forholdsvis høy lyntetthet i Froland, og *elektriske fenomenskader* er hovedårsaken til den høye brannfrekvensen.

Det er ikke mulig å finne topper tilsvarende den i Froland i 2000, i nabokommunene Åmli og Birkenes. Men det er også her lyn og elektriske fenomener som er den klart hyppigste brannårsaken, og *elektronikk og EDB- utstyr* som den hyppigste brannkilden. I Tvedestrand er det et høyere antall branner totalt, og en finner også her en økning på nærmere 20 branner i 2000 i forhold til tidligere og senere år. Dette tilsvarer en omtrent 1/3 økning i forhold til året før, og nesten en dobling i forhold til gjennomsnittet for hele tolvårsperioden. Det er flest lynskader i mai og november, og det er registrert nesten dobbelt så mange lynskader i november 2000 enn om sommeren samme året.

Froland har en gjennomsnittlig lyntetthet på 80,53 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år (2001-2006). Midlere lynstrøm er 11,1 kA for positive lyn, og -12,5 for negative.

## Tvedestrand

En ser som sagt også i Tvedestrand en økning av antall skader i 2000; som i Froland forekommer mange av disse i november. 1999, 2000 og 2001 er årene som skiller seg ut med noe forhøyet antall skader. Som en ser av grafene i Figur 71, er det elektriske fenomenskader som gjør seg mest gjeldende de siste årene.

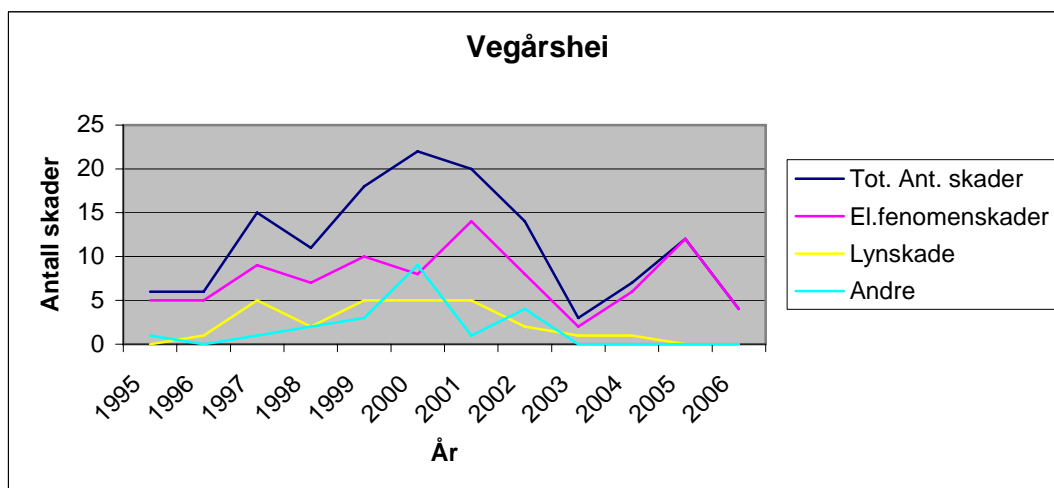


Figur 71. Antall brannskader i Tvedestrand

Dataene for Tvedestrand er belemret med liten usikkerhet. Lyntettheten for Tvedestrand er 108,53 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år (2001-2006). Midlere lynstrøm er 10,3 kA for positive lyn, og -13,2 for negative.

## Vegårshei

Som vist i Figur 72 er det elektriske fenomenskader som er den hyppigst registrerte brannårsaken for de brannkildene en ser på her. Etter 2004 reduseres antall lynskader og skader med de øvrige brannårsakene, mens *elektriske fenomenskader* har et oppsving i 2005.



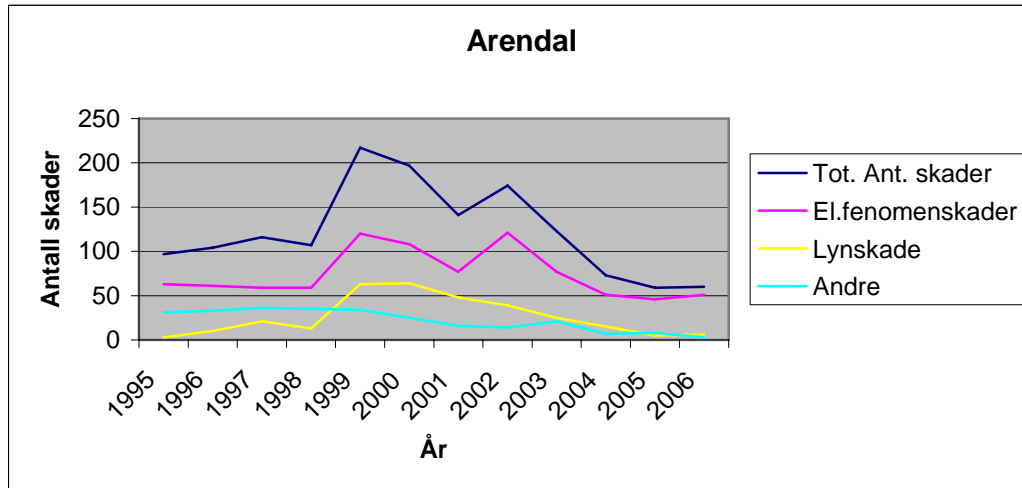
Figur 72. Antall brannskader i Vegårshei 1995- 2006

Datagrunnlaget for Vegårshei har en signifikant usikkerhet i forhold til størrelse. Gjennomsnittlig lyntetthet er 97,01 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år (2001-2006). Midlere lynstrøm er 11,3 kA for positive lyn, og -13,3 for negative.



## Arendal

Figur 73 viser antall brannskader i Arendal i perioden fra 1995 til 2006. En ser en økning av antall lynskader og elektriske fenomenskader i 1999, 2000 og 2002. Etter 2002 reduseres brannfrekvensen for alle brannårsaker. Den største delen av skadene kommer av elektriske fenomenskader.



Figur 73. Antall brannskader i Arendal 1995 – 2006

Arendal har stort datagrunnlag og liten statistisk usikkerhet. Det er også en kommune med stor andel TN- nett på lavspenningssida, med vel 30 % av lavspent fordelingsnett lagt i kabel. Nesten 50 % av høyspenningsnettet i denne kommunen er kabelnett.

Gjennomsnittlig lyntetthet er 141,46 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år (2001-2006). Midlere lynstrøm er 9 kA for positive lyn, og -12,4 for negative.

## Oppsummering Aust- Agder

I Aust- Agder kan det se ut til at de kommunene nærmest kysten har høyest brannfrekvens. Det er også disse kommunene som rammes av flest lyn. Jo lenger inn i fylket man kommer, jo lavere blir brannfrekvensen. Dette kan være en indikasjon på at lynaktivitet er en av hovedårsakene til den høye brannfrekvensen i fylket, enten ved induserte lynoverspenninger eller jordslutninger som følge av lynnedslag i nærheten av linja.

Tiltakene i form av impulsjording for lavspenningssida av transformatorer kan bidra til færre overførte overspenninger som følge av potensialheving, og dermed til reduksjon av brannfrekvensen.

Iveland har svært få bygninger, og dermed høy usikkerhet, og kommer i tillegg dårlig ut av statistikken. Den brannkilden som er hyppigst i denne kommunen er *elektronikk og EDB*. Fra 2005 til 2006 øker brannfrekvensen på grunn av elektriske fenomenskader.

