

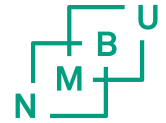
Analyse av nett-tilknyttet vindkraftverk kombinert med hydrogenproduksjon

NVEs vindkraftseminar,
14. Juni 2016

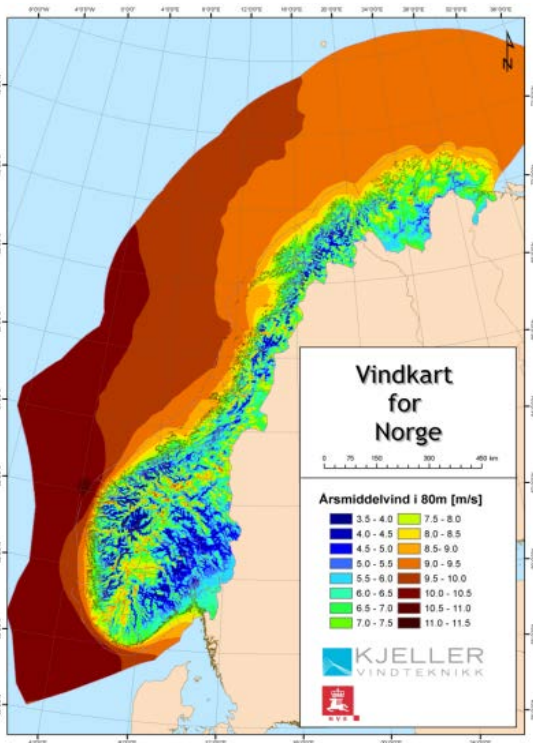
Lotte Løland



Finnmark fylket med høyest potensial for vindkraftproduksjon



Gode vindforhold i Norge...

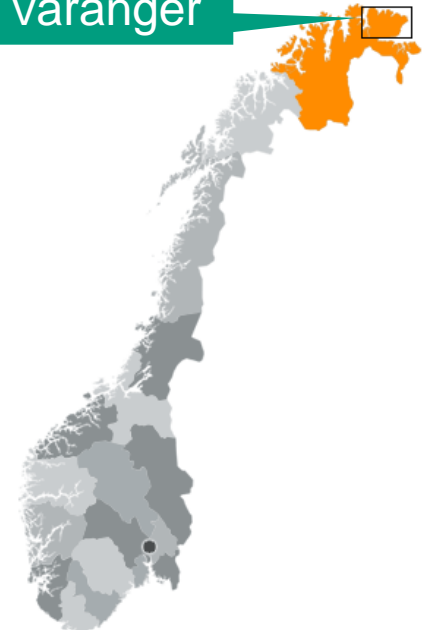


...Finnmark fylket med størst vindkraftpotensial..*

- ▶ Store uutnyttede arealer
- ▶ Høye gjennomsnittlige vindhastigheter
- ▶ Lave temperaturer

...men stor avstand til bebyggelse

Varanger



* Byrkjedal et al., NVE rapport 09/2009

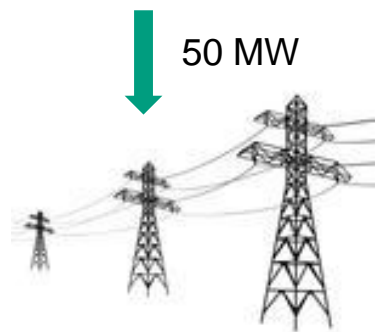
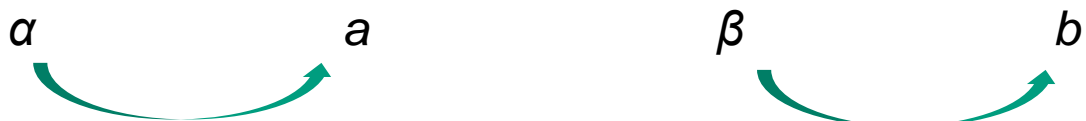
Emne

- Gitt full utbygging av Raggovidda vindkraftverk, dvs. 200 MW, og en maks nettkapasitet på 50 MW, til hvilken kostnad kan hydrogen bli produsert med overskuddskraften?
- Hvilke anleggsdimensjoner gir laveste produksjonskostnader av hydrogen?

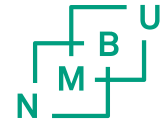
Vind-Hydrogen anlegg



Variabler: *konstant*



Kostnader



$$I = I_0 \left(\frac{C}{C_0} \right)^\alpha$$

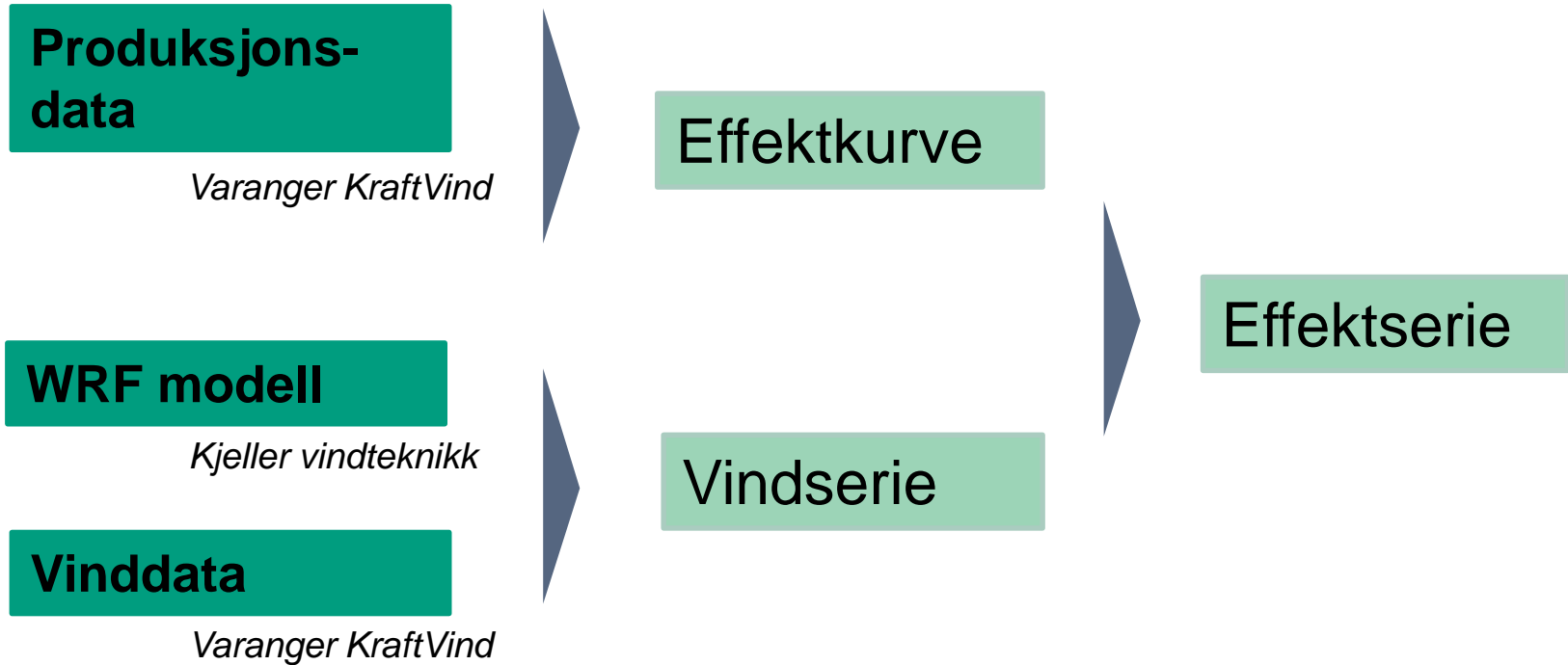
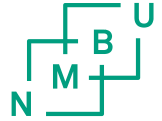
I: investeringskostnad
C: kapasitet
 α : skaleringsfaktor

