

# Rapport

## Analyser av feil og avbrudd i kraftnettet 1989 - 2011

Inkludert driftsforstyrrelser med flere feil 2008 - 2010 og ekstremværet  
Dagmar 2011

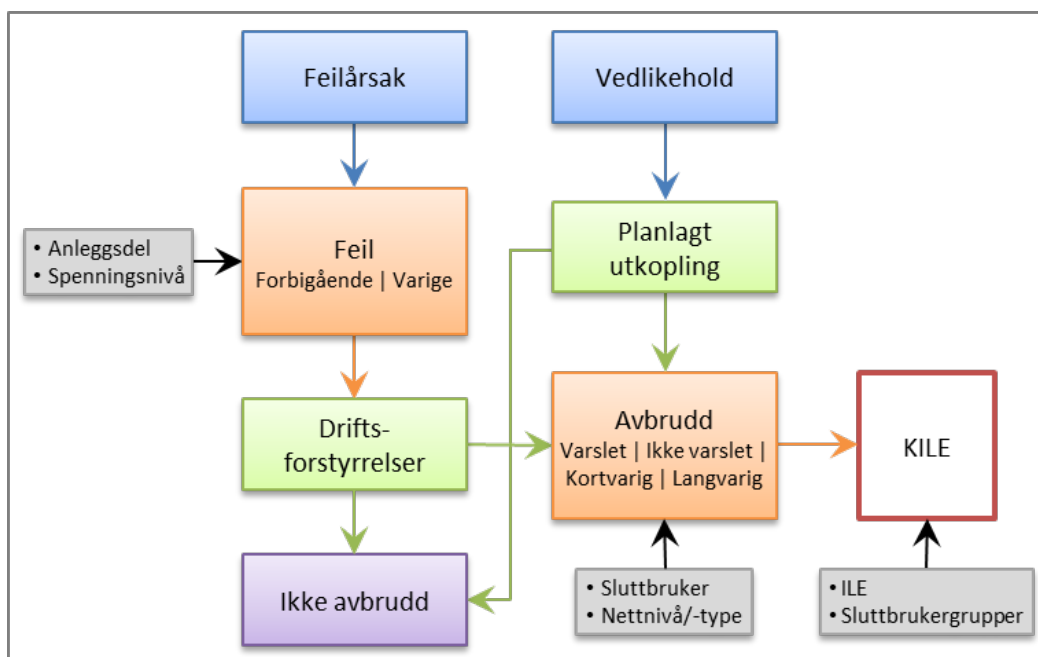
### Forfatter(e)

Gerd H. Kjølle

Ruth Helene Kyte

Hanne M. Vefsnmo

Jostein Lille-Mæhlum





SINTEF Energi AS

Postadresse:  
Postboks 4761 Sluppen  
7465 TrondheimSentralbord: 73597200  
Telefaks: 73597250energy.research@sintef.no  
www.sintef.no/energi  
Foretaksregister:  
NO 939 350 675 MVA

# Rapport

## Analysen av feil og avbrudd i kraftnettet 1989 - 2011

Inkludert driftsforstyrrelser med flere feil 2008 - 2010 og ekstremværet  
Dagmar 2011**EMNEORD:**  
Driftsforstyrrelse  
Feil  
Avbrudd  
Feilårsak  
Ikke levert energi  
KILE**VERSJON**

1.0

**DATO**

2013-04-24

**FORFATTER(E)**Gerd H. Kjølle  
Ruth Helene Kyte  
Hanne M. Vefsnmo, Jostein Lille-Mæhlum**OPPDRAGSGIVER(E)**

Norges forskningsråd

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

Erland S Eggen

**PROSJEKTNR**

12X618

**ANTALL SIDER**

96

**SAMMENDRAG**

Rapporten gir en samlet oversikt over feil under driftsforstyrrelser og avbrudd i det norske høyspenningsnettet for en periode på 23 år fra 1989 til og med 2011. Rapporten inneholder også resultater fra analyser av driftsforstyrrelser med flere feil for perioden 2008 - 2010, og feil og avbrudd under ekstremværet Dagmar i 2011 presentert samlet for de områdene som var mest berørt på henholdsvis Vest- og Østlandet.

Antall driftsforstyrrelser og planlagte utkoblinger har i sum for alle spenningsnivå 1 - 420 kV variert noe fra år til år, men har vært rimelig stabilt sett over hele perioden med i størrelsesorden 25 000 hendelser i gjennomsnitt pr år. Ikke levert energi (ILE) er i sum betydelig redusert både som følge av driftsforstyrrelser og planlagte utkoblinger fram til og med 2010, mens Dagmar førte til en dobling av ILE i 2011 sammenlignet med foregående 10 års-periode. Omgivelser (vind, vegetasjon, torden, snø/is) har forårsaket vel 50 % av ILE. Distribusjonsnettet har stått for mer enn 90 % av alle hendelser og mer enn 70 % av ILE. Variasjonene i datagrunnlaget fra periode til periode kan forklares med endringer i registreringssystemer, - rutiner, myndighetskrav og spesielle hendelser pga. uvær som Nyttårsorkanen i 1992, uvær på Østlandet i 2003 og ekstremværet Dagmar i 2011.

**UTARBEIDET AV**

Gerd H Kjølle

**SIGNATUR****SIGNATUR****KONTROLLERT AV**

Jørn Heggset

**GODKJENT AV**

Knut Samdal

**SIGNATUR****RAPPORTNR**

TR A7279

**ISBN**

978-82-594-3546-0

**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen



# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Definisjoner og datagrunnlag .....</b>	<b>6</b>
2.1	Definisjoner .....	6
2.2	Datagrunnlag .....	7
<b>3</b>	<b>Oversikt over hendelser og konsekvenser 1989 - 2011 .....</b>	<b>8</b>
3.1	Antall hendelser og ikke levert energi .....	8
3.2	Årsaker og feil på anleggsdeler .....	11
3.3	Konsekvenser for sluttbrukere .....	20
<b>4</b>	<b>Feil og driftsforstyrrelser .....</b>	<b>24</b>
4.1	Antall hendelser fordelt på nettnivå .....	24
4.2	Utløsende årsaker 1 - 22 kV .....	27
4.3	Utløsende årsaker 33 - 420 kV .....	33
4.4	Feil på anleggsdeler 1 - 22 kV .....	36
4.5	Feil på anleggsdeler 33 - 420 kV .....	44
<b>5</b>	<b>Driftsforstyrrelser med flere feil 2008 - 2010 .....</b>	<b>48</b>
5.1	Antall feil ved driftsforstyrrelser med flere feil .....	48
5.2	Feilbeskrivelse og anleggsdeler med feil .....	52
5.3	Årsaker til driftsforstyrrelser med flere feil .....	62
5.4	Driftsforstyrrelser med flere feil relatert til ikke levert energi (ILE) og KILE .....	66
<b>6</b>	<b>Feil og avbrudd under ekstremværet Dagmar .....</b>	<b>74</b>
6.1	Ekstremværet Dagmar og oversikt over konsekvenser .....	74
6.2	Antall feil og avbruddsvarighet .....	76
6.3	ILE og KILE .....	79
<b>7</b>	<b>Omfattende hendelser i perioden 1992 - 2011 .....</b>	<b>83</b>
<b>8</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>90</b>
	<b>Vedlegg .....</b>	<b>91</b>
<b>A</b>	<b>Eksempler på store driftsforstyrrelser med flere feil 2008 - 2010 .....</b>	<b>91</b>



## 1 Innledning

I denne rapporten presenteres statistikker over feil og avbrudd i kraftsystemet i perioden 1989 - 2011. Data for perioden fra 1989 - 2005 er hentet fra rapporten "Analyser av feil og avbrudd i kraftnettet 1989 - 2005" [1], mens data for perioden 2006 - 2011 er basert på data fra Statnett og dels årsstatistikker fra NVE og Statnett. Statnett har hatt ansvar for å samle inn data om feil og driftsforstyrrelser fra hele det norske høyspenningsnettet siden 2006. Fram til og med 2006 har SINTEF Energi laget årsstatistikker for distribusjonsnettet. I 2007 overtok Statnett innsamlingen av data og har siden laget årsstatistikker også for distribusjonsnettet.

Rapporten representerer et supplement til feil- og avbruddsstatistikene som utarbeides av Statnett og NVE:

1. "Årsstatistikk 20xx - Driftsforstyrrelser og feil i 33 - 420 kV nettet", utgis av Statnett SF og omfatter feil under driftsforstyrrelser
2. "Årsstatistikk 20xx - Driftsforstyrrelser og feil i det norske distribusjonsnettet 1 - 22 kV nettet", utgis av Statnett SF og omfatter feil under driftsforstyrrelser
3. "Avbruddsstatistikk 20xx", utgis av Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) og omfatter varslede og ikke varslede avbrudd som skyldes hendelser i høyspenningsnettet.

For å kunne videreføre sammenstillinger fra perioden 1989 - 2005 for perioden 2006 - 2011 har det vært nødvendig å kombinere data fra en rekke ulike kilder, blant annet de ovennevnte års- og avbruddsstatistikker.

Med denne rapporten foreligger det sammenhengende data om feil og avbrudd for en periode på 23 år. Dette gir muligheter for å sammenligne dataene i ulike perioder samt å vurdere eller avdekke eventuelle trender i datagrunnlaget.

Rapporten inneholder også resultater fra analyser av driftsforstyrrelser med flere feil for perioden 2008 -2010 og feil og avbrudd under ekstremværet Dagmar.

## 2 Definisjoner og datagrunnlag

### 2.1 Definisjoner

De viktigste begrepene som benyttes i denne rapporten er gjengitt nedenfor [4, 10]:

<i>Avbrudd</i>	Tilstand karakterisert ved uteblitt levering av elektrisk energi til en eller flere sluttbrukere, hvor forsyningsspenningen er under 1 % av kontraktsmessig avtalt spenning <sup>1</sup> . Avbruddene klassifiseres i langvarige avbrudd (> 3 min.) og kortvarige avbrudd (≤ 3 min.)
<i>Avbruddsvarighet</i>	Tid fra avbrudd inntreffer til sluttbruker igjen har spenning over 90 % av kontraktsmessig avtalt spenning.
<i>Ikke levert energi</i>	Beregnet mengde elektrisk energi som ville blitt levert til sluttbruker dersom svikt i leveringen ikke hadde inntruffet.
<i>Rapporteringspunkt</i>	Leveringspunkt med krav om rapportering av avbrudd til NVE. Rapporteringspunkt er lavspenningssiden av fordelingstransformatorer, samt høyspenningspunkt med levering direkte til sluttbruker.
<i>Driftsforstyrrelse</i>	Utløsning, påtvunget eller utilsiktet utkobling, eller mislykket innkobling som følge av feil i kraftsystemet. Herunder regnes: a. Automatisk effektbryterutløsning/sikringsbrudd. b. Utkobling som følge av ukorrekt betjening. c. Påtvunget manuell utkobling (uten tilstrekkelig varslingsstid) uten tid til å gjøre eventuelle preventive tiltak. d. Mislykket innkobling av driftsklar kraftsystemenhet hvor det er nødvendig med vedlikeholdstiltak før et eventuelt nytt innkoblingsforsøk.
<i>Feil</i>	Tilstand der en enhet har manglende eller nedsatt evne til å utføre sin funksjon. Feil er enhver mangel eller avvik som gjør at en enhet ikke er i stand til å utføre den funksjonen den er bestemt til å gjøre i kraftsystemet.
<i>Varig feil</i>	Feil hvor korrigerende vedlikehold er nødvendig. En varig feil krever en reparasjon eller justering før enheten igjen er driftsklar.
<i>Forbigående feil</i>	Feil hvor korrigerende vedlikehold ikke er nødvendig. Gjelder feil som ikke medfører andre tiltak enn gjeninnkobling av bryter, utskifting av sikringer, kvittering av signal eller resetting av datamaskin.
<i>Feilårsak</i>	Forhold knyttet til konstruksjon, produksjon, installasjon, bruk eller vedlikehold som har ført til en feil på en enhet. Feilårsak klassifiseres i <i>utløsende</i> -, <i>bakenforliggende</i> - og <i>medvirkende</i> årsak.

---

<sup>1</sup> Fra 1. januar 2014 endres definisjonen til at det er avbrudd når forsyningsspenningen er under 5 % av kontraktsmessig avtalt spenning. Samtidig flyttes rapporteringspunkt ned til sluttbrukers tilknytningspunkt. (Forskrift 7 des. 2012 nr. 1183, [www.lovdata.no](http://www.lovdata.no))



## 2.2 Datagrunnlag

Denne rapporten er en videreføring av "Analyser av feil og avbrudd i kraftnettet 1989 - 2005" [1] for årene 2006 - 2011. Ikke alle sammenstillinger av data er videreført for 2006 - 2011, men rapporten inneholder i tillegg data om feil under driftsforstyrrelser med flere feil for perioden 2008 - 2010 samt feil og avbrudd under ekstremværet Dagmar i 2011.

Det er brukt flere ulike kilder for å skaffe mest mulig sammenlignbare data for videreføringene for perioden 2006 - 2011. For årene fram til og med 2005 er det brukt samme data som den tidligere rapporten inneholdt [1].

Grunnlagsdata fra 2006 for distribusjonsnettet er hentet fra arbeidsnotatet "FASIT 2006 Feil og avbrudd i høyspennings fordelingsnett tom 22 kV" utgitt av SINTEF Energi AS og Energi Norge, med tilhørende underlag [5]. For regional- og sentralnettet er Statnett sin årsstatistikk "Driftsforstyrrelser og feil i 33 - 420 kV-nettet" brukt [3]. Da årsstatistikken fra Statnett ikke inneholder ILE for spenningsnivåene 33 - 420 kV er dette utelatt for 2006.

For perioden 2007 - 2010 er data først og fremst hentet fra FASIT-landsdatabase, med supplement fra årsstatistikken til Statnett. For året 2007 viser det seg at databasen som har vært tilgjengelig under arbeidet har vært mangelfull, først og fremst grunnet overgang fra Statnetts tidligere SDI-database til FASIT. FASIT-databasen ble ikke fullstendig tatt i bruk før i november 2007. Antall FASIT-rapporter funnet for 2007 i databasen er lavere enn oppgitt i Statnett sin årsstatistikk (432 driftsforstyrrelser på spenningsnivå 33 - 420 kV i databasen mot 718 driftsforstyrrelser i årsstatistikken til Statnett). Det arbeides med å komplettere årene 2006 og 2007 i databasen, men dette var ikke gjennomført før denne rapporten ble utarbeidet. Som supplement til databasen for 2007 har et regneark med alle FASIT-rapportene blitt benyttet. Dette regnearket inneholder ikke ILE, og ILE-tallene er derfor hentet fra databasen. Lengste avbruddsvarighet for 2007 har blitt hentet fra det samme regnearket.

For 2011 har datagrunnlaget som har vært tilgjengelig for dette arbeidet, bestått av ett regneark med alle FASIT-rapportene for hele det norske høyspenningsnettet. Dette regnearket inneholder ikke alle detaljer som blir rapportert i FASIT, som f.eks. feil registrert på komponentnivå for anleggsdel med feil.

Grunnlagsdata for avbrudd, fordelt på kortvarige og langvarige avbrudd, for perioden 2006 - 2011, er hentet fra "Avbruddsstatistikk 20xx" utgitt av NVE [6]. Det har også vært tilgang til mer detaljerte data fra NVE der dette har vært nødvendig.

Rapporten inneholder også resultater fra analyser av driftsforstyrrelser med flere feil for perioden 2008 - 2010. Dette kapittelet bygger på data fra FASIT-databasen, og denne perioden er valgt på bakgrunn av fullstendige data i databasen.

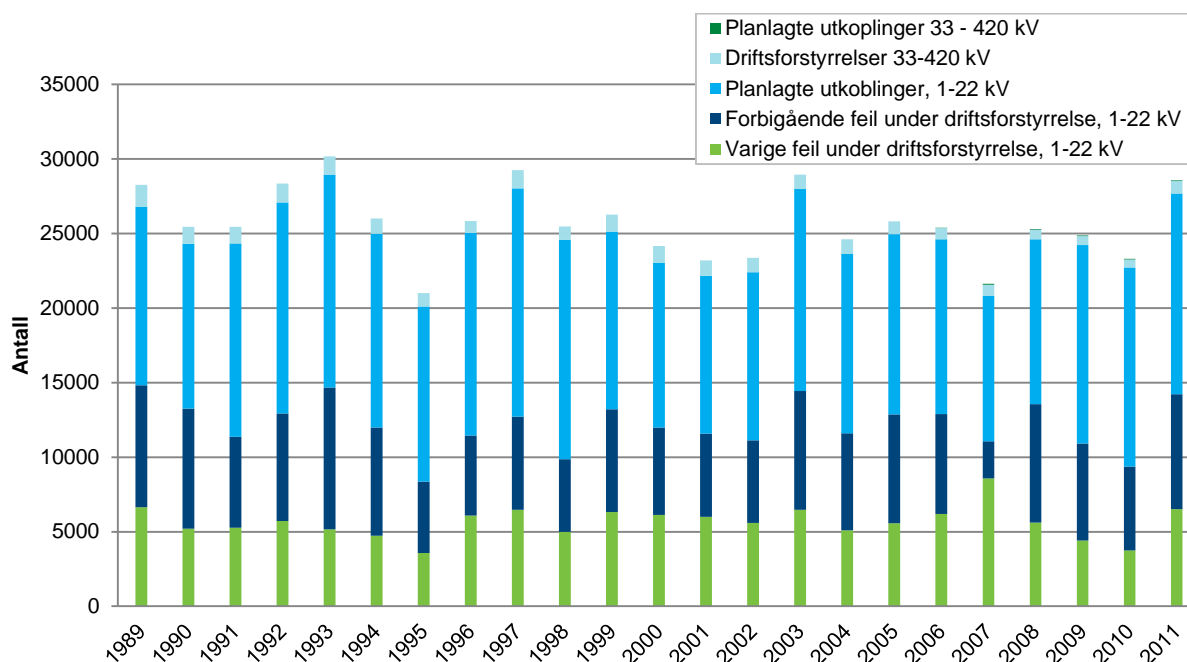
Data og sammenstillinger presentert i denne rapporten må vurderes i lys av at det er mange forhold som kan påvirke datagrunnlaget om feil og avbrudd og at disse har endret seg over perioden 1989 - 2011, totalt 23 år. Dette gjelder faktorer som hvilke registreringssystemer som har vært i bruk, nye forskrifter eller endringer i forskrifter, ulike registreringsrutiner og tolkninger, hvilke data som er registrert, graden av kvalitetssikring av data, og hvilke aktører som har samlet inn, registrert og rapportert dataene. Se nærmere beskrivelse i [1]. Disse faktorene medfører at dataene ikke nødvendigvis er sammenlignbare fra år til år. Sett hele perioden under ett, vil en del av variasjonene i tallmaterialet kunne tilskrives disse faktorene foruten spesielle hendelser som i hovedsak skyldes uvær.

Fra og med året 2007 har FASIT-systemet vært i bruk for hele det norske høyspenningsnettet, og Statnett har fra samme år samlet inn feil- og avbruddsdata og utarbeidet feilstatistikk for alle nettnivå. Ut fra dette kan det antas at dataene om feil og driftsforstyrrelser er mest sammenlignbare for den siste 5-årsperioden, muligens med unntak av 2007 som var et "overgangsår" mellom to systemer.

### 3 Oversikt over hendelser og konsekvenser 1989 - 2011

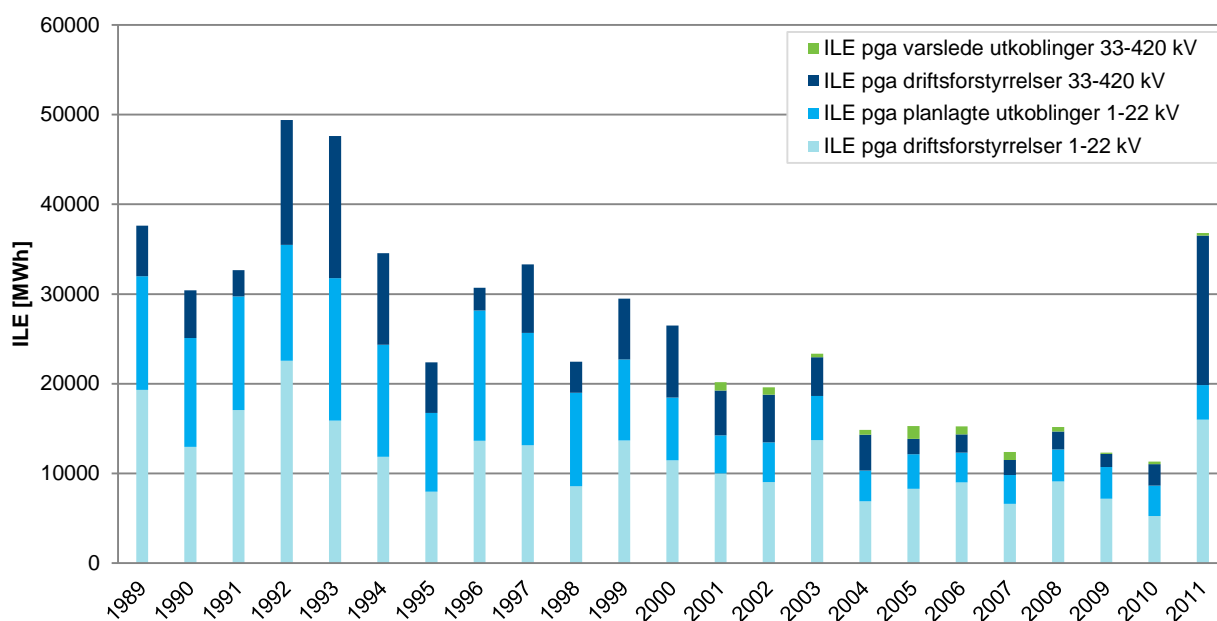
Dette kapitlet gir en oversikt over antall hendelser og ikke levert energi i sum for Norge samt en oversikt over konsekvenser for sluttbrukere.

#### 3.1 Antall hendelser og ikke levert energi

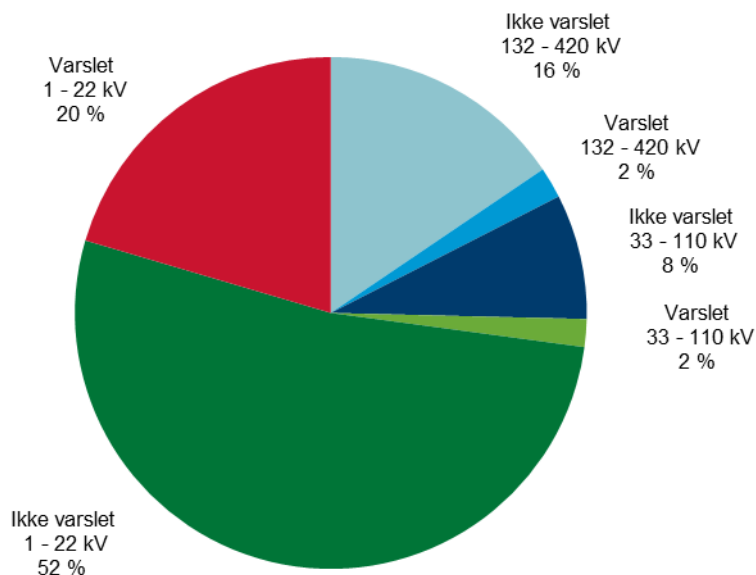


**Figur 3-1 Antall hendelser i det norske høyspenningsnettet i perioden 1989 - 2011. Perioden 1989 til 2005 er basert på oppskalerte tall for 1 - 22 kV [1]. For 33 - 420 kV er antallet planlagte utkoblinger kun rapportert i perioden 2006 - 2011.**

Figur 3-1 og Figur 3-2 viser en oversikt over antall driftsforstyrrelser, feil og planlagte utkoblinger i det norske høyspenningsnettet 1 - 420 kV og ikke levert energi (ILE) for perioden 1989 - 2011, og Figur 3-3 viser ILE fordelt på spenningsnivå. For distribusjonsnettet er det vist antall feil fordelt på forbigående og varige feil, mens det er antall driftsforstyrrelser som er vist for regional- og sentralnettet. Det er noen forekomster av driftsforstyrrelser med flere feil på distribusjonsnettet, derfor vil summen av antall feil være noe større enn antall driftsforstyrrelser. De siste 10 årene har antall hendelser pr år i sum vært relativt uendret, med unntak av årene 2003 og 2011. I 2003 var det ekstremvær i desember, noe som førte til mange avbrudd og mye ikke levert energi. I 2011 medførte ekstremværet Dagmar omfattende trefall på kraftledninger, noe som ga mange feil og driftsforstyrrelser på alle nettnivå. Ikke levert energi har hatt en betydelig nedgang fra i gjennomsnitt 33 GWh pr år i perioden 1989 - 2000 til i gjennomsnitt 16 GWh i perioden 2001 - 2010, en halvering fra foregående 12-årsperiode. I 2011 økte dette til over det dobbelte, 37 GWh, pga. ekstremværet Dagmar. Dagmar utgjorde alene en ILE på ca. 17 GWh. Det har vært nedgang både i ILE som skyldes driftsforstyrrelser og planlagte utkoblinger totalt sett for hele perioden. Standardisert metode for beregning av ILE ble innført i 2000. Informasjon om ILE som skyldes planlagte utkoblinger i 33 - 420 kV anlegg finnes kun for årene etter 2001 (se Figur 3-2). Figur 3-2 viser at ILE som følge av planlagte utkoblinger på disse spenningsnivåene har gitt et svært lite bidrag til ILE totalt sett.



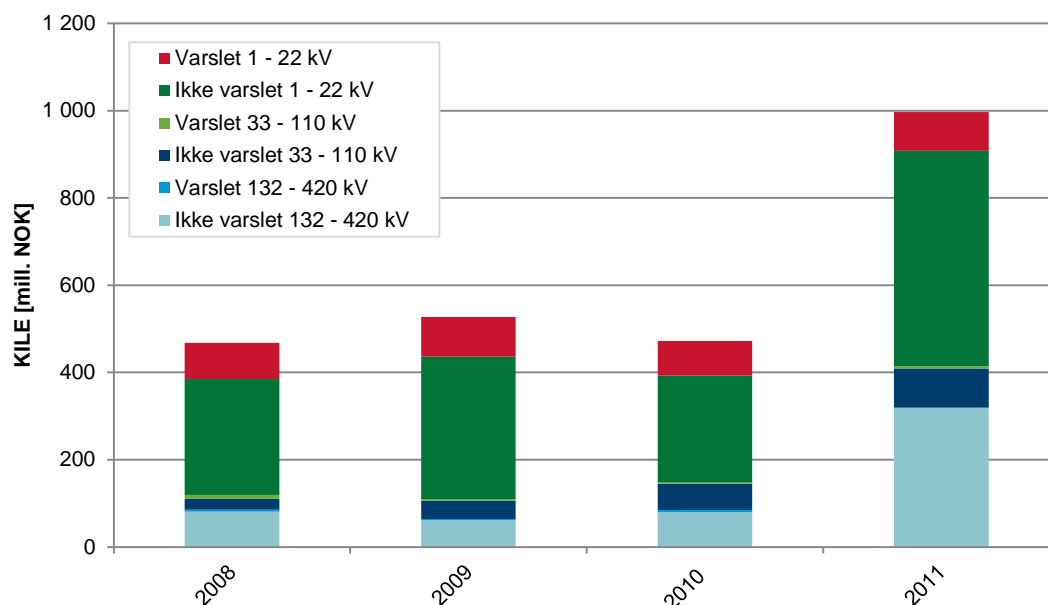
**Figur 3-2** Utvikling i ILE forårsaket av ulike spenningsnivå og type hendelser, 1989 - 2011. (Oppskalert for 1 - 22 kV i perioden 1989-2005 [1]).



**Figur 3-3** ILE fordelt på spenningsnivå og varslede og ikke varslede avbrudd, gjennomsnitt 2001 - 2011.

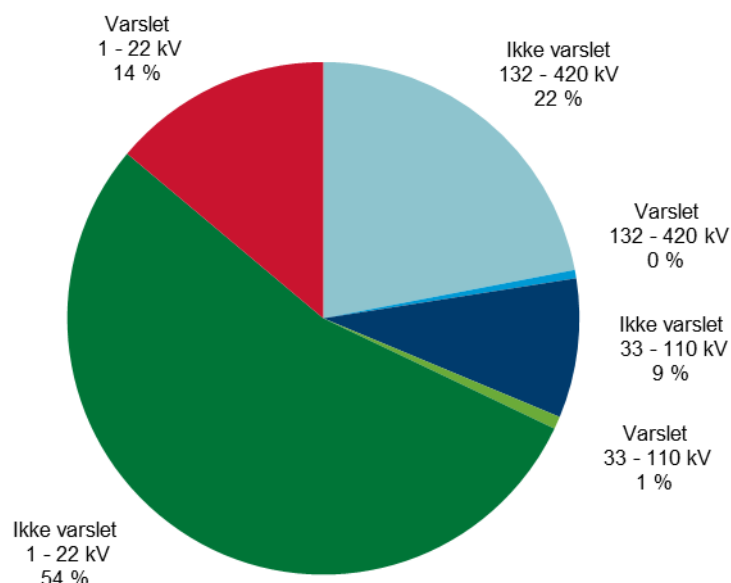
Figur 3-3 viser at 24 % av ILE skyldes varslede utkoblinger, mens 76 % gjelder ikke varslede avbrudd (pga. driftsforstyrrelser og ikke varslede planlagte utkoblinger). Høyspennings distribusjonsnett har i gjennomsnitt for de siste 11 årene stått for 72 % av den totale ILE i Norge, fordelt på 68 % av ILE pga. ikke varslede utkoblinger og 83 % av ILE pga. planlagte utkoblinger.

Utviklingen i kostnader ved ikke levert energi (KILE) i perioden 2008 - 2011 er vist i Figur 3-4, fordelt på varslede og ikke varslede avbrudd for henholdsvis distribusjons-, regional- og sentralnett. KILE-kostnadene ble fordoblet i 2011 som følge av ekstremværet Dagmar.



**Figur 3-4 KILE [mill. NOK] fordelt på spenningsnivå som har forårsaket varslede og ikke varslede avbrudd i perioden 2008 - 2011.**

KILE fordelt på varslede og ikke varslede avbrudd for ulike spenningsnivå i perioden 2008 - 2011 er vist i Figur 3-5. Varslede avbrudd har gitt små KILE-konsekvenser for de høyeste spenningsnivåene, mens varslede hendelser i distribusjonsnettet har stått for 14 % av KILE i denne perioden. Den største andelen av KILE (54 %) kommer fra ikke-varslede hendelser i distribusjonsnettet. Distribusjonsnettet står totalt for 68 % av de totale KILE-kostnadene, mens Figur 3-3 viser at distribusjonsnettet står for 72 % av ILE i perioden 2008 - 2011. Da Figur 3-5 viser en periode på kun 4 år mot Figur 3-3 som viser en periode på 11 år, blir det noen forskjeller. Ekstremværet Dagmar i 2011 setter et større preg på Figur 3-5, der også de høyeste spenningsnivåene har forårsaket betydelig mer ILE og KILE enn i de øvrige årene.



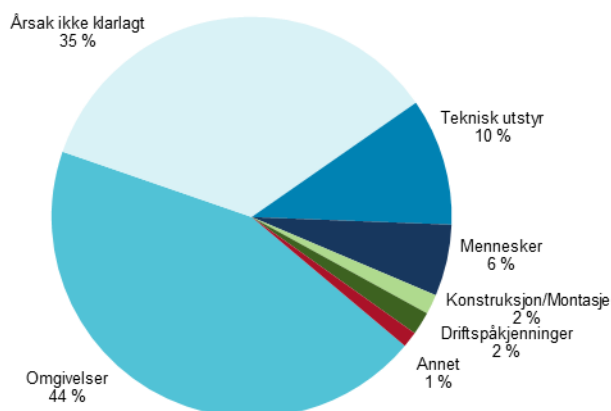
**Figur 3-5 KILE fordelt på spenningsnivå som har forårsaket varslede og ikke varslede avbrudd, gjennomsnitt 2008 - 2011.**

### 3.2 Årsaker og feil på anleggsdeler

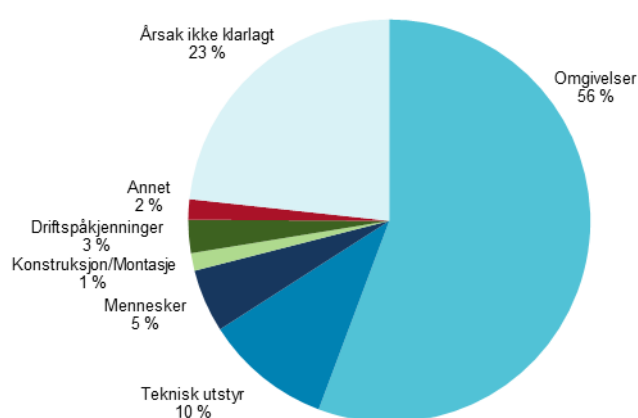
Figur 3-6 viser antall driftsforstyrrelser fordelt på utløsende årsak for 1 - 22 kV i gjennomsnitt for perioden 1989 - 2011 samt for året 2011 separat. Figur 3-7 viser ikke levert energi fordelt på utløsende årsak for 1 - 22 kV i gjennomsnitt for henholdsvis periodene 1989 - 1995, 1999 - 2005, 2007 - 2011 og 2011. Tilsvarende er vist i Figur 3-10 og Figur 3-11 for 33 - 420 kV. Inndelingen i disse periodene er dels valgt ut fra at det er diskontinuitet i hvilke data som er presentert i statistikk-publikasjonene og dels ut fra at årsaksgruppene ble oppdelt i flere kategorier fra 1999. 2011 er skilt ut for å vise at dette var et spesielt år som følge av ekstremværet Dagmar.

Figur 3-6 og Figur 3-7 viser at "Omgivelser" er den dominerende årsaksgruppen i distribusjonsnettet og er ansvarlig for i snitt 44 % av antall driftsforstyrrelsene og over 50 % av ILE. "Teknisk utstyr" står for 10 % av antallet driftsforstyrrelser og ca. 18 % av ILE. "Mennesker" representerer 6 % av antall driftsforstyrrelser og 5 - 7 % av ILE. Rundt 35 % av antall driftsforstyrrelser og over 15 % av ILE har ikke klarlagt årsak. Figurene viser også at kategorien "annet" øker for ILE i perioden 2007 - 2011, mens "årsak ikke klarlagt" minker. Det er ikke funnet noen årsak til dette, annet enn at det er knyttet opp mot registrering og tolking av de som registrerer FASIT-rapporter.

**Antall driftsforstyrrelser 1-22 kV fordelt på utløsende årsak  
1989 - 2011**

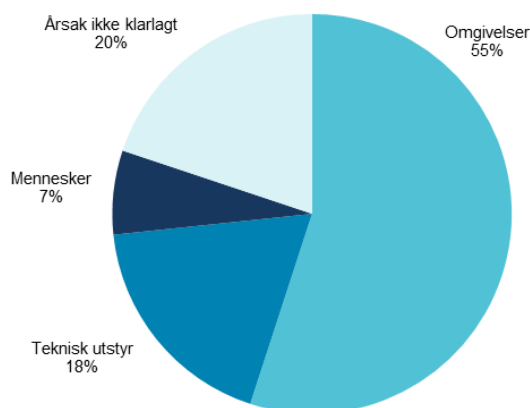


**Antall driftsforstyrrelser 1-22 kV fordelt på utløsende årsak  
2011**

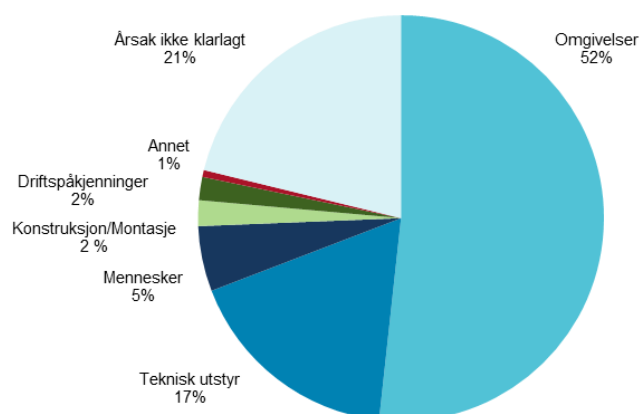


**Figur 3-6 Antall driftsforstyrrelser fordelt på utløsende årsak i gjennomsnitt for perioden 1989 - 2011, og 2011, for 1 - 22 kV.**

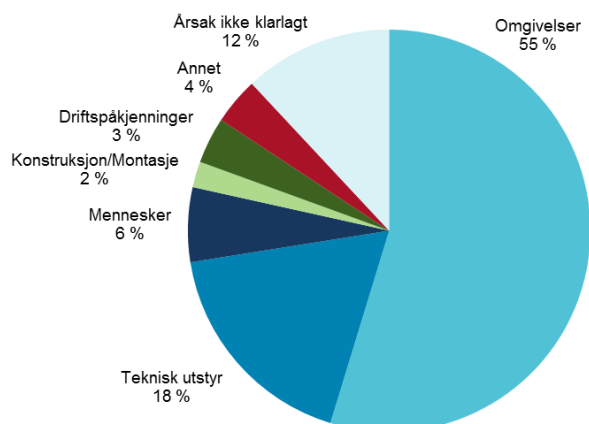
**ILE pga driftsforstyrrelser 1 – 22 kV fordelt på utløsende årsak  
1989 - 1995**



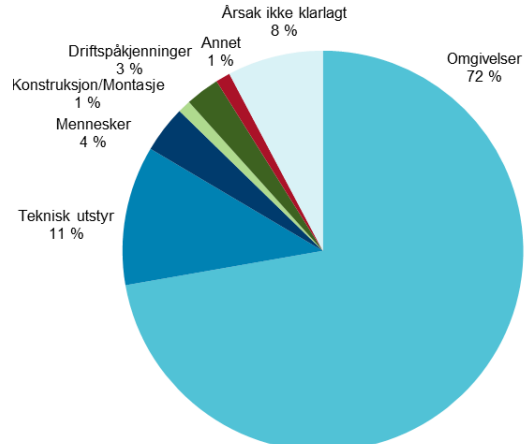
**ILE pga driftsforstyrrelser 1 – 22 kV fordelt på utløsende årsak  
1999 - 2005**



**ILE pga driftsforstyrrelser 1 – 22 kV fordelt på utløsende årsak  
2007 - 2011**

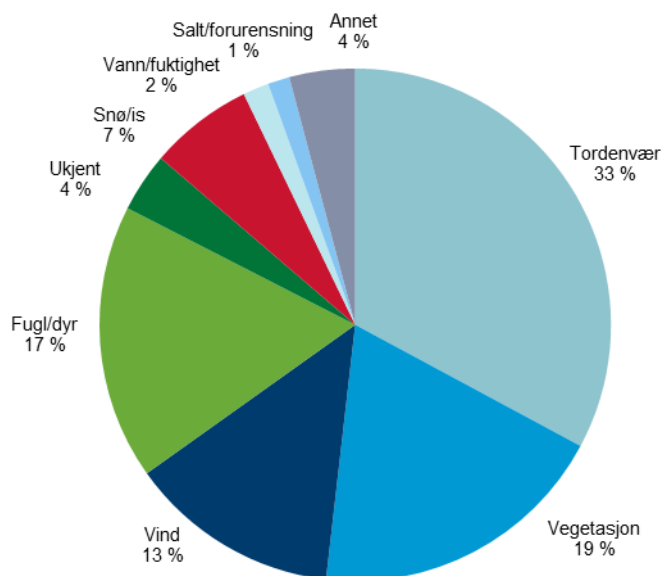


**ILE pga driftsforstyrrelser 1 – 22 kV fordelt på utløsende årsak  
2011**



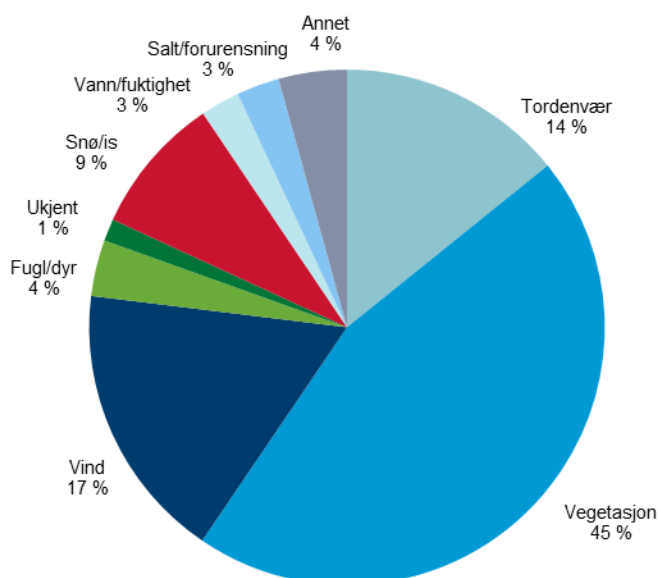
**Figur 3-7 ILE fordelt på utløsende årsak i gjennomsnitt for periodene 1989 - 1995 og 1999 - 2005 fra [1], 2007 - 2011 og 2011, for 1 - 22 kV.**

I Figur 3-8 vises andel av antall driftsforstyrrelser fordelt på undergrupper med utløsende årsak "omgivelser" for 1 - 22 kV for de siste fem årene. "Tordenvær" står for en tredjedel av antall driftsforstyrrelser med utløsende årsak "omgivelser". "Vegetasjon", "fugl/dyr" og "vind" er de tre neste store kategoriene. Kategoriene "vegetasjon" og "vind" økte som følge av Dagmar i 2011 (se også Figur 4-12).



**Figur 3-8 Andel av antall driftsforstyrrelser fordelt på undergrupper med utløsende årsak omgivelser, 1 - 22 kV, 2007-2011.**

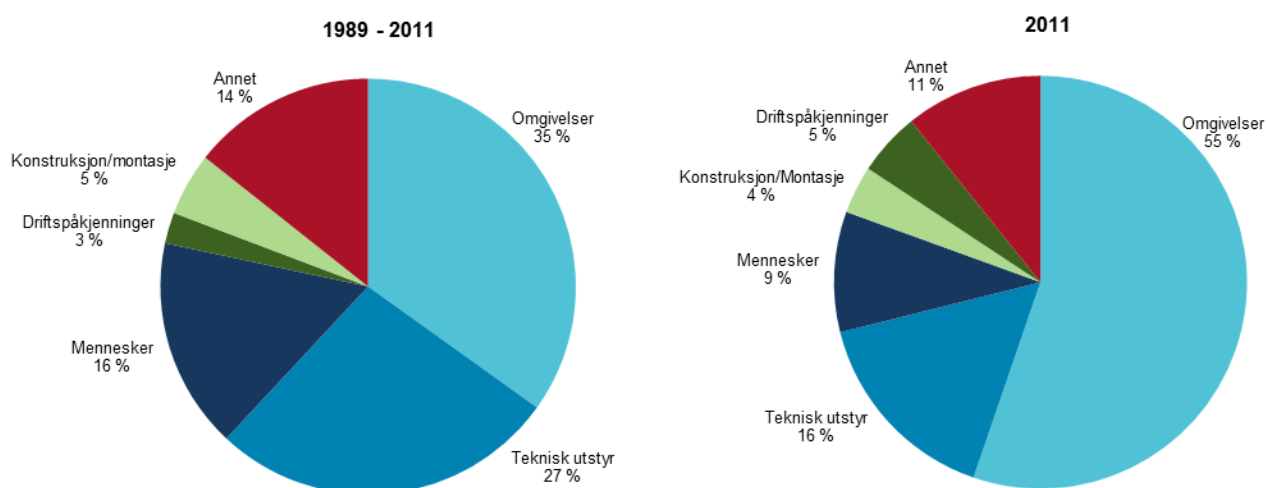
Figur 3-9 viser gjennomsnittlig ILE fordelt på underkategorier med utløsende årsak "omgivelser" for 1 - 22 kV i perioden 2007 - 2011. "Vegetasjon" er den dominerende kategorien, deretter følger "vind" med 17 % og "tordenvær" med 14 %. "Vegetasjon" står for 45 % av ILE, men bare 19 % av antall hendelser. Ekstremværet Dagmar i 2011 førte til mye ILE på grunn av "vegetasjon" og "vind", som vist i Figur 4-13.



