Behov for (elektrisk) energilagring

Professor Ånund Killingtveit
CEDREN/NTNU

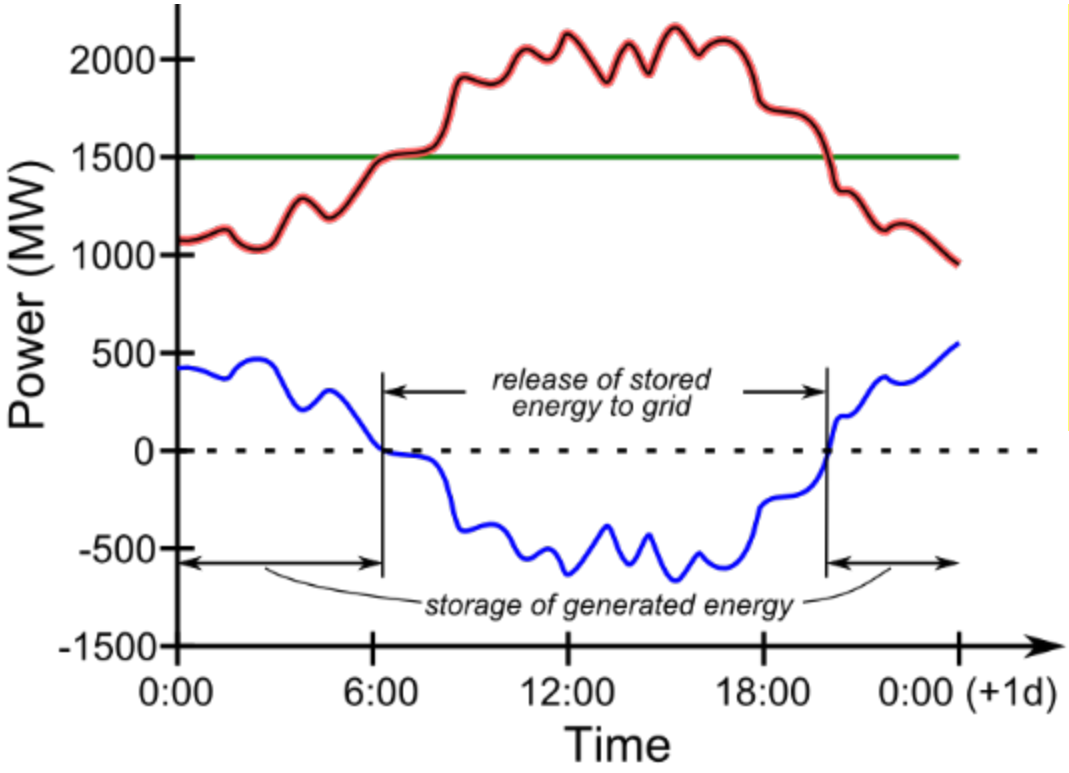
Seminar om storskala energilagring –
Status, marked og muligheter for storskala energilagring
CIENS Oslo 27 September 2016

Seminar arrangert av CEDREN og Bellona

Storskala energilagring (elektrisitet)

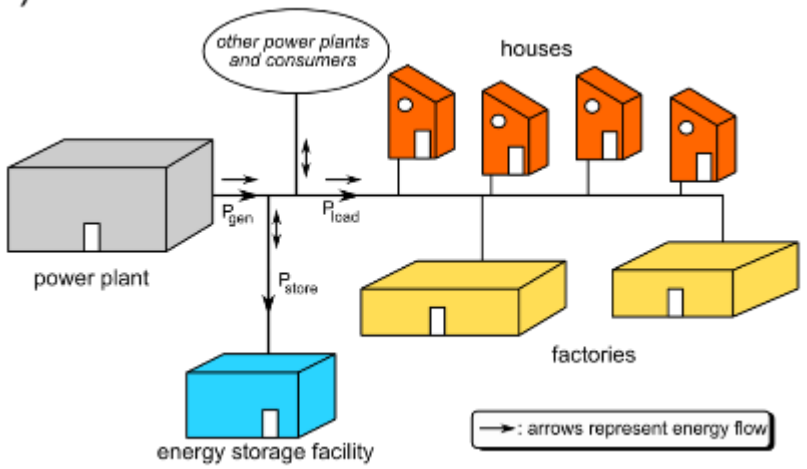
- Sikre samsvar mellom forbruk og produksjon av el
- Tradisjonelt har vi sett behov innen to hovedområder
  - *Balansering av el-produksjon i varmekraftverk over døgnet*
  - *Sesonglagring av vannkraft fra vår og sommer til vinter*
- Nå økende fokus på integrasjon av sol og vind
- Behov for energilagring på mange tidsskalaer
- Nødvendig for å sikre framtidig fornybar-satsing
- Ikke alltid lett å se behovet i dag – hvorfor?

Balansering over døgnet i et termisk system (variasjon i forbruk)



Termiske kraftverk er mest effektive når de kjøres med jevn last. Endringer i forbruk i løpet av døgnet kan med fordel håndteres av andre typer kraftverk, for eksempel pumpekraftverk eller gasskraftverk

Tradisjonelt er pumpekraft brukt for å supplere kraftproduksjon i høylast-perioder om dagen, mens pumping har skjedd om natta. Dette har endret seg for eksempel i Tyskland på grunn av mye PV-produksjon om dagen



Sesongvariasjon i tilsig og forbruk i Norge (2007)

