

Teknologisk utvikling og forsyningssikkerhet

Gerd H. Kjølle

Seniorforsker SINTEF Energi, professor II NTNU Inst for elkraftteknikk

gerd.kjolle@sintef.no

Innhold

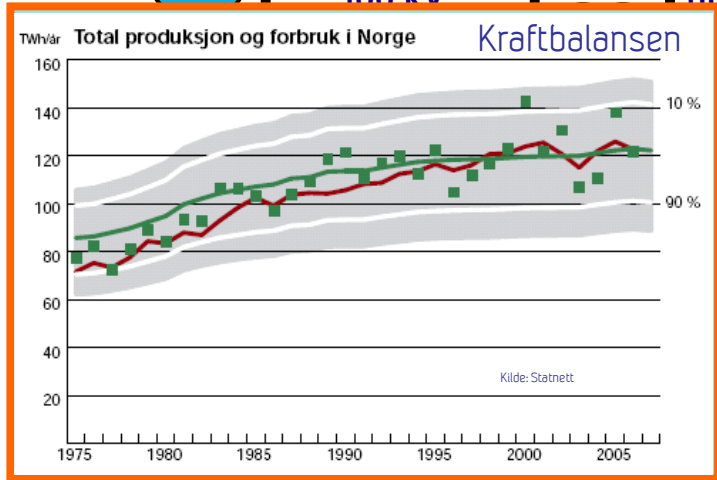
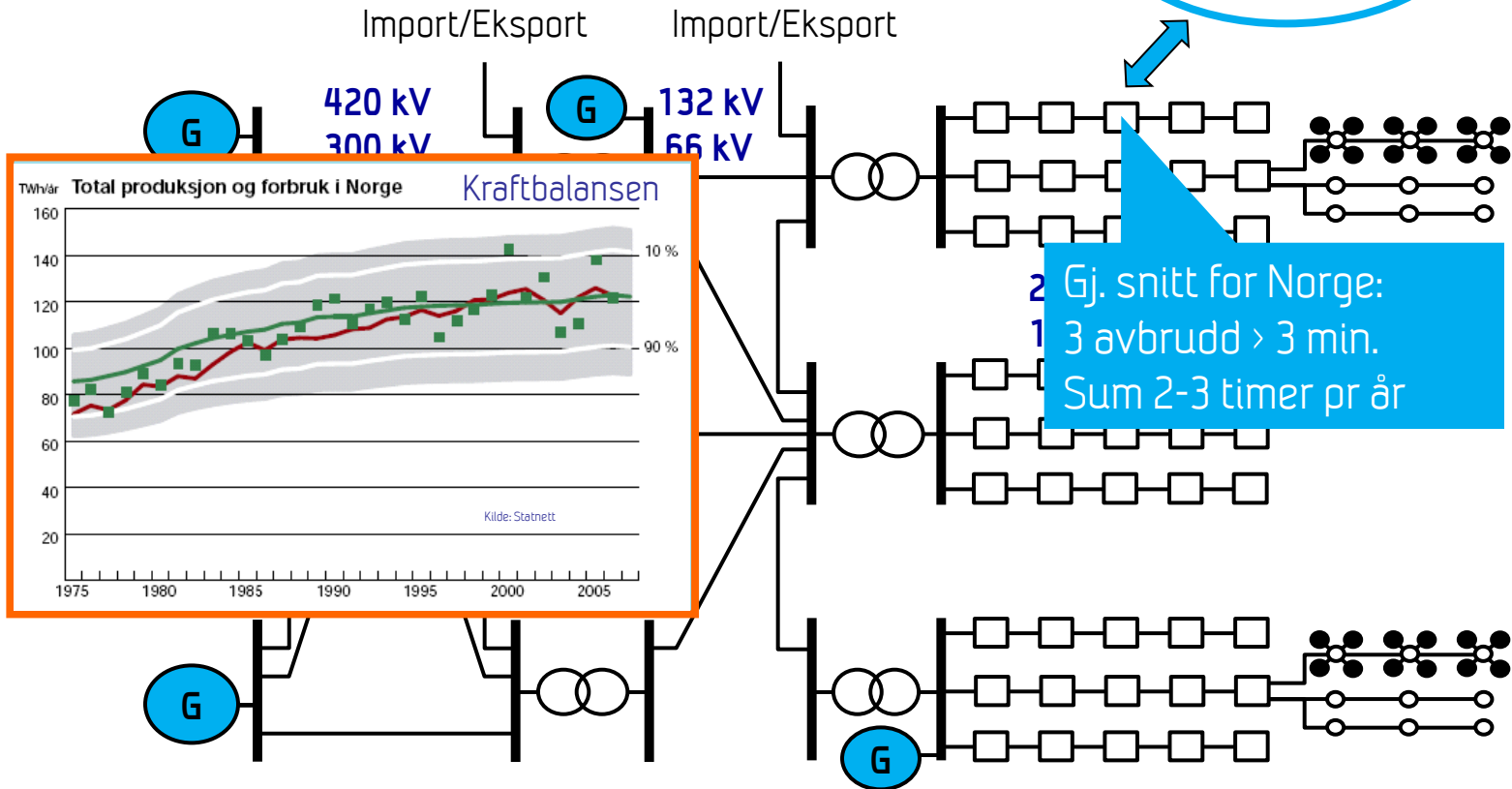
- Hva mener vi med, og hva påvirker forsyningssikkerhet?
- Status for kraftsystemet og forsyningssikkerheten i dag
- Teknologisk utvikling – muligheter – eksempler
- Utfordringer for forsyningssikkerheten
- Hva må gjøres for å realisere mulighetene og møte utfordringene?

