



SINTEF

Norges havvindambisjoner, kapasitet og produksjon

Håkon Nordhagen, SINTEF Ocean
Stavanger, 12.06.2024

Presentert av: Hagbart Alsos



Teknologi for et bedre samfunn



SINTEF

ENERGI

Regjeringen vil tildele områder for 30 GW havvind før 2040

Bakgrunn for arbeid

Uklarheter rundt "30 GW havvind":

- Hvor stort havareal trengs?
- Hvor mye energi vil produseres?
- Begreper

Agenda:

- Hva sier forventningene fra staten?
- Hva sier data og erfaring fra eksisterende havvindanlegg?



– En merkedag, sa Jonas Gahr Støre fra scenen. Foto: Eirik Helland Urke

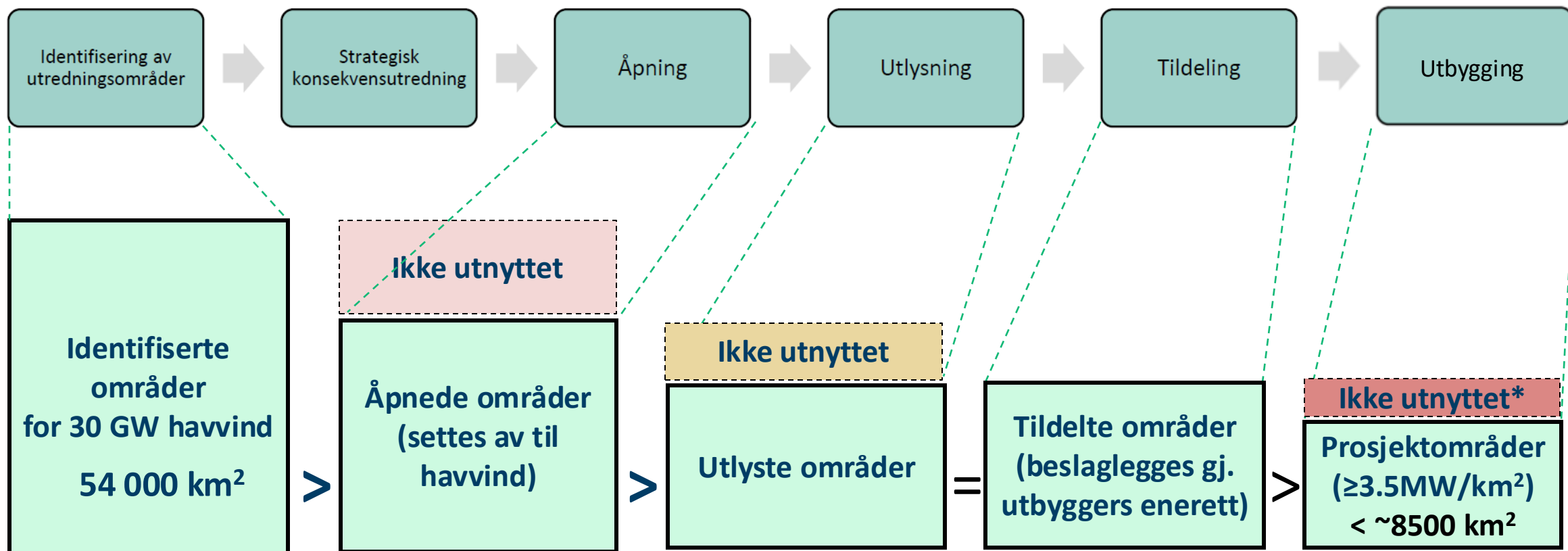
Kilde: Teknisk Ukeblad (<https://www.tu.no/artikler/regjeringen-vil-tildele-omrader-for-havvind-for-30-gw-innen-2040-i-norge/519>)