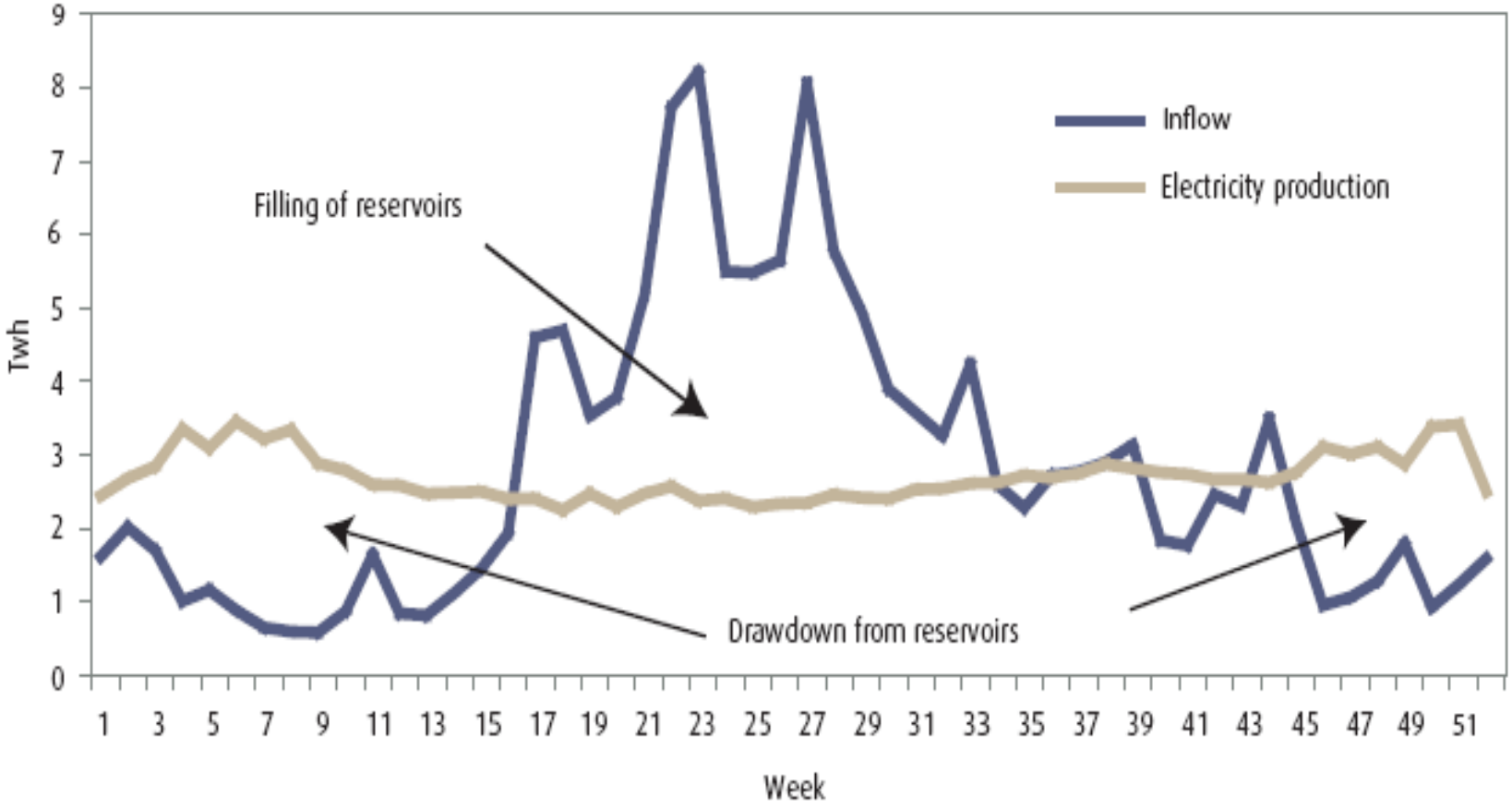
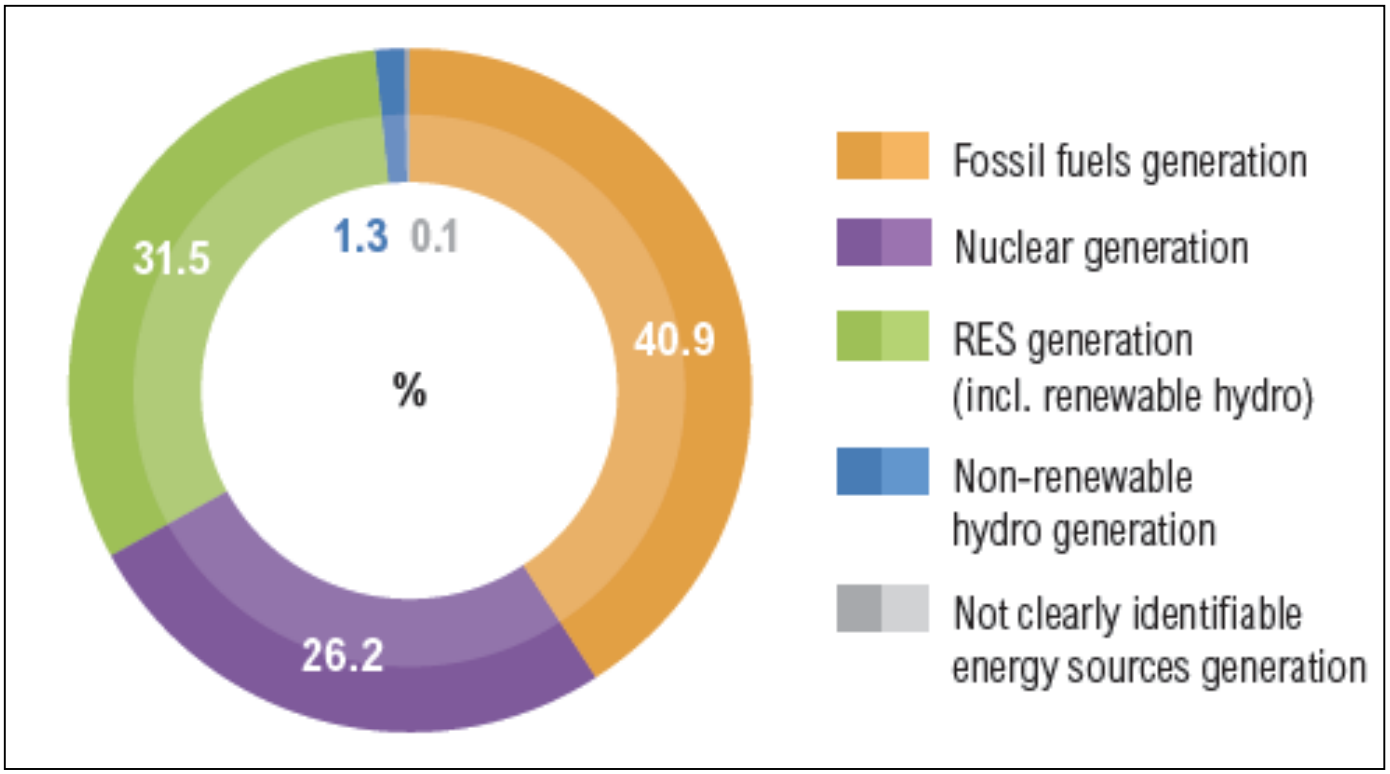


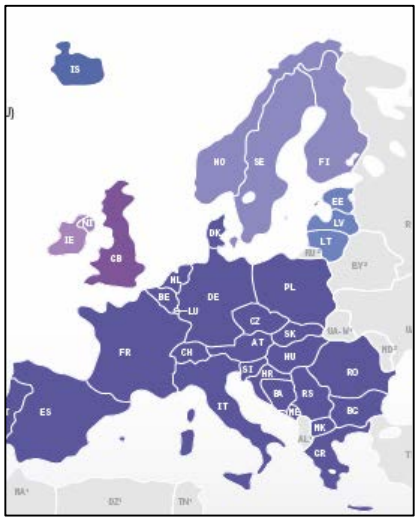
Figure 2.2 Variations in water inflow and electricity output in 2007.

Source: Nord Pool

Norge har vært nødt til å bygge ut stor magasinkapasitet for å sikre utjevning på sesongbasis (sommer/vinter)
Samlet magasinkapasitet 84.3 TWh (ca 50% av hele Europa)
Største magasin Blåsjø kan lagre 7.8 TWh

Elproduksjon i Europa – Status pr 2014

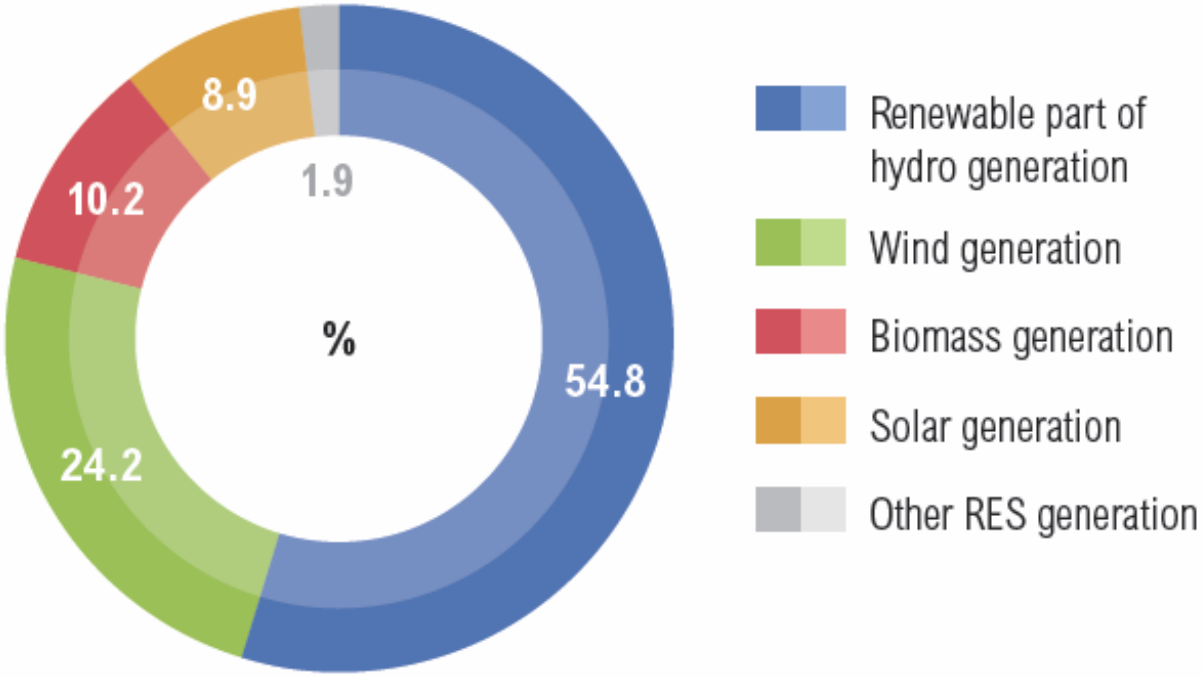


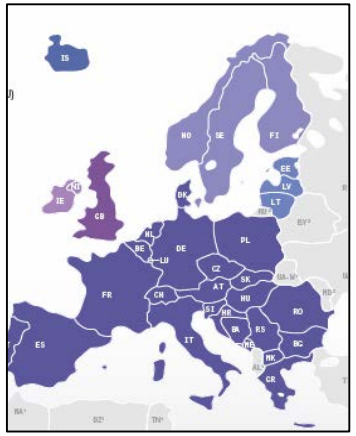


Source:
Entsoe
European
Electricity
System
Data 2014

Fossile fuels (coal, gas, oil)	1342 TWh	(40.9%)
Nuclear	860 TWh	(26.2%)
Renewables (RES)	1030 TWh	(31.5%)
Pumped storage hydro	43 TWh	(1.3%)
Sum el-generation in Europe	3244 TWh	

Fornybar elproduksjon (RES) i Europa – Status 2014





Source:
Entsoe European Electricity System Data 2014

Hydropower	*565 TWh*	*(54.8%)*
Wind	*250 TWh*	*(24.2%)*
Solar (PV)	*92 TWh*	*(8.8%)*
Bio	*106 TWh*	*(10.2%)*
Other	*17 TWh*	*(1.9%)*
Sum renewables	**1030 TWh**	**(100%)**

Dispatchable RES (hydro, bio)	**65%**
Non-Disp. VRES (wind, solar)	**33%**

As share of total power system:

