



Norge som leverandør av balansekraft

Magnus Korpås¹, Ånund Killingtveit¹, Atle Harby²

1: Norwegian University of Science and Technology, NTNU

2: SINTEF Energi AS

PTK 2016

CEDREN

Centre for Environmental Design of Renewable Energy



fme
CENTRE FOR
ENVIRONMENT-
FRIENDLY ENERGY
RESEARCH

CEDREN HydroBalance: WP's

Balancing European intermittent energy production by using existing Norwegian hydro reservoirs

Vision: Norwegian hydro – the blue rechargeable battery for Europe

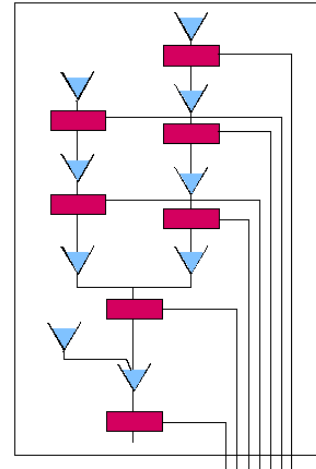
WP 1: Roadmaps for balancing from Norwegian hydropower

WP 2: Demand for energy balancing storage

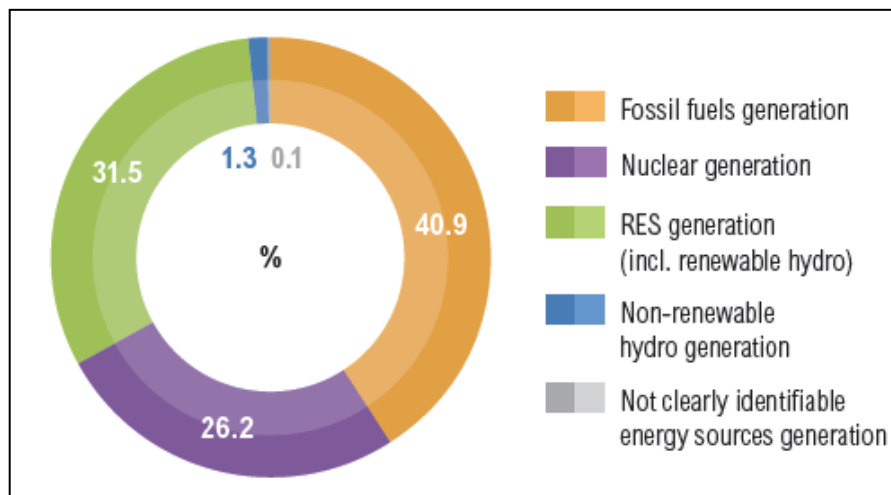
WP 3: Analyses to develop relevant business models

WP4: Environmental impact of operation schemes for balancing

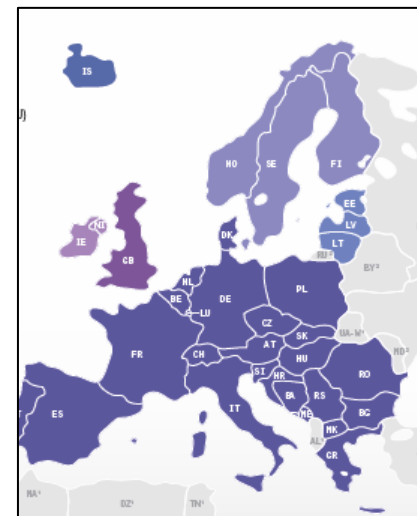
WP 5: Social acceptance and regulatory framework



Elektrisk energi - produksjon i Europa 2012-2014



Source:
Entsoe
European
Electricity
System
Data 2014



Status el-produksjon i Europa ved start 2015

Fossile brensel:	1342 TWh
Kjernekaft	860 TWh
Fornybar kraft:	1030 TWh

Vannkraft	565 TWh
Vindkraft	250 TWh
Sol (PV)	92 TWh
Bio	106 TWh

Sum el-produksjon Europa	3300 TWh
--------------------------	----------

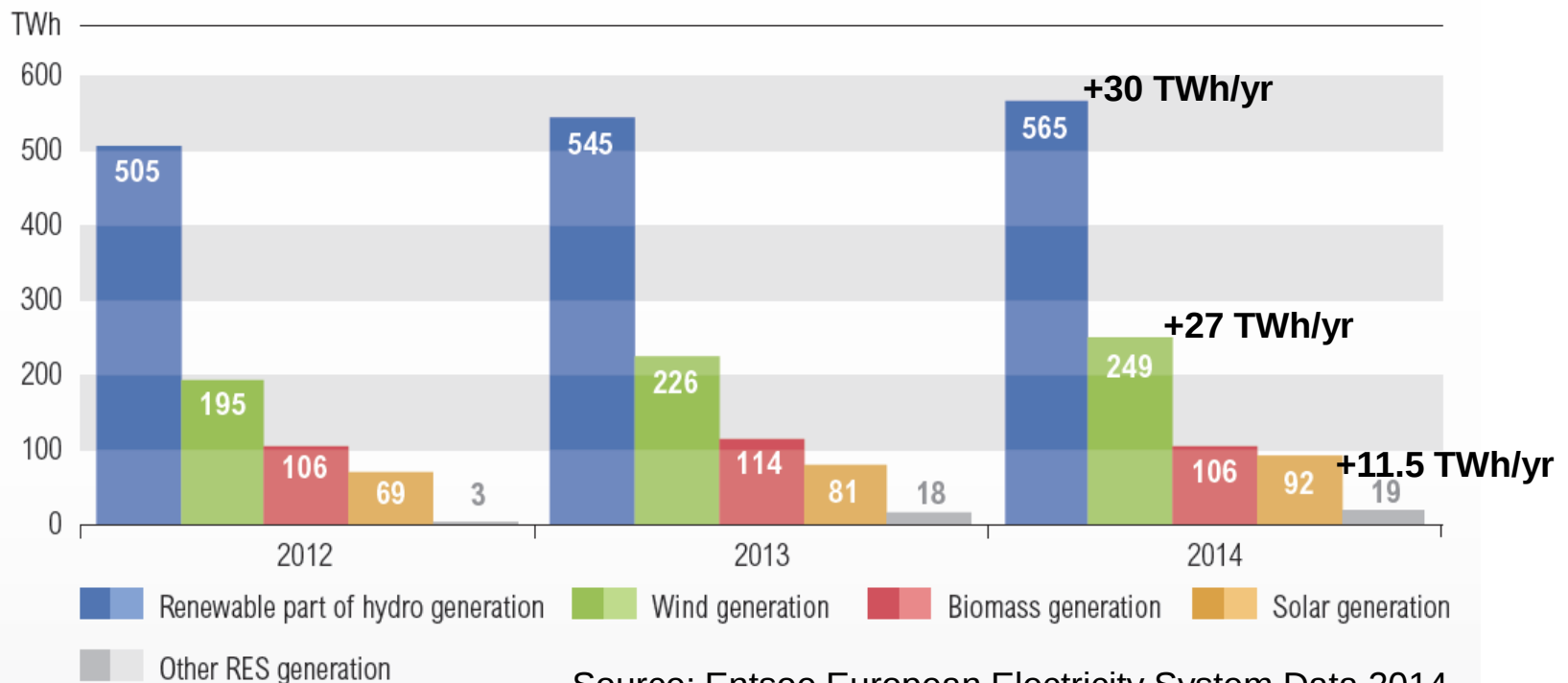
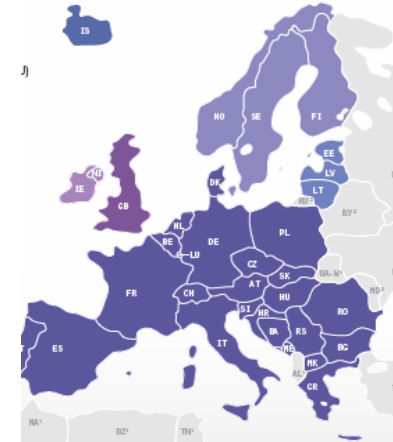
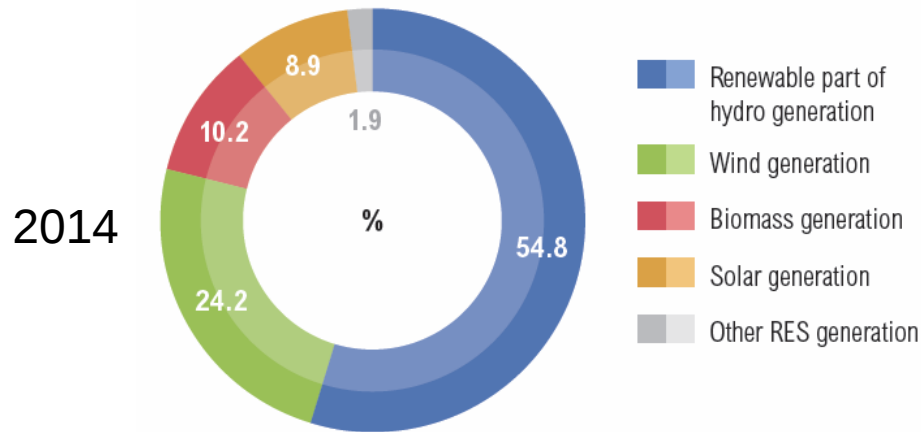
Fornybar el-produksjon

