

Romvær – bare årsak til spektakulært nordlys eller en samfunnsmessig risiko?

Tom Arild Blix

Sjefsforsker Forsvarets Forskningsinstitutt

Risiko eller ei?



Hva er romvær?

- **Romvær er en fellesbetegnelse på kortvarige forandringer av forhold i verdensrommet.** I jordens nærområder betyr dette forholdene i jordens ionosfære og magnetosfære. Forandringene påvirker både jorden og teknologiske systemer på bakken, i luften og i det nære verdensrom.
- **Romværet skyldes hovedsakelig variasjoner i solvinden** (ladde partikler fra solen) som hastighet og tetthet forårsaket av mer eller mindre intense utbrudd på solen der ladde partikler slynges ut fra solens overflate i tillegg til stråling.
- **Romværet gir seg utslag i** geomagnetiske stormer, kraftige pulsasjoner i magnetfeltet, økt nivå av stråling i jordens strålingsbelter, ionosfæriske forstyrrelser, forstyrrelser av radiobølger, induerte strømmer og nordlys.

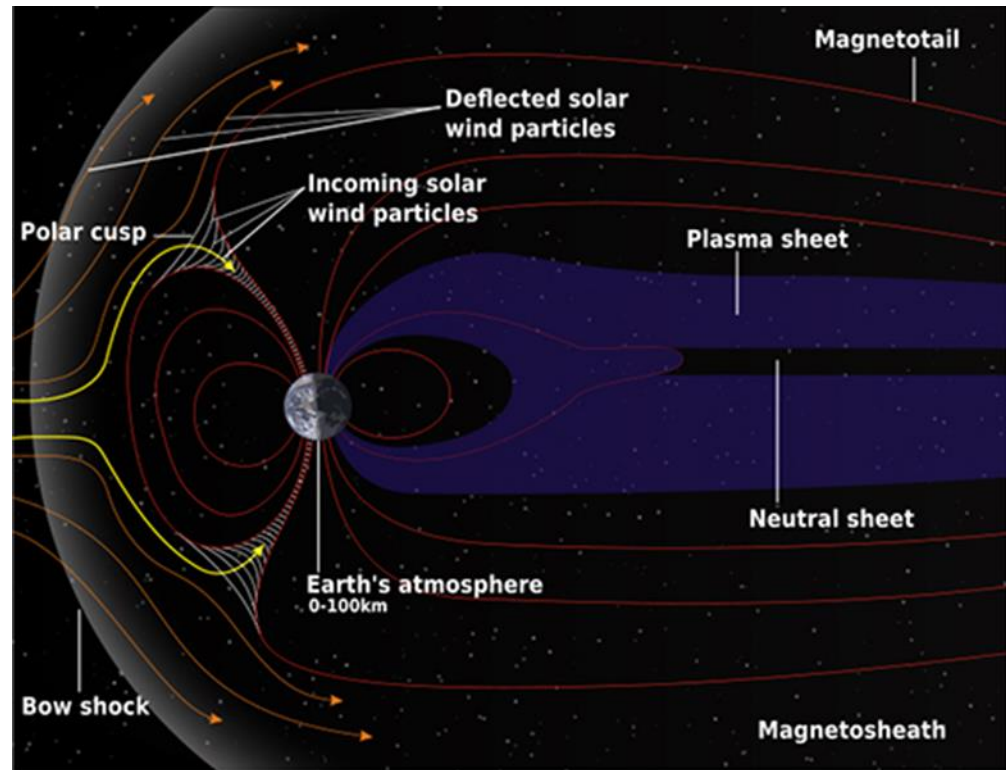
Magnetosfæren – et magnetisk skjold



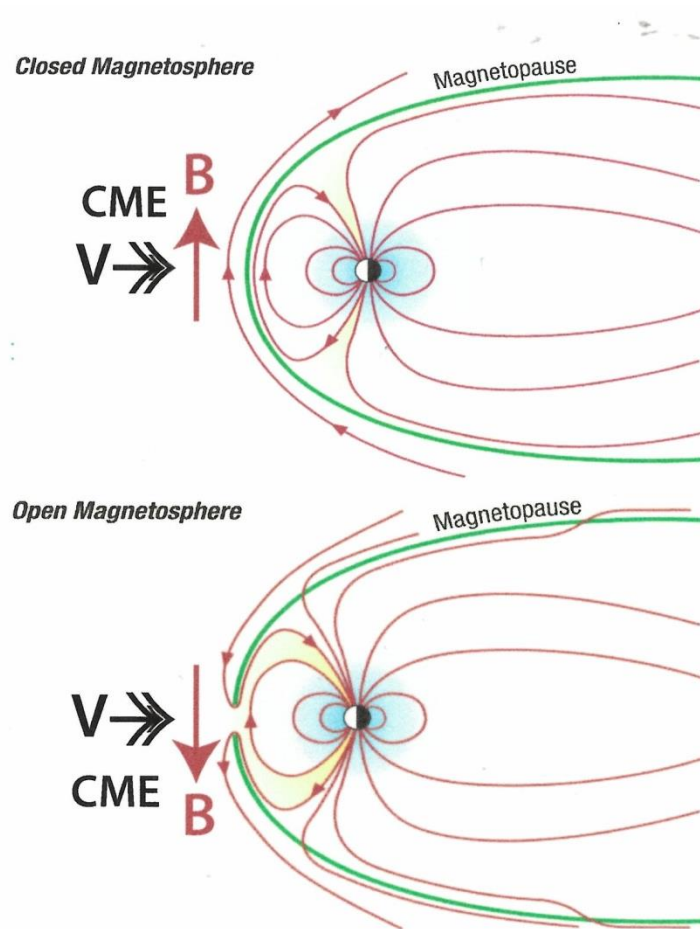
UV og X-ray



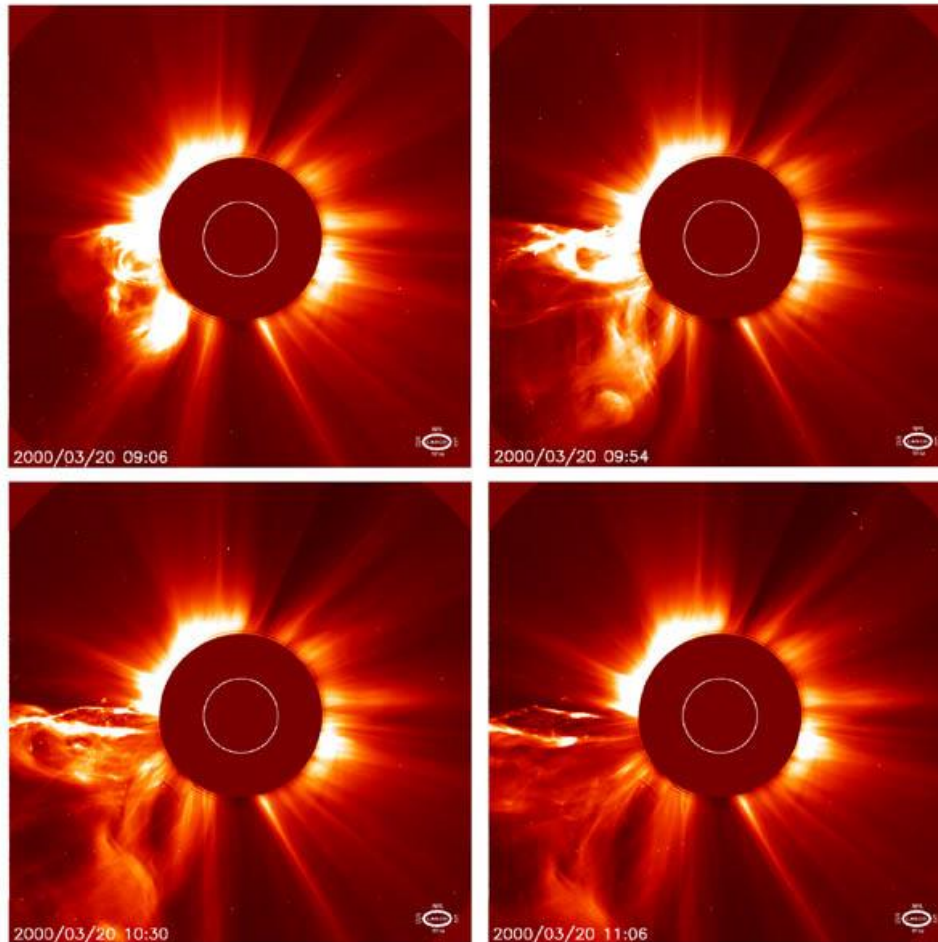
Ladde partikler



Det interplanetare magnetfeltet

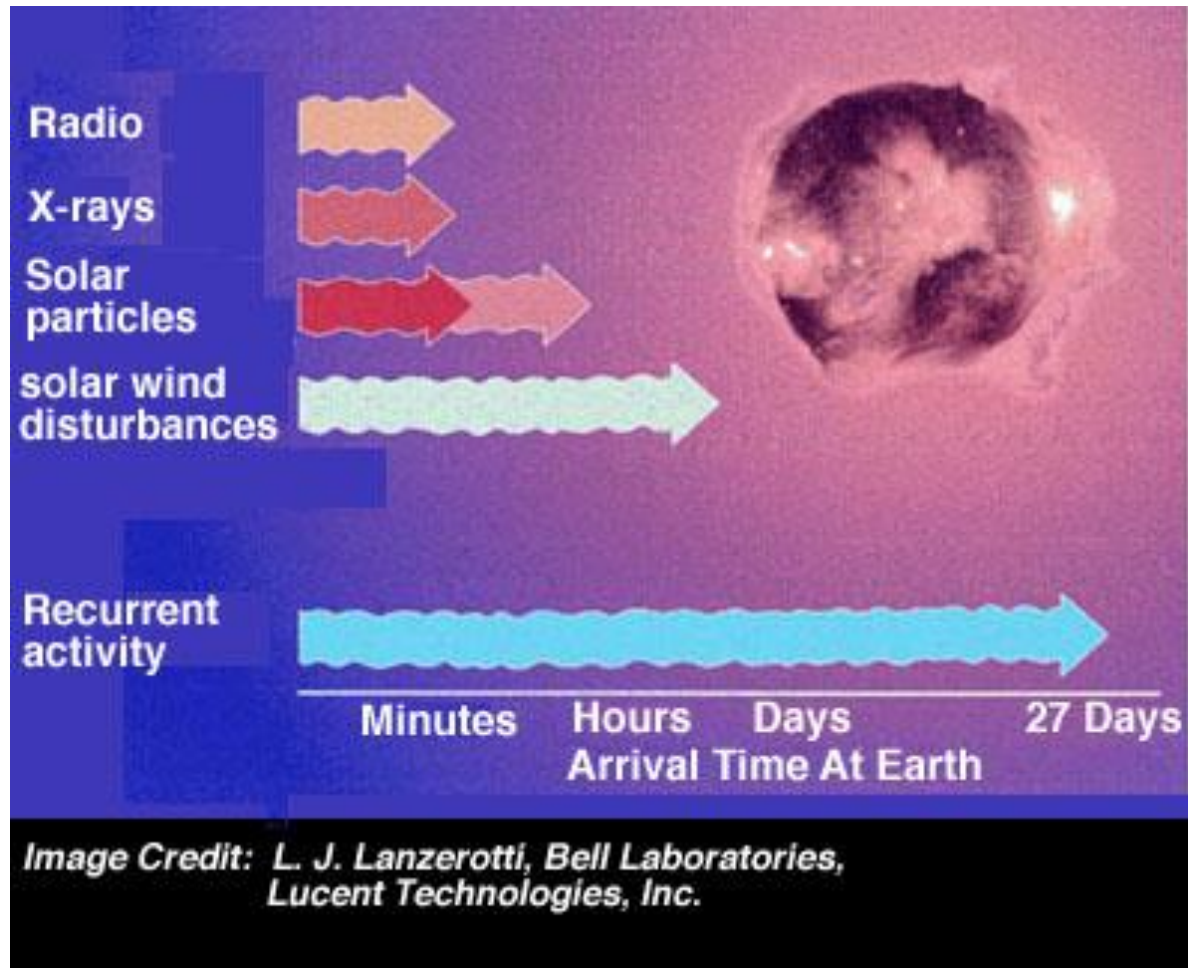


Solutbrudd

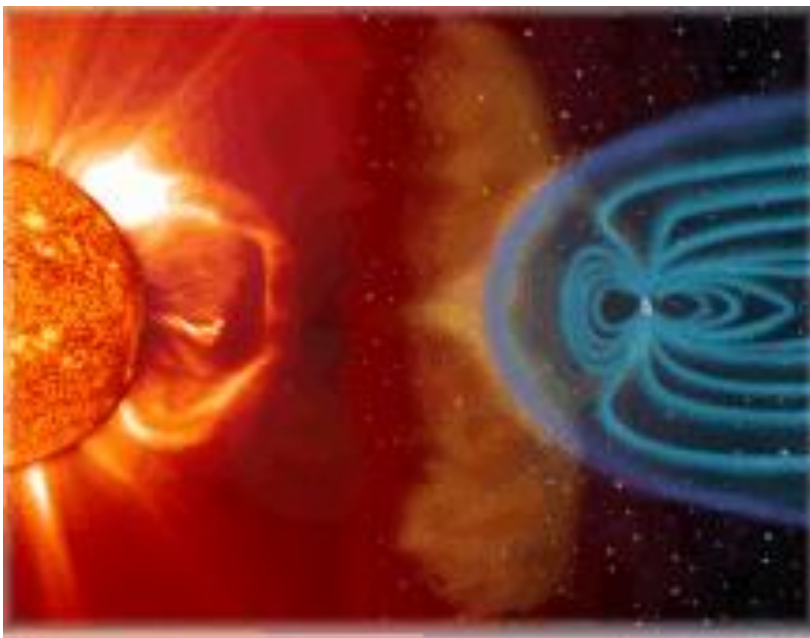


A large coronal mass ejection (CME) as observed by SOHO's LASCO C2 instrument over a two-hour period

