



## Analyseforudsætninger til Energinet 2020 – Vindmøller på land

Baggrundsnotat

**Kontor/afdeling**  
Systemanalyse

**Dato**  
27. august 2020

**J nr.** 2020 - 8581

/IMRN

### Indholdsfortegnelse

Udvikling frem mod 2040 .....	2
Metode og antagelser .....	3
Kommercielle møller .....	3
Forsøgsmøller inden for de to nationale testcentre .....	9
Husstandsmøller .....	9
Usikkerhed .....	9
Ændringer i forhold til AF19 .....	10
Bilag 1: Resume af EMD's analyse .....	12

#### **Energistyrelsen**

Carsten Niebuhrs Gade 43  
1577 København V

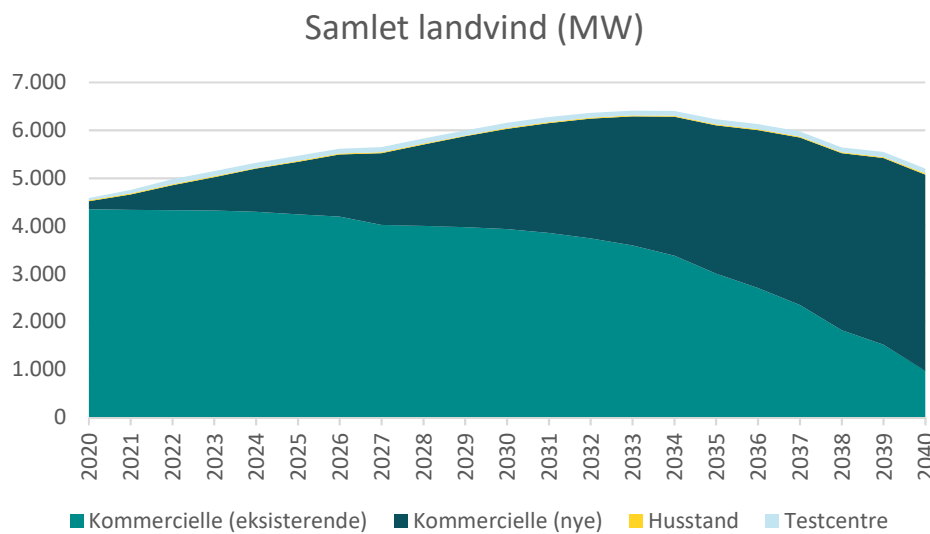
T: +45 3392 6700  
E: ens@ens.dk

[www.ens.dk](http://www.ens.dk)

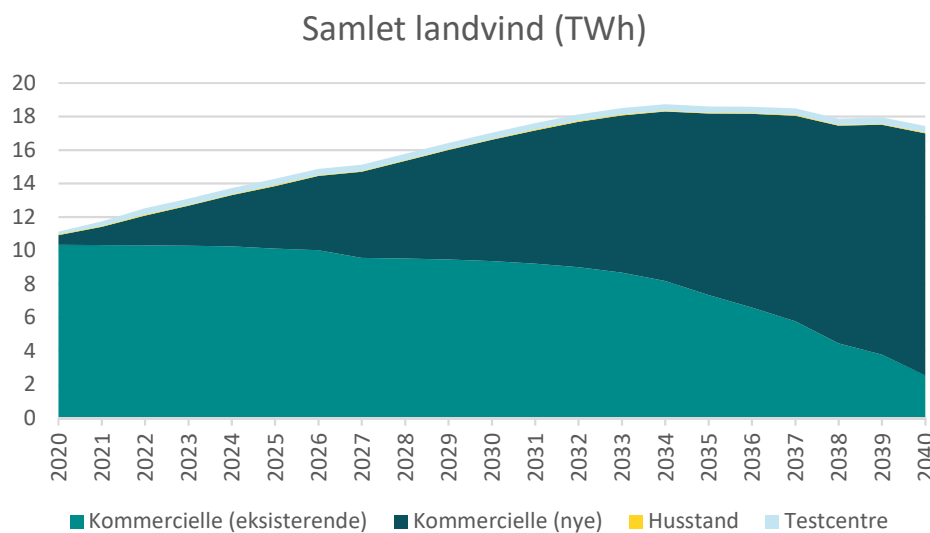


## Udvikling frem mod 2040

Figureerne herunder viser den samlede udvikling i kapacitet for og produktion fra landvind i AF20. Fremskrivningen antager en stigning i både kapacitet og produktion frem mod midt 2030'erne, hvorefter kapaciteten falder. Det skyldes udfasningen af de store mølleårgange opstillet sidst i 1990'erne og lige omkring årtusindeskiftet. Produktionen falder i mindre grad fordi nye møller producerer væsentligt mere end møllerne i de store mølleårgange.