Froland har generelt høyt antall elektriske fenomenskader. I tillegg er det uvanlig høyt antall skader vinteren 2000, som kan forklares av energirike lyn, muligens i kombinasjon med reduserte jordingsforhold på grunn av kulde.

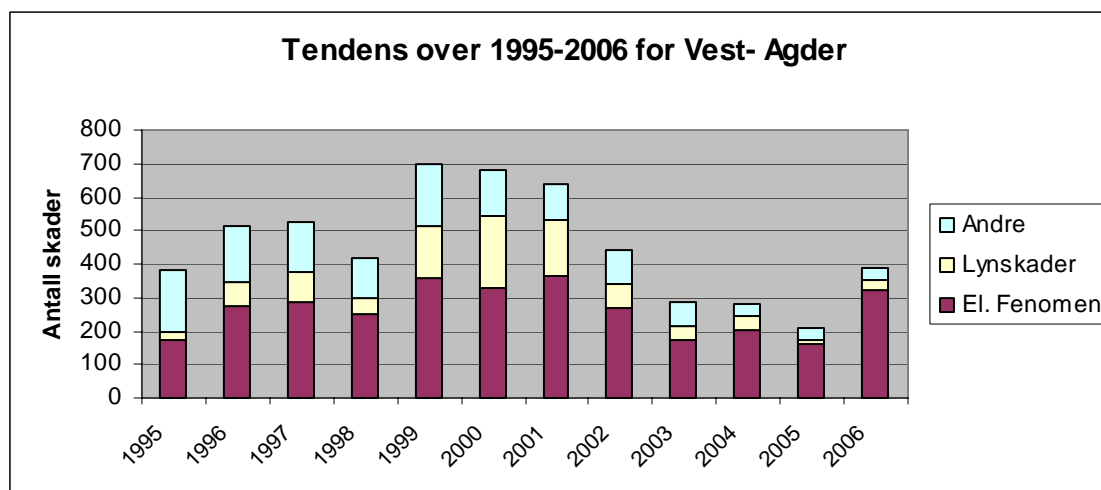
En ser at lyntettheten i Aust- Agder ligger på et betydelig høyere nivå enn i Nord- Trøndelag. Iveland har høy brannfrekvens, men lavest lyntetthet. Froland har middels lyntetthet,

forholdsvis lav midlere lynstrøm, og høy andel branner registrert med lyn som årsak. Dette kan tyde på feil registrering, eller at nettet i denne kommunen er spesielt utsatt for overspenninger som følge av lynnedslag. Dessuten er det ikke bare antall lyn som bestemmer hvilke kommuner som rammes hardest av lynskader, men størrelse og nedslagspunkt.

## Vedlegg 3 VEST- AGDER

### Tendens over tid

Figur 74 viser tendensen i Vest- Agder fra 1995 til 2006. En ser at det er elektriske fenomenskader som er hovedårsaken til brannskader i dette fylket. Fra 2001 til 2005 blir antall branner redusert, men i 2006 øker antall elektriske fenomenskader.



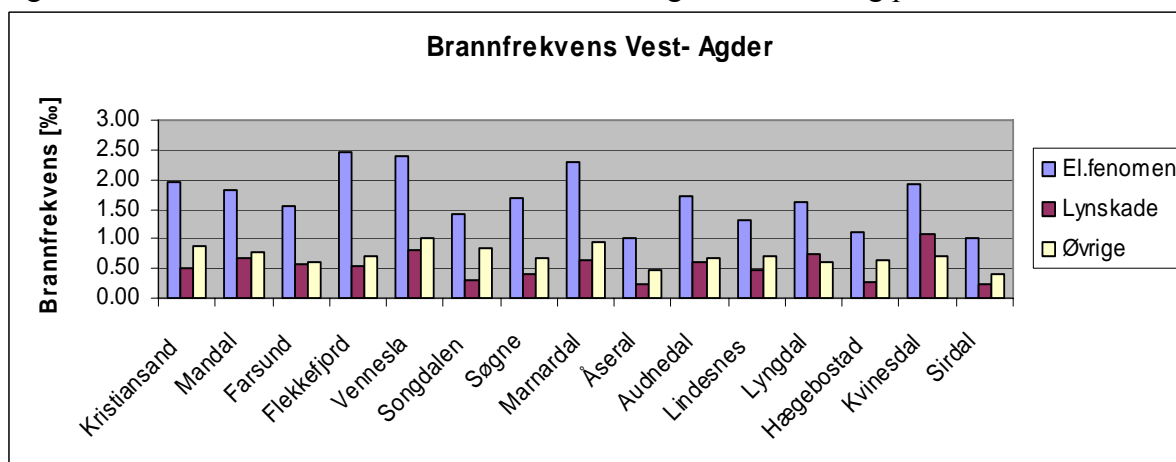
Figur 74. Tendens for 1995-2006 i Vest- Agder

I alle kommuner bortsett fra Sirdal er økningen av elektriske fenomenskader stor dette året. I de fleste kommunene er det sterk korrelasjon mellom elektriske fenomenskader og lynskader, og det er disse som er den største årsaken til brann.

Fra 2000 har AE- nett fokusert på å bedre jordingsforhold for transformatorer i Vest- Agder. Dette kan medvirke til at antall skader reduseres utover 2000- tallet. Nøytralpunkt for lavspentsida av transformatoren har tradisjonelt vært atskilt fra høyspenningsjord.

### Brannårsaker

Figur 75 viser hvordan brannfrekvensen for Vest- Agder fordeler seg på kommunene.



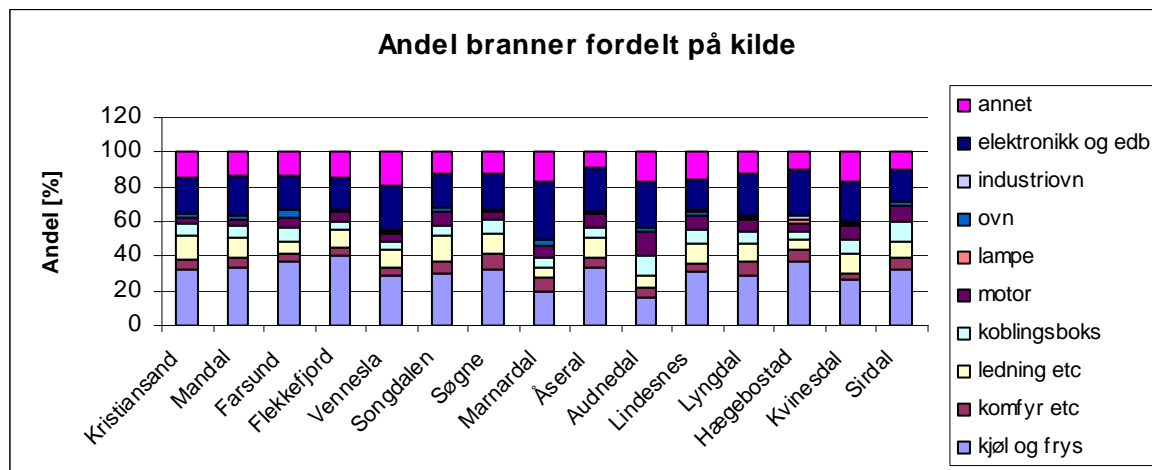
Figur 75. Kommunevis brannfrekvens for Vest- Agder

Sirdal, Hægebostad og Åseral har de laveste brannfrekvensene for samtlige årsaker. Marnardal, Flekkefjord, Kvinesdal, Kristiansand og Vennesla kommer ut av normaliseringen

med høyest brannfrekvens for *elektriske fenomenskader*. Vennesla og Kvinesdal har størst frekvens hva lynskader angår. Kristiansand har uventet høy frekvens for *elektriske fenomenskader*.