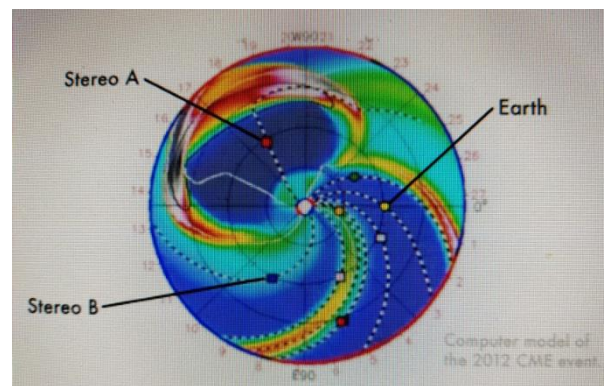
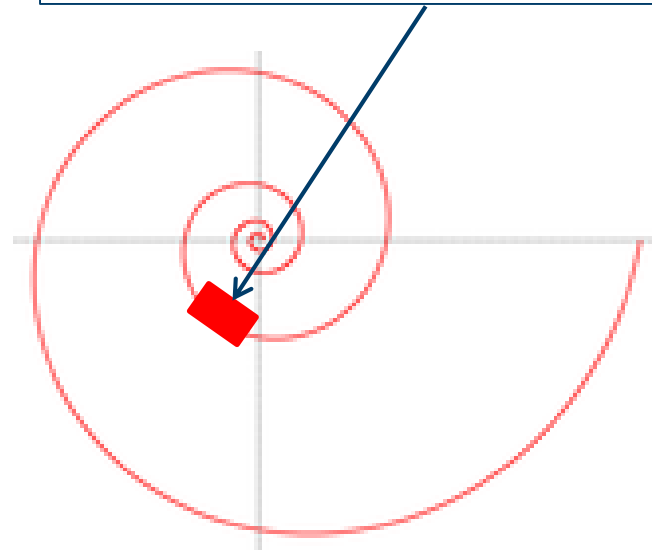
Varslingstider



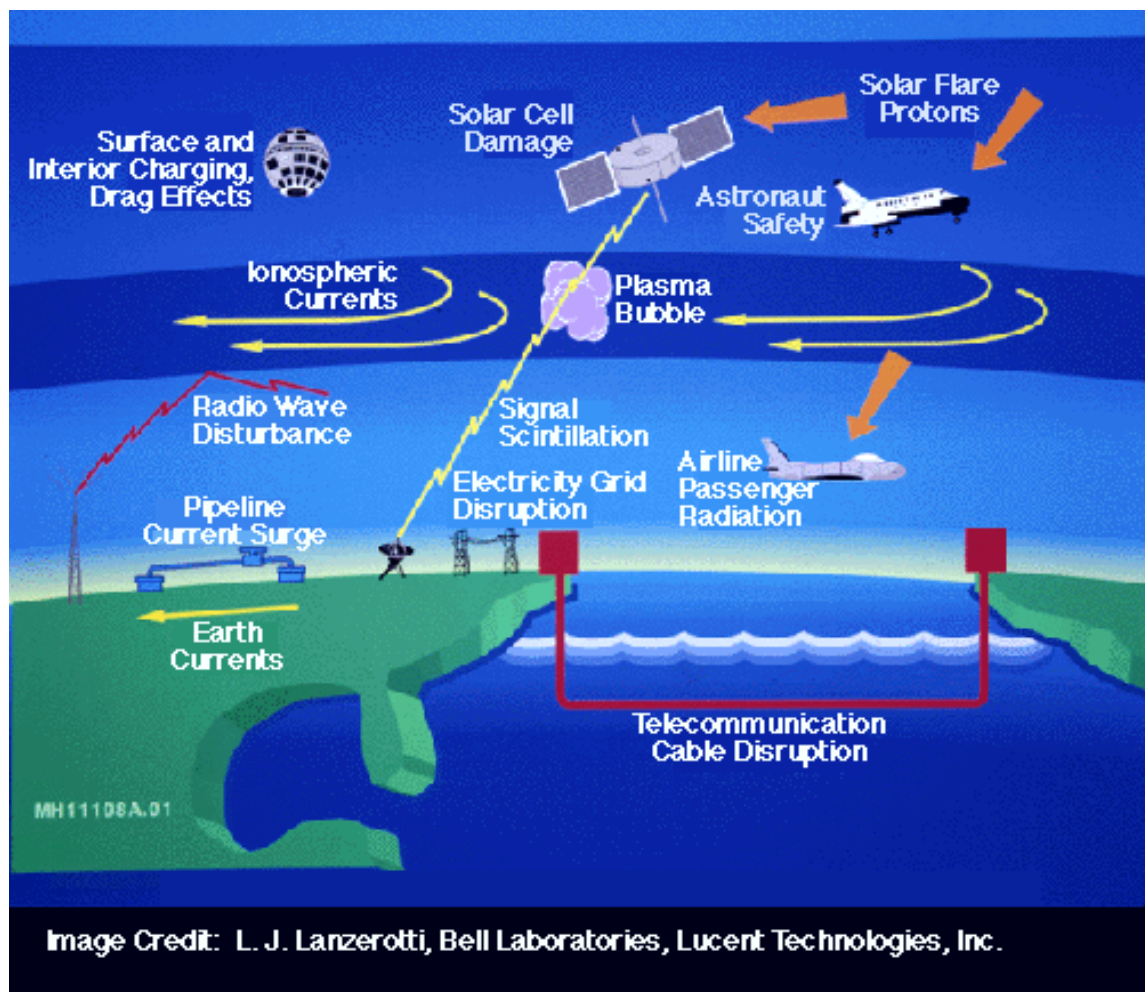
«Haveslangeeffekten»