Teknologi for et bedre samfunn



SINTEF

Fra identifisering av områder til installert havvind



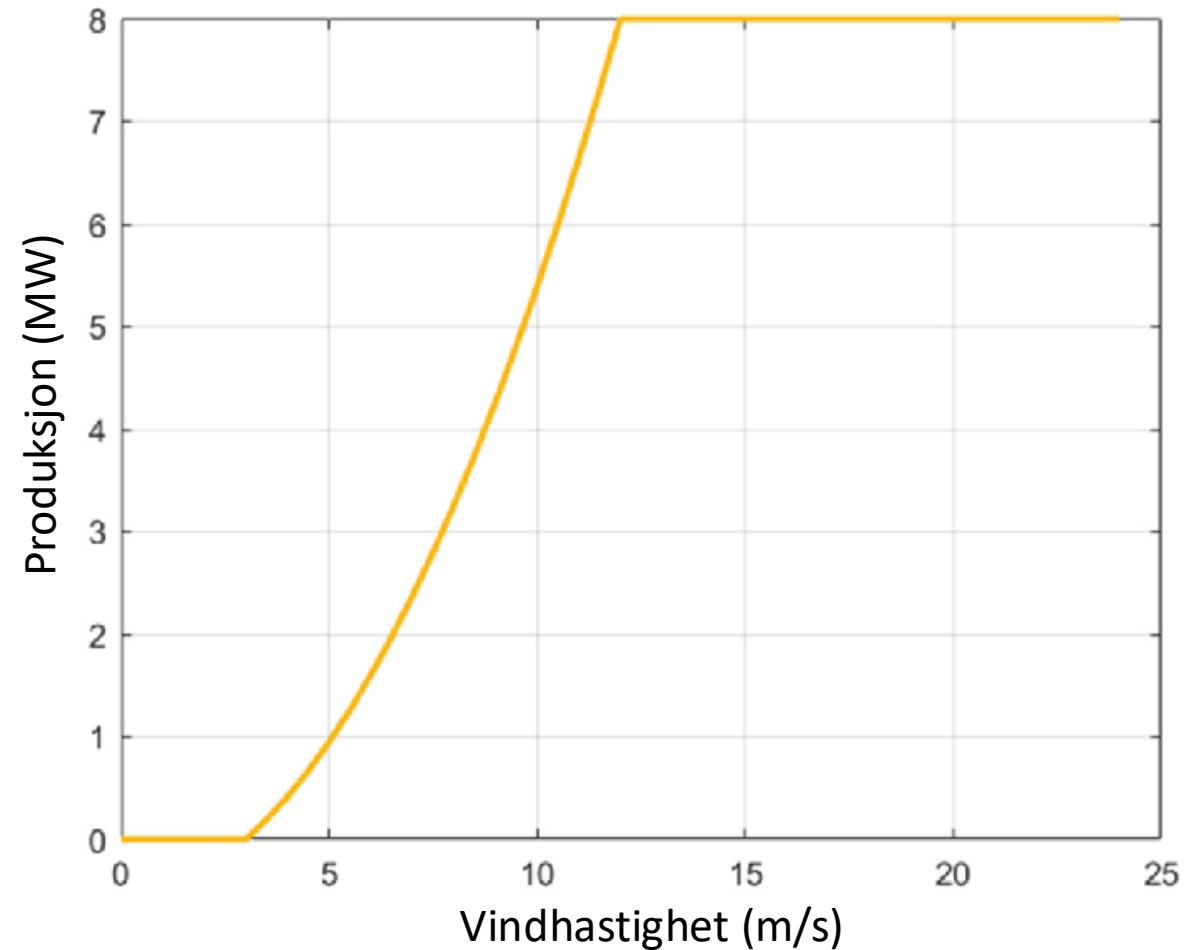
*Enerett på tildelt område gjelder i to år etter fastfast utredningsprogram, frem til søknadsfrist for konsesjon. Når konsesjon gis tilbakeføres ikke utnyttet areal



SINTEF

Kapasitet

- Kapasitet [MW]: Den maksimale effekten en eller flere vindturbiner kan produsere.
- En konstant verdi (8 MW her for 1 turbin).
- Maksimal effekt oppnås typisk ved 10-15 m/s vindhastighet.





SINTEF

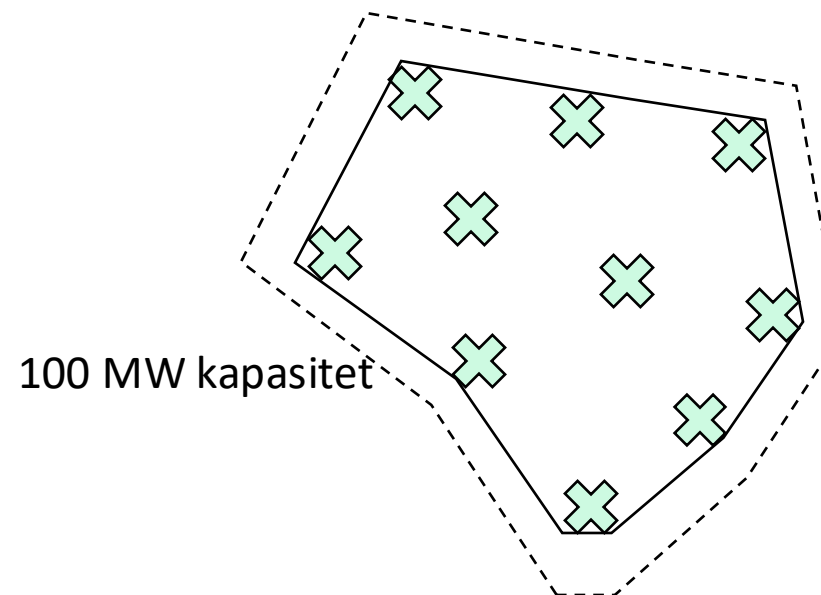
Kapasitetstetthet

- Kapasitetstetthet [MW/km^2]: Total kapasitet delt på utbygd areal
- Utbygd areal: defineres av de ytre turbinene i et havvindanlegg
- Utbygd areal er i utgangspunktet det samme som prosjektareal/-område
- UN/SNII: "Kapasitetstettheten for utbyggingen i prosjektområdet skal være minst $3.5 \text{ MW}/\text{km}^2$ "

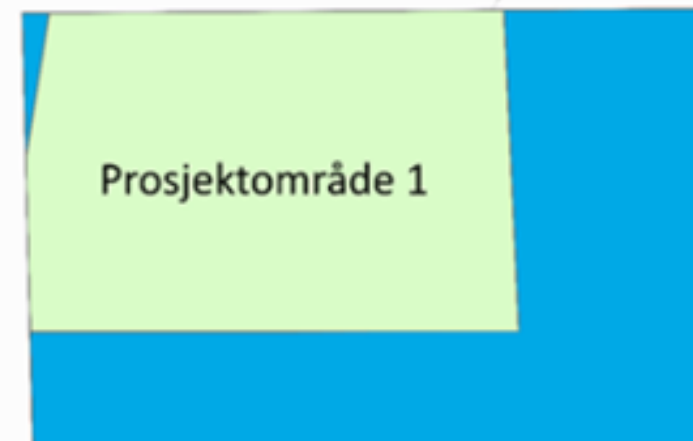
Med krav minst $3.5 \text{ MW}/\text{km}^2$ i utbygde arealer, kan vi ikke da også si hvor mye utbygd areal som trengs for 30 GW kapasitet? Jo, det er $30000 \text{ MW} / 3.5 \text{ MW}/\text{km}^2 = 8571 \text{ km}^2$

Er krav om kapasitetstetthet på minst $3.5 \text{ MW}/\text{km}^2$ gjennomførbart?