Utgjør ca 31% i 2015

Av dette

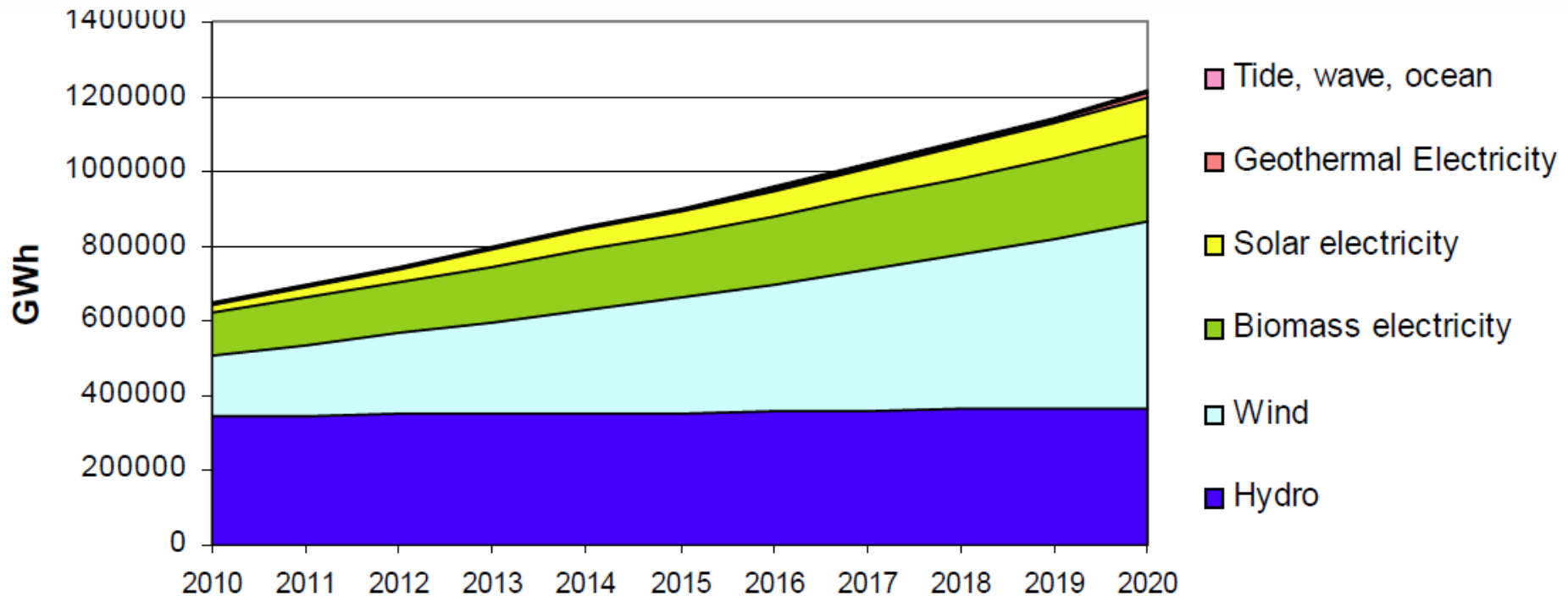
Regulerbar (vann, bio)	20%
Uregulerbar (vind, sol)	10%

Utvikling fornybar energi i Europa 2012-2014



Source: Entsoe European Electricity System Data 2014

Mot 2020 – Implementering av RES-direktivet



RES generation from **632** TWh in 2010 to **1152** TWh in 2020

Largest increase in Wind - ca 120 GW and **305** TWh

Also rapid increase in Solar PV - ca 65 GW og **100** TWh

➔ Increase of **non-dispatchable** power generation (wind, solar PV)

2020 er bare første skritt – Målet skal nås i 2050



- CO2 utslipp redusert med 80-95% fra 1990 nivå
- Nær 100% av strøm kommer fra fornybare kilder
- Atomkraft (i Tyskland) stenges ned i 2022
- Hovedsakelig vind og sol
- Gir store utfordringer knyttet til
 - Kostnader
 - Leveringssikkerhet
 - Integrasjon av store mengder ikke-regulerbar kraft
 - Sterk økt behov for **Transmisjon** og **Lagring** (Storage)

Tre viktige tidspunkt i EU's energi og klimapolitikk

2020

The RES Directive
Share of RES 20%
Electricity 34%
Policy in effect

Uregulerbar (vind, sol)
12.5 % (?)

2030

2030 Framework
Share of RES > 27%
Electricity 45%
Finally decided Oct 2014

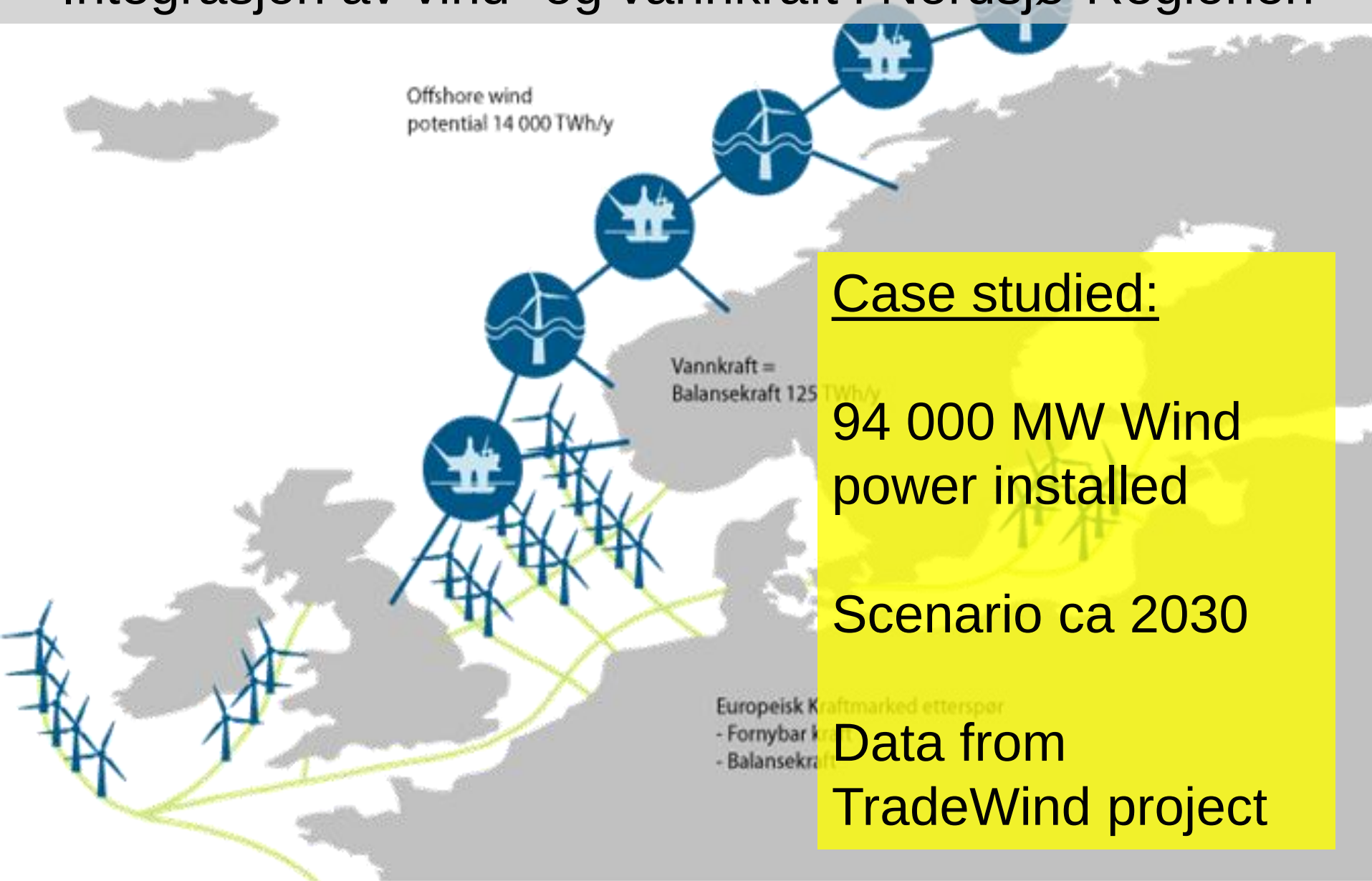
Uregulerbar (vind, sol)
22.5% (?)

