

# Solstorm og geomagnetiske strømmer

- Hva er solstorm?
- Hvordan påvirker det kraftsystemet?
- Hvilke tiltak gjør vi?

Presentasjon Smartgriddagene 23.januar (NTNU)

Januar 2025 / Lars Erik Strømsnes – NTKV

Statnett

# Statnett

- Statnett er **systemansvarlig** i det norske kraftsystemet.
- Statnett driver omtrent **11 500** km med høyspentlinjer og **2900** km sjø- og landkabler over hele landet. I tillegg til **191** transformatorstasjoner
- Driften av kraftsystemet overvåkes kontinuerlig av landssentralen og to regionsentraler.
- Statnett har også ansvaret for forbindelser til Sverige, Finland, Russland, Danmark, Nederland, Storbritannia og Tyskland.



Sensor / måletra





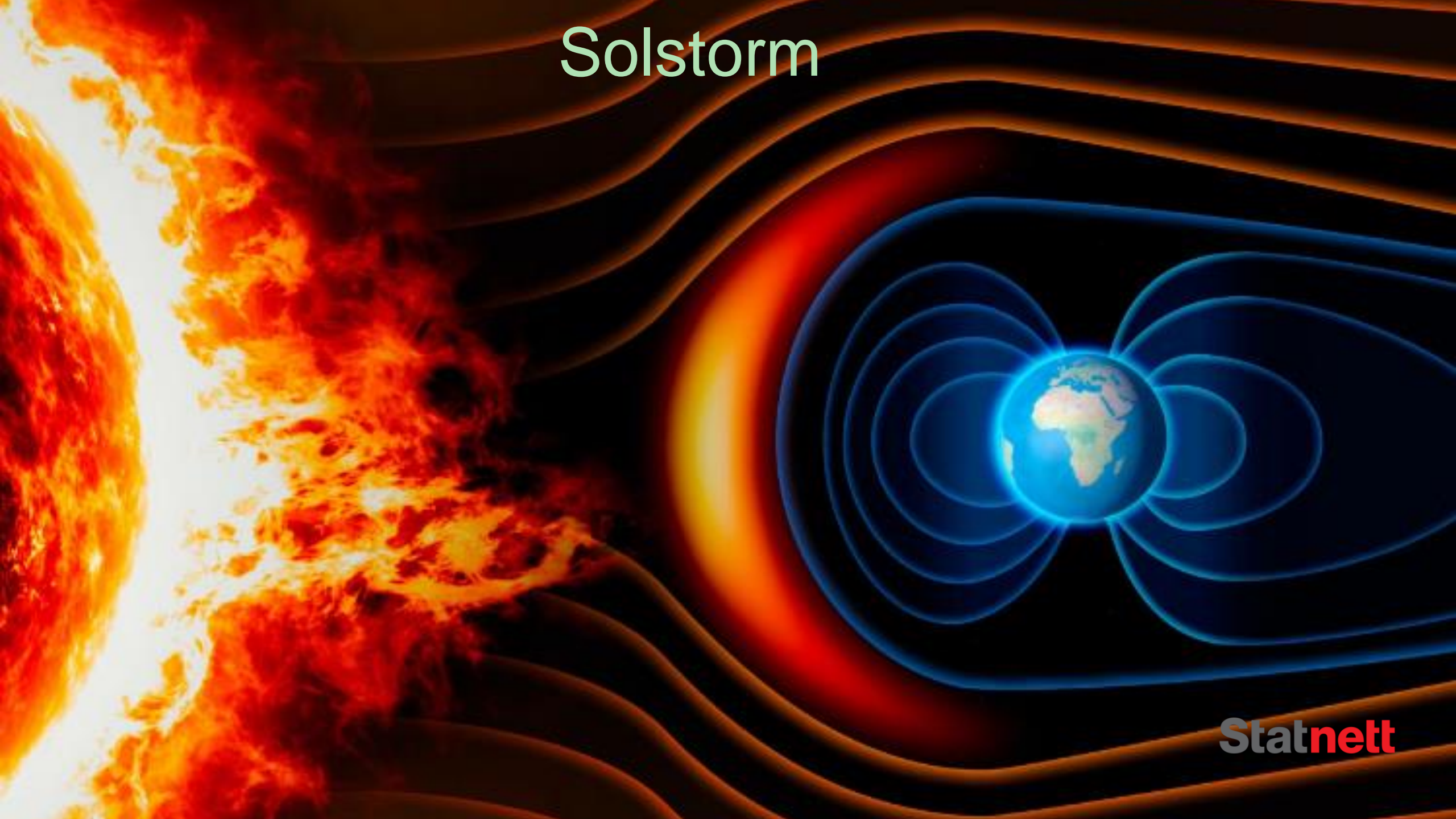
# Ber nettselskaper og kraftselskaper sikre seg mot solstormer