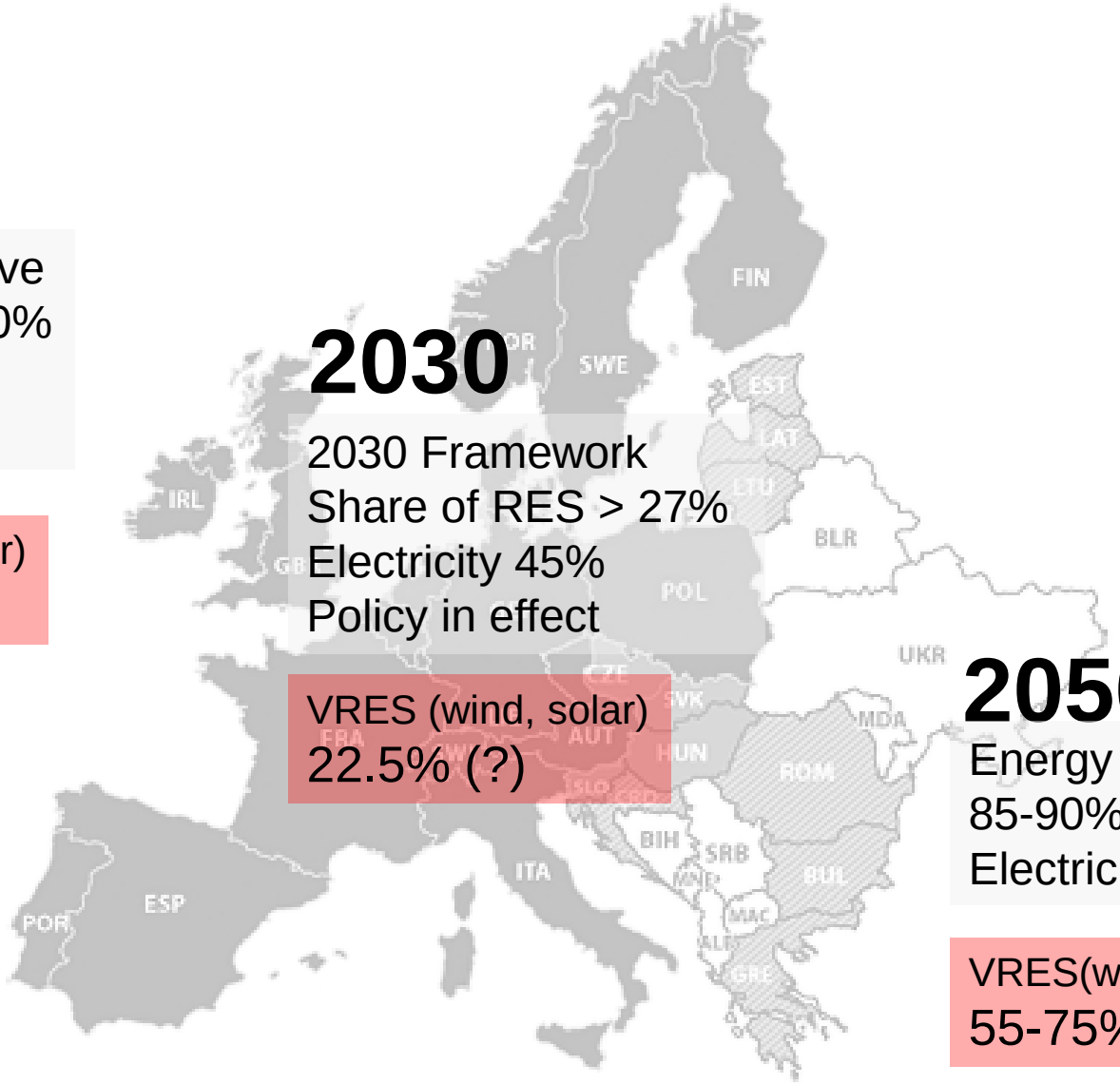
Dispatchable (hydro, bio)	**20%**
Non-Disp. VRES (wind, solar)	**10%**

Tre viktige milepeler i EUs energi og klima politikk

2020

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

VRES (wind, solar)
12.5 % (?)



2030

2030 Framework
Share of RES > 27%
Electricity 45%
Policy in effect

VRES (wind, solar)
22.5% (?)

2050

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

VRES(wind, solar)
55-75% (?)

Ett Scenario: Vi erstatter all termisk el med fornybar innen 2050

Fossile fuels (coal, gas, oil)	1342 TWh
Nuclear	860 TWh
Renewables (RES)	1030 TWh
Sum el-generation in Europe	3244 TWh

Existing 2014

Fossile + Nuclear (ca 2200 TWh) replaced by Wind and Solar PV:

40% offshore wind (C_f=0.3)	880 TWh	334 000 MW
40% onshore wind (C_f=0.2)	880 TWh	440 000 MW
20% solar PV (C_f=0.1)	440 TWh	502 000 MW

Added by 2050

2015	
Hydropower	*565 TWh*
Wind	*250 TWh*
Solar (PV)	*92 TWh*
Bio	*106 TWh*
Sum RES	1030 TWh
Sum VRES	342 TWh
Share of VRES	**10%**

➡

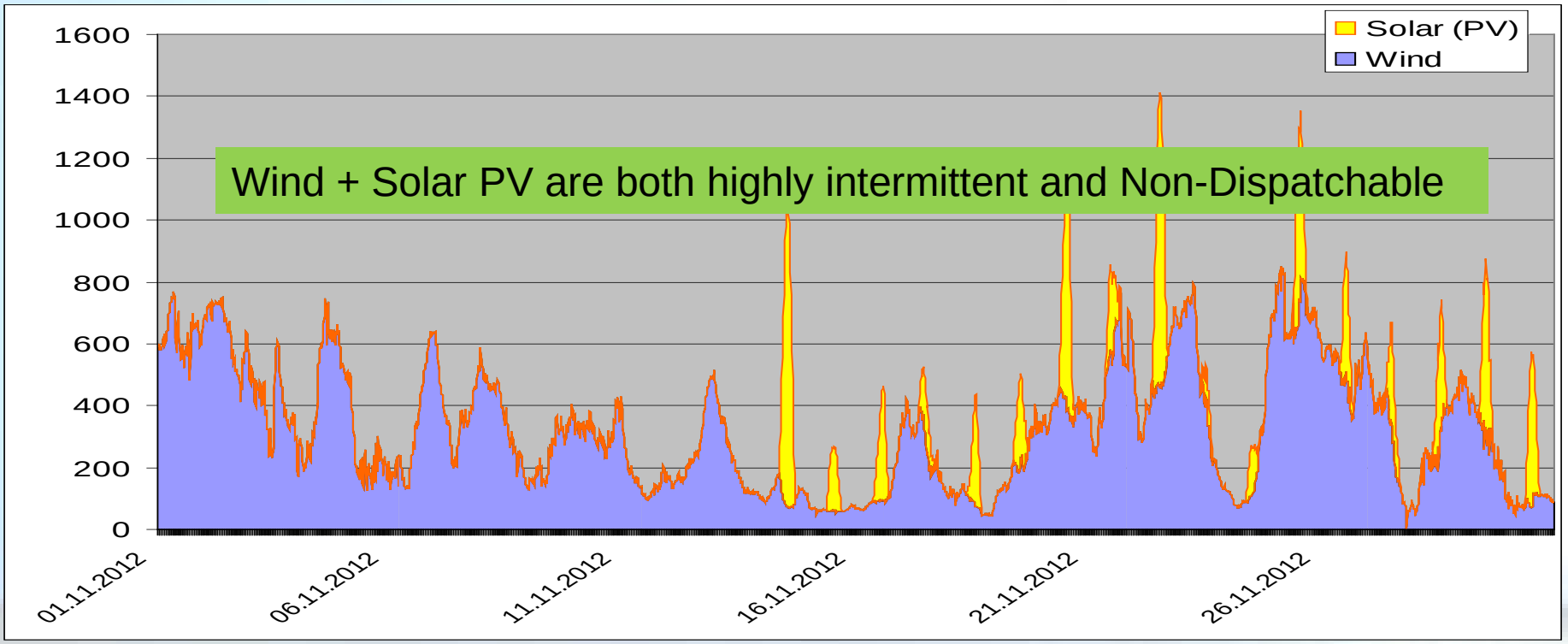
2050	
Hydropower	*565 TWh*
Wind	*2010 TWh*
Solar (PV)	*530 TWh*
Bio	*106 TWh*
Sum RES	3211 TWh
Sum VRES	2540 TWh
Share of VRES	**76%**