2050

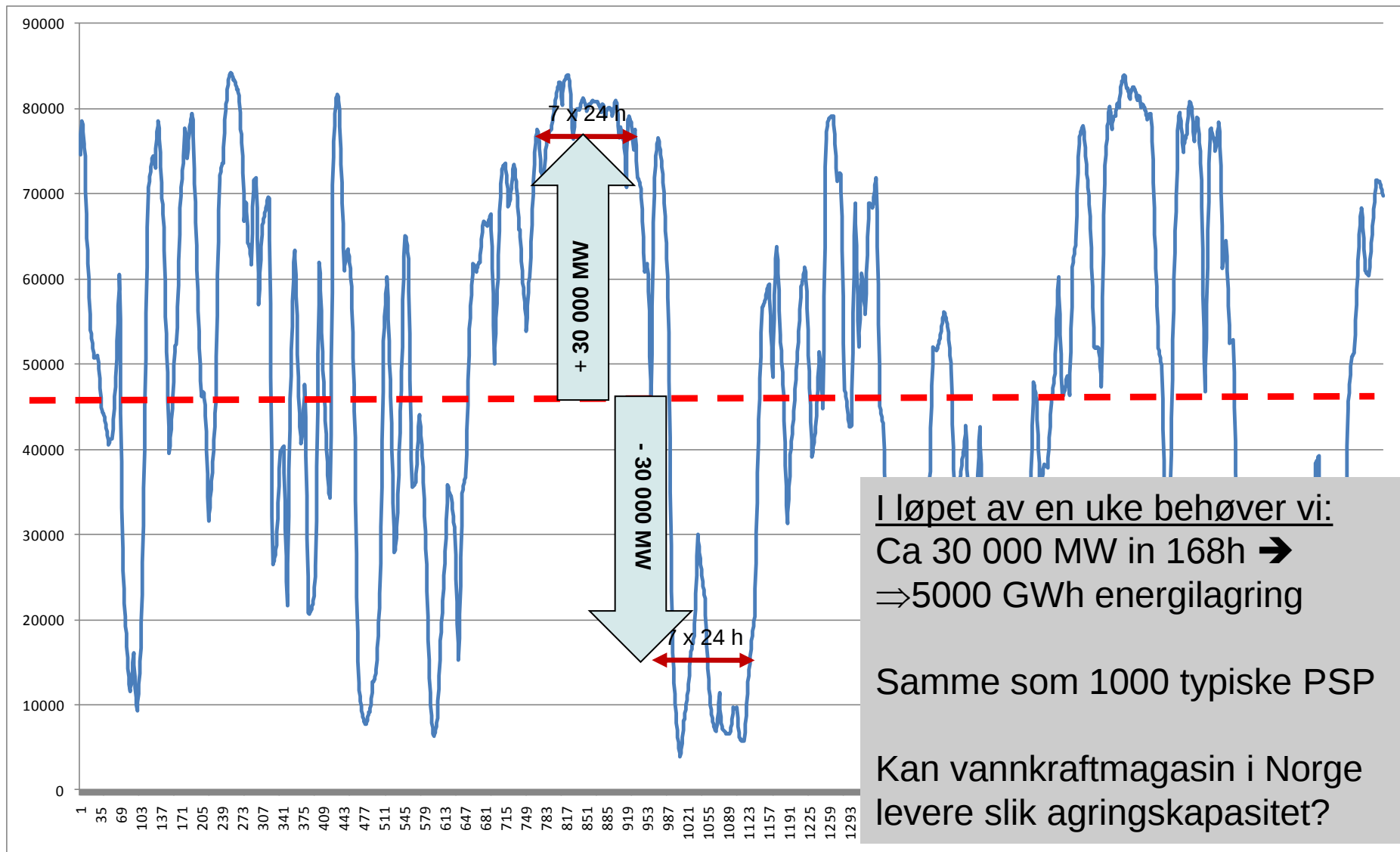
Energy roadmap 2014
85-90% Renewable?
Electricity 100%

Uregulerbar (vind, sol)
55% (?)

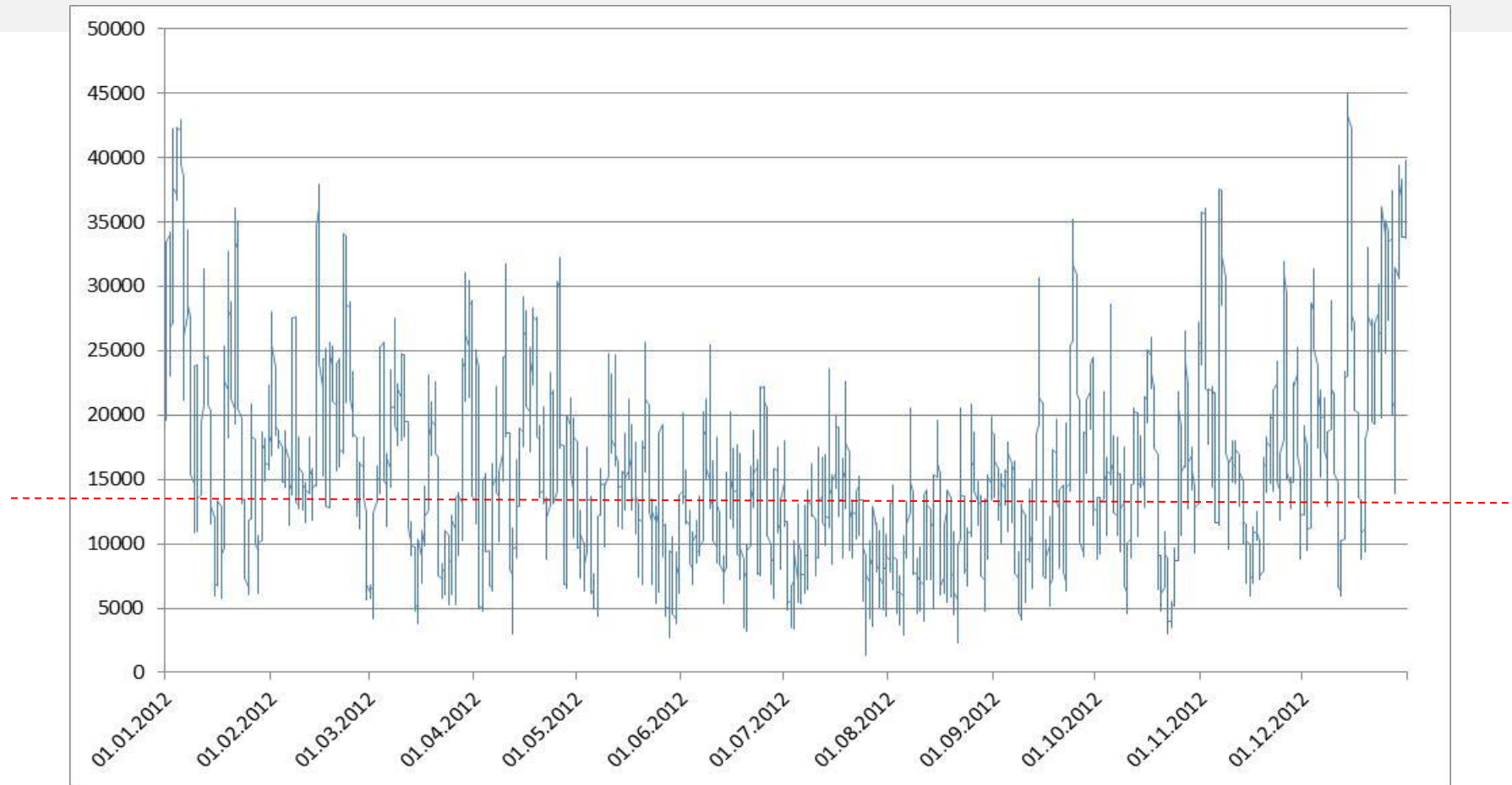
Integrasjon av vind- og vannkraft i Nordsjø-Regionen