– Alle som er ansvarlige for anlegg i eller tilknyttet transmisjonsnettet bør iverksette tiltak for å håndtere risiko knyttet til geomagnetisk induserte strømmer.



Solstormer kan gi vakre nordlys, men de kan også skape utfordringer for strømmettet hvis ladde partikler og magnetfelt fra sola slynges ut og treffer jorden. Det fører til geomagnetisk industert strøm (GIC), og det kan påvirke anlegg knyttet til transmisjonsnettet. (Foto: Pixabay)

# Solstorm



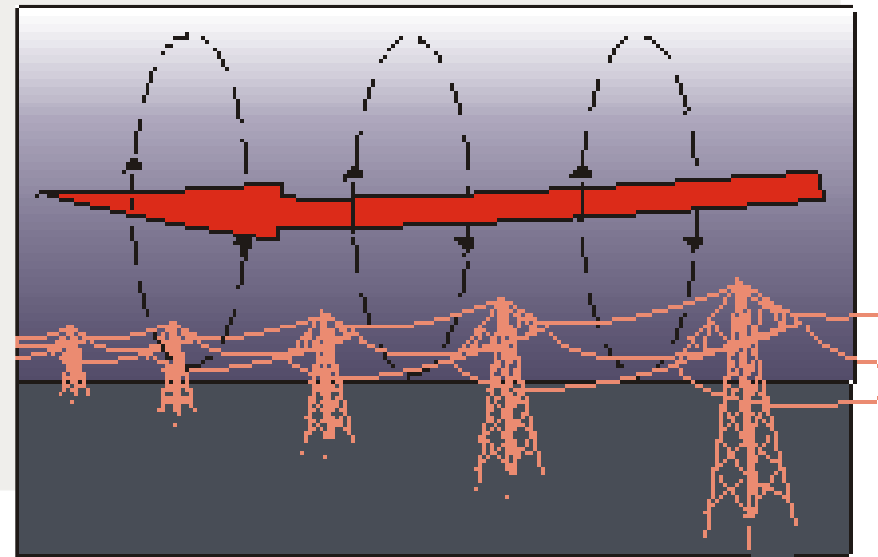


# Solstorm

- Mens tyngdekraften prøver å presse sola sammen, prøver fusjonskreftene å spre sola utover. Elektrisk ladde partikler og tilhørende magnetfelt slynges hele tiden ut fra solen – **koronamasse-utbrudd**
- En solstorm kan sende en jetstrøm av elektrisk ladde partikler mot jorda i svært høy hastighet.
- De ladde partikler kan ankomme jorda mellom 20 timer til noen døgn senere.
- Kraftige solstormer kan føre til betydelig skade på moderne navigasjonssystemer, kraftnett og satellitter.
- Det er viktig at solstormer kan varsles og at eventuelle tiltak settes inn.