✕ Vindturbin med kapasitet 10 MW



Utsira Nord



Havvindanlegg større enn 450 MW

- Data fra 16 havvindparker med over 450 MW kapasitet
- Gjennomsnittlig kapasitetstetthet på 6.2 MW/km² i anleggene
- Gjennomsnittlig utbygd areal 172 km²
- Totalt 12.1 GW installert på 2753 km² gir en kapasitetstetthet på 4.4 MW/km²

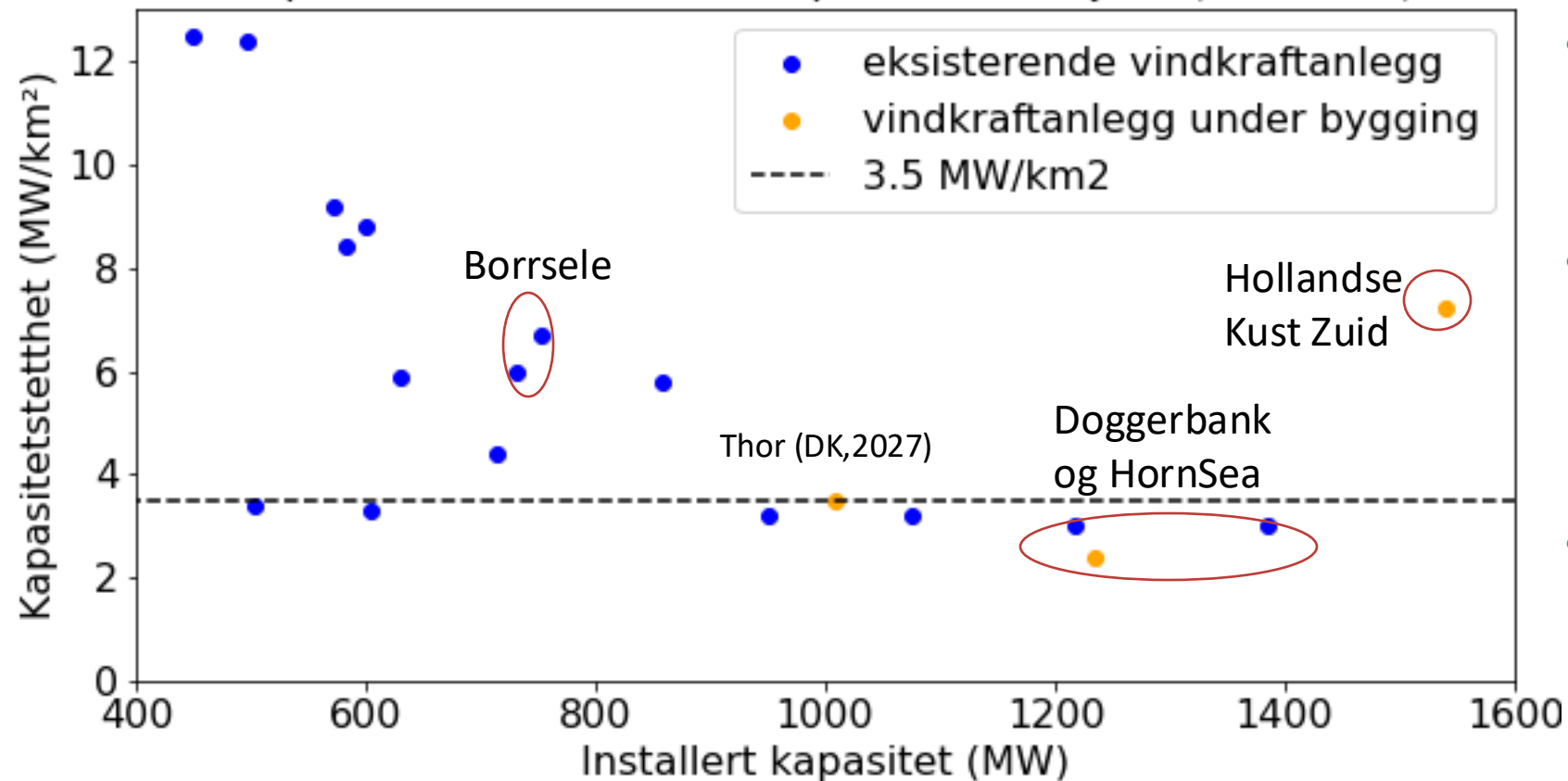
Vindpark	Areal (km ²)	Installert kapasitet (MW)	Kapasitetstetthet (MW/km ²)
Hornsea Project Two (UK)	462	1386	3
Hornsea Project One (UK)	407	1218	3
Seagreen (UK)	332	1075	3,2
Moray East (UK)	295	950	3,2
Triton Knoll (UK)	149	857	5,8
Borssele 1&2 (NL)	112	752	6,7
Borssele 3&4 (NL)	122	731,5	6
East Anglia ONE (UK)	163	714	4,4
London Array Phase One (UK)	107	630	5,9
Kriegers Flak (DK)	182	605	3,3
Gemini (NL)	68	600	8,8
Gode Wind 1&2 (D)	69	582	8,4
Race Bank (UK)	62	573	9,2
Greater Gabbard Offshore Winds(UK)	147	504	3,4
Hohe See (D)	40	497	12,4
Borkum Riffgrund 2 (D)	36	450	12,5