Figur 1: Samlet landvind i AF20 (MW).



Figur 2: Samlet produktion fra landvind i AF20 (TWh).



## Metode og antagelser

### Kommercielle møller

Ved kommercielle møller forstås møller på land ekskl. forsøgsmøller inden for de to nationale testcentre og husstandsmøller<sup>1</sup>. Det betyder, at forsøgsmøller uden for de to nationale testcentre medregnes under kommercielle møller, da det for eksisterende møllers vedkommende ikke er muligt at udskille disse fra stamdataregistret.

### Nedtagning af eksisterende møller

Tidspunktet for hvornår en mølle tages ned afhænger af den økonomiske levetid. Når en mølle er ude af en given tilskudsordning er det forholdet mellem den forventede fremtidige markedspris på el og de forventede fremtidige omkostninger til drift og vedligehold, der afgør hvorvidt det kan betale sig at holde liv i møllen. Samtidig afhænger det af hvorvidt en mølle "står i vejen" for et fremtidigt mølleprojekt, da en stor del af møllerne netop tages ned for at gøre plads til nye møller (repower).

Energistyrelsen har de seneste år baseret antagelserne om levetid for møller opstillet til og med 2007 på en analyse udarbejdet af Energinet i 2016<sup>2</sup>. Analysen resulterede i en gennemsnitlig levetid for bestanden af møller opstillet til og med 2007 på ca. 28 år. Energistyrelsen opdaterer med jævne mellemrum antagelserne om forventet levetid, og da Energinets analyse efterhånden har nogle år på bagen, har Energistyrelsen bedt EMD International A/S (EMD) udarbejde en analyse af forventede driftsomkostninger og levetider for eksisterende møller på land.

### EMD's analyse

Rapporten fokuserer på møller i størrelsen 600-1499 kW samt Vestas 225 kW, som er de kategorier, der er flest møller i drift af. Rapporten konkluderer, at der er god økonomi i at holde liv i møllerne og at det som udgangspunkt ikke vil være pga. driftsøkonomien, at møllerne evt. nedtages. Rapporten konkluderer endvidere, at levetider op mod 50 år ikke vurderes problematisk og at det sandsynligvis vil være fundamentene, der sætter begrænsningen. For møller under 600 kW vurderes det dog, at man vil se en hel del blive pillet ned de kommende år, dette er dog ikke vurderet nærmere i rapporten.

I bilag 1 gives et mere detaljeret resume af analysen, mens selve rapporten kan findes på Energistyrelsens hjemmeside<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Her defineret som møller med en kapacitet på mindre end eller lig med 25 kW.

<sup>2</sup> <https://energinet.dk/Analyse-og-Forskning/Analyser/RS-Analyse-Juni-2016-Nedtagning-af-gammel-landvind> (Analyse - Nedtagning af gamle landmøller (2016)).

<sup>3</sup> <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/baggrundsbilag-til-fremskrivninger>



### *Kvalitetstjek af Nordic Wind Consultants (NWC)*

Da konklusionerne i rapporten fra EMD afviger væsentligt fra tidligere forventninger har Energistyrelsen bedt Nordic Wind Consultants (NWC) kvalitetstjekke EMD's analyse. NWC er enig i rapportens konklusioner, men påpeger at det ikke vil være alle møller, der lever til de bliver 50 år. NWC vurderer en gennemsnitlig levetid på lige under 40 år.

### *Møller der "står i vejen" for nye projekter (repower-analyse)*

Som supplement til EMD's analyse har Energistyrelsen udarbejdet en analyse af levetiden for de møller, der er nedtaget de seneste 5 år, og som er nedtaget for at gøre plads til nye projekter, det vil sige nedtaget pga. repower.

Analysen viser, at over 60% af møller nedtaget siden 2014, er nedtaget for at gøre plads til nye projekter. Analysen viser også, at disse møller har en levetid, der i gennemsnit er 5 år kortere end øvrige nedtagne møller. På baggrund heraf antages potentielle repower-møller at have en levetid der er 5 år lavere end øvrige møller.