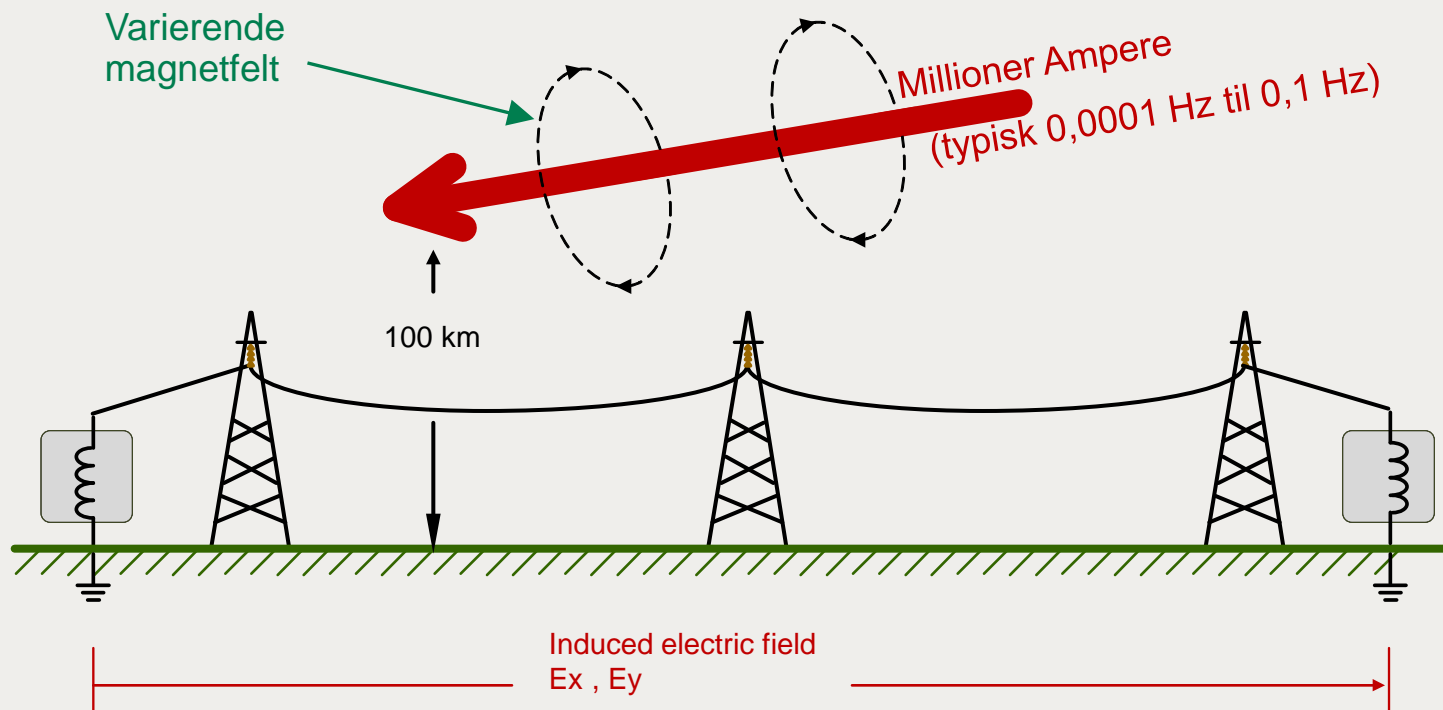
# Fra solstorm til Geomagnetiske strømmer (1)

- Man kan se for seg en elektrisk leder ca. 100 km over bakken.
- Denne **Elektrojet'en** kan ha strømstyrke på **flere millioner Ampere!**
- Intensiteten varierer med lav frekvens, slik at dette kan betraktes som en likestrøm.
- Men strømmene varierer samtidig tilstrekkelig til at magnetfeltet som strømmen setter opp, induserere **et elektrisk felt i jordoverflaten.**
- (Betingelsen for å få dannet et elektrisk felt er at vi har et tidsvarierende magnetfelt!)