Total by 2050

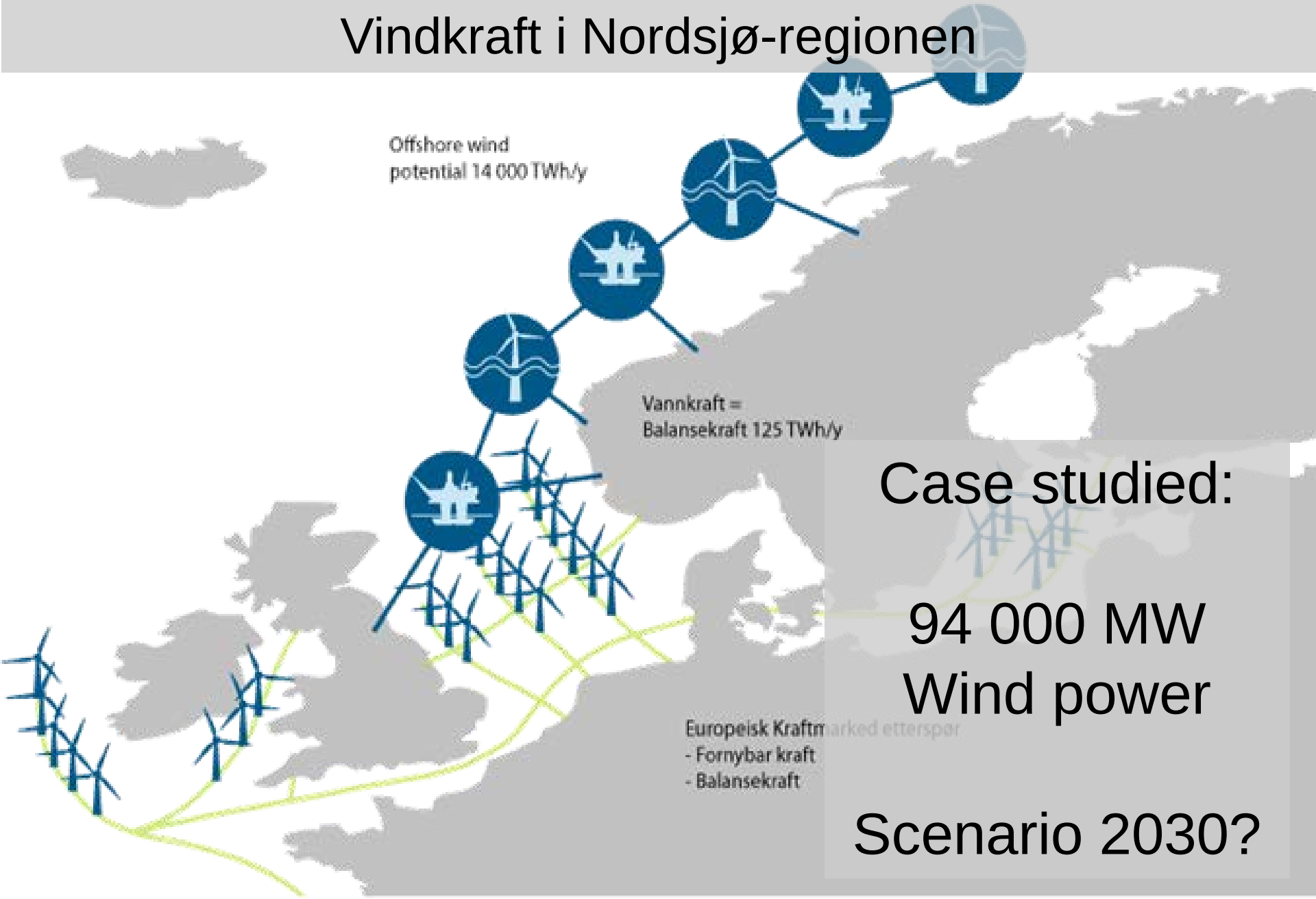
2050/2014
* **3.1**
* **7.4**
* **7.6**

Main problem with
Wind and Solar Power:

- Intermittent
- Highly variable
- Low predictability
- Non-Dispatchable



Vindkraft i Nordsjø-regionen



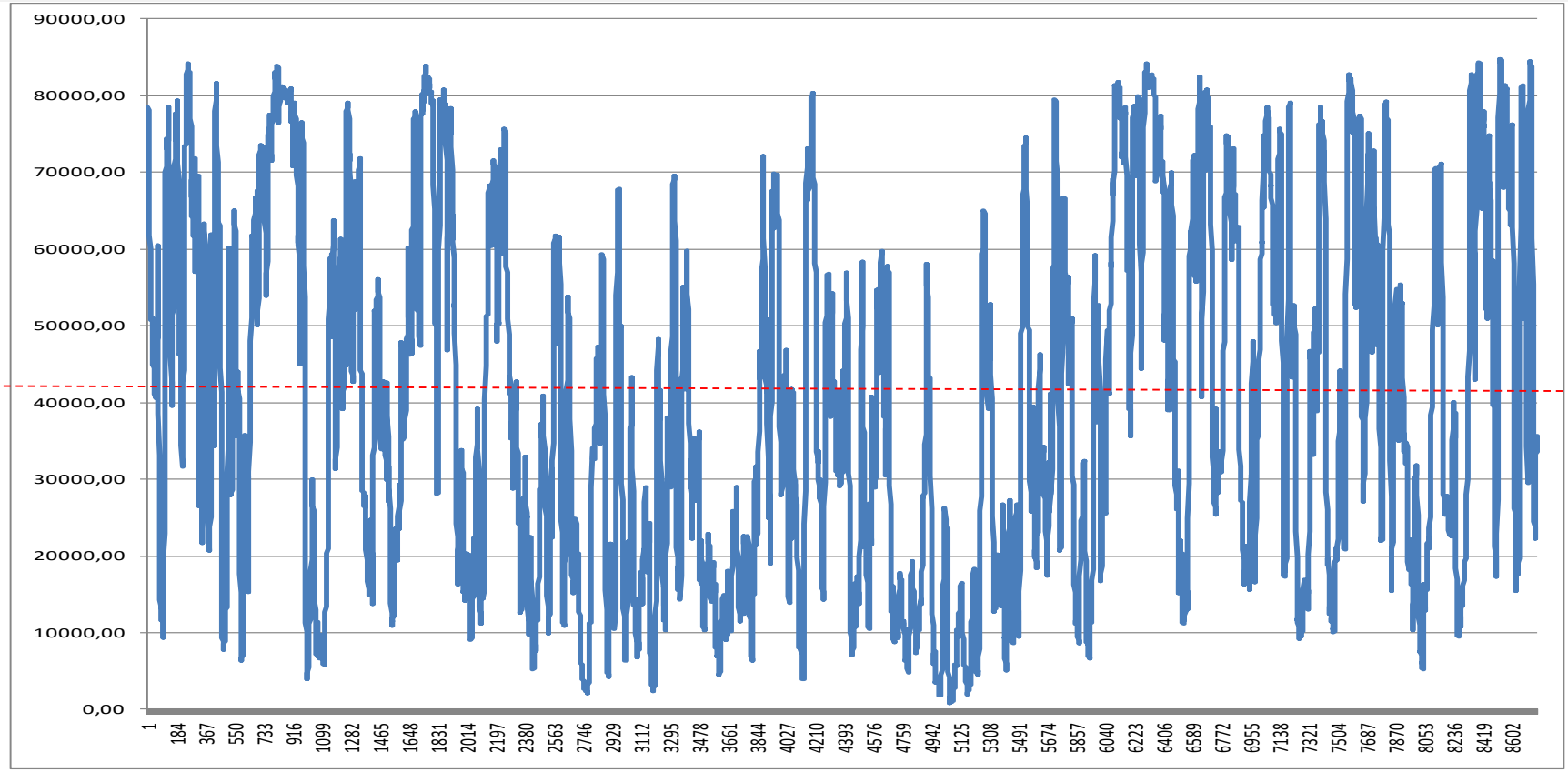
Case studied:

94 000 MW
Wind power

Scenario 2030?