	Investering (MEUR/MW)	Skalerings- faktor	Installasjon (% av investering)	Årlig O&M (% av investering)
Vindkraftverk	1.372	1	20	2
Elektrolysør	0.597	1	20	6
Flytendegjører	2.84 ¹	0.57	20	4
Lager	0.84 ² EUR/kWh	0.7	0	2

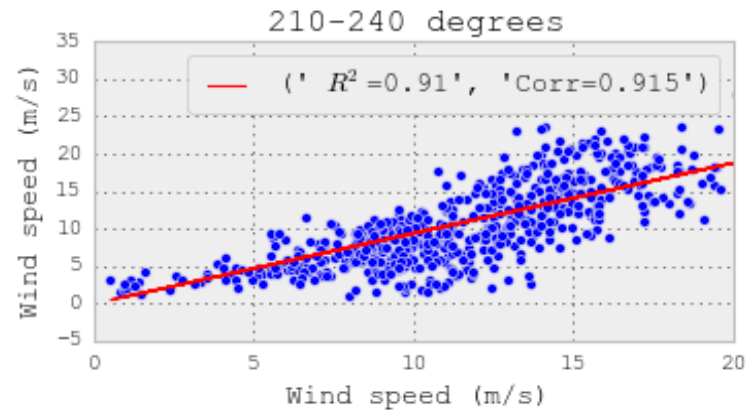
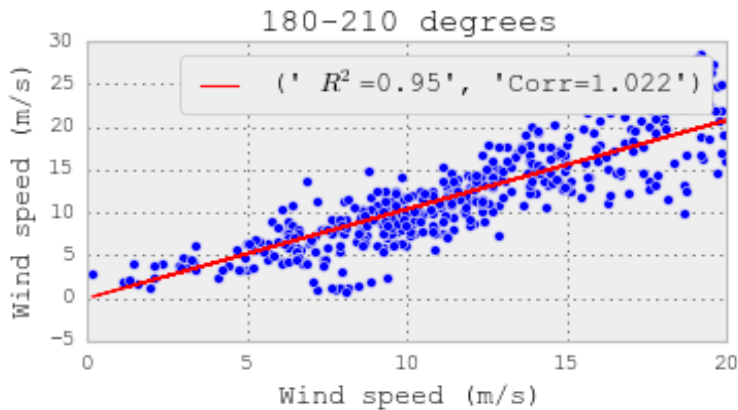
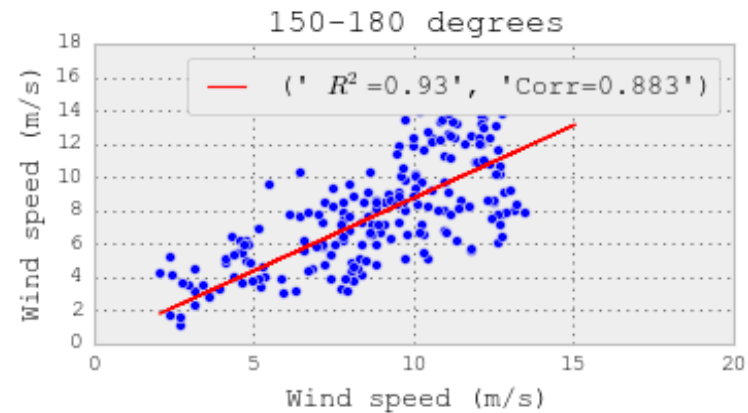
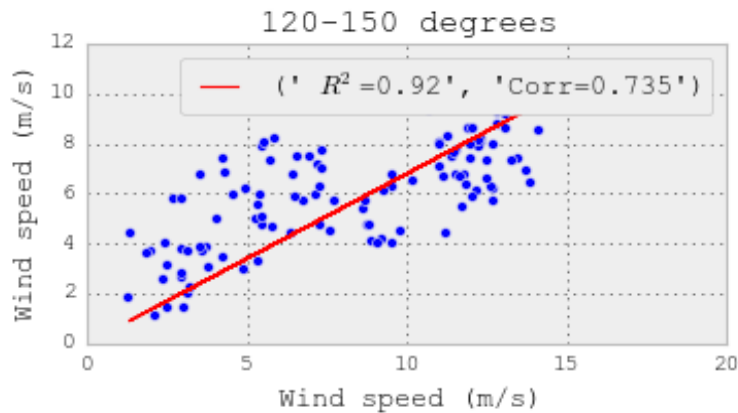
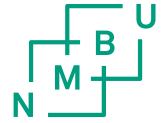
¹ 30 tonn/dag anlegg