Simulert vindkraftproduksjon i Nordsjøregionen Jan – Mars 2001



Faktisk produksjon i Vest-Europa (ES, FR, DE, DK, GB, IR) i 2012



Observed Wind energy production
In a system with **76013** MW
installed capacity (Stadium 2012)

Maximum: 44995 MW

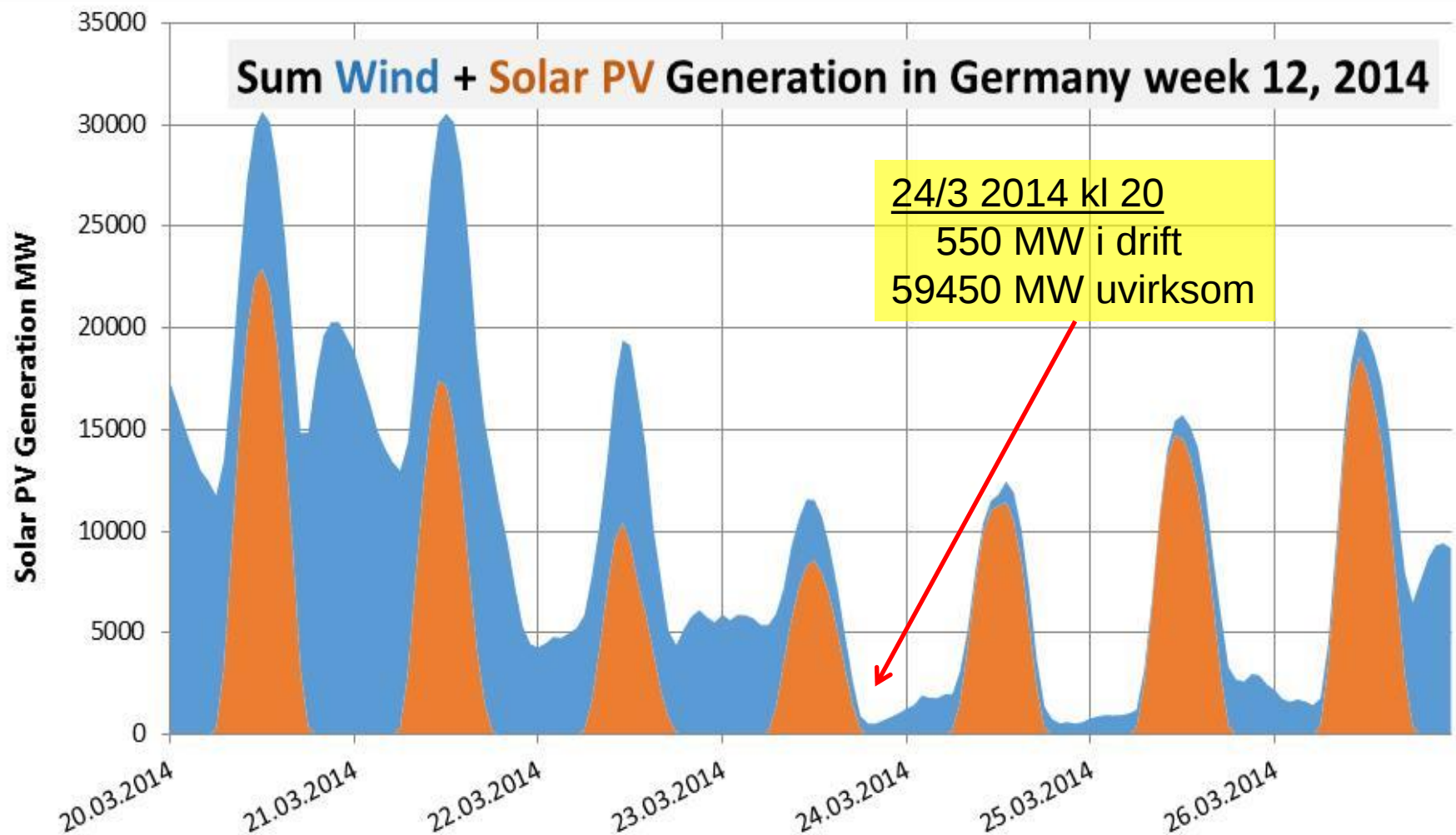
Minimum: 1272 MW

Typical: 15400 MW

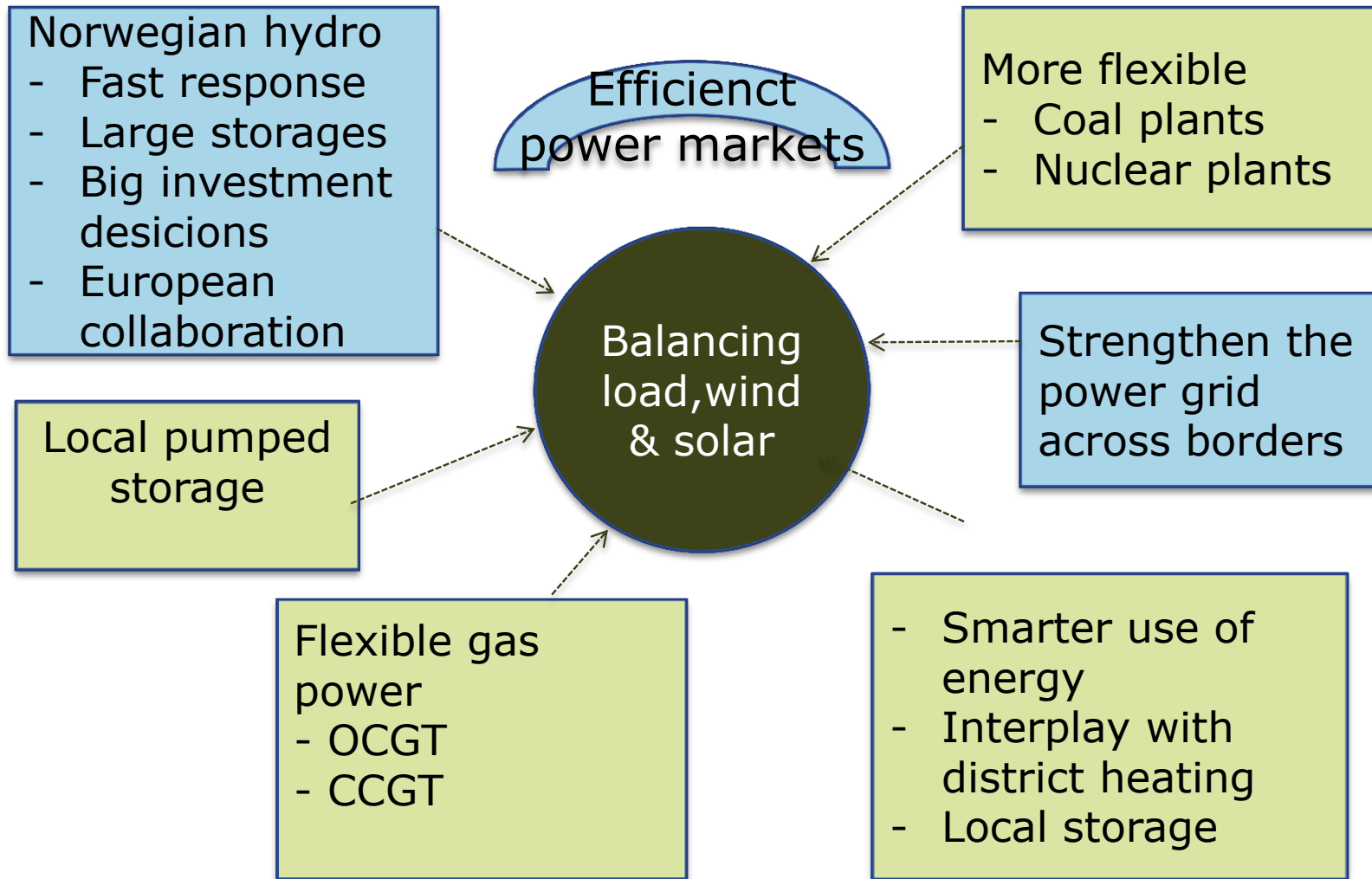