Kraftsystemet og forsyningsikkerhet

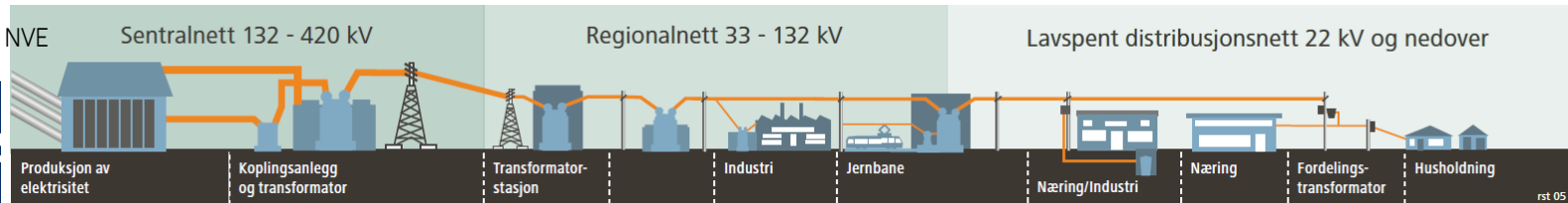
Energisikkerhet

Kapasitet

Pålitelighet

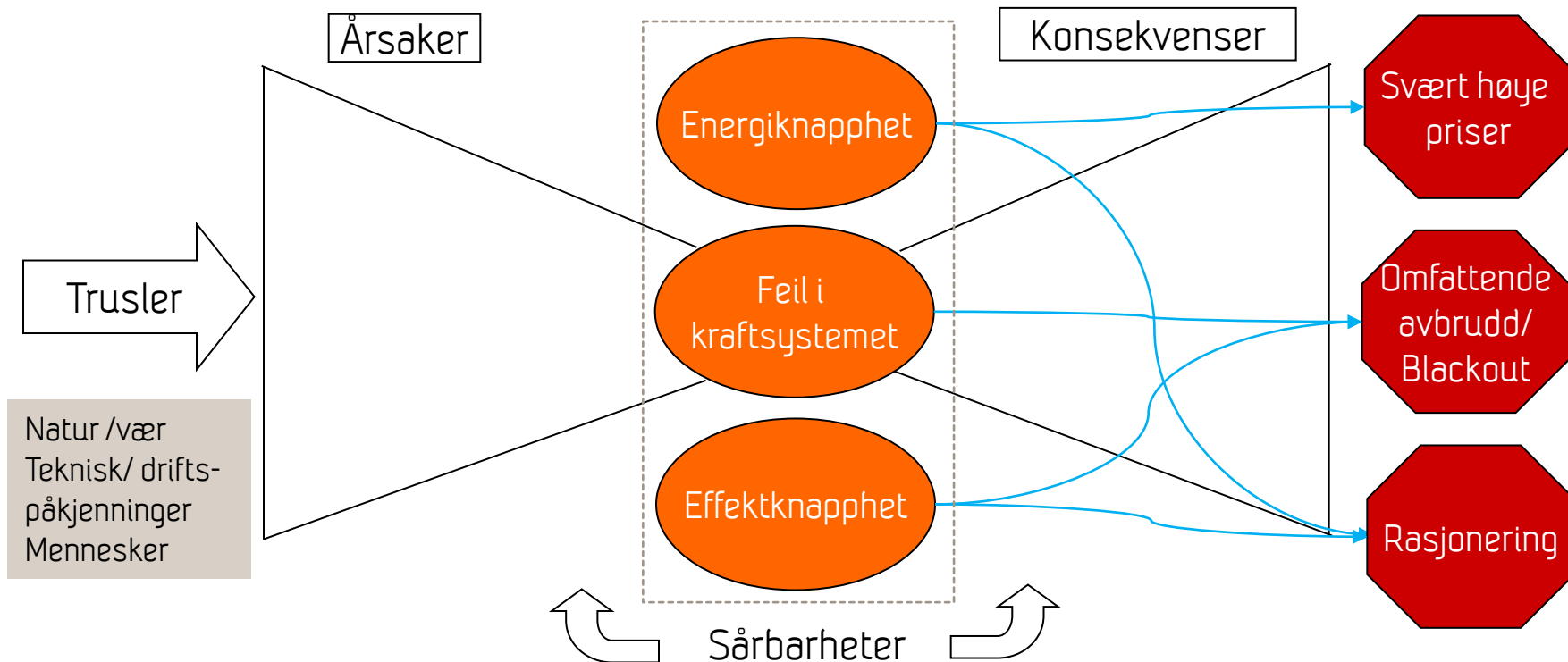


Energistatus, NVE



Hva kan true forsyningsikkerheten?

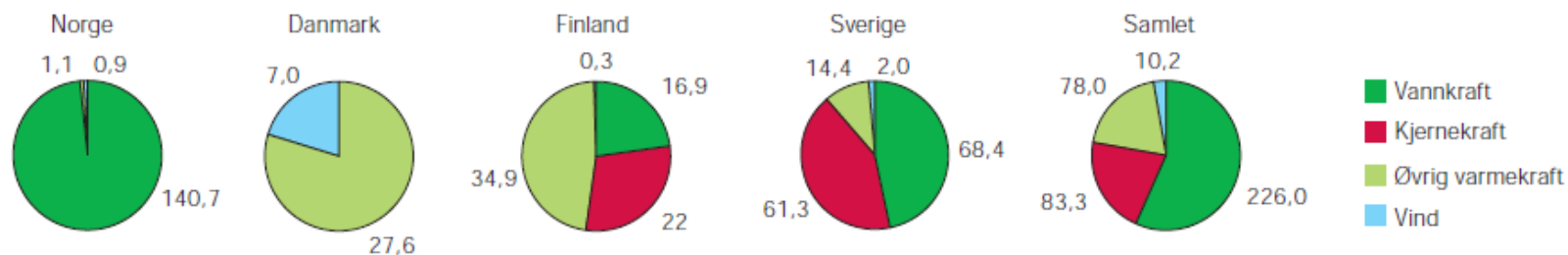
Uønskede hendelser og konsekvenser



- Doorman, G., Kjølle, G.H., Uhlen, K., Huse, E.S., Flatabø, N.: Vulnerability of the Nordic Power System, SINTEF Energy Research 2004
- NordSecurEl – Risk and vulnerability assessments for contingency planning and training in the Nordic electricity system, 2009

Norge er sårbar overfor tørrår – men er en integrert del av det Nordiske kraftsystemet og derfor mer robust

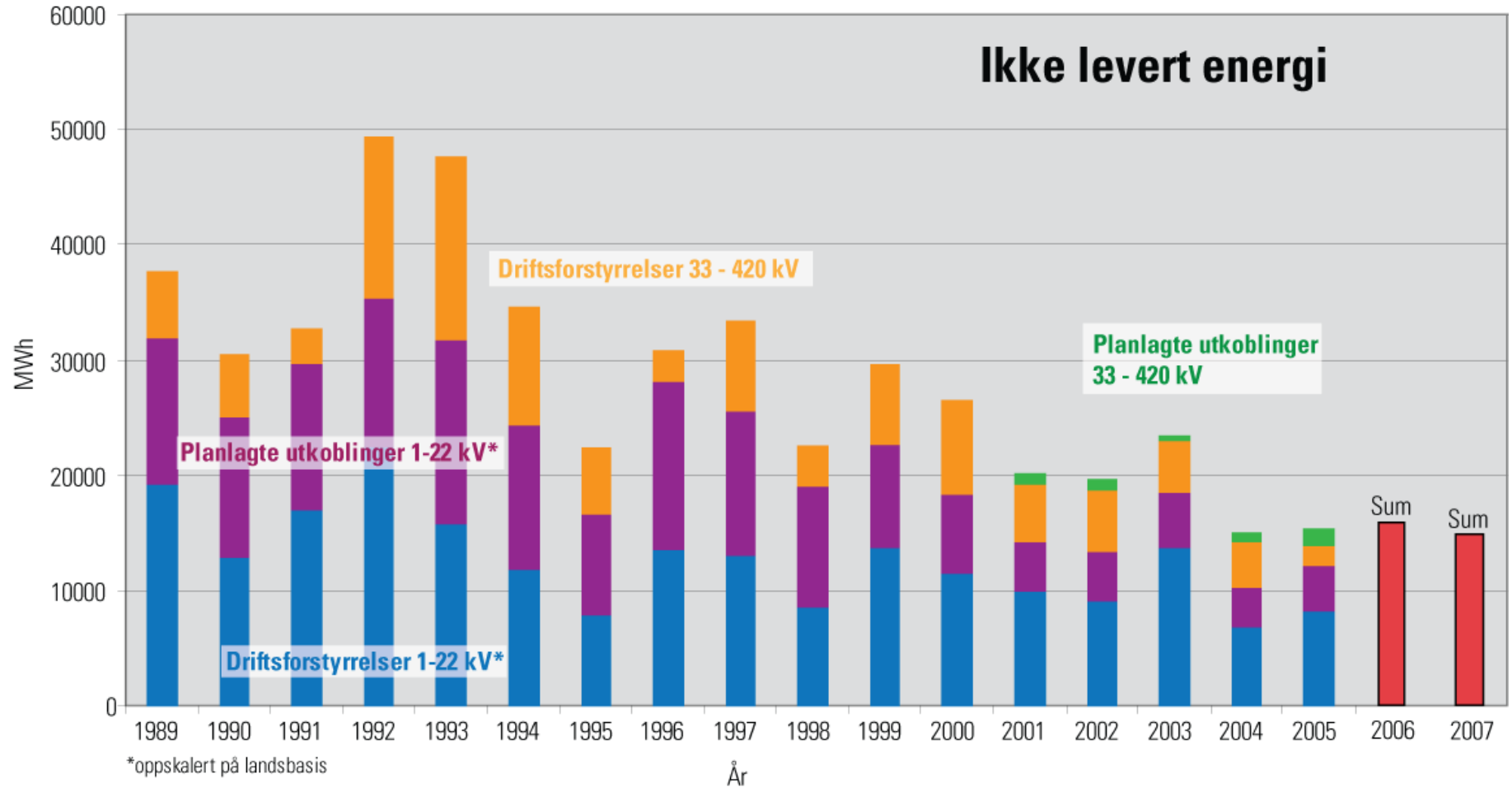
*"The integrated Nordic electricity system with diversified power generation, a common market and interconnections allowing for import/export makes the electricity supply significantly more **robust** than if the national electricity systems were operated separately."* NordSecurEI, EU EPCIP prosjekt 2009