² 300 tonn tank

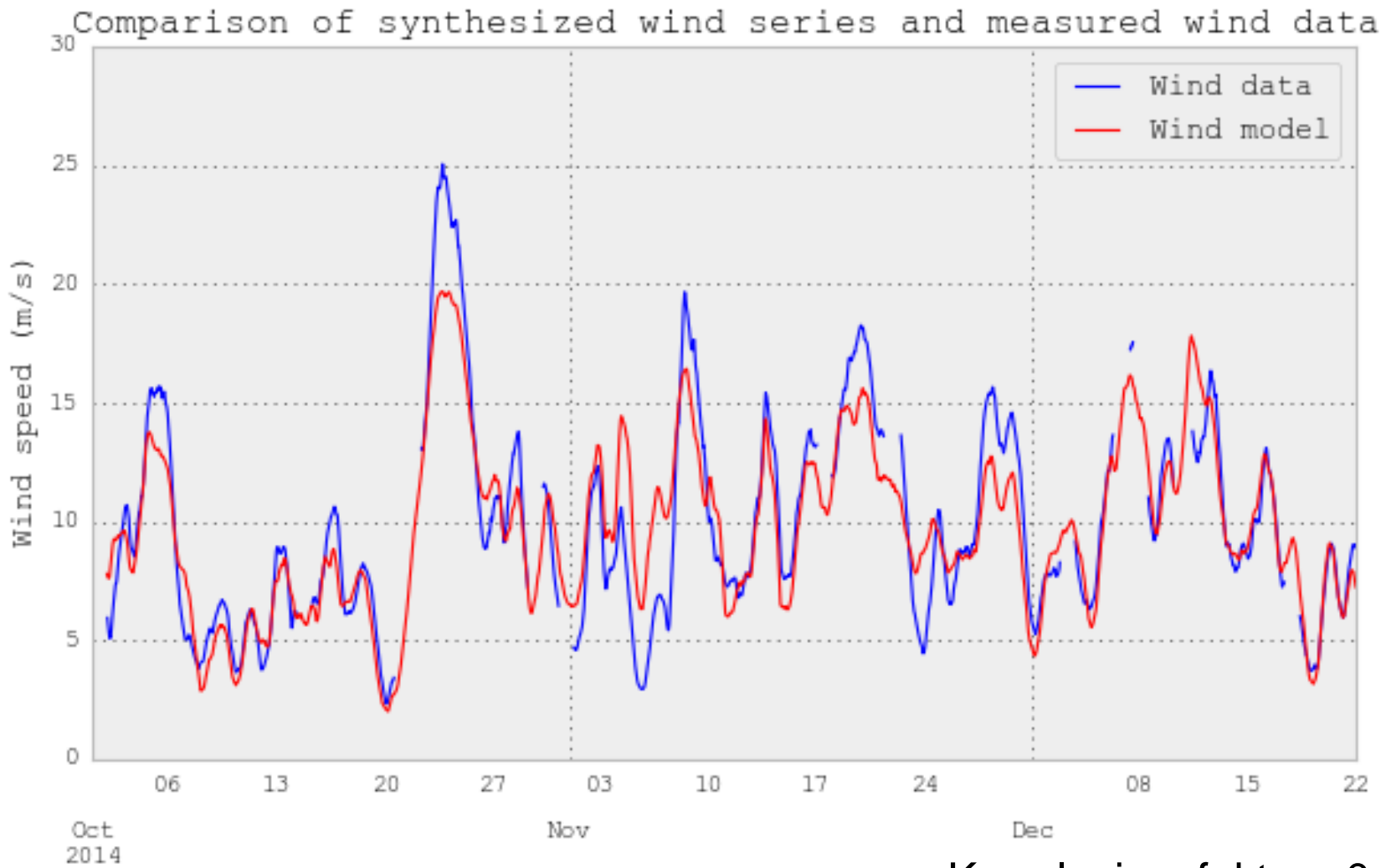
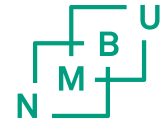
Metode