## Brannkilder

Andel branner per brannkilde er vist i Figur 76. En ser mye av den samme tendensen her som for Aust- Agder, med kjøle- og fryseutstyr som den vanligste brannkilden i alle kommuner, tett fulgt av elektronikk og EDB- utstyr.



Figur 76. Andel av branner i Vest- Agder per brannkilde

Farsund, Marnardal og Hægebostad er de eneste kommunene hvor færre enn 10 prosent av brannene har *ledning* som brannkilde. Audnedal er den eneste kommunen i Vest- Agder hvor mer enn 10 prosent av skadene har utgangspunkt i *koblingskap*. Jordbrukskommuner som Audnedal og Sirdal har fylkets høyeste andel av branner med *motor* som brannkilde. De kommunene med høyest andel branner med utgangspunkt i *elektronikk og EDB* er Marnardal med nesten 35 prosent; Vennesla, Åseral, Audnedal og Hægebostad har rundt 25 prosent. Kategorien *annet elektrisk utstyr* ligger mellom ti og femten prosent i alle kommuner, og Vennesla har nesten 20 prosent.

Ved å fjerne de mest fremtredende brannkildene fra statistikken kan en vurdere om noen av brannkildene har ekstra stor påvirkning på hvordan fordelingen blir. Å fjerne brannkilden *elektronikk og EDB* fører til at brannfrekvensen jevnt over senkes med en prosent, men rangeringen kommunene imellom er fremdeles den samme. Dette gjelder også for kildene *kjøle- og fryseutstyr* og *annet*.

## Geografi



Figur 77. Kart over Vest- Agder [34]

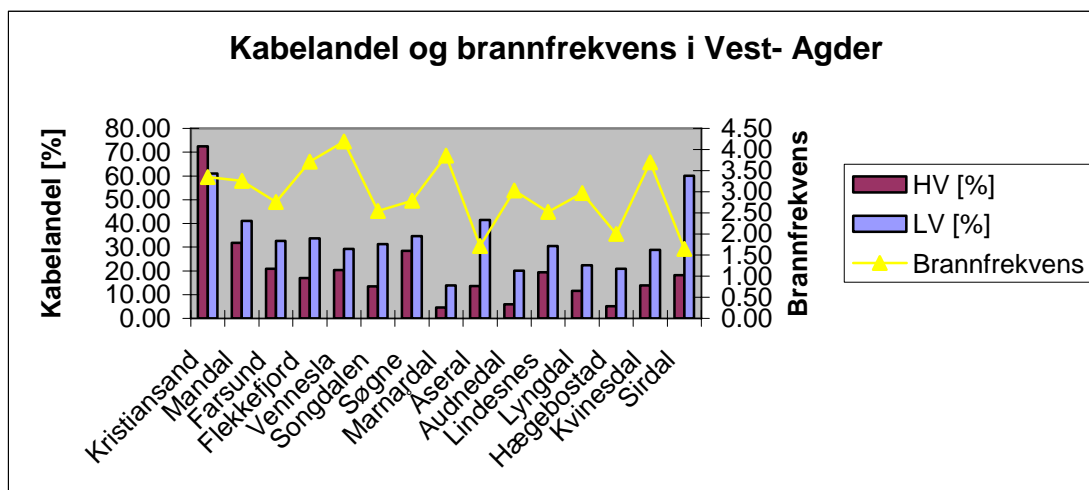
Figur 77 viser kart over Vest- Agder. En ser hvordan kommunene er plassert i forhold til hverandre, og gjør det enklere å sammenligne nabokommuner og innlands- og kystkommuner.

## Kabelandel

Tabell 7 viser fordelingen av kabel- og luftlinje i kommunene i Vest- Agder. DE aller fleste kommunene i Vest- Agder har TT- nett, med unntak av Kristiansand som har IT- nett [30].

Tabell 7. Kabelandel for kommunene i Vest- Agder [35]

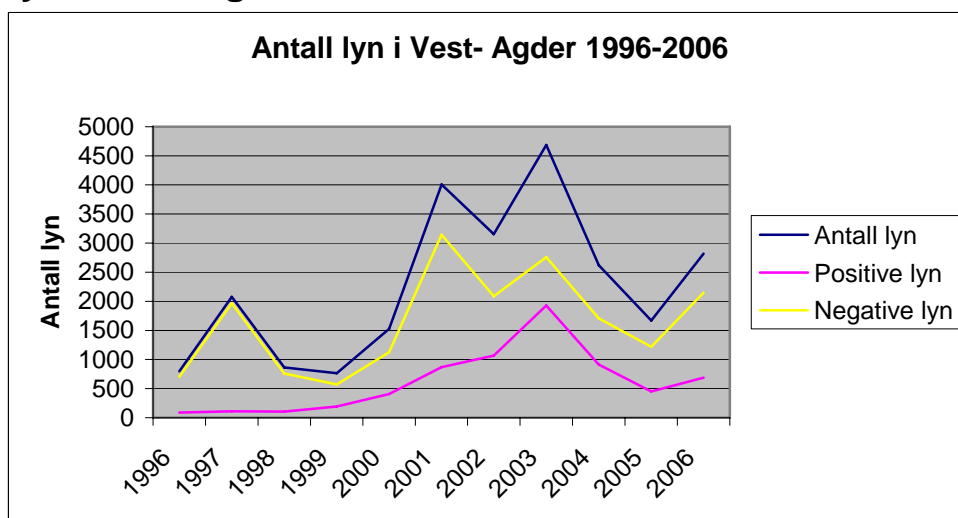
Vest- Agder	HV fordeling [km]		LV fordeling [km]		Andel kabel av totalt antall km	
	Kabel	linje	Kabel	linje	HV [%]	LV [%]
Kristiansand	375.2	142.8	896.9	572.4	72.43	61.04
Mandal	67.1	144.2	236.5	339.7	31.76	41.04
Farsund	43	163	168.6	349.1	20.87	32.57
Flekkefjord	41.1	201.3	156.9	310	16.96	33.60
Vennesla	36.7	144.1	114.3	276.5	20.30	29.25
Songdalen	15.3	98.4	65.6	144.1	13.46	31.28
Søgne	34.1	86	125.2	236	28.39	34.66
Marnardal	7.6	156.1	29	179.6	4.64	13.90
Åseral	17.9	114.2	76.6	108.1	13.55	41.47
Audnedal	5.7	89.9	32.6	130	5.96	20.05
Lindesnes	41.1	171.4	111.1	254.6	19.34	30.38
Lyngdal	27.9	212.7	102	353.5	11.60	22.39
Hægebostad	4.6	86.4	35.3	133.9	5.05	20.86
Kvinesdal	33.4	206.3	124.3	306.1	13.93	28.88
Sirdal	32.5	146.2	211.8	140.7	18.19	60.09