SINTEF

Kapasitetstetthet mot installert kapasitet

Kapasitetstettheter for store parker i Nordsjøen (>450 MW)



- Hollandse Kust Zuid I-IV blir 2 parker totalt med 1440MW og tetthet på 7.2 MW/km²
- Klyngeparker som Borssele I-IV er to parker med 750 MW hver – og som har tetthet på 6.7 og 6 MW/km².
- HornSea-prosjektene og Doggerbank A i UK ligger under 3.5 MW/km²



Kapasitetstetthet i ulike land

Kapasitetstetthet

Kapasitetstettheter i ulike land for anlegg >350 MW*:

- Danmark: 3.4 MW/km²
- Storbritannia: 4.5 MW/km²
- Tyskland: 10.1 MW/km²
- Belgia: 9.6 MW/km²
- Frankrike: 5.6 MW/km²
- Nederland: 7 MW/km²

Er det faktorer som kan tvinge fram en lavere kapasitetstetthet?

Vil store havvindparker vil få problemer med lav energiproduksjon?

	Site	Area	Capacity	Capacity Density
BE	Fixed	Fixed	Developer's decision	Developer's decision
DE	Developer's decision	Developer's decision	Developer's decision	Developer's decision
	Pre-developed (from 2026)	Fixed	Limited or Fixed	Limited or Fixed
DK	Pre-developed	Limited (max)	Fixed	Limited (min)
NL	Pre-developed	Fixed	Limited (min/max)	Limited (min/max)
UK	Developer's decision within designated zones	Developer's decision	Developer's decision	Developer's decision

**

*<https://veiledere.nve.no/havvind/identifisering-av-utredningsomrader-for-havvind/metode-og-vurderinger/arealbehov-for-30-gw/>

**Capacity densities of European Offshore Wind Farms, 2018

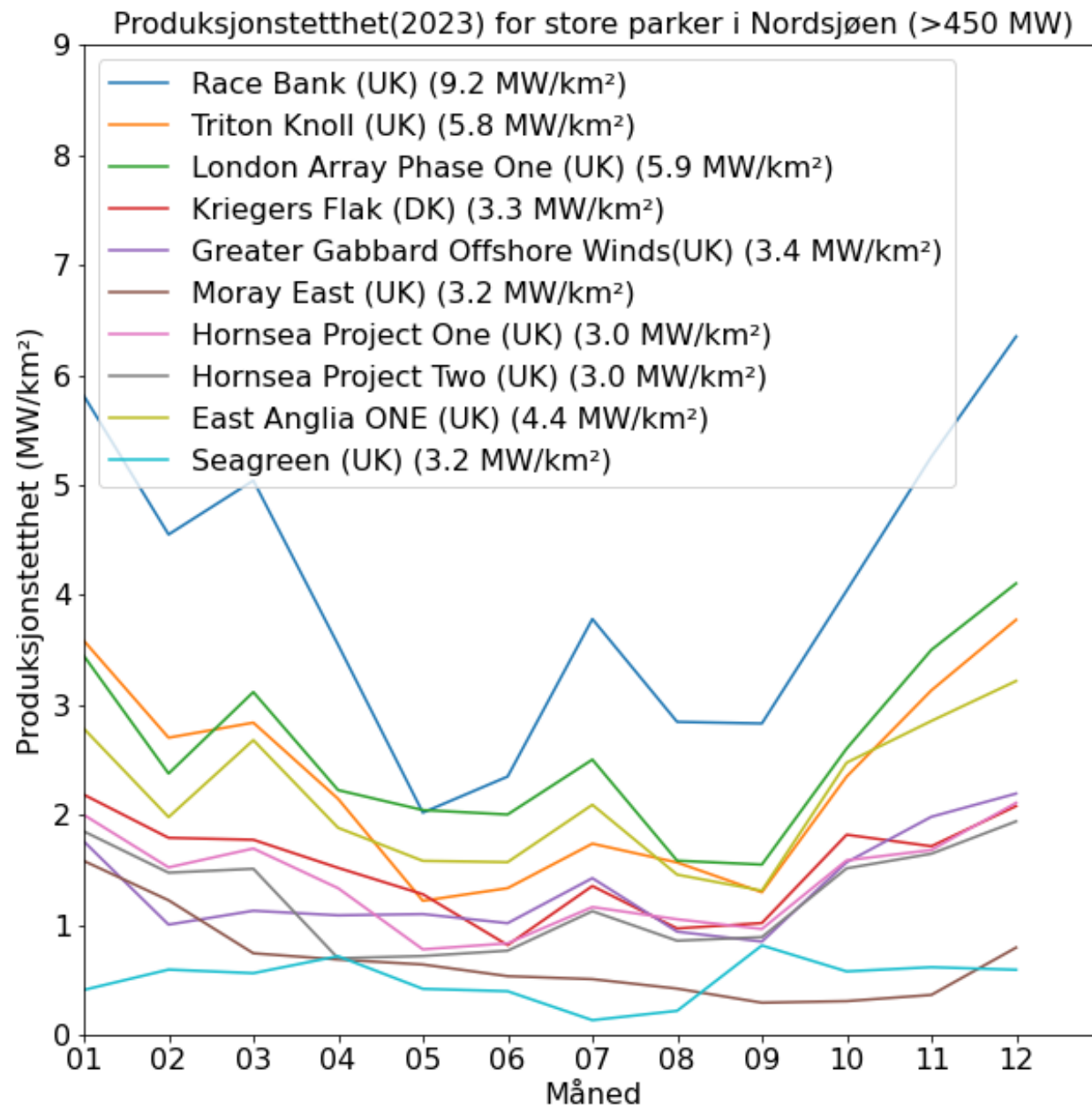
<https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/practices/capacity-densities-european-offshore-wind-farms>