Vinddata justert med korrelasjonsfaktorer per vindretning

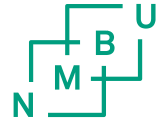


Vindserie

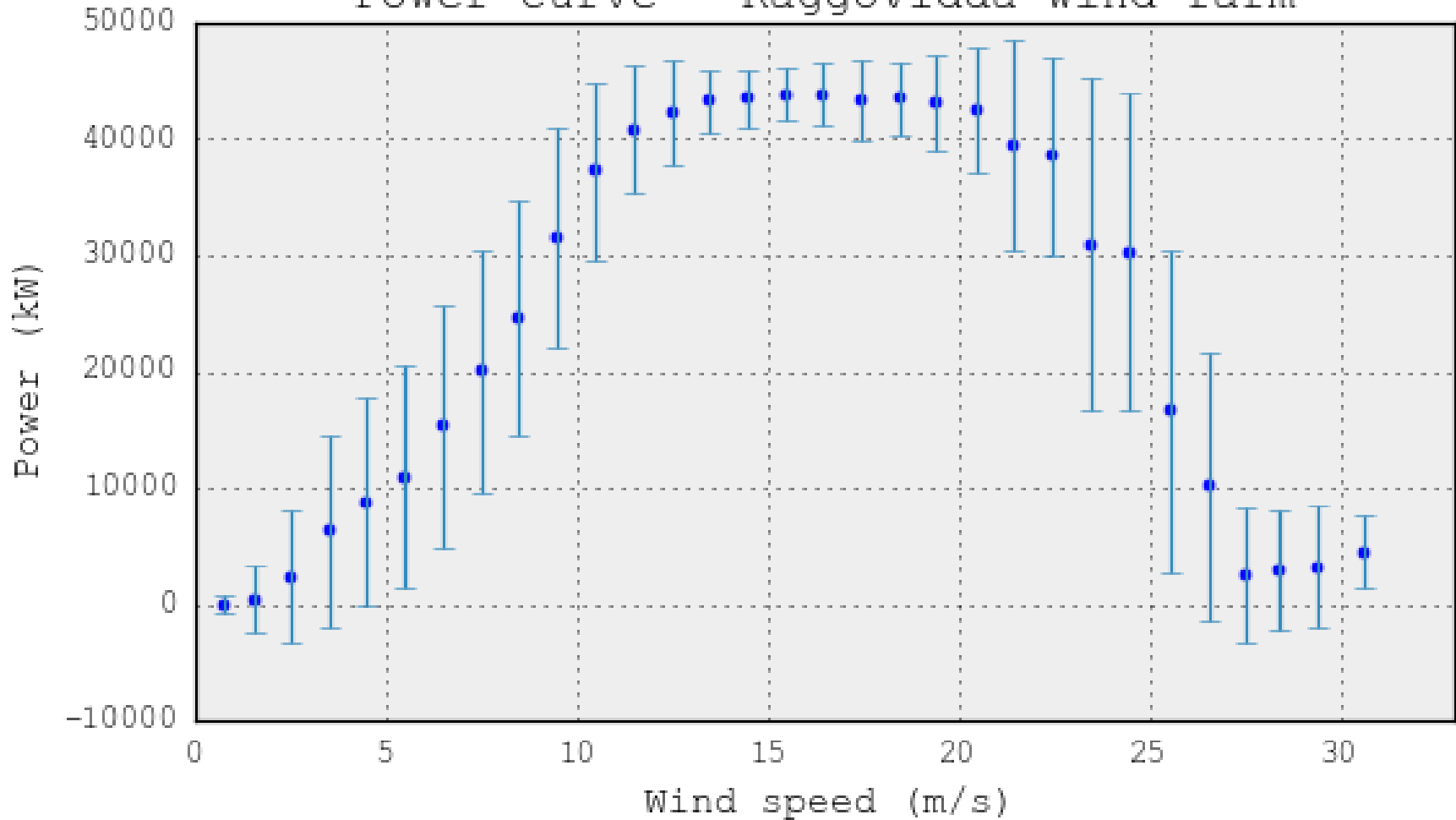


Korrelasjonsfaktor= 0.82

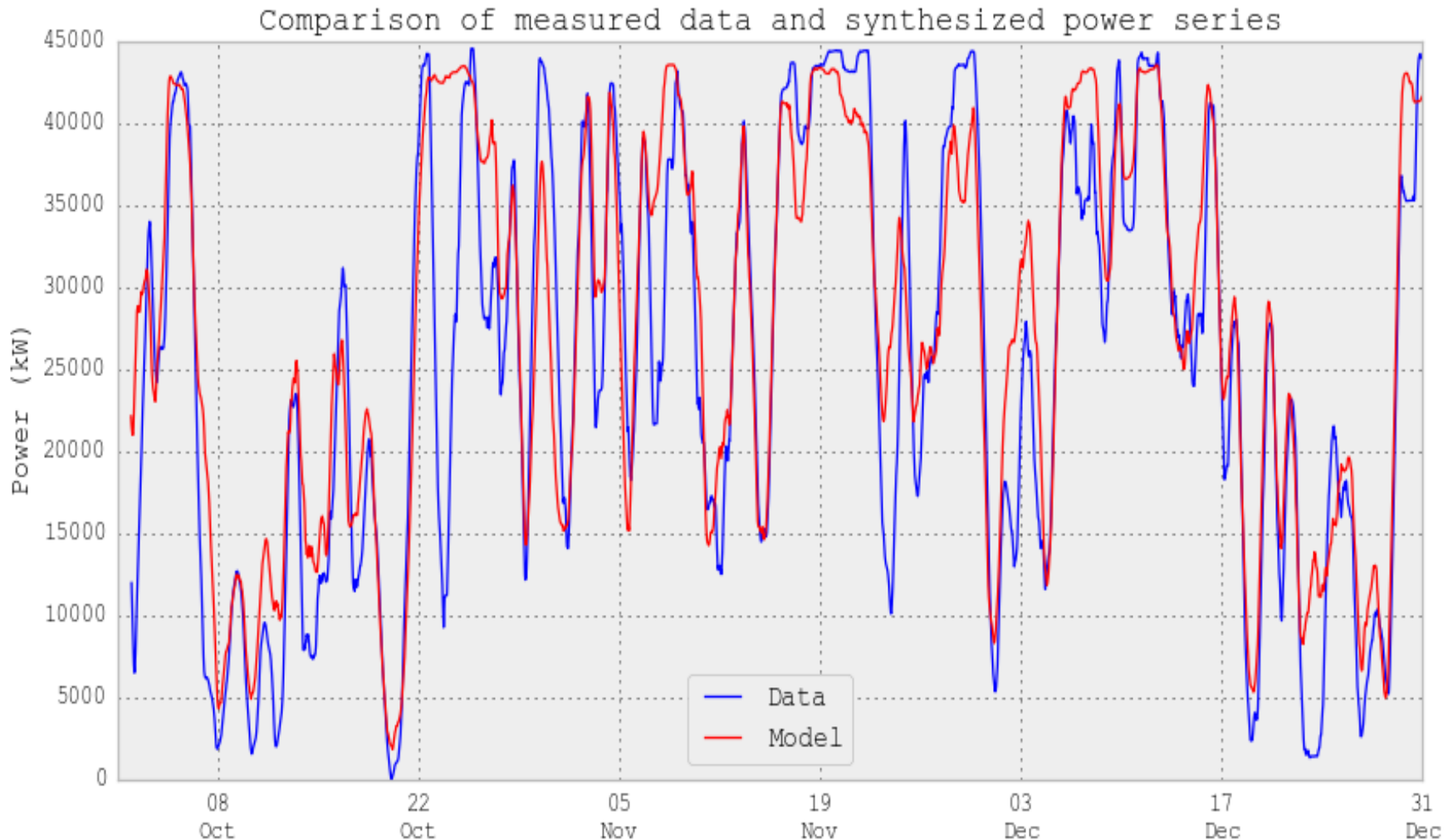
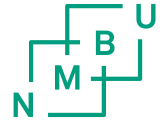
Effektkurve



Power curve - Raggovidda wind farm



Effektserie



Korrelasjonsfaktor = 0.76

Laveste produksjonskostnad funnet til 4.23 EUR/kg – levert på kai



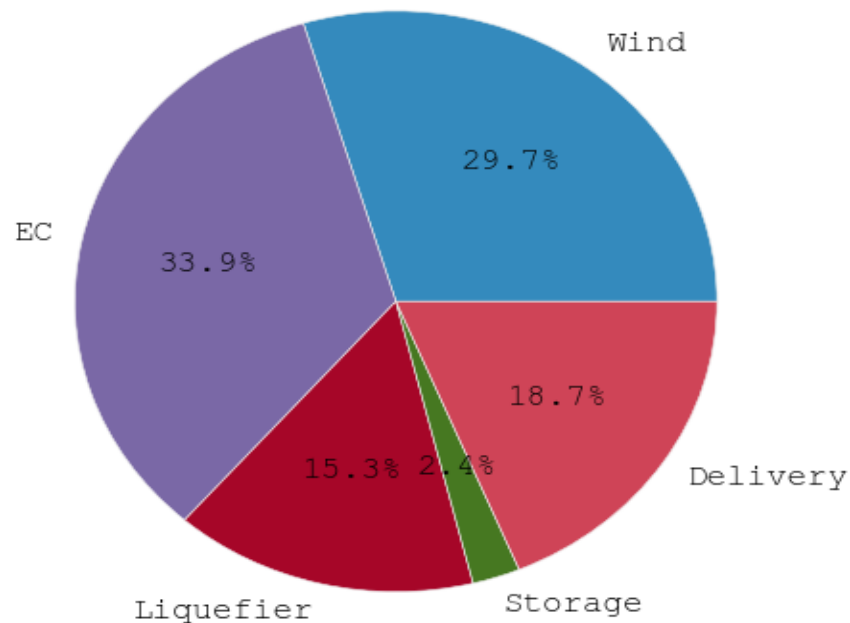
**Optimal komponentstørrelse på 126 MW
elektrolyse og 300 tonn lager**

**Største kostnadskomponenter er vindpark og
elektrolysører**

EUR/kg

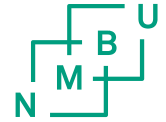
	Storage (tons)	400	300	200	100
EC (#)	66	4.31	4.34	4.85	7.39
	55	4.24	4.23	4.57	6.79
	45	4.33	4.30	4.42	6.25
	35	4.57	4.52	4.49	5.77
	25	5.08	5.02	4.95	5.44
	15	6.45	6.35	6.24	6.13

Production costs (EUR/kg)