Figur 78. Kabelandel og brannfrekvens i Vest- Agder

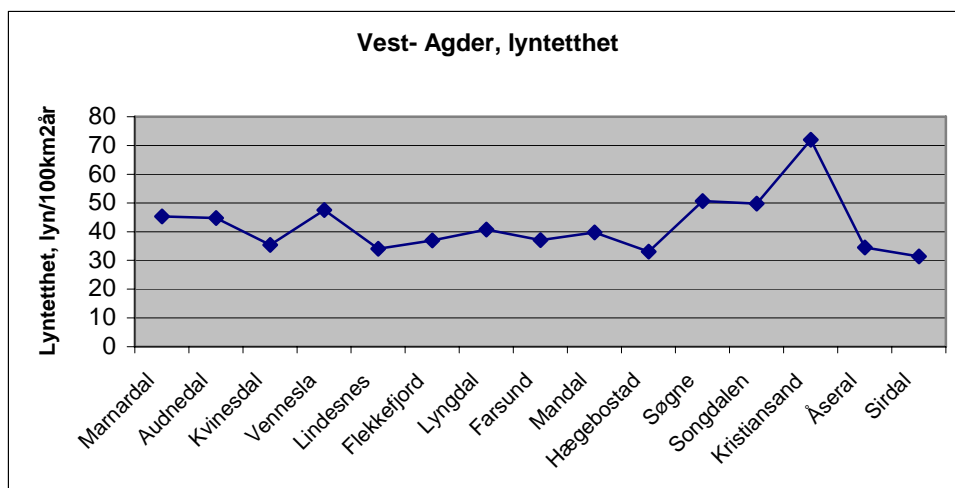
Figur 78 viser hvordan brannfrekvensen varierer mellom kommunene, i tillegg til andelen av fordelingsnett som er lagt i kabel. Det er kun i Kristiansand at en vesentlig del av det høyspente fordelingsnett er lagt i kabel, og i Sirdal er 60 % av lavspennetnett i kabel. Også her ser en kun en viss sammenheng mellom andel kabelnett og brannfrekvens, og det er ingen tydelig tendens til at høy kabelandel gir lav brannfrekvens.

## Lyn i Vest- Agder



Figur 79. Antall lyn i Vest- Agder 1996- 2006

En ser av Figur 79 at perioden fra 2001 til 2003 er preget av høy lynaktivitet. 2003 har spesielt høy andel positive lyn. Perioden fra 1999 til 2001 har høyest brannfrekvens både når det gjelder elektriske fenomenskader og lynskader.



Figur 80. Lyntetthet i Vest- Agder for 2001- 2006

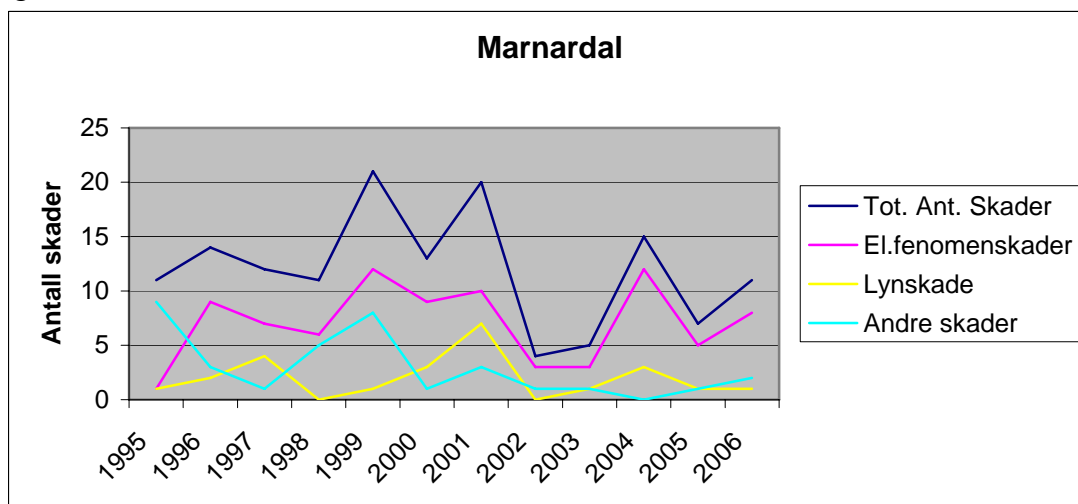
Kristiansand har den høyeste lyntettheten i fylket med over 70 lyn per 100 km<sup>2</sup> /år. De øvrige kommunene i fylket ligger mellom 30 og 50 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år.

### Et nærmere blikk på noen av kommunene

Her ser en nærmere på enkelte kommuner i Vest- Agder i forhold til brannkilder, usikkerhet, lyntetthet, midlere lynstrøm og så videre. Det er mange steder sterk korrelasjon mellom endring i antall *lynskader* og antall *elektriske fenomenskader*.

#### Marnardal

Marnardal har relativt få branner i forhold til andre kommuner i fylket, med maksimalt 20 branner på et år. Antall lynskader er ikke spesielt høye, og har sin topp i 2001. Antall *elektriske fenomenskader* er jevnt over den viktigste årsaken, og har topppunkter i 1999, 2001 og 2004.



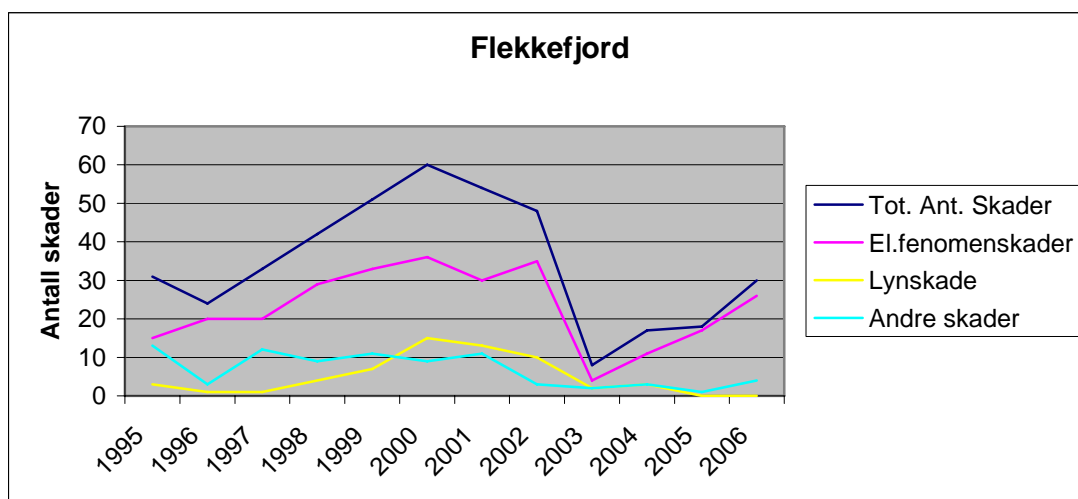
Figur 81. Antall brannskader i Marnardal fra 1995 til 2006

Det er *elektronikk og EDB* som er den hyppigste brannkilden i Marnardal, og 33 prosent av brannene i tolvårsperioden har utgangspunkt i denne brannkilden. *Kjøle- og fryseutstyr* utgjør 20 prosent av brannene, mens *annet* utgjør 17 prosent. Med så få branner og bygninger er usikkerheten for Marnardals datagrunnlag forholdsvis stor. Marnardal har en gjennomsnittlig lyntetthet på 45,32 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år (2001-2006). Midlere lynstrøm er 13,9 kA for positive

lyn, og -15,5 for negative [3]. Lyntettheten og midlere lynstrøm er dermed lav i forhold til de andre kommunene i fylket.