Partikkel – «blob» må treffe jordens magnetfelt



Effekter av romvær



Hovedeffekter av romvær

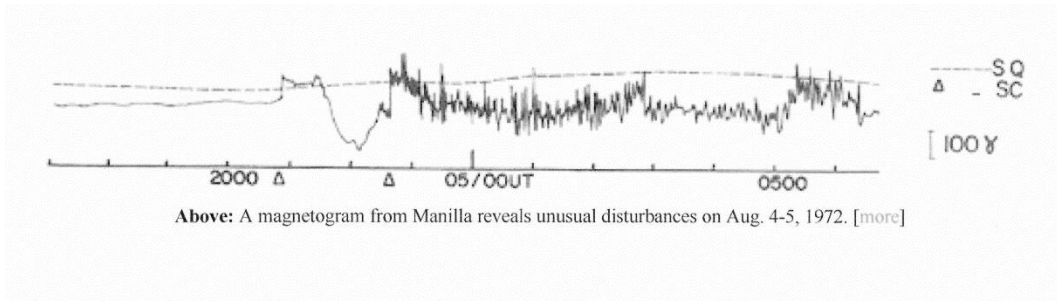
Technological Sector			
Electric Power	Satellites	GNSS Users	Aviation
<ul style="list-style-type: none">● Reactive Power Consumption● Transformer Heating● Improper Operation of Protective Relaying Equipment● Real Power Imbalances● Generator Tripping● Loss of Precision Timing	<ul style="list-style-type: none">● Loss of Altitude● Link Disruptions● Anomalies● Cumulative Dosage	<ul style="list-style-type: none">● Ranging Errors● Loss of Lock	<ul style="list-style-type: none">● Communication Degradation● Navigation Degradation● Avionic Upsets● Effective Dose

Utvalgte romvær hendelser

- Carrington hendelsen i 1859
 - Ødela store deler av telegrafsystemet
- Mars 1989
 - Ødela transformatorer i Quebec og i Skåne
- Halloween stormen i 2003; «drepte» en satellitt og en stort antall måtte re-startes fra kontrollstasjoner på Jorden.
- Nesten upåaket hendelse i 2012; større en Carrington hendelsen i 1859
 - Bommet på Jorden med noen dager. NASA beskriver den som en hendelse med et potensial som om en større asteroide ville treffe Jorden (tilbake til 1800 tallet)!