SINTEF

Produksjonstetthet

- Produksjonstetthet måles i MW/km^2
- Produksjonstettheten er gjennomsnittlig kraftproduksjon over et tidsintervall delt på prosjektarealet til havvindanlegget
- Figur viser produksjonstetthet per måned over ett år (2023)
- Produksjon er typisk mellom 1 og 3 MW/km^2 midlet over året.
- Høyere i vinterhalvåret enn i sommerhalvåret
- Produksjon / kapasitet gir kapasitetsfaktoren
- Kapasitetsfaktoren er mellom 0.4 og 0.5 for anleggene vi har sett på.
- Gir 105 til 135 TWh per år med 30 GW kapasitet



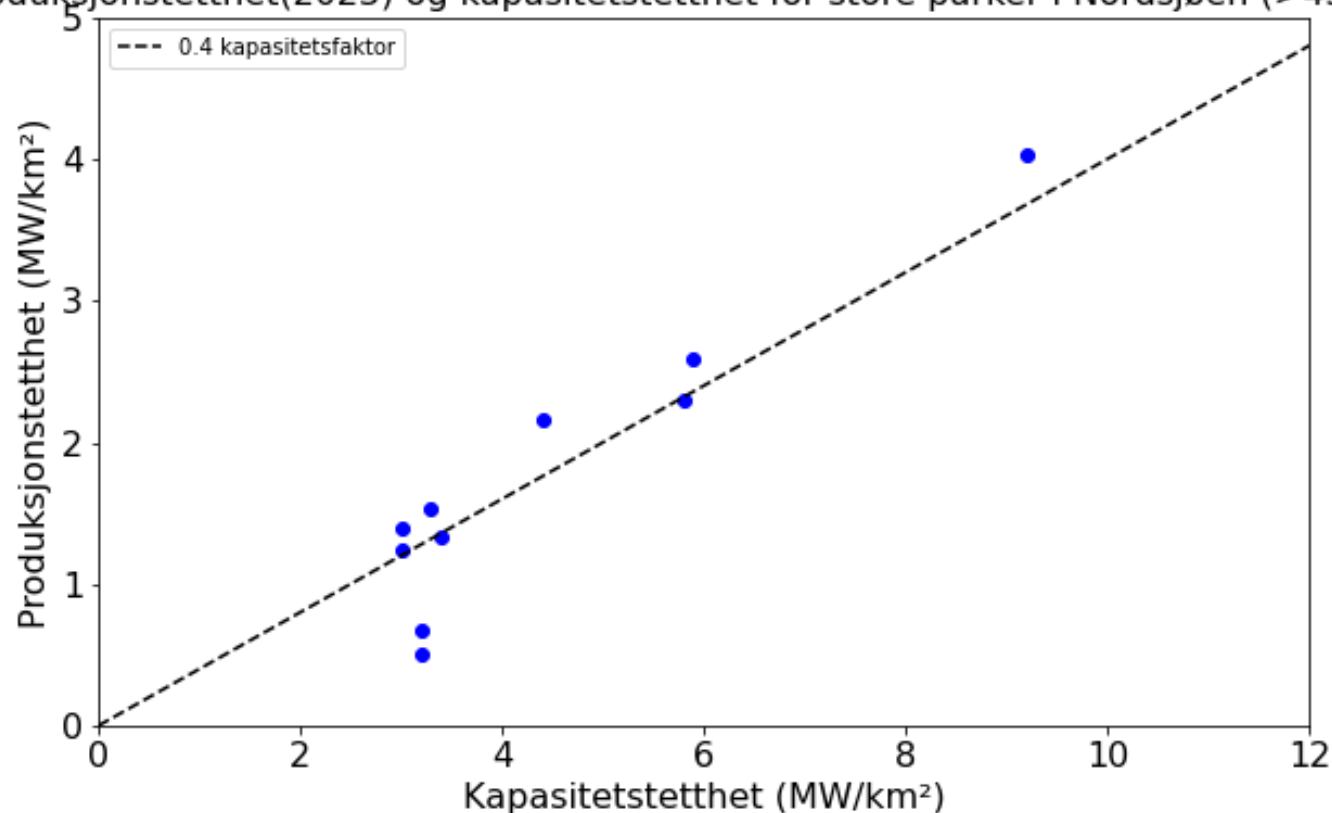


SINTEF

Kapasitetsfaktor

- Kapasitetsfaktor: Forholdet mellom produksjon og kapasitet.
- Ligger typisk et sted mellom 0.4 og 0.5
- Betydelig større enn for landvind 0.22.
- NB: forteller ikke hvordan produksjonen fordeler seg over året.

Produksjonstetthet(2023) og kapasitetstetthet for store parker i Nordsjøen (>450 MW)



Konklusjon



- Det er ingenting som tyder på at NVE sitt krav om en nedre kapasitetstetthet på 3.5 MW/km² vil måtte fravikes.
- Eksisterende større havvindanlegg vi har sett på, har en produksjonstetthet på 1 til 3 MW/km².
- Dette tilsvarer en kapasitetsfaktor på 0.4 til 0.5, eller 105 til 135 TWh energi produsert per år med 30 GW installert kapasitet.
- Totalt utbygd areal for 30 GW kapasitet vil med minst 3.5MW/km² ikke overstige 8571 km².