### Flekkefjord

Flekkefjord har høyt antall skader, og de aller fleste er registrert som elektriske fenomenskader, som en kan se av Figur 82. Figuren viser stor nedgang i elektriske fenomenskader i 2003, noe som fører til at totalt antall skader reduseres veldig. Lynskader øker noe i 2000, og reduseres igjen i 2003.

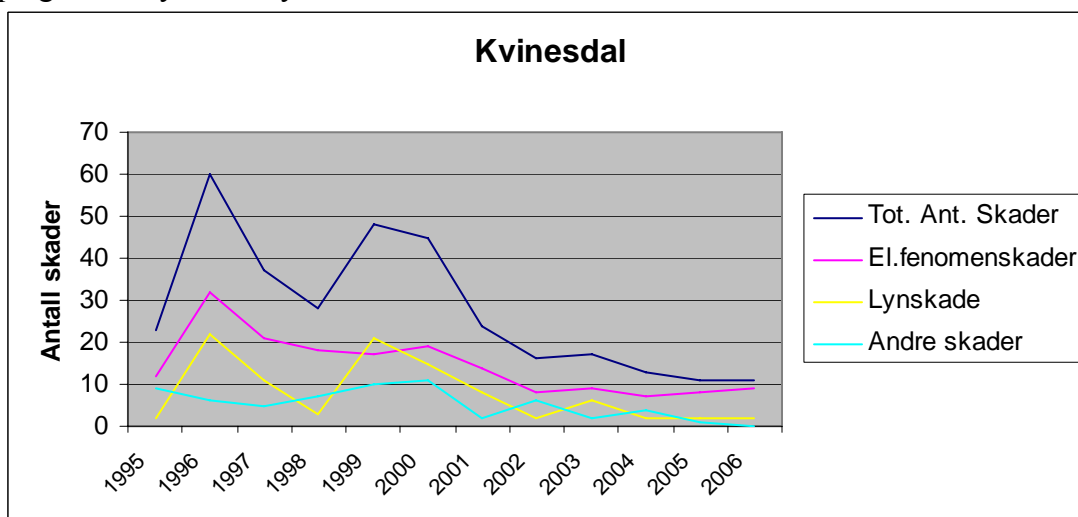


Figur 82. Antall brannskader i Flekkefjord fra 1995 til 2006

Flekkefjord har en gjennomsnittlig lyntetthet på 36,91 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år (2001-2006). Midlere lynstrøm er 15 kA for positive lyn, og -17,5 for negative.

### Kvinesdal

I Kvinesdal reduseres antall branner etter 2000. Det kan se ut til at lynskader bidro til den høye brannfrekvensen før 2000. Elektriske fenomenskader stabiliserer seg etter 2001. 1999 preges av høyt antall lynskader.



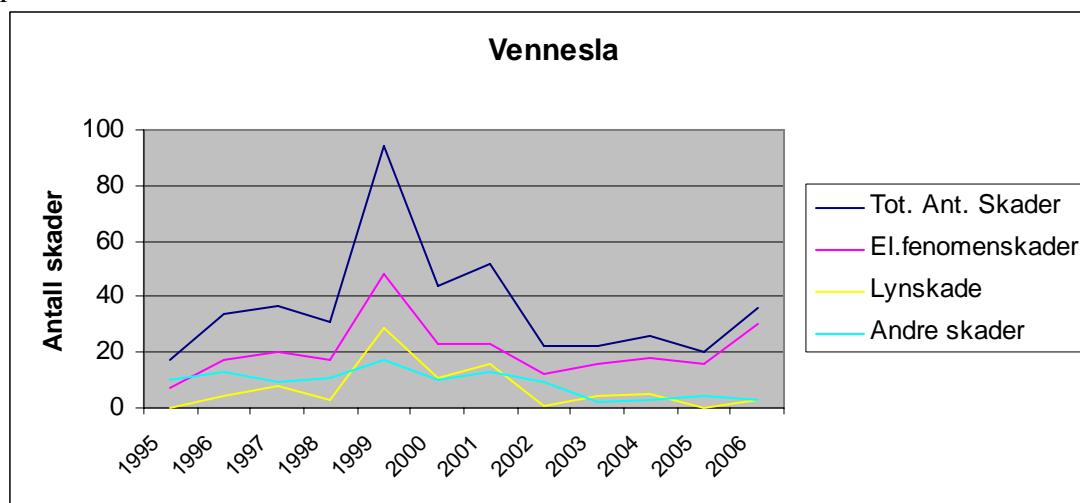
Figur 83. Antall brannskader i Kvinesdal fra 1995 til 2006

Kvinesdal har en gjennomsnittlig lyntetthet på 35,36 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år (2001-2006). Midlere lynstrøm er ikke spesielt høy i denne kommunen, med 15kA for positive lyn, og -14,4kA for negative.



## Vennesla

Figur 84 viser antall brannskader i Vennesla over tolvårsperioden. En ser at antall brannskader hadde en økning fra 1998 til 2002, med toppunkt i 1999. Både før og etter denne perioden er antall elektriske fenomenskader like under 20 i året, og antall lynskader rundt fem per år.

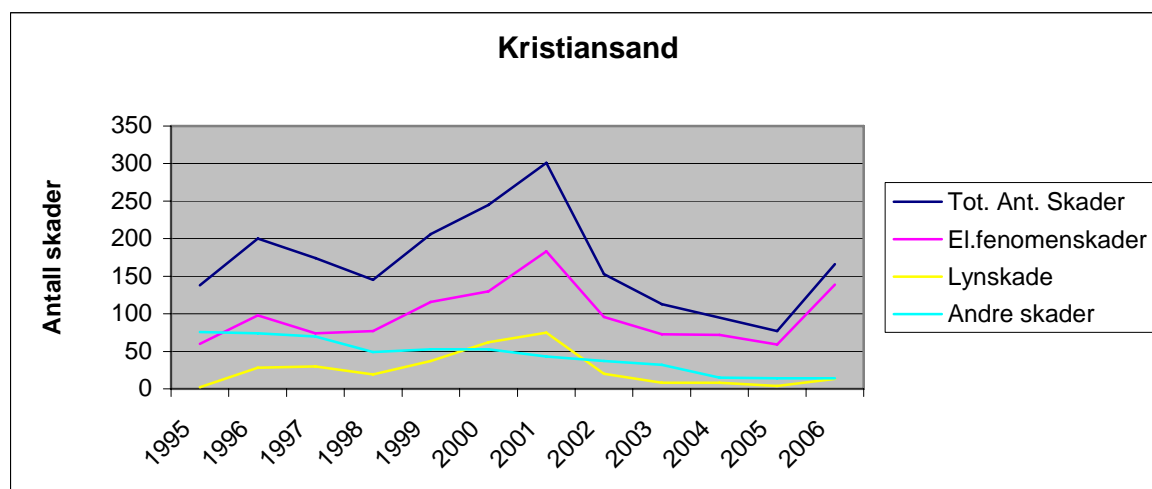


Figur 84. Antall brannskader i Vennesla fra 1995 til 2006

Det er noe usikkerhet knyttet til disse skadedataene på grunn av følsomheten overfor enkelthendelser. Vennesla har en gjennomsnittlig lyntetthet på 47,48 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år (2001-2006). Midlere lynstrøm er 14,2 kA for positive lyn, og -15,6 for negative.