## Fra solstorm til Geomagnetiske strømmer (2)

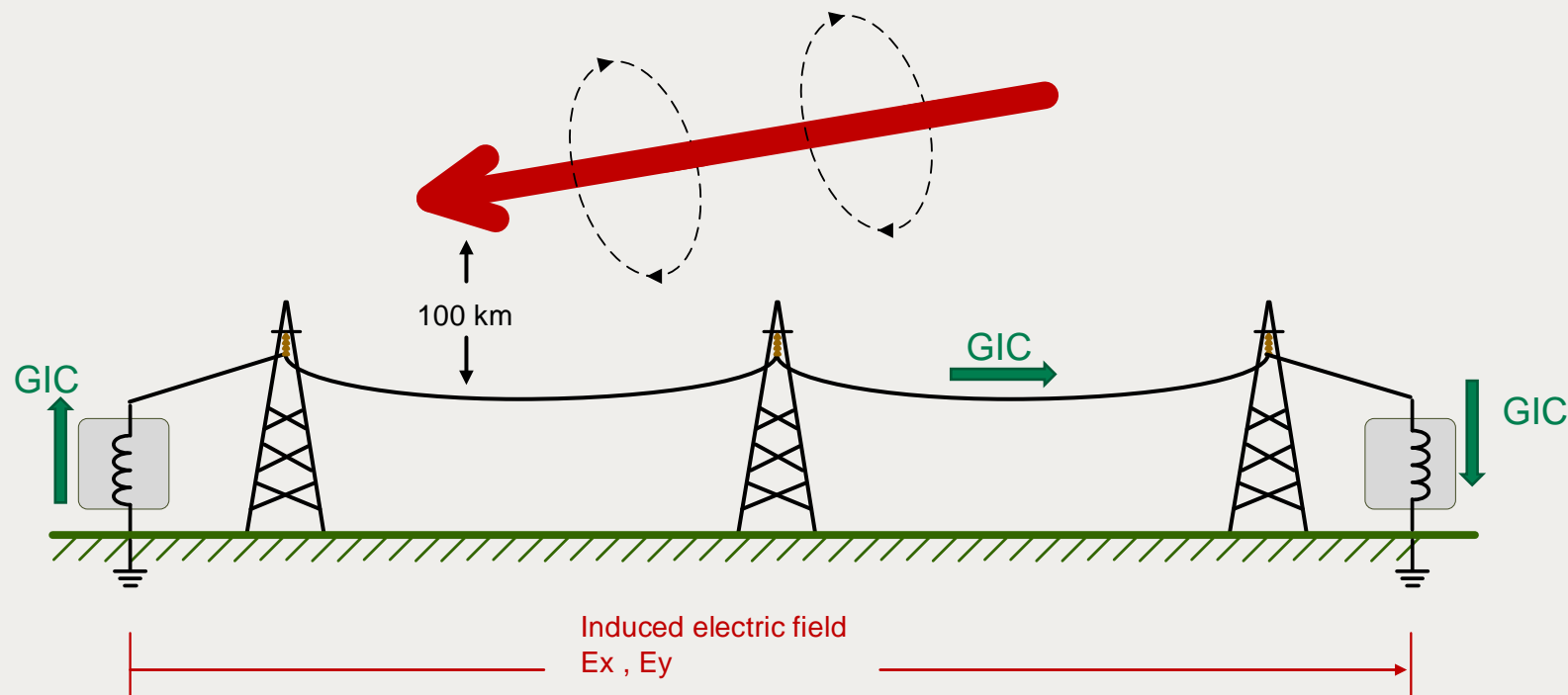
- Det varierende magnetfeltet fra **elektrojeten** fører til et industert elektrisk felt i bakken.
- Vi får dermed en spenningsforskjell og en drivende spenning.





# Fra solstorm til Geomagnetiske strømmer (3)

- Geomagnetisk industert strøm (GIC) vil sirkulere dersom kraftsystemet har forbindelse til jord
- Disse likestrømmene er roten til problemene i kraftsystemet.