SINTEF

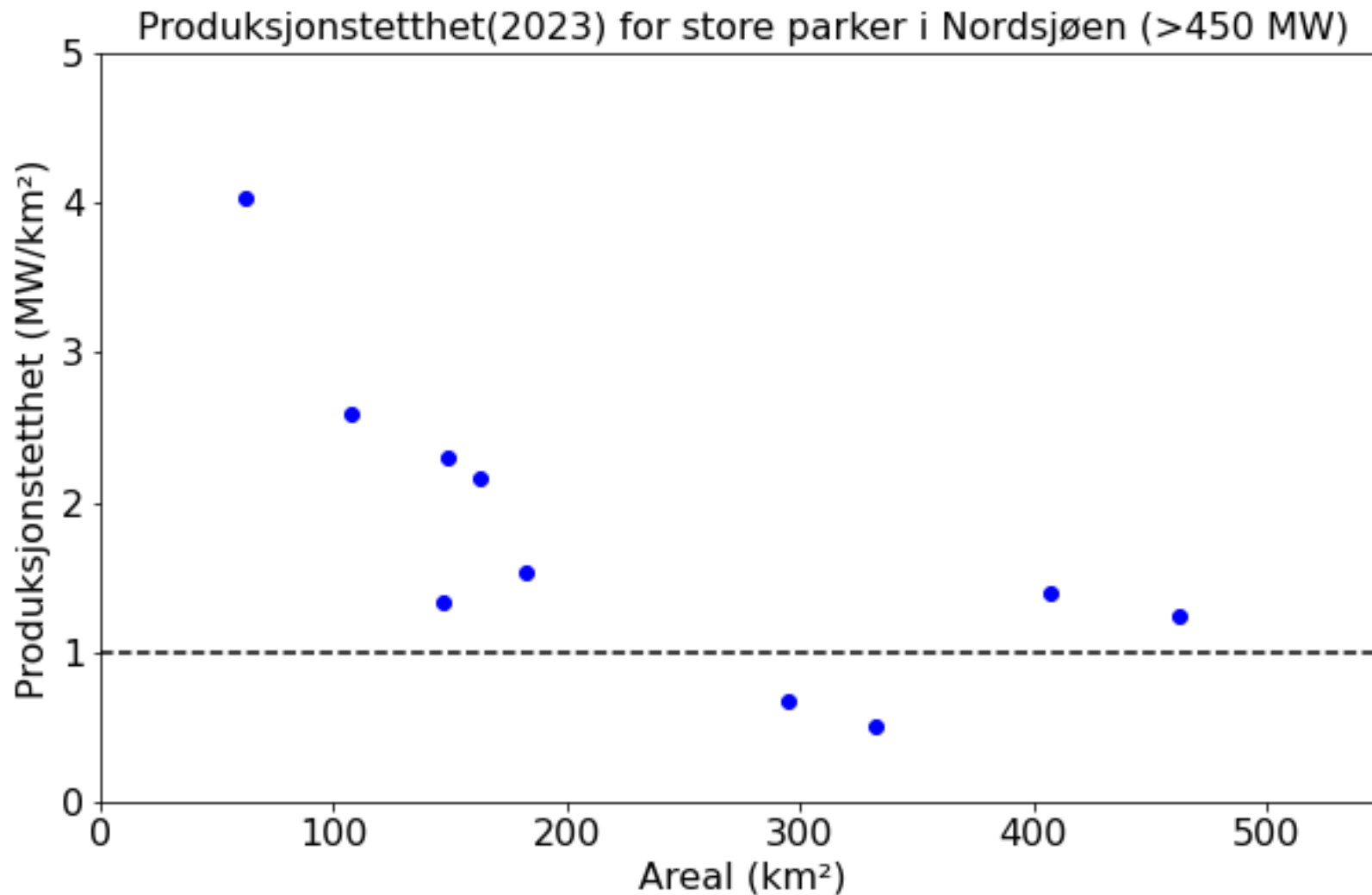
Teknologi for et bedre samfunn



SINTEF

Produksjonstetthet mot areal

- For økende størrelse på prosjektareal er trenden at produksjonstettheten (midlet over et år) synker.
- Noen av de anleggene med lavest produksjonstetthet er parker med mye nedetid pga vedlikehold og/eller installasjon