## Kristiansand

I Kristiansand er det en topp i 2001 forårsaket av elektriske fenomenskader og lynskader. Etter 2002 ser det ut til at antall lynskader flater ut på et lavt nivå, og at det er elektriske fenomenskader som gjør seg gjeldende for antall brannskader. I 2006 ser en økning i antall branner igjen, hovedsakelig på grunn av elektriske fenomen. I oversikten over overstrømshendelser i fordelingsnettet er tordenvær utløsende årsak i omtrent en tredjedel av tilfellene, mens årsak ikke er klarlagt i nesten to tredjedeler av tilfellene.



Figur 85. Antall brannskader i Kristiansand fra 1995 til 2006

Lavspenningsnettet i Kristiansand er i stor grad IT- system. Kommunen har 72 % HV fordelingsnett i kabel, mens 61 % av lavspenningsnettet er kabelnett. Kristiansand har en

gjennomsnittlig lyntetthet på 71,95 lyn per 100 km<sup>2</sup>/år (2001-2006). Midlere lynstrøm er 12,9 kA for positive lyn, og -15,2 for negative.

## **Oppsummering Vest- Agder**

Etter 2002 reduseres antall skader totalt i fylket, og reduksjonen er tydelig blant annet i Flekkefjord, Kvinesdal, Vennessla og Kristiansand. I blant andre Vennessla, Kristiansand, Marnardal og Flekkefjord øker antall skader igjen i 2006. Det er mange lyn om vinteren dette året, noe som kan medvirke til økningen en ser i mange av kommunene.

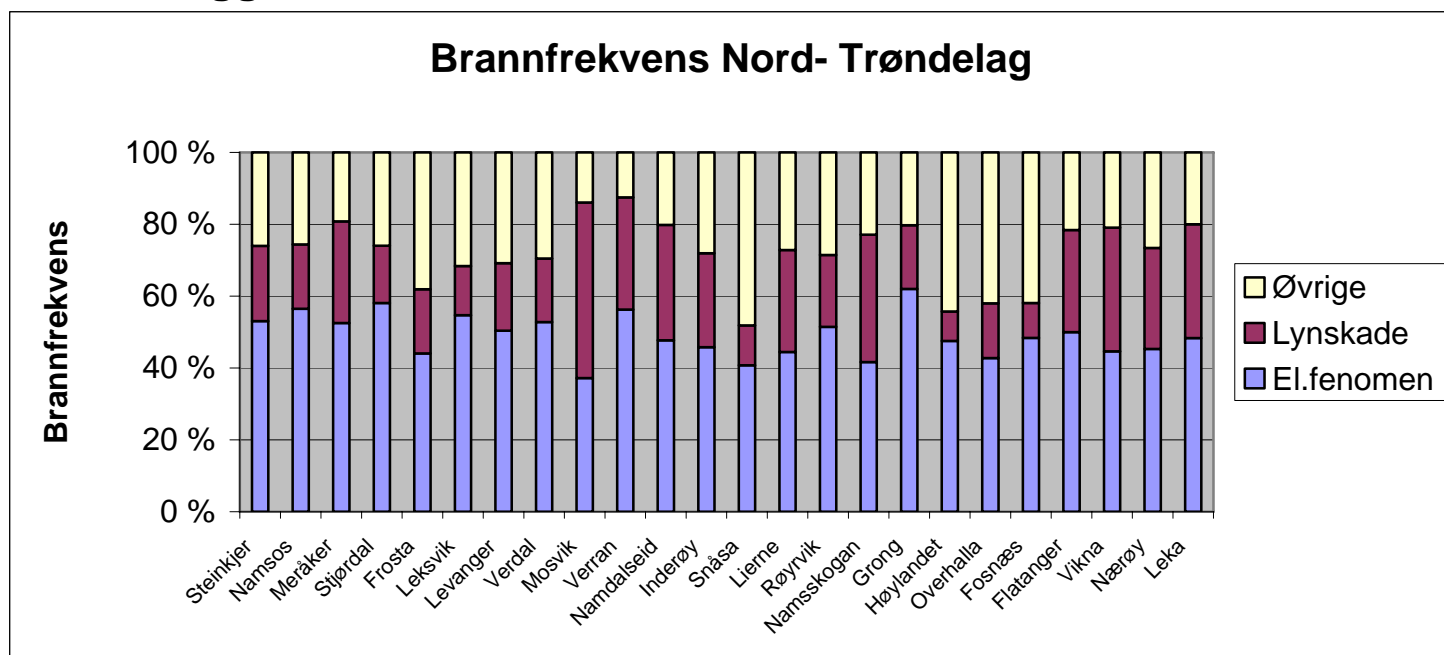
Lyntettheten i Vest- Agder har mindre spredning enn de to øvrige fylkene. Det er Kristiansand som har høyest lyntetthet, de øvrige kommunene ligger jevnt over noe lavere. I Aust- Agder er det ikke de kommunene med høyest lyntetthet som kommer verst ut av brannstatistikken. Kristiansand har den høyeste lyntettheten i Vest- Agder, men ikke spesielt høy andel skader med lyn som årsak. Derimot har Kristiansand fjerde høyeste brannfrekvens med hensyn på elektriske fenomenskader, etter Vennessla, Flekkefjord og Marnardal.

Til tross for stor kabelandel i Kristiansand, både på høyspennings- og lavspenningssida, har kommunen forholdsvis høy frekvens for elektriske fenomenskader.

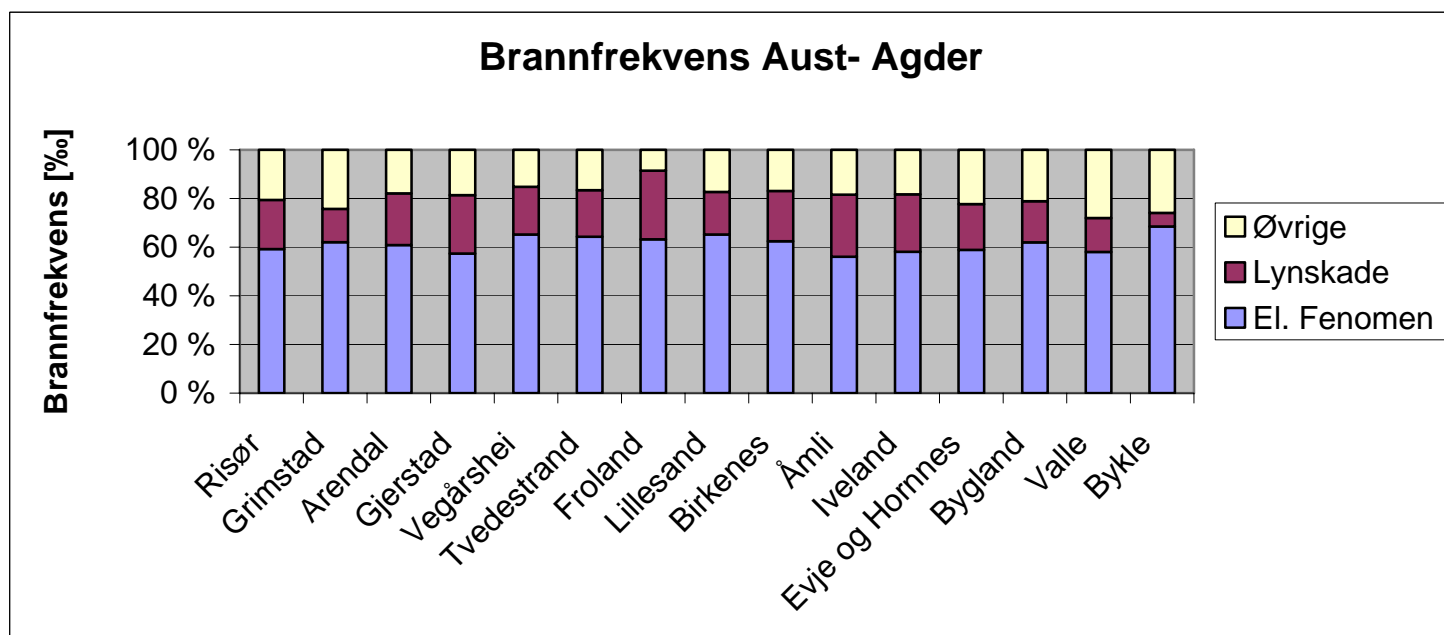
Det ser ut til at det er elektriske fenomenskader som varierer mest kommunene imellom, og til en viss grad lynskader. De øvrige brannårsakene er noenlunde jevnt fordelt blant kommunene.