Tankevekkende hendelser for Forsvaret (1)

- Solstorm 3-4 august 1972
 - Flere minefelt utenfor Vietnam ble utløst
 - Rapport om over 4000 miner som detonerte

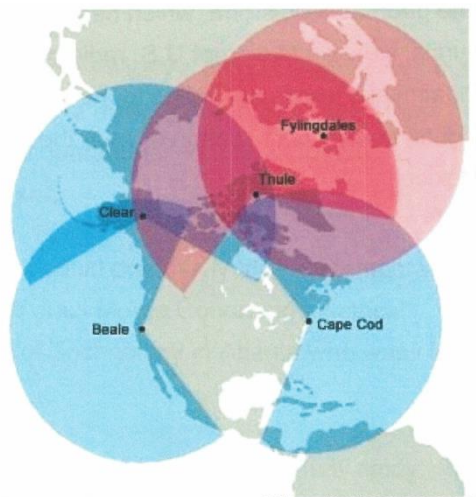


Above: A magnetogram from Manilla reveals unusual disturbances on Aug. 4-5, 1972. [more]



Tankevekkende hendelser for Forsvaret (2)

- Solstorm 23 mai 1967 brakte oss til randen av atomkrig!
 - Amerikanske early-warning radarer ble «jammet» av en solstorm
 - Trodde det var Sovjetunionen som sto bak
 - Ordre ble gitt til å sende B-52 flåten i lufta
 - NORAD hadde nylig etablert en tjeneste med overvåking av solen
 - Hendelsen ble avlyst like før de første flyene tok av fra sine baser



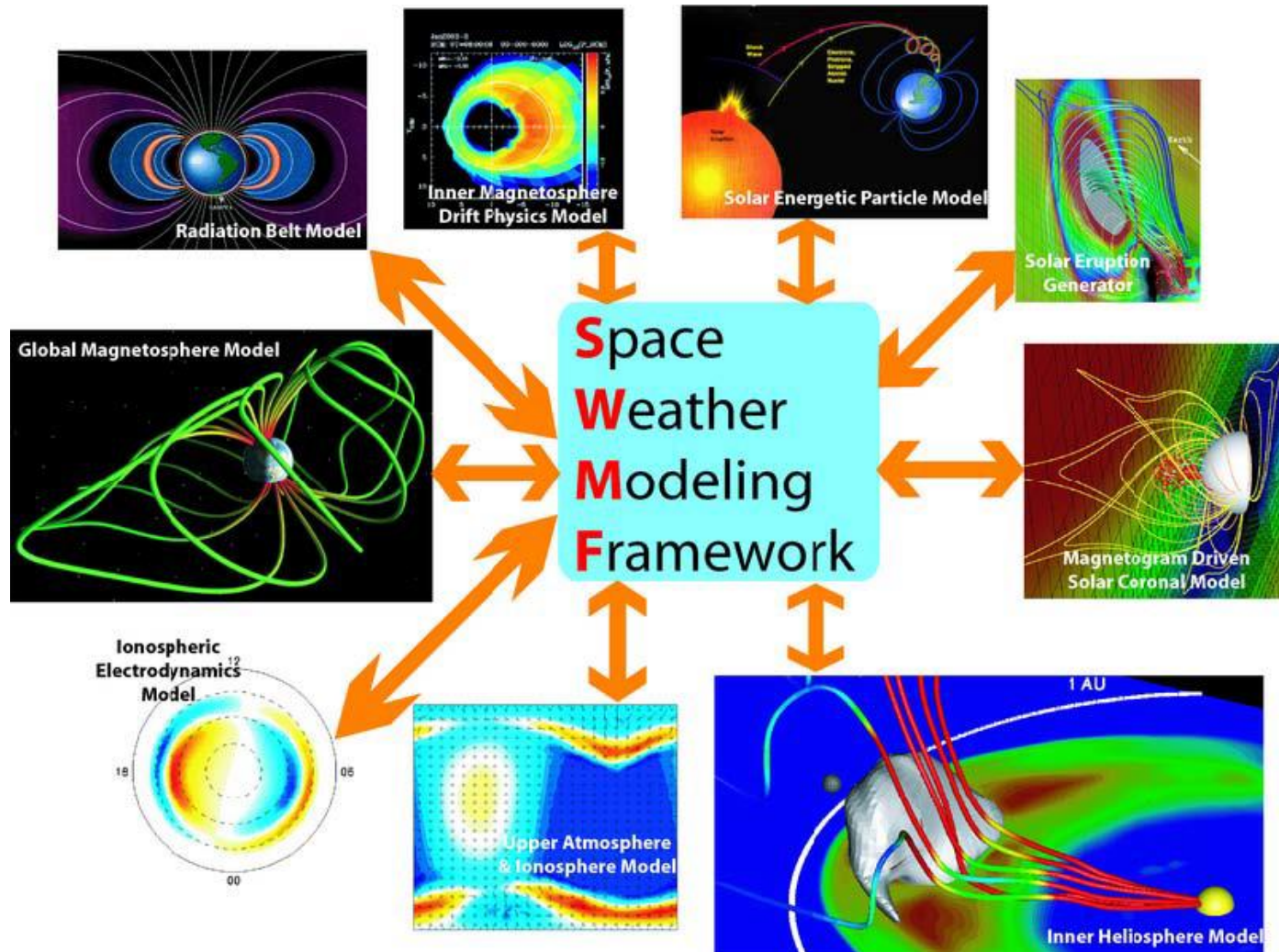
Andre (mindre kjente) romværhendelser i gammel tid