**Figur 3-9 Andel av ILE som skyldes omgivelser fordelt på undergrupper av utløsende årsaker, 1 - 22 kV, 2007 - 2011.**

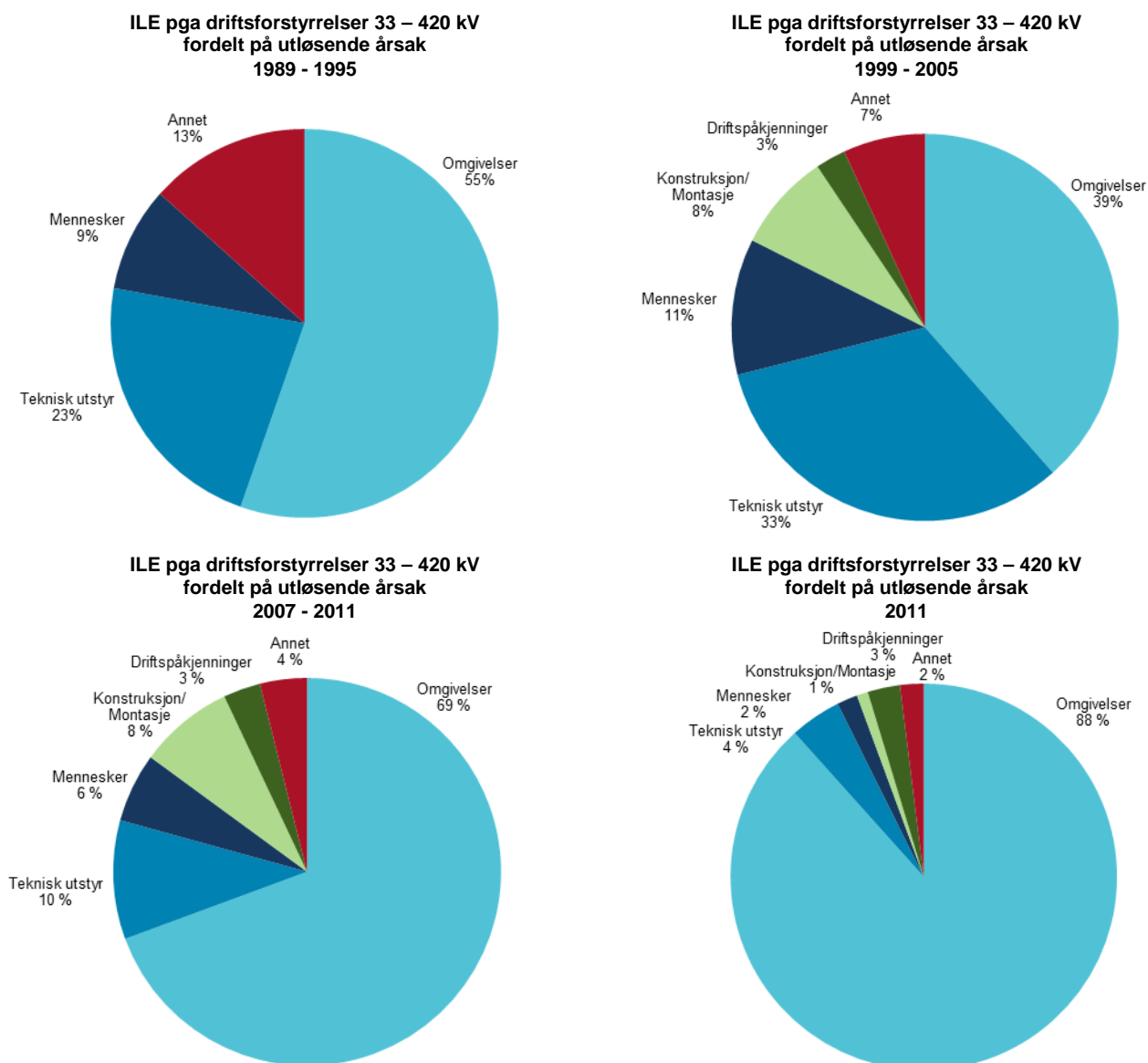
I Figur 3-10 og Figur 3-11 som viser henholdsvis antall driftsforstyrrelser og ILE fordelt på årsak for 33 - 420 kV, inngår årsak ikke klarlagt i "Annet" og representerer en betydelig mindre andel på disse spenningsnivåene. Her bidrar feil på "Teknisk utstyr" til 27 % av antall driftsforstyrrelser, mens ILE varierer i området 10 - 33 % for de tre periodene. "Mennesker" står for en høyere andel av antall driftsforstyrrelser på spenningsnivået 33 - 420 kV enn for spenningsnivået 1 - 22 kV. "Omgivelser" representerer 35 % av antall driftsforstyrrelser, og 39 - 69 % av ILE for de tre periodene. 2011 er et spesielt år, der 55 % av antall driftsforstyrrelser og hele 88 % av ILE hadde utløsende årsak "omgivelser". Hendelser som Dagmar i 2011 preger statistikken spesielt når det gjelder årsaken "Omgivelser", som er vesentlig større som følge av uværet. "Konstruksjon/Montasje" står for 5 % av antall driftsforstyrrelser og 8 % av ILE for spenningsnivåene 33- 420 kV. En mer detaljert inndeling i årsaksgrupper fra 1999 har medført at feil som tidligere ble registrert i kategoriene "Mennesker" og "Teknisk utstyr" i senere år korrekt har blitt plassert i de nye gruppene "Konstruksjon/Montasje etc." og "Driftspåkjenninger".

Summen av menneskerelaterte årsaker (dvs. "Mennesker" og "Konstruksjon/Montasje etc.") og "Teknisk utstyr" står tilsammen for ca. 50 % av antall hendelser i snitt i perioden 1989 - 2011 på disse spenningsnivåene. Andelen ILE for de samme kategoriene i sum varierer derimot en del i de tre tidsperiodene. I 1989 - 1995 er summen 32 %, i 1999 - 2005 er summen 52 % og i 2007 - 2011 er summen 24 %.



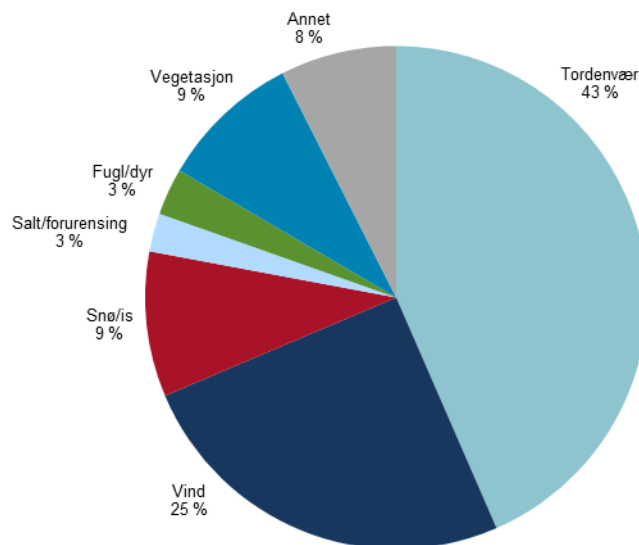
**Figur 3-10** Antall driftsforstyrrelser fordelt på utløsende årsak i gjennomsnitt for perioden 1989 - 2011 og 2011 for 33 - 420 kV.





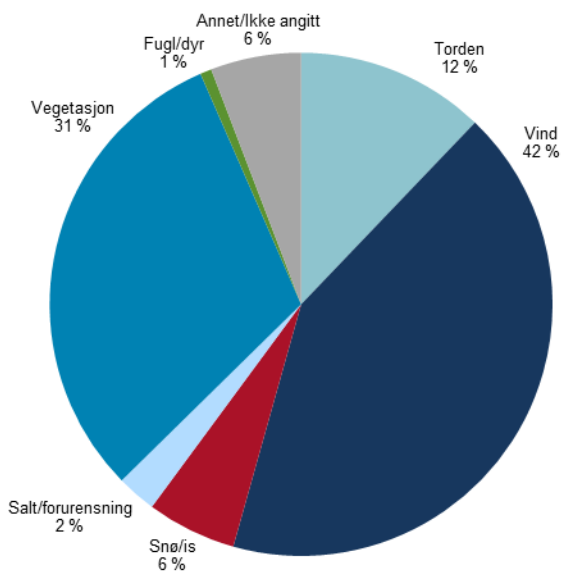
**Figur 3-11 ILE fordelt på utløsende årsak i gjennomsnitt for periodene 1989 - 1995, 1999 - 2005 fra [1], 2007 - 2011 og 2011, for 33 - 420 kV.**

Figur 3-12 viser antall driftsforstyrrelser i gjennomsnitt for perioden 1993 - 2011 fordelt på undergrupper av utløsende årsak "omgivelser". Den største kategorien er "tordenvær" som står for 43 % av hendelsene, mens "vind" er nest størst med 25 %. Ekstremværet Dagmar i 2011 førte til at årsakene "vind" og "vegetasjon" økte, som vist i Figur 4-16.



**Figur 3-12 Andel av antall driftsforstyrrelser med utløsende årsak omgivelser, 33 - 420 kV, 1993 - 2011.**

Figur 3-13 viser gjennomsnittet av ILE fordelt på de ulike undergruppene med utløsende årsak "omgivelser" for 33 - 420 kV anlegg i perioden 1998 - 2011. "Vind" er den dominerende årsaken til ILE, tett fulgt av "vegetasjon". "Torden" står bare for 12 % av ILE, men hele 43 % av antall driftsforstyrrelser. Dette viser at driftsforstyrrelser med årsak "vegetasjon" og "vind" gir relativt sett vesentlig større ILE selv om antall hendelser ikke er like dominerende.



**Figur 3-13 Andel av ILE for driftsforstyrrelser med utløsende årsak omgivelser, 33 - 420 kV, 1998 - 2011, unntatt 2006.**

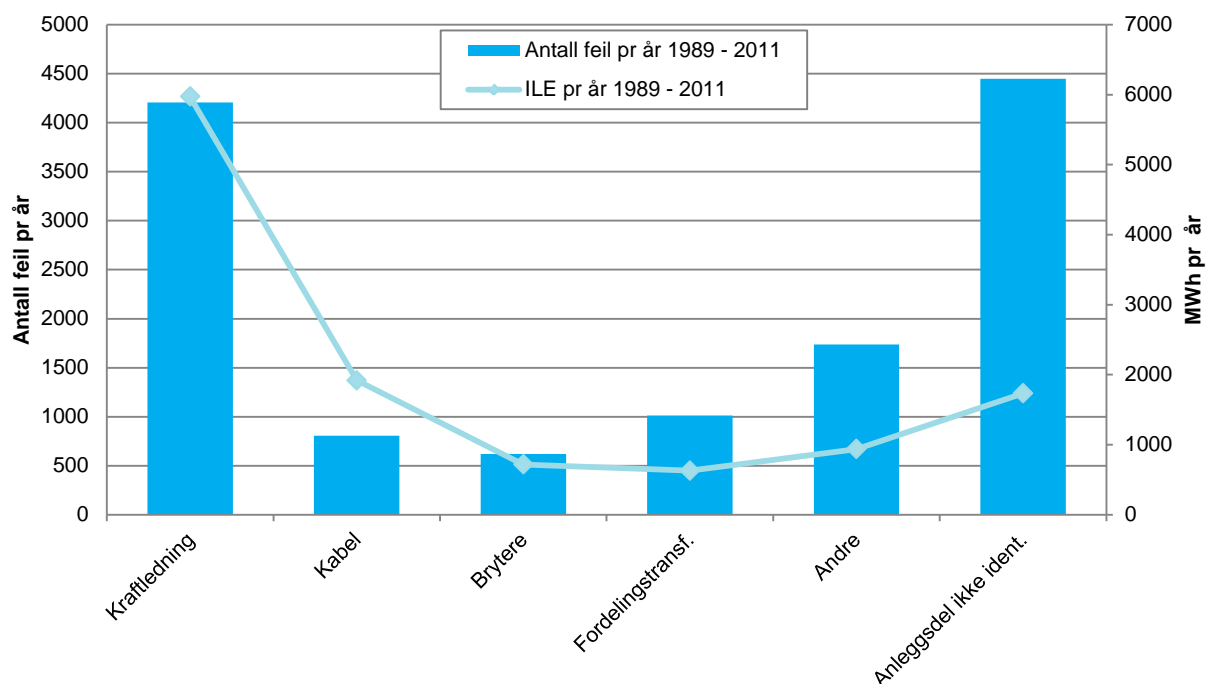
Anleggsdel er definert som utstyr som utfører en hovedfunksjon i et anlegg, mens komponent er en del av anleggsdel [1]. Anleggsdelene er gruppert i FASIT som vist i Tabell 3-1 (vist kun for nettanlegg):

**Tabell 3-1 Anleggsdeler og komponenter slik de er gruppert i FASIT [1].**

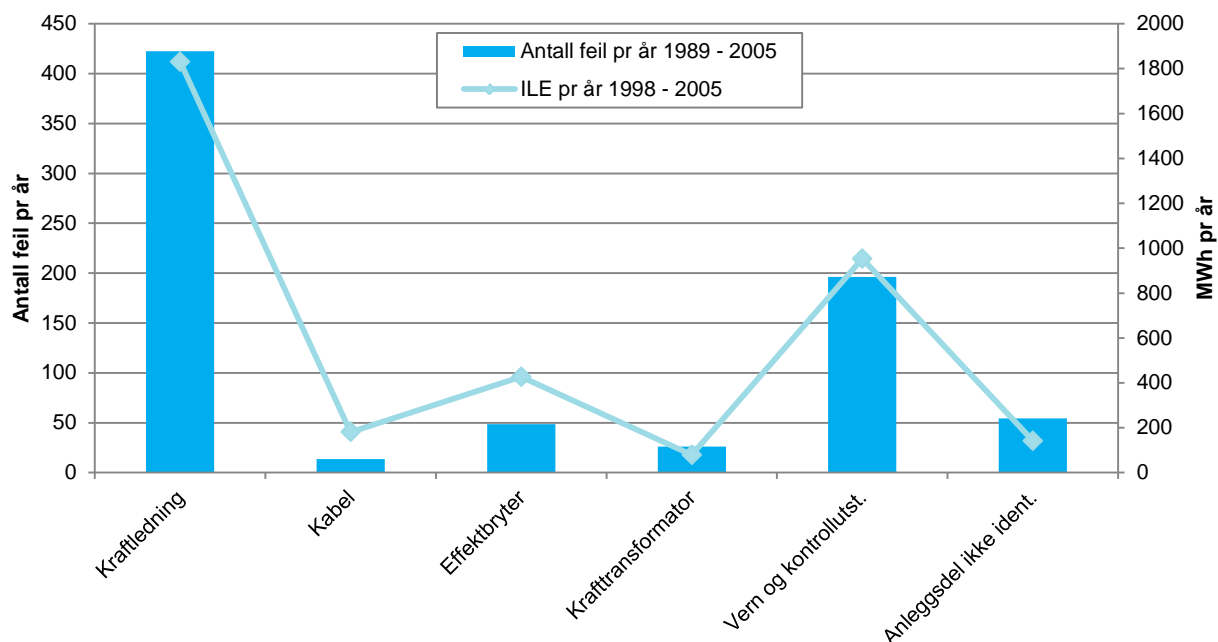
Anleggsdel	Komponenter
Kraftledning	Mast, faseline, toppline, loop, skjøt, isolator, travers, bendsel, avspenningshylse, klemme, bardun, forankringsstag mm.
Kabel	Kabel, skjøt, overgangsskjøt, endeavslutn., kabelsko/klemme mm.
Transformator	Gjennomføring, kjøleutstyr, trinnkopler, ekspansjonskrets, trafokasse, innvendige enheter mm.
Effektbryter	Spenningspåkjent del, drivmekanisme, isolasjon mot jord mm.
Skillebryter	Spenningspåkjent del, drivmekanisme, isolasjon mot jord mm.
Samleskinne	Faseleder, isolasjon mot jord, klemme, kontakt, stativ mm.
Vern	Måleenhet, prøveenhet, ut/inn-enhet, signalindikeringsenhet mm.
Øvrige anleggsdeler: Sikring, kabelskap, kondensatorbatteri, reaktor, SVC, avleder, spenningstransformator, strøm-transformator, HF-sperre, slukkespole, stasjonsforsyning, spenningsregulator, fjernstyring, koplingsutstyr, måle- og meldeutstyr, signaloverføring, datautstyr, brannteknisk anlegg m.fl.	

Figur 3-14, Figur 3-15 og Figur 3-16 viser antall feil og ILE pr år fordelt på ulike anleggsdeler for henholdsvis 1 - 22 kV og 33 - 420 kV. For distribusjonsnettet er hele perioden vist i én figur, dataene for 2007 er hentet fra databasen og er dermed mangelfulle. For 33 - 420 kV er det valgt å dele opp perioden i to pga. lite informasjon om 2006 og i tillegg mangelfull informasjon om 2007. I Figur 3-15 er perioden 1989 - 2005 vist, mens i Figur 3-16 er perioden 2008 - 2011 vist.

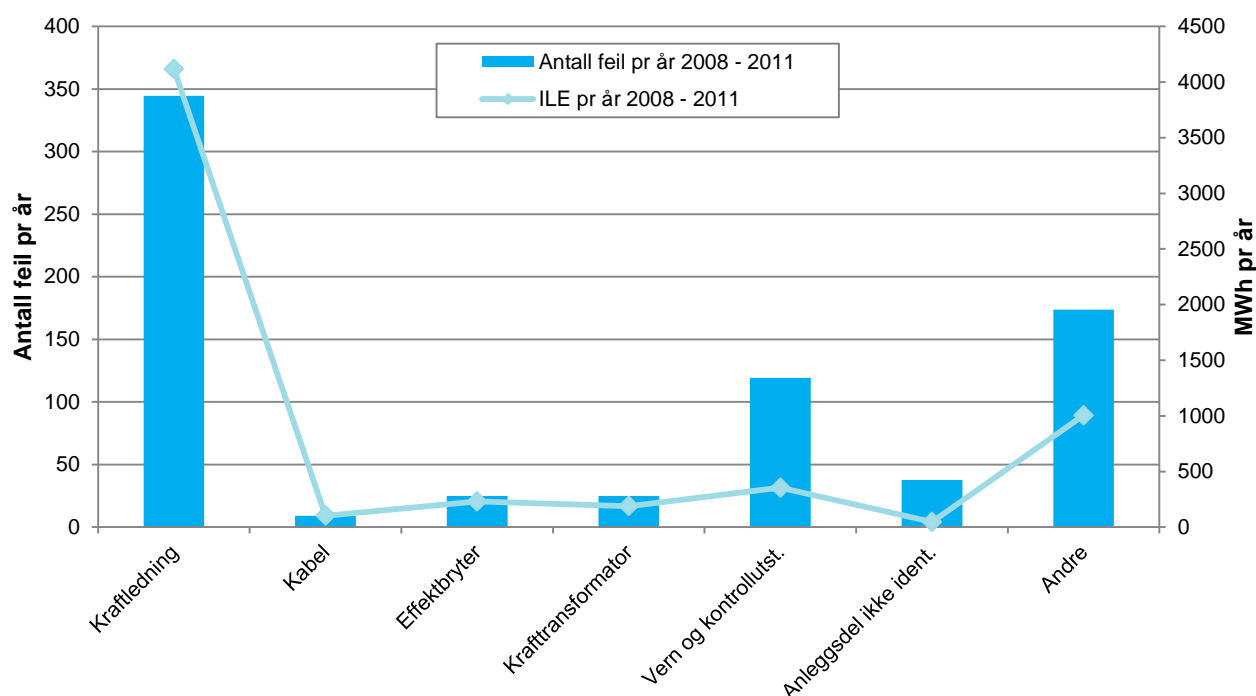
I distribusjonsnettet 1 - 22 kV har det i gjennomsnitt vært 12 832 feil pr år som har medført nesten 12 GWh ILE pr år i perioden 1989 - 2011 (data fra 2007 er tatt med, men er mangelfulle). Fordelingen av feil og ILE på anleggsdel med feil er vist i Figur 3-14. 35 % av feilene har "anleggsdel ikke identifisert", og disse representerer 15 % av ILE. "Kraftledning" representerer 33 % av alle feil og 50 % av ILE. I kategorien "andre" er anleggsdeler som ikke tilhører noen av de andre kategoriene tatt med, se "øvrige anleggsdeler" i Tabell 3-1.



**Figur 3-14** Antall feil og ILE fordelt på anleggsdeler i perioden 1989 - 2011, 1 - 22 kV, (oppskalerte verdier i perioden 1989 - 2005, fra [1]. Mangelfulle tall for 2007).



**Figur 3-15** Antall feil og ILE fordelt på anleggsdeler for henholdsvis periodene 1989 - 2005 og 1998 - 2005, 33 - 420 kV.

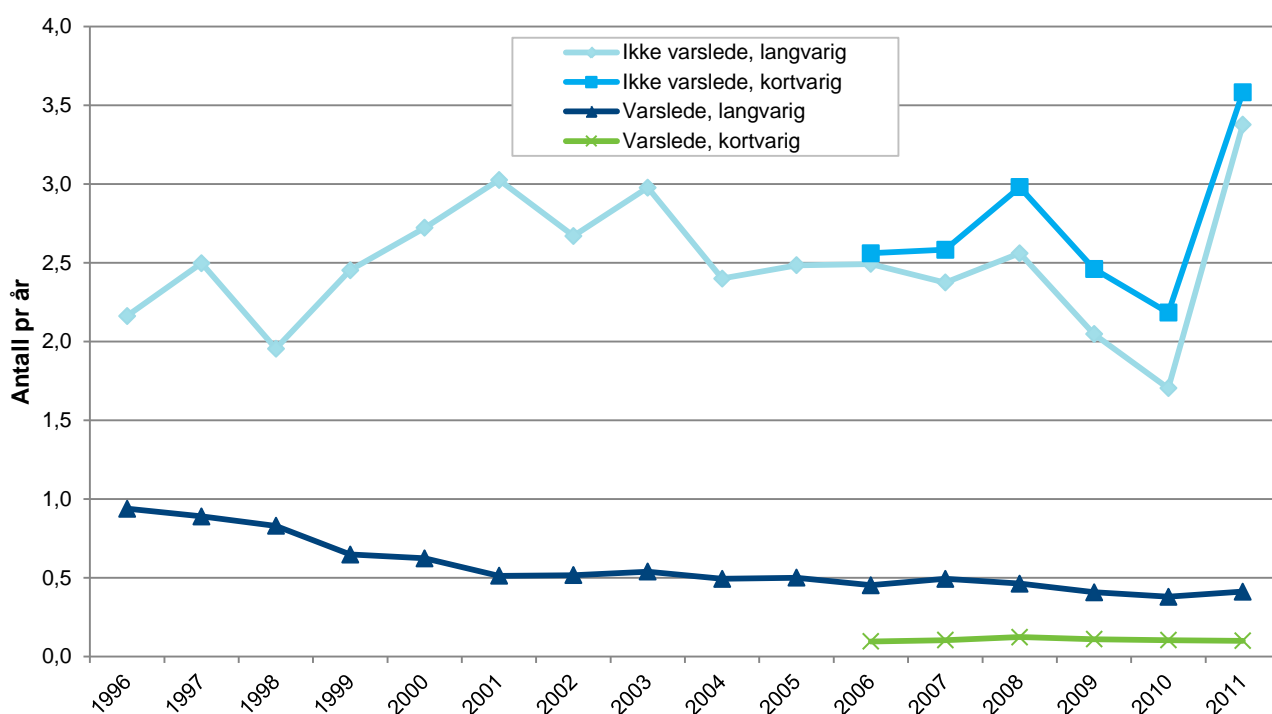


**Figur 3-16** Antall feil og ILE fordelt på anleggsdeler for perioden 2008 - 2011, 33 - 420 kV.

I 33 - 420 kV nettet har det i perioden 1989 - 2005 vært i snitt 761 feil pr år som har medført 3611 MWh i ILE pr år. For perioden 2008 - 2011 har det vært i gjennomsnitt 561 feil pr år som i snitt har ført til 5038 MWh i ILE pr år. Kraftledning dominerer også på disse spenningsnivåene. For perioden 1989 - 2005 sto "kraftledning" for 56 % av antall feil pr år og "vern- og kontrollutstyr" for 26 % av antall feil på spenningsnivået 33 - 420 kV. For perioden 1998 - 2005 sto "kraftledning" for 51 % av ILE pr år og "vern- og kontrollutstyr" for 26 % av ILE. For disse spenningsnivåene er ikke informasjon om ILE fordelt på anleggsdeler tilgjengelig før 1998 [3]. Informasjon om ILE for 33- 420 kV i 2006 er ikke tilgjengelig og mangelfull for 2007. For perioden 2008 - 2011, vist i Figur 3-16, er andelen for "kraftledning" økt både for antall feil og ILE, til henholdsvis 61 % av antall feil og 82 % av ILE. Dette skyldes i hovedsak Dagmar i 2011. "Vern og kontrollutstyr" er nest største bidragsyter med 21 % av antall feil og 7 % av ILE, selv om "andre" anleggsdeler i sum er større i antall feil og ILE. "Andre" inneholder de anleggsdelene som ikke hører til under noen av de andre kategoriene, og er tatt med som en egen kategori for perioden 2008 - 2011, slik det er gjort i Figur 3-14 for 1 - 22 kV. "Andre" er ikke vist for perioden 1989 - 2005 i Figur 3-15.

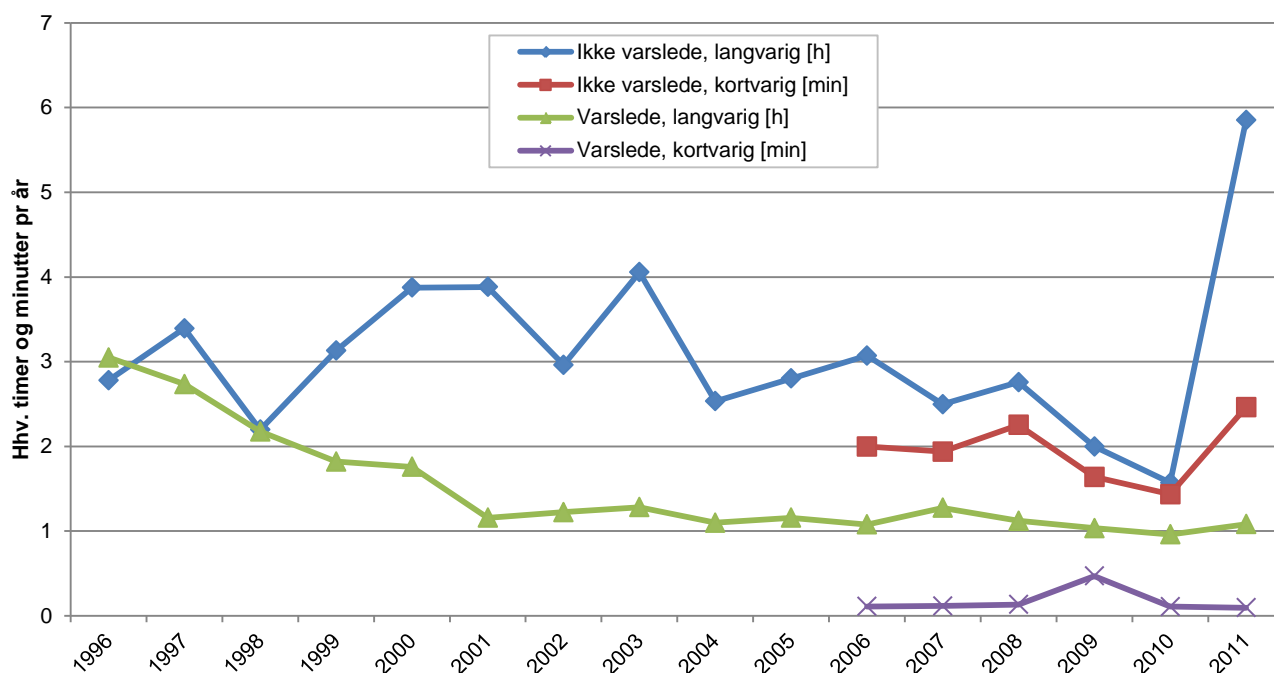
### 3.3 Konsekvenser for sluttbrukere

Figur 3-17 og Figur 3-18 viser henholdsvis antall og sum årlig varighet av langvarige avbrudd (> 3 min.) i gjennomsnitt for alle rapporteringspunkt 1 - 420 kV for perioden 1996 - 2011, og kortvarige avbrudd fra og med år 2006. Antall ikke varslede langvarige avbrudd viser ingen entydig trend, men er tilsynelatende avtagende i perioden 2008 - 2010. Trenden tilsier at 2010 var et rolig år, mens Dagmar førte til et økende antall ikke varslede avbrudd i 2011. Antall varslede langvarige avbrudd er redusert med ca. 50 % gjennom hele perioden 1996 - 2011. Ikke varslede kortvarige avbrudd viser ingen entydig trend, men er tilsynelatende avtagende i perioden 2008 - 2010. Trenden tilsier at 2010 var et rolig år, mens i 2011 herjet Dagmar og antall ikke varslede kortvarige avbrudd steg med 64 % fra året før. Antall varslede kortvarige avbrudd holder seg relativt stabilt gjennom perioden. Antall ikke varslede langvarige avbrudd var nesten dobbelt så mange i 2011 sammenlignet med 2010.



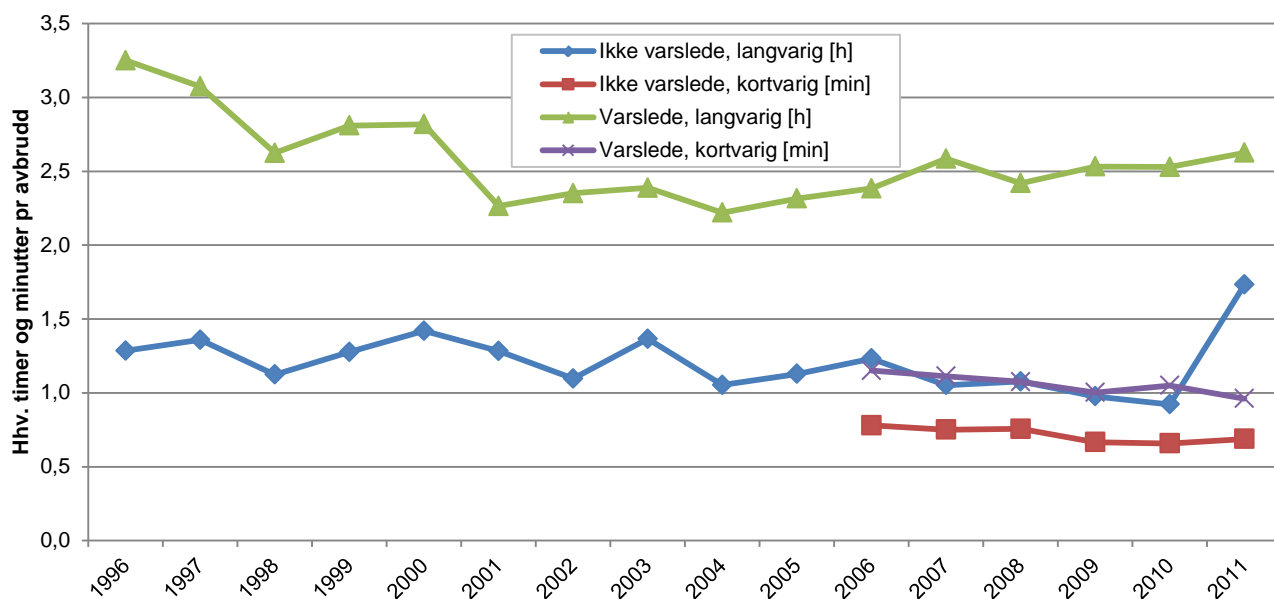
**Figur 3-17 Antall avbrudd pr rapporteringspunkt (RP) 1996 - 2011, 1- 420 kV.**

Sum årlig varighet for ikke varslede avbrudd vist i Figur 3-18 følger i hovedtrekk samme mønster som variasjonen i antall ikke varslede avbrudd pr år. Sum varighet av ikke varslede avbrudd har variert til dels betydelig både for langvarige og kortvarige avbrudd fra år til år. Gjennomsnittet for perioden for ikke varslede langvarige avbrudd har vært tilnærmet 3 timer pr år. I 2011 ble antall timer nesten doblet for langvarige ikke varslede avbrudd, i forhold til gjennomsnittet for perioden, som følge av Dagmar. Samlet varighet av varslede langvarige avbrudd er redusert med mer enn 60 % frem til 2010. Varslede kortvarige avbrudd viser en oppgang i 2009, men varigheten er i minutter, så totalt sett er utslaget lite.

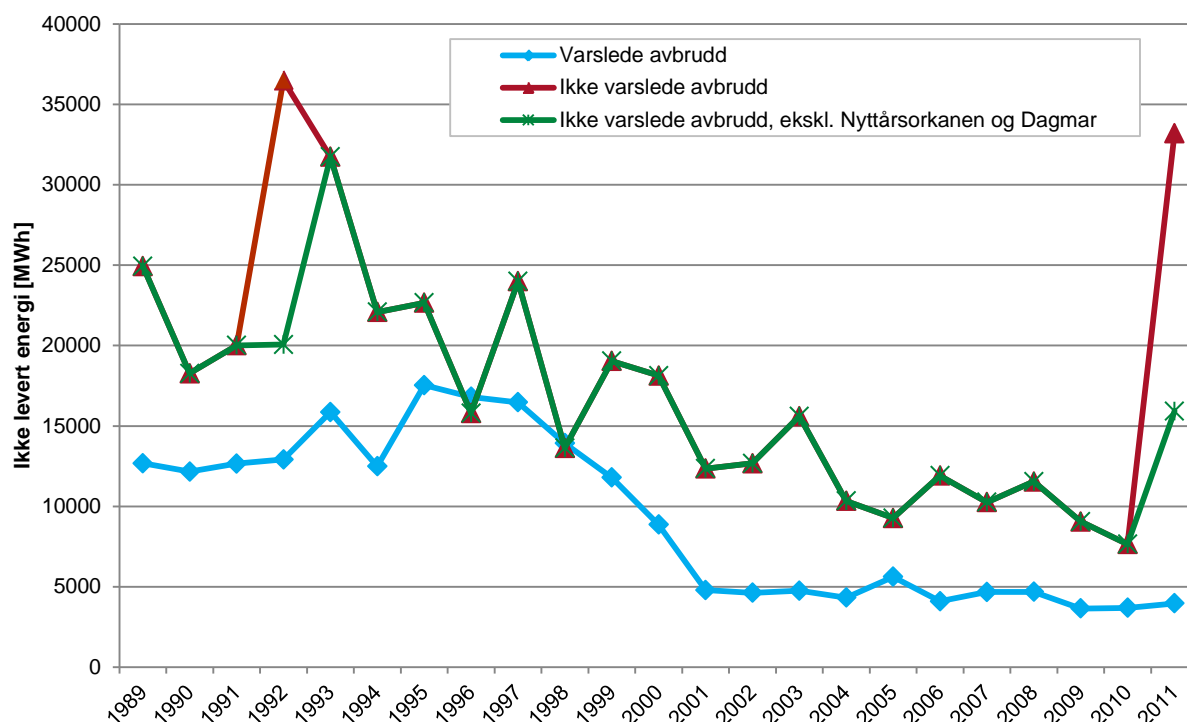


**Figur 3-18** Årlig avbruddsvarighet pr rapporteringspunkt, 1 - 420 kV, 1996 - 2011. (Varigheten for langvarige avbrudd er oppgitt i timer, mens for kortvarige avbrudd i minutter.)

Gjennomsnittlig varighet pr avbrudd pr rapporteringspunkt er vist i Figur 3-19 for ikke varslede og varslede avbrudd. I gjennomsnitt er varigheten pr avbrudd redusert fra 3,3 timer i 1996 til 2,6 timer pr avbrudd i 2011 for varslede langvarige avbrudd. Varigheten har holdt seg stabilt rundt 2,5 timer pr varslet avbrudd de siste fem årene. For ikke varslede langvarige avbrudd er det også en noe nedadgående trend i perioden 2006 - 2010, med gjennomsnittlig varighet på 1,2 timer over hele perioden 1996 - 2011. I 2011 forårsaket Dagmar at varigheten i gjennomsnitt pr ikke varslet langvarig avbrudd økte til 1,7 timer. For varslede kortvarige avbrudd er trenden noe nedadgående.



**Figur 3-19** Gjennomsnittlig varighet pr avbrudd pr rapporteringspunkt, 1996 - 2011. (Varigheten for langvarige avbrudd er oppgitt i timer, mens for kortvarige avbrudd i minutter.)



**Figur 3-20 Sum ILE i Norge i perioden 1989 til 2011 fordelt på varslede og ikke varslede avbrudd, med og uten Nyttårsorkanen i 1992 og Dagmar i 2011.**

Figur 3-20 viser at ILE for varslede avbrudd er betydelig redusert i perioden 1989 - 2011. Utviklingen for varslede avbrudd flatet ut i 2001, samme år som KILE ble innført. ILE for varslede avbrudd er redusert med 77 % fra 1995 til 2011.

Også for ikke varslede avbrudd har trenden vært nedadgående i perioden, foruten spesielle hendelser som Nyttårsorkanen i 1992 og Dagmar i 2011. Dagmar alene førte til en ILE på vel 17 GWh. Dette er like mye som ILE totalt for hele året 2002. Enkelthendelser som nyttårsorkanen i 1992, uværet i 1993 og Dagmar i 2011 har betydelig innflytelse på statistikken og førte til meget høy ILE for disse årene. Se oversikt over spesielle hendelser i perioden 1992 - 2011 i kapittel 0.

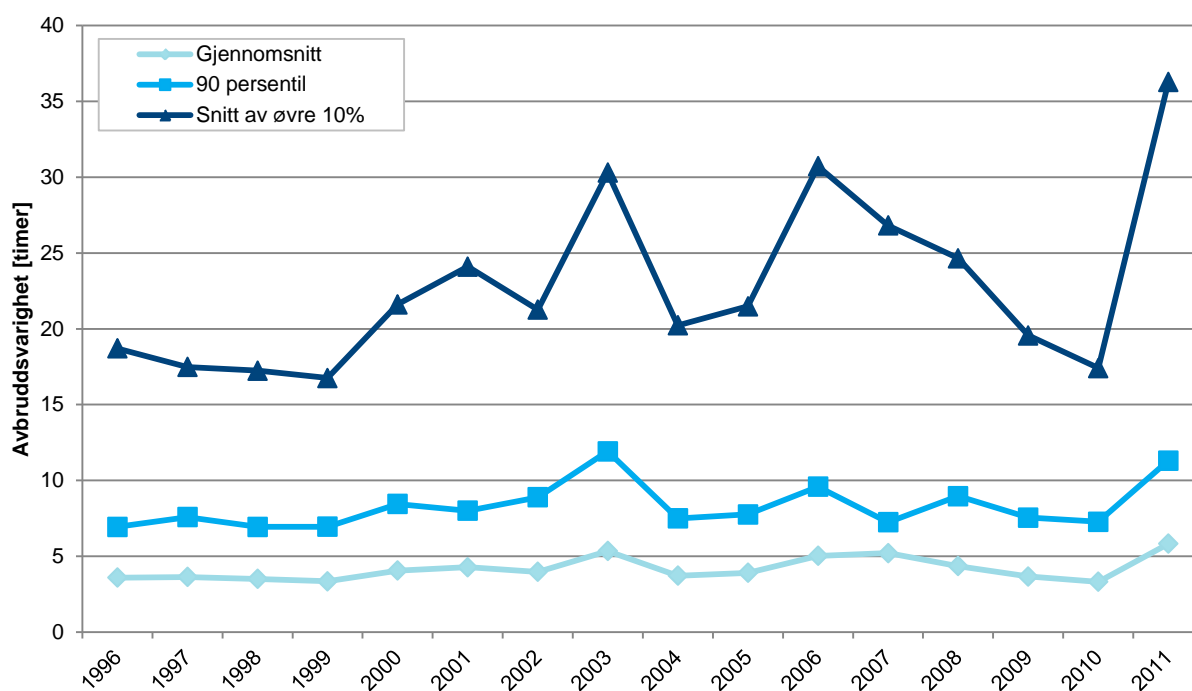
Som vist i Figur 3-17 og Figur 3-18 er antall og varighet av ikke varslede avbrudd tilnærmet uendret over perioden 1996 - 2010, kun med en tilsynelatende nedadgående trend de fire siste årene. ILE forårsaket av ikke varslede avbrudd har derimot hatt en betydelig nedgang over perioden, også etter at standardisert metode for beregning av ILE ble innført i 2000. ILE er en funksjon av utkoblet effekt i tillegg til varighet, og variasjon i omfanget av utkoblet last påvirkes av hvilke deler av nettet som har forårsaket avbruddene og av prosedyrer for gjenoppretting av forsyning. Det antas at det i senere år har foregått en viss effektivisering i forbindelse med gjenoppretting av forsyning, slik at det til en viss grad har vært mulig å begrense utkoblet effekt og ved at gjennomsnittlig varighet pr ikke varslet avbrudd har avtatt noe, som vist i Figur 3-19. Dette har foregått ved mer bruk av fjernstyring og automatisering, flere seksjoneringsbrytere og mer bruk av reserveaggregater [1, 7].

Figur 3-20 viser et tilsvarende mønster og nedgang i ILE som vist i Figur 3-2 der ILE er fordelt på spenningsnivå og type hendelser som har forårsaket ILE. Det har vært en betydelig nedgang i ILE pga. driftsforstyrrelser for både 1 - 22 kV og 33 - 420 kV, med unntak av 2011, da ekstremværet Dagmar herjet.



Sum ILE for ikke varslede avbrudd som framgår av Figur 3-20 tilsvarer tilnærmet sum ILE pga. driftsforstyrrelser 1 - 420 kV i Figur 3-2. Noe av ILE for ikke varslede avbrudd skyldes også ikke varslede planlagte utkoblinger.

I 1995 var ILE totalt 40 GWh mot 11 GWh i 2010. For siste 10 års-periode (2002 - 2011) har imidlertid ILE variert fra vel 17 GWh i 2002 til 37 GWh i 2011.



**Figur 3-21 Utvikling i lengste avbruddsvarighet for langvarige avbrudd (> 3 min) ved driftsforstyrrelser, 1 - 22 kV, 1996 - 2011.**

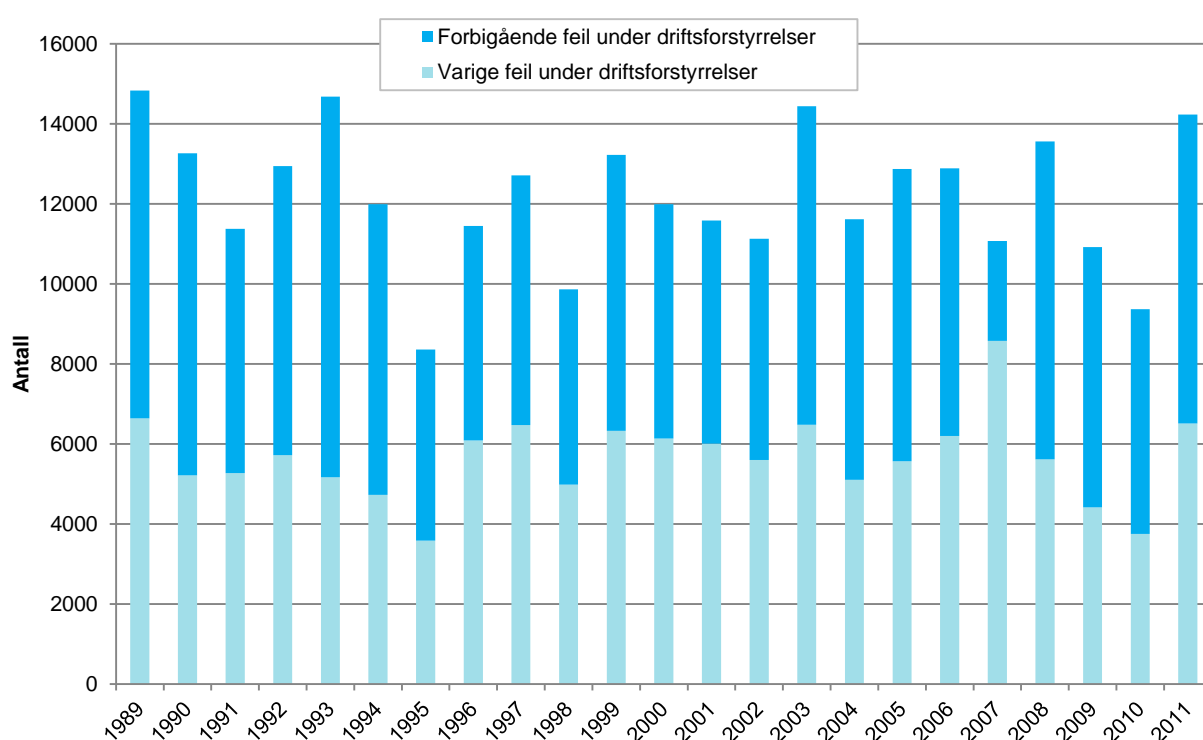
I FASIT registreres lengste avbruddsvarighet, dvs. lengste tidsperiode en sluttbruker har avbrudd innenfor en driftsforstyrrelse eller planlagt utkobling. Figur 3-21 viser utviklingen i lengste avbruddsvarighet ved driftsforstyrrelser på spenningsnivå 1 - 22 kV. Gjennomsnitt for alle hendelsene, nivået for 90-persentilen og gjennomsnittet av de øvre 10 % lengste avbruddsvarighetene er vist. Alle kurvene viser en markert topp i 2003 som følge av storm med mye trefall i Østlandsområdet 6. desember (se kapittel 0). En topp kan også sees i 2011, da ekstremværet Dagmar herjet. Gjennomsnittet har i perioden variert mellom 3 og 6 timer. 90-persentilen viser den samme trenden og er stort sett dobbelt så langvarig som det totale gjennomsnittet.

Gjennomsnittet av de 10 % lengste avbruddsvarighetene viser en større spredning enn gjennomsnittet og 90-persentilen, og varierer i størrelsesorden fra 17 timer til 36 timer. Enkelthendelser med en veldig lang varighet preger statistikken for gjennomsnittet av øvre 10 %. Avbrudd med en varighet på over 1200 timer er fjernet. Dette gjelder spesielt for året 2007, der tre avbrudd registrert med en lengste avbruddsvarighet på mellom 77 og 82 døgn er fjernet fra datagrunnlaget. Nedgangen i 2008 - 2010 følger kurvene i Figur 3-18 for avbruddsvarighet pr rapporteringspunkt og Figur 3-21 for ILE totalt.