Vindkraft er svært variabel

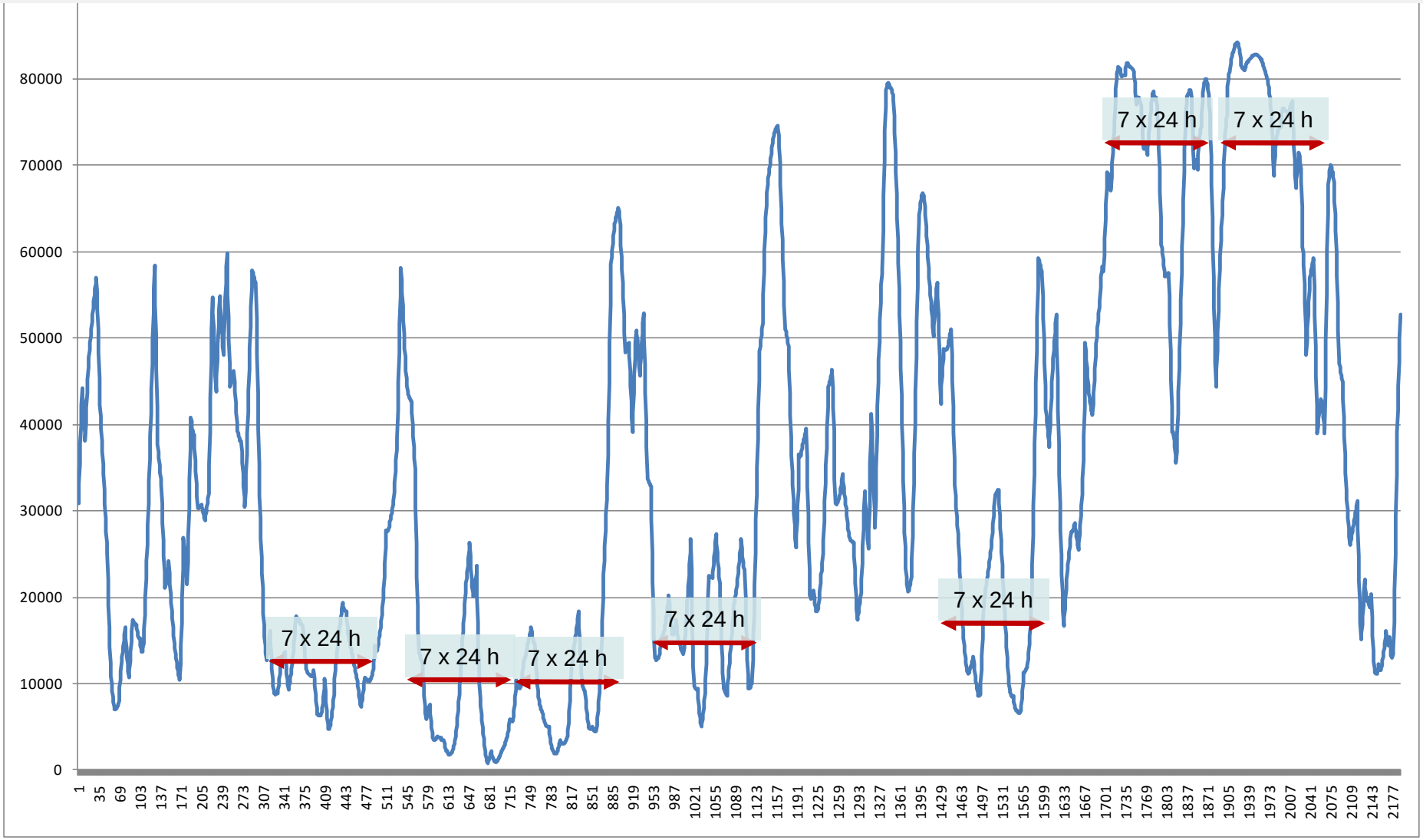
(Simulert produksjon på timesbasis – data fra prosjekt TradeWind)



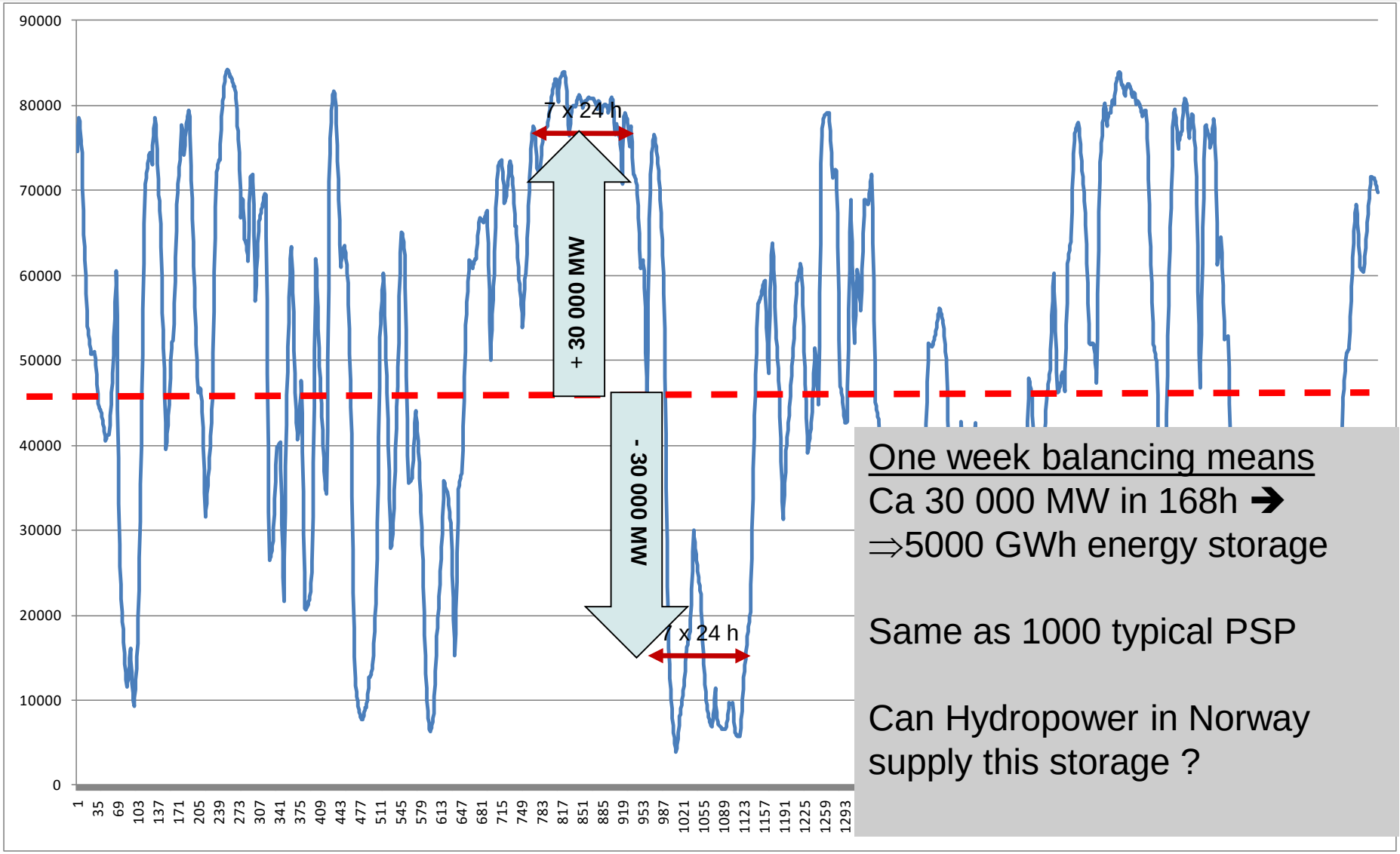
Simulated Wind energy production in a North-Sea system with 94000 MW installed capacity (Stadium 2030)

Maximum:	84 448 MW
Minimum:	2 774 MW
Typical:	40 000 MW

Simulert vindkraftproduksjon i Nordsjø-regionen
Juli→ September 2001



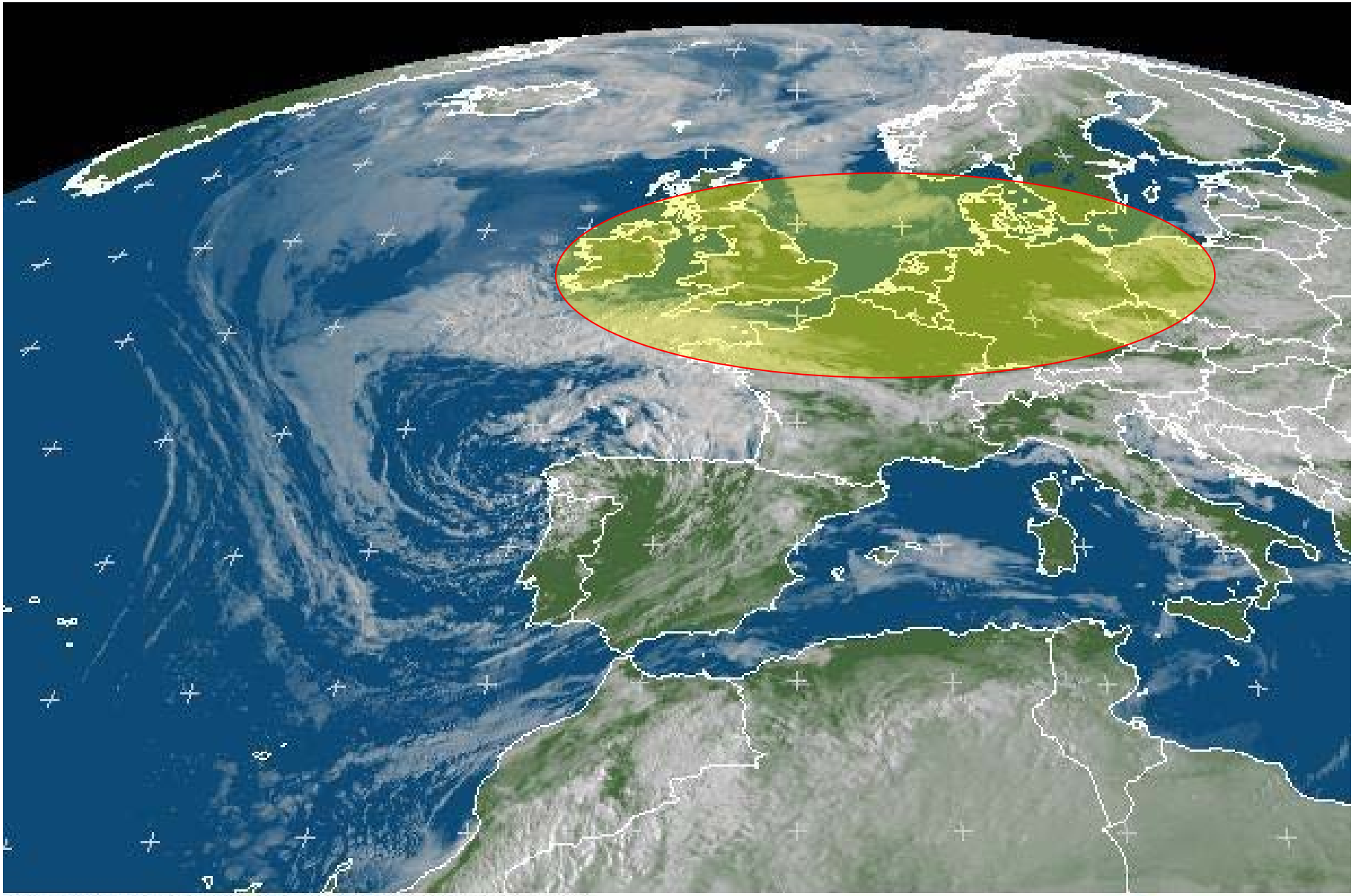
Simulert vindkraftproduksjon i Nordsjø-regionen Januar→ Mars 2001