- Ca. 660BC
 - Kjempeutbrudd mer enn 10 ganger sterkere enn Carrington hendelsen i 1859
 - Sammenfaller med yngre bronsealder/tidlig jernalder
- 774AD
 - Samme styrke som 660BD
 - Yngre jernalder/starten av vikingtiden
 - Karl den Store regjerer
 - Beskrevet i Anglosaksiske krøniker



Total ødeleggelse av elektronikk i verdensrommet og mesteparten på bakken

Modell for romvær (SWMF)



Hva har vi i Norge?

- Norwegian Center for Space Weather (Norges Arktiske Universitet i Tromsø) (<http://site.uit.no/spaceweather/>)
 - Svært lite direkte informasjon
 - Linker til aktuelle sider internasjonalt (blant annet National Oceanic and Atmospheric Organization; NOAA)
<https://www.swpc.noaa.gov/>
 - Link til FFIs rapport om romvær (FFI-rapport 2009/01071, 2009)
- Norsk romsenter (NRS) (kun kontaktpersoner, ingen egen aktivitet)
 - Terje Wahl
 - Pål Brekke
- Universitetet i Oslo
 - Romforskning på plasma og romvær (kontaktperson: Prof. Jøran Moen)
- Kartverket (seSolstorm)
- FFI

Norske satellitter

- AISSat 1 og 2
- AIS på ISS
- NorSat-3 (navigasjonsradardetektor (ESM))

- Kommer kanskje satellitter på følgende områder:
 - EO/IR
 - SAR
 - SATCOM

- Medfører større behov for sikker drift av satellittene og hva de kan utsettes for (både jamming og romvær)

Hva har Forsvaret av ressurser?

- Program Space under FD IV
- Ingenting på romvær, kun fokus på operasjon av satellitter
- Utredning i 2015 ifm FMR:
 - Romvirksomhet for sikkerhet og forsvar – Strategisk grunnlag: Framtidsutsikter, alternativer og muligheter
 - Inneholder svært lite om romvær, men det er nevnt
 - Fokuserer på muligheter som Forsvaret har ifm bruk av satellitter for blant annet ISR og SATCOM i fremtiden
 - anbefaler opprettelse av en «Space command» som ytterste konsekvens dersom Norge skal ha full kontroll med både oppskyting og drift av satellitter.

DSBs vurdering av risiko

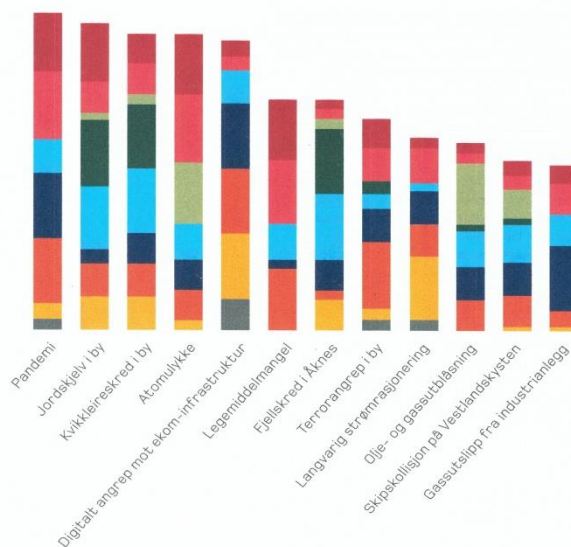
Samlet konsekvens fordelt på konsekvenstyper per scenario

- Dødsfall
- Alvorlig skadde og syke
- Langtidsskader på naturmiljø
- Uopprettelige skader på kulturmiljø
- Direkte økonomisk tap
- Indirekte økonomiske tap
- Sosiale og psykologiske reaksjoner
- Påkjenninger i dagliglivet

- Tap av demokratiske verdier og nasjonal suverenitet
- Tap av kontroll over territorium