### *Potentialemodellen*

Med Energistyrelsen potentialemodel for landvind i Danmark er der udarbejdet en opdateret vurdering af potentielle områder for fremtidige placeringer af møller. Notat herom kan findes på Energistyrelsens hjemmeside<sup>4</sup>.

Modellens resultater kan bruges til at beskrive et potentiale opgjort som antal møller eller kapacitet, baseret på moderne møllers fysiske karakteristika, og estimerer dermed ikke nuværende eller fremtidig produktion. Med andre ord er potentialet en summering af, hvor der er plads til at opstille møller. Den GIS tekniske metode og det høje detaljeniveau i det tilgængelige geodata giver desuden indblik i den geografiske fordeling af potentialet. Beregningerne er behæftet med stor usikkerhed grundet de mange parametre i modellen. Samtidig tages der ikke hensyn til muligheden for dispensation for de forskellige begrænsninger, afstand til mulig kobling til nettet og præcisionen af ejendomsvurderinger. Ved forskellige indstillinger af modellen vil resultaterne naturligvis variere.

Den opdaterede vurdering viser et teoretisk potentiale på ca. 4.100 møller svarende til ca. 16,5 GW med dagens møllestørrelse på ca. 4 MW/mølle. Hele det teoretiske potentiale forventes dog ikke udnyttet i praksis. Det skyldes bl.a. at der er store forskelle i opstillingshistorik mellem kommunerne. F.eks. er der i nogle kommuner ikke tilsluttet nye større møller på land de sidste 10 år. Ligeledes kan det ikke forventes, at estimerede maksimale antal møller pr. områder opstilles.

---

<sup>4</sup> <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/baggrundsbilag-til-fremskrivninger>

Til brug for AF20 er de potentielle områder koblet med eksisterende mølles placeringer, således at eksisterende møller er blevet opdelt efter hvor vidt de er placeret inden for eller uden for et potentielt fremtidigt mølleområde.

### Antagelser om levetid

På baggrund af rapporten fra EMD (fire kategorier) og opdelingen fra potentialemodellen (to kategorier) fås i alt otte kategorier, jf. tabellen herunder, hvor antagelser om levetid også fremgår. Antagelser om levetid er Energistyrelsens bedste bud pba. af EMD's analyse, NWC's kvalitetstjek og egen repower-analyse.

Nr.	Størrelse	Placering	Gennemsnitsalder (år)	Antal	MW	Antaget levetid (år)	Kommentar
1	<= 599 kW – Vestas 225 kW	Inden for potentielt område (repower)	25,8	13	3	35	Minus 5 år ift. uden for potentielt område pba. repower-analyse.
2		Uden for potentielt område	25,9	154	35	40	Fastsat pba. EMD rapport og NWC kvalitetstjek.
3	<= 599 kW – Øvrige møller	Inden for potentielt område (repower)	26,1	156	54	30	Minus 5 år ift. uden for potentielt område pba. repower-analyse.
4		Uden for potentielt område	28,1	588	159	35	EMD vurderer at man nok vil se at en hel del nedtages de kommende år, men at det ikke er ikke vurderet nærmere, da uden for analysens fokusområde. 35 år antaget, da allerede tæt på 30 år i dag.
5	600-1499 kW	Inden for potentielt område (repower)	21,2	769	585	35	Minus 5 år ift. uden for potentielt område pba. repower-analyse.
6		Uden for potentielt område	21,1	1.681	1.216	40	Fastsat pba. EMD rapport og NWC kvalitetstjek.
7	>= 1500 kW	Inden for potentielt område (repower)	8,0	558	1.591	25	Primært opstillet inden for de seneste 10 år. Sat til 25 år som hidtil for nyere og nye møller.
8		Uden for potentielt område	9,0	264	708	25	

Tabel 1: Antagelser om levetid for eksisterende møller.

### Udbygning med nye møller

Udbygning med nye møller forventes at ske enten via de teknologineutrale udbud, eller på markedsvilkår, herunder med aftaler om afsætning af hele eller dele af produktionen i såkaldte PPA'er. Historikken på PPA'er i Danmark er dog relativ begrænset og vanskelig at få konkret indblik i, fordi der er tale om bilaterale aftaler,



der indeholder forretningshemmeligheder fra aktørerne. Det er derfor ikke muligt at estimere en eksakt udbygning som følge af indgåelse af PPA'er. PPA'er indgår derfor i en samlet vurdering af udbygningen med nye møller.