FIGUR 1.1: Produksjonssammensetning (TWh) for de nordiske land i 2008

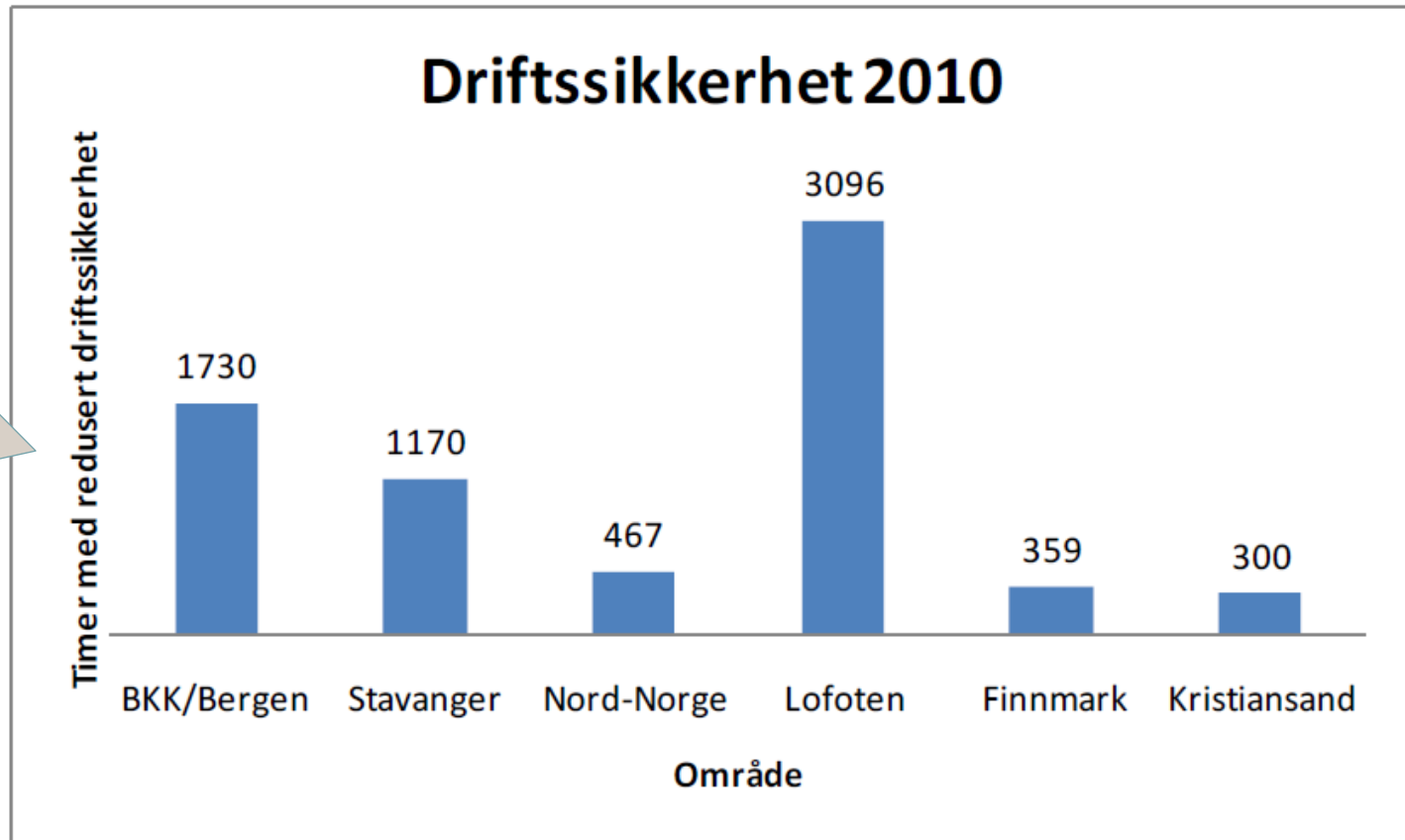
Kilde: Statnett nettutviklingsplan

Leveringspåliteligheten har vist en positiv utvikling



Antall hendelser uendret, men ikke levert energi betydelig redusert

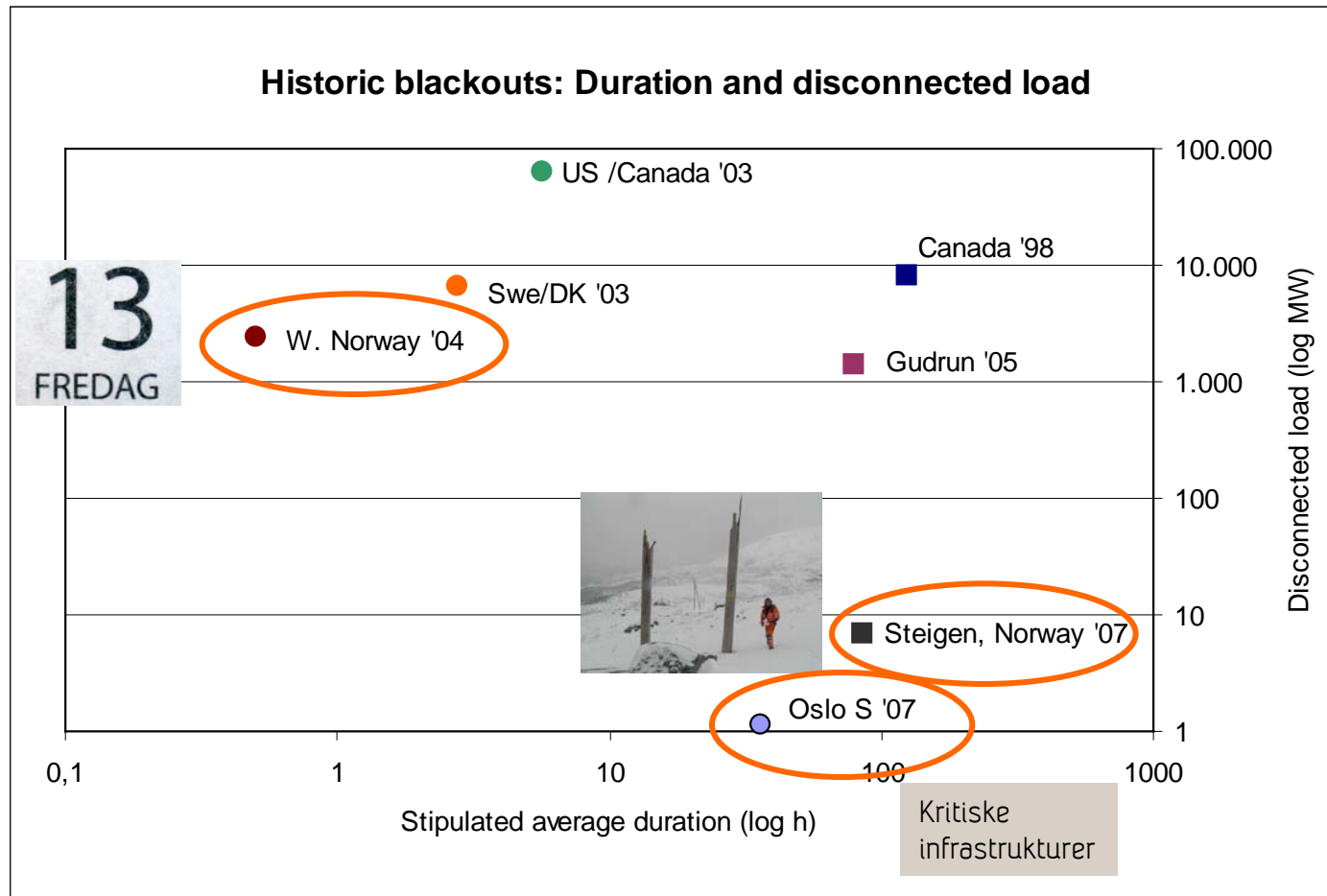
Driftssikkerheten er svekket i noen områder i sentralnettet (2010)