Hægebostad, Åseral og Sirdal kommer ut med svært lave brannfrekvenser. Disse områdene er landbrukskommuner med spredt bebyggelse, og mye luftnett. Selv om Søgne og Songdalen har høyest lyntetthet nest etter Kristiansand, har disse kommunene ikke spesielt høy brannfrekvens i forhold til andre kommuner i samme fylke. Kvinesdal og Vennessla har høy mengde lynskader.

## Vedlegg 4

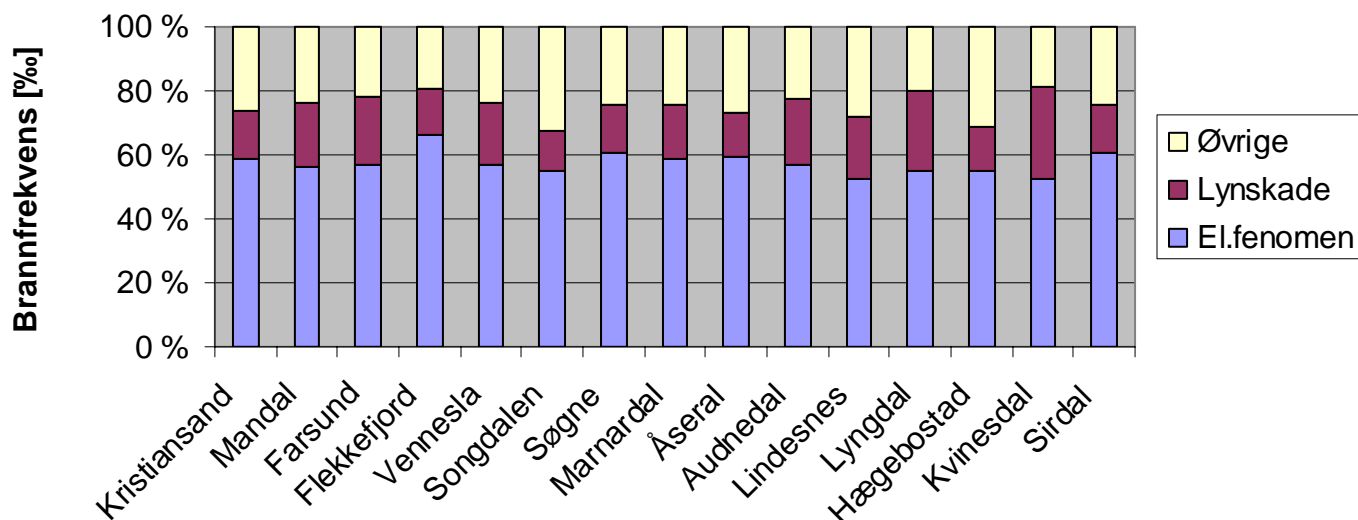


Figur 86. Brannfrekvens i Nord- Trøndelag, andel branner fordelt på brannårsak



Figur 87. Brannfrekvens i Aust- Agder, andel branner fordelt på brannårsak

## Brannfrekvens Vest- Agder

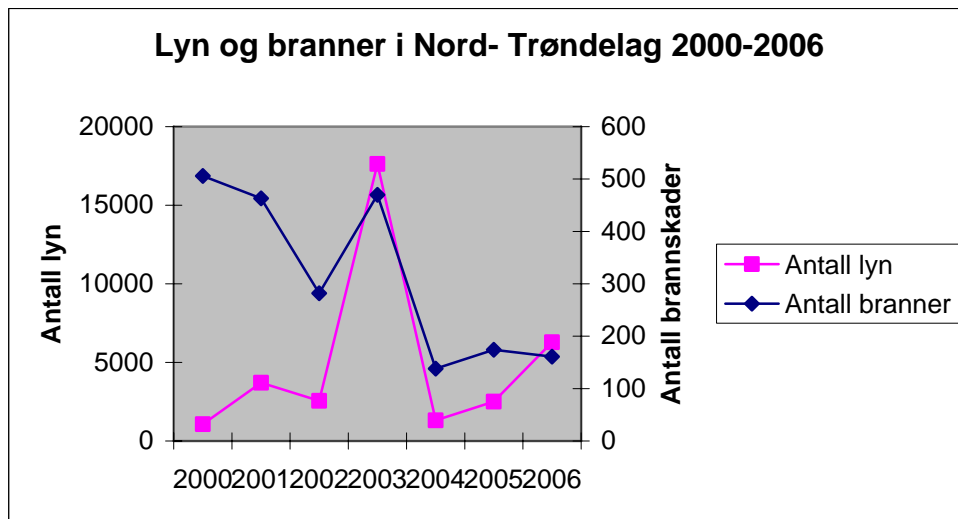


Figur 88. Brannfrekvens i Vest- Agder, andel branner fordelt på brannårsak

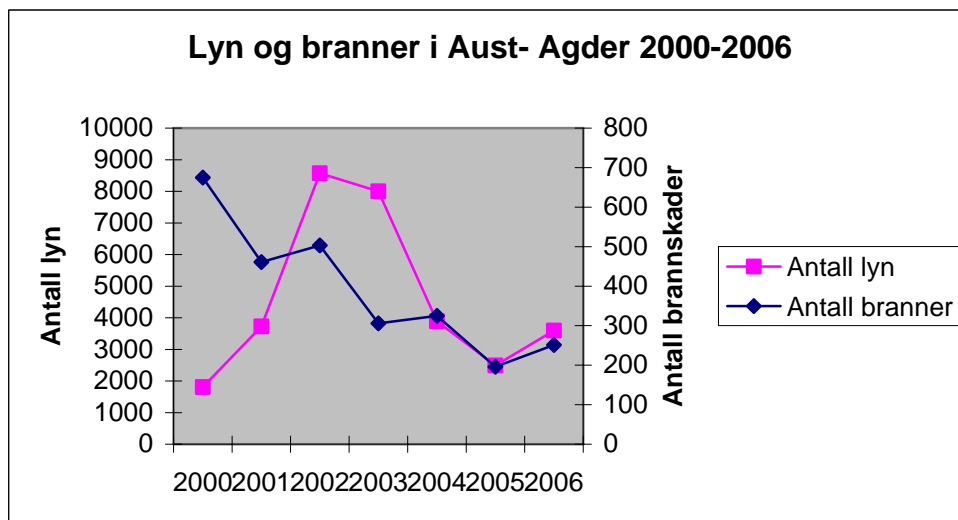
## Vedlegg 5

Kommune	Areal [km <sup>2</sup> ]	Antall lyn 2001-2006	Ant. pos/neg ( )	Lyntetthet [lyn per 100km <sup>2</sup> /år]	Middelverdi pos. lynstrøm [kA]	Middelverdi neg. lynstrøm [kA]
Arendal	339	2881	( 924+/ 1957-)	141.46	9	-12.4
Audnedal	228	611	( 245+/ 366-)	44.73	13.3	-13.9
Birkenes	676	2491	( 677+/ 1814-)	61.37	12.6	-13.6
Bygland	1376	2398	( 917+/ 1481-)	29.04	11.4	-12.2
Bykle	1501	1655	( 652+/ 1003-)	18.37	12.2	-12.2
Evje og Hornnes	567	1202	( 517+/ 685-)	35.31	12.4	-14.3
Farsund	419	930	( 306+/ 624-)	37.02	16.5	-18.9
Flatanger	1107	809	( 187+/ 622-)	12.18	18.5	-20
Flekkefjord	691	1531	( 384+/ 1147-)	36.91	15	-17.5
Fosnes	673	478	( 88+/ 390-)	11.84	19	-17
Froland	653	3155	( 882+/ 2273-)	80.53	11.1	-12.5
Frosta	254	305	( 64+/ 241-)	20.02	13.7	-15.2
Gjerstad	299	1653	( 434+/ 1219-)	92.13	11.6	-11.6
Grimstad	381	1536	( 463+/ 1073-)	67.16	11.7	-13.5
Grong	1151	1269	( 212+/ 1057-)	18.37	17.1	-14.7
Hægebostad	479	949	( 352+/ 597-)	33.02	14.8	-15.4
Høylandet	775	442	( 106+/ 336-)	9.51	17.8	-16.7
Inderøy	265	317	( 55+/ 262-)	19.96	18.3	-14.8
Iveland	273	714	( 281+/ 433-)	43.61	14.7	-15.1