Når der ses mere end et par år frem i tiden er udbygningen forbundet med væsentlig usikkerhed, herunder hvor lave budpriserne bliver i de kommende teknologineutrale udbud og hvor mange projekter, der realiseres uden for udbud.

#### *Udbygning på kort sigt (2020-2023)*

Det antages, at de projekter, der vandt i det teknologineutrale udbud i 2018, regnes med fra 2020, mens vinderne fra 2019 udbuddet regnes med fra 2021. De konkrete projekter fremgår af tabellen herunder og er dels baseret på faktaark offentliggjort i forbindelse med afgørelsen af de to udbud<sup>5</sup> samt nyeste vurdering af forventet realiseret kapacitet (realiseret kapacitet kan afvige fra vundet kapacitet).

Udbud	Medregnes fra	Udvikler	Placering	MW
2018	2020	NRGi Wind V A/S	Thisted (DK1)	27,6
2018	2020	K/S Thorup-Sletten	Jammerbugt og Vesthimmerland (DK1)	77,4
2018	2020	SE Blue Renewables DK P/S	Randers (DK1)	55,2
2019	2021	Overgaard 1B K/S	Randers (DK1)	36,0
2019	2021	Eurowind Energy A/S	Mariagerfjord (DK1)	37,8
2019	2021	Eurowind Energy A/S	Herning og Holstebro (DK1)	25,2
2019	2021	Wind Estate A/S	Randers (DK1)	36,0

*Tabel 2: Projekter, der har vundet i de teknologineutrale udbud i 2018 og 2019. Regnes med fra hhv. 2020 og 2021.*

Udbygningen i årene 2022-2023 baseres på øvrige projekter i pipeline med en bankgaranti, nettilslutningsaftale, vedtaget lokalplan eller lokalplansforslag. Ultimo marts 2020 svarer det til ca. 375 MW, der fordeles nogenlunde ligeligt mellem de to år og hvor projekter, der er længst i planlægningsprocessen, etableres først. Antaget fordeling mellem etablering i 2022 og 2023 samt geografisk fordeling mellem Vest- (DK1) og Østdanmark (DK2) fremgår af tabellen herunder.

År	Placering	Antaget MW
2022	DK1	199,0
2022	DK2	1,5
2023	DK1	162,6
2023	DK2	14,0

<sup>5</sup> <https://ens.dk/service/aktuelle-udbud/teknologineutrale-udbud>



Tabel 3: Projekter i pipeline, der antages etableret i 2022-2023.

#### Udbygning på længere sigt (fra 2024 og frem)

På længere sigt antages en gennemsnitlig årlig udbygning på 200 MW årligt, hvilket flugter med den historiske udbygning de seneste 10 år. Møllestørrelser baseres på data fra Energistyrelsen og Energinets Teknologikatalog, hvilket giver en udbygning målt i antal som angivet i tabellen herunder.

Periode	Årlig udbygning (MW)	Møllestørrelse (MW/mølle)	Årlig udbygning, afrundet til nærmest 5 (stk.)
2024-2030	200	4,5	45
2031-2040	200	5,0	40

Tabel 4: Antagelser om årlig udbygning fra 2024 og frem.

Den geografiske placering er forbundet med stor usikkerhed. Der antages en fordeling med 90 pct. i Vestdanmark (DK1) og 10 pct. i Østdanmark (DK2). Energinet står selv for yderligere geografisk opdeling.

#### Forsøgsmøller uden for de to nationale testcentre

For så vidt angår forsøgsmøller uden for de to nationale testcentre baseres udbygningen på de aftalte puljer for årene 2018-2019. Møllerne regnes med fra hhv. 2020 og 2021. Antagelserne fremgår af tabellen herunder og er baseret på de projekter der har fået tilsagn.

Pulje	Medregnes fra	Placering	MW
2018	2020	DK1	10
2019	2021	DK1	16,2

Tabel 5: Antagelser om forsøgsmøller uden for de to nationale testcentre.

Da der pt. ikke er aftalt puljer for 2020 og frem, antages udbygningen med denne type møller at være en del af den generelle udbygning.

#### Levetid for nye møller

Levetid baseres på data fra Energistyrelsen og Energinets Teknologikatalog, jf. tabellen herunder.

Periode	Levetid (år)
2020-2030	27
2031-2040	30

Tabel 6: Antagelser om levetid for nye møller.