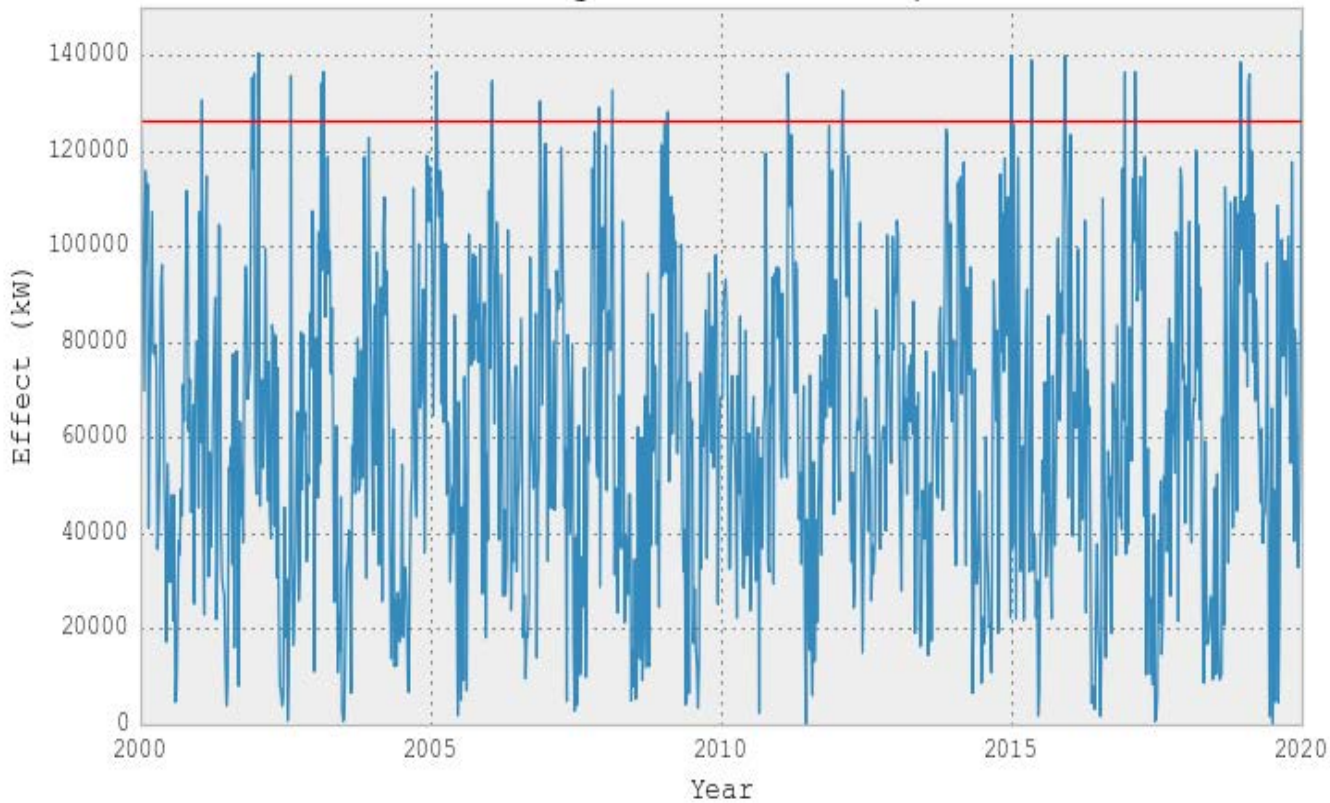


Diskonteringsrate 5 %, levetid 20 år

Elektrolysører utnyttet i gjennomsnitt 49 % av kapasitet

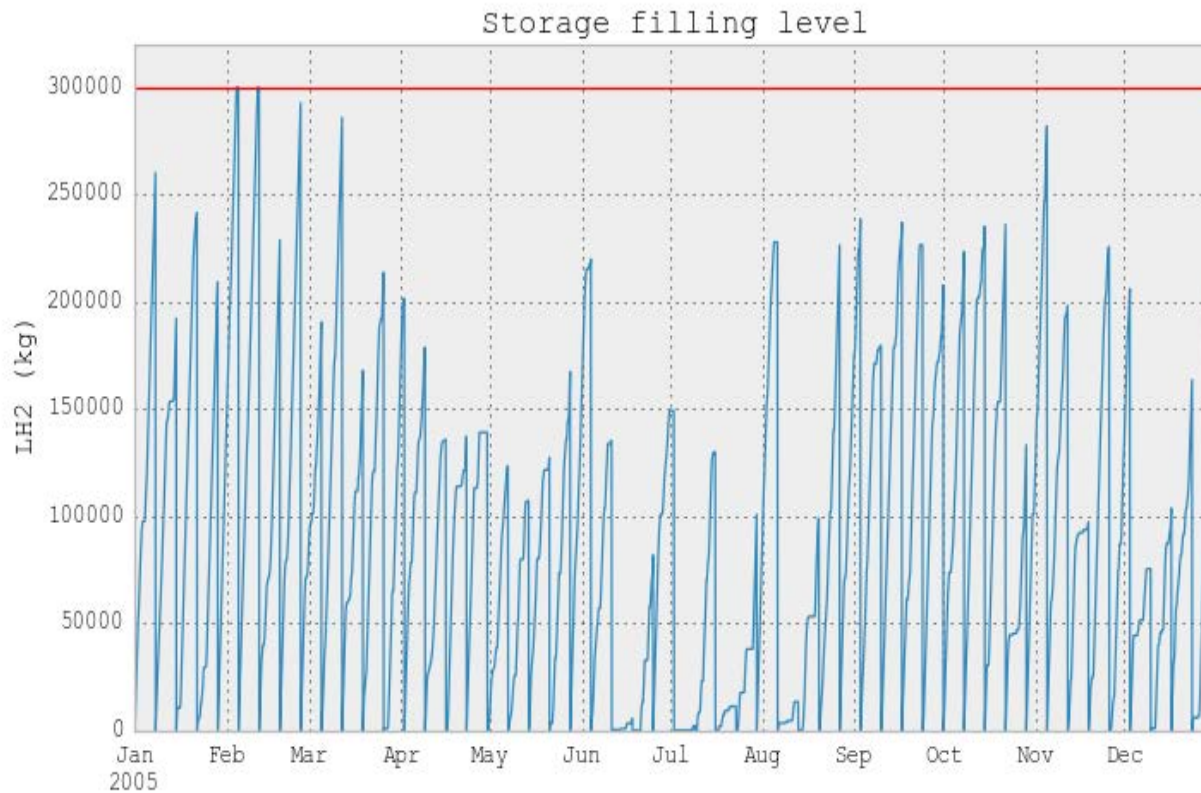
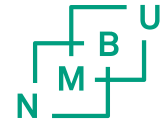