Timer der N-1 kriteriet ikke er oppfylt

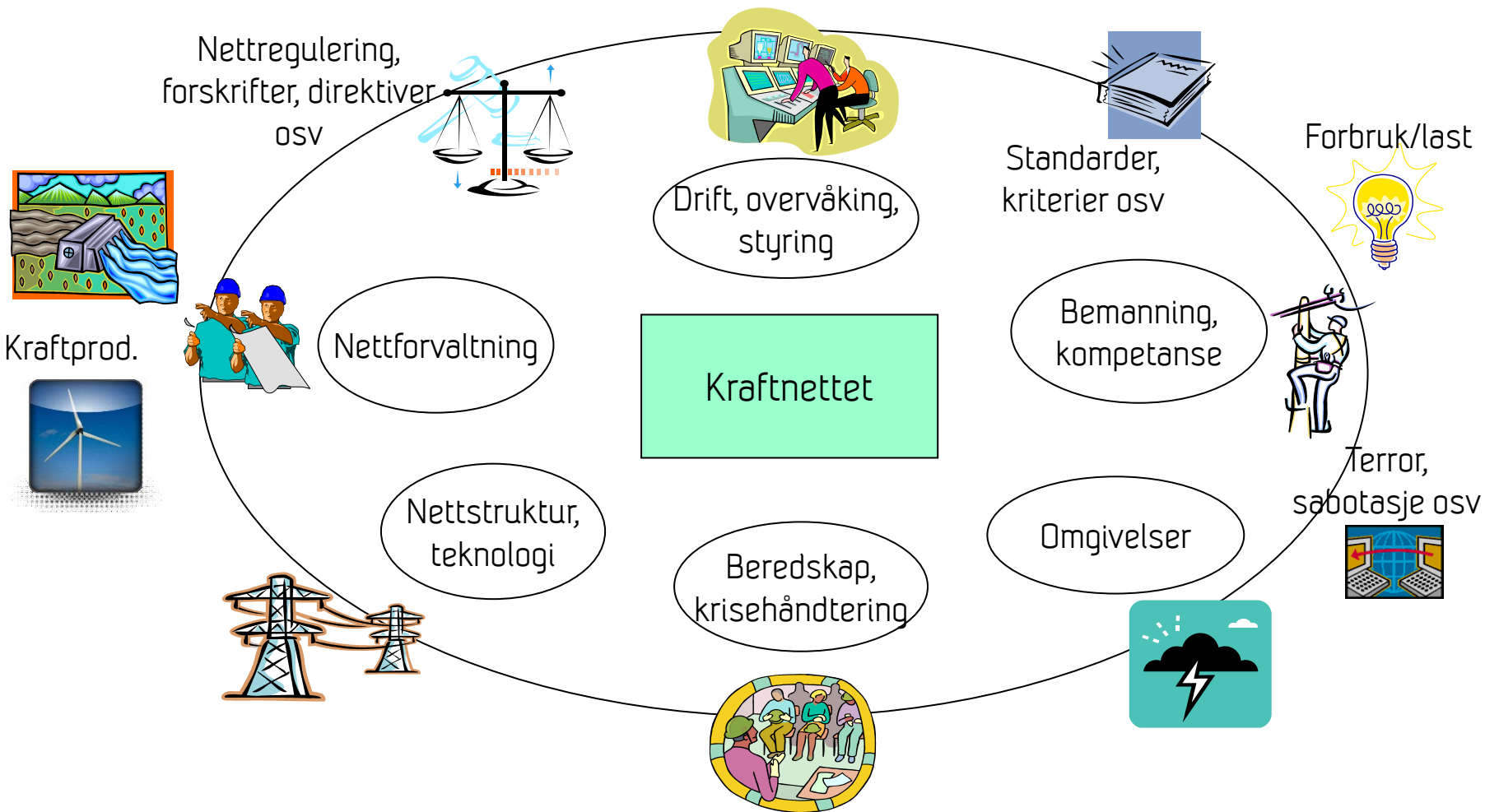
Kilde: Statnett

Ekstraordinære hendelser skjer av og til



Prosjekt Vulnerability and security in a changing power system, Nfr/SINTEF Energi, 2009 - 2012

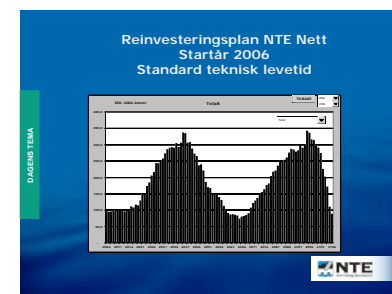
Faktorer som påvirker forsyningsikkerhet (og sårbarhet) – "alt henger sammen med alt":



Hvor står vi og hvor går vi?

- Kraftsystemet er **robust** og forsyningssikkerheten er god, men...
- Et **utdatert** og "fullt" kraftnett
- Økende elektrisitetsforbruk og **hårdere drift** av komponenter og system
- Økte **klimabelastninger** forventes ("våtere, varmere og litt villere")
- Betydelig **nedbemanning** og aldrende arbeidsstokk
- **Kostnadseffektivitet**, redusert FoU, innovasjons"tørke"
- Økende **IKT**-avhengighet i kraftforsyningen
- **Integrasjon av fornybare** energikilder og samspill med flere energibærere

"The EU pays the price for its outdated and poorly interconnected energy infrastructure" (EU COM(2010) 677)



Hva gjør dette med forsyningssikkerheten?

Fremtidens elektriske energisystem - Smart Grids

Smart Grid

Traditionel

Hoveddrivere:

- Miljø
- Forsyningsikkerhet
- Økonomi



- Centralized power
- One-directional flow
- Operation based on experience



SMART GRID IS A GLOBAL PRIORITY

"Updating the way we get our electricity by starting to build a new smart grid that will save us money, protect our power sources from blackout or attack, and deliver clean, alternative forms of energy."

President Barack Obama
January 8, 2009



www.smartgrids.eu

Smart grid (SG) – definisjon

- Elektriske kraftnett som utnytter toveis kommunikasjon, distribuerte måle- og styresystemer, nye sensor-teknologier – inkluderer styring av utstyr (last og produksjon) hos nettkundene.
- Smart grids er nødvendig for å realisere målene om økt integrasjon av fornybare energikilder, energieffektivisering og økt grad av elektrifisering av transport mm.

Hvor “smart” er nettet i dag?

Sentral- og regionalnett



“Smart”

Distribusjonsnett



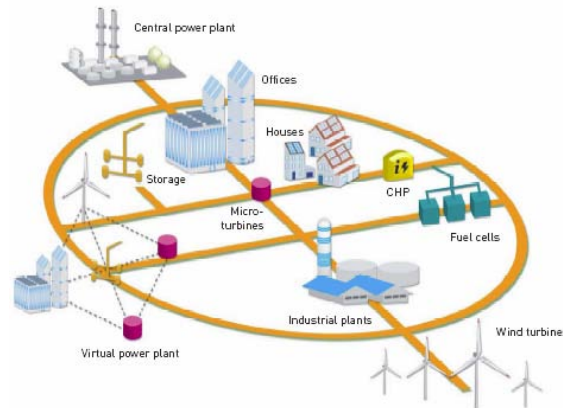
Ikke særlig “smart”

Kunde/lavspenningsnett



I ferd med å bli “smart”

Fire enkle bilder på Smart Grids



- Et navn på fremtidens elektriske energisystem (anno 2020/2050)
- Et kvantesprang i integrasjon av IKT på alle nivåer i det elektriske kraftsystemet
- En fusjon av kraftnett og internett
- Et system hvor "alle" anlegg og apparater har en "IP-adresse" (Internet Protocol Address) slik at de kan observeres og styres via "internett"

Hvilke muligheter gir Smart grids for forsyningssikkerhet?

- Tilgang på nye og flere energikilder og fleksibilitet mht produksjon av elektrisitet
- Smarte målere (AMS) kan gi økt forbrukerfleksibilitet og muligheter for laststyring
- Integrasjon av distribuert produksjon, belastninger og lagringsenheter
- Større grad av differensiering i forsyningssikkerhet er mulig, f.eks. ved styring av laster
- Bedre kontroll og styringsmuligheter, f.eks. lastreduksjon for avlastning av nettet i flaskehalssituasjoner og laster som systemytelser
- Bedre muligheter for tilstandsovervåking gir bedre dokumentasjonsgrunnlag i drift og for vedlikehold og fornyelse, og kan gi færre avbrudd
- Reservemuligheter og raskere feildeteksjon og gjenoppretting av forsyning etter avbrudd
- Bedre rekrutteringsmuligheter og tilgang på kompetanse
- ...
- ...

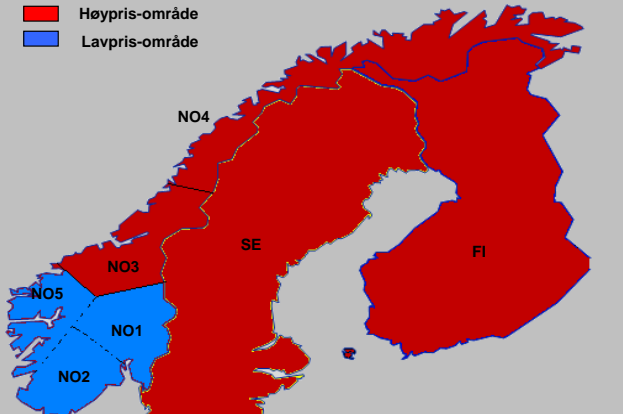
Energisikkerhet

Kapasitet

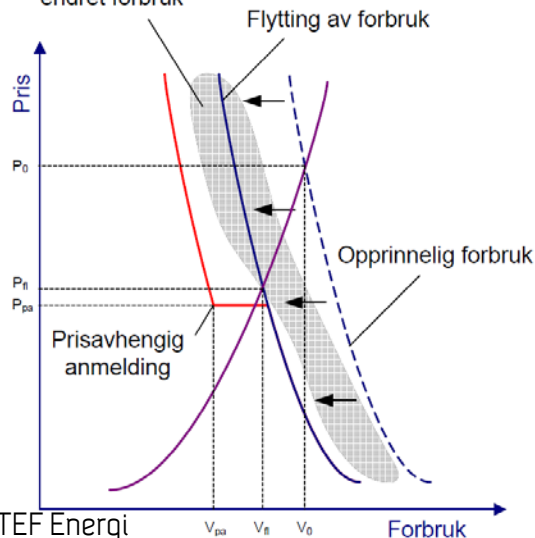
Leveringskvalitet (pålitelighet, spenningskvalitet)