#### Produktion fra eksisterende og nye møller

Forventet elproduktion beregnes på baggrund af antagelser om årlige fuldlasttimer.



### Eksisterende møller

For eksisterende møller anvendes observerede årlige fuldlasttimer, der er normeret ift. et normalt vindår og afrundet til nærmeste 50. Så vidt muligt er anvendt et gennemsnit af de seneste 10 år (2010-2019)<sup>6</sup>. Fuldlasttimerne er beregnet for de 8 kategorier anvendt ift. antagelser om levetid, men med en yderligere opdeling på Østdanmark og Vestdanmark, altså 16 kategorier i alt. Fuldlasttimerne fremgår af tabellen herunder.

Nr.	Størrelse	Placering ift. levetid	Placering ift. geografi	Fuldlasttimer (MWh/MW)
1	<= 599 kW – Vestas 225 kW	Inden for potentielt område (repower)	DK1	2.350
			DK2	2.350
2		Uden for potentielt område	DK1	2.200
			DK2	1.750
3	<= 599 kW – Øvrige møller	Inden for potentielt område (repower)	DK1	1.700
			DK2	1.650
4		Uden for potentielt område	DK1	1.750
			DK2	1.550
5	600-1.499 kW	Inden for potentielt område (repower)	DK1	1.850
			DK2	2.000
6		Uden for potentielt område	DK1	1.950
			DK2	1.800
7	>= 1.500 kW	Inden for potentielt område (repower)	DK1	2.850
			DK2	2.950
8		Uden for potentielt område	DK1	2.700
			DK2	2.800

Tabel 7: Antagelser om fuldlasttimer for eksisterende møller.

### Nye møller

For nye møller baseres årlige fuldlasttimer på Energistyrelsen og Energinets Teknologikatalog og der skelnes ikke mellem møller i Østdanmark og Vestdanmark. Fuldlasttimerne fremgår af tabellen herunder.

Periode	Fuldlasttimer (MWh/MW)
2020-2024	3.400
2025-2030	3.500 <sup>7</sup>
2031-2040	3.600

Tabel 8: Antagelser om fuldlasttimer for nye møller.

<sup>6</sup> Kun år med fuld produktion anvendes.

<sup>7</sup> Data for 2025 er ikke en del af teknologikataloget, hvorfor gennemsnittet af 2020 og 2030 er anvendt.





## Forsøgsmøller inden for de to nationale testcentre

For så vidt angår forsøgsmøller inden for de to nationale testcentre, Østerild og Høvsøre, er fremskrivningen baseret på antal testpladser og antaget gennemsnitlig møllestørrelse pr. testcenter.

I Østerild blev centret udvidet fra 7 til 9 pladser i 2019, men alle pladser er endnu ikke i brug. Der antages en fremtidig gennemsnitlig møllestørrelse på ca. 8 MW/mølle, hvilket giver en samlet kapacitet på ca. 70 MW.

I Høvsøre blev centret udvidet fra 5 til 7 pladser i 2019, men ligesom i Østerild er alle pladser endnu ikke i brug. Der antages en fremtidig gennemsnitlig møllestørrelse på ca. 5 MW/mølle, hvilket giver en samlet kapacitet på ca. 35 MW.

På begge centre antages der en gradvis indfasning af større møller, hvorfor den fulde antagne fremtidige kapacitet først medregnes fra 2022. Produktionen er baseret på observerede årlige fuldlasttimer for møller idriftsat til og med 2018. Fuldlasttimerne er beregnet på baggrund af de seneste fem års produktion (eller så mange år som muligt), normeret ift. et normalt vindår og afrundet til nærmeste 50. Antagelserne fremgår af tabellen herunder.

	<b>Kapacitet (MW)</b>	<b>Fuldlasttimer (MWh/MW)</b>
Østerild (2020)	31	3.400
Østerild (2021)	50	3.400
Østerild (2022 og frem)	70	3.400
Høvsøre (2020)	12	4.150
Høvsøre (2021)	25	4.150
Høvsøre (2022 og frem)	35	4.150

Tabel 9: Antagelser om forsøgsmøller inden for de to nationale testcentre.

## Husstandsmøller

Husstandsmøller udgør en meget lille del af den samlede landvindkapacitet. Der er i dag ca. 18 MW installeret, hvilket antages at stige med ca. 0,1 MW årligt i hele fremskrivningsperioden. Produktionen fra husstandsmøllerne baseres på en antagelse om 2.385 årlige fuldlasttimer baseret på observerede fuldlasttimer.