## 4 Feil og driftsforstyrrelser

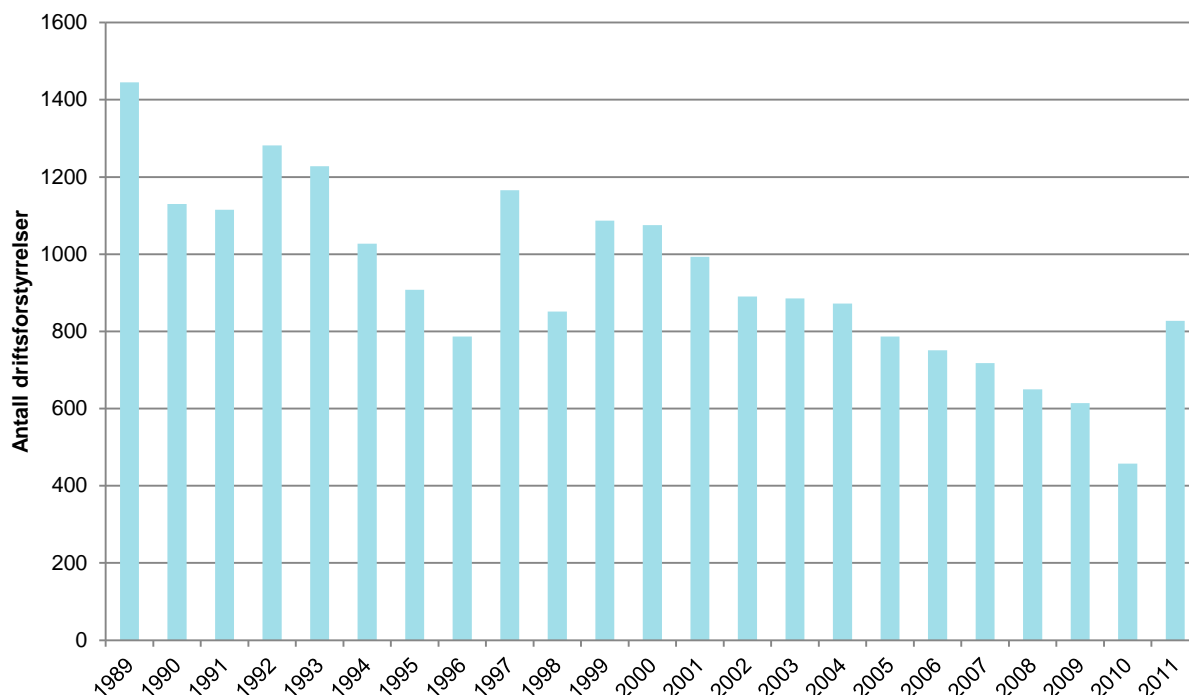
Dette kapitlet gir en oversikt over feil og driftsforstyrrelser, deres bidrag til ILE, feilårsaker, feil på anleggsdeler og trender i feilfrekvenser for viktige anleggsdeler. Da det er en del forskjeller både i utrustning, nettstruktur, drift, feilanalyse og feilrapportering mellom distribusjonsnett og overliggende nett, er presentasjonen delt i henholdsvis 1 - 22 kV og 33 - 420 kV. Rapporteringen gjelder kun feil under driftsforstyrrelser, slik at feil oppdaget under inspeksjon, reparasjon eller annet ikke behandles her.

### 4.1 Antall hendelser fordelt på nettnivå



**Figur 4-1 Antall feil (sum varige og forbigående feil) 1 - 22 kV (oppskalerte tall for perioden 1989-2005 [1]).**

I Figur 4-1 er det vist antall varige og forbigående feil i 1 - 22 kV distribusjonsnett. Tallene fra 1989 - 2005 er oppskalert til å gjelde på landsbasis [1]. Året 2007 skiller seg ut ved at det er registrert nær 80 % varige feil og 20 % forbigående feil i distribusjonsnettet. Nærmere undersøkelser viser at for 2007 er det registrert 2390 varige feil med "anleggsdel ikke identifisert". Videre er det 1562 varige feil med "anleggsdelsdel ikke identifisert" og "årsak ikke klarlagt". Tilsvarende tall for 2008 er hhv. 110 og 1. Dette forklarer hvorfor 2007 (overgangsår) skiller seg ut fra de andre årene. De andre årene er fordelingen nær 50 % for begge typene feil. Siden 2003 har det vært noen flere forbigående feil enn varige feil. Andelen forbigående feil har ligget i intervallet 50 - 60 %, med unntak av 2007.



**Figur 4-2 Antall driftsforstyrrelser pr år 1989 - 2011, 33 - 420 kV.**

Figur 4-2 viser antall driftsforstyrrelser i 33 - 420 kV-anlegg år for år i perioden 1989 - 2011. Det har vært en nedgang i antallet driftsforstyrrelser fra i gjennomsnitt i overkant av 1000 driftsforstyrrelser pr år i perioden 1989 - 2005 til ca. 670 pr år i perioden 2006 - 2011. Det har vært en klar nedadgående trend i perioden 1999 - 2010, fra 1075 driftsforstyrrelser i 1999 til 457 driftsforstyrrelser i 2010. I 2011 steg antall hendelser drastisk på grunn av Dagmar.

Tallmaterialet er ikke komplett for spenningsnivåene 33 - 110 kV fordi rapporteringen var frivillig før 1997. På den andre siden anses det å være underrapportert i de senere årene [3].

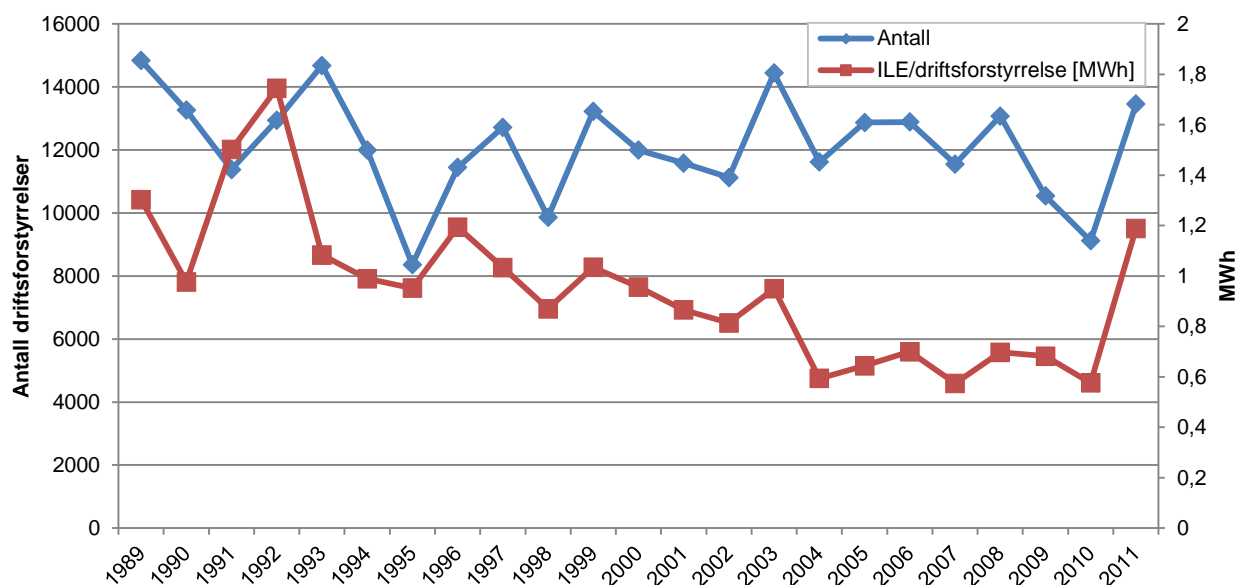
Figur 4-3 viser utviklingen i gjennomsnittlig ILE pr driftsforstyrrelse på spenningsnivå 1 - 22 kV. Figuren viser at antall driftsforstyrrelser varierer fra år til år uten noen entydig trend. ILE pr driftsforstyrrelse har en hovedsakelig nedadgående trend, men Dagmar-hendelsen i 2011 førte til en kraftig økning. Ekstremværet Dagmar førte til en dobling i ILE pr driftsforstyrrelse sammenlignet med året før, 2010. Dette kan indikere at antall driftsforstyrrelser under Dagmar-hendelsen er underrapportert, noe som til en viss grad understøttes av [8, 9]. ILE antas likevel å være riktig rapport, og tilsammen gir dette så høy ILE pr driftsforstyrrelse for 2011.

Figur 4-4 viser utviklingen i gjennomsnittlig ILE pr driftsforstyrrelse på spenningsnivå 33 - 420 kV. Antall hendelser har hatt en nedadgående trend de siste 10 årene, foruten 2011 hvor Dagmar førte til en markant økning. Mens antall driftsforstyrrelser har minnet har ILE pr driftsforstyrrelse variert mer, men også her sees en nedadgående trend, foruten de to siste årene hvor det har vært en stigning.

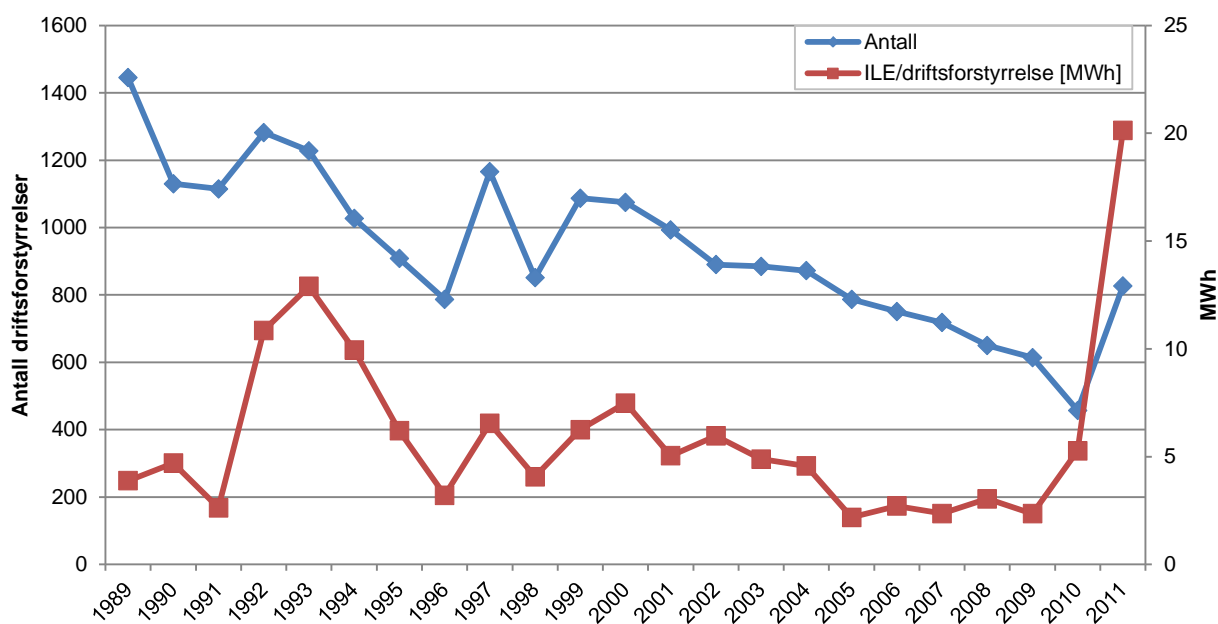
Figur 4-3 viser at det var totalt flere hendelser i 1993 (se også Figur 3-1), mens ILE pr driftsforstyrrelse var større i 1992 for 1 - 22 kV. Dette skyldes i hovedsak Nyttårsorkanen i 1992. Figur 4-4 viser et motsatt forhold for 33 - 420 kV der det i sum var flere hendelser i 1992. ILE pr driftsforstyrrelse var derimot større i

1993, noe som antas å ha sammenheng med uvær (orkan, snø/is, forurensning) langs store deler av kysten dette året (se kapittel 7).

Gjennomsnittlig ILE pr driftsforstyrrelse for 33 - 420 kV har for perioden 1995 - 2010 vært 5 MWh. Denne ble firedoblet til 20 MWh for 2011 hovedsakelig som følge av ekstremværet Dagmar. Antall hendelser er hentet fra årsstatistikken til Statnett [3].



**Figur 4-3** Antall driftsforstyrrelser og utvikling i gjennomsnittlig ILE pr driftsforstyrrelse, 1 - 22 kV for 1989-2011 (oppskalerte tall for perioden 1989 – 2005 [1]).



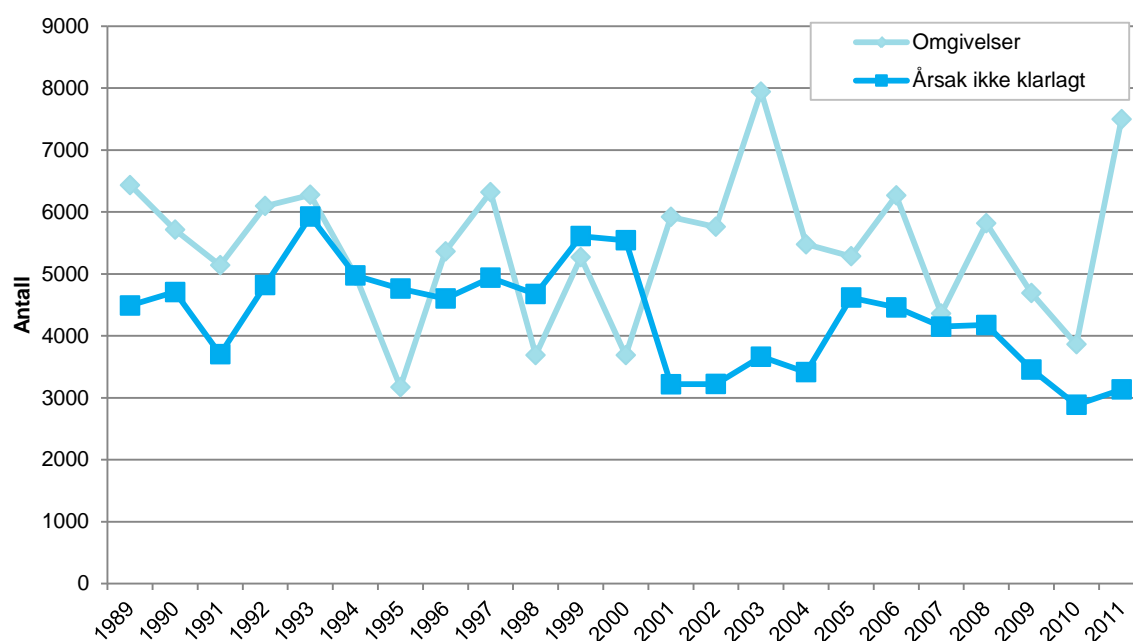
**Figur 4-4** Antall driftsforstyrrelser og utvikling i gjennomsnittlig ILE pr driftsforstyrrelse, 33 - 420 kV for 1989 - 2011.

## 4.2 Utløsende årsaker 1 - 22 kV

I dette kapittelet er tall fra år 2006 i hovedsak hentet fra [5], og i noen tilfeller fra avbruddstatistikken til NVE.

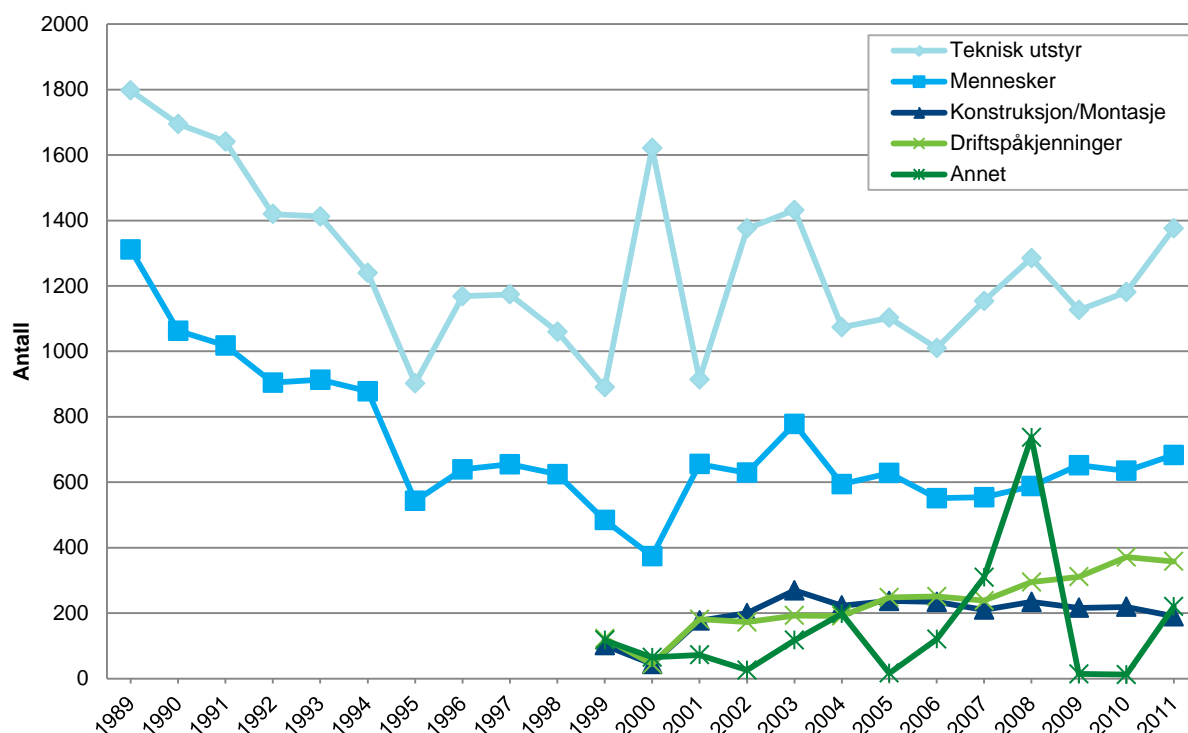
Trendanalyser av årsaksforhold som er vist i denne rapporten baseres på de hendelser der årsaksforhold er angitt. Feilårsaker klassifiseres i utløsende, bakenforliggende og medvirkende årsaker [4]. Det er kun en svært liten andel av hendelsene der bakenforliggende og medvirkende årsak er angitt. Derfor presenteres her kun utløsende årsaker. Utløsende årsak er hendelse eller omstendighet som fører til svikt på en enhet [4].

Utvikling i antall driftsforstyrrelser fordelt på utløsende årsak er vist i Figur 4-5 og Figur 4-6. Legg merke til at det er forskjellig skala for disse to figurene som viser antall hendelser fordelt på utløsende årsak i absolutte tall.



**Figur 4-5 Antall driftsforstyrrelser fordelt på de mest fremtredende utløsende årsakene, 1 - 22 kV. 1989 - 2011 (oppskalerte tall for perioden 1989-2005 [1]).**

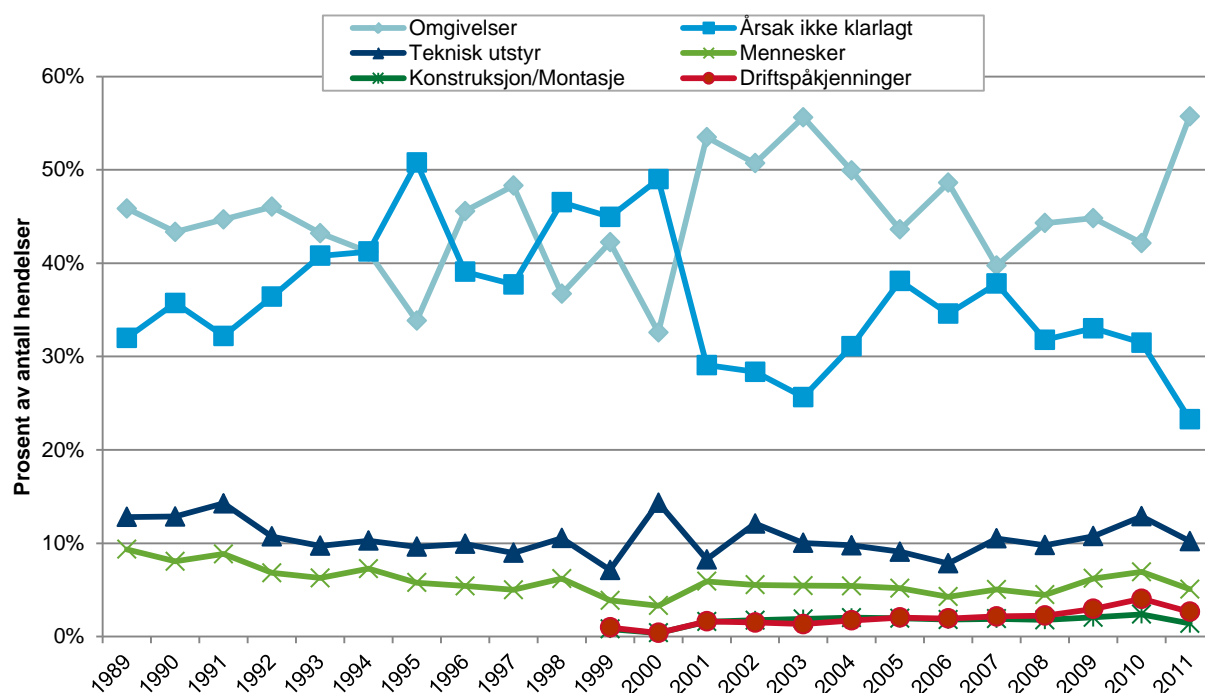
Figur 4-5 viser antall driftsforstyrrelser for de to mest fremtredende årsakene for 1 - 22 kV. Antall driftsforstyrrelser med utløsende årsak "omgivelser" varierer med hendelser over perioden. Spesielle hendelser som Dagmar i 2011 setter sitt preg på denne kategorien. Det er derimot mistanke om at antall driftsforstyrrelser og feil kan være underrapportert ved at det skjedde mange samtidig, og at noen kan ha vært slått sammen i registreringene som er underlag for rapporteringen [8, 9]. "Årsak ikke klarlagt" har en hovedsakelig nedadgående trend siden 2005.



**Figur 4-6 Antall driftsforstyrrelser fordelt på de mindre fremtredende utløsende årsakene, 1 - 22 kV. 1989 - 2011 (oppskalerte tall for perioden 1989 - 2005 [1]).**

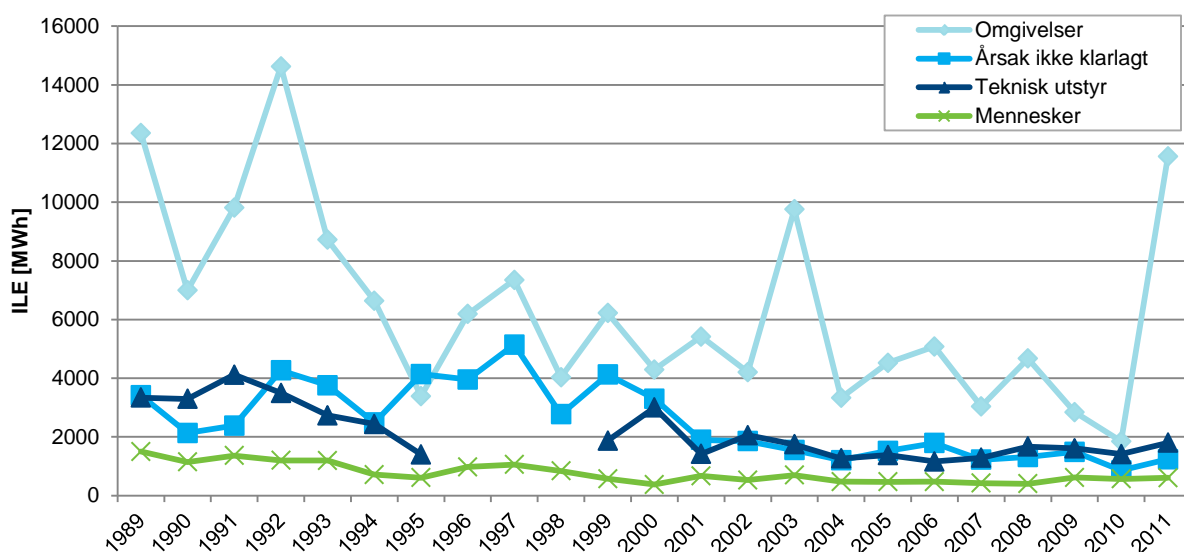
Figur 4-6 viser at det er avtakende antall feil registrert i årsaksgruppene "teknisk utstyr" og "mennesker" i perioden før 1995. Etter 1995 er det ikke en like fremtredende trend, men det varierer noe fra år til år. Noen av de typer feil som tidligere er registrert i disse to gruppene har etter 1999 blitt fordelt på de nye gruppene "konstruksjon/montasje" og "driftspåkjenninger". De siste ti årene er det totalt sett en avtagende trend på antall feil der årsaken er "omgivelser" eller "årsak ikke klarlagt". Figuren viser at "driftspåkjenninger" har hatt en jevn økning hele perioden fra 1999 da kategorien ble introdusert, "teknisk utstyr" har også vist en økende trend, mens "konstruksjon/montasje" økte i starten for deretter å holde seg mer eller mindre stabil de siste 5 årene. Det er ikke kjent hvorfor kategorien "annet" viser en topp i 2008. En forklarende årsak kan være at det i 2008 var 682 driftsforstyrrelser med manglende utfylling av feilårsak, og disse havnet i kategorien "annet". Tilsvarende tall for 2007 var 249.

Figur 4-7 viser antall hendelser fordelt på utløsende årsak relatert til antall feil totalt. Fra figuren kan det observeres at andelen feil i kategorien "omgivelser" og "årsak ikke klarlagt" har variert i motfase. Mange hendelser som typisk har vært registrert med "årsak ikke klarlagt" viser seg å kunne klassifiseres i kategorien "omgivelser". Aktørene ble mer bevisst dette rundt år 2000, noe som gir seg et helt tydelig utslag fra og med 2001. De andre kategoriene har holdt seg mer eller mindre jevne totalt sett gjennom hele perioden. De siste fire årene viser derimot "omgivelser" og "årsak ikke klarlagt" en nedadgående trend, mens "teknisk utstyr" og "driftsforstyrrelser" viser en oppadgående trend. Som følge av ekstremværet Dagmar i 2011 økte andelen av kategorien "omgivelser" vesentlig dette året. De andre kategoriene hadde en svak reduksjon i relativt antall driftsforstyrrelser.

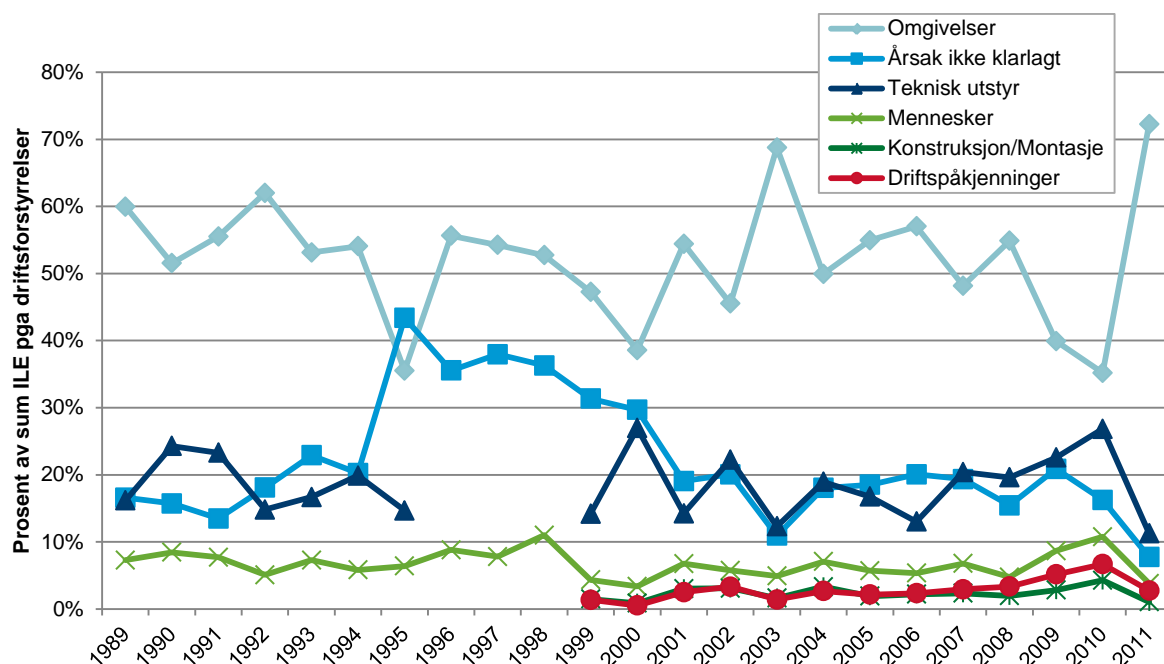


**Figur 4-7 Relativt antall driftsforstyrrelser fordelt på utløsende årsak, 1 - 22 kV, 1989 - 2011 (oppskalerte tall for perioden 1989 - 2005 [1]).**

For dette spenningsnivået er det relativt stor andel driftsforstyrrelser uten klarlagt årsak, som vist i Figur 4-7. Denne andelen har vært avtakende de siste årene. "Omgivelser" er den dominerende årsaken til driftsforstyrrelser. Ikke levert energi fordelt på utløsende årsak for 1 - 22 kV anlegg er vist i Figur 4-8. Det framgår av figuren at "omgivelser" dominerer som årsak til ILE. Det har totalt sett vært en tydelig nedgang i ILE på alle kategorier de senere år, med unntak av "omgivelser" i 1992, 2003 og 2011. Manglende data for årsaksgruppe "teknisk utstyr" skyldes at denne gruppen i perioden 1995 - 1998 kun inngikk i bakenforliggende årsaker, en opplysning som har vært mangelfullt registrert.

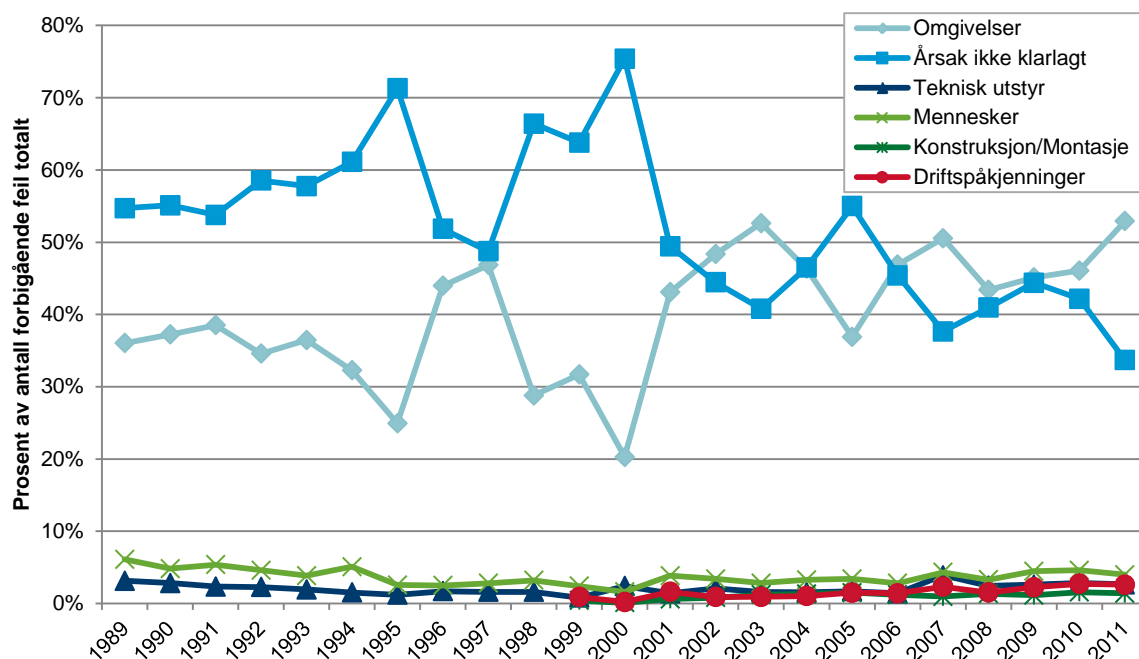


**Figur 4-8 Sum ILE pga driftsforstyrrelser fordelt på utløsende årsak, de dominerende, 1-22 kV, 1989 - 2011 (oppskalerte tall for perioden 1989 - 2005 [1]).**



**Figur 4-9 Relativ ILE pga driftsforstyrrelser fordelt på utløsende årsak 1-22 kV, 1989 - 2011 (oppskalerte tall for perioden 1989 - 2005 [1]).**

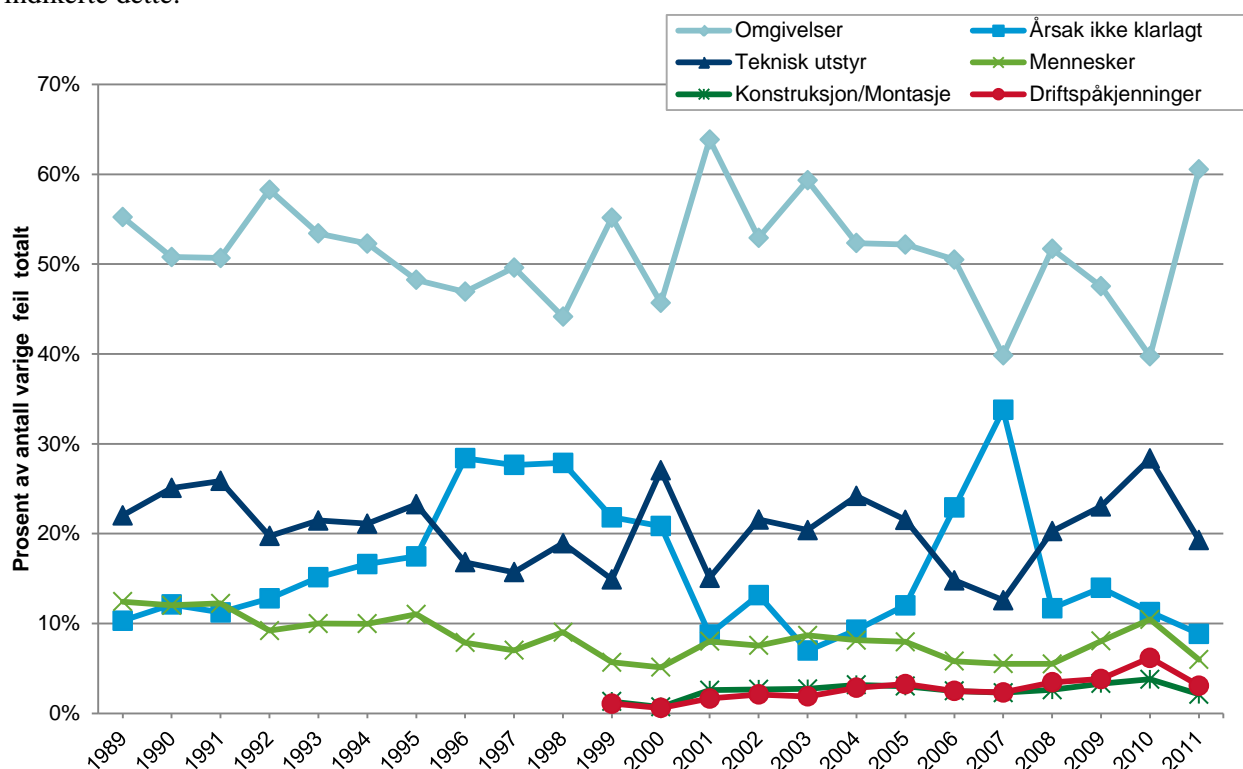
Figur 4-9 viser at andelen ILE pga. "omgivelser" og "årsak ikke klarlagt" varierer mye over perioden, men viser en nedadgående trend de siste ti årene for "omgivelser", med unntak av 1992, 2003 og 2011. Dagmar (2011) førte til at andelen ILE som følge av "omgivelser" økte til 72 %. Andelen ILE pga. "teknisk utstyr", "driftspåkjenninger" og de menneskerelaterte kategoriene har en økende trend i perioden 2007 - 2010, men avtar i 2011. De sistnevnte kategoriene utgjør derimot en liten andel av totalt antall feil og ILE.



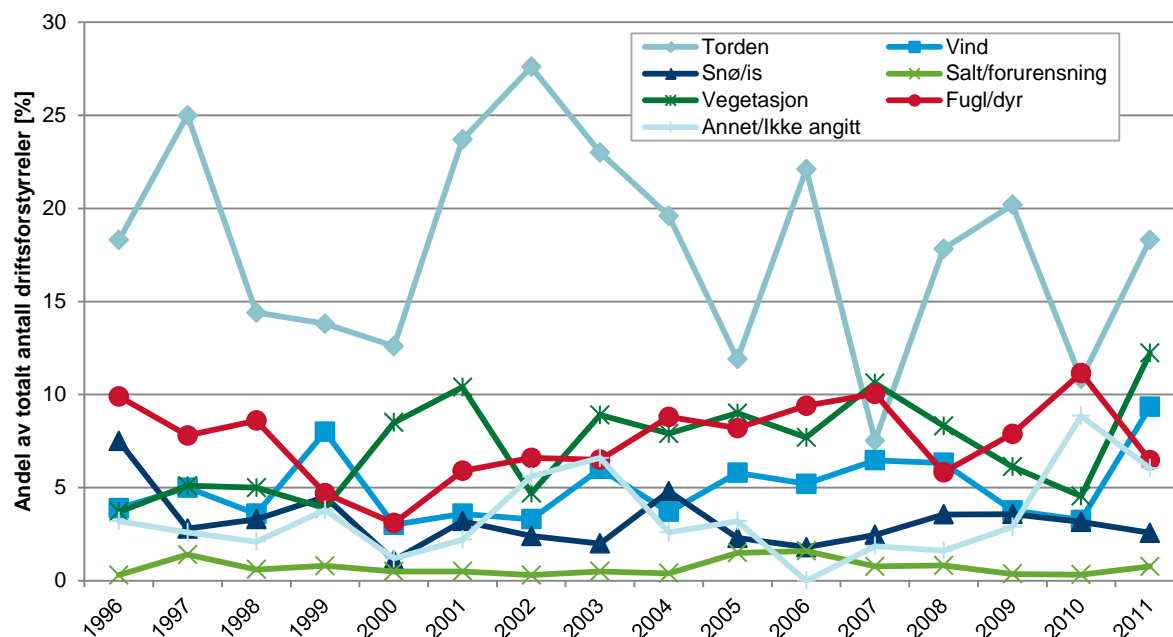
**Figur 4-10 Relativt antall forbigående feil fordelt på utløsende årsak, 1 - 22 kV, 1989 - 2011 (oppskalerte tall for perioden 1989 - 2005 [1]).**



Figur 4-10 og Figur 4-11 viser hvordan henholdsvis forbigående og varige feil fordeler seg på utløsende årsak. Figur 4-10 viser at det totalt sett er noe økende trend på andelen forbigående feil som registreres med årsak "omgivelser" og tilsvarende avtakende trend på andelen som registreres med "årsak ikke klarlagt" for 1 - 22 kV. En tilsvarende, men noe svakere, utvikling framgår av Figur 4-11 for varige feil. Figurene viser at nettselskapene over tid har blitt flinkere til å registrere feilårsak, og ikke uventet havner de fleste av disse feilene som tidligere var registrert med "årsak ikke klarlagt" i kategorien "omgivelser". De siste fire årene er det en nedadgående trend for varige feil med årsak "omgivelser", mens det er en økende trend med årsak "teknisk utstyr", "mennesker" og "driftspåkjenninger". I Figur 4-11 er det tydelig at 2007 er et overgangså, noe som kommer av at dette er det første året Statnett har samlet inn data for distribusjonsnettet. For dette året ble ingen av de innsamlede rapportene endret i forbindelse med utarbeidelse av årsstatistikk. Tidligere år ble kommentarfeltene kontrollert og "årsak ikke klarlagt" endret til "omgivelser" dersom kommentaren indikerte dette.

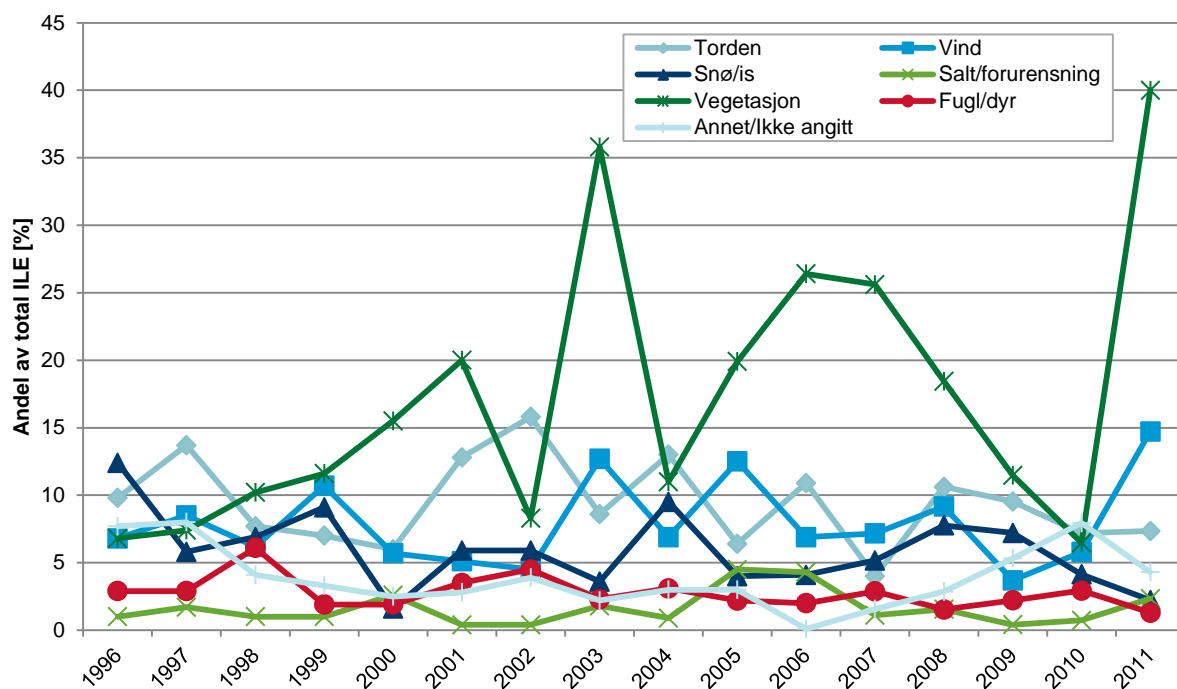


**Figur 4-11 Relativt antall varige feil fordelt på utløsende årsak 1 - 22 kV 1989 - 2011**  
(oppskalerte tall for perioden 1989 - 2005 [1]).



**Figur 4-12 Andel av antall driftsforstyrrelser totalt med utløsende årsak omgivelser, 1-22 kV, 1996 - 2011.**

Figur 4-12 viser andelen av antall feil fordelt på undergrupper med utløsende årsak "omgivelser". "Torden" er den dominerende av undergruppene. I 2011 førte Dagmar til at kategoriene "vind" og "vegetasjon" fikk en sterk økning. Gjennomsnittet for de fem siste årene viser at 33 % av antall driftsforstyrrelser med utløsende årsak "omgivelser" skyldtes "torden", som vist i Figur 3-8.

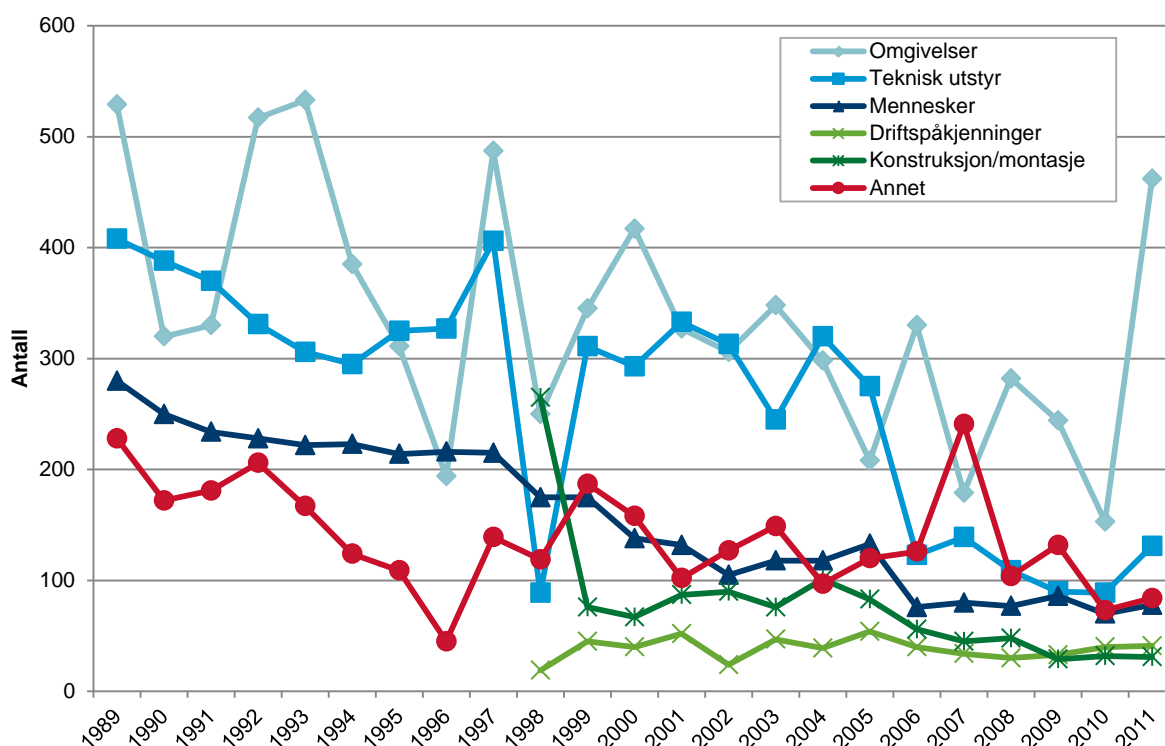


**Figur 4-13 Andel av ILE totalt med utløsende årsak omgivelser, 1 - 22 kV, 1996 - 2011.**

Figur 4-13 viser andel av ILE fordelt på undergrupper med utløsende årsak "omgivelser" for 1-22 kV i perioden 1996 - 2011. Den dominerende kategorien er "vegetasjon". Det sees tydelig to topper, en i 2003 og en i 2011. Ekstremværet Dagmar er grunnen til økningen i 2011. For gjennomsnittet over de fem siste årene, se Figur 3-9.