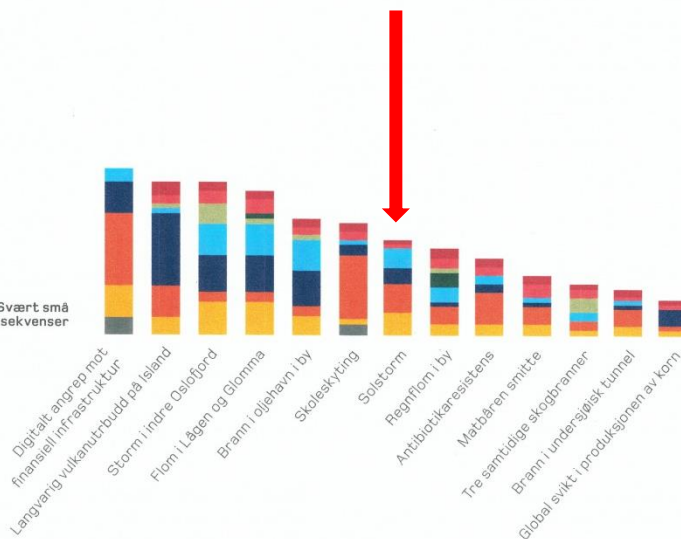
Svært store konsekvenser

Svært små konsekvenser



Svært store konsekvenser

Svært små konsekvenser



Min vurdering

- Direkte og indirekte økonomiske tap vil bli svært store
- Psykologiske og sosiale påkjenninger blir betydelige
- Påkjenninger i dagliglivet vil kunne bli høye dersom det er bortfall av samfunnskritiske funksjoner i lang tid
- Det vil også kunne bli langt flere dødsfall og alvorlig syke dersom det er mangel på strøm, matvarer og medisiner pga leveranseproblemer
- Dette kan sammenlignes med søylene for eksempel digitalt angrep, legemiddelmangel og strømrasjonering for å nevne noen.

Merk at disse vil komme på toppen av hverandre i et scenario med romvær!

DSBs vurdering av risiko

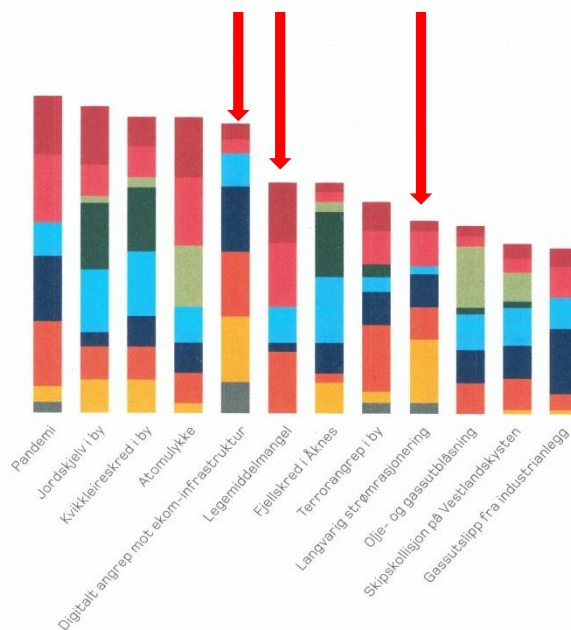
Samlet konsekvens fordelt på konsekvenstyper per scenario

- Dødsfall
- Alvorlig skadde og syke
- Langtidsskader på naturmiljø
- Uopprettelige skader på kulturmiljø
- Direkte økonomisk tap
- Indirekte økonomiske tap
- Sosiale og psykologiske reaksjoner
- Påkjenninger i dagliglivet

- Tap av demokratiske verdier og nasjonal suverenitet
- Tap av kontroll over territorium

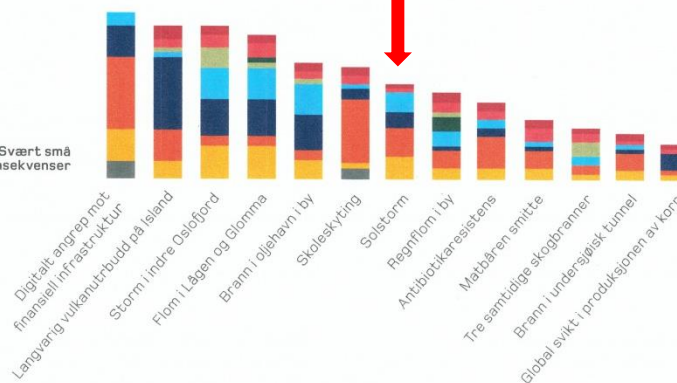
Svært store konsekvenser

Svært små konsekvenser



Svært store konsekvenser

Svært små konsekvenser



NASA informerer om romvær



<http://www.youtube.com/watch?v=7ukQhycKOFw>

Risiko eller ei?