## Usikkerhed

Levetiden for eksisterende kommercielle møller er forbundet med stor usikkerhed og har samtidig stor betydning for udfasningen af disse møller. Energistyrelsen anbefaler derfor, at Energinet supplerer AF20 med følsomhedsanalyser på levetiden for eksisterende kommercielle møller. De anbefalede parametervariationer fremgår af tabellen herunder.

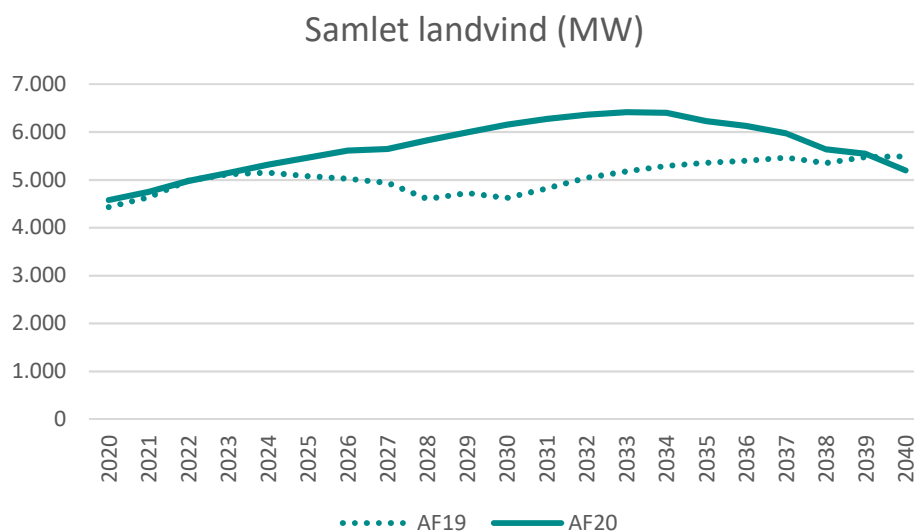


Nr.	Størrelse	Placering	Lavere levetid	AF20	Højere levetid
1	<= 599 kW – Vestas 225 kW	Inden for potentielt område (repower)	30	35	40
2		Uden for potentielt område	35	40	45
3	<= 599 kW – Øvrige møller	Inden for potentielt område (repower)	30	30	35
4		Uden for potentielt område	30	35	40
5	600-1499 kW	Inden for potentielt område (repower)	30	35	40
6		Uden for potentielt område	35	40	45
7	>= 1500 kW	Inden for potentielt område (repower)	25	25	30
8		Uden for potentielt område	25	25	30

Tabel 10: Anbefaling til følsomhedsanalyser på levetiden for eksisterende kommercielle møller.

## Ændringer i forhold til AF19

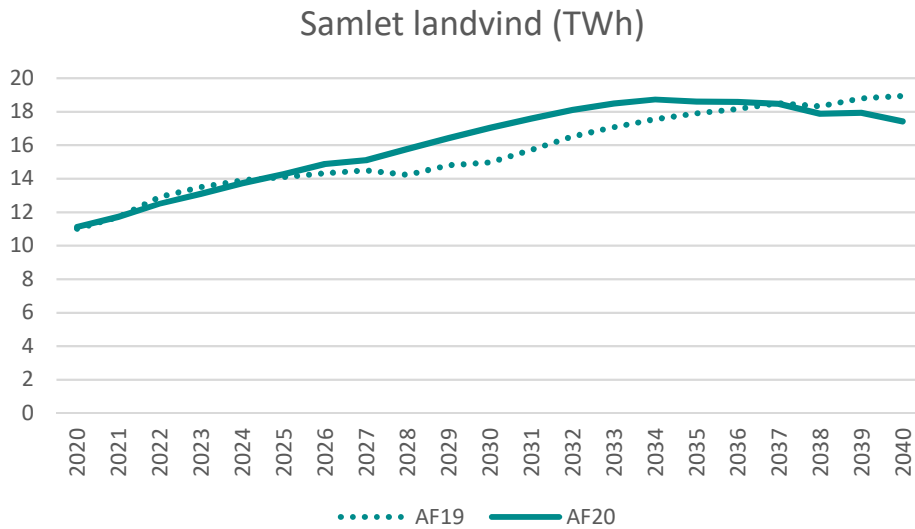
Metoden i AF20 er grundlæggende den samme som i AF19. Figurene herunder viser samlet landvind i hhv. AF20 og AF19, både kapacitet (MW) og produktion (TWh).