### 4.3 Utløsende årsaker 33 - 420 kV

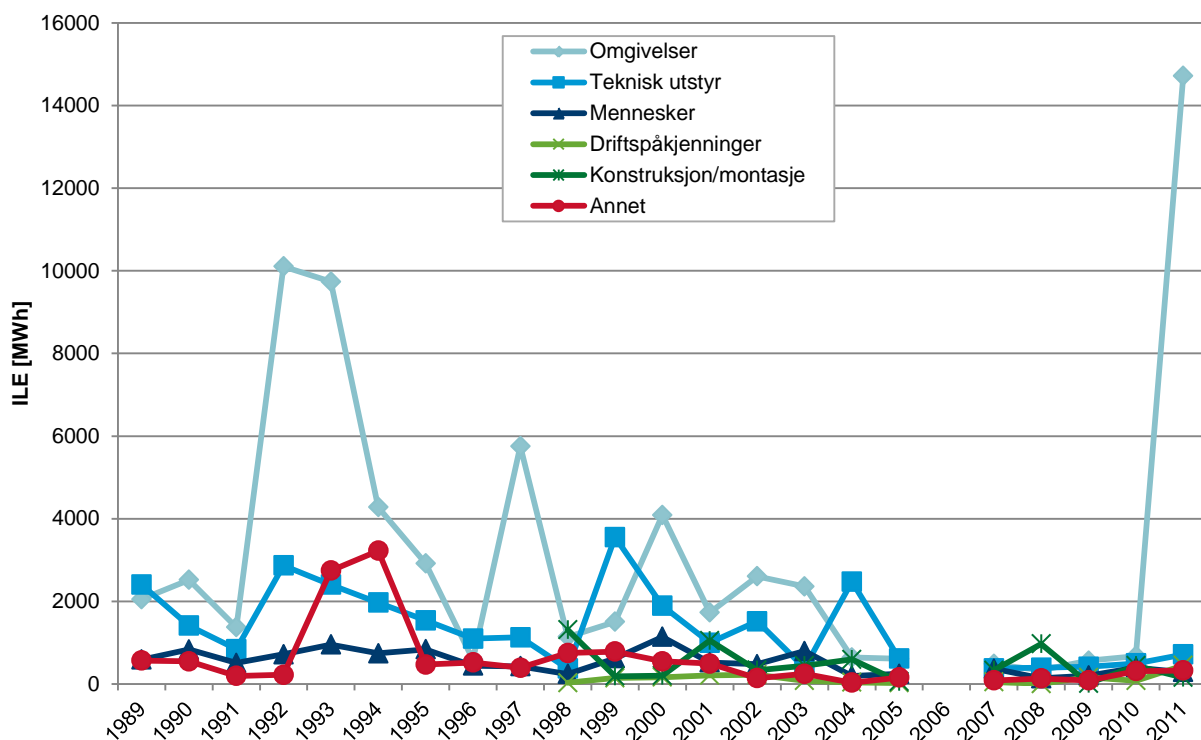
Figur 4-14 og Figur 4-15 viser driftsforstyrrelser og ILE for 33 - 420 kV anlegg fordelt på utløsende årsak.



**Figur 4-14 Antall driftsforstyrrelser fordelt på utløsende årsak 33 - 420 kV, 1989 - 2011.**

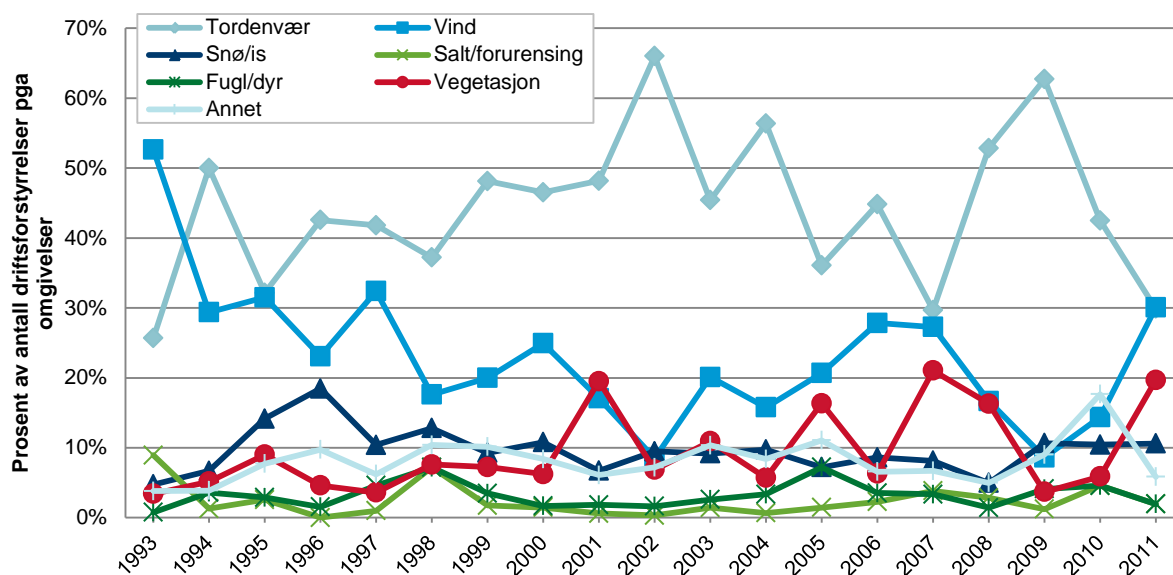
Figur 4-14 viser en svak nedgang i antall driftsforstyrrelser i alle årsaksgruppene over perioden 1989 - 2011 for 33 - 420 kV anlegg, med unntak av kategorien "omgivelser" som økte betraktelig i 2011 som følge av ekstremværet Dagmar. "Teknisk utstyr" har gått drastisk ned de siste seks årene. Dette kan ha sammenheng med at nettselskapene selv registrerte driftsforstyrrelser i regionalnettet i FASIT fra og med 2006. I SDI-tiden registrerte Statnett alle driftsforstyrrelser i nett med spenninger over 33 kV. Det kan hende at Statnett har bruk kategorien "teknisk utstyr" hyppigere enn hva nettselskapene har gjort. Den største andelen av driftsforstyrrelser er pga. "omgivelser" og "teknisk utstyr" som i gjennomsnitt over perioden 1989 - 2011 utgjør tilsammen 62 % av alle driftsforstyrrelsene ved disse spenningsnivåene.

Ikke levert energi fordelt på utløsende årsak for 33 - 420 kV anlegg er vist i Figur 4-15. ILE på disse spenningsnivåene varierer mer fra år til år i sum enn for 1 - 22 kV, hovedsakelig fordi enkelthendelser kan gi store utslag. ILE med utløsende årsak "omgivelser" var i 2011 nesten 15 GWh, som følge av ekstremværet Dagmar. Figuren viser at "omgivelser" og "teknisk utstyr" dominerer som årsak til ILE. Tall for 2006 mangler.



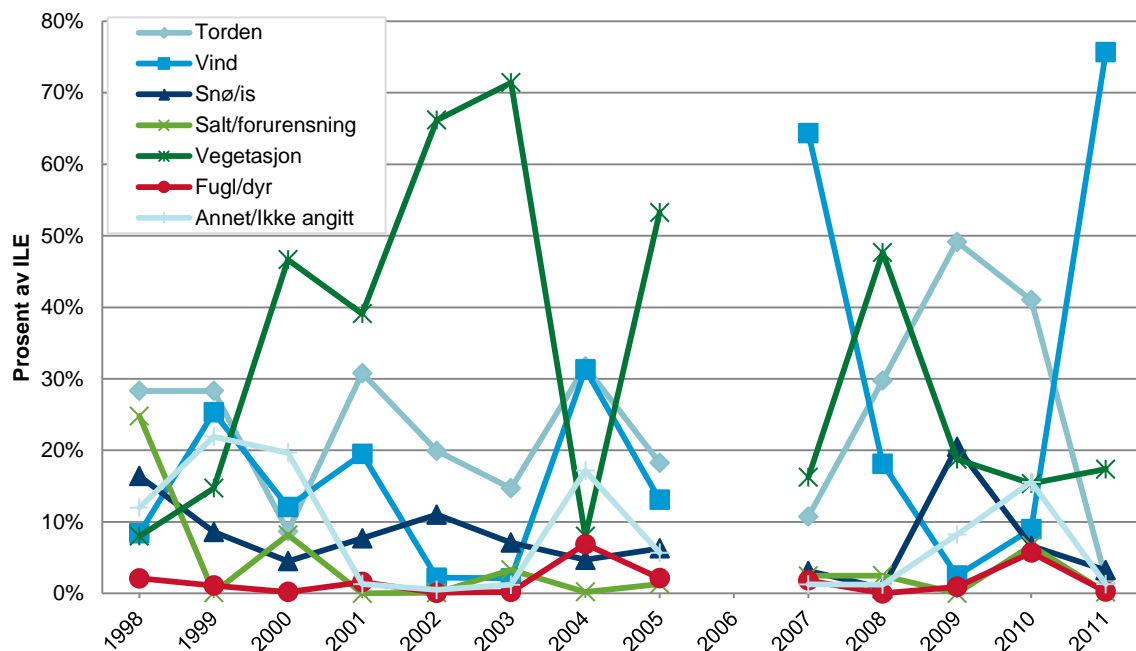
**Figur 4-15 ILE fordelt på utløsende årsak 33 - 420 kV, 1989 - 2011. (Mangler data for 2006.)**

Andelen av antall driftsforstyrrelser med utløsende årsak fordelt på undergrupper for 33 - 420 kV er vist i Figur 4-16, for perioden 1993 - 2011. "Torden" er den dominerende kategorien her som for 1 - 22 kV anlegg. "Vind" utgjør også en relativt stor andel av antall driftsforstyrrelser med utløsende årsak "omgivelser".



**Figur 4-16 Andel av antall driftsforstyrrelser med utløsende årsak omgivelser, 33 - 420 kV, 1993 - 2011.**

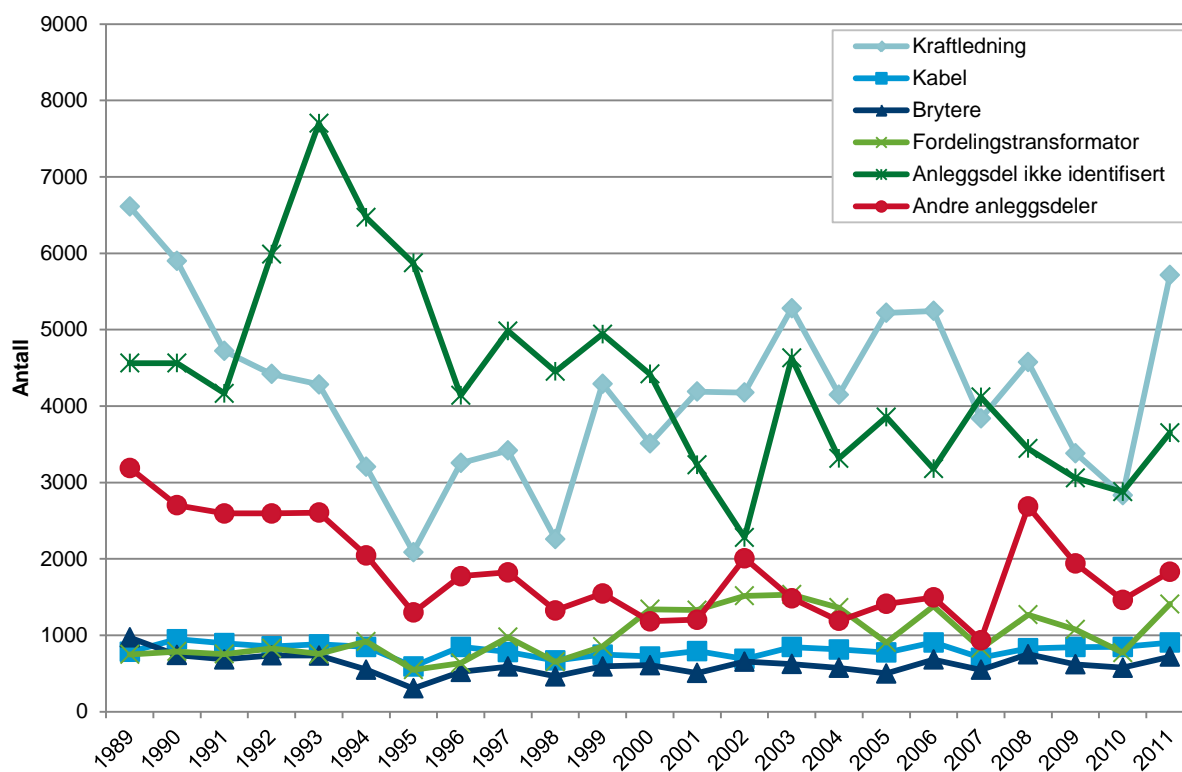
Figur 4-17 viser ingen entydig tendens når det gjelder andel ILE fordelt på undergrupper av utløsende årsak "omgivelser". Spesielle hendelser som ekstremværet Dagmar i 2011 førte til at "vind" ble den dominerende kategorien med 76 % i 2011. Data for 2006 var ikke tilgjengelig under arbeidet.



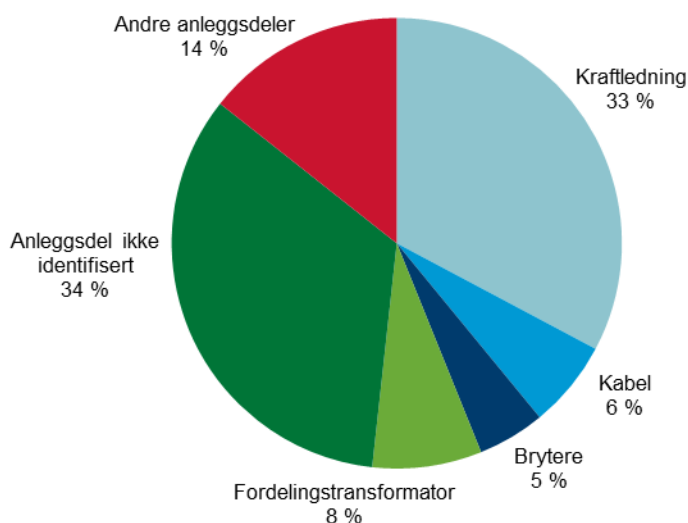
**Figur 4-17 Andel av ILE for driftsforstyrrelser med utløsende årsak omgivelser, 33 - 420 kV, 1998 - 2011. (Mangler data for 2006.)**

## 4.4 Feil på anleggsdeler 1 - 22 kV

En oversikt over utviklingen i antall feil (under driftsforstyrrelser) fordelt på anleggsdel er vist i Figur 4-18 og gjennomsnittet for perioden 1989 - 2011 er vist i Figur 4-19.



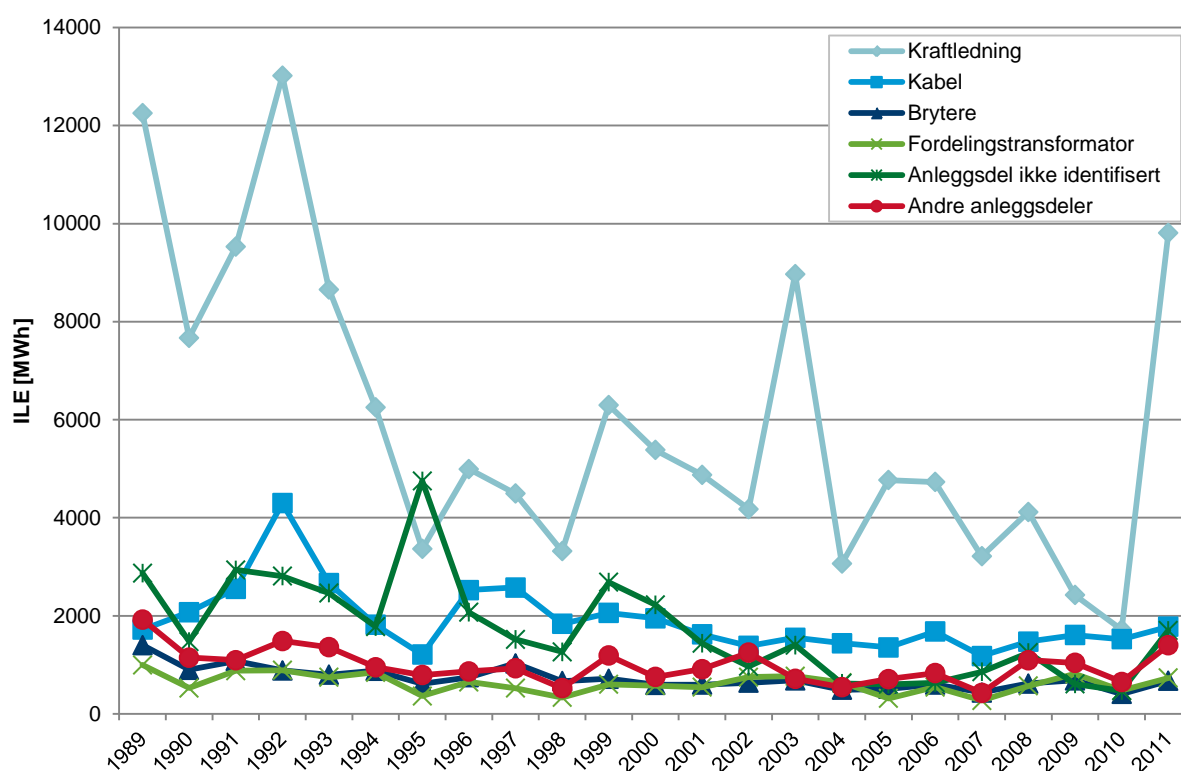
**Figur 4-18** Antall feil (sum varige og forbigående) fordelt på anleggsdel, 1-22 kV, 1989 - 2011 (oppskalerte tall for perioden 1989 – 2005 [1]).



**Figur 4-19** Gjennomsnittlig antall feil fordelt på anleggsdel med feil 1 - 22 kV, 1989 - 2011.

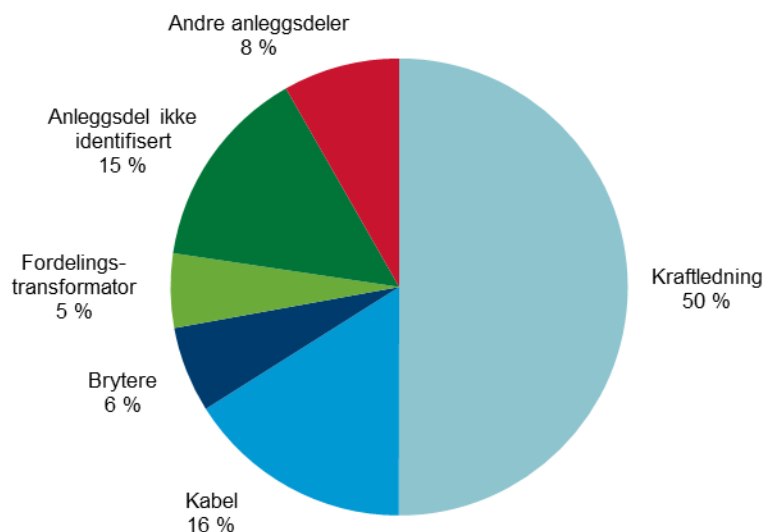
Figur 4-18 viser at det har vært nedgang i antall feil der anleggsdel ikke er identifisert, parallelt med at det har vært en økning i antall feil registrert på kraftledning fra 1995. Dette antas å skyldes at kvaliteten på feilregistreringen er bedret. Datagrunnlaget viser at for antall varige feil er kraftledning dominerende anleggsdel mens "anleggsdel ikke identifisert" er dominerende for forbigående feil, etterfulgt av kraftledning. Figuren viser videre et det er avtakende antall feil på "andre anleggsdeler" over hele perioden, mens det er relativt uendret antall feil på kabel, fordelingstransformatorer og brytere. **Error! Reference source not found.** viser gjennomsnittlig antall feil fordelt på anleggsdeler i perioden 1989 - 2011. "Anleggsdel ikke identifisert" og "kraftledning" dominerer med henholdsvis 34 % og 33 %.

Utvikling i ikke levert energi fordelt på anleggsdel med feil er vist i Figur 4-20, og gjennomsnittlig fordeling for perioden 1989 - 2011 er vist i Figur 4-21.



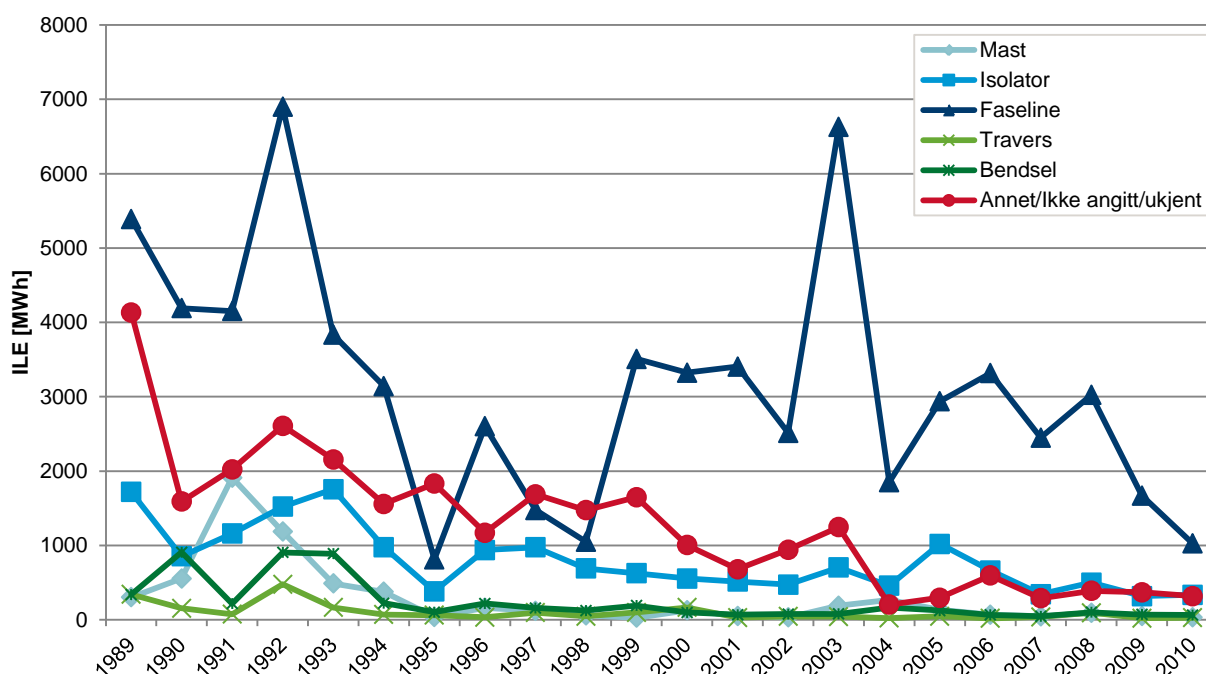
**Figur 4-20 ILE fordelt på anleggsdel med feil, 1-22 kV, 1989 - 2011 (oppskalerte tall for perioden 1989 - 2005 [1]).**

Figur 4-20 viser hvordan ILE har fordelt seg på ulike anleggsdeler gjennom perioden 1989 - 2011 for 1 - 22 kV - anlegg. Figur 4-21 viser hvordan fordelingen har vært i gjennomsnitt. Begge figurene viser at "kraftledning" er den anleggsdelen som fører til mest ILE, og står for hele 50 %. Figur 4-20 viser at ILE på grunn av feil på "kraftledning" varierer veldig fra år til år, med toppe i 1992 med Nyttårsorkanen, i 2003 med uvær på Østlandet og i 2011 med ekstremværet Dagmar. "Kabel" og "anleggsdel ikke identifisert" medfører nest størst andeler av ILE med henholdsvis 16 % og 15 %. ILE pga. "kabel" har vært ganske stabil gjennom perioden, mens "anleggsdel ikke identifisert" har en nedadgående trend.



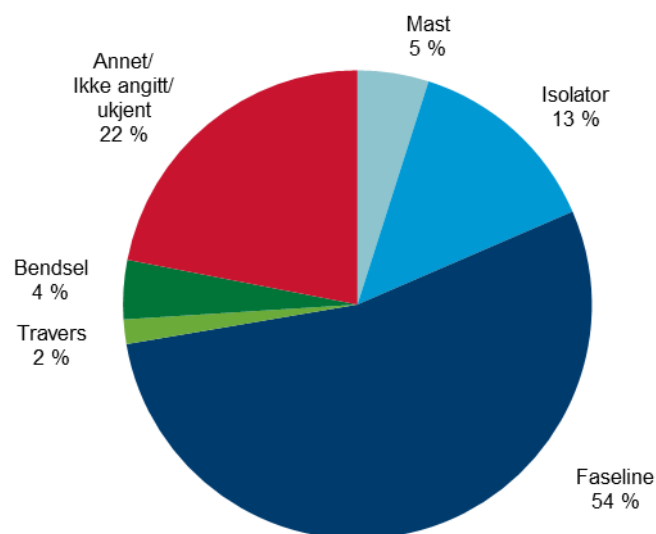
**Figur 4-21 ILE fordelt på anleggsdel med feil, 1 - 22 kV, 1989 - 2011.**

Figur 4-22 - Figur 4-25 viser fordelingen av og utviklingen i ILE fordelt på komponenter for hhv. Kraftledning og kabel i perioden 1989 - 2010. Data for 2011 på komponentnivå har ikke vært tilgjengelig for arbeidet med denne rapporten. Det framgår av Figur 4-22 at faseline de siste årene har vært dominerende komponent mht. ILE pga. feil på kraftledning, etterfulgt av "annet/ikke angitt/ukjent". Faseline utgjør 54 % av ILE pga. kraftledning i perioden 1996 – 2010, vist i Figur 4-23.

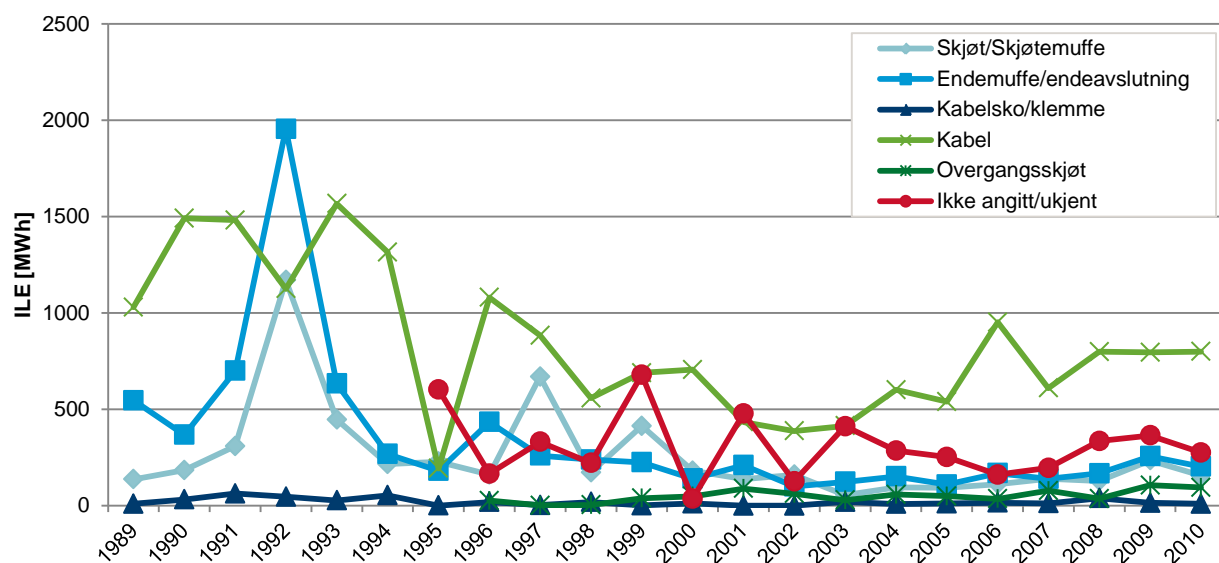


**Figur 4-22 Utvikling i sum ikke levert energi pga feil på kraftledning fordelt på komponent med feil, 1-22 kV, 1998 – 2010. (Oppskalerte tall for perioden 1989 - 2005 [1]. Mangler tall for 2011.)**

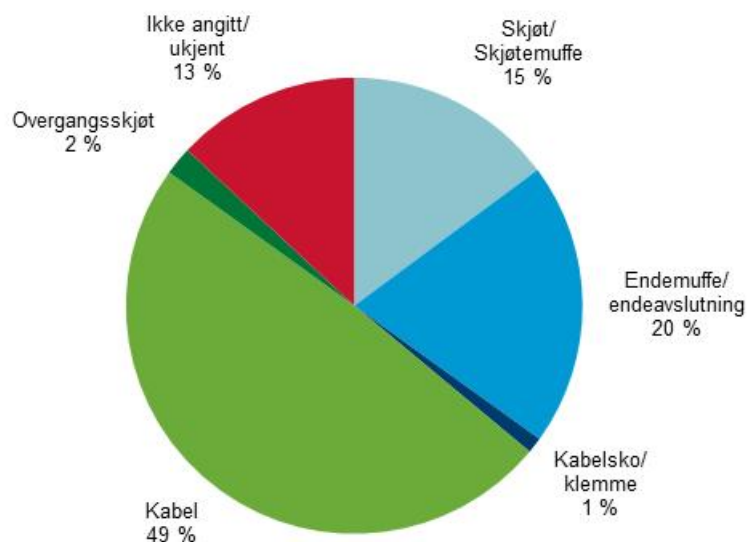




**Figur 4-23 Fordeling av ILE pga. feil på kraftledning fordelt på komponent med feil, 1 - 22 kV, 1989 - 2010.**



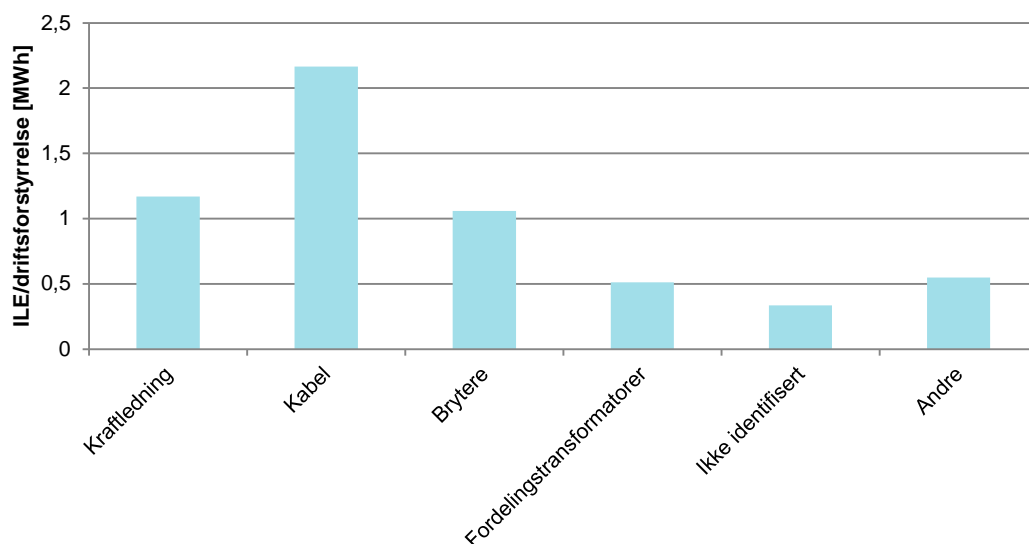
**Figur 4-24 Sum ILE som skyldes feil på kabel, fordelt på komponent, 1-22 kV, 1989 – 2010. (Oppskalerte tall for perioden 1989 - 2005 [1]. Mangler tall for 2011.)**



**Figur 4-25 Fordeling av ILE pga feil i kabel fordelt på komponent med feil 1 - 22 kV, 1996 - 2010. (Mangler tall for 2011.)**

Figur 4-24 viser at feil på selve kabelen de siste årene har bidratt mest til ILE sammenliknet med andre kabel-komponenter. For perioden 1996 - 2010 har kabelen stått for 49 % av ILE fra kabelanlegg, mens skjøt/skjøtemuffe og endemuffe/endeavslutning i sum har stått for 35 %. Dette er vist i Figur 4-25.

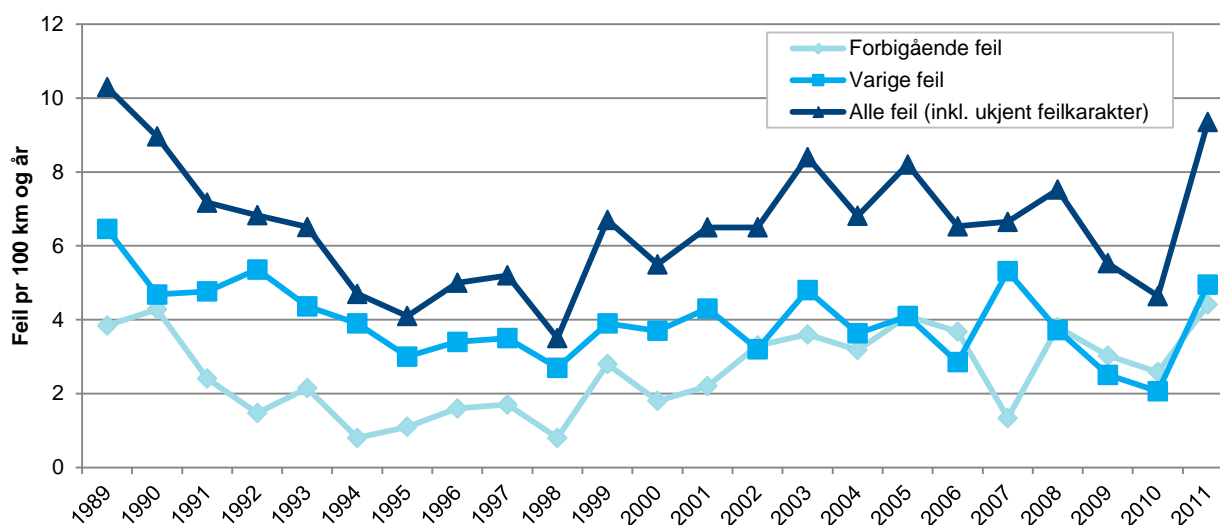
Figur 4-26 viser gjennomsnittlig ILE pr driftsforstyrrelse i perioden 1996 - 2011 for ulike anleggsdeler.



**Figur 4-26 Gjennomsnittlig ILE pr driftsforstyrrelse for ulike anleggsdeler 1 - 22 kV, for perioden 1996 - 2011.**

Figur 4-26 viser at feil på kabel gir i gjennomsnitt mer ILE pr driftsforstyrrelse enn øvrige anleggsdeler. Dette skyldes trolig at kabel som regel har en vesentlig lengre reparasjonstid. Feil på kraftledning og brytere medfører omtrent like mye ILE pr hendelse. At fordelingstransformatorer medfører så lite ILE pr hendelse sammenliknet med kabel og kraftledning skyldes hovedsakelig at det vanligvis er færre sluttbrukere berørt ved slike feil.

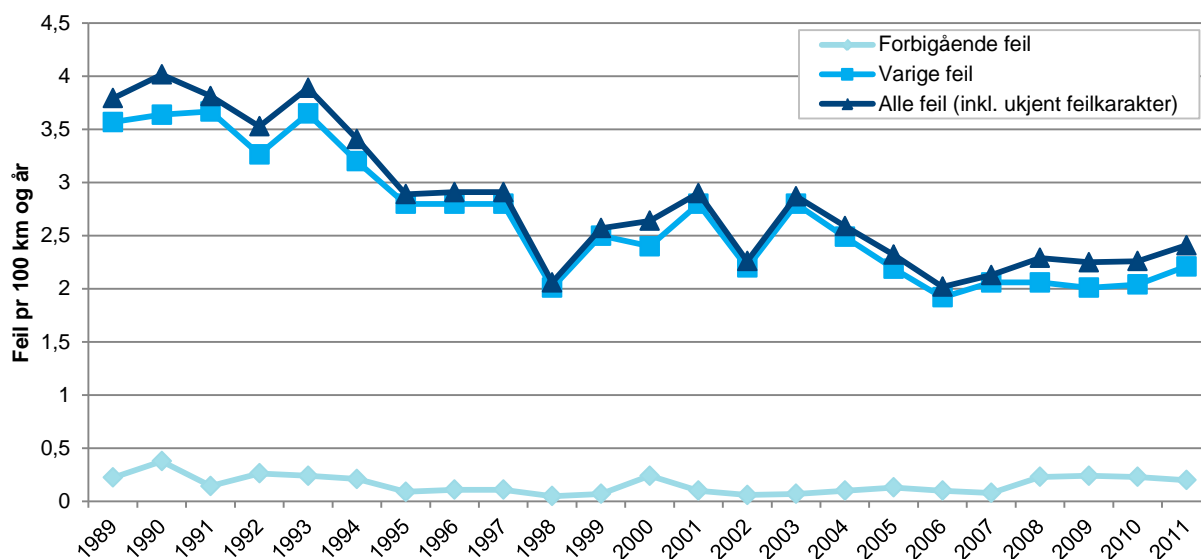
Følgende figurer viser utviklingen i feilfrekvens for kraftledning, kabel, fordelingstransformator, effektbryter og andre brytere. I 2007 overtok Statnett statistikken for 1 - 22 kV, og dette kan ha medført at statistikk-arbeidet ikke er helt enhetlig utført før og etter 2007. Feilfrekvensen på dette spenningsnivået fra og med 2007 er ikke nødvendigvis helt sammenlignbare med tallene fram til og med 2006. Feilfrekvensen er hentet fra Statnett sin årsstatistikk fra og med 2007.



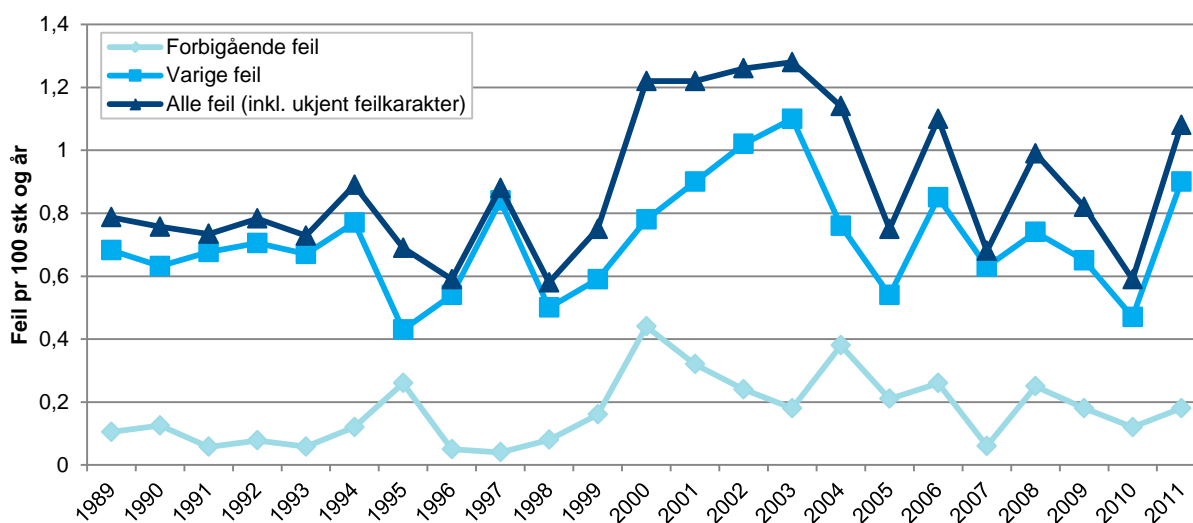
**Figur 4-27 Feilfrekvens for kraftledning, 1-22 kV.**  
(Feilfrekvens for alle feil var 7,0 pr 100 km i gjennomsnitt for perioden 2002 – 2011.)

Feilfrekvensen for forbigående feil har vært klart økende fra 1994 mens feilfrekvensen for varige feil viser en svak økning frem til 2005. I perioden 2007 - 2010 reduseres feilfrekvensen, både for forbigående og varige feil. Data fra 2007 er noe misvisende, noe som også framgår av Figur 4-1, der det kan observeres at 20 % av alle feil som var registrert var forbigående feil. Økningen i feilfrekvensen for forbigående feil skyldes dels at det registreres flere feil på kraftledning på bekostning av "anleggsdel ikke identifisert" slik det framgår av Figur 4-18. Økte andeler ILE som følge av "vegetasjon" vist i Figur 3-13 kan indikere dette. I 2011 økte feilfrekvensen for både varige og forbigående feil. Dette skyldes ekstremværet Dagmar som førte til uvanlig mange feil på kraftledning dette året.

Feilfrekvensen for kabel har vært noe avtakende for både varige og forbigående feil, som vist i Figur 4-28. Feilfrekvensen for forbigående feil er lav gjennom hele perioden, men en liten økning de siste fire årene kan sees.



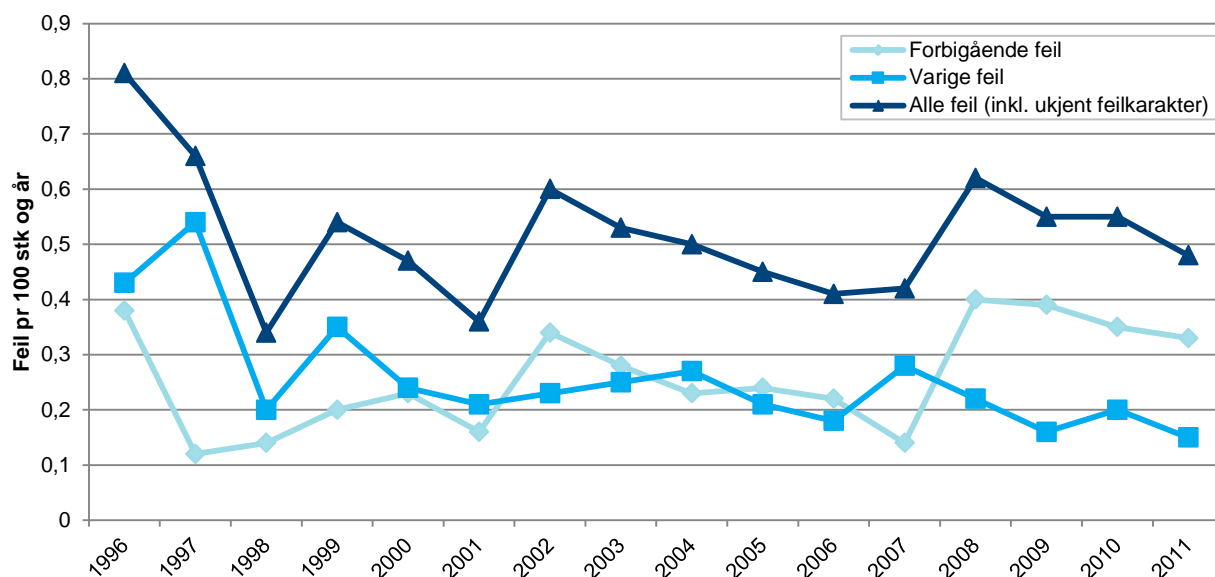
**Figur 4-28 Feilfrekvens for kabel, 1-22 kV.**  
(Feilfrekvens for alle feil var 2,3 pr 100 km i gjennomsnitt for perioden 2002 - 2011.)



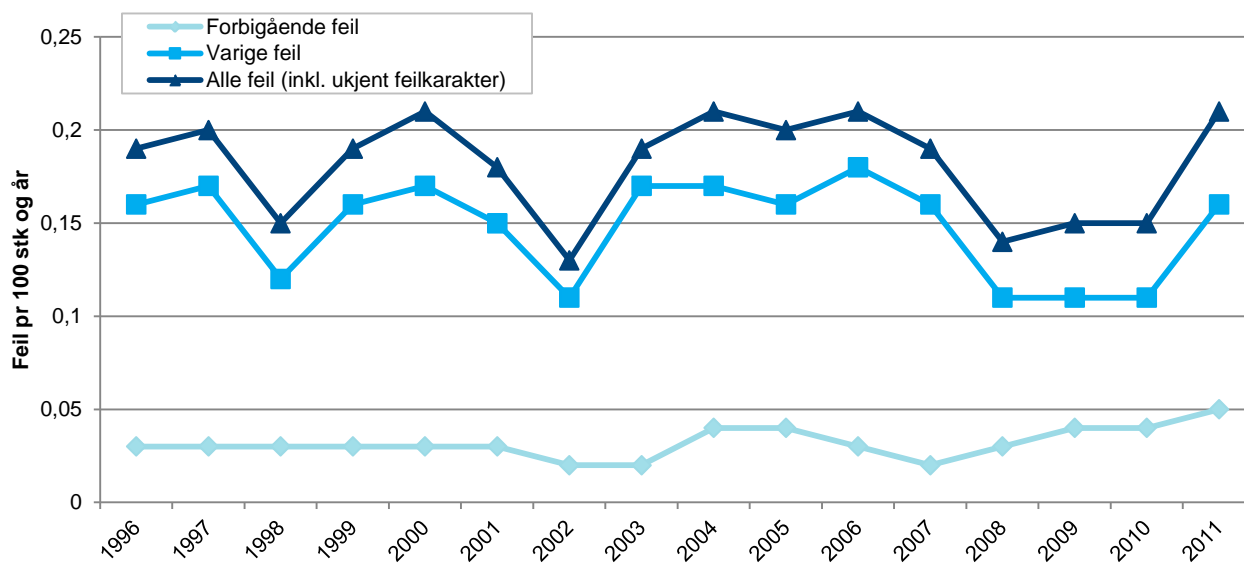
**Figur 4-29 Feilfrekvens for fordelingstransformator 1-22 kV.**  
(Feilfrekvens for alle feil var 1,0 pr 100 enheter i gjennomsnitt for perioden 2002 - 2011.)

Det var en betydelig økning i feilfrekvens for varige feil i fordelingstransformator i perioden fra år 1998 og frem til 2003. Etter dette har feilfrekvensen variert mye, uten noen entydig trend. I perioden 2008 - 2010 sees en reduksjon både for forbigående og varige feil.

Feilfrekvens for henholdsvis effektbryter og andre brytere er vist i Figur 4-29 og Figur 4-30. Det er ikke hentet inn data for anleggsmassen lengre tilbake enn 1996, derfor kan ikke feilfrekvens beregnes for tidligere år. Det kan observeres en noe stigende trend for feilfrekvens pga. forbigående feil på effektbryter siden 1997, men det er ikke funnet noe informasjon som kan forklare dette. For andre brytere i sum er det ikke noen klare trender. 2007 skiller seg ut som et unntaksår også her.