Smart Grids kan redusere pristopper

■ Høypris-område
■ Lavpris-område



Annen påvirkning for endret forbruk

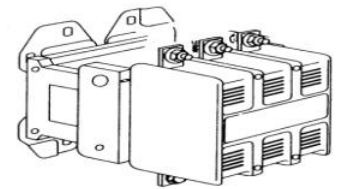


- 17 desember, 8 januar, 22 februar – timer med priser på opp mot 12 kr/kWh
- En årsak: Stiv etterspørsel – manglende forbrukerfleksibilitet
- SG utkobling av varmtvannskjeler ville kunnet dempet prisen betydelig for eksempel ned til 1-3 kr/kWh
- Besparelse for forbrukerne pr time på : 550 - 200 mill kr. i høyprisområdene

Kjell Sand, SINTEF Energi

Belastningsstyring gir fleksibilitet

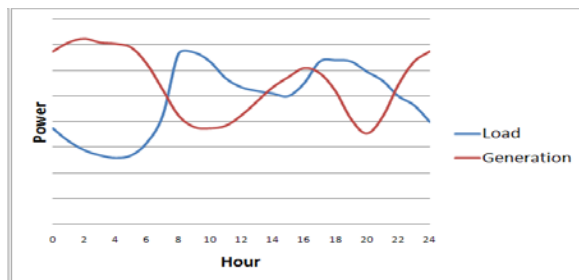
- Industri/kjeler
- Kursstyring (kontakter i sikringsskåp)
- Styring av stikkontakter
- Styring på apparatnivå



Bruke last og lager til å balansere varierende kraftprod.

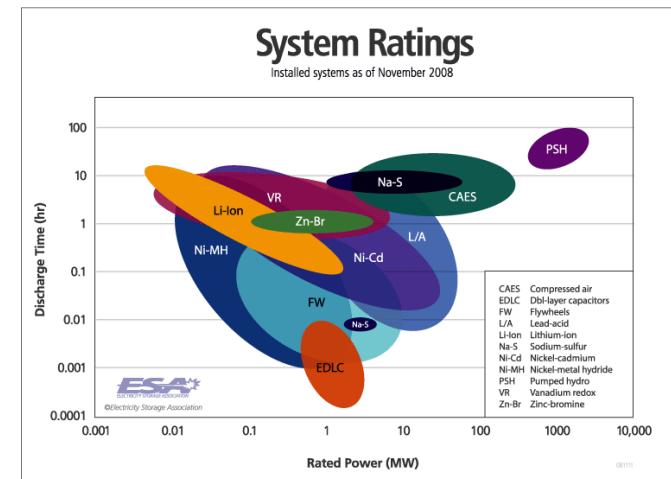
– en ny måte å tenke på

Adjust generation to balance load (traditionally) → adjust load to balance intermittent generation (smart grid)



Surplus: to storage
Shortage: from non-intermittent generation or storage

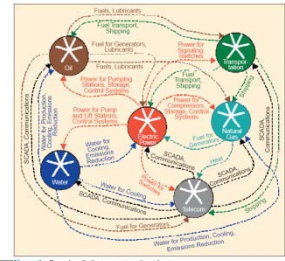
Mørvik, Jorun: Distributed Generation in Smart Grid Perspective, prøveforelesning for PhD, NTNU, juni 2011



Energy Storage Association:
<http://www.electrictystorage.org>

Hvilke utfordringer gir Smart Grids for forsyningsikkerhet?

- Dagens nett er ikke bygd for SG-visjonene – overgang må løses parallelt med reinvesteringer
- Krever bedre planlegging og drift, overvåking og styring
- Større grad av kompleksitet, usikkerhet og gjensidige avhengigheter
- Nye komponenter, ny struktur, ny drift... – flere feilkilder, nye typer feil?
- Mer IKT gir nye typer feil og trusler: Cyber, software, drastisk økte datamengder...
- Vil SG redusere "de små" avbruddene, men føre til flere sjeldne og komplekse utfall med omfattende konsekvenser (blackouts)?
- Vil kravene til forsyningsikkerhet øke som følge av mer IKT og avhengighet av el til transport og styringssystemer?
- Manglende forståelse/aksept for utbygging av infrastruktur
- Og på toppen av det hele får vi økte værpåkjenninger....



Viktige barrierer iht EU (Electricity Grid Initiative)

- Teknologiske - inkluderer standardisering, interoperabilitet (samspill), cyber sikkerhet og data personvern
- Forskning og utvikling er for fragmentert langs verdikjeden i kraftsystemet
- Dagens insentiver for nettselskapene er ikke tilstrekkelige til å investere eller gjøre ekstra FoU-innsats eller for å ta i bruk ny teknologi
- Samfunnsmessige – aksept for utvikling av infrastruktur

The European Electricity Grid Initiative (EEGI), Roadmap 2010 – 18 and Detailed Implementation Plan 2010 – 12, www.smartgrids.eu

Realisering av Smart Grid-visjonene og mulighetene krever

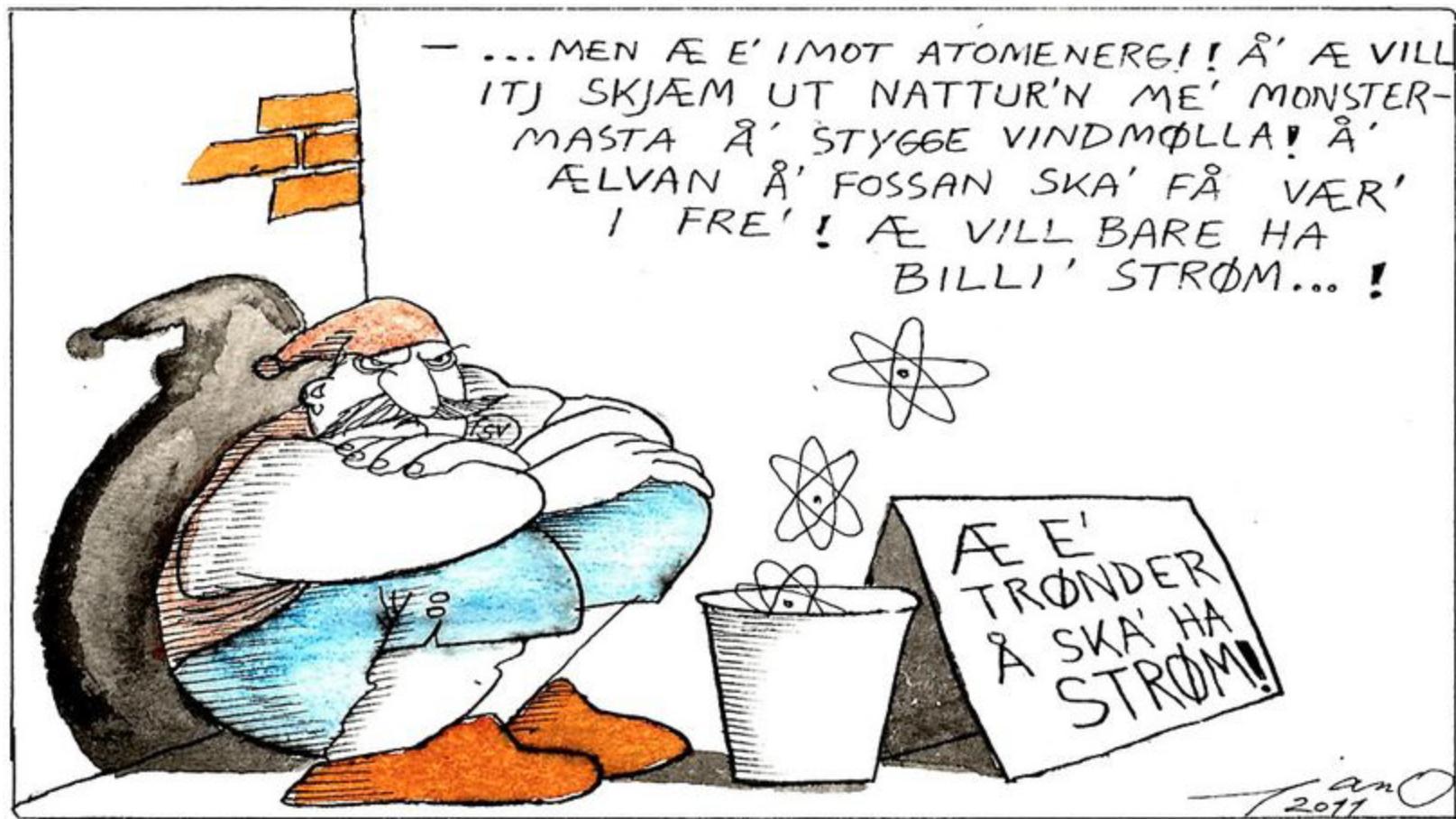
(ENTSO-E konferansen i februar 2011)

- Betydelig innsats innen forskning og utvikling, demonstrasjon og innovasjon
- Betydelige investeringer og omfattende menneskelige ressurser
- Aksept for utbygging av infrastruktur

Hva må gjøres for å møte utfordringene mht forsyningssikkerhet? Noen punkter...