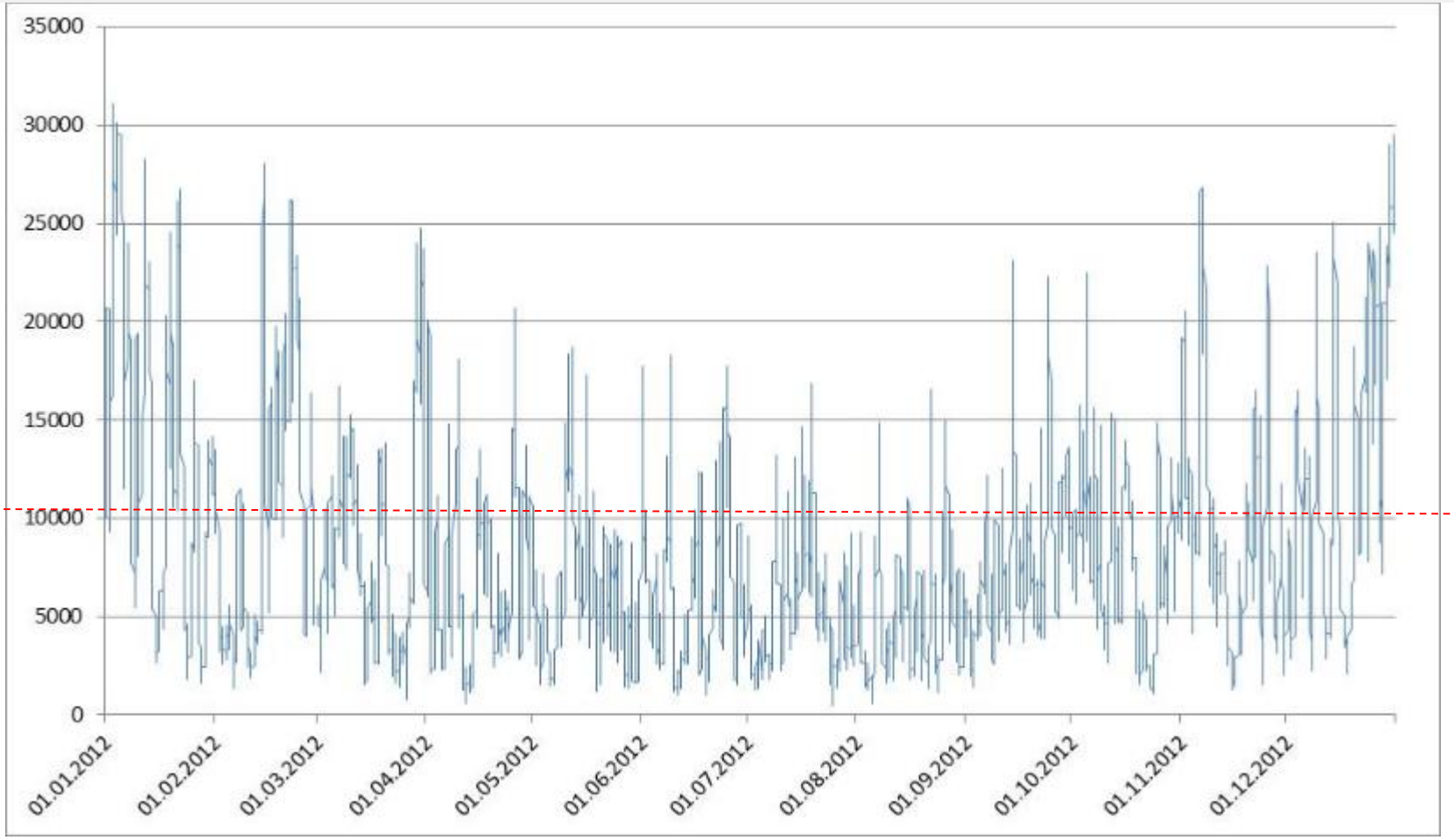
One week balancing means
Ca 30 000 MW in 168h ➔
⇒5000 GWh energy storage

Same as 1000 typical PSP

Can Hydropower in Norway supply this storage ?


MET10 VIS006 2015-04-18 07:00 UTC
EUMETSAT

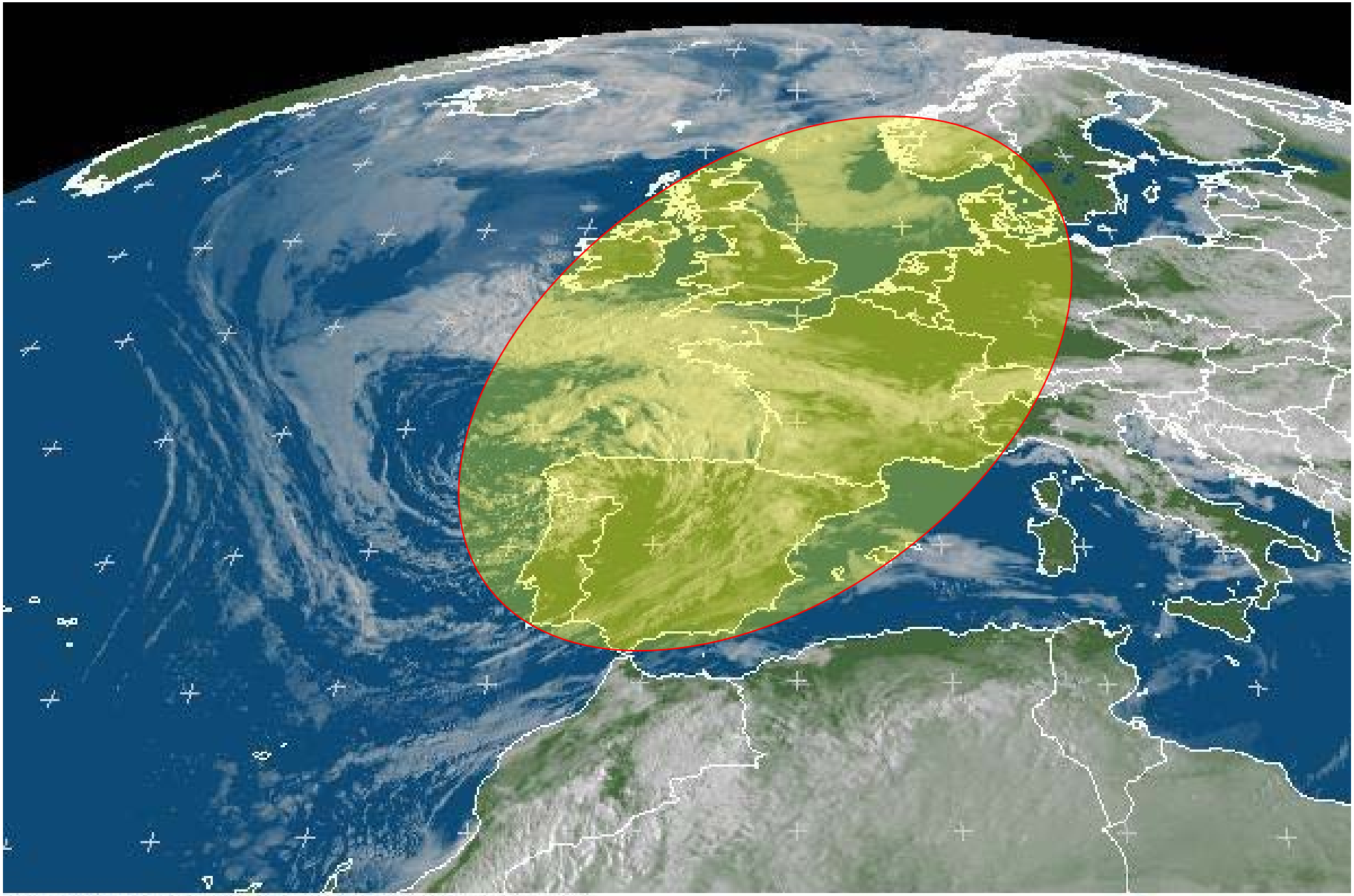
Vindkraftproduksjon i Nordsjø-regionen (DE, DK, GB, IR) i 2012