## Eksempel fra søndag 26. august 2018:

Det var polarlys flere steder i verden som følge av en kraftig solstorm

I Norge førte denne stormen til utfall av T1 i Namsos

### **Nordlys (Aurora Borealis):**

Canada:



Photo: John McKinnon

USA (Michigan):



Photo: Shawn Malone

### **Sørlys (Aurora Australis):**

New Zealand:



Photo: Ian Griffin

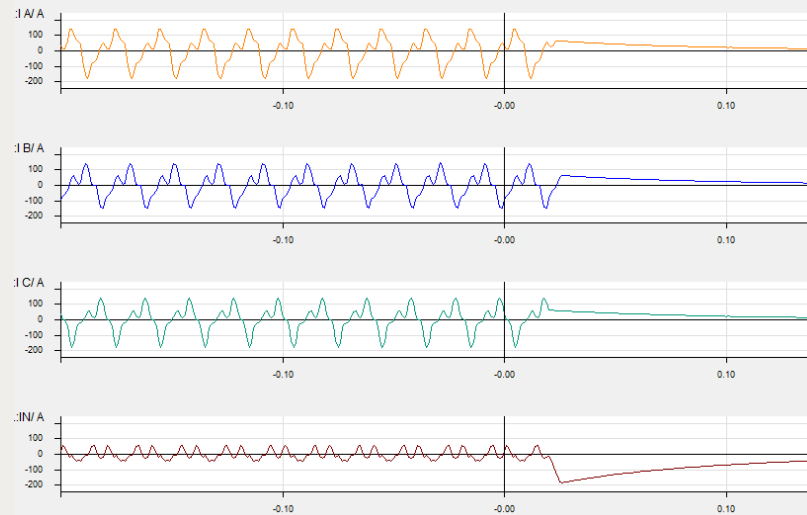
# Den geomagnetiske stormen 26. august 2018

- Kl. 05:26, falt 200 MVA transformator T1 i Namsos ut for differensialvern
- Vi har sett slike kurver tidligere og det var åpenbart at geomagnetiske strømmer var årsaken til utfallet.

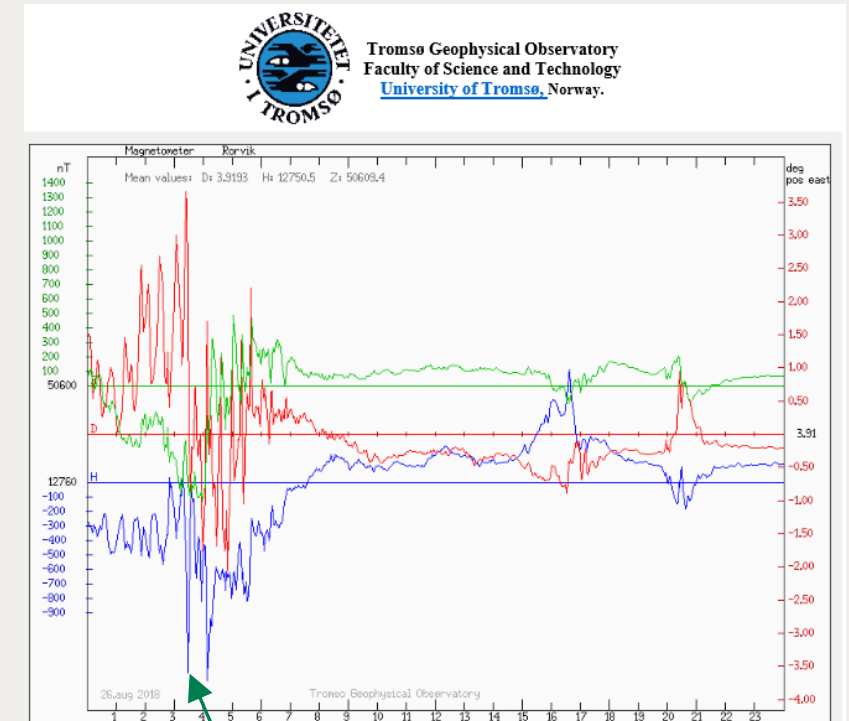
200MVA Transformer (420/66 kV)