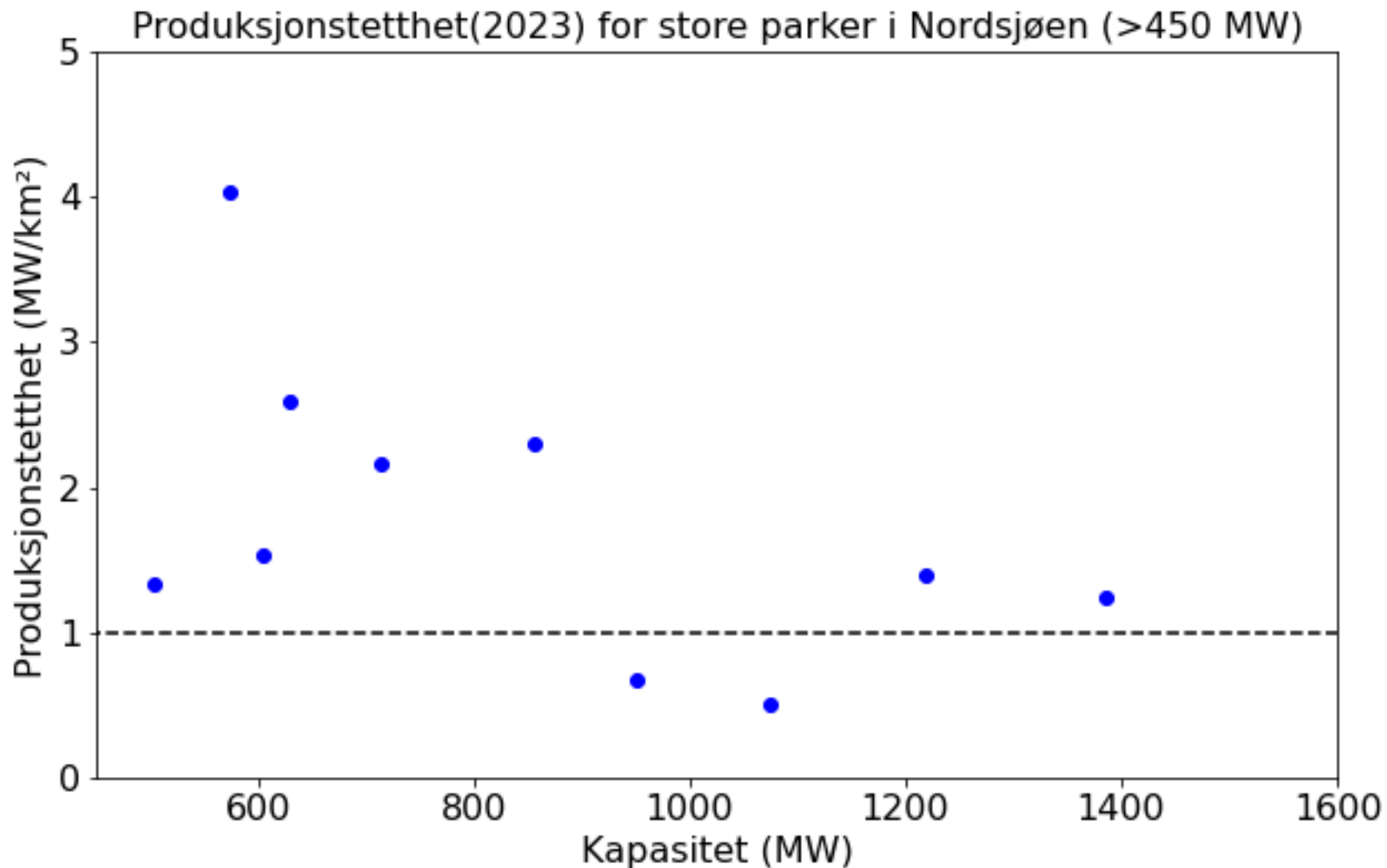




SINTEF

Produksjonstetthet mot kapasitet

- Her er ikke trenden med at store havvindparker trenger å ha lav produksjonstetthet så tydelig lenger.
- Anta utbygd areal for 30 GW havvind er 8571 km².
- Hvor mye energi produseres per år med produksjonstetthet
 - 1 MW/km² : 75 TWh
 - 2 MW/km² : 150 TWh