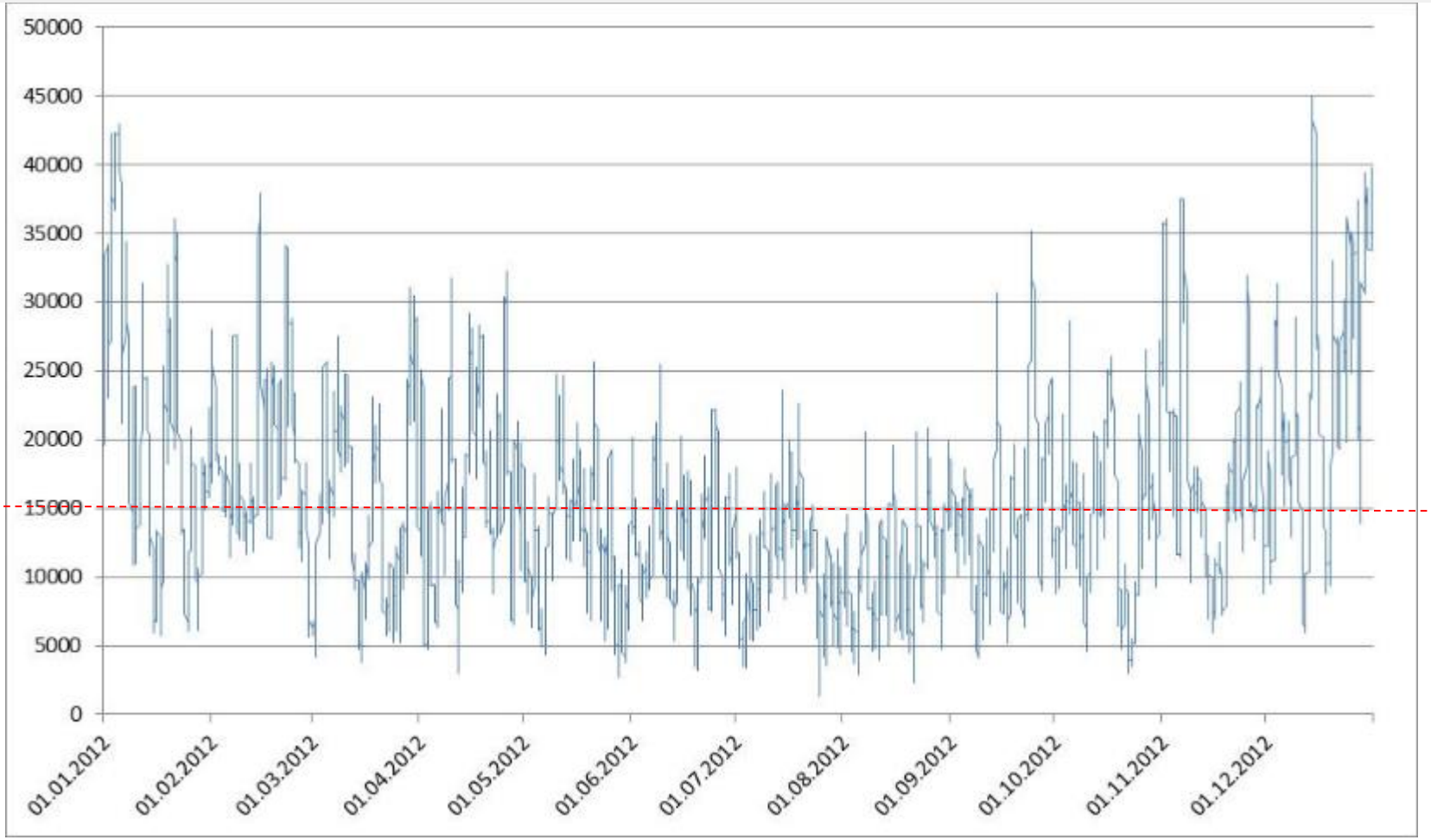
Observed Wind energy production in a system with **45600 MW** installed capacity (Stadium 2012)

Source: Paul-Frederik Bach , DK

Maximum: 31062 MW
Minimum: 419 MW
Typical: 8300 MW
Capacity Factor: **0.18**


MET10 VIS006 2015-04-18 07:00 UTC
EUMETSAT

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

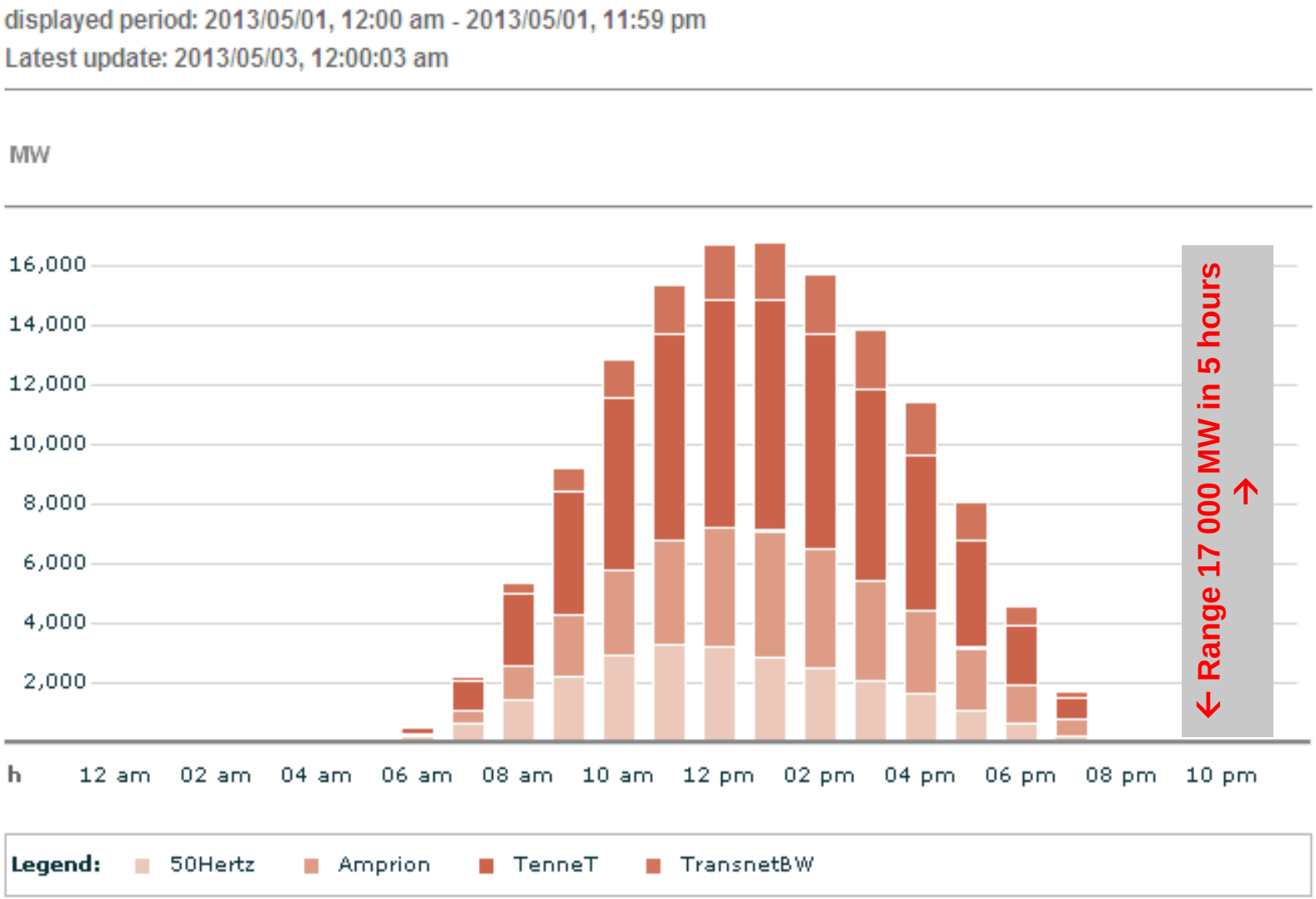


Observed Wind energy production
In a system with **76013** MW
installed capacity (Stadium 2012)