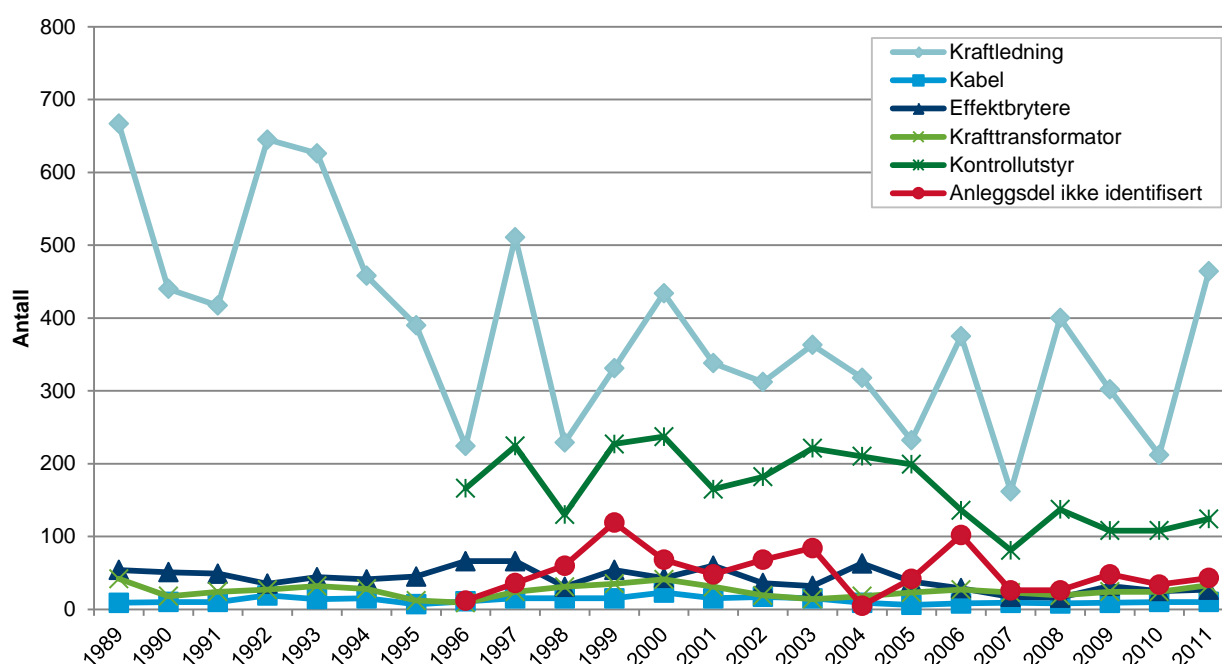
**Figur 4-30 Feilfrekvens for effektbryter, 1-22 kV.**  
(Feilfrekvens for alle feil var 0,5 pr 100 brytere i gjennomsnitt for perioden 2002 – 2011.)



**Figur 4-31 Feilfrekvens for lastskillebryter, skillebryter og siklastbryter i sum, 1-22 kV.**  
(Feilfrekvens for alle feil var 0,2 pr 100 brytere i gjennomsnitt for perioden 2002 – 2011.)

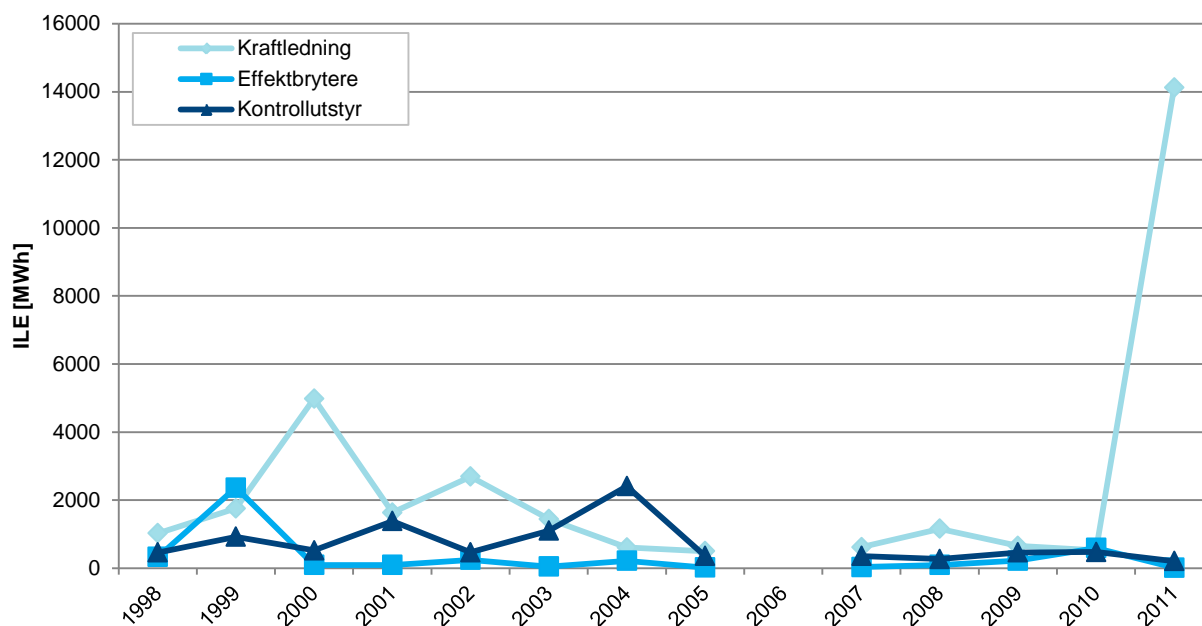
## 4.5 Feil på anleggsdeler 33 - 420 kV

Figur 4-32 viser totalt antall feil under driftsforstyrrelser fordelt på anleggsdel med feil for 33 - 420 kV anlegg. Sett i forhold til distribusjonsnett er det vesentlig flere feil registrert på kontrollutstyr (her inkl. vern). Feil på vern og kontrollanlegg oppdages ofte i forbindelse med andre feil og bidrar til å utvide konsekvensen av en driftsforstyrrelse ved uteblitt eller uselektiv utløsning, eller forsinker gjenoppbyggingen av nettet etter feil (feil på fjernstyring). Fra og med 1996 er kategorien "kontrollutstyr" (inkl. vern) og "anleggsdel ikke identifisert" inkludert i registreringen. I figuren er det kun tatt med kontrollutstyr for nett- og transformatoranlegg, mens produksjonsrelatert utstyr er holdt utenfor.

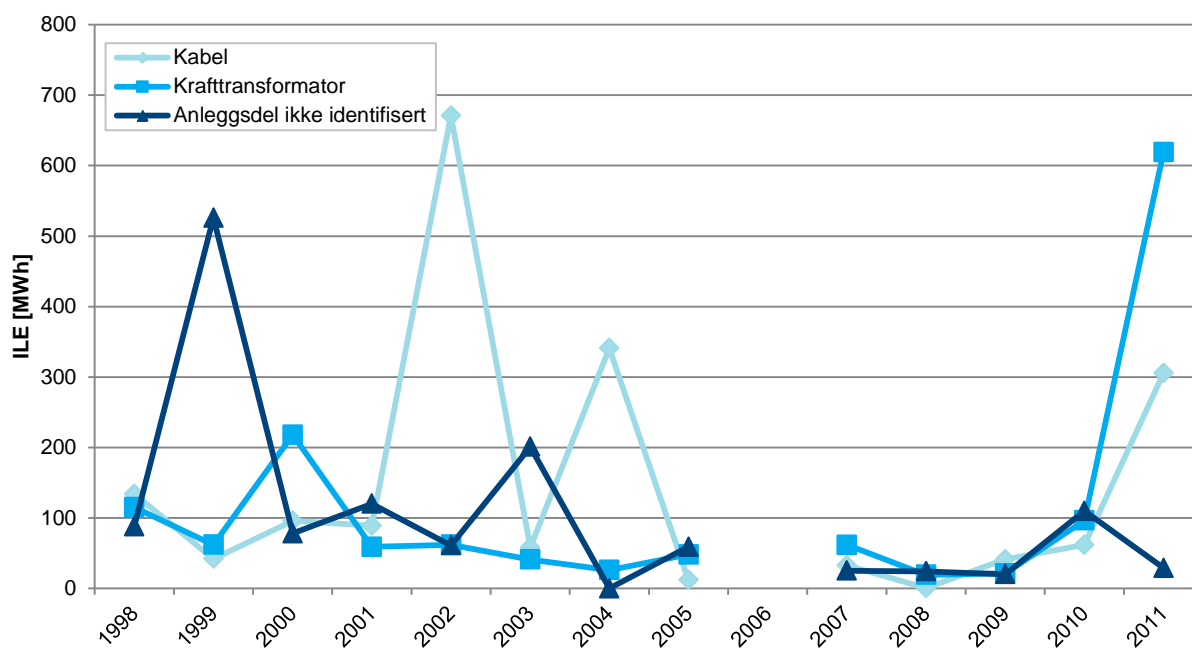


**Figur 4-32 Antall feil under driftsforstyrrelser (sum varige og forbigående) fordelt på anleggsdel med feil, 33 - 420 kV, 1989 - 2011.**

Figur 4-33 og Figur 4-34 viser utviklingen i ILE fordelt på anleggsdel. Merk at det er forskjell på skalaen (antall feil pr år) i de to figurene. I 2011 økte ILE som følge av feil på "kraftledning" betydelig, og skyldes i hovedsak ekstremværet Dagmar.



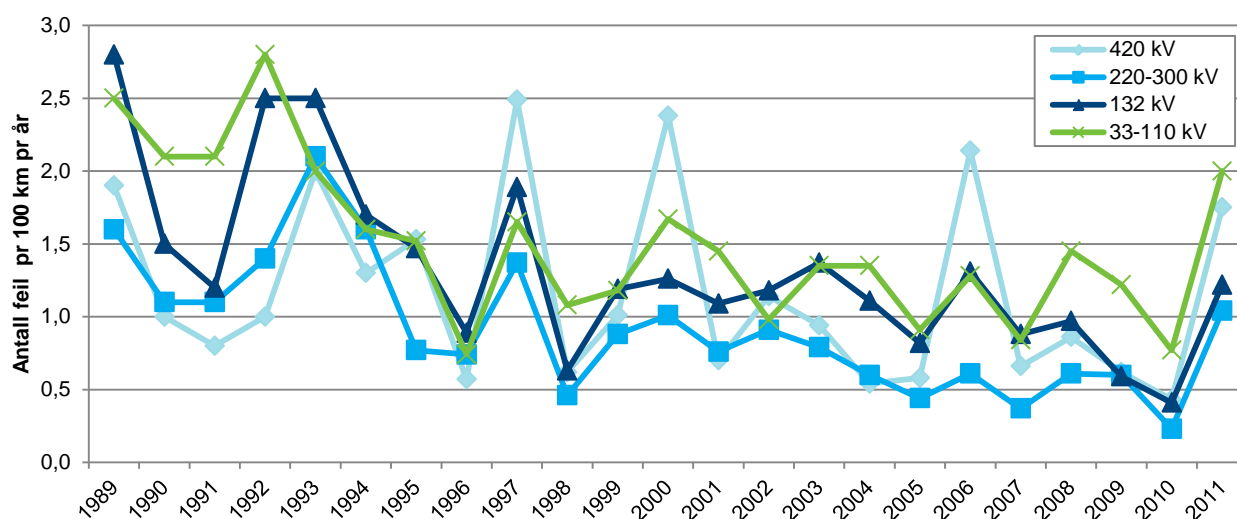
**Figur 4-33 ILE pga. driftsforstyrrelser fordelt på anleggsdel (sum varige og forbigående), 33 - 420 kV, 1998 - 2011, del 1. (Tall for 2006 mangler.)**



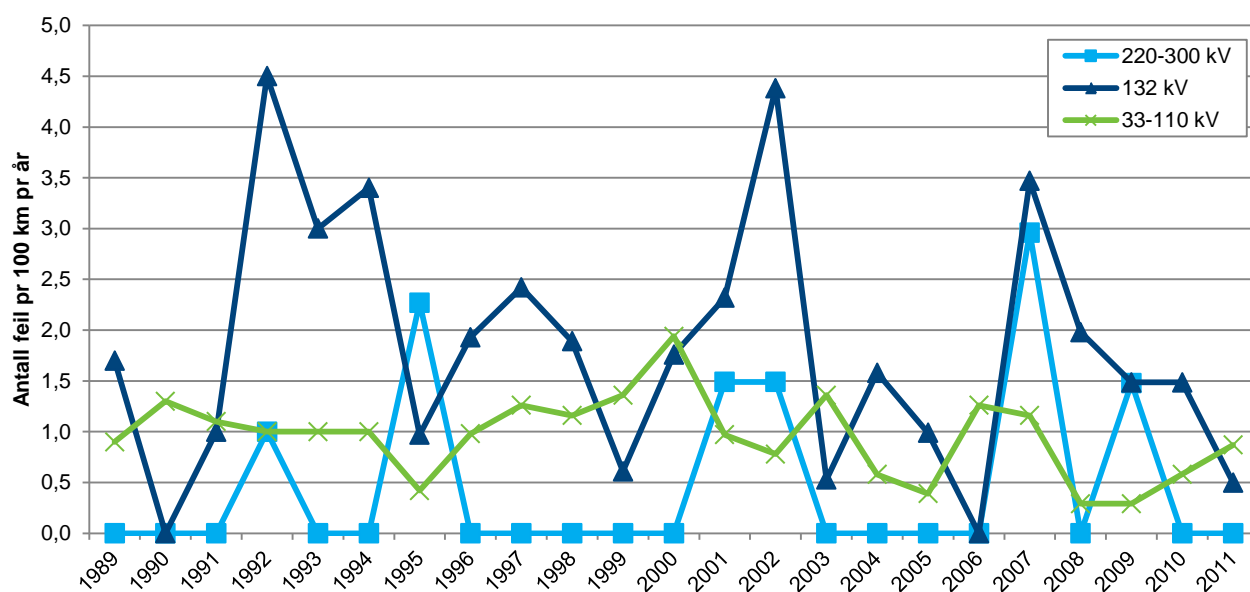
**Figur 4-34 ILE pga. driftsforstyrrelser fordelt på anleggsdel (sum varige og forbigående), 33 - 420 kV, 1998 - 2011, del 2. (Tall for 2006 mangler.)**

Figurene viser at det er flest feil på kraftledning og at slike feil har en avtakende trend, jfr. nedgangen i antall driftsforstyrrelser i Figur 4-2. På spenningsnivå 33 - 420 kV varierer ILE mye fra år til år og figurene viser at det er spesielle hendelser som slår ut på fordelingen mellom de ulike anleggsdeltypene. De største bidragsyterne til ILE er kraftledning og vern og kontrollutstyr. Det er registrert mindre ILE på kraftledning i de senere år, med unntak av Dagmar-hendelsen i 2011 som førte til en stor økning.

Figur 4-35 - Figur 4-38 viser utviklingen i feilfrekvens for de viktigste anleggsdelene 33 - 420 kV.



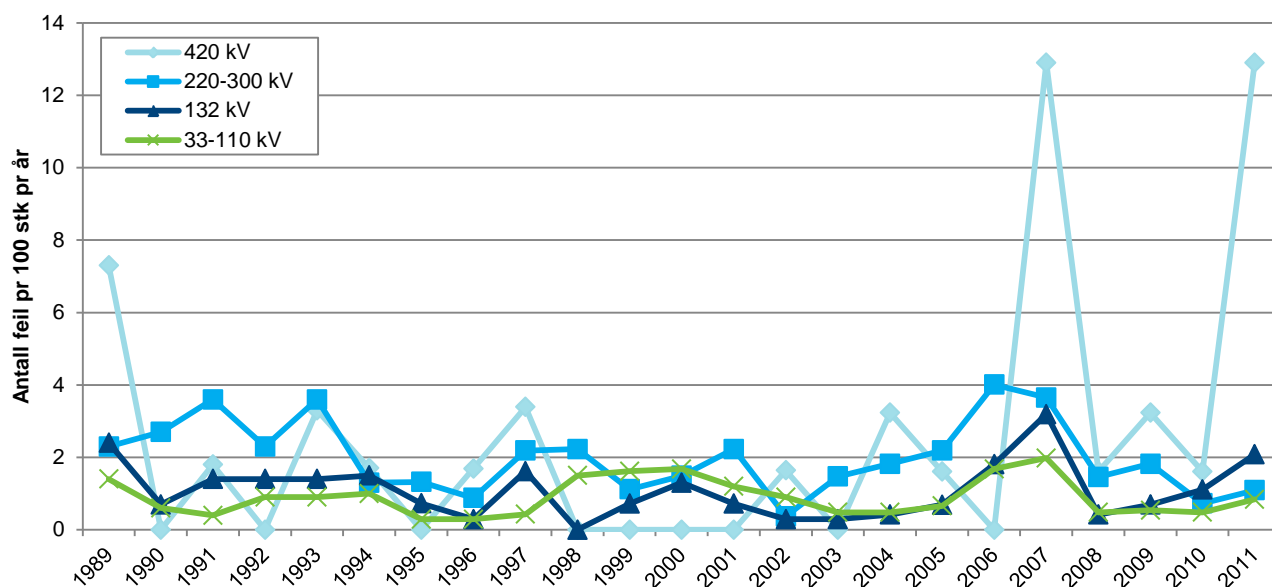
**Figur 4-35 Feilfrekvens for kraftledninger 33 - 420 kV (sum varige og forbigående feil), 1989 - 2011.**  
(Feilfrekvensen var 0,9 pr 100 km i gjennomsnitt 2002 - 2011 for alle spenningsnivå.)



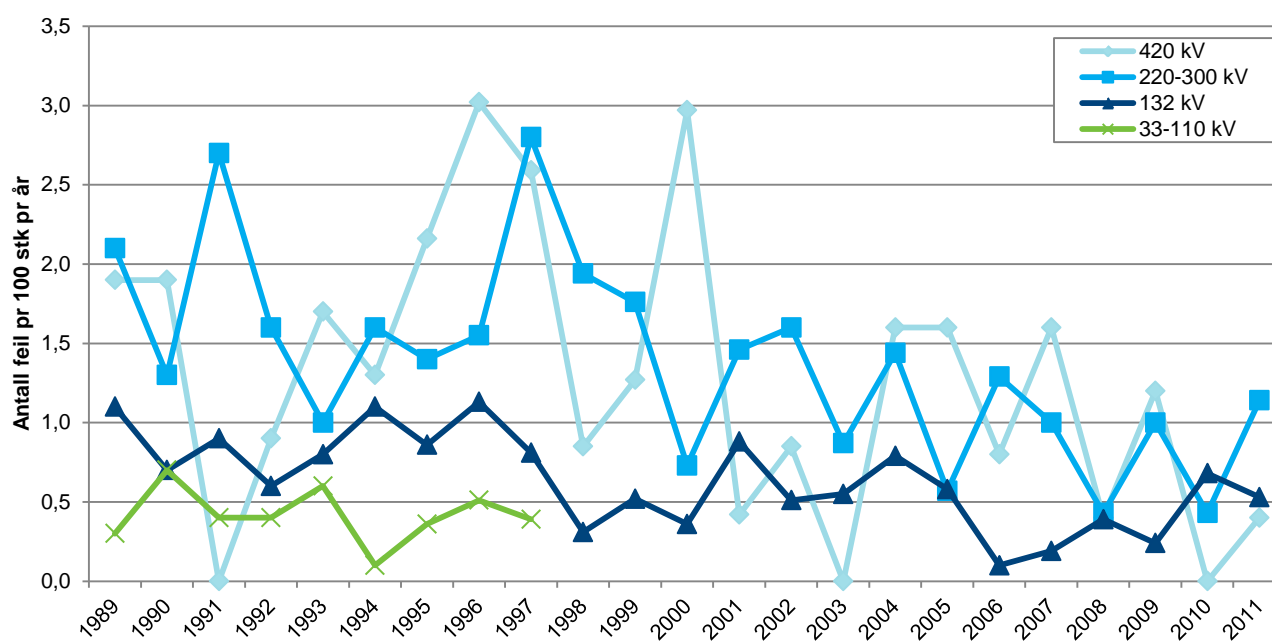
**Figur 4-36 Feilfrekvens for kabel 33 - 300 kV (sum varige og forbigående), 1989 - 2011.**  
(Feilfrekvensen var 1,2 pr 100 km i gjennomsnitt 2002 - 2011 for alle spenningsnivå.)

Feilfrekvensen for kraftledning ser ut til å ha en avtakende trend for alle spenningsnivå med unntak av spesielle hendelser som gir store utslag. Figur 4-36 viser at feilfrekvensen for kabel varierer til dels betydelig fra år til år. Feilfrekvensen for 132 kV kabel har vært svært høy enkelte år i perioden. Det er relativt lite kabel på de høyeste spenningsnivåene, og enkelthendelser vil kunne gi store utslag. Feilfrekvensen på kabel for 420 kV er ikke vist da det er så lite kabel på dette spenningsnivået, kun 24 km. En feil gir en feilfrekvens på 4,17 feil pr 100 km. Figur 4-37 og Figur 4-38 viser at feilfrekvensen har vært avtakende for henholdsvis krafttransformatorer og effektbrytere på 220 - 300 kV nivå. Det er ikke presentert feilfrekvens for effektbryter 33 - 110 kV etter 1997 pga. mangel på informasjon om anleggsmassen [3].





**Figur 4-37 Feilfrekvens for krafttransformatorer 33 - 420 kV (sum varige og forbigående), 1989 - 2011.**  
(Feilfrekvensen var 1,9 pr 100 enheter i gjennomsnitt 2002 - 2011 for alle spenningsnivå.)



**Figur 4-38 Feilfrekvens for effektbryter 33 - 420 kV (sum varige og forbigående), 1989 - 2011.**  
(Feilfrekvensen var 0,8 pr 100 enheter i gjennomsnitt 2002 - 2011 for alle spenningsnivå.)

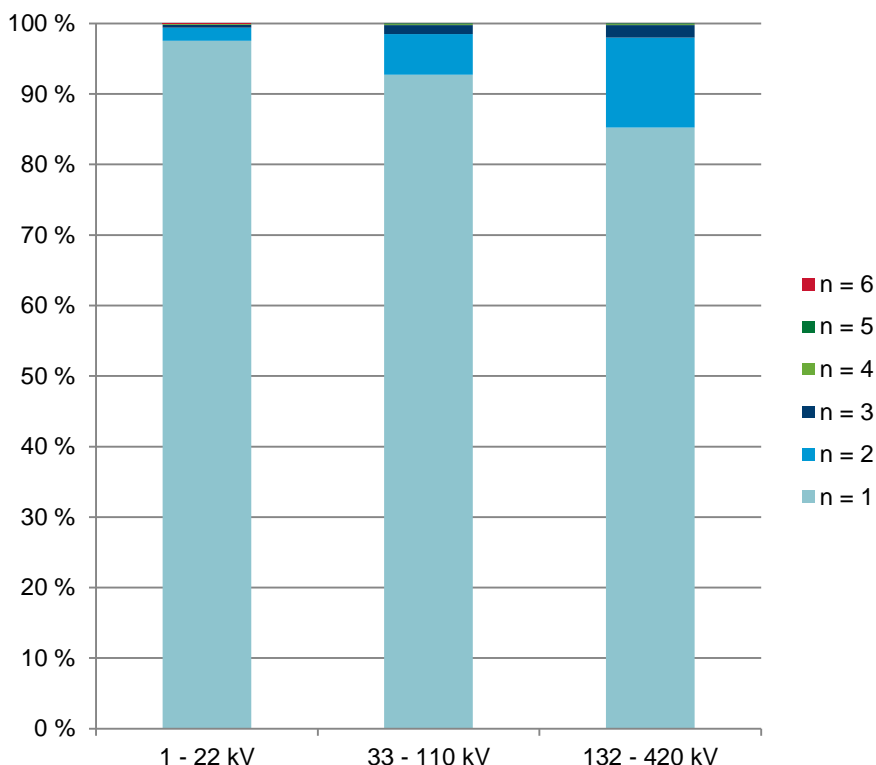
## 5 Driftsforstyrrelser med flere feil 2008 - 2010

I dette kapittelet presenteres data for driftsforstyrrelser for perioden 2008 - 2010, der det har vært flere feil i en og samme driftsforstyrrelse.

I regional- og sentralnettet er det ikke uvanlig med flere feil i samme driftsforstyrrelse. På grunn av historisk sett bedre arbeid med feilanalysen, strengere krav til registrering og det forholdet at Statnett har en veiledningsfunksjon i forbindelse med all registrering av feil i regionalnettet er det mer vanlig å få med feilrapporter om sekundære feil i overliggende nett enn i distribusjonsnettet. Eksempelvis er det i 2005 registrert 987 feil under driftsforstyrrelse mens det er registrert 873 driftsforstyrrelser. Det vil si at over 10 % av alle feil er sekundære feil som oppstår eller oppdages som følge av en primærfeil [4].

### 5.1 Antall feil ved driftsforstyrrelser med flere feil

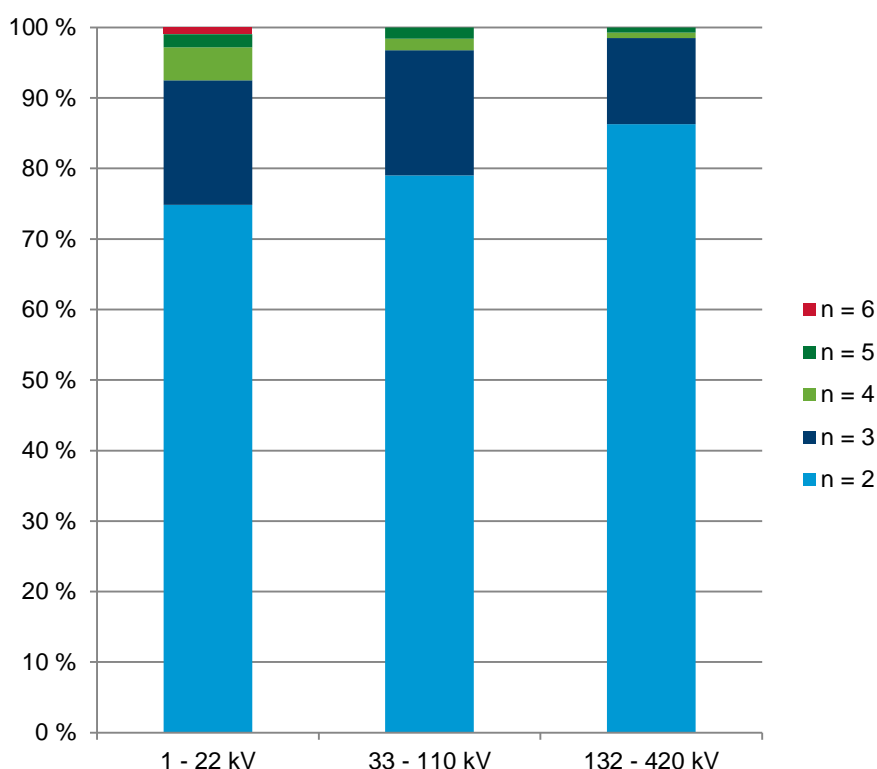
Dette avsnittet fokuserer på antallet driftsforstyrrelser med flere feil. Figur 5-1 viser gjennomsnittet av antall driftsforstyrrelser i perioden 2008 - 2010 fordelt på distribusjon-, regional- og sentralnett. Figuren viser hvilke spenningsnivå feilen (nr. n) er registrert på, uavhengig av på hvilket spenningsnivå primærfeilen oppstod. Denne figuren viser at driftsforstyrrelser i størst grad kun har én feil, men på de høyere spenningsnivå er det en andel driftsforstyrrelser med flere feil.



**Figur 5-1 Fordeling av antall driftsforstyrrelser pr år i perioden 2008 – 2010.**  
n = antall feil i driftsforstyrrelsen.

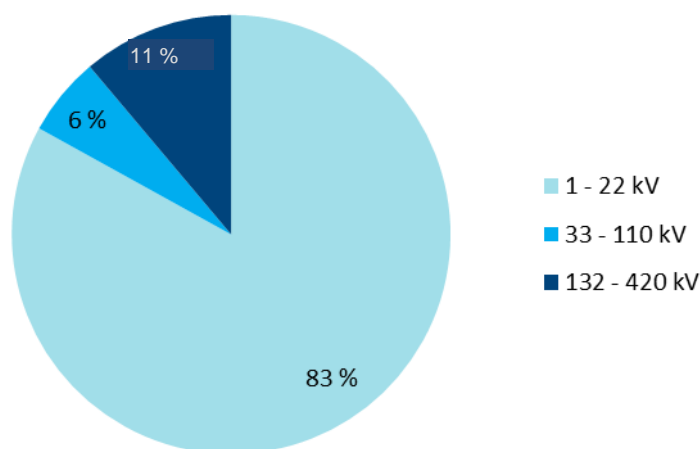
Figur 5-1 viser at i perioden 2008 - 2010 var over 97 % av driftsforstyrrelsene i distribusjonsnettet registrert med kun én feil. I regionalnettet var over 90 % av driftsforstyrrelsene registrert med kun én feil mens i sentralnettet hadde ca. 85 % av alle driftsforstyrrelser kun én feil. Videre gis det en oversikt over de driftsforstyrrelsene som har flere feil.

Av de driftsforstyrrelsene som har hatt flere feil (øverste delen av stolpene i figuren over) er fordelingen av antall feil pr driftsforstyrrelse som vist i Figur 5-2. Figuren viser at det er størst andel driftsforstyrrelser med et større antall feil enn de andre nettnivåene. I en del tilfeller vil en primærfeil i sentral- og/eller regionalnettet kunne medføre en sekundærfeil i lavere spenningsnivå. Dette vil bidra til at det er i distribusjonsnettet man finner flest sekundærfeil med høyt feilnummer, som vist i Figur 5-2.



**Figur 5-2 Fordeling av antall driftsforstyrrelser med flere feil pr år i perioden 2008 – 2010.**  
n = antall feil i driftsforstyrrelsen.

Figur 5-3 viser andelen av driftsforstyrrelser med flere feil fordelt på spenningsnivå der primærfeilen skjer.



**Figur 5-3 Driftsforstyrrelser med flere feil fordelt på spenningsnivå der primærfeilen oppstår, i perioden 2008 - 2010.**

Figuren viser at 83 % av primærfeilene skjer på spenningsnivå 1 - 22 kV, 6 % på spenningsnivå 33 - 110 kV og 11 % på det høyeste spenningsnivået. Dette kommer av at det er i distribusjonsnettet det forekommer flest driftsforstyrrelser. Figuren viser også at det skjer flere driftsforstyrrelser med flere feil på sentralnettnivå enn på regionalnettnivå.

Statistikkene som er presentert i de etterfølgende delkapitler viser at for driftsforstyrrelser med flere feil er primærfeilen ofte på et høyere spenningsnivå, mens sekundærfeilen (-e) skjer på lavere spenningsnivåer. Dette ses også i den totale statistikken, se Figur 5-1 og Figur 5-2.

Det er sett på hvilke typer feil som er de mest vanlige for driftsforstyrrelser med flere feil. Det er vist at dette er jordslutning, kortslutning med jordberøring og uønsket funksjon. Den sistnevnte feiltypen er nært tilknyttet feil i vern. Dette gjenspeiles i at vern er en av anleggsdelene der det forekommer flest sekundærfeil i forbindelse med driftsforstyrrelser med flere feil. Kraftledning er den anleggsdelen der det forekommer flest feil (både primær- og sekundærfeil) i forbindelse med driftsforstyrrelser med flere feil. Driftsforstyrrelser der både primær- og sekundærfeil er i kraftledning, eller der primærfeilen er i kraftledning og sekundærfeilen er i vern er de mest vanlige kombinasjonene av feil.

De vanligste årsakene til driftsforstyrrelser med flere feil gjenspeiler de vanligste årsakene for driftsforstyrrelser generelt. Det er "omgivelser" som er den mest dominerende årsaken, og dette kan relateres til at den vanligste anleggsdelen med feil er kraftledning. Dette er en anleggsdel som er svært utsatt for påkjenninger fra omgivelsene. Innenfor kategorien "omgivelser" er det "tordenvær" som er årsaken til de fleste driftsforstyrrelser med flere feil. Statistikken viser at dersom "omgivelser" er årsak til både primær- og sekundærfeil er det "tordenvær" som står for over 70 % av feilene. Dette er en høyere andel enn for driftsforstyrrelser totalt (inkludert både én og flere feil). Årsakene til driftsforstyrrelser med flere feil er sammenlignet med årsakene til driftsforstyrrelser totalt, og det er funnet at "omgivelser" har en mer dominerende rolle for driftsforstyrrelser med flere feil. Det samme gjelder "teknisk utstyr" og "driftspåkjenninger". Se Figur 5-18.

Fordelingen av ILE er uavhengig av om det er primær- eller sekundærfeil som forårsaket avbruddet. Det er vist at nesten halvparten av ILE skyldes feil i sentralnettet, se Figur 5-19. Dette kan forklares med at feil på dette spenningsnivå vil ha konsekvenser også for lavere spenningsnivå, og dermed berøre mange

sluttbrukere. Det er vist at de mest dominerende årsakene til feilene som medfører ILE ligger i gruppene "konstruksjon/montasje m.m.", "teknisk utstyr" og "omgivelser". Den samme fordelingen kan gjenspeiles i fordelingen av KILE. Også her er disse årsakene de mest dominerende.

I det følgende gis et kort sammendrag av feilbeskrivelser, anleggsdeler med feil og feilårsaker for de ulike nettnivåene. Mer detaljerte fremstillinger er gitt i de etterfølgende delkapitlene.

### **Distribusjonsnett (1 - 22 kV)**

Datagrunnlaget for driftsforstyrrelser med flere feil viser at de mest forekommende primærfeilene i distribusjonsnettet er på kraftledning, kabel og transformator. Driftsforstyrrelser som følge av feil på kraftledninger er i stor grad på grunn av omgivelser, og da i hovedsak været (tordenvær, vind og vegetasjon og kombinasjoner av dette). Feil på kabel er derimot i stor grad på grunn av svikt av teknisk utstyr, og da på grunn av skadet eller defekt del og aldring. Det er også en del feil på grunn av menneskelig påvirkning, som for eksempel graving eller sprenging. Feil i transformatorer er i stor grad på grunn av påkjenninger fra omgivelser og da i hovedsak været.

På distribusjonsnettnivå er det flest varige feil, det vil si feil der korrigerende vedlikehold er nødvendig.

### **Regionalnett (33 - 110 kV)**

Datagrunnlaget for driftsforstyrrelser med flere feil viser at kun 6 % av disse er i regionalnettet, se Figur 5-3. På dette nettnivået er kraftledning den anleggsdelen der det forekommer flest primærfeil i denne perioden, men det er også en stor andel feil på spenningstransformator og vern. I perioden som er undersøkt er det kun 6 primærfeil i spenningstransformator og 3 primærfeil i vern. Det er i stor grad omgivelser som er den utløsende årsaken til driftsforstyrrelser som følge av feil på kraftledninger, og det er i hovedsak tordenvær, vind, vegetasjon og kombinasjoner av dette.

På regionalnettnivå er det relativt likt fordelt mellom varige og forbigående feil.

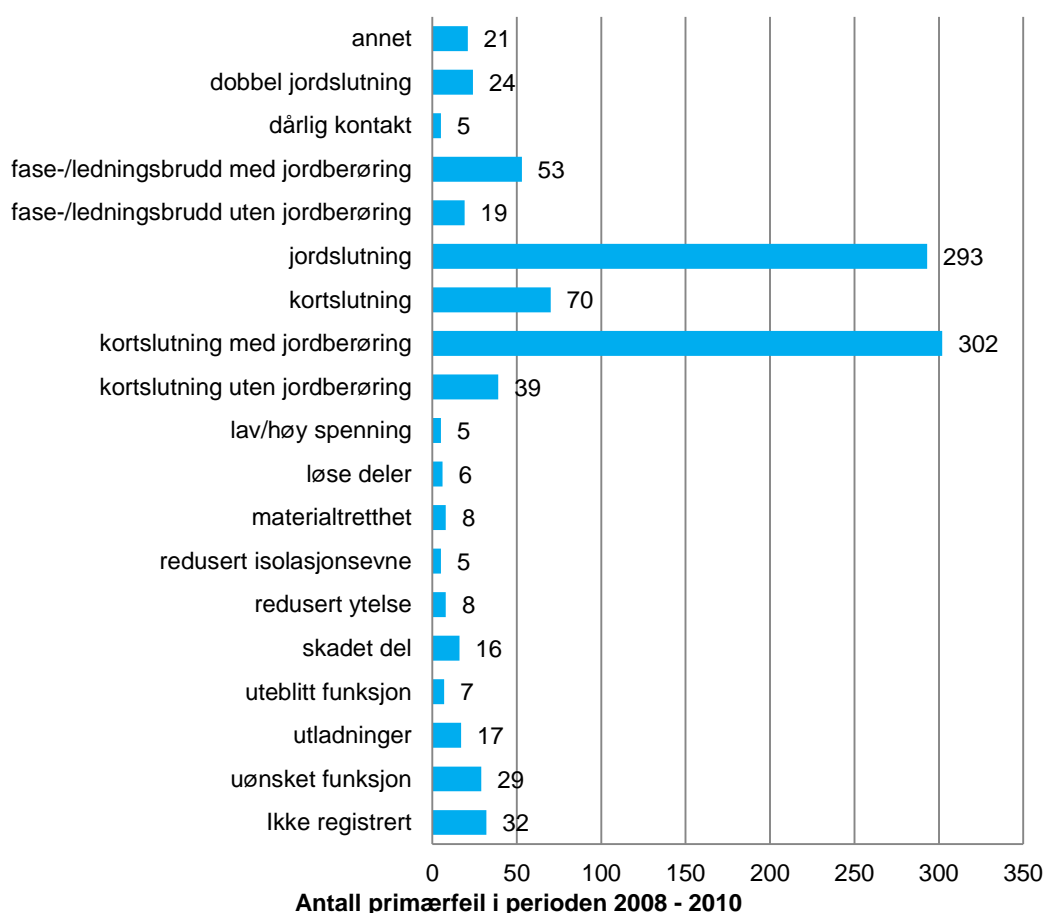
### **Sentralnett (132 - 420 kV)**

Datagrunnlaget for driftsforstyrrelser med flere feil viser at 11 % av disse er i sentralnettet, se Figur 5-3. På dette nettnivået er de mest forekommende primærfeilene på kraftledning, vern og skillebryter. Det er i stor grad omgivelser som er den utløsende årsaken til driftsforstyrrelser som følge av feil på kraftledninger, og det er i hovedsak tordenvær, vind, vegetasjon og kombinasjoner av dette. På dette nettnivået er den mest forekommende sekundærfeilen i vern, se Figur 5-10.

På sentralnettnivå er det noen flere forbigående feil enn varige feil.

## 5.2 Feilbeskrivelse og anleggsdeler med feil

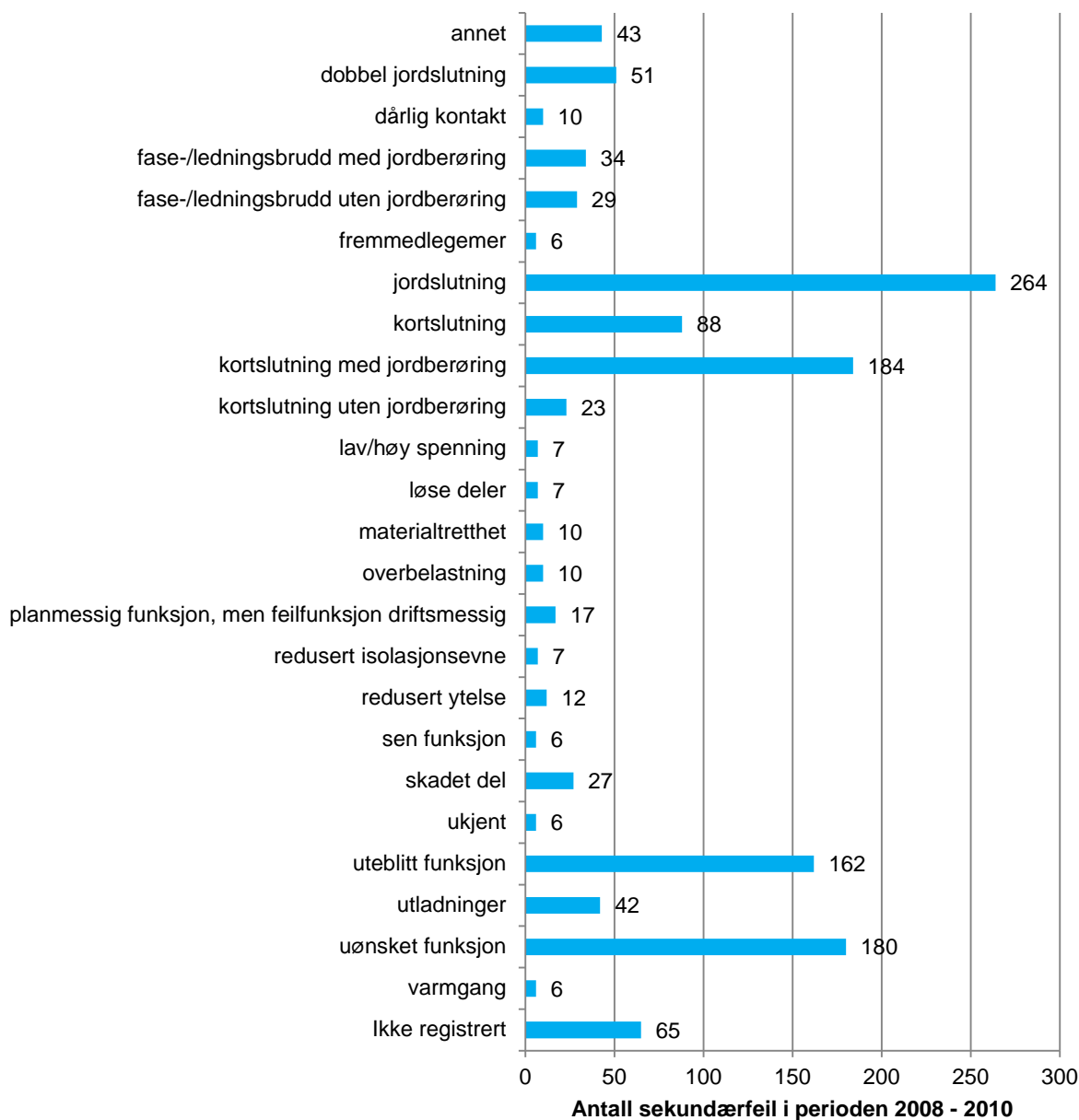
Figur 5-4 viser at de meste vanlige primærfeilene i kraftnettet er jordslutning og kortslutning med jordberøring. Disse to kategoriene er relativt like, og hvilken av disse kategoriene feilen blir registrert med er avhengig av hvordan konsesjonærene tolker kategoriene. Jordslutning og kortslutning med jordberøring har skjedd ca. 600 ganger i perioden 2008 - 2010 i driftsforstyrrelser med flere feil. Det er også relativt stor forekomst av kortslutning og fase-/ledningsbrudd med jordberøring. Feiltypene fase-/ledningsbrudd med jordberøring og kortslutning er også ofte forekommende.



**Figur 5-4 Antall primærfeil i driftsforstyrrelser med flere feil, fordelt på type feil i perioden 2008 – 2010, for alle spenningsnivå. (Opptelling er vist f.o.m. 5 feil pr type.)**

I Figur 5-4 er det kun tatt med hendelser som har forekommet 5 ganger eller mer i den aktuelle perioden for alle spenningsnivå. Det er 32 hendelser som ikke har registrert feilbeskrivelse for primærfeilen i denne perioden.

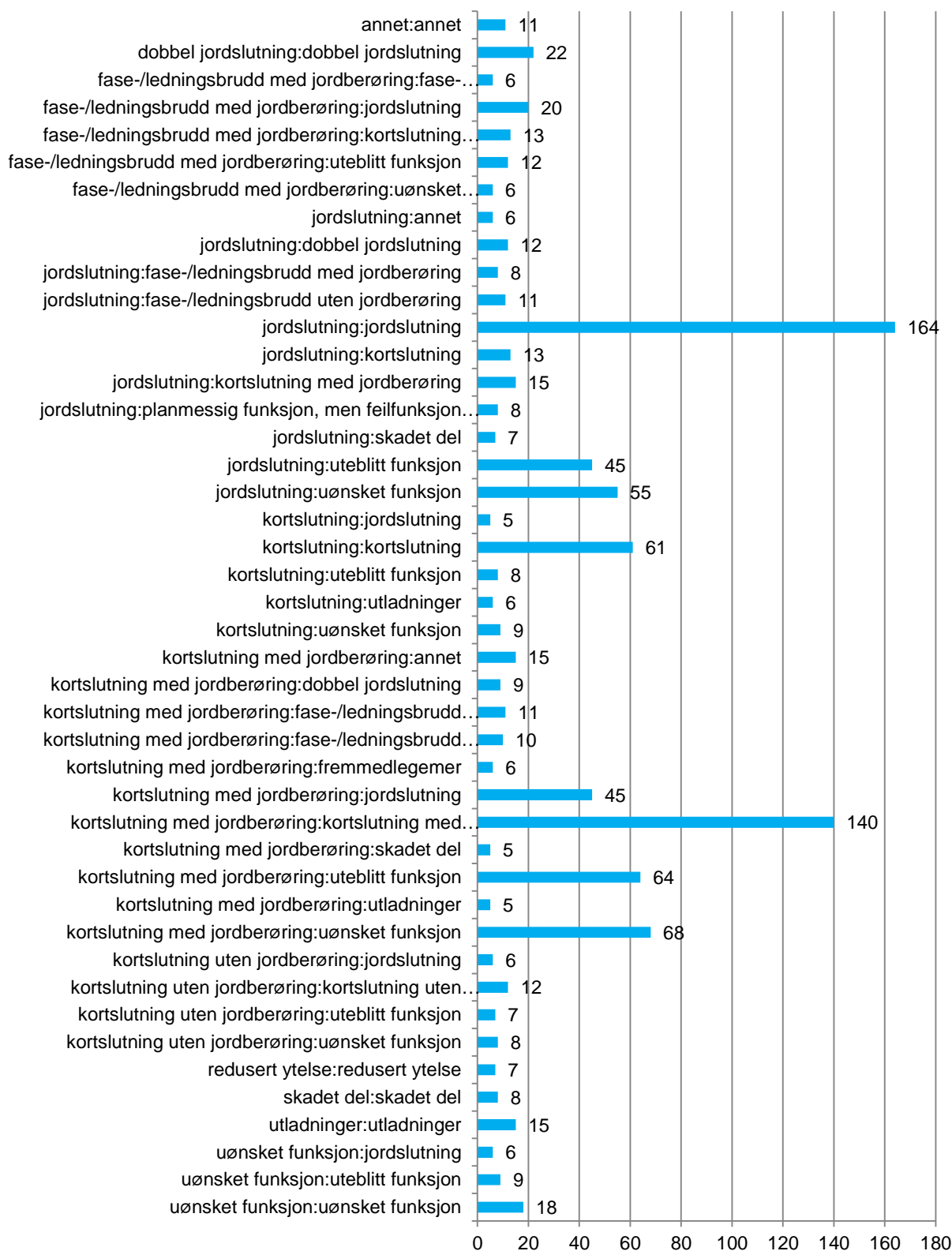
Figur 5-5 viser en liste over typer sekundærfeil for alle spenningsnivå. Også her er jordslutning og kortslutning med jordberøring ofte forekommende feil. Figuren viser at "uteblitt funksjon" og "uønsket funksjon" er relativt ofte forekommende, og dette er en feiltype som er relatert til vern.