- Hva er akseptabel forsyningssikkerhet? **Kriterier** må etableres (planlegging og drift)
- **Indikatorer** for å måle og overvåke utviklingen i forsyningssikkerhet (og risiko)
- **Analysemetoder** og verktøy for å analysere forsyningssikkerhet, dvs. samspill mellom tilgang på energi/kraftproduksjon, kapasitet i prod. og nettanlegg og feil i kraftsystemet
- **Risiko- og sårbarhetsanalyser** for nye typer hendelser, gjensidige avhengigheter, klimapåkjenninger mm , ekstraordinære hendelser i fokus. Større grad av tverrfaglige analyser

Forsyningssikkerhet - Paradokser



Kilder

- Energistatus, NVE desember 2010, www.nve.no
- Annual Report 2010, NVE april 2011, www.nve.no
- Nettutviklingsplan 2010, Statnett, september 2010, www.statnett.no
- Områder med redusert driftssikkerhet i sentralnettet, Statnett mars 2011, www.statnett.no
- Doorman, G., Kjølle, G. H., Uhlen, K., Huse, E. S., Flatabø, N. (2004): Vulnerability of the Nordic power system. SINTEF Energy Research, Trondheim 2004
- NordSecurEI, Risk and Vulnerability Assessments for Contingency Planning and Training in the Nordic Power System, Statens Energimyndighet, Eskilstuna, mars 2009 (EU EPCIP prosjekt)
- Vulnerability and security in a changing power system, FoU-prosjekt RENERGI, Nfr, 2009-2012, SINTEF Energi, <http://www.sintef.no/Projectweb/Vulnerability-and-security/>
- Tema/seminar Smartgrid i et norsk perspektiv, Energi Norge februar 2011, presentasjoner: <http://www.energinorge.no/nett/smartgrid-i-et-norsk-perspektiv-article8229-244.html>
- The Norwegian Smartgrid Centre, <http://www.sintef.no/Projectweb/Smartgrids/>
- Sand, K.: Smartgrids i et norsk perspektiv, SINTEF Energi oktober 2010, AN 10.12.81
- Mørvik, Jorun: Distributed Generation in Smart Grid Perspective, prøveforelesning for PhD, NTNU, juni 2011
- Nordgård, Dag Eirik: The effect of Smart grids on the reliability of electricity distribution networks, prøveforelesning for PhD, NTNU, april 2010
- Smart Electricity Grids: Technology Information sheet, SETIS: <http://setis.ec.europa.eu/newsroom-items-folder/smart-electricity-grids-technology-information-sheet>
- The European Electricity Grid Initiative (EEGI), Roadmap 2010 – 18 and Detailed Implementation Plan 2010 – 12, www.smartgrids.eu
- North American Electric Reliability Corporation (NERC), Reliability Considerations from the Integration of Smart Grid, December 2010, www.nerc.com
- European Technology Platform for the Electricity Networks of the Future (Smart Grids), www.smartgrids.eu
- The Norwegian Smart Grid Centre, www.smartgrids.no

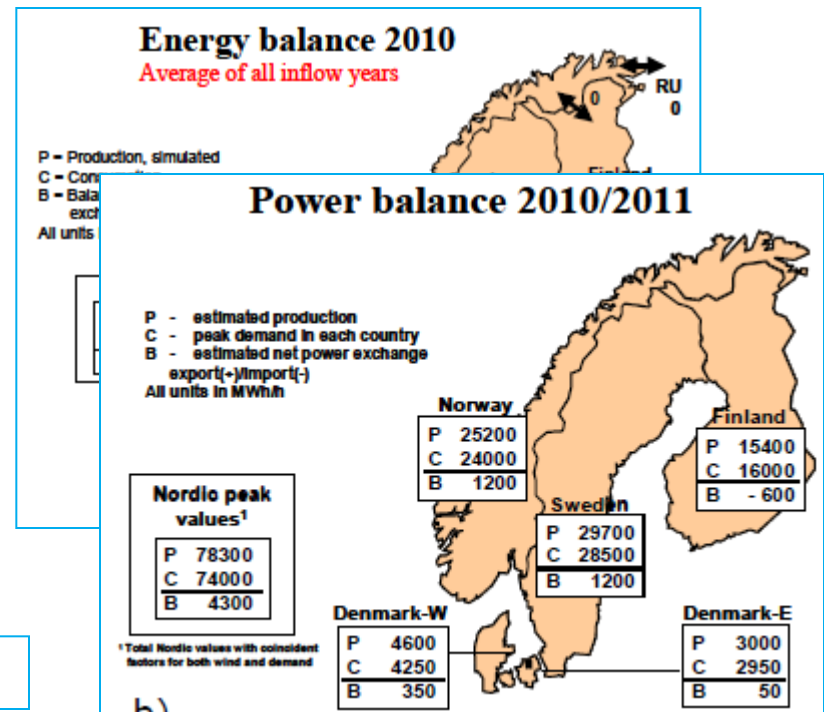


Teknologi for et bedre samfunn

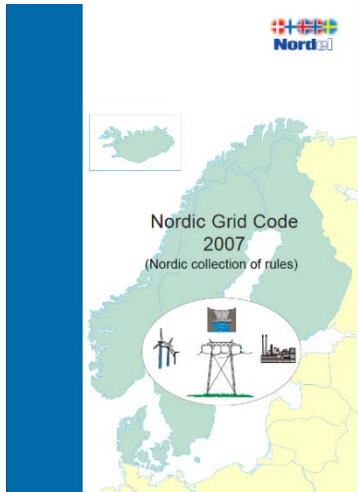
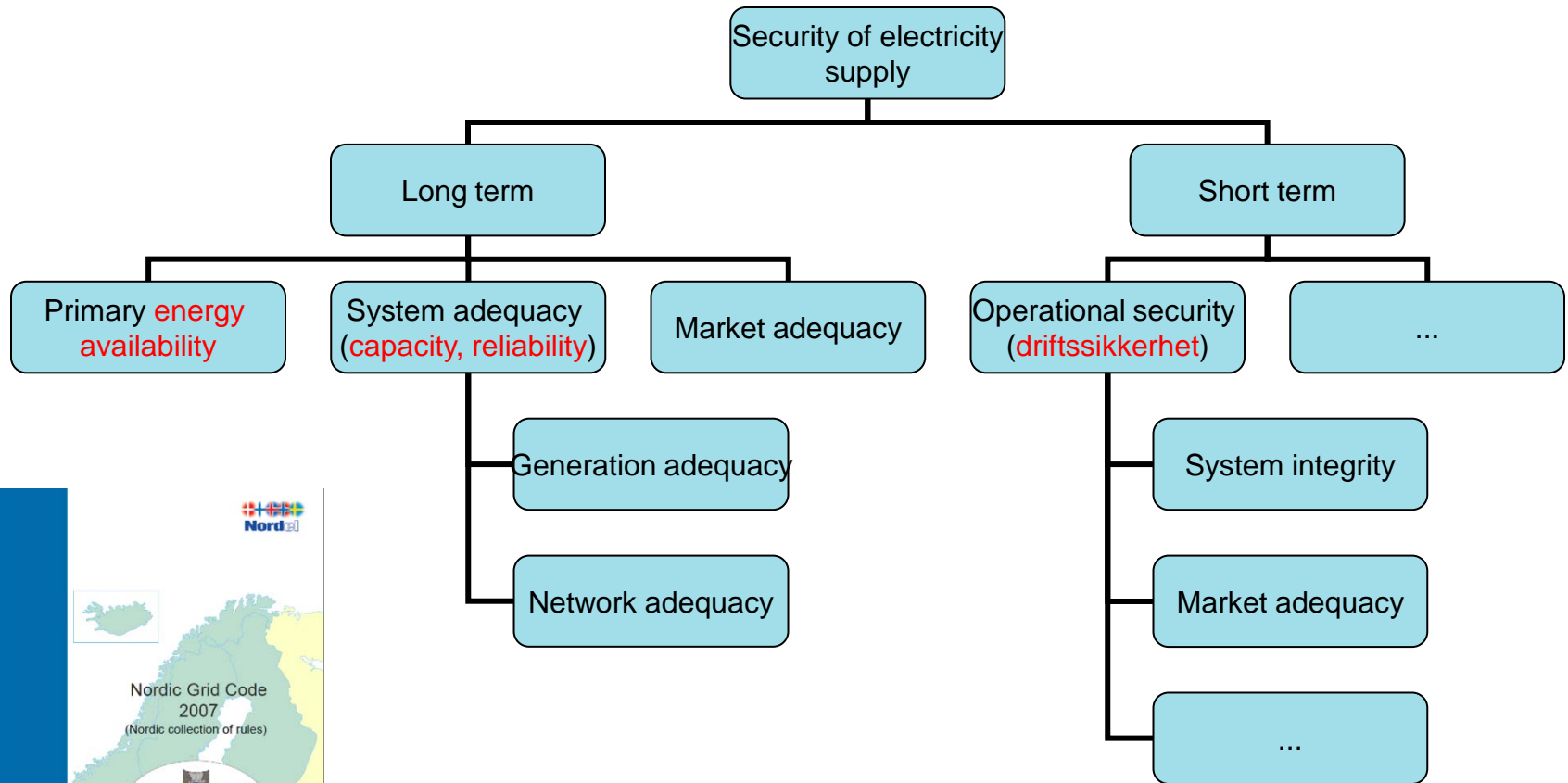
Security of electricity of supply - SoS