Capacity Factor: **0.20**

Vind + Solenergi produsert i Tyskland uke 13 2014

Systemkapasitet 30 000 MW Vind + 30 000 MW PV

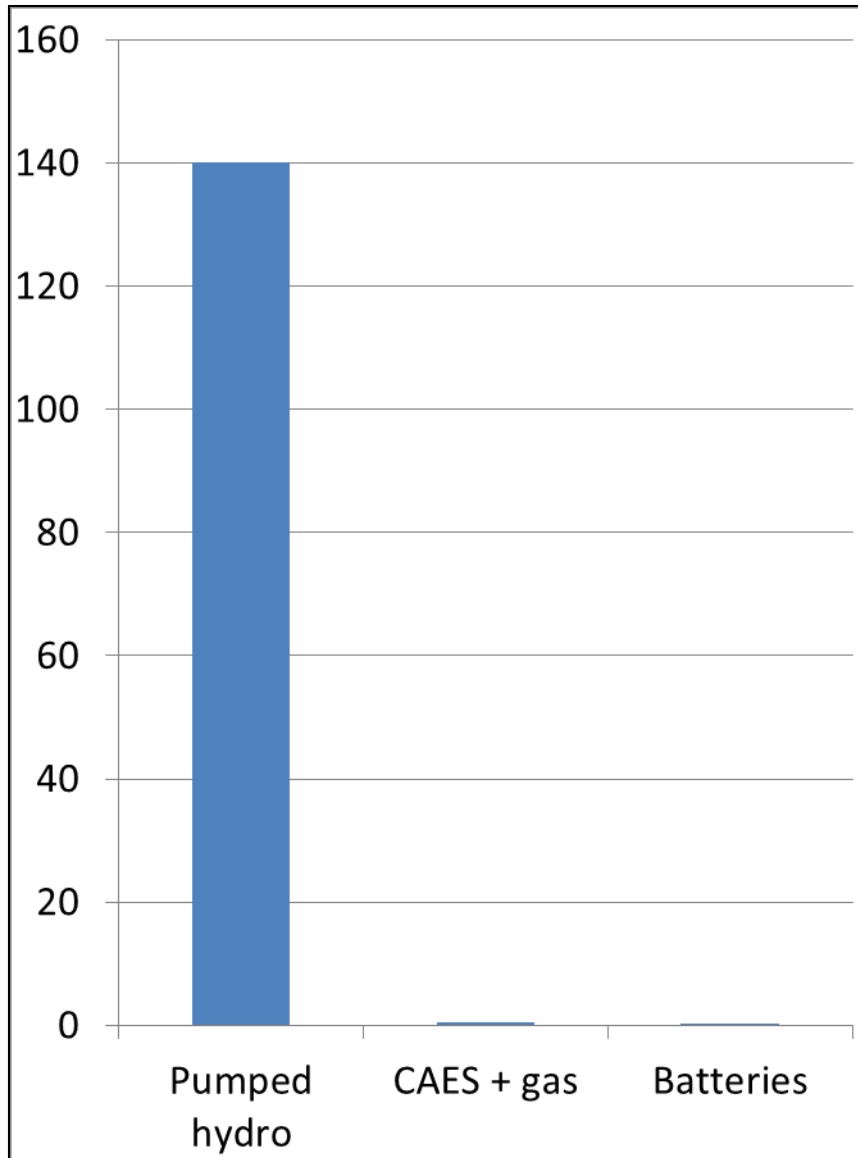


Flexibility options in Europe



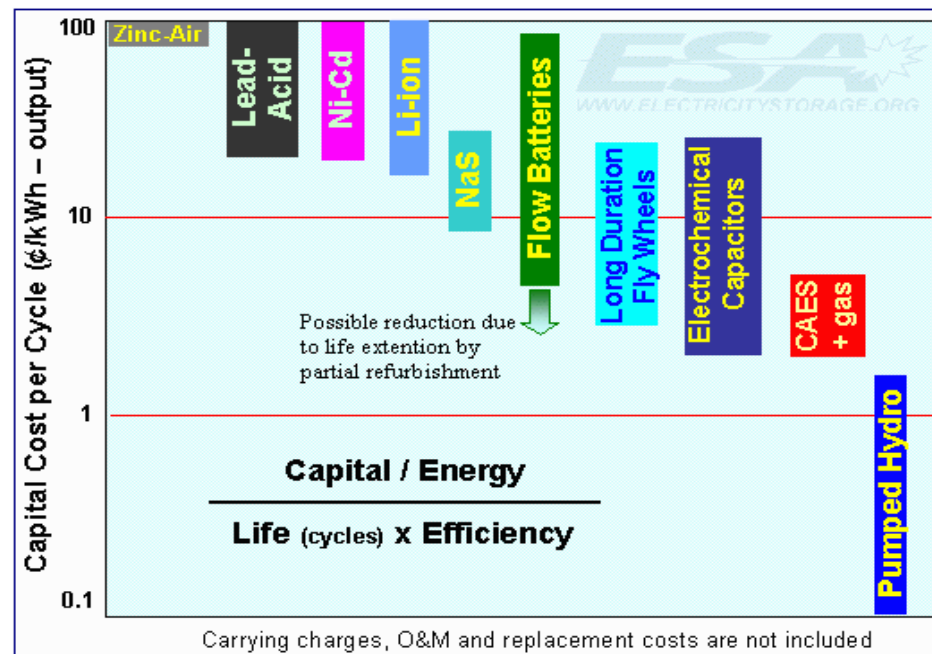


GW installed capacity



Electric energy storage installed capacity today

Capital costs per cycle:



Nordisk vannkraft har unike kvaliteter..