Kristiansand	384	1658	( 346+/ 1312-)	71.95	12.9	-15.2
Kvinesdal	973	2064	( 650+/ 1414-)	35.36	15	-14.4
Leka	1090	553	( 100+/ 453-)	8.46	26.1	-21.9
Leksvik	607	957	( 153+/ 804-)	26.29	13	-13.7
Levanger	863	929	( 191+/ 738-)	17.94	14.4	-13.6
Lierne	2961	3780	( 633+/ 3147-)	21.27	15.9	-13.2
Lillesand	299	1214	( 307+/ 907-)	67.68	14	-14.4
Lindesnes	418	853	( 340+/ 513-)	34.04	17.1	-17.3
Lyngdal	455	1111	( 383+/ 728-)	40.72	17.3	-16.3
Mandal	385	917	( 286+/ 631-)	39.74	18.2	-15.7
Marnardal	398	1082	( 412+/ 670-)	45.32	13.9	-15.5
Meråker	1284	3084	( 420+/ 2664-)	40.05	13.6	-12
Mosvik	263	378	( 58+/ 320-)	23.92	17.7	-13.7
Namdalseid	805	1026	( 188+/ 838-)	21.24	13.5	-16.2
Namsos	1000	1267	( 208+/ 1059-)	21.12	17.1	-17.2
Namsskogan	1447	851	( 154+/ 697-)	9.8	15.2	-18.5
Nærøy	1583	1086	( 219+/ 867-)	11.44	22.2	-19.7
Overhalla	731	667	( 141+/ 526-)	15.21	21.2	-14.1
Risør	241	1001	( 306+/ 695-)	69.1	13	-12.4
Røyrvik	1610	1010	( 191+/ 819-)	10.46	17.3	-16
Sirdal	1591	2998	( 831+/ 2167-)	31.41	13.8	-13.6
Snåsa	2324	2648	( 456+/ 2192-)	18.99	17.1	-13.2
Songdalen	215	642	( 198+/ 444-)	49.7	13.9	-14.5
Steinkjer	1634	3724	( 469+/ 3255-)	37.98	12.9	-14.5
Stjørdal	1073	2163	( 327+/ 1836-)	33.58	14.5	-13.7
Søgne	276	837	( 245+/ 592-)	50.6	14.1	-14.6
Tvedestrand	265	1725	( 444+/ 1281-)	108.53	10.3	-13.2
Valle	1282	1994	( 608+/ 1386-)	25.93	13.1	-11.9
Vegårshei	340	1978	( 496+/ 1482-)	97.01	11.3	-13.3
Vennesla	363	1033	( 345+/ 688-)	47.48	14.2	-15.6
Verdal	1525	3617	( 545+/ 3072-)	39.52	10.3	-12.9
Verran	671	1096	( 177+/ 919-)	27.2	12	-14
Vikna	1926	1537	( 212+/ 1325-)	13.3	22.7	-22.3
Åmli	1120	4119	( 1408+/ 2711-)	61.31	10.6	-12.7
Åseral	841	1743	( 567+/ 1176-)	34.53	13.1	-13.1

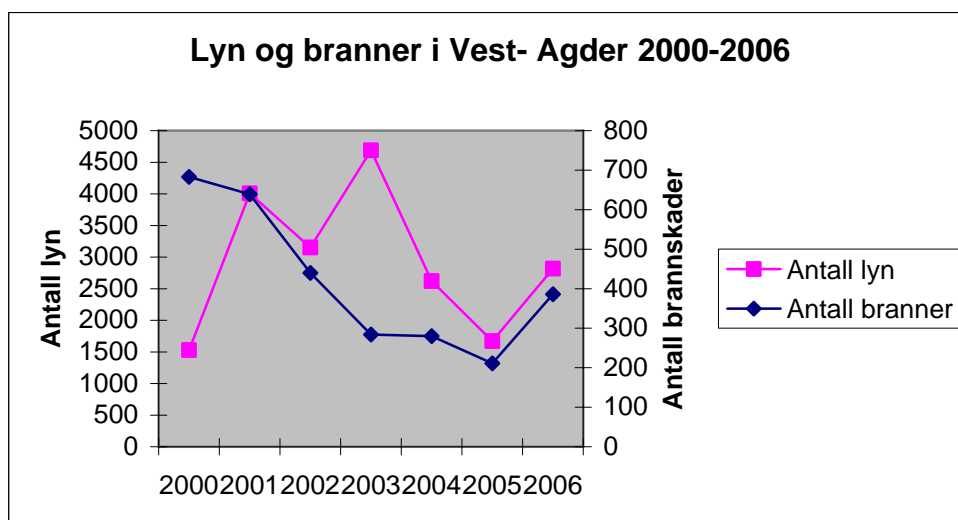
## Vedlegg 6



Figur 89. Lyn og branner i Nord- Trøndelag 2000- 2006



Figur 90. Lyn og branner i Aust- Agder 2000- 2006



Figur 91. Lyn og branner i Vest- Agder 2000- 2006