**Figur 5-5 Antall sekundærfeil i driftsforstyrrelser med flere feil, fordelt på type feil i perioden 2008 - 2010, for alle spenningsnivå. (Opptellinger er vist f.o.m. 5 feil pr type.)**

På samme måte som for primærfeil er det en del sekundærfeil som ikke har registrert feilbeskrivelse.

Figur 5-6 viser kombinasjoner av feiltyper for primær- og sekundærfeil for alle spenningsnivå i perioden 2008 - 2010. I denne figuren er det ikke tatt med tilfellene der feilbeskrivelse ikke er registrert.

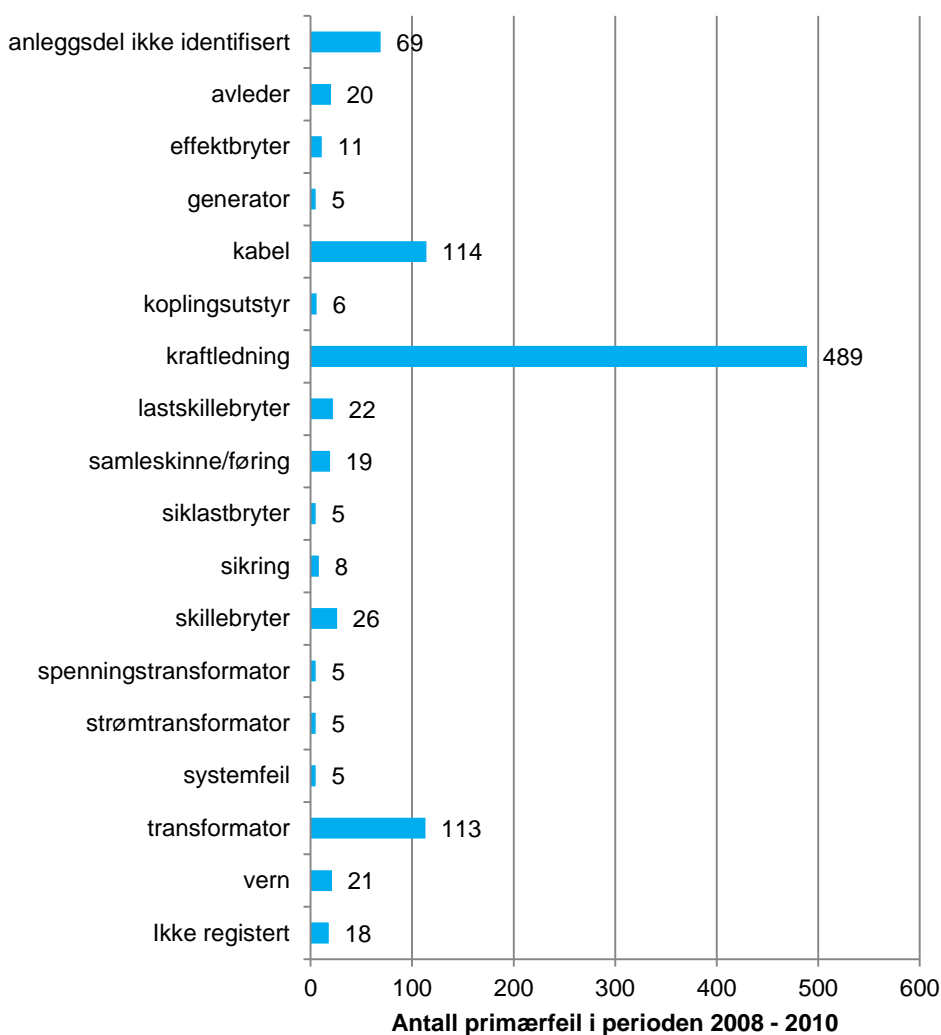


**Figur 5-6 Fordeling av kombinasjon av feiltyper for primær- og sekundærfeil i perioden 2008 - 2010, for alle spenningsnivå. Primærfeilen står foran kolon, sekundærfeilen står bak kolon.**



Figuren viser at det er flest tilfeller der både primær- og sekundærfeilen(e) er jordslutning og kortslutning med jordberøring. Kombinasjonen der primærfeilen er kortslutning med jordberøring, kortslutning, fasebrudd eller jordslutning og sekundærfeilen er uønsket funksjon eller uteblitt funksjon (som er en feiltype som er knyttet til vern) er også en ofte forekommende feil. Dette har skjedd nesten 300 ganger i denne perioden.

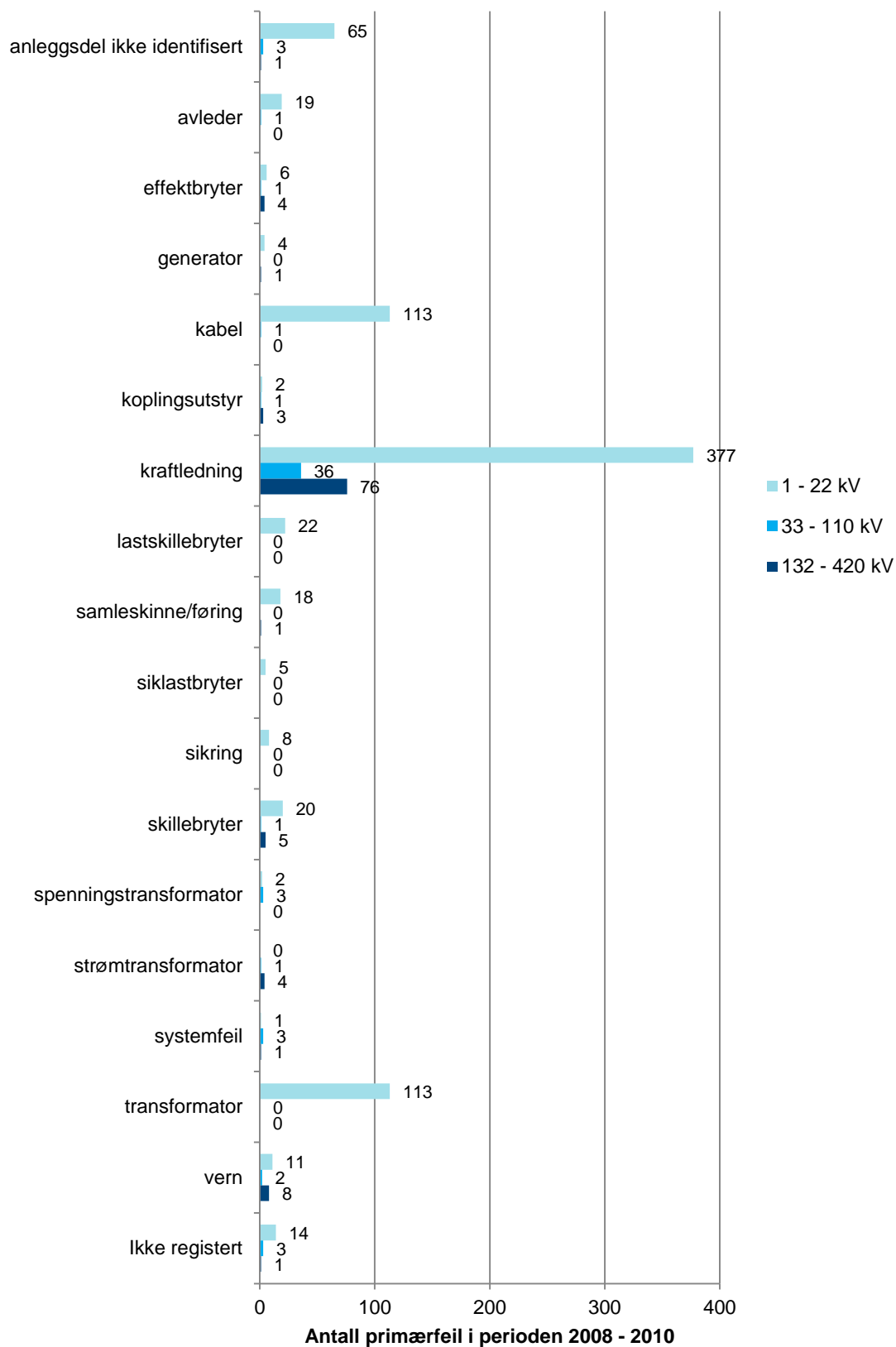
Figur 5-7 viser fordelingen av primærfeil på anleggsdel i driftsforstyrrelser med flere feil for alle spenningsnivåer.



**Figur 5-7 Fordeling av totalt antall primærfeil på anleggsdel med feil i perioden 2008 - 2010 for alle spenningsnivå.**

Figuren viser at de fleste primærfeilene skjer i kraftledning. Dette har skjedd nær 500 ganger i perioden 2008 - 2010 i driftsforstyrrelser med flere feil. Det har også vært en del feil i kabel, transformator og i anleggsdeler som ikke er identifisert i denne perioden.

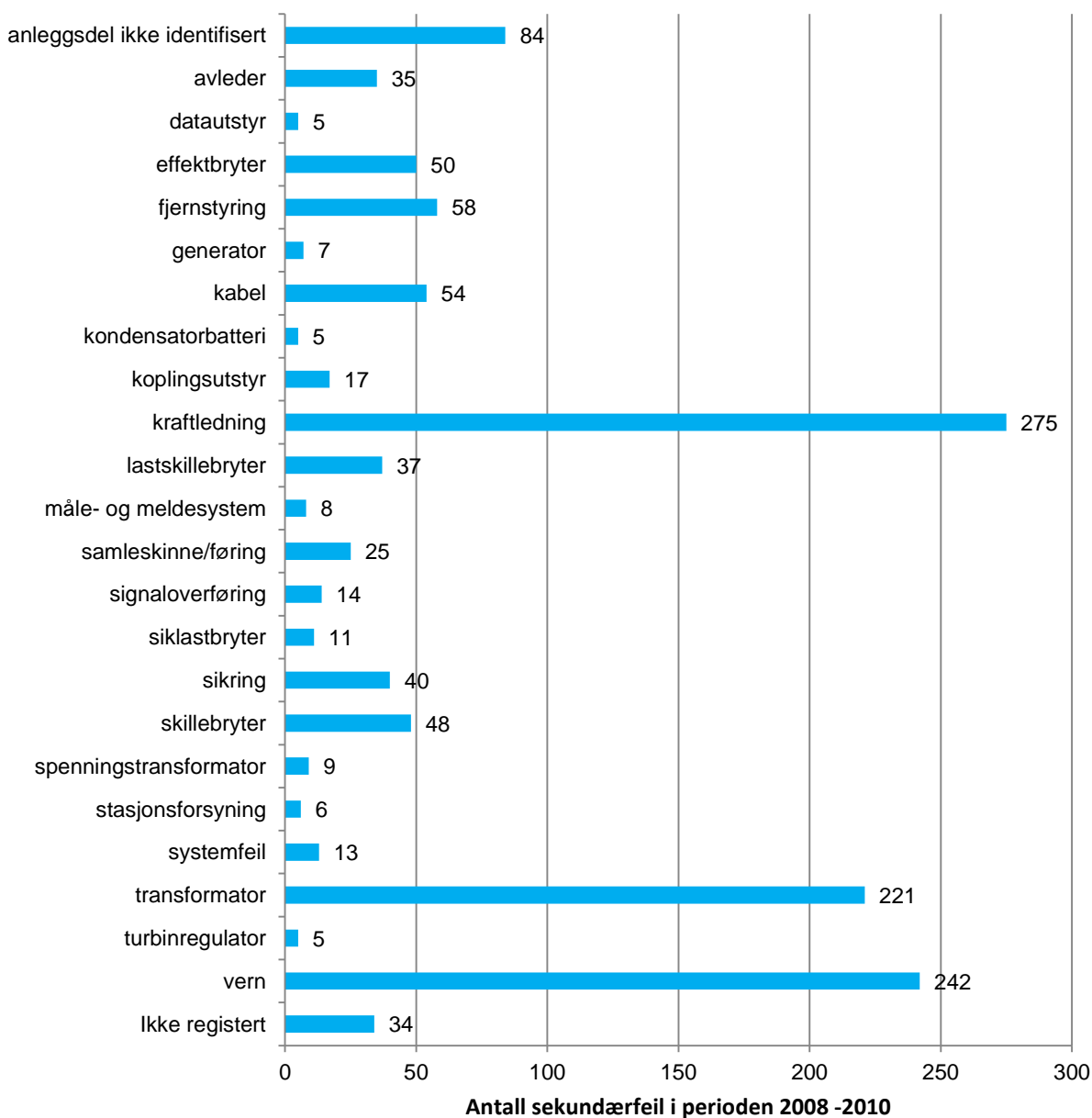
Figur 5-8 viser fordelingen av primærfeil på anleggsdel med feil og på spenningsnivå.



**Figur 5-8 Fordeling av primærfeil fordelt på anleggsdel med feil og på spenningsnivå for perioden 2008 - 2010.**

Figuren viser at de fleste feil skjer på distribusjonsnettet, da det totale antallet fra dette nettnivået er mye høyere enn for de andre nettnivåene. Kraftledning er den anleggsdelen med flest primærfeil for alle nettnivåene.

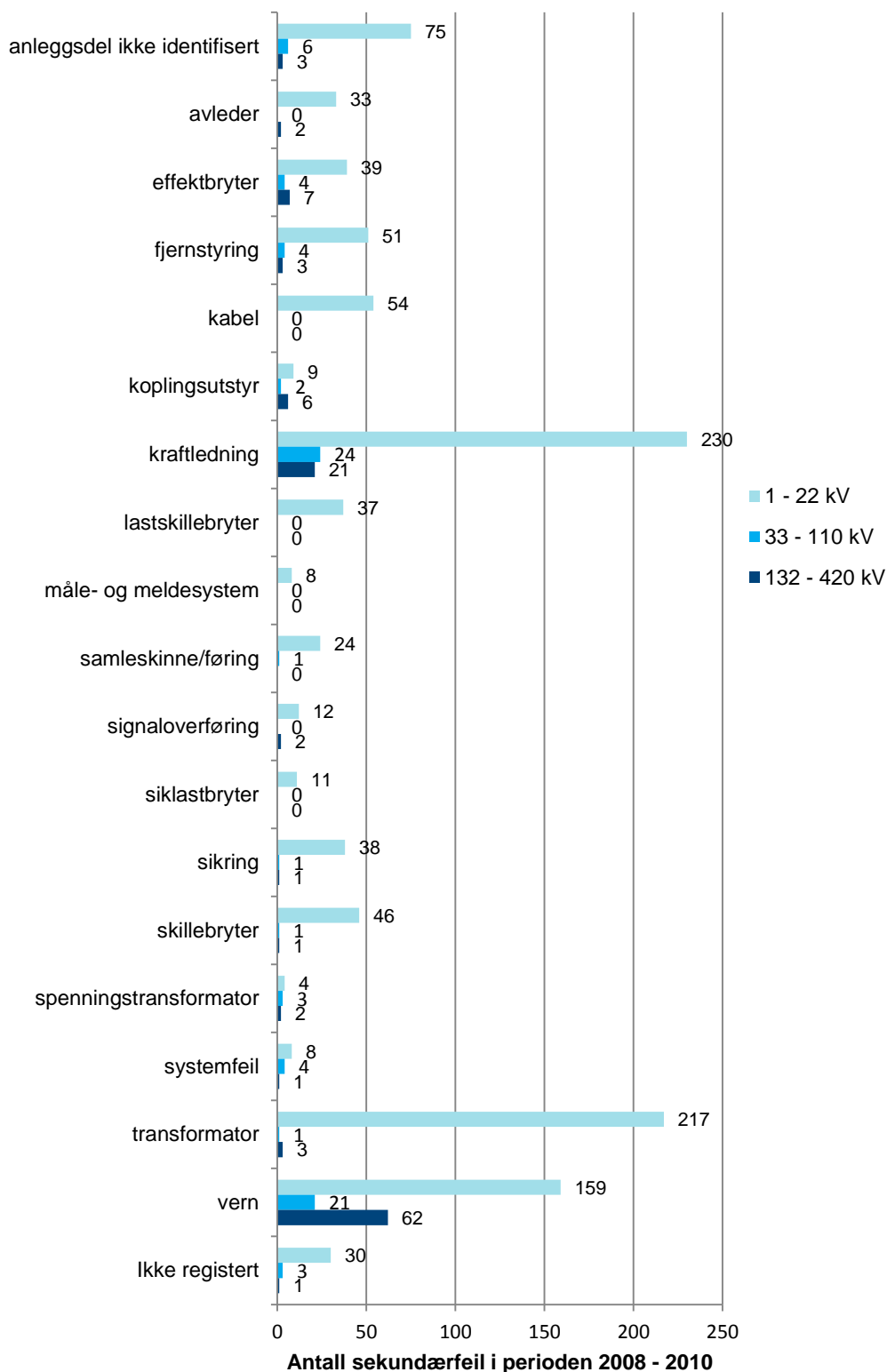
Figur 5-9 viser sekundærfeil fordelt på anleggsdel med feil. Også i denne figuren er kraftledning dominerende. Som nevnt tidligere er feil i vern en typisk sekundærfeil. Dette er ofte feil med feilkarakter uønsket funksjon eller uteblitt funksjon, som blir avdekket når det skjer en feil i nettet.



**Figur 5-9 Fordeling av totalt antall sekundærfeil på anleggsdel med feil i perioden 2008 – 2010. (Inkluderer også driftsforstyrrelser med flere sekundærfeil.)**

Figuren viser at feil i transformator også er en ofte forekommende sekundærfeil i denne perioden, samt feil der anleggsdelen ikke er identifisert.

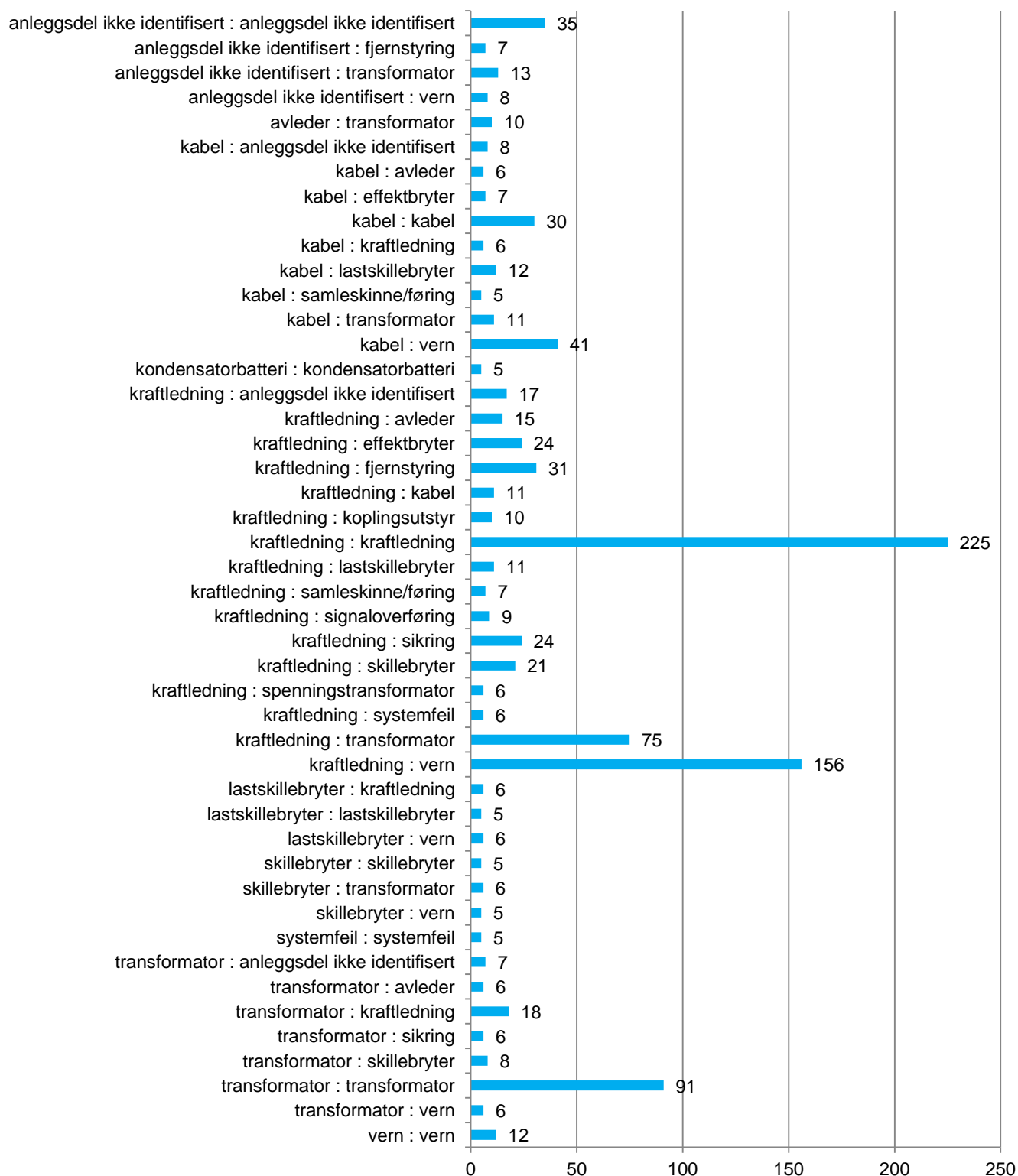
Figur 5-10 viser fordelingen av sekundærfeil på anleggsdel med feil og på spenningsnivå for perioden 2008 - 2010.



**Figur 5-10 Fordeling av totalt antall sekundærfeil fordelt på anleggsdel med feil og på spenningsnivå, for perioden 2008 – 2010.**

Figuren viser at kraftledning er den anleggsdelen med flest sekundærfeil på spenningsnivå 1 - 22 kV, mens det også er en del feil i transformator og vern. For spenningsnivå 33 - 110 kV er de mest forekommende sekundærfeilene i kraftledning og vern. Vern er den anleggsdelen med flest sekundærfeil på spenningsnivå 132 - 420 kV.

Figur 5-11 viser fordeling av anleggsdel med feil på kombinasjoner av primær- og sekundærfeil. Figuren inkluderer også primærfeil med flere sekundærfeil. Den anleggsdelen primærfeilen er knyttet til står foran kolon, mens anleggsdelen der sekundærfeilen er knyttet til står bak kolon. Figuren viser at feil på kraftledninger ofte opptrer samtidig. Primærfeil i kraftledning og sekundærfeil i vern er den nest vanligste kombinasjonen av feil, som nevnt tidligere. Det er også en del forekomster der både primær- og sekundærfeil er i transformatorer.



**Figur 5-11 Fordeling av totalt antall feil i perioden 2008 - 2010 i kombinasjoner av anleggsdeler med primær- og sekundærfeil, der anleggsdelen med primærfeilen står foran kolon.**  
**(Opptellinger er vist for kombinasjoner som forekommer f.o.m. 5 ganger.)**

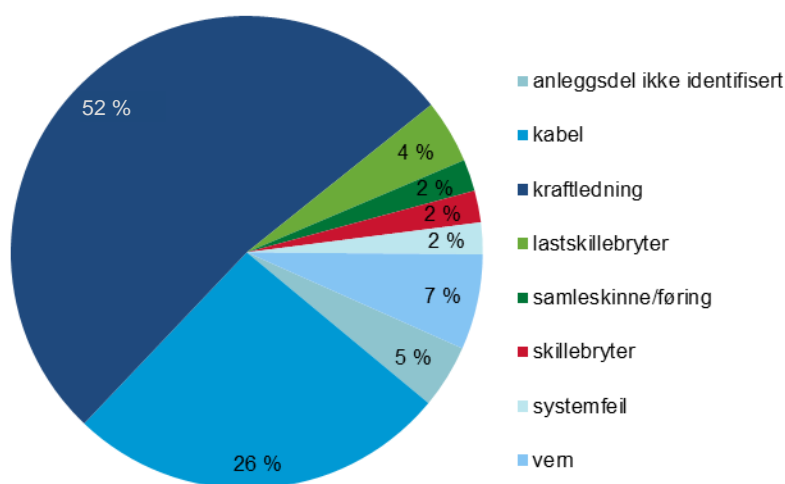
Med utgangspunkt i data for 2010, er det sett noe mer detaljert på feil på vern. 2010 er det siste året i den perioden som er analysert mht. driftsforstyrrelser med flere feil. I 2010 var det 9 driftsforstyrrelser der feil i vern var primærfeilen, av totalt 249 driftsforstyrrelser med flere feil. De fleste primærfeilene som er registrert på vern er "uønsket funksjon". Det er noe variasjon i hva som er registrerte årsaker til feilene. "Konstruksjon/montasje", "mennesker" og "teknisk utstyr" er de tre mest forekommende årsakene til primærfeil i vern. Det er mer vanlig at det oppstår sekundærfeil i vern. I 2010 var det 46 driftsforstyrrelser som førte til sekundærfeil i vern. Fordelingen av disse driftsforstyrrelsene referert til spenningsnivået der primærfeilen skjedde er vist i tabellen under.

**Tabell 5-1 Primærfeil fordelt på spenningsnivå når sekundærfeilen skjer i vern, 2010.**

1 - 22 kV	33 - 110 kV	132 - 420 kV
35	2	9

Tabell 5-1 viser at de fleste feilene på vern skjer i distribusjonsnett, men at det også forekommer en del feil i sentralnett. Dette kan også relateres til at de fleste driftsforstyrrelser skjer i distribusjonsnett, og dermed er tallet for primærfeil som medfører sekundærfeil i vern høyt på dette spenningsnivået. Relativt sett er det derfor flere feil på vern på høyere spenningsnivå.

Datagrunnlaget viser også at primærfeilen i hovedsak forekommer i kraftledning eller i kabel, når det er sekundærfeil i vern.



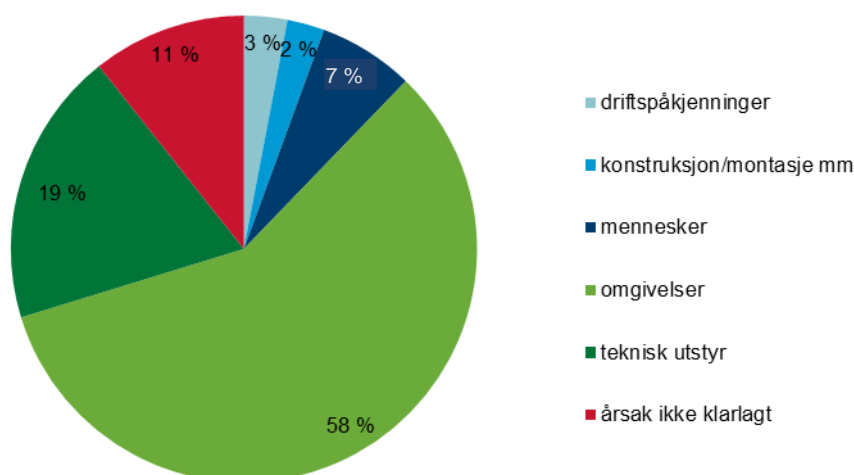
**Figur 5-12 Fordeling av anleggsdel der primærfeilen skjer dersom sekundærfeilen er i vern, 2010.**

Figur 5-12 viser at i 2010 var 52 % av de primærfeilene som medførte at feil i vern ble avdekket var i kraftledninger, 26 % var i kabler mens 7 % var i vern.

Ved driftsforstyrrelser med sekundærfeil i vern er det mest vanlig at både primær- og sekundærfeil skjer på samme systemspenning. I noen tilfeller løser derimot vern ut ukorrekt (uønsket) på høyere spenningsnivå ved feil i lavere spenningsnivå. Slike feil skyldes ofte "feil innstilling/justering" av vernet.

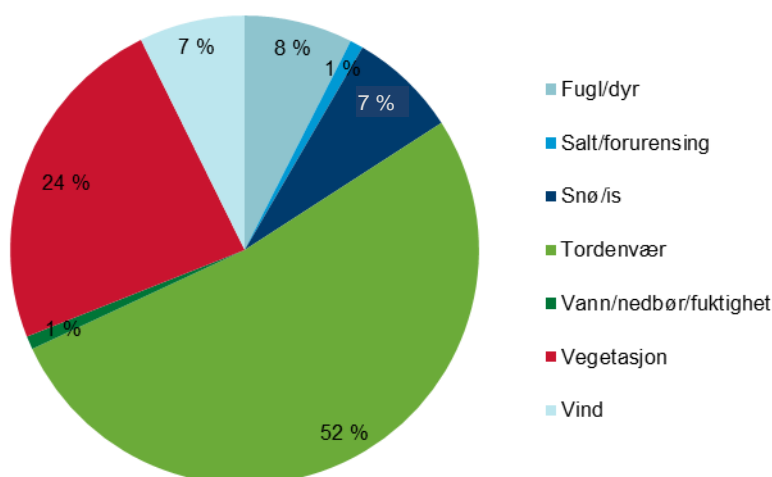
### 5.3 Årsaker til driftsforstyrrelser med flere feil

Ved driftsforstyrrelser med flere feil viser statistikken at den mest vanlige årsaken er "omgivelser", både for primærfeil og sekundærfeil. Figur 5-13 viser at 58 % av driftsforstyrrelser med flere feil har "omgivelser" som årsak. 19 % er på grunn av "driftspåkjenninger", og 11 % av driftsforstyrrelsene med flere feil har ikke klarlagt årsak. Figuren gjelder alle spenningsnivå.



**Figur 5-13 Utløsende årsak til primærfeil for driftsforstyrrelser med flere feil, sum for perioden 2008 - 2010 for alle spenningsnivå.**

Figur 5-14 viser fordelingen av årsaker når "omgivelser" er den utløsende årsak for alle spenningsnivå.

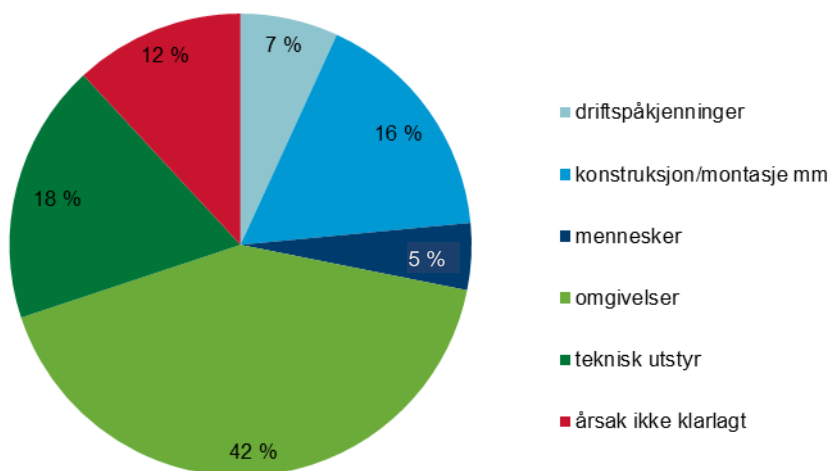


**Figur 5-14 Fordeling av detaljert årsak til primærfeilen når "omgivelser" er den utløsende årsak, sum for perioden 2008 - 2010 for alle spenningsnivå.**



Figuren viser at "tordenvær" er den mest forekommende årsaken, og representerer 52 % av primærfeilene i driftsforstyrrelsene. "Vegetasjon" står for 24 % av primærfeilene, mens "vind" står for 7 %. Det kan være noe usikkerhet rundt registrering av årsaker, grunnet ulik vurdering av kategoriene.

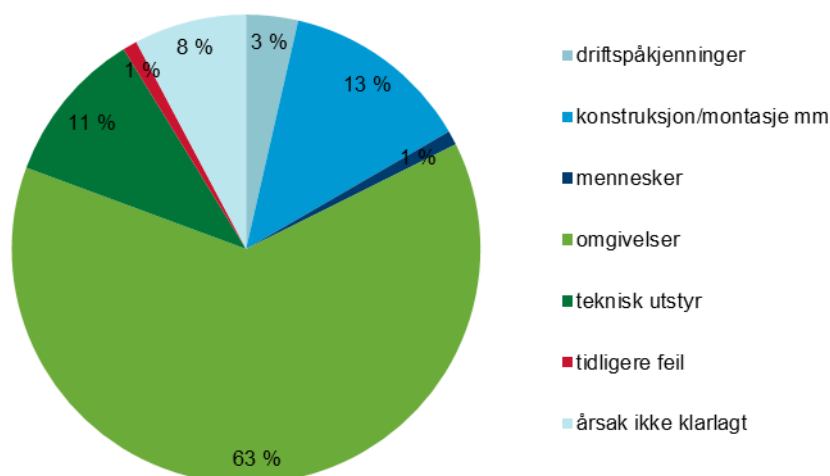
Figur 5-15 viser utløsende årsak for sekundærfeil i driftsforstyrrelser med flere feil for alle spenningsnivå. Også her har "omgivelser" en dominerende rolle, noe som kan relateres til at kraftledninger er den anleggsdelen som oftest inngår i driftsforstyrrelser med flere feil.



**Figur 5-15 Utløsende årsak til sekundærfeil for driftsforstyrrelser med flere feil, sum for perioden 2008 - 2010 for alle spenningsnivå.**

Figuren viser at 42 % av sekundærfeil skyldes "omgivelser". Dette er uavhengig av hva som var årsaken til primærfeilen. 18 % er på grunn av feil på "teknisk utstyr" mens 16 % er på grunn av svikt i "konstruksjon/montasje mm". Den sistnevnte kategorien er en typisk årsak ved feil på vern.

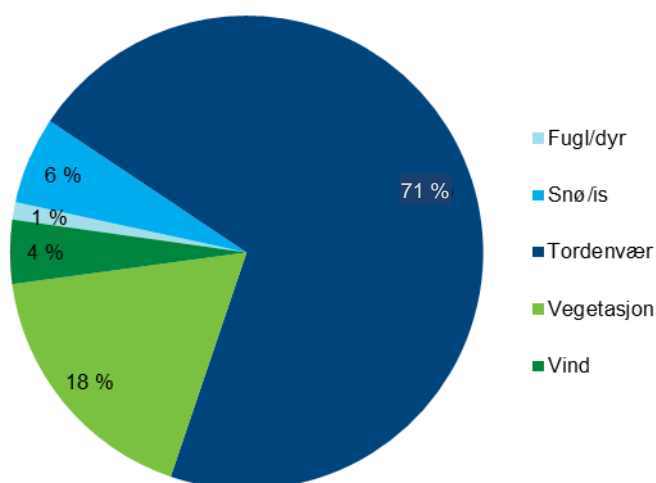
Figur 5-16 viser årsakene til sekundærfeil når "omgivelser" er årsaken til primærfeil for alle spenningsnivå.



**Figur 5-16 Utløsende årsak til sekundærfeil når primærfeilen er på grunn av omgivelser, sum for perioden 2008 - 2010 for alle spenningsnivå**

Figuren viser at når "omgivelser" er årsaken til primærfeilen er det i over 60 % av tilfellene også "omgivelser" som er årsaken til sekundærfeilen (-e). Dette kan relateres til at den vanligste kombinasjonen av feil er der både primær- og sekundærfeil er i kraftledning.. Svikt i "konstruksjon/montasje" og "teknisk utstyr" utgjør henholdsvis 13 % og 11 % av årsakene til sekundærfeilene. Dette kan relateres til at driftsforstyrrelser der primærfeilen er i kraftledning og sekundærfeil er i vern, er en vanlig kombinasjon av feil.

Figur 5-17 viser fordelingen av årsaker til sekundærfeil når både primær- og sekundærfeil har utløsende årsak "omgivelser" for alle spenningsnivå.

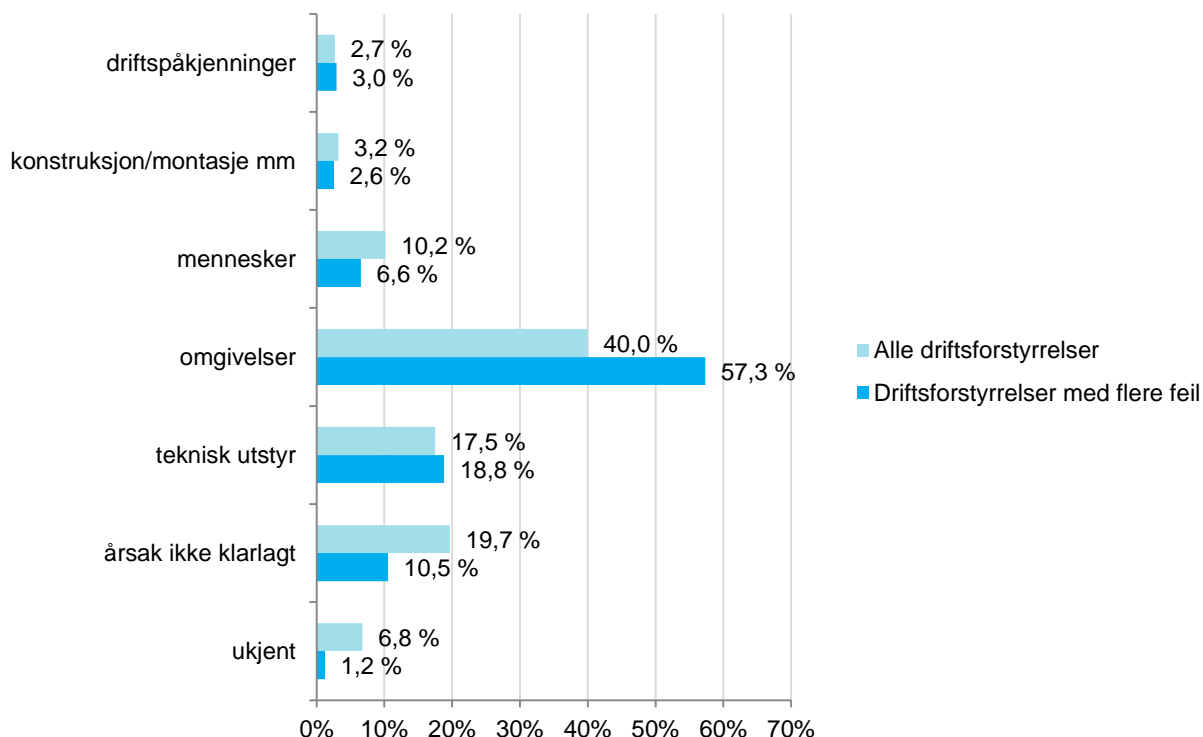


**Figur 5-17 Årsak til sekundærfeil når både primær- og sekundærfeil er på grunn av "omgivelser" i perioden 2008 - 2010 for alle spenningsnivå.**

Figuren viser at over 70 % av sekundærfeil er på grunn av "tordenvær" dersom både primær- og sekundærfeil er på grunn av "omgivelser". Dette er et forventet resultat med tanke på at "tordenvær" kan ramme et stort område, og dermed medføre flere feil. 18 % av sekundærfeilene er på grunn av "vegetasjon".

Sammenlignet med totalt antall driftsforstyrrelser (altså inkludert driftsforstyrrelser med kun én feil) utgjør "tordenvær" en mye større andel i driftsforstyrrelser med flere feil. Se Figur 3-8 og Figur 3-12, der "tordenvær" er årsaken til i underkant av halvparten av alle driftsforstyrrelser. "Vegetasjon" utgjør også en større andel ved driftsforstyrrelser med flere feil. "Vind" utgjør derimot en mindre andel ved driftsforstyrrelser med flere feil med 4 %, mens det utgjør totalt 10 % på spenningsnivå 1 - 22 kV og 18 % på spenningsnivå 33 - 420 kV i denne perioden. På spenningsnivå 1 - 22 kV er også "fugl/dyr" en dominerende årsak og står for 16 % av alle driftsforstyrrelser.

Dersom man ser på årsaken til driftsforstyrrelser med flere feil i sammenheng med driftsforstyrrelser med bare én feil kan man se på hva som er de karakteristiske årsakene. Figur 5-18 viser årsakene til primærfeilen for driftsforstyrrelser med flere feil sammenlignet med alle driftsforstyrrelser for alle spenningsnivå i perioden 2008 - 2010. Figuren viser at "omgivelser" og "teknisk utstyr" er årsak til en større andel driftsforstyrrelser med flere feil. Det er derimot en større andel driftsforstyrrelser der årsaken er "mennesker", "årsak ikke klarlagt" eller er "ukjent" dersom alle driftsforstyrrelser blir tatt i betraktning. Andelen driftsforstyrrelser med årsak "driftspåkjenninger" eller "konstruksjon/montasje m.m." er relativt lik både for driftsforstyrrelser med flere feil og alle driftsforstyrrelser.



**Figur 5-18 Utløsende årsak for driftsforstyrrelser med flere feil, sammenlignet med utløsende årsak for alle driftsforstyrrelser, alle spenningsnivå, 2008 - 2010.**

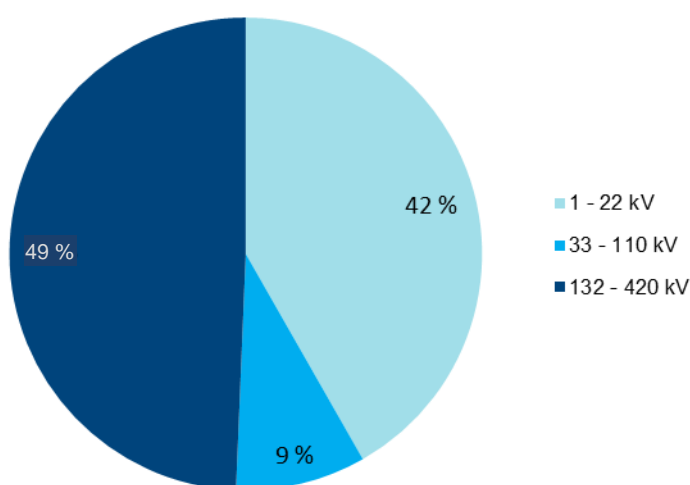
Når "omgivelser" er årsaken til driftsforstyrrelser er det i mange tilfeller snakk om "tordenvær", som vist i Figur 5-14. Tordenvær kan spre seg over store geografiske områder og dermed er det sannsynlig at dette kan medføre flere feil i én driftsforstyrrelse. At årsaken ikke er klarlagt i en større andel av alle driftsforstyrrelser enn i driftsforstyrrelser med flere feil kan henge sammen med det totale antallet driftsforstyrrelser er mye større enn det totale antallet med flere feil. Dette er spesielt gjeldende da statistikken inkluderer alle spenningsnivå.

Dette kapitlet viser at for driftsforstyrrelser med flere feil er "omgivelser" en dominerende årsak. Dersom "omgivelser" er den utløsende årsaken til både primær- og sekundærfeil er det "tordenvær" som er den mest forekommende årsaken. Dette gjelder også dersom alle driftsforstyrrelser blir tatt med, ikke bare driftsforstyrrelser med flere feil, men andelen er ikke like dominerende. Dersom alle driftsforstyrrelser blir medregnet er det en relativt stor andel av driftsforstyrrelsene som har "årsak ikke klarlagt". Dette er hovedsakelig på grunn av driftsforstyrrelser på spenningsnivå 1 - 22 kV. Det er også en større andel menneskerelaterte årsaker ("mennesker" og "konstruksjon/montasje") dersom alle driftsforstyrrelser blir medregnet. Dette er en årsaksgruppe som ofte kan relateres til vern.

## 5.4 Driftsforstyrrelser med flere feil relatert til ikke levert energi (ILE) og KILE

For driftsforstyrrelser med flere feil er det i feilstatistikken registrert at mengden ikke levert energi (ILE) er på grunn av én av feilene i driftsforstyrrelsen, mens i andre tilfeller er mengden ikke levert energi fordelt på flere av feilene som inngår i driftsforstyrrelsen. Det er også verdt å nevne at i datagrunnlaget for ILE kan store enkelthendelser gjøre betydelig utslag på totalverdien for perioden.