- "**Security of electricity supply** means the ability of an electricity system to supply final customers with electricity" (EU Directive)
- Energy availability
- Power capacity
- Reliability

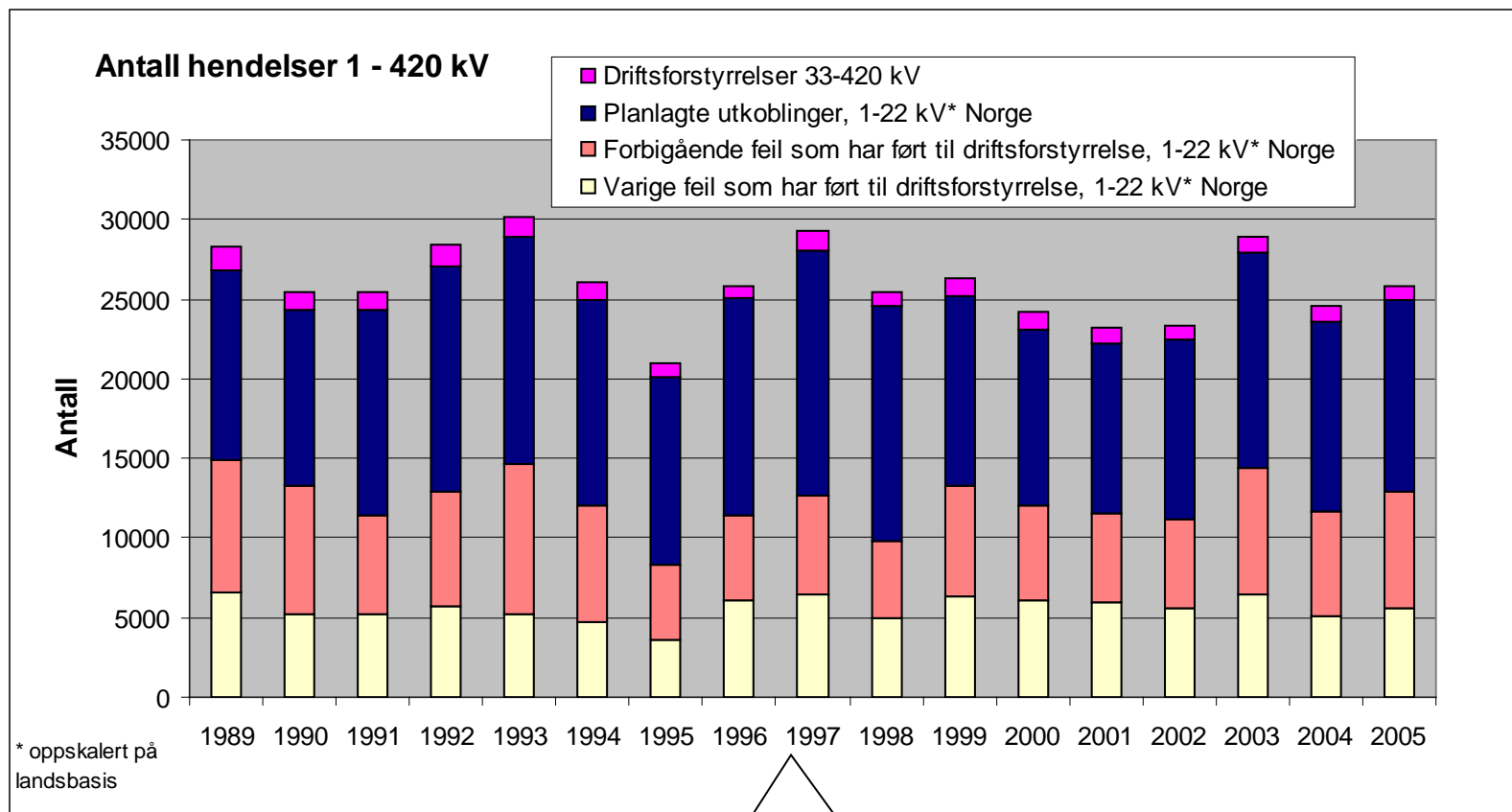
Power system failures



Forsyningssikkerhet i planlegging og drift



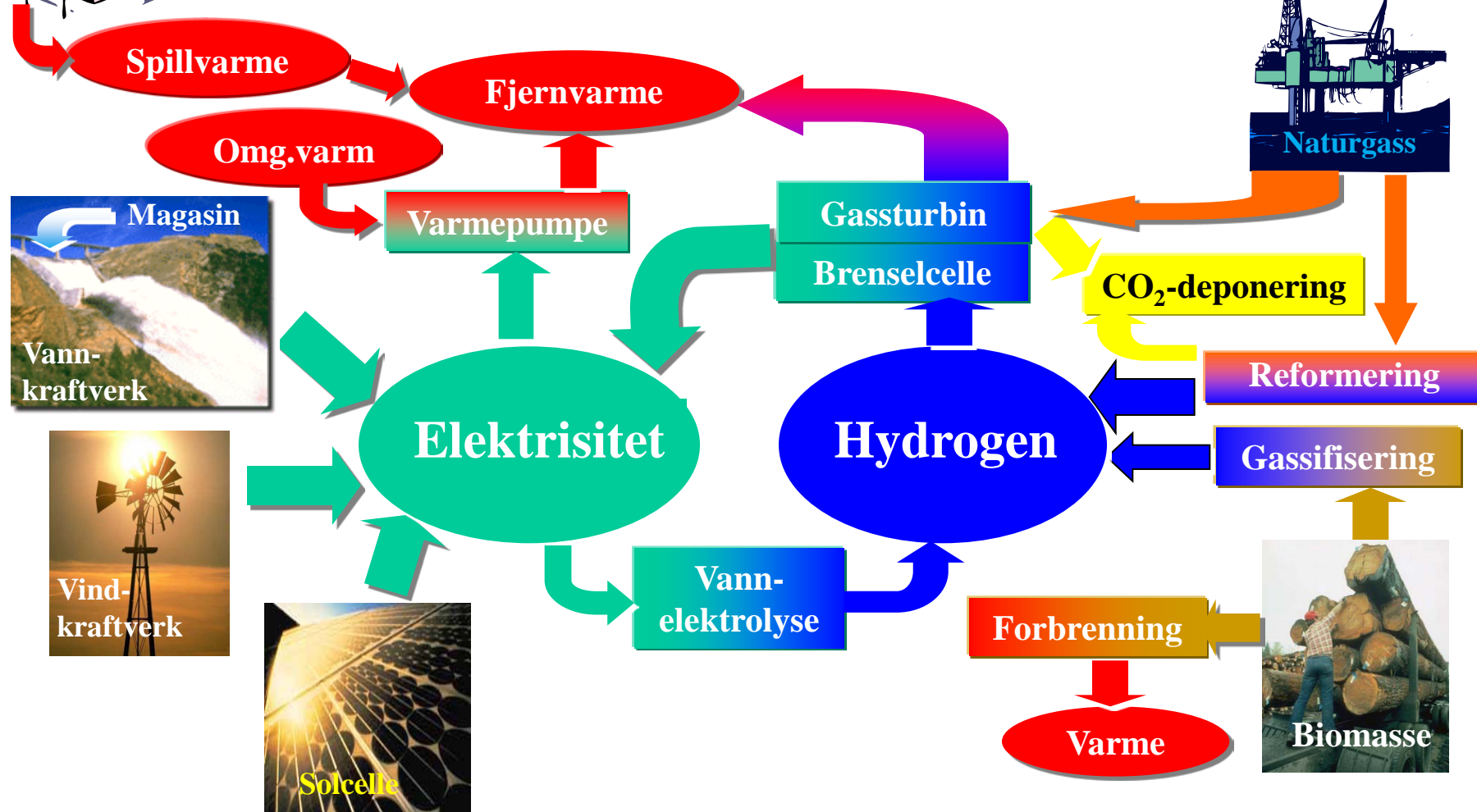
Antall hendelser i kraftnettet 1 – 420 kV, 1989 - 2005