Figur 3: Samlet landvind i AF19 og AF20 (MW).

Forskellen i kapacitet skyldes hovedsageligt opdaterede levetider for eksisterende møller og dermed en langsommere udfasning af disse sammenlignet med AF19.

AF20 regner med en lidt lavere udbygning med nye møller sammenlignet med AF19, hvilket betyder, at AF20 ender på et lidt lavere langsigtet niveau end AF19.



Figur 4: Samlet produktion fra landvind i AF19 og AF20 (TWh).

Forskellen i produktion skyldes dels en opdateret analyse af produktionen fra eksisterende landvind, der er nedjusteret lidt ift. AF19. Herudover sker der som nævnt en lidt mindre udbygning med nye møller i AF20, hvilket har direkte betydning for produktionen fra disse, som dermed også er lidt lavere i AF20.



## Bilag 1: Resume af EMD's analyse

Analysen er udarbejdet pba. interviews med branchen:

- Aktører, der ejer og driver mange ældre møller
- Vestas, der servicerer en del ældre møller for private ejere
- Servicefirmaer, der servicerer mange ældre møller for ejere

I analysen inddrages eksisterende møller på land i tre kategorier baseret på møllens størrelse - medium (<599 kW), large (600-1499 kW) og x-large (>=1500 kW). I analysen er der fokus på kategorien large samt Vestas 225 kW møller, eftersom denne gruppe af møller hovedsageligt er opstillet i årene 1996-2002, og har stor betydning for udviklingen i antal møller på land frem mod 2030.

Analysen er baseret på vurderinger vedr. de væsentligste mølletyper, defineret som møller hvor der er minimum 75 stk. i drift. Der udarbejdes vurdering af driftsomkostninger for to forskellige driftskoncepter, intern og ekstern drift, hvoraf intern drift skønnes at udgøre omkring 20% af alle møller og 15% af kategorien large. Ved intern drift varetager mølleejeren selv driften, mens mølleejeren ved ekstern drift hyrer et eksternt servicefirma til at varetage driften.

Det kræver et vist volumen at have intern drift, idet intern drift er karakteriseret ved et stort reservelager, længere levetid på komponenter, selvforsikrede, færre omkostninger til administration og god adgang til uddannede serviceteknikere. Derudover har læringsprocessen med gradvis optimering af driften ført til faldende omkostninger. Det betyder, at møller der drives med intern drift har lavere driftsomkostninger, hvilket kan ses i tabellen herunder, der viser driftsomkostninger i øre/kWh efter ca. 20 års drift.

Kapacitetsfaktor	kWh/kW	Ekstern drift	Intern drift
20%	1.752	11,0	6,5
25%	2.190	8,8	5,1
30%	2.628	7,3	4,3

Tabel 11: Driftsomkostninger ved forskellige driftskoncepter (øre/kWh).

Det bemærkes, at analysen ikke tager højde for at der for en del af møllerne (dog langt fra alle) vil skulle forhandles ny jordlejekontrakt efter 25-30 år, hvor udlejer reelt kan forlange det han har lyst til for jorden. Mange af de gamle møller er dog opstillet på selvejet grund (udmatrikuleret), men det kan blive en joker for nogle møller.

Adgang til billige reservedele kan, hvis møllerne lever længe, blive en anden joker for nogle mølletyper. EMD vurderer, at dette nok vil føre til at de ringest producerende møller nedtages og bruges til reservedele.



En tredje joker er den fremtidige elpris i elmarkedet. Hvis elprisen igen bliver meget lav som i 2015 (15 øre/kWh) kan det få betydning for levetiden.

Rapporten konkluderer således, at der er god økonomi i at holde liv i møllerne og at det som udgangspunkt ikke vil være pga. driftsøkonomien, at møllerne evt. nedtages. For møller med ekstern drift vil det være mere sandsynligt at de sælges til firma med intern drift end at de nedtages.

Rapporten konkluderer endvidere, at levetider op mod 50 år ikke vurderes problematisk og at det sandsynligvis vil være fundamentterne, der sætter begrænsningen.

For møller under 600 kW vurderes det dog, at man vil se en hel del blive pillet ned de kommende år, dette er dog ikke vurderet nærmere i rapporten.