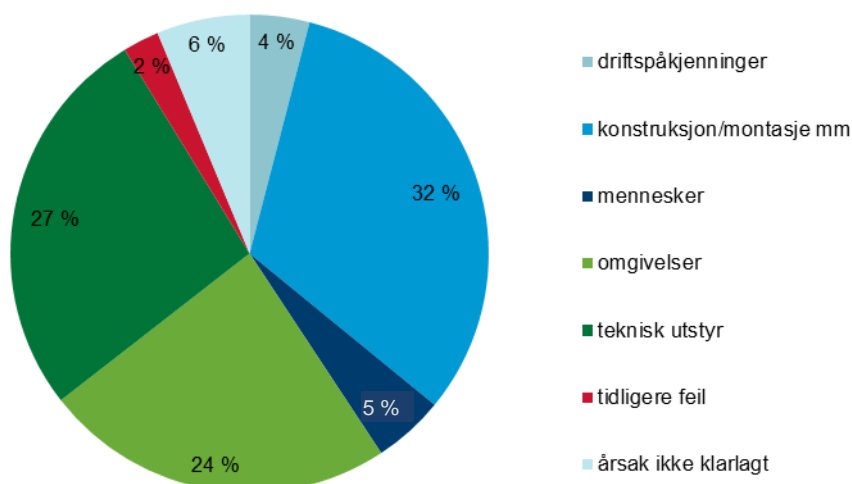
Figur 5-19 viser hvordan ILE er fordelt på spenningsnivå for driftsforstyrrelser med flere feil. Denne figuren viser ILE fordelt på spenningsnivå der feilen som var årsak til ILE oppsto. Figuren er derfor referert til antall feil, og ikke antall driftsforstyrrelser, og det skilles ikke mellom primærfeil og sekundærfeil.



**Figur 5-19 ILE fordelt på spenningsnivå for driftsforstyrrelser med flere feil i perioden 2008 – 2010.**

Feil i sentralnettet har medført nesten 50 % av all ILE pga. driftsforstyrrelser med flere feil i perioden 2008 - 2010. Dette kommer av at feil på dette nettnivået kan påvirke mange sluttbrukere, og flere feil samtidig gir i mange tilfeller omfattende avbrudd. Kun 9 % av ILE er på grunn av feil i regionalnettet mens 42 % skyldes distribusjonsnettet. Distribusjonsnettet står for en relativt stor andel av ILE på grunn av at det er på dette nettnivået det skjer flest feil. Dette kan relateres til Figur 5-3 som viser antall feil på spenningsnivå og at 83 % av driftsforstyrrelser med flere feil skjer på distribusjonsnettnivå, mens kun 11 % på sentralnettnivå.

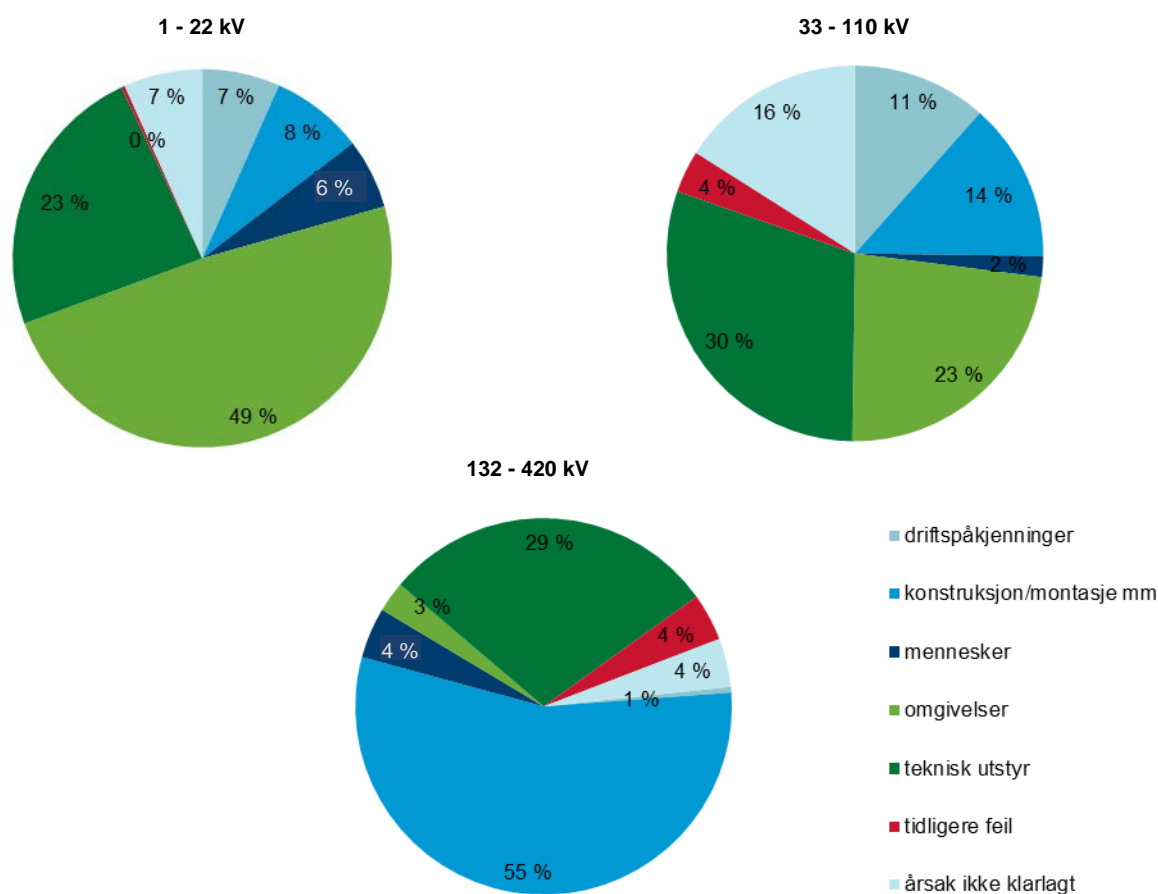
Figur 5-20 viser ILE fordelt på den utløsende årsaken til feilen (-ene) som har forårsaket ILE for alle spenningsnivå.



**Figur 5-20 ILE fordelt på utløsende årsak til feilen som har forårsaket ILE for alle spenningsnivå i perioden 2008 – 2010.**

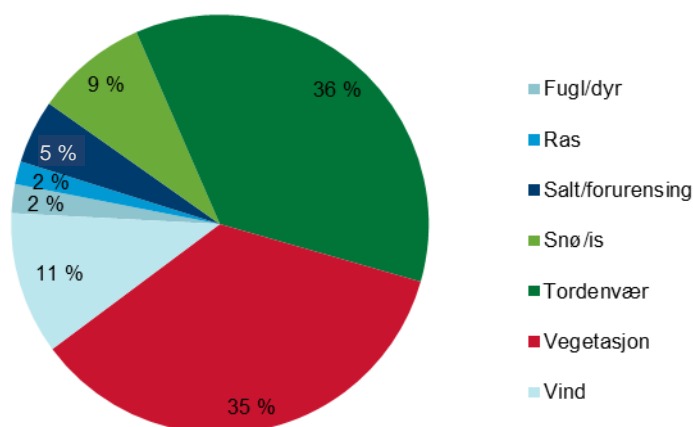
Figuren viser at 32 % av ILE som er registrert for driftsforstyrrelser med flere feil har årsak "konstruksjon/montasje mm", noe som typisk er knyttet til feil på vern. "Teknisk utstyr" og "omgivelser" står for henholdsvis 27 % og 24 % av ILE.

Figur 5-21 viser hvordan ILE fordeler seg på årsaker for de ulike spenningsnivåene. Det er tydelige forskjeller mellom spenningsnivåene. Figuren viser at for distribusjonsnettet kommer nesten 50 % av ILE fra feil på grunn av "omgivelser". På regionalnettnivå kommer 30 % av ILE fra feil på grunn av "teknisk utstyr", mens 23 % på grunn av "omgivelser". For sentralnettet er 55 % av ILE forårsaket av "konstruksjon/montasje mm", mens nesten 30 % er på grunn av feil på grunn av "teknisk utstyr".



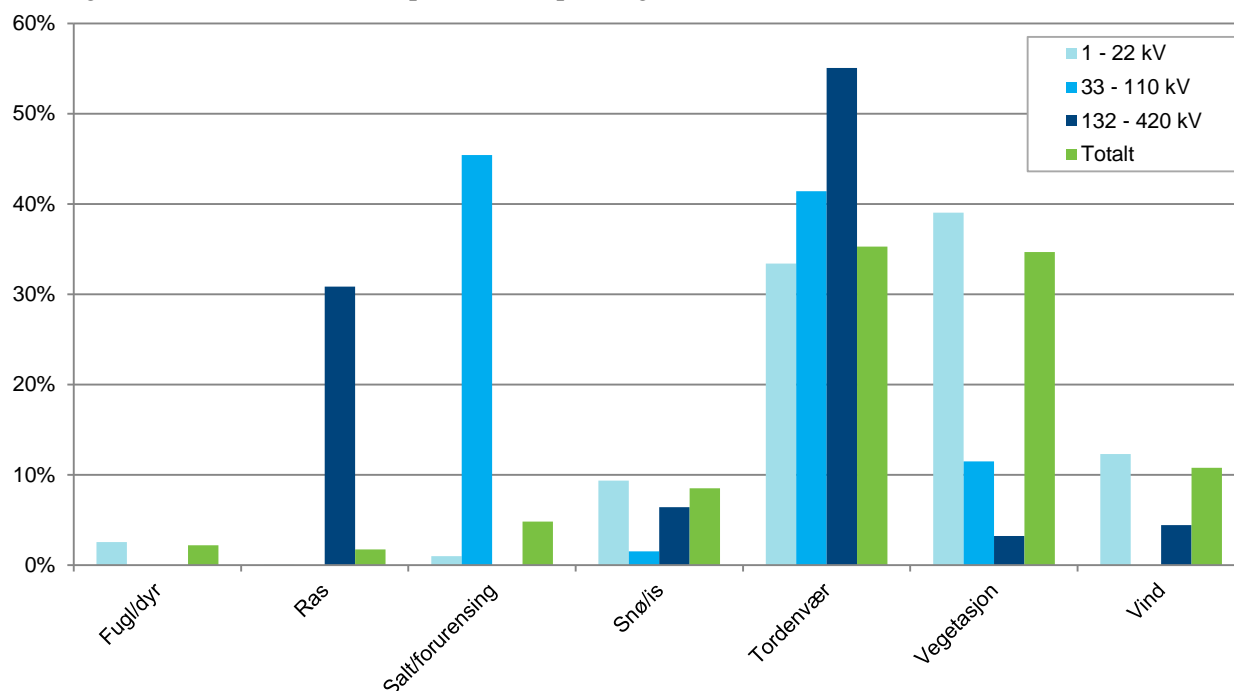
**Figur 5-21 ILE pga driftsforstyrrelser med flere feil fordelt på årsaker for ulike spenningsnivå i perioden 2008 - 2010**

I kategorien "omgivelser" er det flere underkategorier. I Figur 5-22 er fordelingen av ILE på disse underkategoriene vist for alle spenningsnivå. Også denne figuren er fordelt med hensyn på årsaken til de feilene som har konsekvenser i form av ikke levert energi. Det er tydelig at "tordenvær" og "vegetasjon" er de mest dominerende årsakene til ILE med henholdsvis 36 % og 35 %.



**Figur 5-22 Fordeling av ILE i driftsforstyrrelser med flere feil på undergrupper innenfor "omgivelser" for alle spenningsnivå i perioden 2008 - 2010.**

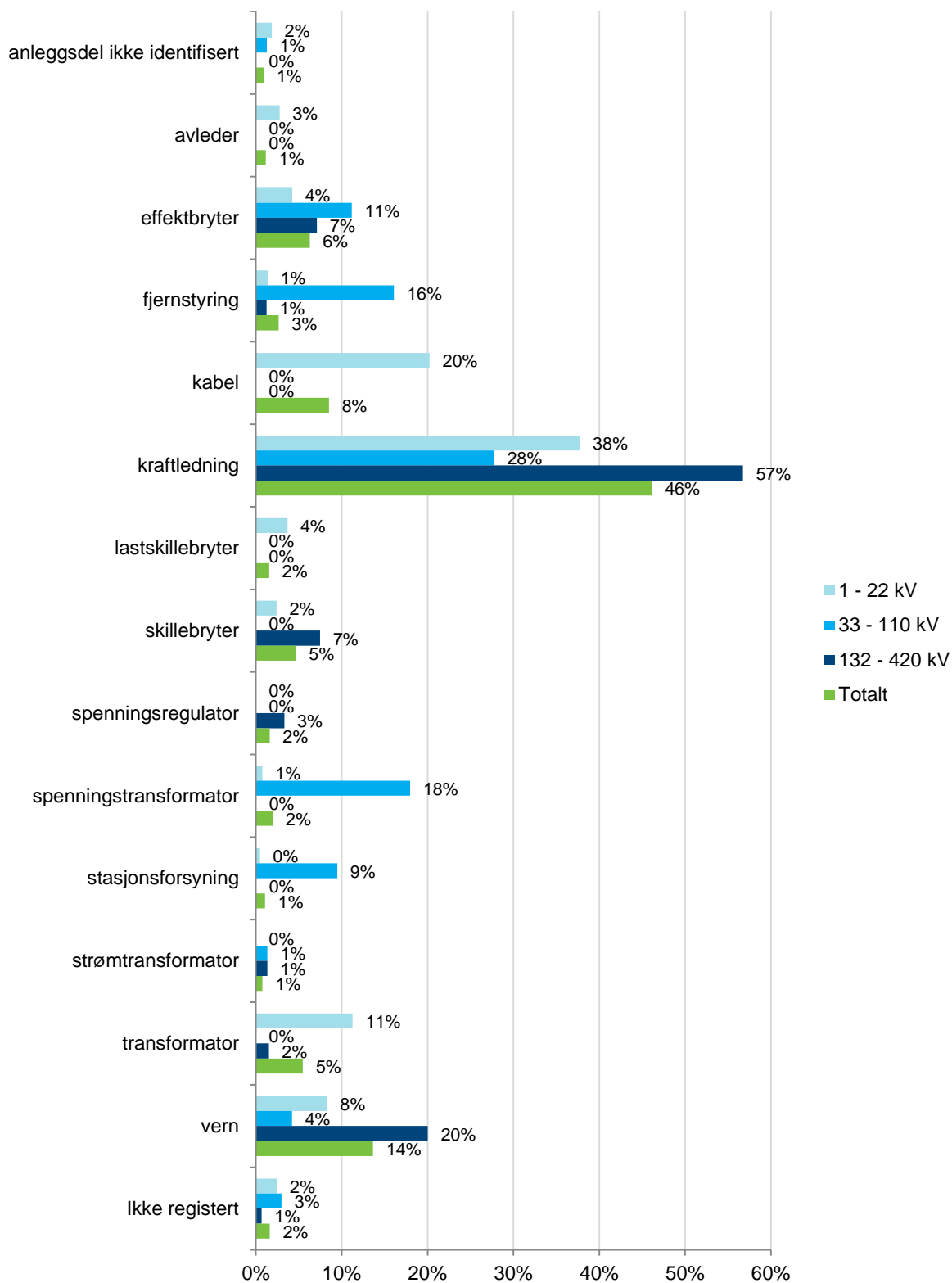
Denne fordelingen kan også deles inn i spenningsnivå. Figur 5-23 viser at det er forskjeller på hvilke underkategorier som er dominerende på de ulike spenningsnivåene.



**Figur 5-23 Fordeling av ILE for driftsforstyrrelser med flere feil på underkategorier innenfor "omgivelser", fordelt på spenningsnivå, i perioden 2008 – 2010.**

"Tordenvær" er en relativt dominerende årsak på alle spenningsnivåene, mens feil på grunn av "ras" som har medført ILE nesten bare har forekommet i sentralnettet, "salt/forurensinger" nesten bare i regionalnettet, mens "vegetasjon" er en dominerende årsak i distribusjonsnettet i perioden 2008 - 2010. I denne figuren kan det være at enkelthendelser gir store utslag mht. ILE i statistikken. Dette gjelder spesielt for de høyeste spenningsnivåene, da det er færre hendelser men med større omfang.

Figur 5-24 viser ILE fordelt på anleggsdel med feil i driftsforstyrrelser med flere feil, som har medført ILE, totalt for hele perioden 2008 - 2010, samt fordelt på spenningsnivå. Figuren viser at det er mest ILE i tilknytning til feil på kraftledninger. Dette gjelder for alle spenningsnivå, men spesielt for sentralnettnivå. På distribusjonsnettnivå bidrar kabel til 20 % av ILE. På det høyeste nettnivået bidrar vern til 20 % av total ILE pga. driftsforstyrrelser med flere feil. På regionalnettnivå medfører feil på spenningstransformator 18 % av ILE. For spenningsnivåene sett under ett medfører ikke feil på spenningstransformator særlig stor ILE. Også fjernstyring utgjør en større del av ILE på regionalnettnivå enn totalt sett.

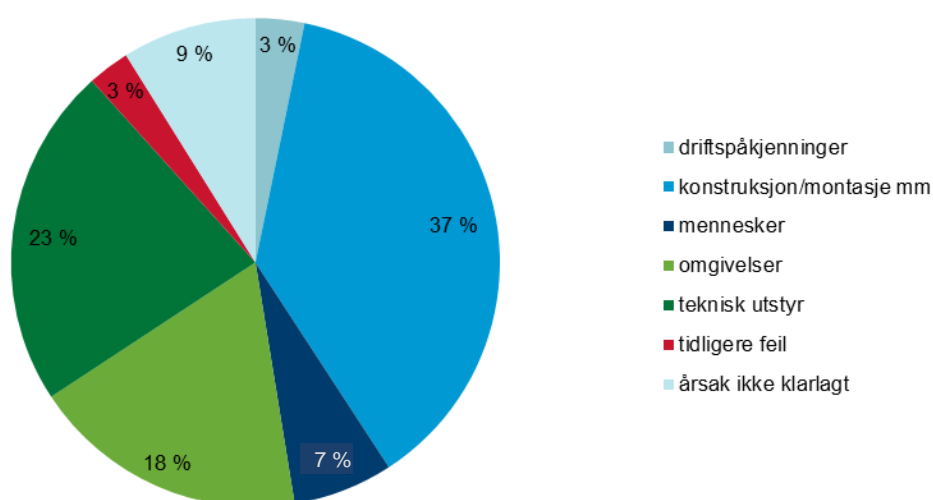


**Figur 5-24 Andel ILE fordelt på anleggsdel med feil i driftsforstyrrelser med flere feil, fordelt på spenningsnivå, for perioden 2008 – 2010.**



For driftsforstyrrelser med flere feil er det i datagrunnlaget registrert at mengden kostnad for ikke levert energi (KILE) er på grunn av én av feilene i driftsforstyrrelsen, mens i andre tilfeller er KILE fordelt på flere av feilene som inngår i driftsforstyrrelsen. Det er også verdt å nevne at store enkelthendelser kan gjøre betydelig utslag på totalverdien for perioden.

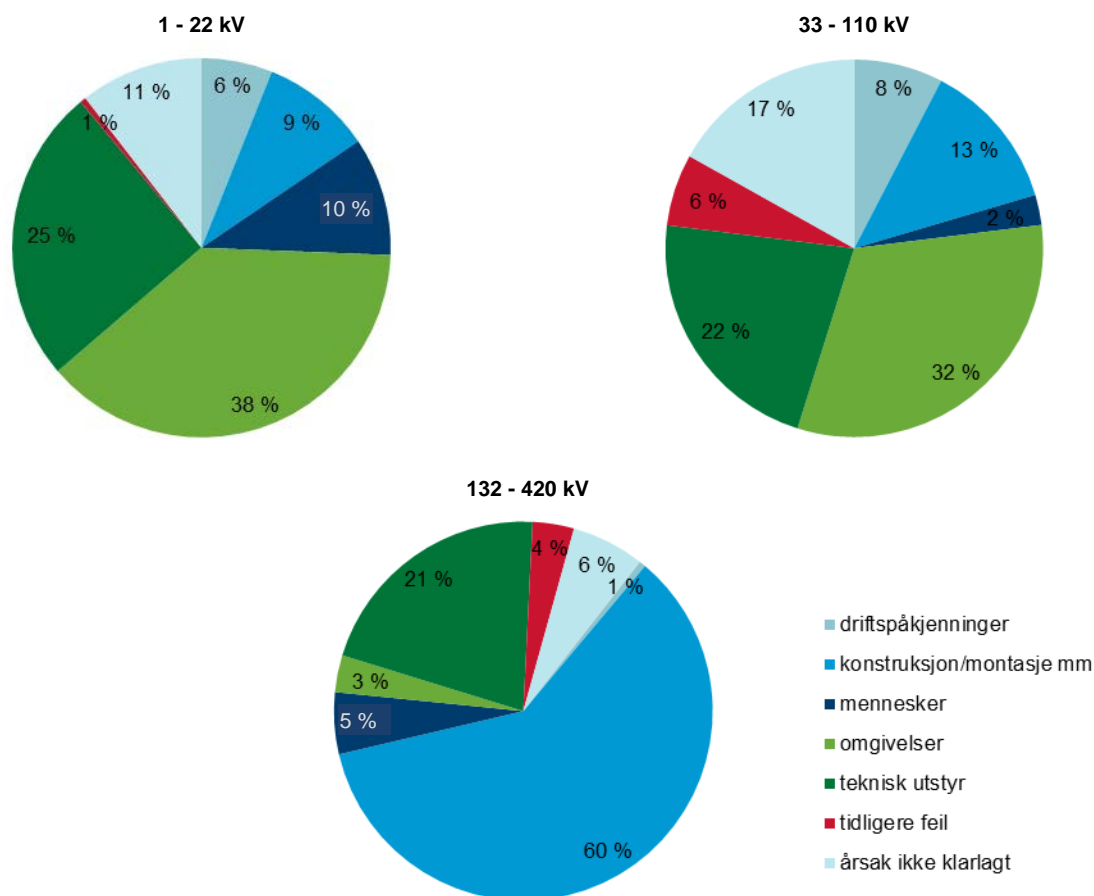
Figur 5-25 viser KILE fordelt på den utløsende årsaken til feilen (-ene) i driftsforstyrrelser med flere feil, som har medført KILE totalt for alle spenningsnivå.



**Figur 5-25 KILE fordelt på utløsende årsak til feilen som har medført KILE i driftsforstyrrelser med flere feil, for alle spenningsnivå i perioden 2008 - 2010.**

Figuren viser at de største bidragene til KILE kommer fra feil med utløsende årsak "konstruksjon/montasje", "teknisk utstyr" og "omgivelser".

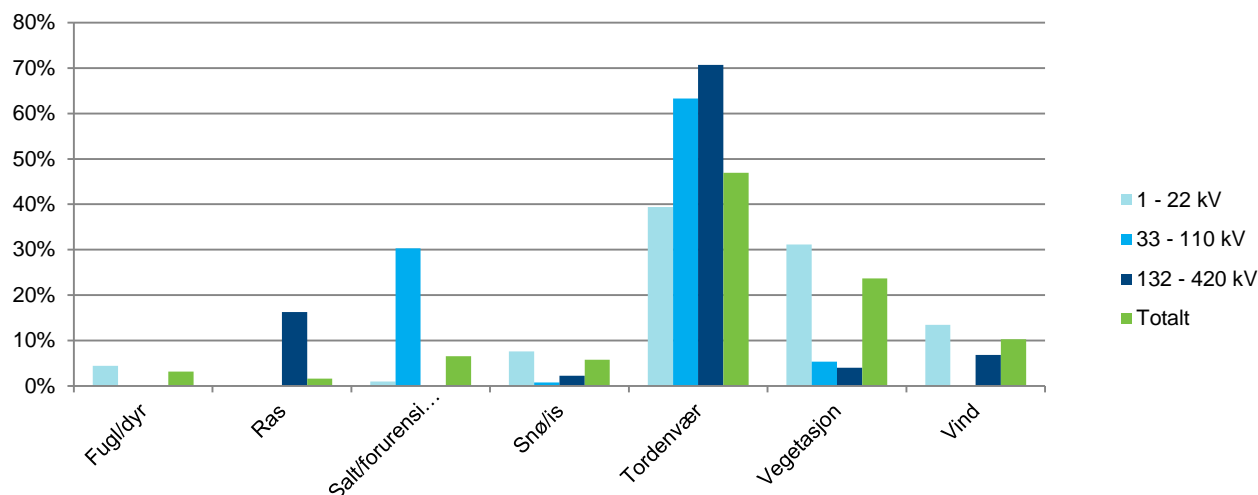
Det er tydelig at fordelingene av ILE og KILE er svært tett knyttet sammen. De feil som medfører størst ILE, er i de fleste tilfeller også de feilene som medfører størst KILE. Det er i noen tilfeller at relativt små mengder ILE likevel kan føre til stor KILE avhengig av hvilke sluttbrukere som er berørt.



**Figur 5-26 KILE fordelt på årsaker for ulike spenningsnivå ved driftsforstyrrelser med flere feil i perioden 2008 - 2010.**

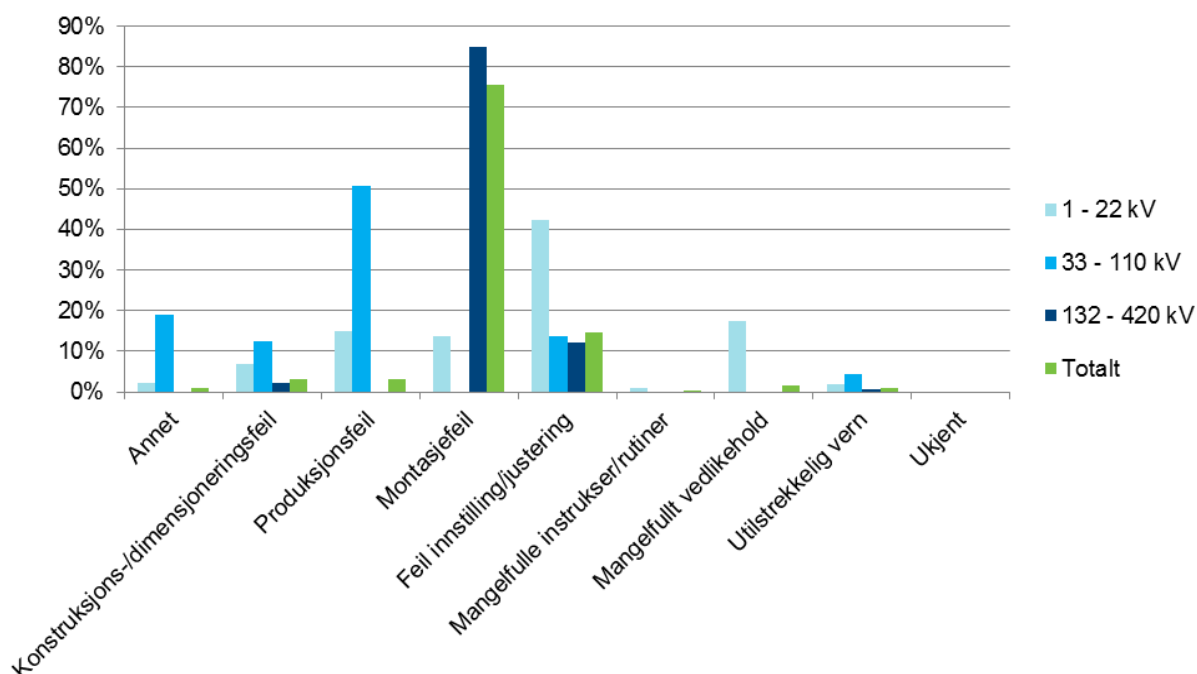
Figur 5-26 viser hvordan fordelingen av KILE på årsaker er for de ulike spenningsnivåene. Det er tydelige forskjeller mellom fordelingen for spenningsnivåene i perioden 2008 - 2010. For distribusjonsnettet (1 - 22 kV) er "omgivelser" og "teknisk utstyr" årsakene til det meste av feil som har medført KILE-konsekvenser. I regionalnettet (33 - 110 kV) er det mye det samme som for distribusjonsnettet, men det er en relativt stor andel av feil med KILE-konsekvenser som har "årsak ikke klarlagt". For sentralnettet (132 - 420 kV) er den største andelen av feil med KILE-konsekvenser på grunn av "konstruksjon /montasje", men også "teknisk utstyr" er årsak til en stor andel av feil.

Figur 5-27 viser fordelingen av feil med KILE-konsekvenser i driftsforstyrrelser med flere feil for underkategoriene under "omgivelser". Figuren viser fordelingen pr spenningsnivå, samt totalt for alle spenningsnivå. Det er tydelig at "tordenvær" er årsaken til størst andel feil med KILE-konsekvenser for alle spenningsnivåene. For distribusjonsnettet er også "vegetasjon" en årsak til KILE, for regionalnettet er "salt/forurensing" en noe fremtredende årsak mens for sentralnettet er "ras" en fremtredende årsak til KILE.



**Figur 5-27 Fordeling av KILE i driftsforstyrrelser med flere feil på underkategoriene innenfor omgivelser fordelt på spenningsnivå i perioden 2008 - 2010.**

Ved å se nærmere på underkategoriene under "konstruksjon/montasje" viser det seg at for distribusjonsnettet er "feil innstilling/justering" og "mangelfullt vedlikehold" de mest vanlige årsakene til feil med KILE-konsekvenser. For regionalnettet er "produksjonsfeil" en ofte forekommende feil, mens for sentralnett er "montasjefeil" det mest forekommende. Se Figur 5-28.



**Figur 5-28 Fordeling av KILE i driftsforstyrrelser med flere feil på underkategorier innenfor "konstruksjon/montasje" fordelt på spenningsnivå i perioden 2008 - 2010.**

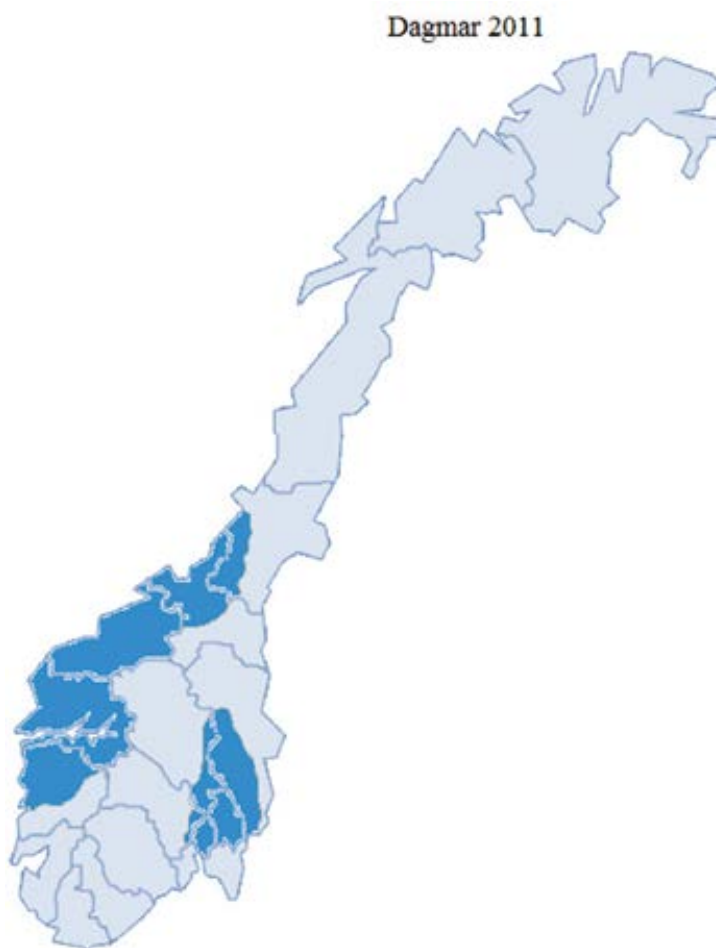
## 6 Feil og avbrudd under ekstremværet Dagmar

### 6.1 Ekstremværet Dagmar og oversikt over konsekvenser

Dagmar er navnet på ekstremværet som rammet store deler av Vestlandet 1. og 2. juledag i 2011. Ekstremværet medførte store skader både på veier, bygninger, kraftnettet og annen infrastruktur. Fylkene Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal ble hardest rammet, med også indre deler av Østlandet opplevde en del skader. I løpet av fem timer (fra kl. 18 til kl. 23) falt fem 420 kV kraftledninger ut i det rammede området på Nord-Vestlandet [3]. Ledningene ble forsøkt gjeninnkoblet flere ganger i løpet av hendelsesforløpet, men forsøkene mislyktes. Noen av ledningene hadde varige feil og kunne ikke kobles inn før det var utført korrigerende vedlikehold, mens andre ble koblet inn i timene utover den påfølgende natten. Det var også en rekke 300 kV og 132 kV ledninger som falt ut under ekstremværet. Underveis i hendelsesforløpet var det 15 kraftledninger i sentralnettet som var ute samtidig og over 14 områder lå i øydrift av kortere eller lengre varighet.

Sterk vind førte til skader på kraftnettet direkte, i form av knekte stolper, sammenslag av faser, kortslutninger på grunn av saltbelegg o.l. Vinden førte også til at trær falt over kraftledninger, og dette var hovedårsaken til feil i nettet og avbrudd for sluttbrukere. Ekstremværet førte til mange langvarige avbrudd, og dermed store konsekvenser for samfunnet. De sluttbrukerne som ble hardest rammet hadde avbrudd i opp mot 10 døgn. Ikke levert energi var totalt 17,3 GWh og KILE beløp seg til 454 mill. kr. I tillegg var det utbetalinger ved svært langvarige avbrudd (USLA) på 110 mill. kr, og reparasjonskostnader på 142 mill. kr [7, 11, 12].

Det ble i forkant av Dagmar sendt ut orkanvarsel i de områder som var antatt å bli hardest rammet. Dette førte til at nettselskapene satte i gang beredskapstiltak. Orkan vil si vindstyrker over 32,7 m/s, men under Dagmar ble det målt vindkast helt oppe i 84,4 m/s (Mehuken i Sogn og Fjordane) [11]. Dette innebærer svært store påkjenninger på kraftnettet. Figur 6-1 viser hvilke områder som var hardest rammet. I dette kapitlet presenteres en oversikt over feil og avbrudd i kraftsystemet under ekstremværet Dagmar.



**Figur 6-1 Hardest rammede områder under Dagmar 2011 merket i mørk blå.**

Det er valgt å se nærmere på ti nettselskaper (som vist i Tabell 6-1) som var av de hardest rammede i landet, og i tillegg er det gjort sammenligninger for disse med statistikk for årene 2006-2011 basert på data fra de samme kildene som er beskrevet i kapittel 2. De ti utvalgte nettselskapene er delt inn i to grupper; "Vest" og "Øst" ut fra geografisk beliggenhet. Analyseperioden for gruppe "Vest" og "Øst" er henholdsvis 25. - 26. desember og 25. -28. desember 2011.

**Tabell 6-1 Nettselskaper som var mest berørt av ekstremværet Dagmar (kilde: NVE).**

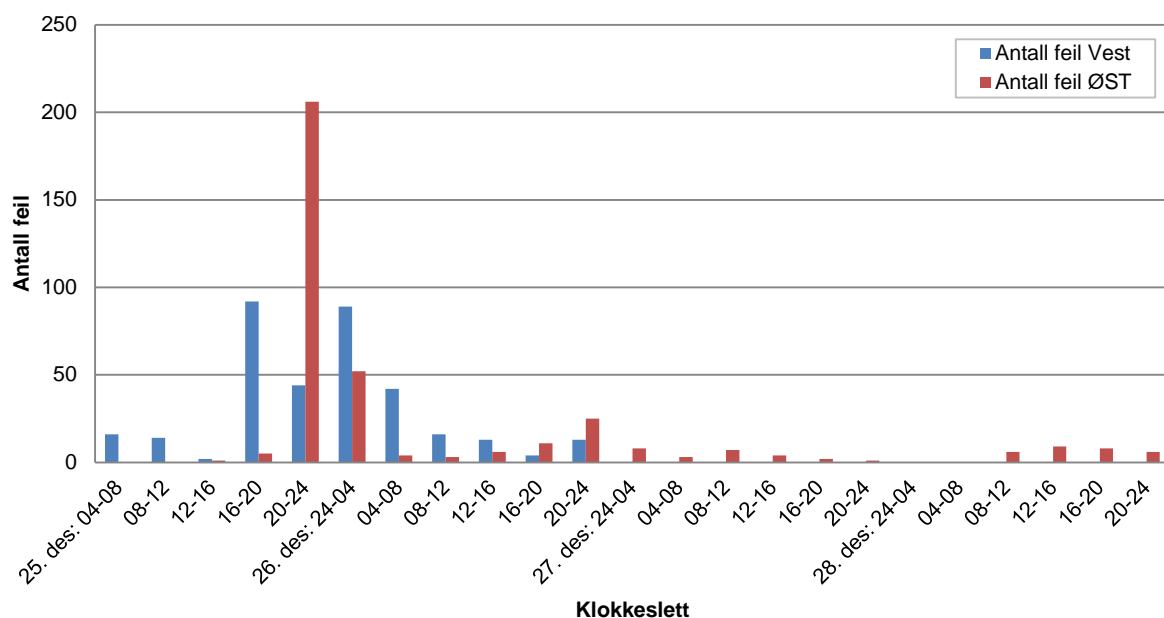
VEST	ØST
BKK Nett AS	Eidsiva Nett AS
Nordvest Nett AS	Hafslund Nett AS
NTE Nett AS	Ringeriks-Kraft Nett AS
SFE Nett AS	
Sognekraft AS	
Tafjord Kraftnett AS	
Tussa Nett AS	

Oppsummert viser analysene av feil og avbrudd under ekstremværet Dagmar følgende [12]:

- ILE var i størrelsesorden 3 ganger høyere i 2011 sammenlignet med foregående 5-årsperiode, noe høyere (relativt) i Vest enn i Øst (mot ca. 2,6 på landsbasis).
- 94 - 99 % av ILE under Dagmar skyldtes "omgivelser"; spesielt "vegetasjon" og "vind"
- 90 % av ILE under Dagmar skyldtes feil på kraftledninger
- Større andel varige feil under Dagmar (alle spenningsnivå) mot forbigående ellers
- Lengre avbruddsvarighet i Vest enn i Øst (både i gjennomsnitt og for lengste varighet)
- Stor spredning mellom de berørte nettselskapene.

## 6.2 Antall feil og avbruddsvarighet

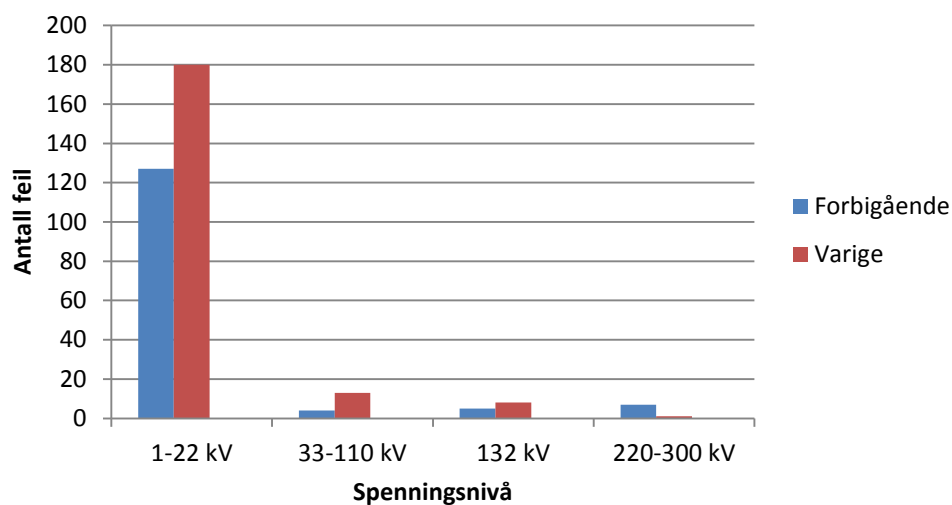
Figur 6-2 viser forløpet av antall feil i de to områdene time for time i tidsrommet 25. - 28. desember 2011.



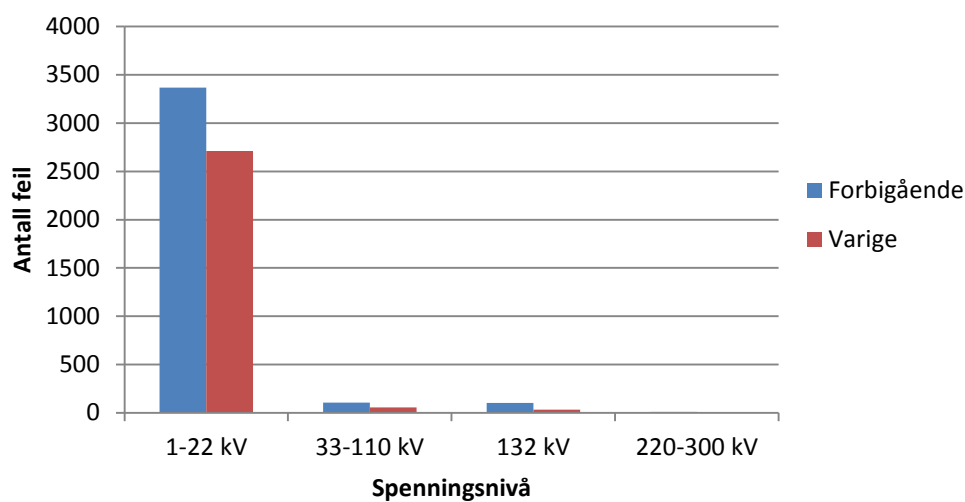
**Figur 6-2 Antall feil (sum for alle spenningsnivå) for gruppe Vest og Øst.**

Ekstremværet Dagmar slo for fullt til 25. desember i 18-19 tiden i Vest, og ved 22-24 tiden i Øst. Videre kan det nevnes at det ble registrert en del feil i perioden 27-28. desember i Øst, mens antall feil var betydelig lavere i Vest. Det er derfor kun feilene som er observert i Øst som er representert i figuren for 27. og 28. des.

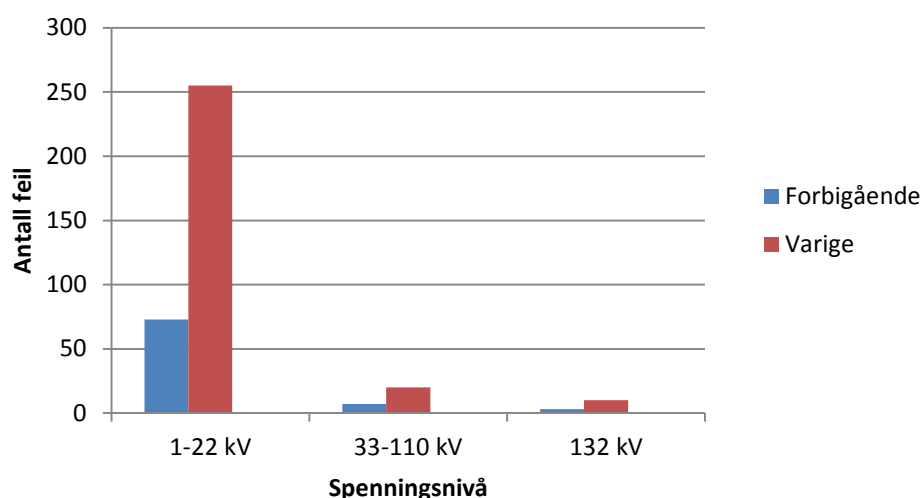
Antall feil under Dagmar er også inndelt på spenningsnivå, fordelt på forbigående feil og varige feil, vist i Figur 6-3 og Figur 6-4, og for årene 2008-2011 (unntatt Dagmar) i Figur 6-5 og Figur 6-6, for henholdsvis gruppe Vest og Øst. Den store andelen av feil var i begge tilfellene på spenningsnivå 1-22 kV, men det var relativt sett flere feil på de høyere spenningsnivåene under denne hendelsen enn det som har vært vanlig i perioden 2008 - 2011 (unntatt desember). Det var flest varige feil under Dagmar, mens det normalt sett har vært flest forbigående feil i begge områdene. Andelen varige feil i Øst under Dagmar var ca. 77 %, og tilsvarende i Vest ca. 59 %.



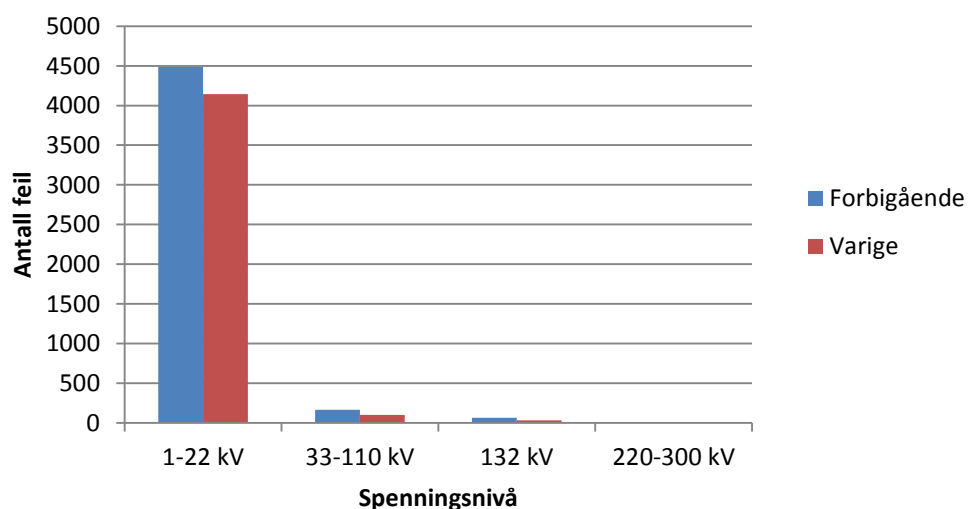
**Figur 6-3** Antall feil under driftsforstyrrelser fordelt på spenningsnivå, under ekstremværet Dagmar, desember 2011, Vest.



**Figur 6-4** Antall feil under driftsforstyrrelser fordelt på spenningsnivå, 2008 - 2011 (unntatt desember 2011), Vest.



**Figur 6-5** Antall feil under driftsforstyrrelser fordelt på spenningsnivå, under ekstremværet Dagmar, desember 2011, Øst.