Electrolyser restrictions, N=55



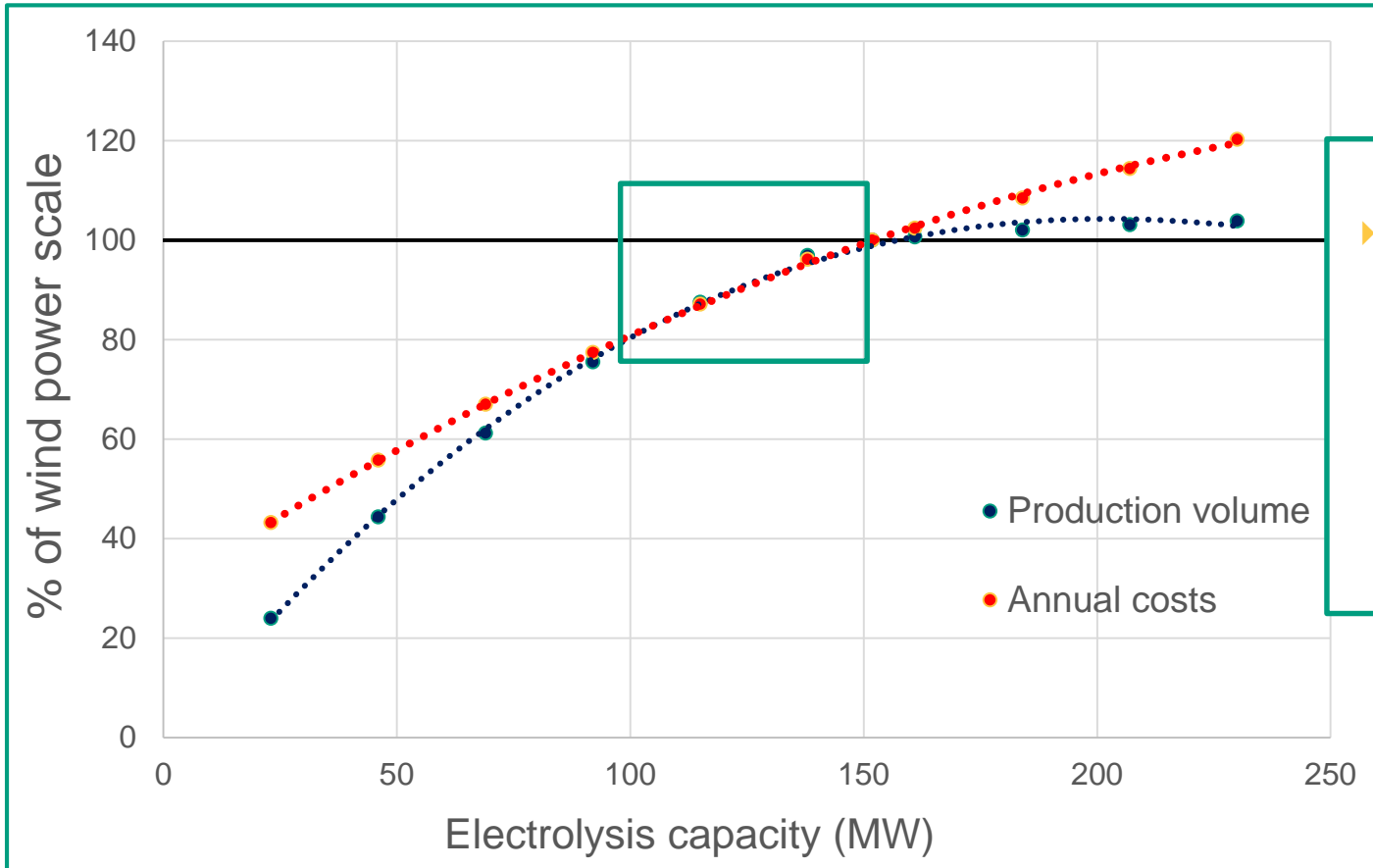
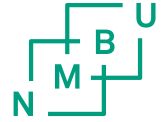
- ▶ Maks kapasitet 126 MW
- ▶ Gir flytendegjøreranlegg på 49 tonn/dag
- ▶ Gjennomsnittlig ytelse 62 MW
- ▶ Elektrolysørers kapasitet noe økende ved lavere last enn 100 % → favoriserer overinstallasjon
- ▶ 10 % av vindkraft avkortes

Lagringskapasitet utnyttet i gjennomsnitt 53 %



- ▶ Store variasjoner sommer/vinter et problem
- ▶ Gjennomsnittlig fyllingsgrad 162 tonn
- ▶ Skipene fylles i tilsvarende grad

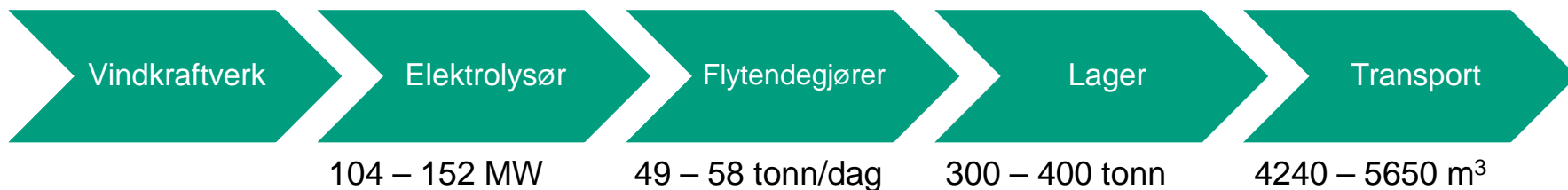
Årlige kostnader og produksjonsvolum varierer noe likt med anleggsstørrelse



► For elektrolysekapasitet på 100-150 MW ses nesten ingen endring i produksjonskostnad