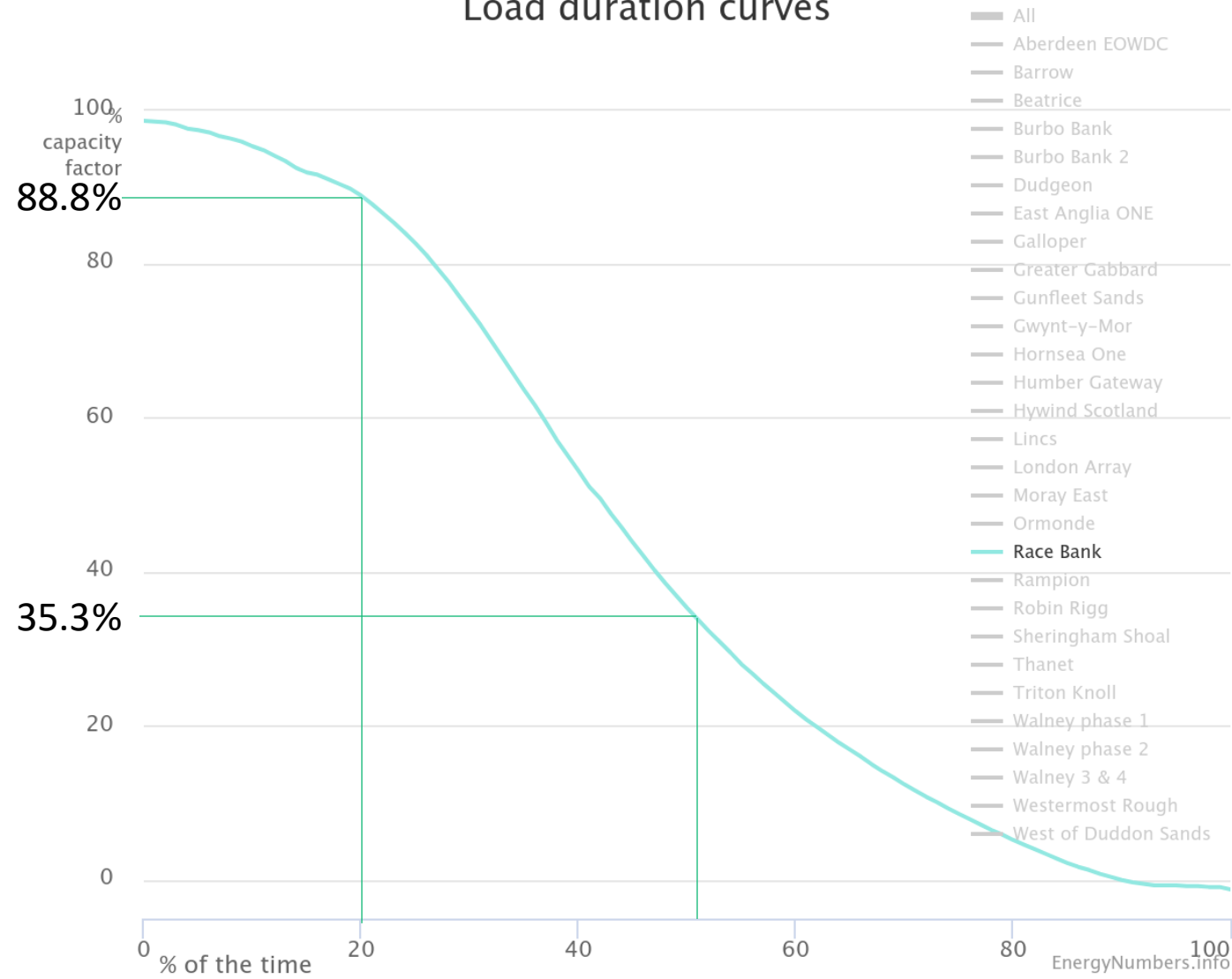




Produksjonskurver

- Eksempel Race Bank, 573MW, 62 km²
- Kapasitetstetthet 7.6 MW/km²
- Ser på perioden 2018-2022
- 50% av tiden produserte anlegget med mer enn 35.3% av kapasiteten (altså >202 MW)
- 20% av tiden produserte anlegget med mer enn 88.8% av kapasiteten (altså >509MW)
- Kapasitetsfaktoren var 0.43 (2018-2022)

Load duration curves

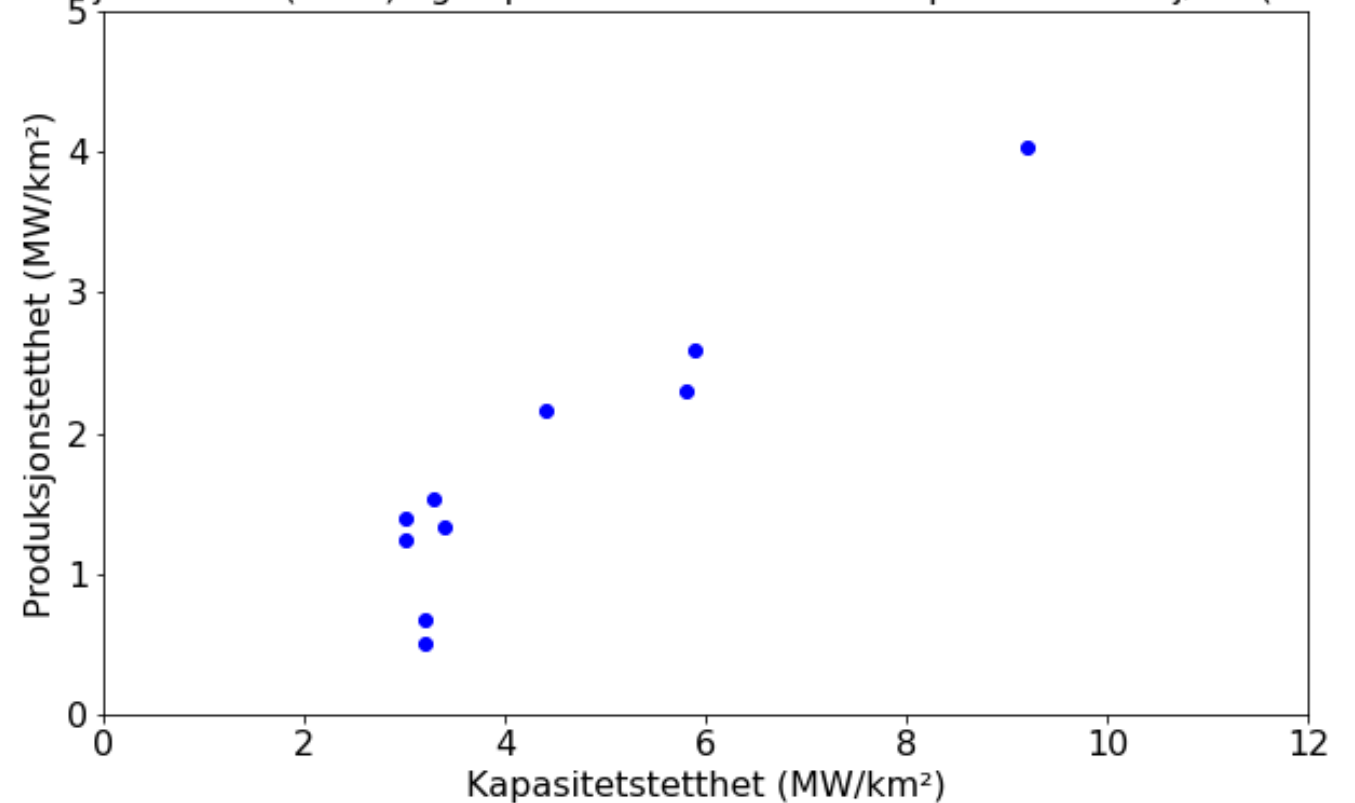


*kilde: <https://energynumbers.info/uk-offshore-wind-capacity-factors>

Kapasitetsfaktor

- Kapasitetsfaktor: Produksjon i et anlegg (ofte over et år) delt på kapasiteten til anlegget (konstant).
- Altså forholdet mellom produksjon og kapasitet.

Produksjonstetthet(2023) og kapasitetstetthet for store parker i Nordsjøen (>450 MW)





SINTEF

Kapasitetsfaktor

- Kapasitetsfaktor: Produksjon i et anlegg (ofte over et år) delt på kapasiteten til anlegget (konstant).
- Altså forholdet mellom produksjon og kapasitet.

Produksjonstetthet(2023) og kapasitetstetthet for store parker i Nordsjøen (>450 MW)