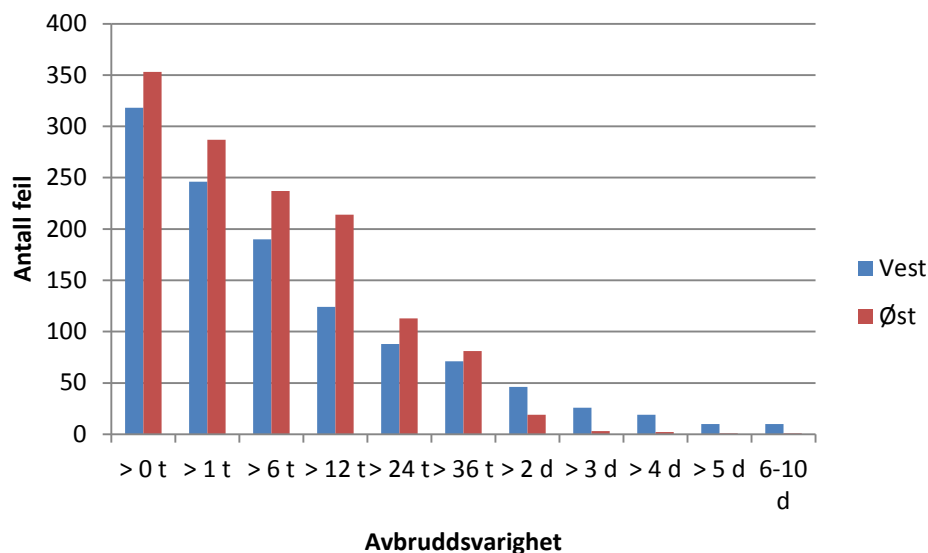
**Figur 6-6** Antall feil under driftsforstyrrelser fordelt på spenningsnivå, 2008 - 2011 (unntatt desember 2011), Øst.

Kraftledninger står grovt sett for mer enn 90 % av både antall feil og ILE under ekstremværet Dagmar. Spesielt for gruppe Vest er det også registrert en relativt stor andel (mer enn 20 %) på "anleggsdel ikke identifisert" (som i mange tilfeller vil være kraftledning under en slik hendelse).

Antall feil fordelt på avbruddsvarighet er vist i Figur 6-7. Figuren viser at Øst hadde flest feil totalt (feil med en hvilken som helst angitt varighet), men at Vest hadde flest feil som ga varigheter lenger enn 2 dager. Den gjennomsnittlige avbruddsvarigheten er høyest i Vest, med en gjennomsnittlig varighet på 26,2 timer, og en



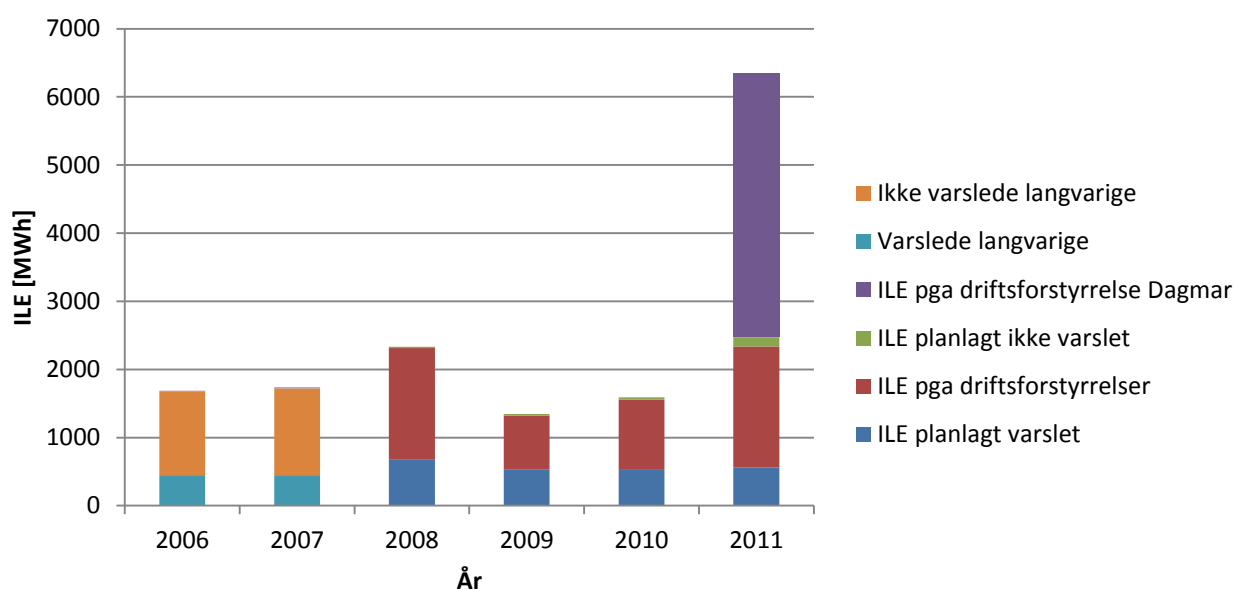
gjennomsnittlig varighet i Øst på 19,7 timer. Lengste observerte varighet er i Vest på 16 dager og 21 timer, mens den lengste varigheten i Øst er på 9 dager og 14 timer.



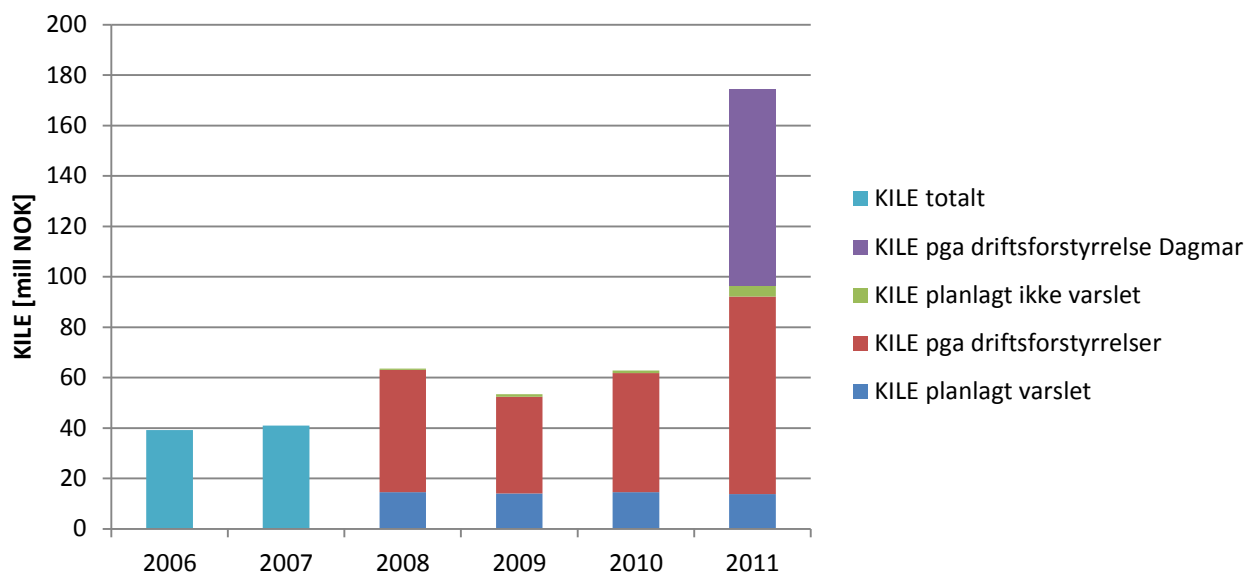
**Figur 6-7** Antall feil fordelt på avbruddsvarighet under Dagmar (2011), henholdsvis i Vest og i Øst.

### 6.3 ILE og KILE

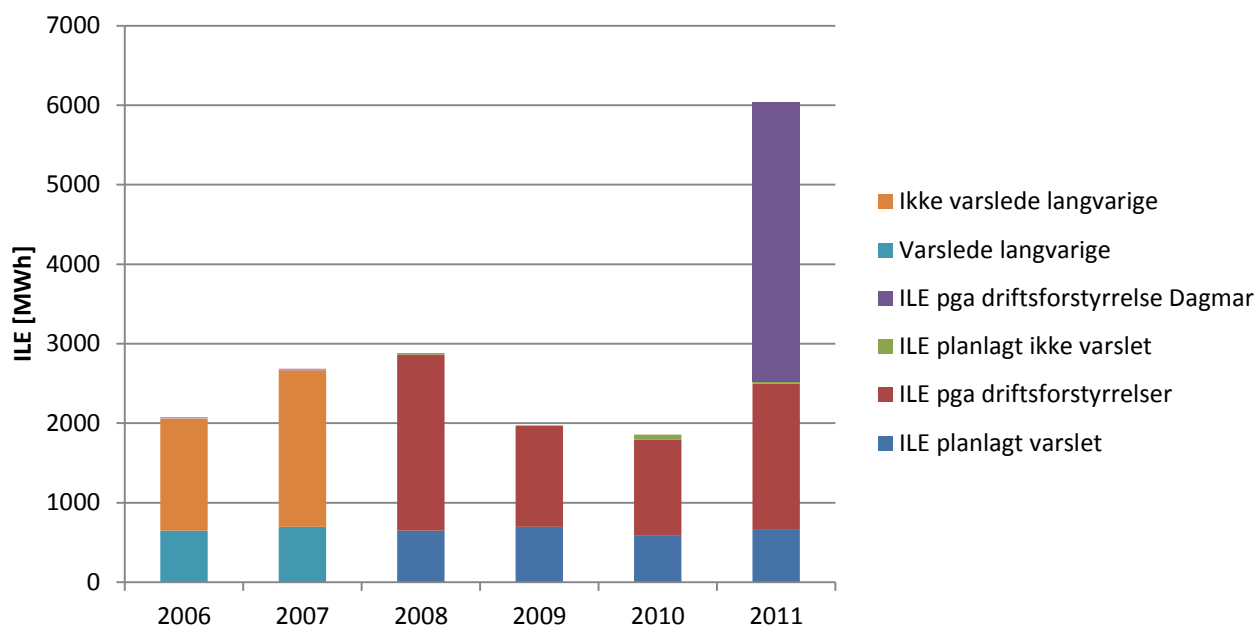
Ikke levert energi (ILE) og KILE er vist i de følgende figurer for gruppe Vest, henholdsvis Øst. Figur 6-8 - Figur 6-11 viser ILE og KILE summert årlig over perioden 2006-2011 for nettselskapene i de to gruppene. For 2011 er Dagmar-hendelsen skilt ut fra de øvrige driftsforstyrrelsene dette året.



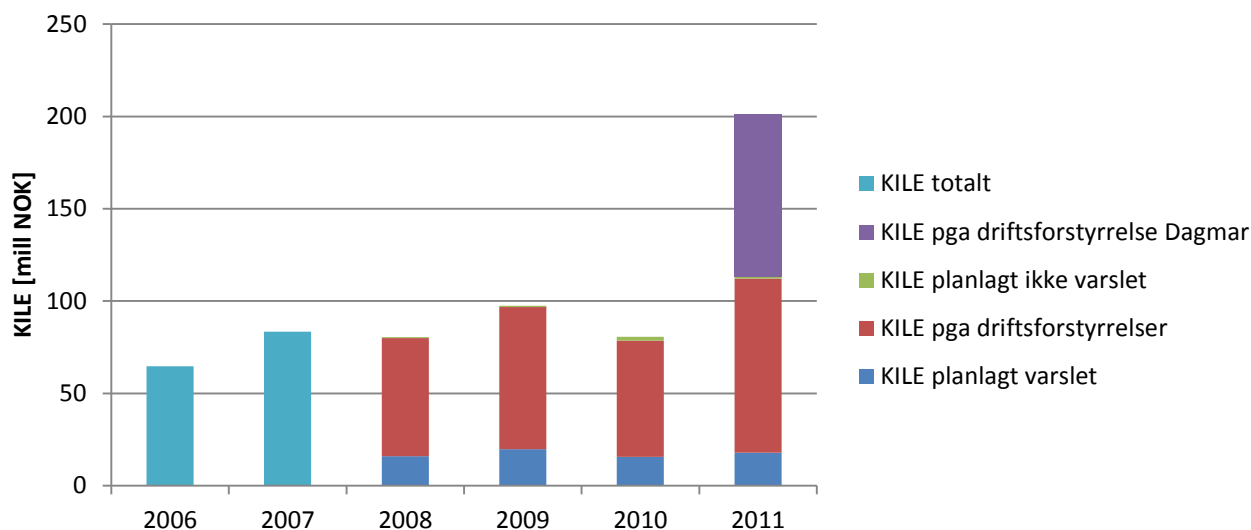
**Figur 6-8** Ikke levert energi for perioden 2006 - 2011, alle spenningsnivå, gruppe Vest.



**Figur 6-9 KILE for perioden 2006 - 2011, alle spenningsnivå, gruppe Vest.**



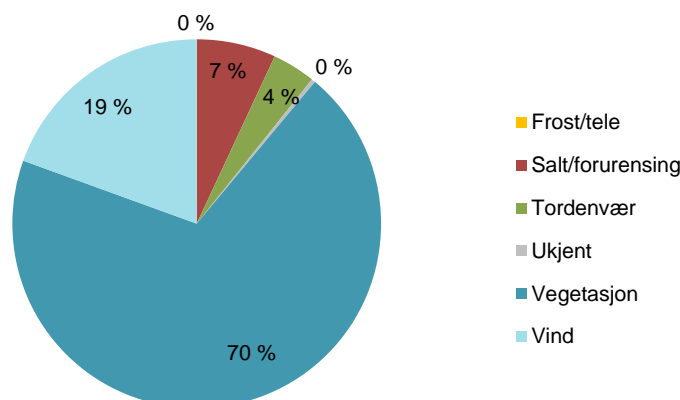
**Figur 6-10 Ikke levert energi for perioden 2006 - 2011, alle spenningsnivå, gruppe Øst.**



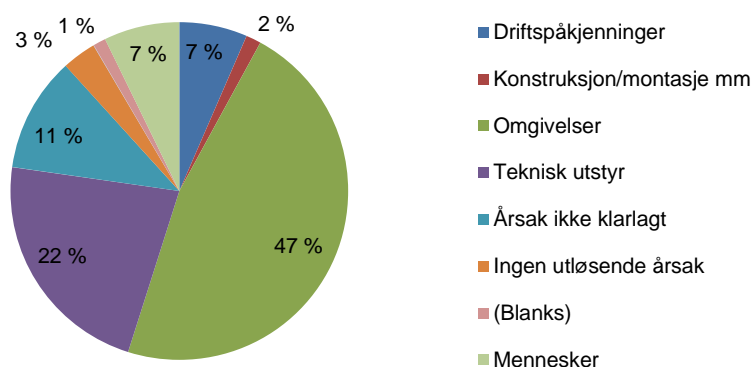
**Figur 6-11 KILE for perioden 2006 - 2011, alle spenningsnivå, gruppe Øst.**

Figurene viser at ILE er i størrelsesorden relativt lik i sum for nettselskapene i henholdsvis gruppe Vest og Øst, mens KILE i sum er noe større i Øst enn i Vest. ILE og KILE på grunn av Dagmar er derimot noe større i Vest enn i Øst. Ser vi bort fra ILE under Dagmar, er ILE for 2011 i samme størrelsesorden som 2008 for begge gruppene. ILE var i størrelsesorden 3 ganger høyere totalt i 2011 sammenlignet med foregående 5-årsperiode, noe høyere (relativt) i Vest enn i Øst (mot ca. 2,6 på landsbasis).

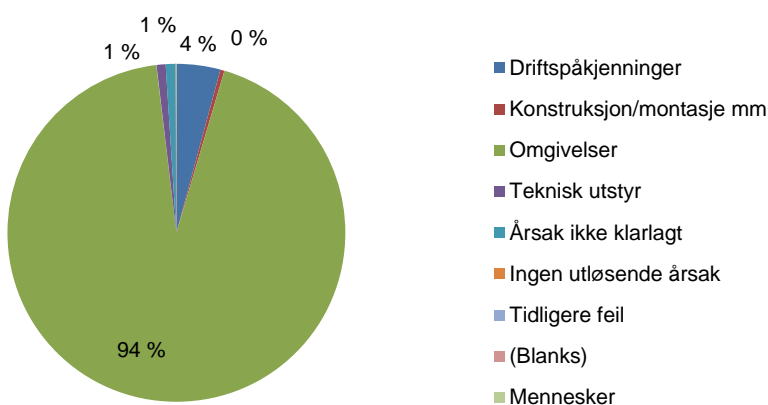
Årsakene til feil under Dagmar er både i Vest og Øst hovedsakelig "omgivelser", med henholdsvis 99 % og 94 % av ILE. Innenfor underkategoriene med "omgivelser" som årsak til feil ses det større forskjeller. I Øst er 99 % av ILE innenfor "omgivelser" på grunn av "vegetasjon". I Vest er det derimot en noe lavere andel på grunn av "vegetasjon", og en større andel som er registrert med "vind" som detaljert årsak. Det er også observert noen feil grunnet "salt/forurensing" og "tordenvær". ILE fordelt på årsak under ekstremværet Dagmar sammenlignet med ILE for perioden 2008 - 2010 (unntatt desember) er vist i følgende figurer for gruppe Vest, henholdsvis Øst.



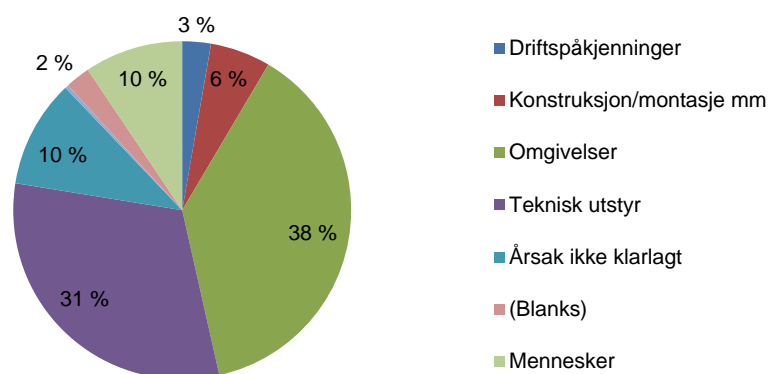
**Figur 6-12 ILE under Dagmar, desember 2011, fordelt på årsak innenfor "omgivelser", gruppe Vest. "Omgivelser" utgjør 99 % av ILE.**



**Figur 6-13 ILE fordelt på utløsende årsak, 2008 – 2011 (unntatt desember), gruppe Vest.**



**Figur 6-14 ILE under Dagmar, desember 2011, fordelt på utløsende årsak, gruppe Øst. "Vegetasjon" utgjør 99 % av ILE innenfor "omgivelser".**



**Figur 6-15 ILE fordelt på utløsende årsak, 2008 – 2011 (unntatt desember), gruppe Øst.**

## **7 Omfattende hendelser i perioden 1992 - 2011**

I dette kapittelet presenteres omfattende hendelser i kraftsystemet for perioden 1992 - 2011. Disse skiller seg ut fra andre hendelser ved at de har mye ikke levert energi, lang varighet eller mye KILE.

Tabellen viser de nyeste hendelsene først (med hovedvekt på hendelser fra og med 2006), og lister opp hendelsene kronologisk bakover i tid.

**Tabell 7-1 Omfattende hendelser i kraftsystemet i perioden 1992 - 2011 (for perioden 1992 - 2005 basert på [1]).**

Tidspunkt	Hendelse	Områder	Konsekvenser	Feiltyper	ILE	Avbrudds-kostnad/ KILE	Snitt varighet	Lengste varighet	Kommentar
25.-26. desember 2011 i Vest-Norge 25. - 28. desember i Øst-Norge	Ekstremværet Dagmar	Nord-Vestlandet og Østlandet	Kraftig vind (orkan) førte til utfall av et stort antall viktige sentralnettsledninger. Omfattende skader på kraftledninger, mest i distribusjonsnettet. 76 nettselskaper og 570 000 sluttbrukere berørt. Reparasjonskostnader: 142 mill. kr	Kombinasjon av sterk vind og trefall over kraftledninger. Fasesammenslag. Kortslutninger pga. salt/forurensning.	17,3 GWh	454 mill kr. I tillegg, utbetaling ved svært langvarige avbrudd: 110 mill kr.	15 timer	Opp til 10 døgn	Utfall av et stort antall viktige ledninger - blant annet 132kV Fardal-Høyanger, 132kV Haugen-Sykkylven, 420kV Viklandet-Ørskog og 420kV Viklandet-Fræna. 15 linjer i sentralnettet ute samtidig og over 14 øydrifter av kortere eller lengre varighet (Kilde Statnett)
25. - 26. januar 2011	Minne / Frogner transformatorstasjoner	Store deler av Akershus berørt (Romerike)	Samtidig utfall av tre hoved-transformatorer i hhv. Minne og Frogner. Påfølgende dag behov for manuell utkobling av forbruk (MUF) fordi gjenværende transformator ikke hadde tilstrekkelig kapasitet til å levere den høye lasten på dagtid. 100 000 sluttbrukere berørt	Jordslutning pga graveskade på 66 kV kabel. Totalhavari av transformator. Skader på 66 kV kabel-endeavslutning	514 MWh	19,7 mill. kr	Ca 2 timer	Sonevis utkobling, rullerende, over mange timer	Kilde: Statnett, bl. a. årsstatistikk over driftsforstyrrelser 33 - 420 kV 2011
16. desember 2010	Omlegging av drift	Hasle	Uønsket utløsning for differensialvern pga feil omsetningsforhold på strømtransformator	Uønsket vernfunksjon	81,6 MWh	4,71 mill kr	18 min	44 min	
31. oktober 2010	Fukt i styreskap	Os	Uønsket utløsning av differensialvern	Uønsket vernfunksjon, sviikt i fjernstyring	58,4 MWh	1,63 mill kr	103 min	Ca 3 timer	
12.juli 2010	Tordenvær	Hasle, Borregaard	Kortslutning pga tordenvær, som medførte havari av spennings-transformator og dermed jordslutning av en fase. I tillegg var det uønsket vernfunksjon i en koblingsstasjon.	Kortslutning, jordslutning, uønsket vernfunksjon	85,6 MWh	2,01 mill kr	1,5 timer	3 timer	Gjenoppretting av drift ble utsatt pga manglende oversikt, og samtidige feil

Tidspunkt	Hendelse	Områder	Konsekvenser	Feiltyper	ILE	Avbrudds-kostnad/ KILE	Snitt varighet	Lengste varighet	Kommentar
19.juni 2010	Trefall over line pga sterk vind	Fåberg, Lunde, Vang, Hunderfossen, Rybakken, Elverum, Moelv	Ca 30 rapporter i FASIT	Jordslutning, havari av spennings-transformator, samleskinne-kortslutning,	200 MWh	8 mill kr	54 min	Ca 6 timer	
04. juni 2010	Fasebrudd i fjordspenn	Lofoten	Avbrudd for 45 MW last i Lofoten	Fasebrudd, jordfeil, feil på spennings-transformator	264,5 MWh	8,91 mill kr	1,5 timer	6,5 timer	
29.desember 2009	Fasebrudd som følge av høy last	Lofoten	Avbrudd for Hadsel og Lofoten, over 30 000 mennesker ble berørt.	Fasebrudd, forsinket innkobling av bryter	351,7 MWh	11,5 mill kr	Ca 5 timer	14,3 timer	
12.oktober 2009	Innkobling av nettet mot gjenglemt jordkniv	Drammen	Utkobling av flere aggregat og forsyningsnettet mot Drammen ble spenningsløst	Kortslutning	134 MWh	7,38 mill kr		42 min	
27. mars 2009	Varig kortslutning i koblingsanlegg	Hammerfest	Oljebrann i transformator medfører at hele Hammerfest mørklegges	Kortslutning	360 MWh	7,77 mill kr	Ca 5 timer	30 timer	
16.mars 2009	Våt, saltholdig snø på isolator	Troms	Intermitterende, senere varig jord- og kortslutning	Jord- og kortslutning	100 MWh	1,85 mill kr	2,5 timer	19 timer	
25. desember 2008	Vannlekkasje fra tak som medførte kortslutning i et 22 kV anlegg.	Mosjøen	Utkobling av to 300 MVA transformatorer.	Kortslutning	257,3 MWh	3,5 mill kr (FASIT)	Ca 44 min	47 min	Mosjøen Aluminiumsverk stod for 250 MWh av ILE, mens lokalnettet 7,3 MWh
21. februar 2008	Tordenvær	Nord Vestlandet Svelgen, Aura-Vågåmo (vind og torden) ca samtidig	Totalutfall for lokalnettet i noen områder, høye spenninger og skader på forbruker utstyr. Smelteverk mistet strømforsyning	Kortslutning, trefaset kortslutning med samleskinne-konsekvens som følge av overslag over spennings-transformator	181 MWh		7 min	107 min	Driftssentralen mistet i en periode all telefonforbindelse. Smelteverket stod for 138 MWh av ILE

Tidspunkt	Hendelse	Områder	Konsekvenser	Feiltyper	ILE	Avbrudds-kostnad/ KILE	Snitt varighet	Lengste varighet	Kommentar
24.-26. januar 2008	Ekstremværet Sondre	Sogn og fjordane, Møre og Romsdal	Ca. 140 rapporter fra det berørte området. Redusert forsyning til Ormen Lange	Fasebrudd og uønsket vernfunksjon	Ca 900 MWh	61,2 mill kr (FASIT)		2 døgn	Vanskelig å lokalisere feilstedet som førte til redusert forsyning til Ormen Lange, står for ca 800 MWh. Vanskelig å reparere feilen pga dårlige værforhold.
27.november 2007	Brann i en 11 kV kabel	Oslo S	80 000 togpassasjerer og 25 000 telefon- og internett kunder ble berørt	Jordfeil pga gravearbeid. Brann i 11 kV kabel,	41,5 MWh	4,4 mill kr	7,5 timer	16 timer	
18. oktober 2007	Usymmetri ved tilkobling av last	Sauda, Kårstø, Håvik	Gasskraftverket på Kårstø falt samt totalutfall av last på Håvik og Kårstø.	Usymmetrstrøm over grenseverdi og spenningsfall.	160 MWh	3,6 mill kr	10 min	35 min	
20.august 2007	Overslag til kran under arbeid	Oslo vest, deler av Oslo sentrum, Oslo syd-øst og Oppegård i Follo	108 000 sluttbrukere berørt	Kortslutning ved overslag til kran, uheldig vernfunksjon, misvisende indikering av bryterstilling etter vernutløsning.	142 MWh	7,6 mill kr		50 min	
28.januar 2007	Havari av line pga sterk vind og ising	Steigen	Langvarig avbrudd for nær 2000 sluttbrukere	Fasebrudd, mastehavari, kortslutning/overlast	600 MWh	13 mill kr		6 døgn	
16.januar 2007	Sterk vind	Valdres		Jordslutning, fasebrudd og uønsket vernfunksjon	103 MWh			Ca 3,5 timer	
16. januar 2007	Sterk vind	Seim	Støtteisolator brakk og førte til kortslutning i en fase. Langvarig strømbrudd for sluttbrukere	Kortslutning	72 MWh			Ca 9 timer	
28.oktober 2006	Kortslutning i isolator pga sterk vind med sjødrev	Sandnes	Multiple avbrudd for sluttbrukere (varighet på henholdsvis 9 min, 7 min og 22 min)	Kortslutning, uønsket vernfunksjon, mislykket innkobling mot nett	88 MWh			38 min	ILE og varighet er summen for de tre hendelsene.



Tidspunkt	Hendelse	Områder	Konsekvenser	Feiltyper	ILE	Avbrudds-kostnad/ KILE	Snitt varighet	Lengste varighet	Kommentar
11. mai 2006	Jordslutning pga aldring i en avleder	Meråker Smelteverk	Meråker smelteverk fikk et langvarig avbrudd	jordslutning	150 MWh			5,5 timer	
20.januar 2006	Ekstremværet Narve	Nord Norge	Sentralnettledning Ofoten- Ritsem, samt Kobberelv- Ofoten falt. Skader på sentral-, regional- og distribusjonsnett. Ofoten ble mørklagt.		300 MWh	9 mill kr		1,5 timer	Kilde: "Kraftledninger, værtpåkjenninger og forsyningssikkerhet"- G.Kj m.fl - jan 2008
16.januar 2006	Store snømengder	Agder	Kraftig snøfall, tung og våt snø forårsaket trefall over kraftledningene samt snø/ising av linene. 30 000 sluttbrukere fikk avbrudd.			26 mill kr		5 døgn	Kilde: "Kraftledninger, værtpåkjenninger og forsyningssikkerhet"- G.Kj m.fl - jan 2008
1. august 2005	Kortslutning samle-skinne. Smestad	Utkobling av Sogn, Smestad og Bærum trafostasjoner	Ca 180 000 sluttbrukere (360 000 mennesker)	Fasebrudd, med etterfølgende kortslutning	300 MWh	10 mill kr	Ca 25 min	49 min	Fasebrudd i klemme ved skillebryter 300 kV, støtteisolator falt ned, medførte kortslutning. Forsinket utløsning av samleskinnevern.
12. januar 2005	Ekstremværet Inga	Store deler av Sør-Norge, inn over Vestlandet, men rammet også hardt i Østfold	Ca 445 FASIT-rapporter om feil, avbrudd og reparasjoner. De aller fleste i distribusjonsnett	Innledningsvis mye trefall, etter hvert mange isolatorfeil knyttet til saltbelegg	1165 MWh	23,8 mill kr	307 min	35 timer	Utfallene fortsatte i flere dager. Også utkoblinger for permanent reparasjon er inkludert der disse lar seg identifisere
10. og 11. januar 2005	Ekstremværet Hårek	Inn på Trøndelags- kysten og fortsatte nordover	42 rapporter, kun en av disse i regionalnett	Fasesammen-slag, trefall og saltbelegg, også noe lynskader	93 MWh	3,0 mill kr	312 min	36 timer	
8. januar 2005	Ekstremværet Gudrun	Dro over Sør og Østlandet før den "raste over" Sverige	108 rapporter, 7 av disse i regionalnett	Trefall og fasesammen-slag	142 MWh	3,1 mill kr	206 min	48 timer	

Tidspunkt	Hendelse	Områder	Konsekvenser	Feiltyper	ILE	Avbrudds-kostnad/ KILE	Snitt varighet	Lengste varighet	Kommentar
13. februar 2004	Ledningsbrudd, 300 kV Nesflaten - Sauda	Vestlandet utkoplet, ILE 1200 MW, gj. snitt 0,5 timer	Overlast på og utfall av gjenværende ledning (Bergen, Hordaland og nordlige deler av Rogaland).	Fasebrudd og overlast	1200 MWh	24 mill kr	30 min	2 timer?	Brudd i ledningsskjøt Nesflaten-Sauda. Vern på begge 300 kV ledninger i Saudasnittet løste ut forsinket.
5. og 6. desember 2003	Orkan langs deler av kysten. Stiv kuling i Oslo-området og oppover Østlandet (vindkast 27 m/s)		331 FASIT-rapporter i høyspennings distribusjonsnett (Stipulert utkoplet last 150 MW)	Trær falt over kraftledninger. Mye nedbrutte linjer i distribusjonsnettet (høy- og lavsp).	3.2 GWh	64 mill kr	20 timer	72 timer	140 500 kunder ble strømløse i inntil 6 timer, 104 000 i inntil 12 timer. Etter 18 timer var antallet redusert til 27 500, mens det gikk 72 timer før alle hadde fått tilbake forsyning. (forbehold om enkelte kunder som måtte vente lengre pga lavspenningsfeil). Vinden var sterkere i andre steder av landet men kombinasjonen manglende tele i bakken og snø på trærne ga usædvanlig mye vind og trefall på sentrale deler av Østlandet.
10.-11. juli 2002	Kraftig tordenvær	Østlandet	19 000 rapporteringspunkt berørt av strømbrudd, mange mer enn ett døgn, mens det gikk 3 døgn før alle hadde fått tilbake forsyning. Reparasjonskostnader på mer enn 8 - 10 mill kr. (utkoplet last 134 MW)	Transformator-havarier og sikringsbrudd i distribusjons-nettet.	300 MWh	6 mill kr	13 timer	3 døgn	Sannsynligvis er enda flere berørt, da vellykkede GIK ikke er konsekvent registrert.
7.juni 2002	Overslag til tretopper i varmt vær	Sør-Rogaland	Kortslutning av en fase til jord medførte trefaseutløsning. Deretter sammenbrudd pga uheldig lastfordeling ved innkobling av forbruk, og nytt sammenbrudd da det ble lagt inn for mye last i separatnettet.	Kortslutning fase til jord, uønsket vernfunksjon, sammenbrudd ved uheldig innkobling av last	1544 MWh	53,5 mill kr	4 timer		
23.januar 1994	Orkan	Vestlandet, Bergens-området	Bergen by og kommunene rundt samt oljeraffineriet på Mongstad og aluminiumsverket i Årdal mistet forsyningen	Havari av kraftledning, feil på vern og følgefeil mm.	2,7 GWh	45 - 80 mill. kr [22]			

Tidspunkt	Hendelse	Områder	Konsekvenser	Feiltyper	ILE	Avbrudds-kostnad/ KILE	Snitt varighet	Lengste varighet	Kommentar
Januar - februar 1993	Orkan, snø, is, snøskred	Vestlandet, Midt-Norge og Nord-Norge	Totale kostnader Vestlandet: Skader på nettet 16 mill kr, Landsdel isolert. Ofoten, Troms, Finmark: skader på nettet 5 mill kr, landsdelen isolert	800 utfall: Trefall, fasebrudd, salting, skredskader, fasesammenslag	4,4 GWh	94 mill. kr			Totalt 800 utfall pga orkan, snø, is og forurensning. Snøskred, fasesammenslag, salting Februar: Ofoten, Troms, Finmark, Trøndelag, Helgeland, Salten Kostnader industri (Elkem, Mo): 2 mill kr, ILE alm. forsyning: 645 MWh (13 mill kr) Industri (Karmøy, Kårstø): 5 mill kr, ILE alm. forsyning: 313 MWh (6 mill kr). Industri (Karmøy, Kårstø): 5 mill kr, ILE alm. forsyning: 3,4 GWh (68 mill kr)
1. januar 1992	Orkan rammet kysten. Vindkast > 50 m/s.	Sogn og Fjordane nordover til Helgeland	Skader på kraftnettet representerte en nyverdi på 98,7 mill kr. 2 % av det totale antallet km nett i de berørte områdene var skadet. Skader på veier, bygninger, kraftfors. osv utgjorde totalt ca 1 milliard kr. Omkring 300 000 kunder berørt av strømbrudd: 260 000 av disse i inntil 1 døgn, ca 45 000 i inntil 3 døgn og 2 600 mer enn 3 døgn. Det gikk 5 døgn før alle hadde fått tilbake forsyningen. ILE nesten 15 GWh. Utkoplet last anslås til vel 330 MW i snitt. Gj. snittlig varighet anslås dermed til 45 timer. 53 nettselskap berørt.	Trefall, fasesammen-slag, fasebrudd og mastehavarier.	ca. 15 GWh	100 - 200 mill. kr [22]	ca. 45 timer	5 døgn	

## 8 Referanser

- [1] Kjølle, G. H., Mogstad, O., Samdal, K.:  
Analyser av feil og avbrudd i kraftnettet 1989 - 2005  
Trondheim: SINTEF Energi, desember 2006, TR A6451
- [2] Heggset, J.:  
FASIT Kravspesifikasjon, versjon 2012.  
Trondheim: SINTEF Energi 2011 (TR A7177/Energi Norge publ. nr 343-2012)
- [3] Driftsforstyrrelser og feil i 33 - 420 kV-nettet. Årsstatistikk 1993 - 2011, Oslo: Statnett  
<http://www.statnett.no/no/Kraftsystemet/Systemansvaret-FoS/Feilstatistikk/>
- [4] Definisjoner knyttet til feil og avbrudd i det elektriske kraftsystemet, versjon 2.  
Oslo: Referansegruppe feil og avbrudd 2001. (Kan lastes ned fra [www.fasit.no](http://www.fasit.no))
- [5] FASIT 2006 Feil og avbrudd i høyspennings fordelingsnett tom 22 kV.  
Trondheim: SINTEF Energi AS, Energi Norge, AN 08.12.22,  
(<http://www.statnett.no/Documents/Kraftsystemet/Systemansvaret/Feilstatistikk/%c3%85rsstatistikk%202006.pdf>)
- [6] Avbruddsstatistikk 2003 - 2011, Oslo: NVE  
<http://www.nve.no/no/Energi1/Kraftsystemet/Leveringskvalitet/Avbruddstatistikk/>
- [7] Kjølle, G., Kyte, R. H., Tapper, M., Hänninen, K.:  
Major storms - main causes, consequences and crisis management.  
Proceedings CIRED 2013, Stockholm, 10. - 14. juni 2013
- [8] Grafsrønningen, K.:  
Foredrag: Erfaringer med FASIT-arbeid ifm. Dagmar. Ansvarlig konsesjonær  
FASIT-dagene, Energi Norge, Gardermoen, 28. november 2012
- [9] Saupstad, J. A.:  
Foredrag: Erfaringer med FASIT-arbeid ifm. Dagmar. Systemansvarlig  
FASIT-dagene, Energi Norge, Gardermoen, 28. november 2012
- [10] Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet, FOR 2004-11-30 nr 1557, <http://www.lovdata.no>
- [11] Kjølle, G., Kyte, R. H.:  
Når ekstremværet rammer kraftnettet.  
Energiteknikk nr. nr. 3 - april 2012
- [12] Kjølle, G.:  
Foredrag: Stormen Dagmar julen 2011 - analyser av feil og avbrudd  
FASIT-dagene, Energi Norge, Gardermoen, 28. november 2012

## Vedlegg

### A Eksempler på store driftsforstyrrelser med flere feil 2008 - 2010

I dette vedlegget presenteres driftsforstyrrelser som har hatt store konsekvenser i form av ikke levert energi og KILE for perioden 2008 - 2010. Det er valgt ut noen enkelte hendelser som skiller seg ut på grunn av høye verdier, samt som er relativt utfyllende registrert og dermed at det finnes god informasjon om hendelsene. Det er her presentert de detaljene som er registrert i feilrapporten, som synes interessante til dette formål.

#### 1. Driftsforstyrrelse 420 kV

420 kV ledning førte til en varig kortslutning på grunn av en dempeloope som løsnet under sterk vind. Deretter oppstod en uønsket trefaseutløsning på grunn av at gjeninnkoblingsautomatikken av uklar grunn var avslått.

Antall feil: 2

Systemspenning: 420 kV

Anlegg med feil: Kraftledningsanlegg

Detaljer om feil	Primærfeil	Sekundærfeil
Anleggsdel	kraftledning	vern
Funksjon	hovedledning	
Plassering		gjeninnkoblingsautomatikk
Type	blank	numerisk
Komponent	vibrasjonsdemping	prøvevender
Felles feil	nei	hurtig enfase gjeninnkobling
Feil oppdaget ved	bryterfall	bryterfall
Feilkarakter	varig	forbigående
Feilbeskrivelse	elektrisk feil	andre feil
Feilbeskrivelse detaljert	kortslutning med jordberøring	uteblitt funksjon
Årsak	konstruksjon/montasje mm	konstruksjon/montasje mm
Årsak detalj	montasjefeil	feil innstilling/justering
Bakenforliggende årsak	omgivelser	ingen kjent medvirkende årsak
Bakenforliggende årsak detalj	vind	

Ikke levert energi (ILE): 769 MWh

Kostnad av ikke levert energi (KILE): 57 mill. kr

Avbrutt effekt: 64 MW

## 2. Driftsforstyrrelse 132 kV

Fasebrudd på en 132 kV ledning. På grunn av denne feilen ble flere andre feil oppdaget i en 22/11 kV transformator. Dette var en mekanisk feil på effektbryter på 22 kV siden av transformatoren, lav oljestand i transformatoren og manglende funksjon av effektbryter på 11 kV sida av transformatoren. Disse feilene førte til avbrudd i opp til 14 timer for noen sluttbrukere.

Antall feil: 4

Systemspenning: Primærfeil 132 kV, sekundærfeilene var på lavere spenningsnivå.

Detaljer om feil	Primær	Sekundær 1	Sekundær 2	Sekundær 3
Systemspenning	132 kV	22 kV	22 kV	11 kV
Anlegg med feil	kraftledningsanlegg			
Anleggsdel	kraftledning	effektbryter	transformator	effektbryter
Plassering			i bygning	
Funksjon	hovedledning			
Type	blank		olje (eksp.tank)	oljefattig
Komponent	loop			drivmekanisme
Felles feil	nei			
Feil oppdaget ved	overvåking	annen feil	annen feil	annen feil
Feilkarakter	varig	varig	varig	varig
Feilbeskrivelse	elektrisk feil	mekanisk feil	elektrisk feil	andre feil
Feilbeskrivelse detaljert	fase-/ledningsbrudd uten jordberøring	skadet del	reduert isolasjonsevne	uteblitt funksjon
Årsak	teknisk utstyr	teknisk utstyr	konstruksjon/montasje mm	konstruksjon/montasje mm
Årsak detalj	sprekk/brudd	tilsmussing/urenheter	mangelfullt vedlikehold	mangelfullt vedlikehold
Bakenforliggende årsak	driftspåkjenninger	teknisk utstyr	omgivelser	omgivelser
Bakenforliggende årsak detalj	overbelastning	skadet/defekt del	frost/tele	frost/tele

Ikke levert energi (ILE): 352 MWh

Kostnad av ikke levert energi (KILE): 12 mill. kr

Avbrutt effekt: 74 MW

### 3. Driftsforstyrrelse 132 kV

Et overstrømsvern på 22 kV-siden av en transformator koblet ut på grunn av feil innstilling. Dette er registrert med systemspenning 132 kV, da dette var en 132/66/22 kV transformator. Deretter hadde et distansevern korrekt utkobling på grunn av en uønsket 2-polt utkobling i nettet.

Antall feil: 2

Systemspenning: Primærfeil 132 kV, sekundærfeilene var på høyere spenningsnivå.

Detaljer om feil	Primær	Sekundær
Systemspenning	132 kV	420 kV
Anlegg med feil	transformatoranlegg	samleskinneanlegg
Anleggsdel	vern	effektbryter
Plassering	vernmodul	
Funksjon	overstrøm	
Type	numerisk	
Komponent	måleenhet	
Fellesfeil	utløsning	
Feil oppdaget ved	bryterfall	bryterfall
Feilkarakter	forbigående	forbigående
Feilbeskrivelse	andre feil	andre feil
Feilbeskrivelse detaljert	uønsket funksjon	uønsket funksjon
Årsak	konstruksjon/montasje mm	mennesker, personale
Årsakdetalj	feil innstilling/justering	arbeid/prøving
Bakenforliggende årsak	ingen kjent medvirkende/ bakenforliggende årsak	ingen kjent medvirkende/ bakenforliggende årsak

Ikke levert energi (ILE): 244 MWh  
 Kostnad av ikke levert energi (KILE): 3,9 mill. kr  
 Avbrutt effekt: 220 MW

#### 4. Driftsforstyrrelse 300 kV

Usymmetri ved tilkobling av last.

Antall feil: 3

Systemspenning: 300 kV

Detaljer om feil	Primær	Sekundær 1	Sekundær 2
Anlegg med feil	produksjonsanlegg	kraftledningsanlegg	annet
Anleggsdel	turbinregulator	kraftledning	vern
Plassering			vernmodul
Funksjon		hovedledning	jordstrøm
Type	elektronisk	blank	elektronisk
Komponent	elektronisk regulator	faseline	måleenhet
Fellesfeil		nei	utløsning
Feil oppdaget ved	bryterfall	bryterfall	annen feil
Feilkarakter	forbigående	forbigående	varig
Feilbeskrivelse	andre feil	elektrisk feil	andre feil
Feilbeskrivelse detaljert	uønsket funksjon	redusert ytelse	planmessig funksjon, men feilfunksjon driftsmessig
Årsak	teknisk utstyr	konstruksjon/ montasje mm	konstruksjon/montasje mm
Årsak detalj	annet	konstruksjons-/ dimensjoneringsfeil	feil innstilling/justering
Bakenforliggende årsak	ingen kjent medvirkende/ bakenforliggende årsak	ingen kjent medvirkende/ bakenforliggende årsak	ingen kjent medvirkende/ bakenforliggende årsak

Ikke levert energi (ILE): 161 MWh  
 Kostnad av ikke levert energi (KILE): 3,6 mill. kr  
 Avbrutt effekt: 422 MW



## 5. Driftsforstyrrelse 132 kV

Primærfeilen var et tre som hadde falt ned på en 132 kV line. På grunn av denne feilen falt en reguleringstransformator for lav spenning, noe som igjen medførte at en generator ble frakoblet av frekvensvern. Ved omlegging av drift på grunn av de ovenfor nevnte feilene ble det også oppdaget en feil i fjernstyringen av en annen transformator. Disse feilene medførte avbrudd for sluttbrukere i opptil 45 minutter.

Antall feil: 3

Systemspenning: 132 kV

Detaljer om feil	Primær	Sekundær 1	Sekundær 2
Anlegg med feil	kraftledningsanlegg	transformatoranlegg	transformatoranlegg
Anleggsdel	kraftledning	spenningsregulator	fjernstyring
Funksjon	hovedledning		
Type	blank		
Komponent	faseline		terminal
Fellesfeil	nei	annen automatikk	annen automatikk
Feil oppdaget ved	bryterfall	annen feil	annen feil
Feilkarakter	varig	forbigående	forbigående
Feilbeskrivelse	elektrisk feil	andre feil	andre feil
Feilbeskrivelse detaljert	kortslutning med jordberøring	uønsket funksjon	uteblitt funksjon
Årsak	omgivelser	årsak ikke klarlagt	teknisk utstyr
Årsak detalj	vegetasjon	annet	aldrig
Bakenforliggende årsak	omgivelser	konstruksjon/ montasje mm	ingen kjent medvirkende/ bakenforliggende årsak
Bakenforliggende årsak detalj	vind	feil innstilling/justering	

Ikke levert energi (ILE): 93 MWh  
 Kostnad av ikke levert energi (KILE): 7,1 mill. kr  
 Avbrutt effekt: 78 MW



Teknologi for et bedre samfunn  
[www.sintef.no](http://www.sintef.no)