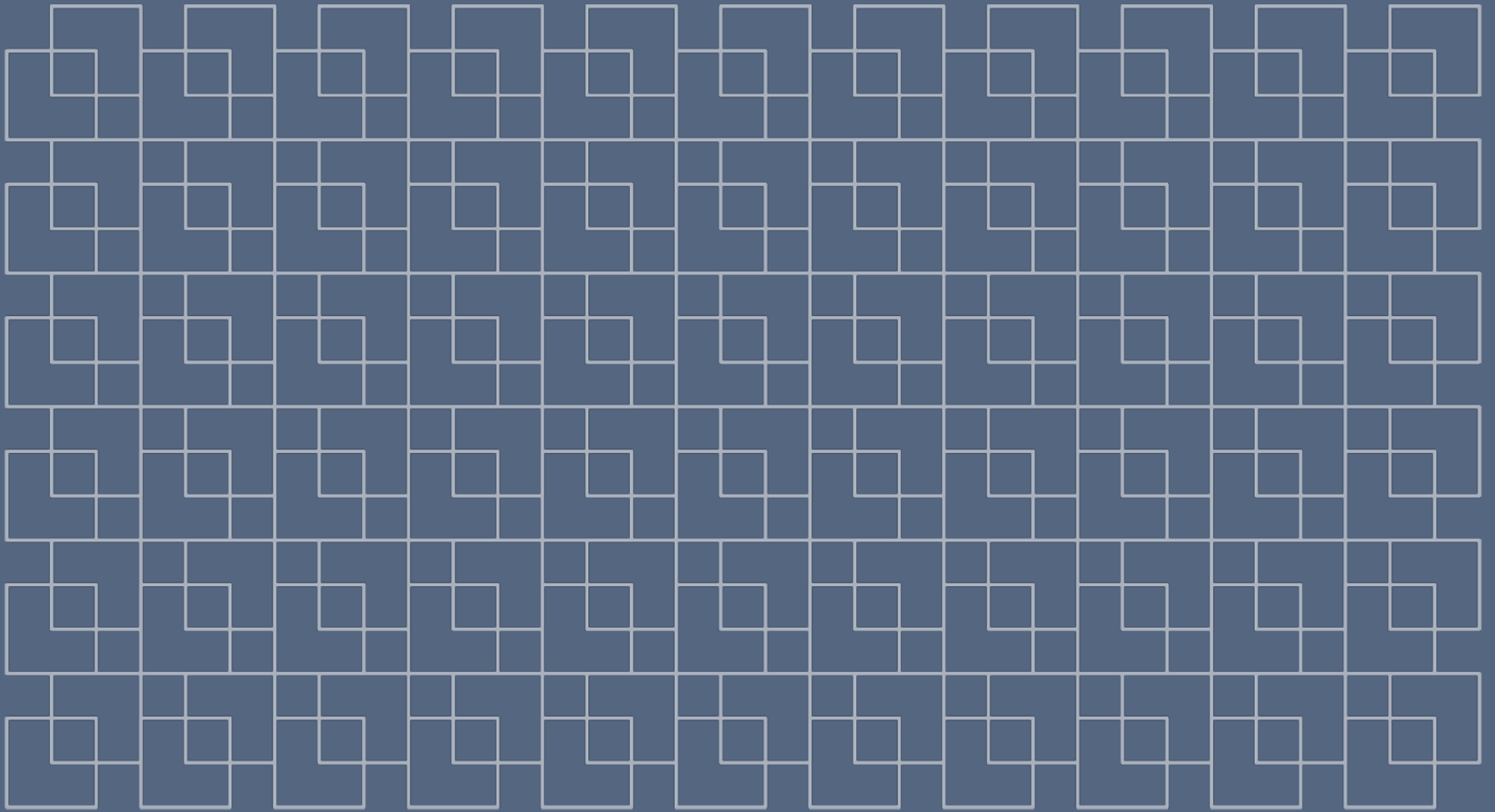
Oppsummering og konklusjon

Optimal anleggsstørrelse:

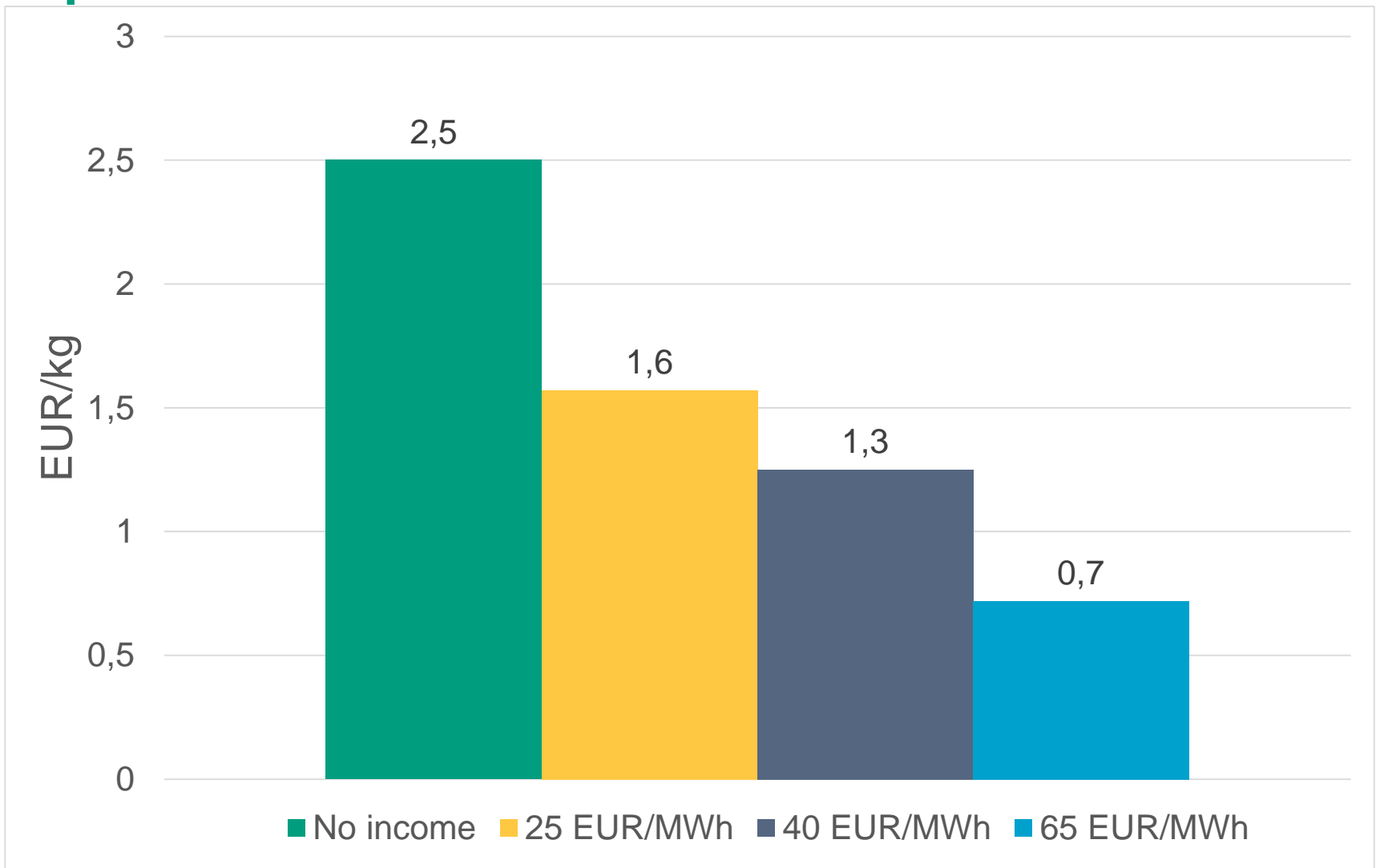
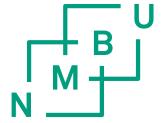


- ▶ Minimum produksjonskostnad: 4.23 – 4.34 EUR/kg, levert på kai
- ▶ Eksempel – bruk i transport:
 - ▶ Hydrogenpris: 4 NOK/mil kjørt
 - ▶ Dieselpris: 9 NOK/mil* – hvor ca. 4 NOK er energipris (resten veibruksavgift, mva. og CO₂-avgift)