Strømmer på transformator 420kV-side



Magnetometer registrering Rørvik 26. august 2018

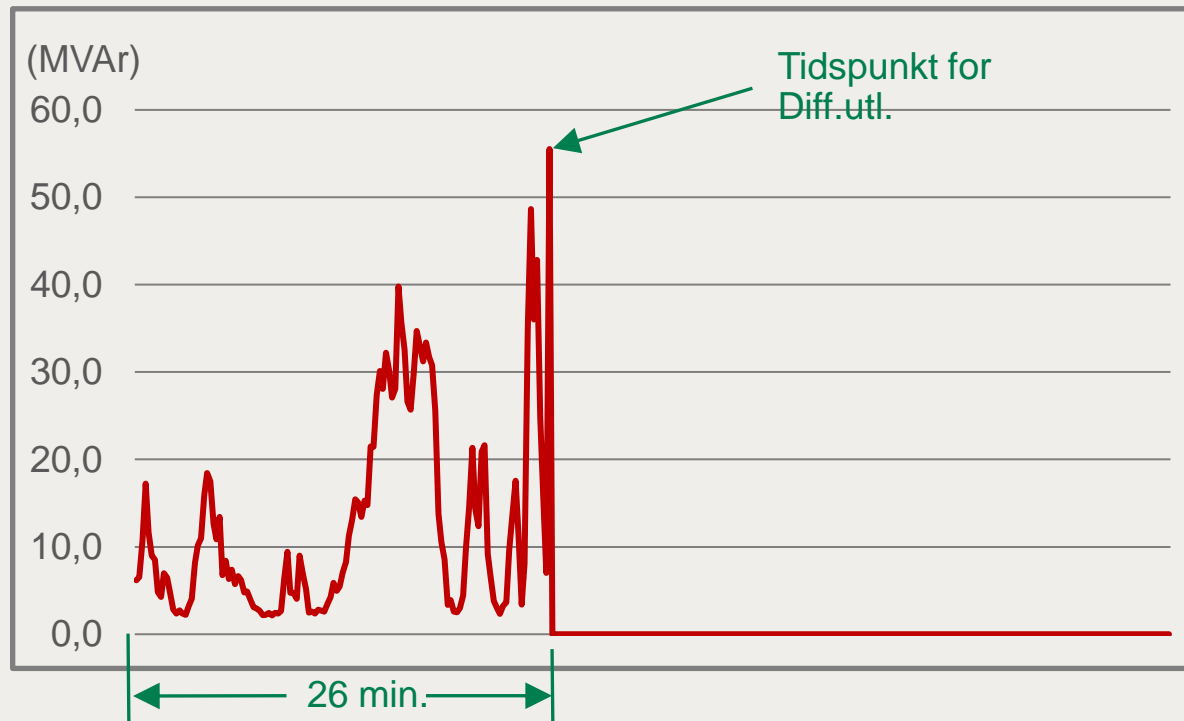


Transformator utfall her



# Den geomagnetiske stormen 26. august 2018

- Men hvorfor "så" vernet en diffstrøm?
- Fordi transformatoren på utløsetidspunktet hadde et unaturlig internt reaktivt effektforbruk på 60 MVA<sub>r</sub> !



Årsak til økt reaktivt effektforbruk i transformator:

**Likestrøm via nullpunkt** fører til at transformatorens jernkjerne går i metning!

Dette fører til at transformator trekker stor magnetiseringsstrøm som "forsvinner" i transformatoren.

# Flere utfall av transformatoren i Namsos



Hvorfor faller Namsos T1 ut?