- Hurtig reguleringskapasitet for levering av effekt
- Store vannmagasiner for lagring av energi
- Store effekt- og pumpeutvidelser mulig i eksisterende vannkraftsystem
- Det er et sterkt økende behov for fleksibel kraft i Europa. Hva slags rolle kan nordisk vannkraft spille?



Store vannkraftverk (> 10 MW) og vannkraftmagasin i Norge

Det finnes **> 100** mulige pumpekraft-prosjekter i Norge

20 av disse har både øvre og nedre magasin **> 100 Mill.m³**

Mange prosjekter kan gi **over 1000 MW** hver

Også mulig med **økt effektinstallasjon** (særlig ved utløp i havet)

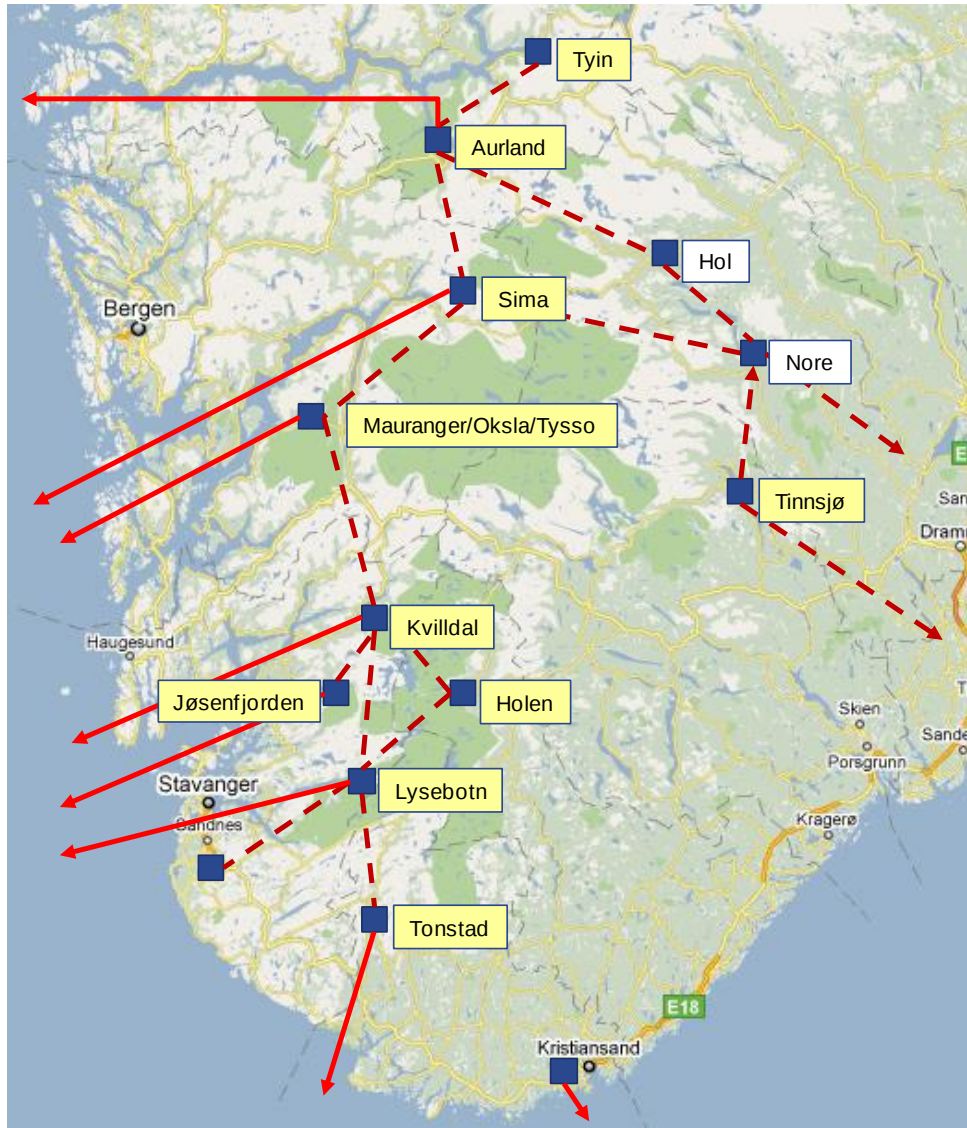
Moderat miljøpåvirkning – forutsetter bare bruk av
eksisterende magasiner og uendrede reguleringsgrenser

Preliminære undersøkelser i CEDREN viser et potensiale på
minst 20 000 MW

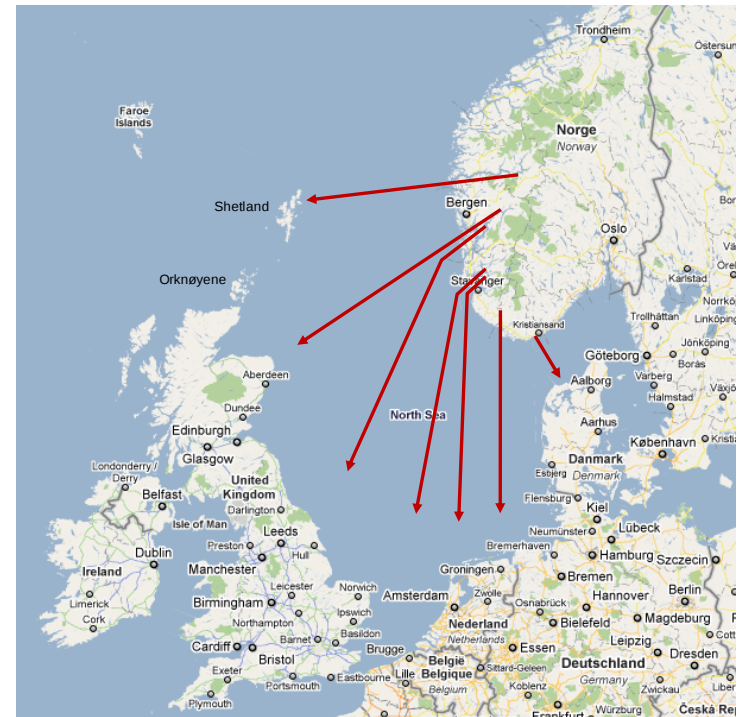
12 prosjekter er studert i noe større detalj