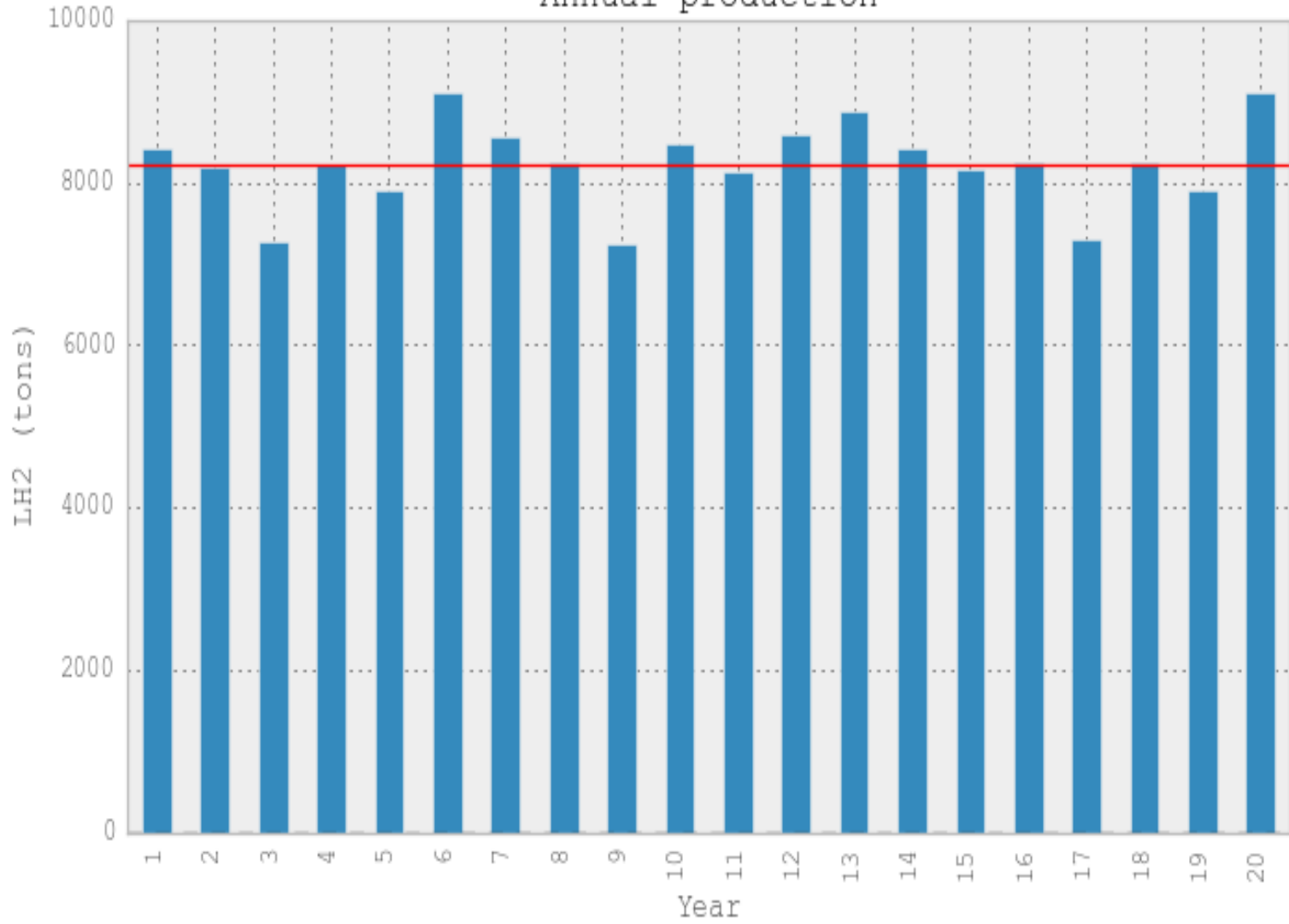
* Forutsatt: 12,2 NOK/L, 0,75L/10km



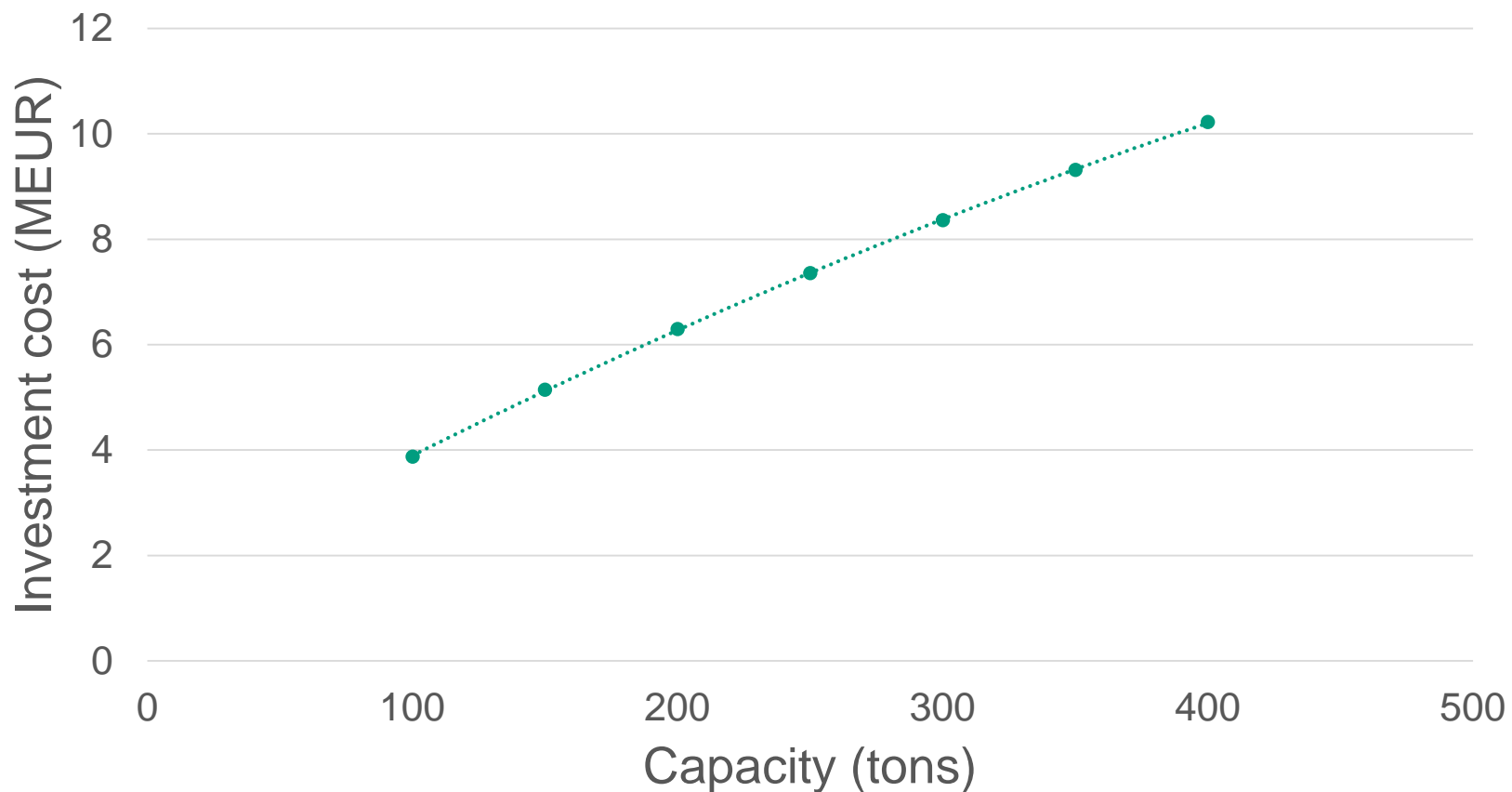
Specific wind costs



Annual production



Storage investment costs



Liquefyer investment costs