- 8.september 2017
- 8.september 2017
- 26.august 2018
- 3.november 2021
- 30.november 2022
- 11.mai 2024

Hypoteser:

- Flere lange ledninger kombinert med få transformatorer?
- Retningen på ledningene?

# Systemkollaps på grunn av GIC?

## Eksempel på systemkollaps:

13. mars 1989: Hele Hydro-Québecs transmisjons-system kollapset. 6 millioner mennesker strømløse. Det tok 90 sekunder for nettet å bryte sammen og mer enn 9 timer å få systemet opp igjen.

Systemet ble ustabil da 7 stk. SVC anlegg falt ut som følge av overharmoniske (og vern som var følsomme for dette)

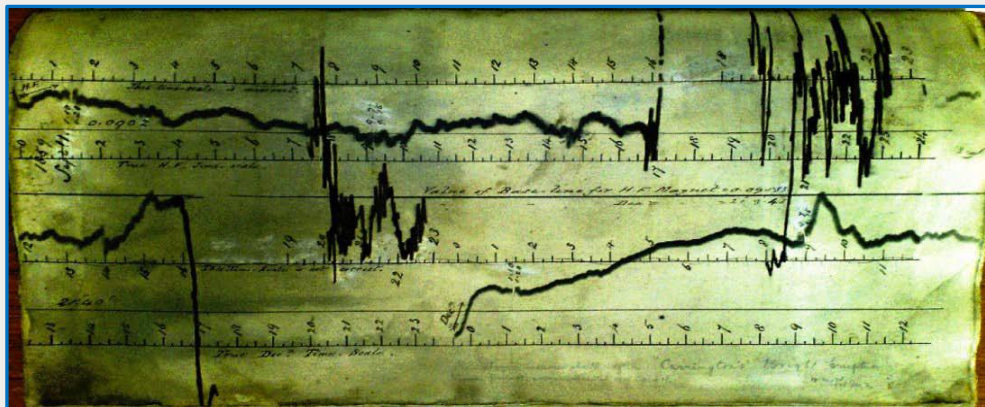
**Vi har ennå ikke fått testet hvordan store direktejordede transmisjonsnett vil takle ekstreme geomagnetiske stormer (100 års tilfellene)**



# Noen historiske hendelser

## 1859 – Carrington Event

Feltstyrken sprenger skalaen her



Horisontal magnetisk feltstyrke (øvre) 1. September 1859 ved Kew Observatorium.

## Andre kjente stormer:

- **1940:** For første gang med konsekvens for kraftsystemet
- **1989:** Hydro-Québec
- **2003:** "The Halloween Storm": blackout i Malmø og havari av transformatorer i Sør-Afrika

## 1921 – Railroad Storm

New York Times, 16.mai 1921:

### **SUNSPOT CREDITED WITH RAIL TIE-UP**

### **New York Central Signal System Put Out of Service by Play of Northern Lights.**

The sunspot which caused the brilliant aurora borealis on Saturday night and the worst electrical disturbance in memory on the telegraph systems was credited with an unprecedented thing at 7:04 o'clock yesterday morning, when the entire signal and switching system of the **New York Central Railroad** below 125th Street was put out of operation, followed by a **fire in the control tower** at Fifty-seventh Street and Park Avenue.

## Vi hadde flaks i 2012!

- 23. juli 2012 var det en superutbrudd av plasma fra solen som "så vidt" bommet på jorden (1 uke for sent)
- Denne antas å ha vært tilsvarende "the Carrington Event" eller sterkere.

# Hvordan forbereder vi oss på kraftig solstorm?

## 1. Beregningsmodell i PSS/E

- Identifisere gjennom simuleringer hva som skjer og hvor det er mest kritisk.

## 2. Kontinuerlig måling av DC-strøm på utvalgte transformatorer (tilstandsovervåkning og for å verifisere modeller)

## 3. Operative tiltak i kraftsystemet

## 4. Design av transformatorer

## 5. Gode rutiner for varsling

Takk for oppmerksomheten!