90 % av alle hendelser skjer i D-nettet



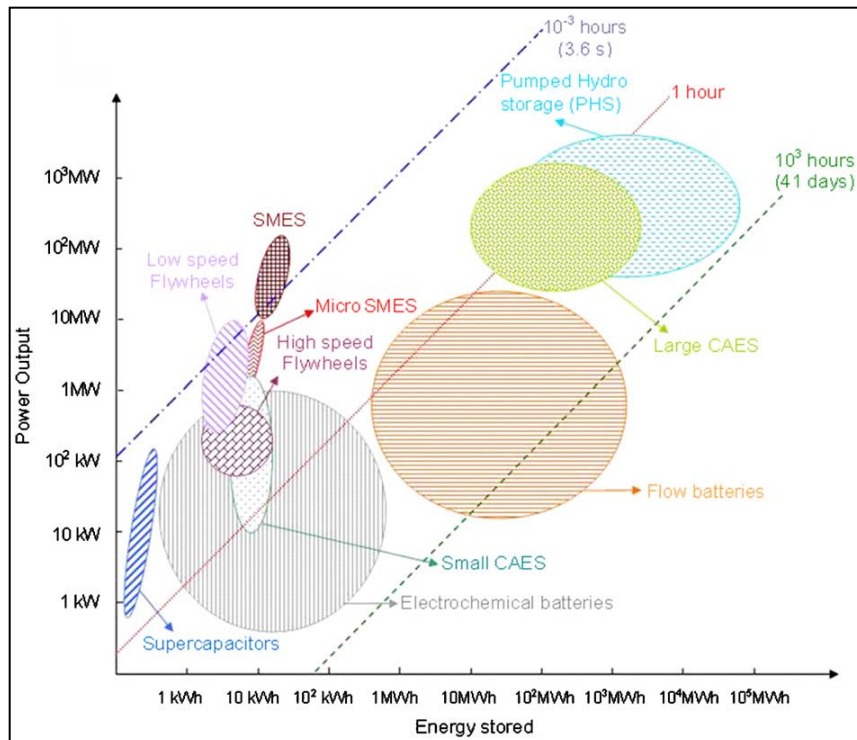
Norges energifremtid? - Energiomforming



Energi- og miljøvisjon, Næringslivets idfond, NTNU 2000, S. Møller-Holst, P. Næsje, G. Kjølle

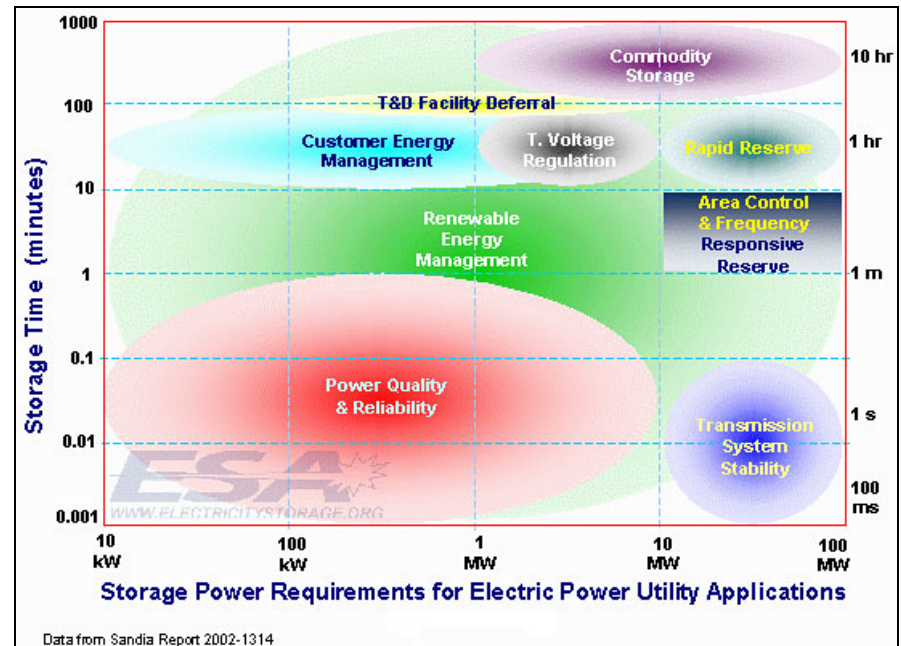
Energy storage candidates

Fields of application



Relation between stored energy and power output of different energy storage technologies.

From: Frost & Sullivan: Emerging Energy Storage Technologies in Europe. 2003.



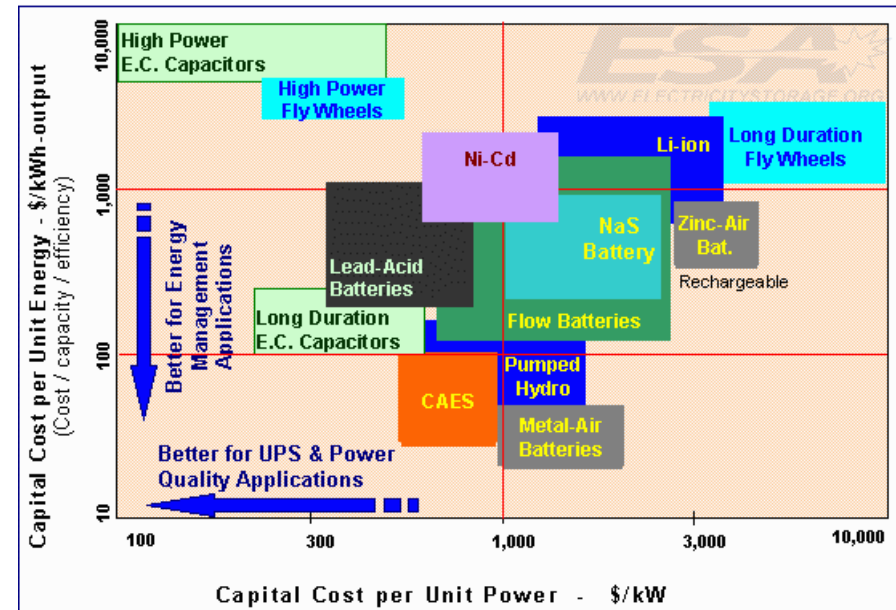
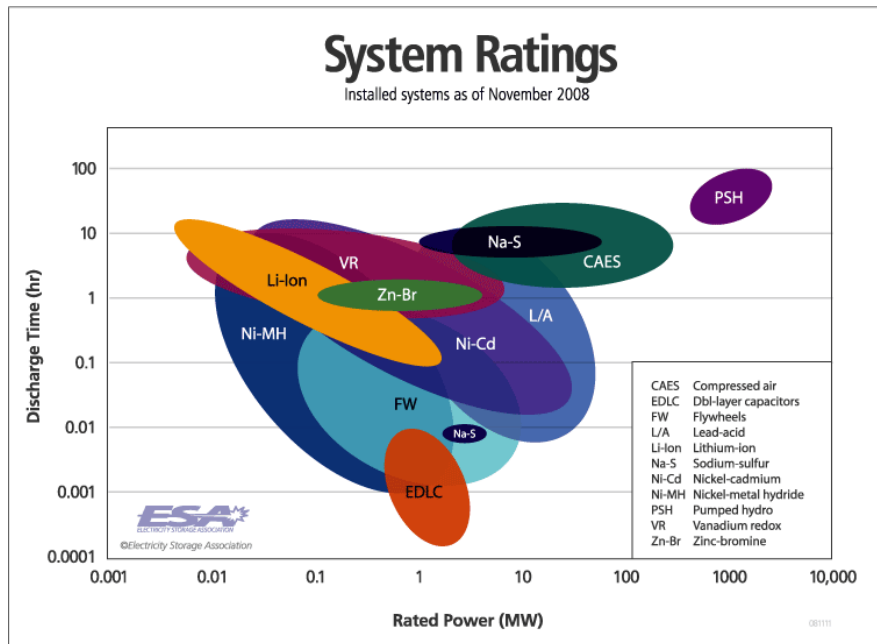
Data from Sandia Report 2002-1314

Relation between power requirements for different power utility applications versus storage time.

From: Energy Storage Association. <http://www.electricitystorage.org>

Energy storage candidates

System ratings and costs



Relation between rated power versus discharge time for installed systems as of November 2008.

From: Energy Storage Association. <http://www.electricitystorage.org>

Capital cost per unit power versus capital cost per unit energy.

From: Energy Storage Association. <http://www.electricitystorage.org>