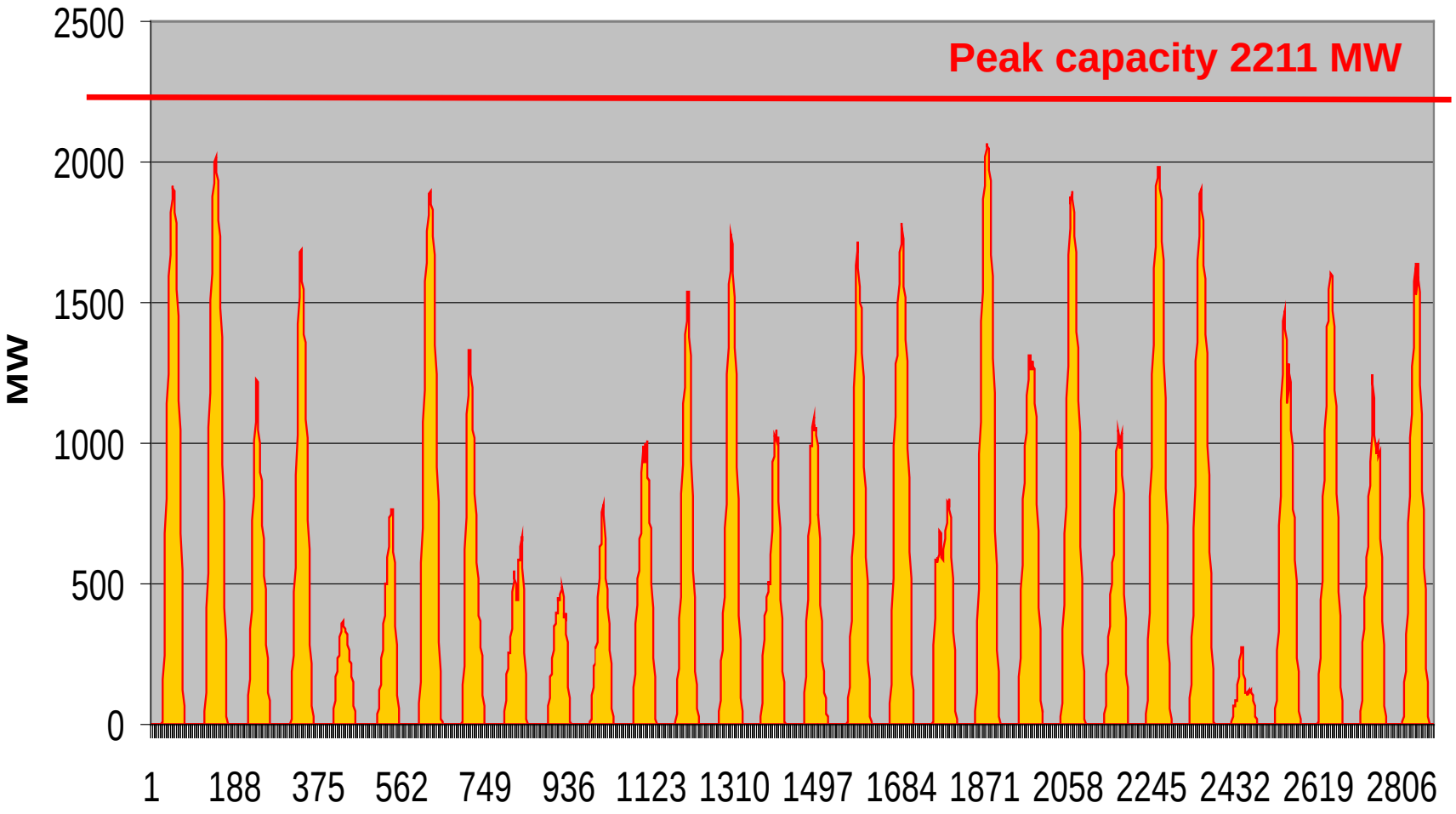
Source: Paul-Frederik Bach , DK

Maximum: 44995 MW
Minimum: 1272 MW
Typical: 15400 MW
Capacity Factor: **0.20**

Solkraftproduksjon (PV) i Tyskland 5 Mai 2013

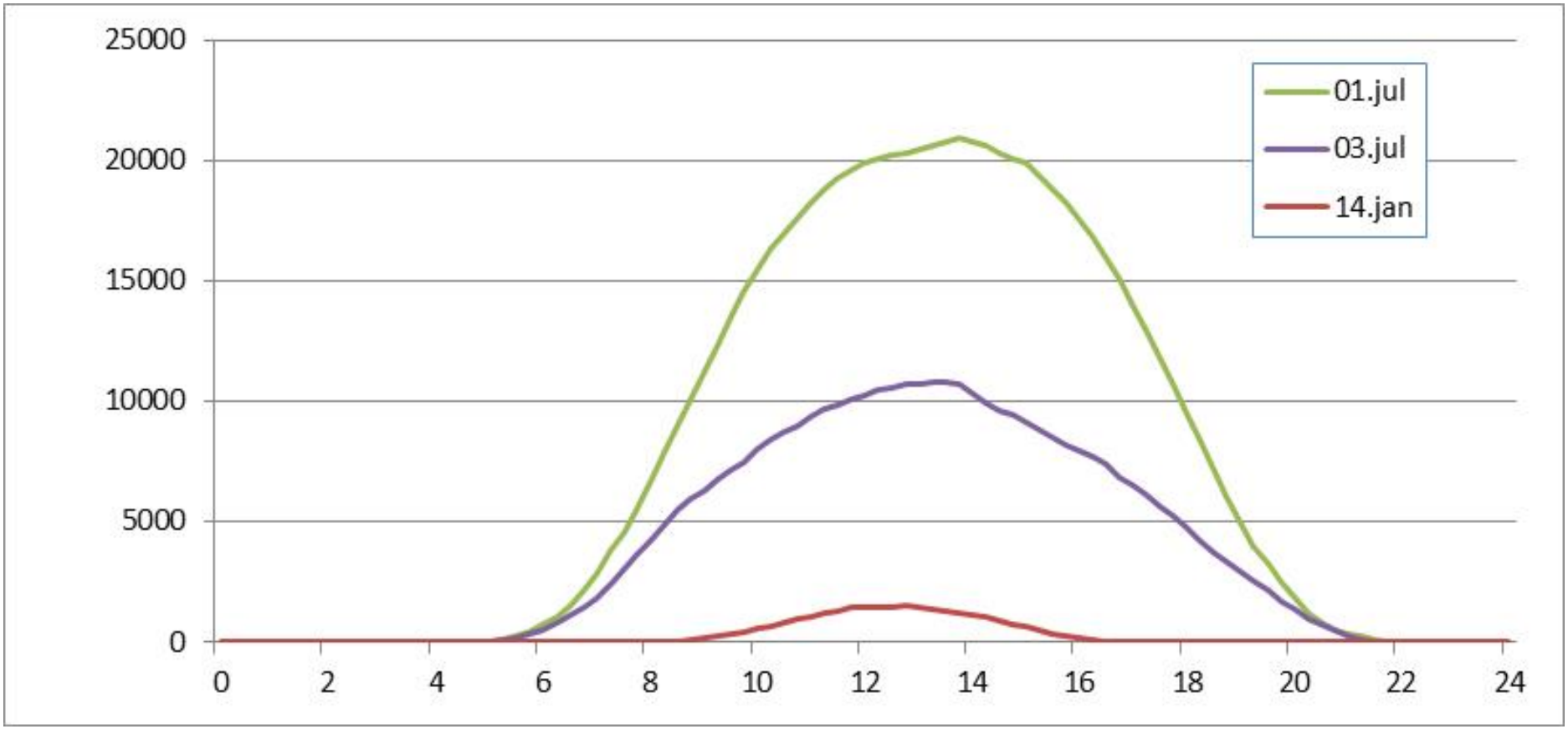


Solar (PV) Power generation in Belgium April 2013



Solkraftproduksjon (PV) i Tyskland 3 ulike dager i 2013

System capacity: 30 000 MW



Source: Paul-Frederik Bach , DK

Noen konklusjoner – utvikling i Europa

Økende bidrag av variable fornybare (VRES) energikilder mot 2020 og videre

Hovedsakelig Vindkraft i Nord-Europa, men også noe sol

Må ha nesten 100% backup pga stille perioder (Capacity Credit typisk 5-8%)

Behov for utjevning (balansering) på tidsskala fra minutter til uker

Beste teknologi for balansering er avhengig av tidsskala (sekund→ måneder)

Balansering over dager/uker kreves lagring av store energimengder (TWh)

Typisk > 5 TWh eller mer for balansering i Nordsjø-området

Slike volumer er i dag bare mulig med pumpekraftverk og sesongmagasin

Slike lagrings-systemer er (nesten) bare mulig i Norge