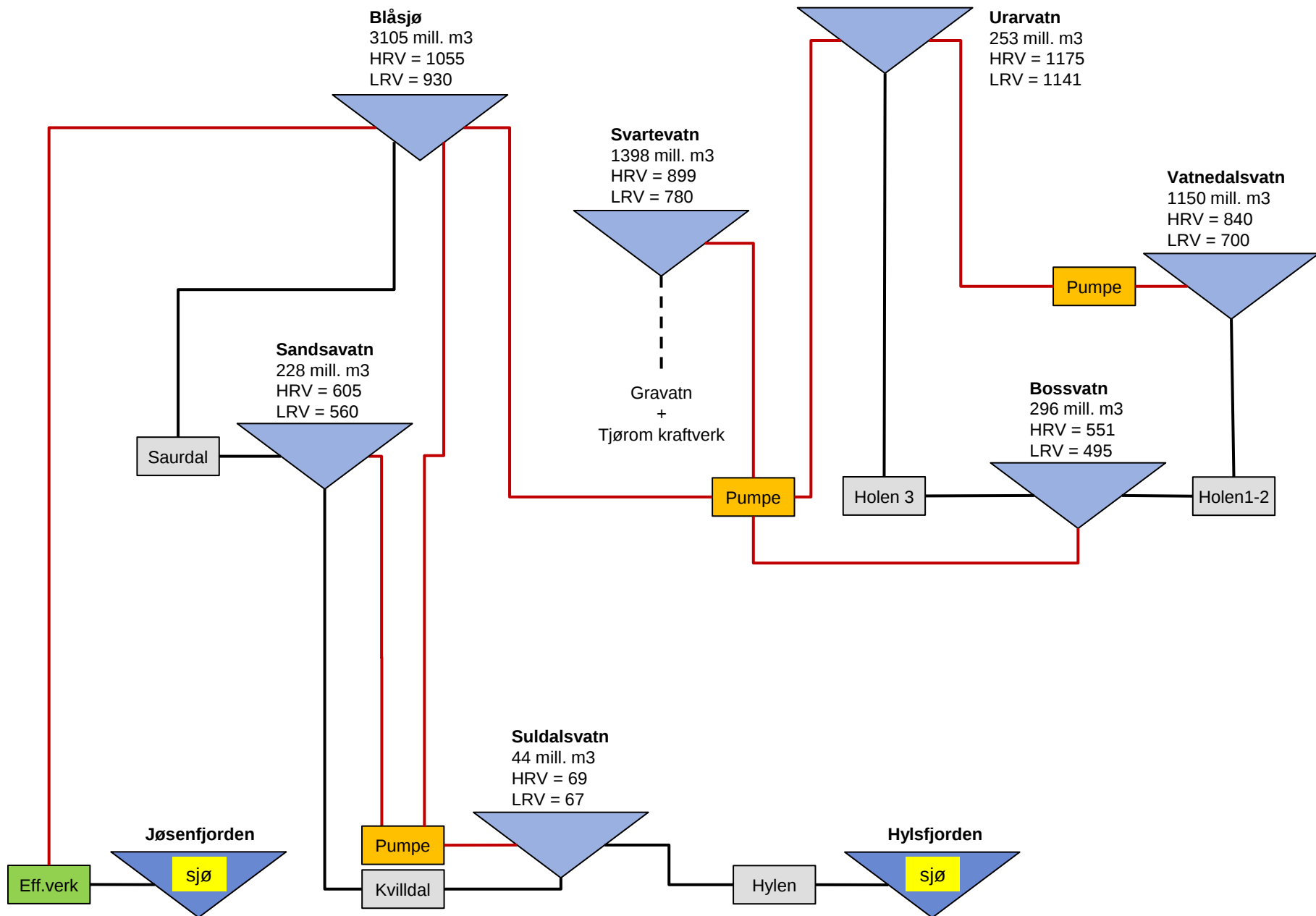
Vannkraftverk
og magasiner
i Norge

Pumpe- og effektkraftverk i Norge – Noen eksempler



CEDREN Case study Stadium 2030



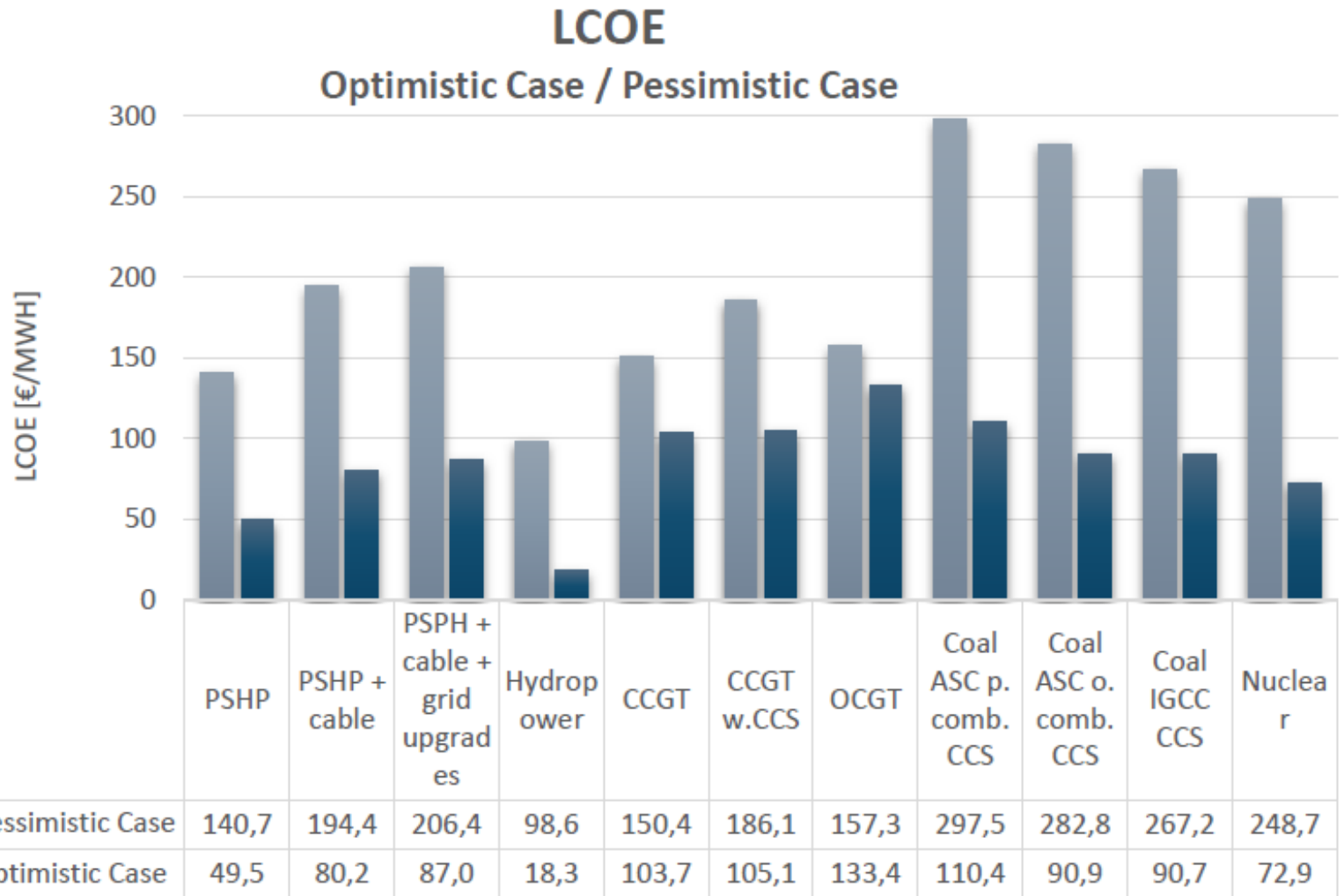


Hva koster det å skaffe fleksibilitet?

- Technologies: PSP, conv. hydro, several types of thermal with and without CCS (CCGT, OCGT)
- Main data sources: IEA, DECC, EIA, NVE
- Sensitivity analysis on assumptions
 - Discount rate
 - Load factor for all technologies
 - Investment cost of pumped hydro
 - Average pumping price
 - Fuel and carbon prices
 - Costs for cables and grid upgrades

Levelized Cost of Electricity (LCOE)

Optimistic vs Pessimistic assumptions



Environmental impacts



Impacts on fish ?



Threatening biodiversity ?



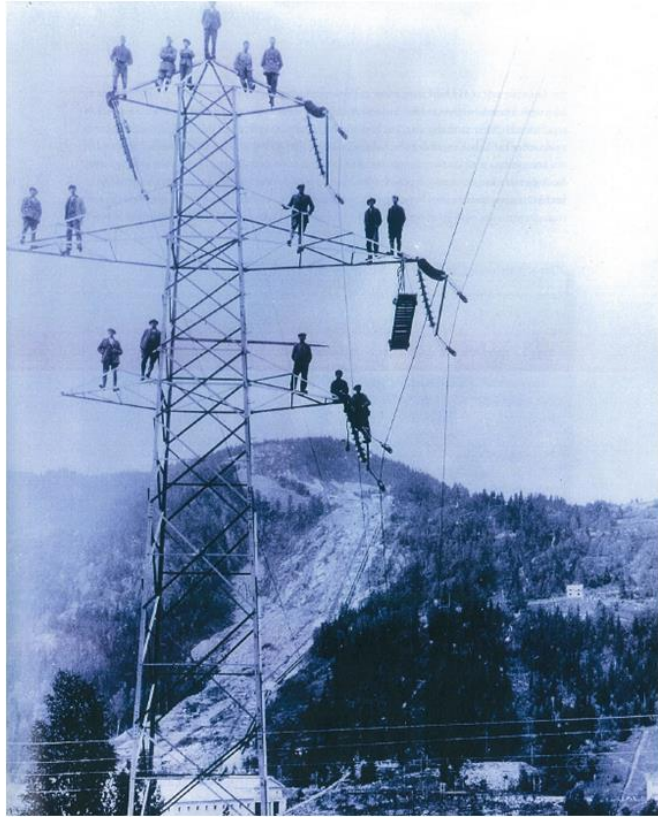
Unsafe ice conditions ?



Drawdown zone exposed
– changed pattern?



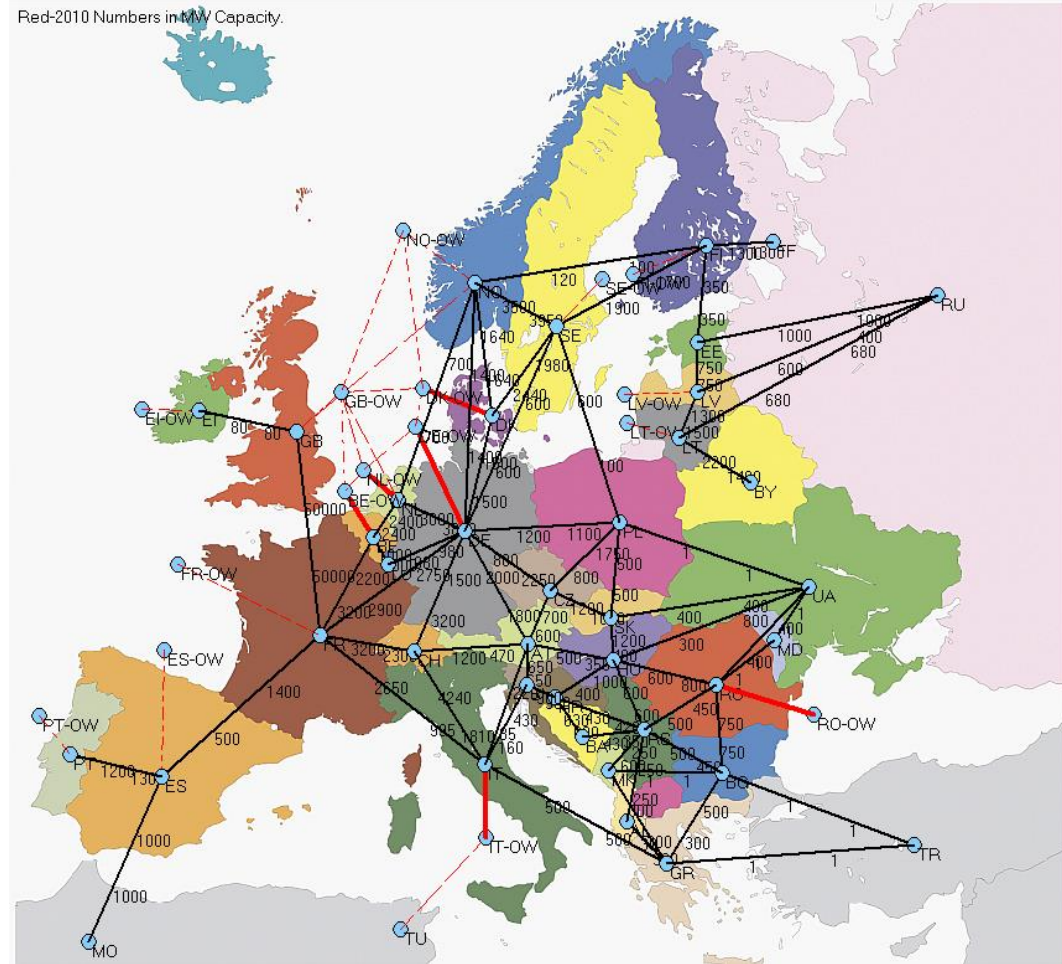
More overhead power lines



Collision risk for birds and other wildlife impacts

Market design

- Inter-governmental agreements
- Benefit for all parties:
 - Reservoir owner
 - Cable connection owner
 - Energy company on the continent
 - Local communities
 -and climate!

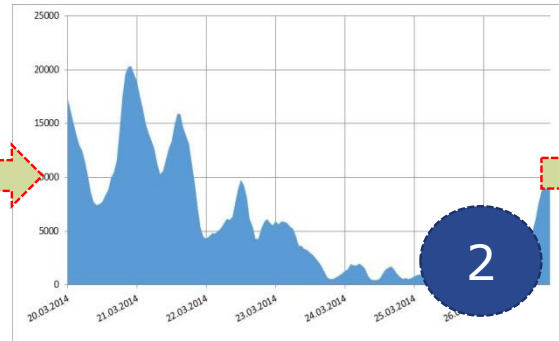


Nytteverdien av å dele balanse-ressurser i Europa er formidabel

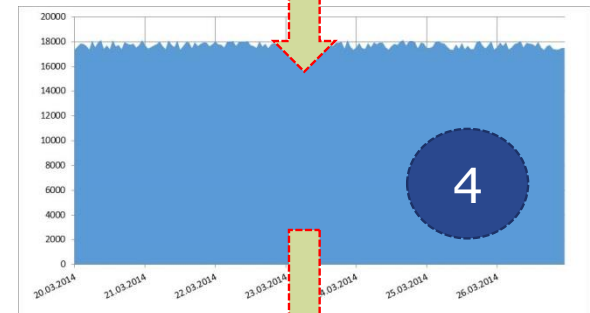
- UK-Frankrike: Årlig nytte **400 mill NOK**
- Norden: Årlig nytte **1,8 Mrd NOK**
- Hele EU: Årlig nytte **24 Mrd NOK**
- Tallet fra Norden viser hvor mye brenselkostnader som er blitt spart i året siden vi innførte et felles marked
- EU-kommisjonen benytter den nordiske modellen som eksempel til etterfølgelse

Kilde: EC DG ENER/B2524/2011, mars 2013

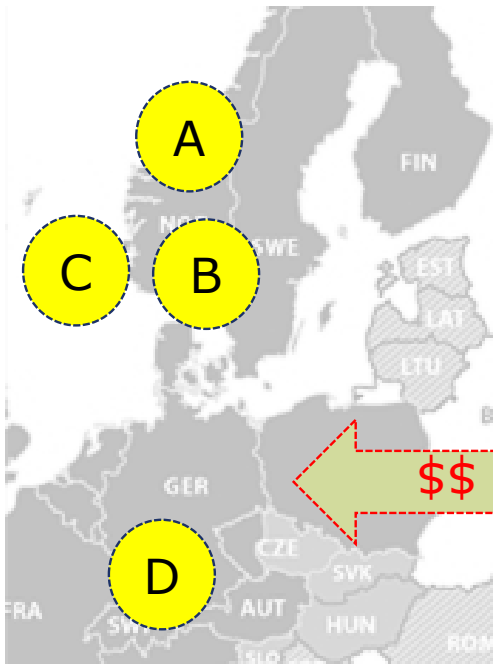
Fosen vind med Agder Energi som grønt batteri?



1. Vindkraft Fosen
2. Variabel strømproduksjon
3. Balansering vannkraft Agder
4. Jevn strømleveranse til Hydro
5. Aluminiumsverk på Karmøy
6. Utjevnet pengestrøm (?)
 - A. Til Fosen Vind
 - B. Til Agder Energi
 - C. Til Hydro
 - D. Til Pensjonistene i Sveits



Variabel vind → sikre inntekter



Stort møte om balansekraft og grønt batteri



Møte arrangert av NTVA, CEDREN og Norges Forskningsråd

Oslo, Onsdag 16 November, 2016 kl 10-15

«Norge som Europas grønne batteri – Visjoner og realiteter»

Møtet er åpent for alle interesserte

For mer informasjon følg med på

www.ntva.no

www.cedren.no

For more information –
visit CEDREN at or our web-site

<http://www.cedren.no/>

